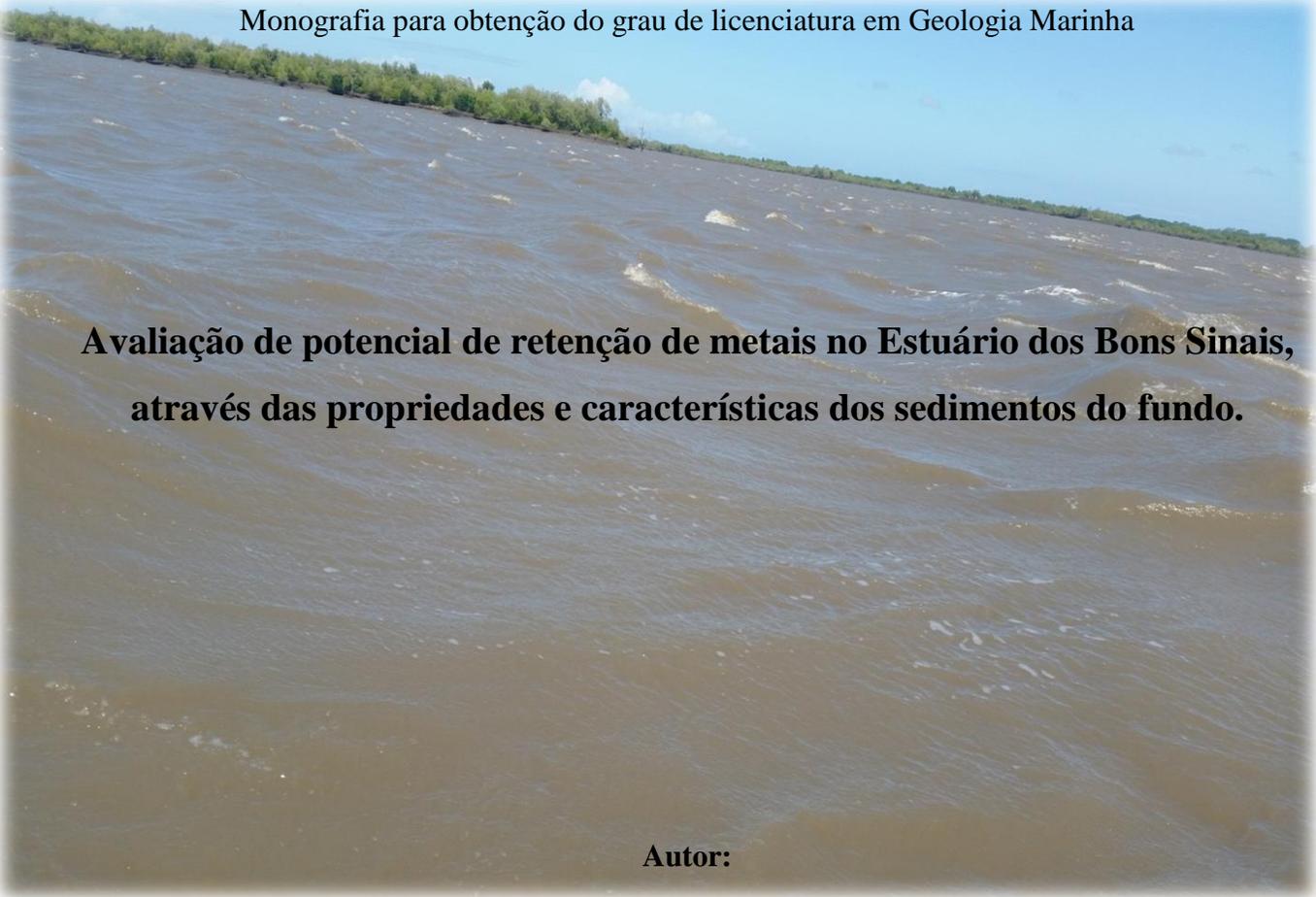




UNIVERSIDADE
E D U A R D O
MONDLANE

ESCOLA SUPERIOR DE CIÊNCIAS MARINHAS E COSTEIRAS

Monografia para obtenção do grau de licenciatura em Geologia Marinha



**Avaliação de potencial de retenção de metais no Estuário dos Bons Sinais,
através das propriedades e características dos sedimentos do fundo.**

Autor:

Lourindo Basílio Ouanho



UNIVERSIDADE
E D U A R D O
MONDLANE

ESCOLA SUPERIOR DE CIÊNCIAS MARINHAS E COSTEIRAS

Monografia para obtenção do grau de licenciatura em Geologia Marinha

**Avaliação de potencial de retenção de metais no Estuário dos Bons Sinais,
através das propriedades e características dos sedimentos do fundo.**

Autor:

Lourindo Basílio Ouanho

Supervisor:

César António Mubango Hogueane, Msc

Quelimane, 2019

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho:

Aos meus pais: Basílio Ouanho (em memória) e Rosa Xavier

Aos meus irmãos: Benjamin Basílio, Elias Basílio (em memória) e Crispino Basílio

Aos meus sobrinhos: Hibraque, Catiner, Nurania, Edu, Chaquila, Cleton,

AGRADECIMENTOS

A Deus pela força e determinação que sempre me concedeu e por ter colocado pessoas importantes nesta caminhada.

Imensurável agradecimento aos meus irmãos: Benjamin Basilio Ouanho e Crispino Basílio Ouanho pelo apoio moral sempre.

Agradecimentos em especial ao meu supervisor Msc. César António Mubango Hoguane pelo acompanhamento, paciência e que durante essa fase sempre abriu novos horizontes para responder inúmeras dúvidas da pesquisa.

A todos os docentes da ESCMC, que transmitiram a ciência, construíram o conhecimento e ensinaram-me o valor da vida em especial a dra. Carlota, Msc. Noca, Msc. Matsinhe, Ph.D. Hoguane, Ph.D. Valera, Ph.D. Eulália, Msc. Naftal, Msc. Pita, Msc. Ferraz, Eng.^a Joana, Msc. Mocuba, Msc. Alfanega, Msc. Yolanda, dr. Lopes e dr. Banito.

A todos meus colegas da turma de Geologia Marinha 2014, em especial ao Raimundo da Silva Loieque, Germano Francisco, Gulamo Bonga, Agostinho Luciano, Sérgio Caetano, Samuel Chichava, Ermenegildo Tomás, Adérito Maússe, Jordão Tsamba, Catarina Tuáira, Balbina Sitõe, Mércia João, José Xiéo, António Guzia, Nilton, Nórton, Flávio, Erasnes, Paulo e outros que não puderam ser citados incluindo os da turma de Biologia Marinha, Química Marinha e Oceanografia pelo companheirismo e apoio que prestaram em mim nesta longa caminhada.

Aos meus amigos Donato, Macsuel, Guipson, Gimo, Erasmo, Alzira, Wilson, Abel e especial a minha namorada Latiza por acreditarem e me apoiarem. Enfim quero dizer meu muito obrigado a todos que de alguma forma directa ou indirecta me apoiaram. Meu muitíssimo obrigada a todos.

DECLARAÇÃO DE HONRA

Declaro que esta monografia nunca foi apresentada para obtenção de qualquer grau e que ela constitui o resultado do meu labor individual. Esta monografia é apresentada em cumprimento parcial dos requisitos de obtenção do grau de Licenciatura em (Geologia Marinha), da Universidade Eduardo Mondlane.

Autor:

(Lourindo Basílio Ouanho)

Quelimane, Abril de 2019

RESUMO

O presente trabalho teve como objectivo avaliar o potencial de retenção de metais no Estuário dos Bons Sinais, através das propriedades e características dos sedimentos do fundo. Para este fim, foram coletadas e analisadas 5 amostras de sedimentos superficiais do Estuário dos Bons Sinais localizadas desde a montante do estuário até a Confluência do Bairro dos Pescadores. A coleta de amostras de sedimentos foi feita usando-se amostrador de fundo modelo *van veen* e as análises foram feitas no laboratório de solos e plantas do IIAM-Nampula, que consistiu na determinação da textura pelo método de pipetagem, pH pelo método potenciométrico, matéria orgânica (MO) por titulação e Capacidade de Troca Catiónica (CTC) pela técnica de extração dos catiões cálcio, magnésio e acidez potencial por titulação, sódio e potássio por espectrometria de absorção atómica por chama em cada amostra de sedimento. Os resultados obtidos nas análises dos sedimentos apresentaram em termos de valores médios de pH igual a 8.14, 1.98% de matéria orgânica, 0.8% de areia grossa, 34.6% de areia fina, 27.2% de silte e 37.4 % de argila, e valores de CTC entre 13.5 à 36.07 cmolc/kg. Estas condições são consideradas favoráveis à retenção dos metais pesados nos sedimentos do fundo do ambiente estudado.

Palavras-chaves: Sedimentos, metais, Estuário dos Bons Sinais.

ABSTRACT

The present work had the objective of evaluating the potential of metal retention in the Bons Sinais Estuary, through the properties and characteristics of the bottom sediments. For this purpose, 5 surface sediment samples of the Bons Signal Estuary located upstream of the estuary at Confluence of the Fishermen's Neighborhood were collected and analyzed. Sediment samples were collected using the van veen bottom sampler and the analyzes were carried out in the IIAM-Nampula soil and plant laboratory, which consisted in the determination of the texture by the pipet method, pH by potentiometric method, organic matter by titration and Cation Exchange Capacity (CEC) by the calcium, magnesium and potential acidity titration, sodium and potassium extraction technique by flame atomic absorption spectrometry in each sediment sample. The results obtained in the analysis of the sediments presented in terms of average values of pH equal to 8.14, 1.98% of organic matter, 0.8% of coarse sand, 34.6% of fine sand, 27.2% of silt and 37.4% of clay, and values of CEC between 13.5 and 36.07 cmolc / kg. These conditions are considered favorable to the retention of the metals in the sediments of the bottom of the studied environment.

Keywords: Sediments, metals, Bons Sinais Estuary

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Sigla	Significado
%	Porcentagem
GPS	Sistema de Posição Geográfico
S	Sul
L	Leste
°C	Graus celsius
MO	Matéria orgânica
ppm	Partes por mil
S _i	Secção (onde i= 1, 2, 3, 4 e 5)
G	Gramas
H	Hora
Km	Quilometro
cmolc/kg	Centimol de carga por quilograma ou miliequivalente
L	Litro
M	Concentração Molar
N	Concentração Normal
ml	Mililitro
Mm	Milímetros
m ²	Metros quadrados
UEM	Universidade Eduardo Mondlane
ESCMC	Escola Superior de Ciências Marinhas e Costeiras
IIAM	Instituto de Investigação Agrária de Moçambique
CTC	Capacidade de Troca Catiónica
pH	Potencial Hidrogeniónico

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Localização da área de estudo	10
Figura 2: Locais de amostragem	11
Figura 3: Amostragem de sedimentos	14
Figura 4: Composição granulométrica dos sedimentos da secção 1	20
Figura 5: Composição granulométrica dos sedimentos da secção 2	21
Figura 6: Composição granulométrica dos sedimentos da secção 3	21
Figura 7: Composição granulométrica dos sedimentos da secção 4	22
Figura 8: Composição granulométrica dos sedimentos da secção 5	22
Figura 9: Variação do pH dos sedimentos da área em estudo.....	23
Figura 10: Variação da matéria orgânica presente nos sedimentos da área em estudo.....	23
Figura 11: Variação da CTC de sedimentos na área de estudo.....	24
Figura 12: Relação entre CTC, Areia Fina, Silte, Argila, pH e MO na área em estudo	24

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: CTC das frações da fase sólida dos sedimentos (Kupper, 1966).	4
Tabela 2: Localização geográfica das secções e pontos de amostragem	14
Tabela 3: Composição granulométrica, pH, MO e CTC encontrados nas amostras de sedimentos.	20

Índice	Pág.
DEDICATÓRIA.....	i
AGRADECIMENTOS.....	ii
DECLARAÇÃO DE HONRA	iii
RESUMO	iv
ABSTRACT	v
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	vi
LISTA DE FIGURAS	vii
LISTA DE TABELAS	viii
1. INTRODUÇÃO E OBJECTIVOS	1
1.1. Introdução.....	1
1.2. Objectivos.....	2
1.2.1. Geral	2
1.2.2. Específicos	2
2. REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1. Características e propriedade de sedimentos	3
2.1.1. Granulometria.....	3
2.1.2. Matéria orgânica.....	3
2.1.3. pH.....	4
2.1.4. Capacidade de troca catiónica (CTC).....	4
2.2. Influência das características e propriedades de sedimentos na retenção de metais	5
2.2.1. Granulometria	5
2.2.2. Matéria Orgânica	5
2.2.3. pH.....	5
2.2.4. Capacidade de Troca Catiónica	6
2.3. Mecanismos de retenção espécies metálicas	6

2.3.1.	Adsorção sobre as superfícies das partículas minerais.....	6
2.3.2.	Complexação pela matéria orgânica	7
2.3.3.	Reações de precipitação	7
2.4.	Fontes de metais para o sedimento	7
2.4.1.	Fontes naturais.....	7
2.4.2.	Fontes Antrópicas.....	8
2.5.	Biodisponibilidade e dinâmica de metais em sedimentos	9
2.6.	Poluição por metais	9
3.	MATERIAL E METODOS.....	10
3.1.	Descrição da área de estudo.....	10
3.2.	Materiais	11
3.2.1.	Materiais, reagentes, soluções e equipamentos usados	11
3.3.	Métodos	13
3.3.1.	Amostragem de sedimentos	13
3.3.2.	Procedimentos laboratoriais	15
4.	RESULTADOS	20
4.1.	Variações da granulometria	20
4.2.	Variação do pH.....	23
4.3.	Variação da matéria orgânica	23
4.4.	Variação da capacidade de troca catiônica	23
4.5.	Relação entre CTC, Areia Fina, Silte, Argila, MO e pH.....	24
5.	DISCUSSÃO	25
5.1.	Granulometria.....	25
5.2.	pH	25
5.3.	Matéria orgânica	26
5.4.	Capacidade de troca catiônica	27

5.5.	Relação entre CTC, areia fina, silte, argila, MO e pH.....	27
6.	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	29
6.1.	Conclusões.....	29
6.2.	Recomendações	29
7.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA	30
	ANEXOS.....	33

1. INTRODUÇÃO E OBJECTIVOS

1.1.Introdução

Os estuários tropicais são potenciais retentores de elementos químicos que chegam em concentrações elevadas oriundas de diversas fontes, funcionando como filtro geoquímico desses elementos em seus percursos para os oceanos. Também estão entre os ambientes deposicionais costeiros que apresentam elevada dinâmica de sedimentação (Berno, 2010).

Os sedimentos de fundo estuarinos desempenham diferentes funções de acordo com as condições biofísico-químicas do ambiente. Estes são depositados de forma gradual e horizontal no fundo dos estuários, fazendo com que a camada superficial seja mais recente e com isso esteja mais facilmente disponível para interagir com a coluna de água podendo ser fonte ou depósito de elementos químicos, especialmente os metais, e possibilitando ainda se reconhecer as fontes destes elementos (Baird, 2002; Dias, 2017).

Os metais estão entre os contaminantes ambientais que mais merecem destaque, visto que não são biodegradáveis e sofrem o fenómeno da bioacumulação nos organismos, ou seja, o incremento da concentração dos metais ao longo da cadeia alimentar (Baird, 2002, Souza *et. al.*, 2015). Estes podem estar naturalmente presentes nos sedimentos através do intemperismo de rochas e da erosão de solos ricos nestes elementos. Contudo, as atividades antrópicas figuram na lista das mais importantes entradas de metais em águas, sedimentos e biota (Oliveira & Marins, 2011).

Segundo Rodrigues (2008) os metais podem ser retidos nos sedimentos estuarinos por processos físicos e químicos, os processos químicos representam os mecanismos mais importantes na transferência de metais em solução para as partículas sólidas ou vice-versa. A capacidade de retenção e mobilidade dos metais nos sedimentos através de processos químicos estão associadas as propriedades e características de sedimentos controladoras destes processos. Estas propriedades são variáveis físico-químicas e características dos sedimentos tais como pH, capacidade de troca catiónica, teor de argilas, mineralogia, teor de matéria orgânica e outros que variam de acordo com o tipo de sedimentos (Oliveira, 2012).

Nos últimos anos, o Estuário dos Bons Sinais tem sido alvo de diversos estudos geoquímicos Guzia (2018) e Lourenço (2018). No entanto, há falta de estudos que focam especificamente o potencial de retenção de elementos químicos nos sedimentos deste estuário. A falta de conhecimento deste potencial limita a compreensão da possível transferência de metais presentes na coluna de água para os sedimentos. Essa situação limita ainda mais a compreensão da função deste estuário como barreira geoquímica caso haja aporte de metais de rios para o oceano ou vice-versa.

Deste modo, o presente trabalho tem como finalidade a avaliação de potencial de retenção de metais no Estuário dos Bons Sinais através de características e propriedades de sedimentos. O potencial de retenção de metais nos sedimentos da área em estudo é de especial interesse devido à importância acerca do possível destino de metais que podem estar presentes neste estuário. Daí a importância do presente estudo, considerando que os metais representam ameaça potencial à biodiversidade bem como aos ecossistemas e os sedimentos podem desempenhar o papel de transporte, geoacumulação e acumulação destes.

1.2.Objectivos

1.2.1. Geral

- Avaliar o potencial de retenção de metais no Estuário dos Bons Sinais, através das propriedades e características dos sedimentos do fundo.

1.2.2. Específicos

- Determinar os parâmetros físico-químico (textura e pH) nos sedimentos
- Determinar a matéria orgânica nos sedimentos
- Determinar a capacidade de troca catiónica (CTC) de sedimentos
- Relacionar a CTC com pH, areia fina, silte, argila e MO nos sedimentos

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Características e propriedade de sedimentos

Sedimentos são depósitos complexos de partículas sólidas inorgânicas, matéria orgânica e constituintes adsorvidos (Ferreira, 2001; Rodrigues, 2008; Cunha, 2010). Podem ser caracterizados através das propriedades físicas que refletem sua procedência ambiental. Processos de deposição e pós deposição, como por exemplo a compactação, a diagênese, a formação mineral autogénica, tanto quanto a composição mineral, refletem-se na textura, tamanho, e características químicas do sedimento (Ferreira, 2011).

2.1.1. Granulometria

A determinação da composição granulométrica possibilita, em linhas gerais, a quantificação dos componentes em areia muito grossa, areia grossa, areia média, areia fina, areia muito fina, silte e argila. Os valores obtidos são expressos em percentagem de cada fração granulométrica em relação à fração total de sedimento seco em estufa (Domatto, 2010; Ferreira, 2001). Dentre as técnicas para determinação de granulometria, a mais utilizada é do método de pipeta que efeito destrutivo sobre a amostra, destruindo a fração orgânica contida na fração mais fina (Quinágua, 2006).

Segundo Domatto (2010) a granulometria fornece as bases para uma descrição mais precisa dos sedimentos e de seu ambiente deposicional. Seu estudo detalhado pode fornecer informação sobre os processos físicos atuantes durante a deposição e está relacionada às propriedades de porosidade e permeabilidade.

2.1.2. Matéria orgânica

A matéria orgânica sedimentar é considerada um dos mais importantes e completos testemunhos de mudanças ambientais, em escala local e global (Cunha, 2010). Consiste basicamente de organismos vivos ou mortos, tais como fitoplâncton, zooplâncton, bactérias e fungos, juntamente com fragmentos de plantas superiores e partículas minerais associadas a compostos orgânicos, dentre outras inúmeras fontes (Cunha, 2010). A quantidade de matéria orgânica preservada num sistema estuarino é basicamente o resultado do balanço entre a biomassa produzida dentro do estuário (autóctone) e/ou trazida de sua área de drenagem (alóctone) e a quantidade de biomassa alterada e reciclada na coluna de água e nos sedimentos (Cunha, 2010).

Segundo Souza (2006), a matéria orgânica é um dos componentes de sedimentos que desempenha um importante papel nos processos físicos, químicos e biológicos atuantes nos sedimentos. Ela é geralmente

dividida em dois grupos: as substâncias húmicas e as substâncias não húmicas. Sendo uma das mais importantes propriedades das substâncias húmicas é a capacidade de interagir com iões metálicos para formar complexos de diferentes estabilidades e características estruturais. As substâncias húmicas são formadas por reações de síntese secundária (humificação), durante os processos de degradação e transformação de biomoléculas originadas de organismos mortos e de actividade microbiana (Souza, 2006).

2.1.3. pH

Segundo Domatto (2010), o pH é uma variável que reflecte o estado termodinâmico dos sistemas ácido-base presentes nos ambientes aquáticos e estuarinos. A medição de pH é comumente efetuada com o uso de medidor de pH previamente calibrado com soluções-tampão apropriadas. Para medir pH em sedimento, o eléctrodo é inserido no sedimento e a medição é efetuada diretamente após um mínimo de 5 minutos, que é o tempo recomendado para atingir o equilíbrio (Quináglia, 2006).

2.1.4. Capacidade de troca catiônica (CTC)

As partículas coloidais de sedimentos apresentam cargas eléctricas negativas e/ou positivas, sendo que as diferenças entre estas cargas induzem a retenção de catiões ou aniões. Este fenómeno, de extrema importância na natureza, é denominado troca ou adsorção iónica, podendo ser catiónica ou aniônica (Oliveira & Marins, 2011). O número total de catiões trocáveis que um sedimento pode reter (a quantidade de sua carga negativa) é chamado de Capacidade de Troca de Catiões ou CTC. A CTC está intimamente ligada as concentrações dos iões trocáveis presentes nos sedimentos e nos sítios de troca nas interfaces coloidais do sistema (Wiesinieski, 2009).

Tabela 1: CTC das frações da fase sólida dos sedimentos (Kupper, 1966).

Partícula do Solo	CTC (cmol_c kg⁻¹)
Argila 1:1	3-15
Argila 2:1	100-150
Silte	< 1
Areia	0
Matéria orgânica	200-300

Segundo Kupper (1966), se a CTC for maior ou igual a 27 cmol kg⁻¹ de argila o sedimento é de alta atividade coloidal, ou pedologicamente considerado como Ta, se menor que 27 cmol kg⁻¹ de argila o solo é de baixa atividade coloidal, ou pedologicamente considerado como Tb.

Solos Ta: argilominerais 2:1 e predomínio de carga líquida negativa (maior afinidade por cátions).

Solos Tb: minerais silicatados 1:1 e óxidos de ferro e de alumínio. Pode haver também carga negativa, mas à medida que o solo se torna mais intemperizado (mais oxidico), começa a predominar carga líquida positiva.

2.2. Influência das características e propriedades de sedimentos na retenção de metais

2.2.1. Granulometria

A determinação da granulometria de sedimento permite analisar as condições ambientais sob as quais este material foi depositado Pettijohn (1975). Por exemplo, um ambiente com uma hidrodinâmica menos turbulenta irá favorecer a deposição de um material sedimentar mais fino, assim como um ambiente com mais energia é capaz de transportar sedimentos mais grossos (Cunha, 2010).

Souza (2010) e Ferreira (2001) em seus estudos afirmam que a fração fina (silte e argila) apresenta potencial relativamente maior de retenção de metais devido a sua maior área superficial de contato. Essas partículas apresentam maior potencial de adsorção e compreendem material similar transportado em suspensão pelos cursos de água, que é o meio mais importante de transporte de sedimentos. Essas partículas podem ser também enriquecidas dentro do próprio estuário que recebe descargas de efluentes industriais (Damatto, 2010). Brigante *et. al* (2003) também confirmam essa assertiva ao afirmar que as frações granulométricas mais importantes nas discussões sobre contaminação de sedimentos por substâncias químicas são argila e silte.

2.2.2. Matéria Orgânica

A matéria orgânica é um dos componentes de sedimentos que desempenha um importante papel nos processos físicos, químicos e biológicos atuantes nos sedimentos (Dias & Lima, 2004). Tem grande influência sobre a capacidade de troca de iões, uma vez que 100g de matéria orgânica apresenta uma capacidade de 150 a 200 cmoc/kg, ou seja, grande capacidade de troca iônica (Souza, 2010).

2.2.3. pH

O parâmetro pH em sedimento é considerado um factor importante nos estudos de especiação e equilíbrios para muitas substâncias químicas como sulfetos, amônia, cianetos, metais, e todas aquelas que se ionizam sob influência do pH (Quináglia, 2006). Ele actua na solubilidade dos solutos e é um dos principais factores determinantes na especiação geoquímica dos metais. Em pH alcalino são encontradas as formas particulada e coloidal dos metais, o que favorece a decantação destes para o compartimento sedimentar, onde podem ficar retidos e pouco disponíveis (Domatto, 2010).

Segundo Rocha *et. al* (2004), um dos métodos de remoção de metais em sedimentos contaminados ocorre pelo aumento de acidez da coluna de água, em geral, devido ao aporte de despejos ácidos de fontes antrópicas e/ou chuvas ácidas. O decréscimo de pH pode promover a solubilização de carbonatos e hidróxidos, modificando o processo de dessorção de cátions metálicos complexados por matéria orgânica, devido à competição desses cátions com iões H^+ .

2.2.4. Capacidade de Troca Catiónica

O estudo da CTC é de grande importância na verificação da capacidade de retenção e permuta de elementos percolados nos diferentes pontos de sedimentos, bem como sua maior ou menor lixiviação pelo mesmo. O poder de retenção de cátions pelos sedimentos pode ser afectado pelo teor de argila e matéria orgânica presente, quanto maior a quantidade destes mais altos os valores de CTC encontrados, também é maior a quantidade de retenção de metais nos sedimentos (Wiesinieski, 2009).

Segundo Oliveira & Marins (2011) a CTC de sedimentos é um dos factores decisivo na dinâmica dos metais. Está intimamente ligada às concentrações dos iões trocáveis presentes na solução do sedimento e aos sítios de troca nas interfaces coloidais do sistema. Uma elevada CTC de sedimentos proporciona uma maior retenção do metal nos sedimentos.

2.3. Mecanismos de retenção espécies metálicas

Segundo Oliveira (2012), os metais podem ser fixados nos sedimentos por três vias: adsorção, complexação ou precipitação.

2.3.1. Adsorção sobre as superfícies das partículas minerais

Uma das formas de fixação dos metais em sedimentos é através da adsorção sobre as superfícies das partículas minerais como areia, silte e argila. De acordo com Lemes (2001), esse fenómeno está relacionado com o tamanho da partícula mineral, sendo observado que, com a diminuição do grão, as concentrações de nutrientes e contaminantes aumentam, facto este que tem feito muitos pesquisadores preferirem trabalhar com a fracção de grãos finos dos sedimentos.

A fracção de granulometria mais fina possui maior capacidade de retenção de contaminantes devido às elevadas razões de área e superfície que partículas como argila e siltes possuem, o que resulta em uma grande capacidade de interação com iões e moléculas diversas, sendo a fracção silto-argilosa de sedimentos superficiais, a que contém os principais carreadores geoquímicos tanto de origem natural, quanto antrópica, apresentando, conseqüentemente, as maiores concentrações de metais (Forstner e Wittmann, 1981).

2.3.2. Complexação pela matéria orgânica

A complexação de metais pelas substâncias húmicas das partículas orgânicas é uma das vias de incorporação destas espécies em sedimentos. Conforme Baird (2002), os materiais húmicos têm uma grande afinidade pelos catiões de metais, extraíndo-os do compartimento aquático por meio de processos de troca iônica. Este processo de complexação ocorre, em grande parte, por meio da formação de complexos com os íons metálicos devido à interação destes com os grupos – COOH dos ácidos húmicos e fúlvicos presentes nas substâncias orgânicas.

2.3.3. Reações de precipitação

A precipitação dos metais nos sedimentos pode ocorrer na forma de sulfetos, carbonatos, hidróxidos ou fosfatos (Baird, 2002; Santos *et. al*, 2008). A toxicidade para os organismos associados ao metal pode variar, mesmo tratando-se de sedimentos diferentes com a mesma concentração total de íons de um metal. Isso se deve, principalmente, pela presença de sulfetos nos sedimentos, os quais controlam a disponibilidade destes compostos. Alguns metais tóxicos, como o Hg, Cd e Pb, formam sulfetos muito insolúveis, os quais também podem ser formados por Ni e muitos outros metais (Baird, 2002).

2.4. Fontes de metais para o sedimento

Os metais que podem ser origem natural ou antrópica.

2.4.1. Fontes naturais

Os metais de origem natural ocorrem principalmente como impurezas de muitos cristais de minerais primários de rochas ígneas. Em rochas sedimentares os metais ocorrem absorvidos aos minerais secundários, os quais são produtos do intemperismo, desintegração física e decomposição química de rochas primárias (Ferreira, 2001; Pires & Silva, 2011).

Abaixo são descritos metais presentes em alguns minerais (Ferreira, 2001)

- Olivina: Fe (II)
- Pirita: Ag, As, Cd, Co, Cu, Mo, Ni, Pd, Sn, Te
- Feldspato: Ba, Ca, K, Na, Rb, Sr
- Mica: Ba, F, Fe, Li, Mn
- Apatita: As, F, Pb, Se, V
- Anibole: F, Fe, Li, Mn, Sr, Ti
- Miscelanea: Au, Be, Cs, Hf, La-Lu, Li, Nb, Sn, Ta
- Pegmetitas: U, W, Y, Zr

2.4.2. Fontes Antrópicas

Apesar de metais pesados serem inerentes à maioria dos materiais naturais, as fontes relatadas a seguir devem ser consideradas como contribuidoras de metais ao ambiente (Ferreira, 2001).

Minerações de metais não-ferrosos - metais usados na fabricação dos mais variados produtos são obtidos ou pelo processo de exploração de jazidas contidas nas rochas da crosta terrestre ou pela reciclagem da sucata de metal originalmente derivado de fontes geológicas.

De acordo com Ferreira (2001), os materiais empregados na agricultura, os insumos agrícolas, fazem parte das fontes denominadas “não identificáveis”. As principais são:

- Impurezas nos fertilizantes: Cd, Cr, Mo, Pb, U e Zn;
- Pesticidas: Cu, As, Hg, Pb, Mn, Zn
- Dessecantes: As para o algodão;
- Conservadores de madeira: As e Cu;
- Descartes da criação intensiva de porcos: Cu e As;
- Excrementos: Cd, Cu, Ni, Pb, Zn e As;
- Lodo do esgoto: Cd, Ni, Cu, Pb e Zn;
- Corrosão de objectos metálicos, como cercas, calhas, etc: Zn e Cd.

Combustão de combustíveis fósseis - um grande número de metais pesados é encontrada em combustíveis fósseis. Os produtos da sua combustão são jogados para o ambiente sob forma de partículas, acumulando-se nas cinzas, as quais podem ser transportadas pelo ar, indo contaminar solos, sedimentos e águas. Alguns metais que podem aparecer são o Pb, Cd, Zn, Sb, Se, Ba, Cu, Mn e V.

Indústrias metalúrgicas - muitos metais pesados são usados em ligas metálicas especiais e em aços: V, Mn, Pb, W, Mo, Cr, Co, Ni, Cu, Zn, Sn, Si, Ti, Te, Ir, Ge, Tl, Sb, In, Cd, Be, Bi, Li, As, Ag, Sb, Pr, Os, Nb, Nd e Gd. Tanto a fabricação quanto o descarte e a reciclagem de ligas podem provocar poluição ambiental com grande variedade de composição.

Eletrônica - vários elementos traço, incluindo os metais pesados, são usados na fabricação de semicondutores e outros componentes eletrônicos. O ambiente pode ser contaminado por eles durante a manufatura ou até mesmo pelo descarte após o uso. Eles incluem Cu, Zn, Au, Ag, Pb, Sn, Y, W, Cr, Se, Sm, Ir, In, Ga, Ge, Re, Sn, Tb, Co, Mo, Hg, Sb, As e Gd.

Outras fontes poluidoras de metais pesados são:

- Baterias: Pb, Sb, Zn, Cd, Ni, Hg e Pm;

- Tintas e pigmentos: Pb, Cr, As, Sb, Se, Mo, Cd, Ba, Zn, Co, Ti;
- Catalisadores: Pt, Sm, Sb, Ru, Co, Rh, Re, Pd, Os, Ni, Mo;
- Estabilizadores de polímeros: Cd, Zn, Sn, Pb (da incineração de plásticos);
- Impressão gráfica: (fotocópias) Pb, Cd, Zn, Cr e Ba;
- Usos médicos: Ag, Sn, Hg, Cu e Zn (ligas dentárias); As, Bi, Sb, Se, Ba, Ta, Li, Pt (drogas/preparados medicinais);
- Aditivos de combustíveis e lubrificantes: Se, Te, Pb, Mo e Li;

2.5. Biodisponibilidade e dinâmica de metais em sedimentos

A biodisponibilidade é entendida como um conteúdo total ou parcial de uma espécie química integrante de um material geológico que é passível de ser liberada na superfície terrestre por processos físicos, químicos ou biológicos. Ou ainda, a biodisponibilidade de uma espécie química pode ser entendida como a porção elementar que está disponível para ingestão, inalação ou assimilação por um organismo vivo. Segundo Souza *et. al* (2015) atualmente, são consideradas cinco fases quando se estuda a biodisponibilidade de elementos traço em sedimentos: a) fase trocável; b) fase lixiviável; c) fase redutível; d) fase oxidável; e) fase pseudo-residual.

Os metais contidos na fase lixiviável podem ser liberados com a variação do pH e esta fase é considerada também bastante biodisponível. Em pH neutro, a mobilidade dos metais é muito baixa; condições de baixo pH aumentam essa mobilidade e altos valores de pH limitam a mobilidade dos metais. A fase orgânica é relativamente estável na natureza e os metais nela presente podem ser removidos em condições oxidantes fortes permitindo a liberação do metal na forma solúvel. Os metais presentes na fração residual medem o grau de poluição ambiental, pois uma grande quantidade de metais nessa fração indica um menor grau de poluição (Souza *et. al*, 2015)

2.6. Poluição por metais

Poluição ambiental é um dos factores que mais contribui para a destruição dos componentes da biosfera. Dentre todos os contaminantes químicos, em nível de traço, os metais pesados em especial, acredita-se serem muito significativos à ecologia, à biologia e à saúde. Elementos considerados de alto risco ao ambiente são: Be, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Se, V e Zn. A ocorrência e o ciclo de elementos traço no ambiente, assim como a sua passagem para plantas, alimentos e animais são objecto de investigações. Especialmente os metais pesados contidos nos solos e sedimentos apresentam possibilidade de contaminação da cadeia alimentar humana (Ferreira, 2001).

3. MATERIAL E METODOS

3.1. Descrição da área de estudo

A área de estudo fica situado a este da Província da Zambézia no distrito de Quelimane no Estuário dos Bons Sinais e localiza-se nos paralelos $18^{\circ}40'30''$ Sul e os meridianos de $37^{\circ}00'00''$. Este com uma extensão estimada de 30 Km entre a Montante do Estuário a Boca do mesmo. A área de estudo abrangida foi dividida longitudinalmente em 5 secções aleatórias, sendo que em cada secção foram seleccionados transversalmente 3 pontos de amostragens correspondente a um total de 15 pontos de amostragens (Figura 1).

Na zona de estudo encontra-se somente formações quaternárias, nomeadamente aluviões ribeirinhas e formações litorâneas (barras costeiras). A origem do material aluvial são as rochas gnáissicas e granitoides do Pré-câmbrico que se encontram mais no interior do país. Os principais rios que drenam o distrito de Quelimane são os limítrofes Cuacua, Licuar, Mucelo, Namacurra e o estuário dos Bons Sinais (Scholten, 1987)

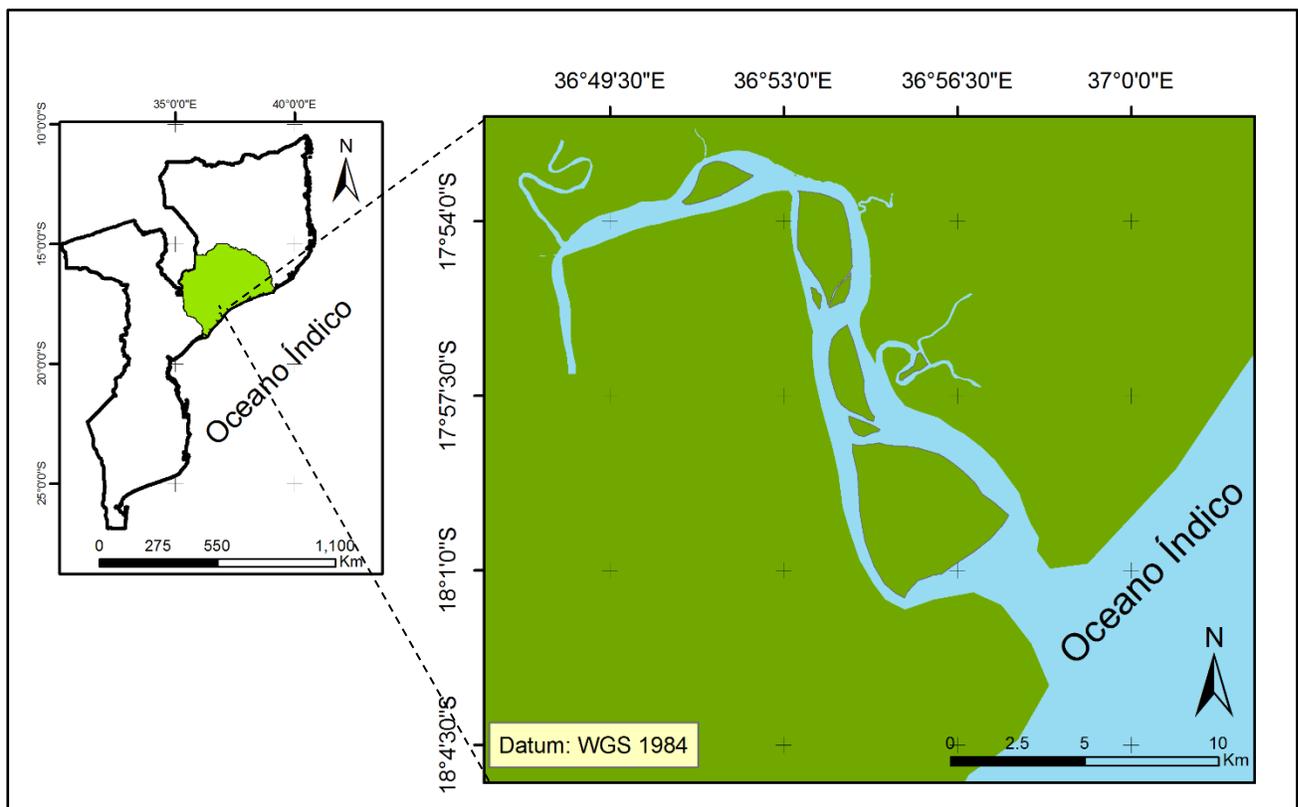


Figura 1: Localização da área de estudo

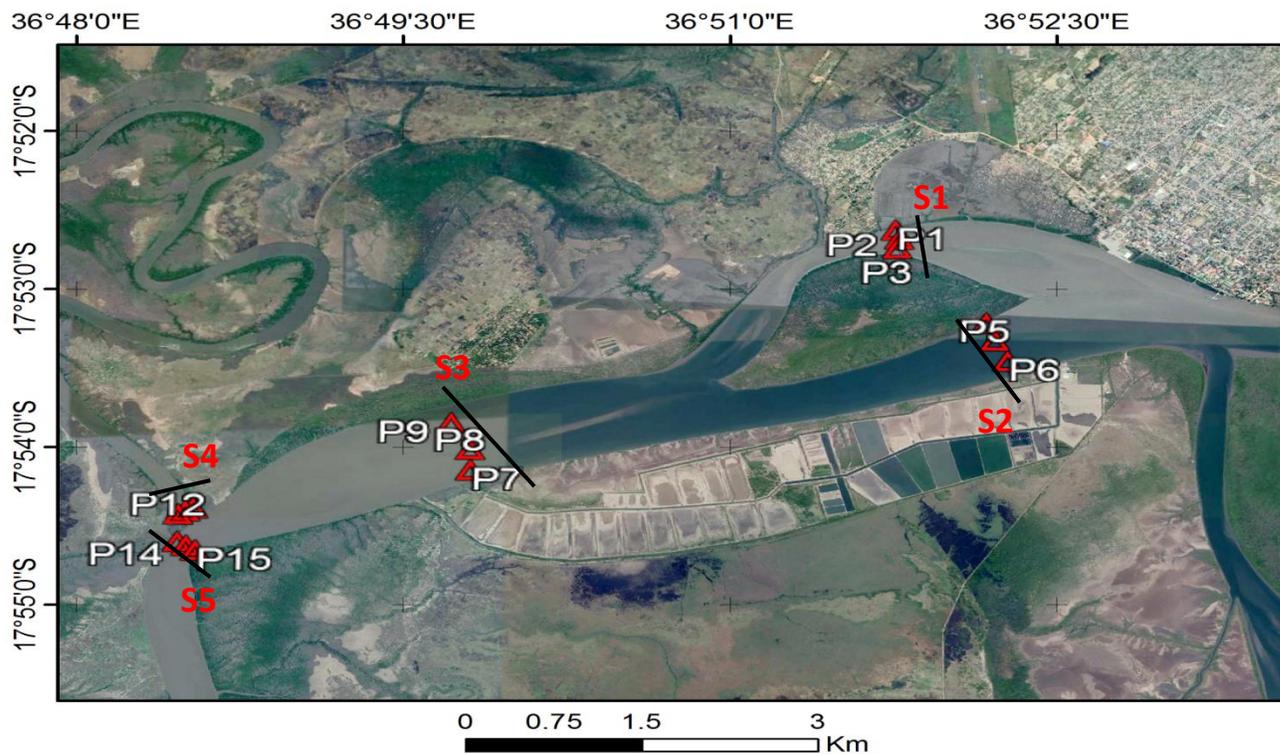


Figura 2: Locais de amostragem

3.2. Materiais

3.2.1. Materiais, reagentes, soluções e equipamentos usados

Materiais e equipamentos usados

- Amostrador de fundo modelo *van-veen*
- Pipetas volumétricas e automáticas de 1, 10 e 25 mL
- Balões volumétricos de 50, 100, 250, 500, 1000, 20000 e 5000 mL
- Espátulas
- Pinça metálica
- Copos polietílenos de 30 mL
- Espátulas
- Pinça metálica;
- Magnetes; papel de filtro de 110 mm
- Beckers;
- Buretas de 10 e 50 mL;
- Erlenmeyers de 125 mL
- Exsiccador;

- Magnete, pissetas
- Tubos de ensaio 50 e 125 mL
- Cadinhos de teflon e porcelana;
- Almofariz e pastilo;
- Peneiras ($d=250mm$, $d=0.5mm$ e $d=2mm$)
- Provetas graduadas de 10, 50, 100, 1000 e 5000 mL
- GPS
- Estufas
- Capela
- Balança analítica e electrónica ($e=0,1g$; $e=0,01g$ e $e=0,0001g$)
- Dessecador
- Agitador automático
- Potenciometro *Consort*.
- Espectrofotómetro de chama *Modern*

Reagentes e soluções usadas

- Soluções padrão pH 4,00 e pH 7,00
- Hexametáfosfato de sódio a 5%
- Água destilada
- Acetato de cálcio ($C_4H_6O_4Ca$) à 5M de pH (7.1-7.2)
- Hidróxido de sódio (NaOH) à 0.025N
- Indicador fenolftaleína à 10g/L
- Ácido acético glacial (CH_3COOH) à 100%
- Sulfato ferroso amoniacal ($Fe(NH_4)_2(SO_4)_6 \cdot 2H_2O$) à 0.05M
- Dicromato de potássio ($K_2Cr_2O_7$) à 0.2M
- Indicador difenilamina 10g/L
- Ácido ortofosfórico (H_3PO_4) à 85% (p/p)
- Cloreto de potássio (KCl) à 1N
- Solução tampão
- Solução de cianeto de potássio (KCN) à 100g/L
- Coquetel

- Solução de EDTA à 0.05M
- Solução de EDTA à 0.0125M
- Indicador Negro-de-Eriocromo-T
- Ácido ascórbico sólido ($C_6H_8O_6$) à 99%
- Ácido perclórico ($HClO_4$) à 30%
- Ácido nítrico (HNO_3) à 70%
- Mehlich-1
- Ácido clorídrico (HCl) à 37%
- Ácido sulfúrico (H_2SO_4) à 98%
- Solução padrão de 1000 ppm (mg/L) de Na e de K

3.3.Métodos

Para a obtenção dos resultados pretendidos neste trabalho, foram executados na sequência das seguintes actividades: revisão bibliográfica, amostragem de sedimentos e procedimentos laboratoriais. A seguir são descritas as metodologias empregadas para realização desse trabalho, desde a fase de amostragem, bem como os protocolos utilizados nos procedimentos laboratoriais.

3.3.1. Amostragem de sedimentos

Os procedimentos de amostragem, acondicionamento e transporte das amostras adotados neste trabalho baseiam-se principalmente naqueles da Embrapa (2006). Foram definidos 5 secções amostrais localizados ao longo do trecho do estuário em estudo sendo que em cada um deles foram coletadas 3 subamostras em 3 pontos de secções transversais, respectivamente. O processo de coleta se deu com o auxílio de uma draga de mandíbula tipo *van veen* ao bordo de uma embarcação de 7m (Figura 4). Os pontos amostrais foram georreferenciados com um GPS modelo Astro Garmin (tabela 1).

As amostras foram acondicionadas em sacos plásticos etiquetados de polietileno, conservadas durante 2 dias num frigorífico e posteriormente encaminhadas ao laboratório do Instituto de Investigação Agrária de Moçambique (IIAM) – Centro Zonal Nordeste, na cidade de Nampula para serem submetidas a procedimentos laboratoriais.

Tabela 2: Localização geográfica das secções e pontos de amostragem

Seccão	Pontos amostrais	Coordenadas geográficas		Observação
S1	P1	17°52'38.70"S	36°51'46.00"E	Canal do bairro dos Pescadores
	P2	17°52'42.10"S	36°51'47.00"E	
	P3	17°52'46.10"S	36°51'46.00"E	
S2	P4	17°53'14.30"S	36°52'11.00"E	Canal da zona de Aquapesca
	P5	17°53'20.90"S	36°52'13.40"E	
	P6	17°53'29.50"S	36°52'20.80"E	
S3	P7	17°54'11.80"S	36°49'49.30"E	Canal de Banco de Areia
	P8	17°54'1.70"S	36°49'48.70"E	
	P9	17°53'51.34"S	36°49'42.65"E	
S4	P10	17°54'24.10"S	36°48'32.60"E	Tributário do Rio Licuar
	P11	17°54'25.20"S	36°48'30.50"E	
	P12	17°54'26.80"S	36°48'28.90"E	
S5	P13	17°54'36.80"S	36°48'28.41"E	Tributário do Rio Cuacua
	P14	17°54'38.33"S	36°48'30.84"E	
	P15	17°54'40.10"S	36°48'33.40"E	

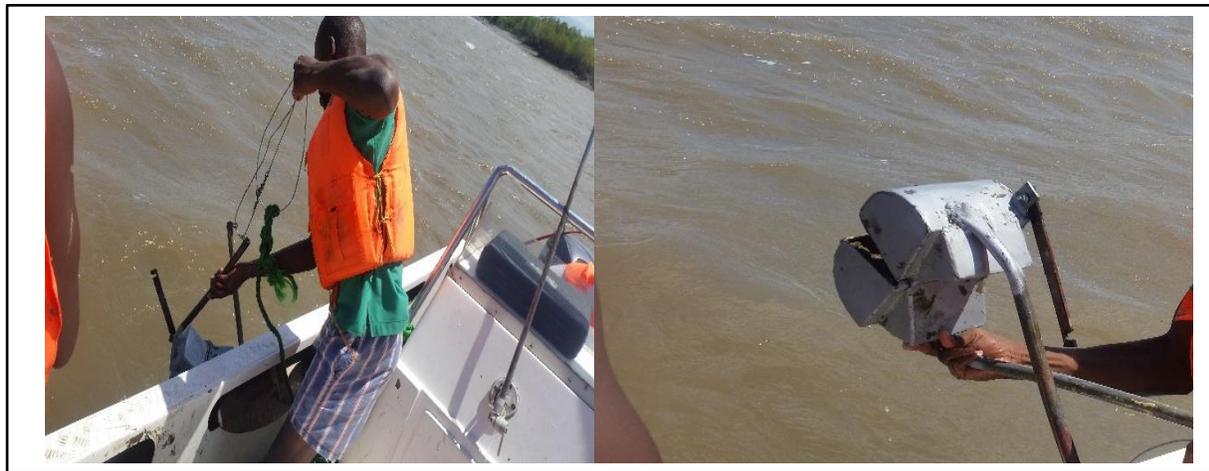


Figura 3: Amostragem de sedimentos

3.3.2. Procedimentos laboratoriais

3.3.2.1.Preparação das amostras

Nesta etapa, cada amostra foi dividida em duas partes, uma destinada a secagem e outra a determinação da humidade. Para a secagem, cada uma das amostras de sedimentos foi pesada e deixada em ambiente provido a raios solares (para facilitar no processo de secagem dos sedimentos) e desprovido de poeira e contaminação. Devido ao maior grau de pegajosidade das amostras, durante a secagem foram esquartejadas e reviradas para melhor uniformização da secagem. Depois de secas, cada uma das amostras foi pesada, trituradas, crivada com peneira de 250 mm de diâmetro e posteriormente conservadas em sacos plásticos para serem destinadas as análises físicas e químicas.

A humidade foi determinada de acordo com o método da Embrapa (1979):

- Pesou-se 20,00g de amostra, em cadinho de peso conhecido e isento a humidade
- Transferiu-se para estufa a 105°C e deixou-se durante uma noite.
- Retirou-se e colocou-se em dessecador, esfriou-se e pesou-se com aproximação de 0,01g e determinou-se a humidade residual usando a expressão (1).

Cálculo (Embrapa 1979).

$$\text{Hr} = \frac{m - m_s}{m_s} \times 100 \quad \text{Eq. 1}$$

Onde:

Hr=humidade residual em %

m= massa da amostra humida em g

ms = massa da amostra seca na estufa à 105°C em g

3.3.2.2.Análise física

a) Determinação de Textura

A textura determinou-se por peneiramento úmido e pelo método de pipetagem segundo a técnica de Robison, baseada na Lei de Stokes.

- Pesou-se 20g de solo em copo plástico. Adicionou-se 100 ml de água 10 ml de solução de hexametáfosfato de sódio à 5% e deixou-se o copo coberto em repouso durante a noite.
- Levou-se o conteúdo para agitador automático e procedeu-se a agitação durante 30 minutos

- Transferiu-se conteúdo com água desionizada para uma peneira de 2 mm de diâmetro e lavou-se com jactos de água corrente e transferiu-se o conteúdo retido para latas de alumínio numeradas;
- Lavou-se de novo o conteúdo a areia retida na peneira de 0,5 mm com jacto forte de água. E transferiu-se a fracção retida areia para frascos plásticos numerada e de peso conhecido
- Eliminou-se o excesso de água nos frascos e colocou-se a secar na estufa á 105°C por 24h
- Transferiu-se o conteúdo para proveta de 1L e completou-se o volume com água destilada
- Agitou-se o conteúdo em suspensão por trinta segundos com um bastão contendo na extremidade inferior um êmbolo de borracha com diâmetro um pouco menor que o do cilindro, com movimento da boca para o fundo e vice-versa e pipetou-se 25 ml para frascos plásticos
- Deixou-se em repouso por 3h e pipetou-se 25ml do material suspenso com sucção contínua para evitar turbilhonamento para frascos plásticos
- Colocou-se a cápsula para secar em estufa á 30°C por 7 dias
- Transcorrido o tempo necessário para secar, retirou-se o material da estufa e arrefeceu-se por 5 minutos e procedeu-se a pesagem. Calculou-se os respetivos percentuais granulométricos para 100% pela expressão abaixo:

Cálculo (Embrapa 1979).

$$\text{Areia grosso (\%)} = \text{peso da areia grossa (AG)} \times 10$$

$$\text{Areia fina (\%)} = 100 - (\% \text{ argila} + \% \text{ silte} + \% \text{ areia grossa})$$

$$\text{Argila (\%)} = [\text{peso da argila} + \text{dispersante} - \text{peso do dispersante}] \times 500$$

$$\text{Silte (\%)} = [\text{peso da argila} + \text{silte} + \text{dispersante} - \text{peso da argila} - \text{peso do dispersante}] \times 500$$

Eq. 2

3.3.2.3. Análises químicas

a) Determinação do pH

Procedimento:

- Ligou-se o potenciômetro 30 minutos antes de começar a ser usado e aferiu-se o potenciômetro com as soluções padrão pH 4.00 e pH 7.00
- Pesou-se 10g de amostra com precisão 0.01g em copo polietileno de 30 mL
- Adicionou-se 25 ml de água desionizada, agitou-se durante 30 minutos e deixou-se em repouso por 1 hora.
- Agitou-se cada amostra e mergulhou-se os elétrodos e procedeu-se a leitura do pH

b) Determinação de Matéria Orgânica

Foi usado o método volumétrico pelo bicromato de potássio segundo Embrapa (1979).

- Pesou-se 0.50 g de amostra de sedimento crivado em peneira de 80 malha incluindo-se a amostra padrão e colocou-se em erlenmeyer de 250 mL;
- Adicionou-se 10 mL (pipetados) da solução de dicromato de potássio à 0.2 M. Juntamente com 4 ensaios em branco;
- Colocou-se um tubo de ensaio de 50 mL cheio de água desionizada na boca do erlenmeyer, funcionando este como condensador e aqueceu-se na placa eléctrica até à fervura, durante 4 minutos;
- Deixou-se esfriar e adicionou-se 80 mL de água desionizada, 2 ml de ácido ortofosfórico e 3 gotas do indicador difenilamina.
- Titulou-se, na capela por uma bureta graduada de 50 mL, com solução de sulfato ferroso amoniacal à 0.05M, anotou-se o volume de titulante gasto e calculou-se o teor da MO pela expressão abaixo.

Cálculo (Embrapa 1979).

$$\%MO = 0.06 \times V \left[40 - Va \times \left(\frac{40}{Vb} \right) \right] \times f \times 1.724$$

Eq. 3

Onde:

V – Concentração de dicromato de potássio empregado;

Va - Volume de sulfato ferroso amoniacal gasto na titulação da amostra;

Vb - é o volume de sulfato ferroso amoniacal gasto na titulação da prova em branco;

0.06 - é o factor de correção, decorrente das alíquotas tomadas (constante);

40- Volume estabelecido para o ensaio em branco atingir o ponto de viragem;

f - é o factor de correção para TFSE (tabelado);

1.724 – Factor conversão de carbono orgânico total para matéria orgânica (constante).

c) Determinação da Capacidade de Troca Catiônica (CTC)

A CTC foi determinada pela técnica de extração dos catiões totais presentes na superfície coloidal das amostras dos sedimentos descrita pela Embrapa (2011) sendo que consistiu na determinação e soma de acidez trocável, cálcio, magnésio, sódio e potássio nas amostras de sedimentos.

Determinação de acidez trocável pelo método de KC N

Procedimento:

- Pesou-se 3.00g de amostra de sedimento e colocou-se num balão de fundo plano
- Em seguida, adicionou-se 45 mL de acetato de cálcio à 0.5 M e pH 7.21 e deixou-se em repouso durante 24h;
- Pipetou-se 25 mL do extrato para erlenmeyer de 225 mL e adicionou-se 3 gotas do indicador fenolftaleína;
- Titulou-se com a solução de Hidróxido de sódio (NaOH) à 0.025N e anotou-se o volume de titulante gasto.

Cálculo

$$\text{Al trocável (cmol/kg)} = \text{mL NaOH gasto}$$

Eq. 4

Determinação de cálcio e magnésio pelo EDTA

Determinação de cálcio+magnésio

Procedimento:

- Pesou-se 10g de amostra de sedimento, para um erlenmeyer de 250 e 500 mL, adicionou-se 100 mL de cloreto de potássio à 1N e tapou-se para evitar impurezas, deixando-se sedimentar durante 24h;
- Após a sedimentação, tomou-se 5 mL do extrato para um erlenmeyer de 125 mL adicionou-se 20 mL de água desionizada (Factor diluição);
- Adicionou-se se 4 mL de coquetel, 30 mg de ácido ascórbico e 3 gotas do indicador negro eriocromo-T e titulou-se por EDTA;
- Anotou-se o volume gasto do titulante e calculou-se $\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++}$ amostra de acordo com a expressão abaixo (5).

Cálculo

$$\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++} \text{ (cmol/kg)} = \text{mL EDTA gasto}$$

Eq. 5

Determinação de cálcio e cálculo magnésio

- Tomou-se 25 mL do extrato, do item anterior
- Adicionou-se 3 mL de KOH, 30 mg de ácido ascórbico, 1 mg de calcon+sulfato de sódio e titulou-se com EDTA até a mudança da cor e anotou-se o volume gasto de EDTA.
- Calculou-se a percentagem de cálcio e magnésio na amostra de acordo com as expressões abaixo.

Cálculo de cálcio

$$\text{Ca}^{++} \text{ (cmolc/kg)} = \text{ml EDTA gasto}$$

Eq. 6

Cálculo de magnésio

$$\text{Mg}^{++} \text{ (cmolc/kg)} = (\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++}) - \text{Ca}^{++}$$

Eq. 7

Determinação de sódio e potássio por fotometria de chama

- Pesou-se 5.00g de amostra de sedimento na balança electrónica e colocou-se no tubo de ensaio de 50 mL;
- Adicionou-se 50 mL de Mehlich-1 e agitou-se durante 30 minutos;
- Após a agitação deixou-se em repouso durante 24h para sedimentação, depois tomou-se 20 mL do extrato para tubo de ensaio de 50 mL e completou-se o volume com Mehlich-1 (*factor de diluição*);
- Preparou-se solução padrão com concentração de 0, 10, 20, 30, 40 e 50 ppm de Na⁺ e K⁺ para a curva calibração do espectrofotómetro de chama;
- Ligou se o fotómetro de chama e procedeu-se a leitura na faixa ppm com a sequência de soluções padrão e de seguida as amostras para cada elemento a ser analisado.
- Calculou-se as quantidades em ppm de Na e K nas amostras com auxílio das equações de regressão obtidas a partir das curvas-padrão, multiplicando o resultando final pelo factor diluição de cada elemento, converteu-se a concentração de Na e K em ppm obtidos por fotometria de chama para unidade cmolc/kg (Tabela 2).

Cálculo de CTC

$$\text{CTC (cmolc/kg)} = (\text{H}^{+} + \text{Al}^{+++}) + \text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++} + \text{K}^{+} + \text{Na}^{+}$$

Eq. 2

4. RESULTADOS

A tabela 2 apresenta resultados da análise física e químicas (textura, pH, Matéria Orgânica e CTC) nos sedimentos amostrados, médias e desvio médio de cada análise realizada. As leituras para cada ensaio são apresentadas nas tabelas do anexo B.

Tabela 3: Composição granulométrica, pH, MO e CTC encontrados nas amostras de sedimentos.

Análises	Amostras					Média	Desv. Médio
	S1	S2	S3	S4	S5		
Areia Grossa (%)	1	0	2	0	1	0.8	0.64
Areia Fina (%)	6	33	78	36	20	34.6	17.92
Silte (%)	30	32	6	29	39	27.2	8.48
Argila (%)	63	35	14	35	40	37.4	11.28
pH	8,17	7.91	8,25	8,47	8,12	8.17	0.16
Matéria Orgânica (%)	3.8	1.95	0.56	1.74	1.84	1.978	0.73
CTC (cmol _c /kg)	36.07	33.29	14.94	31.1	33.65	29.82	6

4.1. Variações da granulometria

Na secção 1 a classe granulométrica de argila foi a que apresentou maior domínio com 63%, seguido de silte com 30%. A areia grossa e areia fina apresentaram menores proporções com 1% e 6% respectivamente (Figura 4)

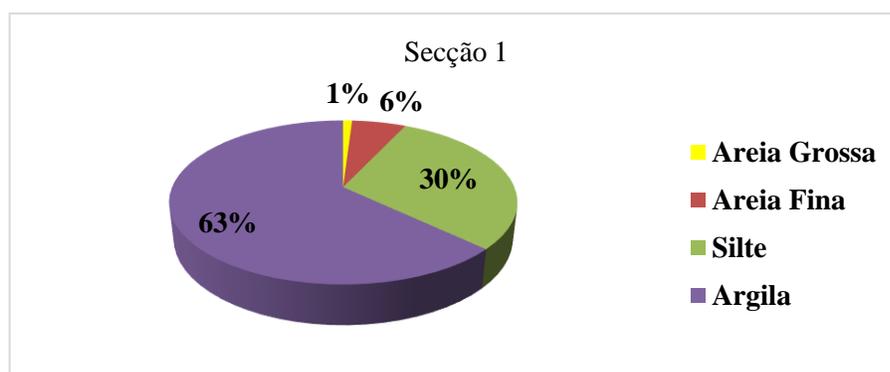


Figura 4: Composição granulométrica dos sedimentos da secção 1

Na secção 2, as classes granulométricas de areia fina, silte e argila obtiveram um equilíbrio nas suas composições granulométricas, mas tendo a argila apresentado maior domínio com 35%. A areia fina e silte apresentaram proporções de 33% e 32% respectivamente (Figura 5)

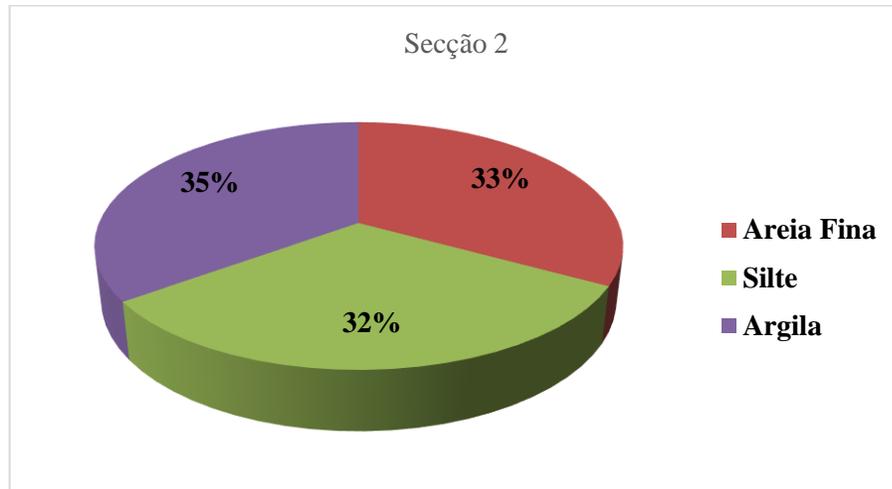


Figura 5: Composição granulométrica dos sedimentos da secção 2

Na secção 3 a classe granulométrica que apresentou maior domínio foi a de areia fina com 78%. A argila, silte e areia grossa apresentaram menores proporções com 14%, 6% e 2% respectivamente (Figura 6)

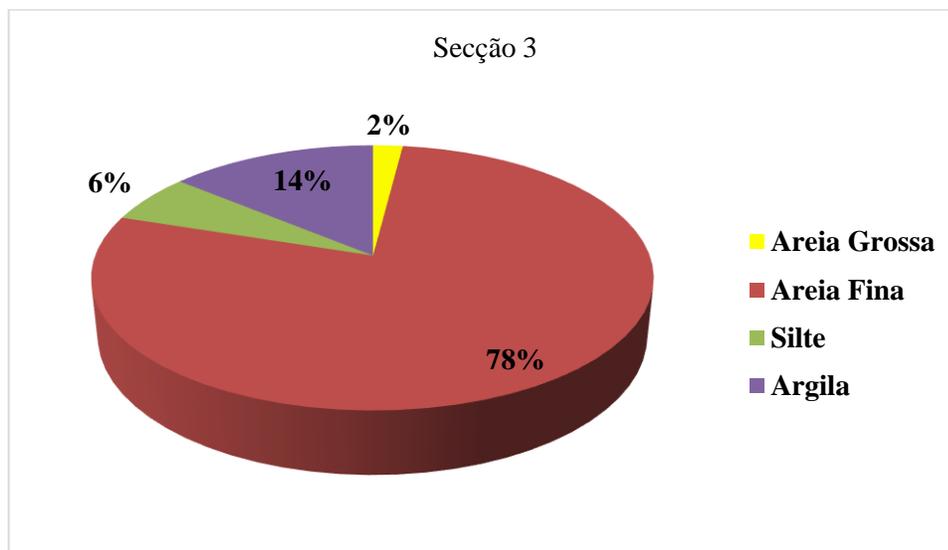


Figura 6: Composição granulométrica dos sedimentos da secção 3

Na secção 4, as classes granulométricas de areia fina, silte e argila obtiveram um equilíbrio nas suas composições granulométricas, mas a fração de areia fina apresentou maior domínio com 36%. A argila e silte apresentaram proporções granulométricas de 35% e 29% respectivamente (Figura 7)

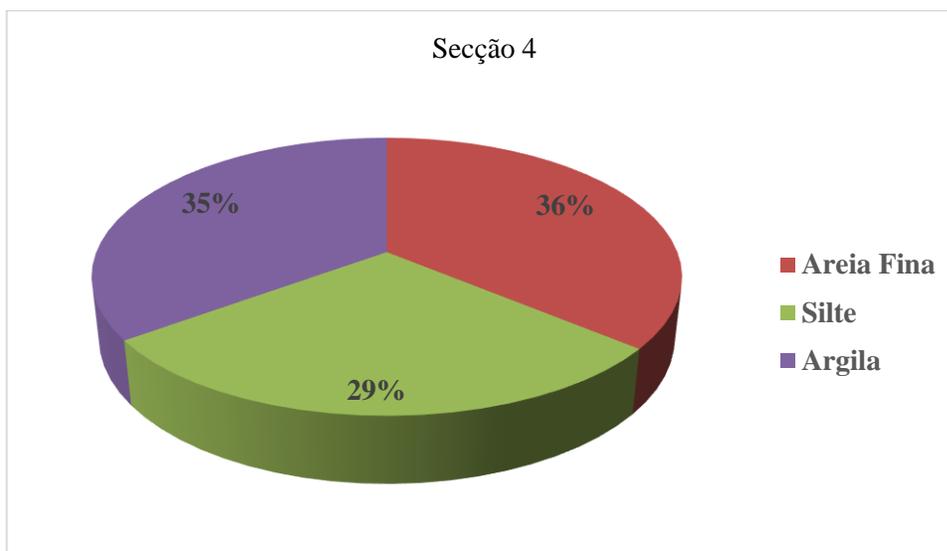


Figura 7: Composição granulométrica dos sedimentos da secção 4

Na secção 5 a classe granulométrica de argila foi a que apresentou maior domínio com 40%, seguido de silte com 39%. A areia grossa e areia fina apresentaram menores proporções granulométricas de 1% e 20% respectivamente (Figura 8)

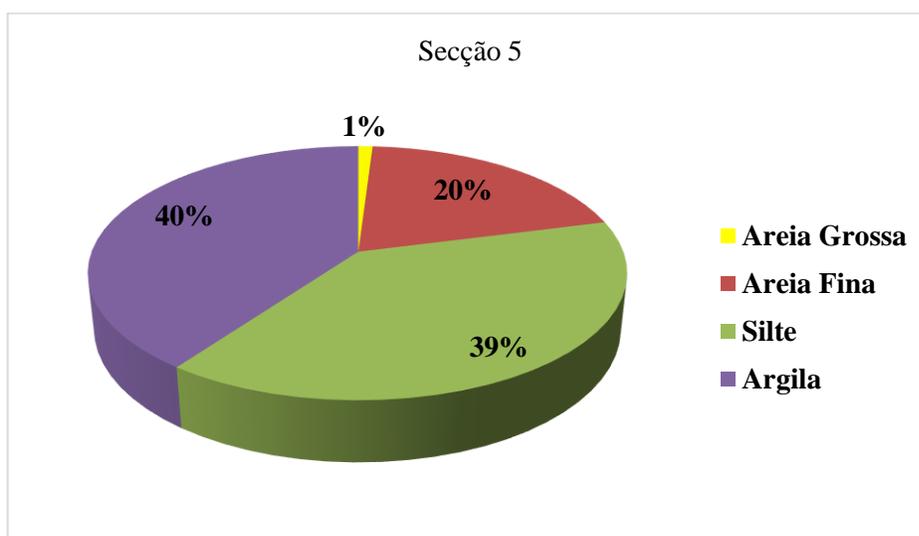


Figura 8: Composição granulométrica dos sedimentos da secção 5

4.2. Variação do pH

O pH variou de 7.91 à 8.47, sendo espacialmente essa variação da secção 2 à secção 4 respectivamente. As secções 1, 2 e 5 obtiveram pH com valores de 8.14, 8.25 e 8.12 respectivamente (figura 9).

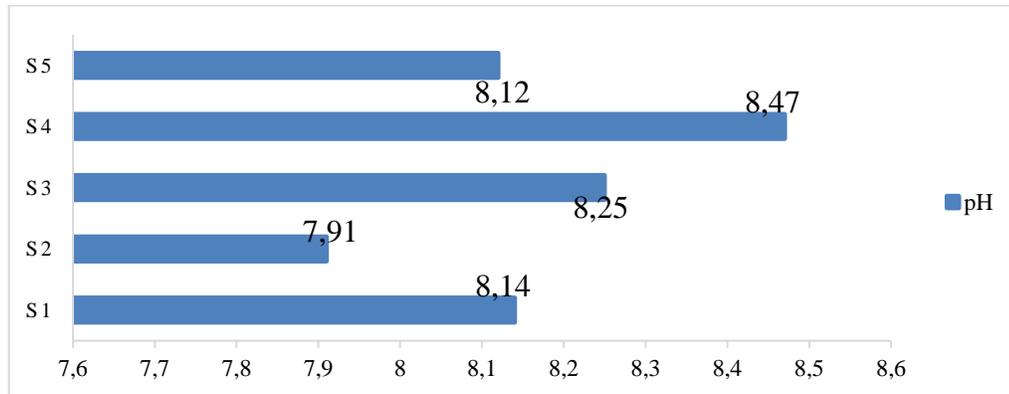


Figura 9: Variação do pH dos sedimentos da área em estudo

4.3. Variação da matéria orgânica

A matéria orgânica variou espacialmente ao longo da área de estudo com valor mínimo obtido na secção 3 e valor máximo obtido na secção 1, com teores de MO entre 0.56 e 3.8% respectivamente (Figura 9). As secções 2, 4 e 5 apresentaram MO com teores de 1.95, 1.74 e 1.84% respectivamente.

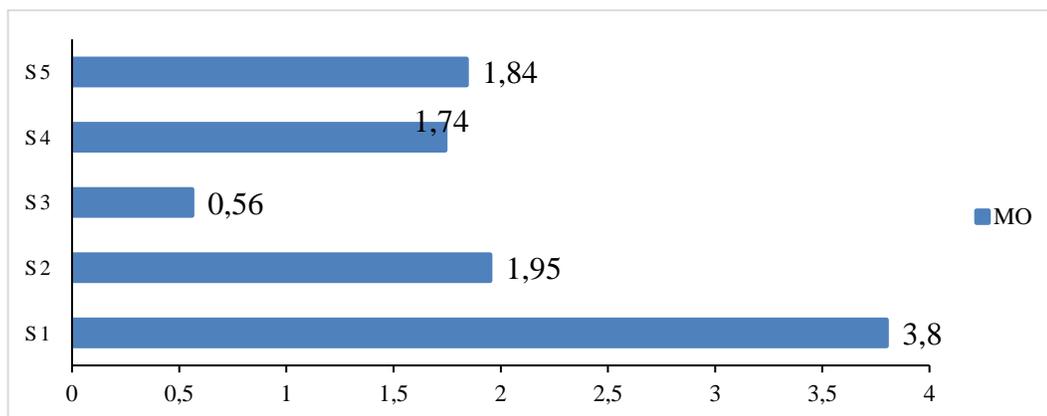


Figura 10: Variação da matéria orgânica presente nos sedimentos da área em estudo

4.4. Variação da capacidade de troca catiônica

A capacidade de troca catiônica variou ao longo da área de estudo, sendo espacialmente essa variação da secção 3 à secção 1, com valores de CTC entre 14.96cmol_c/kg à 36.07cmol_c/kg respectivamente. As secções 2, 4 e 5 obtiveram, respectivamente, 33.29, 31.36 e 33.65cmol_c/kg de CTC de sedimentos.

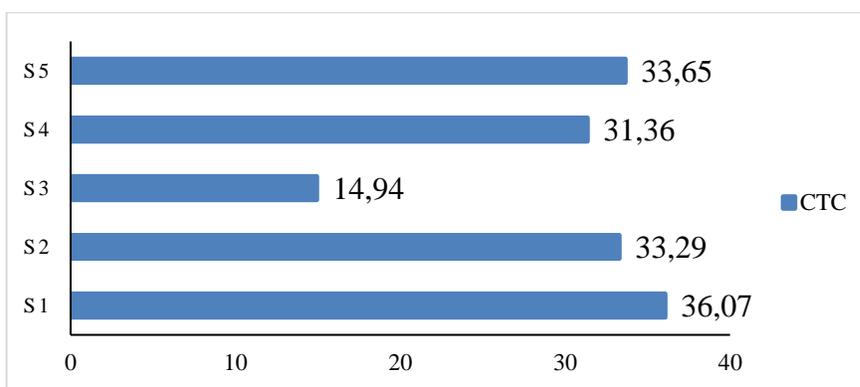


Figura 11: Variação da CTC de sedimentos na área de estudo

4.5. Relação entre CTC, Areia Fina, Silte, Argila, MO e pH

A figura 11 apresenta a relação entre a CTC, areia fina, silte, argila e MO nos sedimentos da área em estudo. Os valores de CTC de sedimentos podem estar relacionados com os teores de areia fina, silte, argila, MO e pH na área em estudo, no entanto o gráfico ilustra a relação dessas variáveis em cada secção e mostrando assim a sua tendência nos resultados obtidos.

Quando relacionados os resultados de acordo com as variáveis em estudo, verifica-se que existe uma relação directa entre os valores de silte, argila, CTC e MO, onde observaram-se maiores e menores valores destas justamente nas mesmas secções (maiores S1, S2, S4 e S5, menores S3). Os valores da areia fina apresentam um padrão inverso das variáveis acima citadas, onde foram observados menores valores nas secções S1, S2, S4 e S5 e o valor elevado na secção S3.

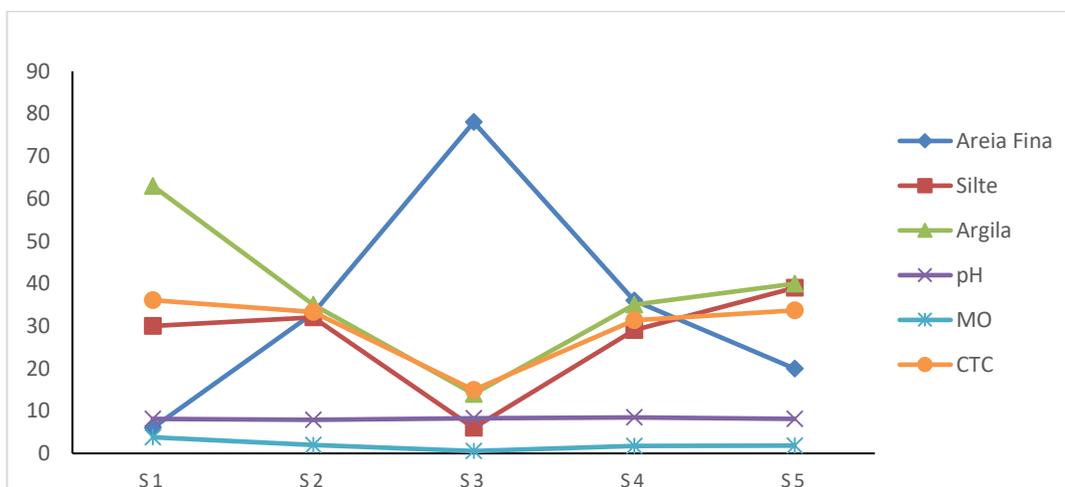


Figura 12: Relação entre CTC, Areia Fina, Silte, Argila, pH e MO na área em estudo

5. DISCUSSÃO

5.1. Granulometria

Com exceção da secção 3, a presença notória de fração pelítica (silte+argila) nos sedimentos de fundo conforme ilustrado nas figuras 4, 5, 7 e 8, provavelmente ocasionado pelo aumento da profundidade e conseqüentemente a diminuição da energia das correntes no local, visto que foram os locais onde se verificaram profundidades elevadas, que por sua vez tornaram os locais favoráveis para a deposição dos sedimentos finos.

A classe areia fina na S3 marca com clareza o banco de areia, local onde a energia das ondas e das correntes de maré e a baixa profundidade, não permitem a deposição de sedimentos finos.

De acordo com Quaresma *et al.* (2000), os bancos tem uma grande importância na hidrodinâmica local provocando a canalização das correntes. Em consequência da maior hidrodinâmica nesta neste local, as frações muito finas são removidas e impedidas de se depositarem.

A distribuição observada está de acordo com o esperado para uma área de estuário e em região com influências de atividades de maré, confirmando a diferenciação granulométrica como efeito do comportamento hidrodinâmico particular de cada fração. Os materiais finos ocupando locais de área de maior profundidade e com uma energia mais baixa, enquanto que materiais grossos ocupam locais de baixa profundidade e com uma energia mais elevada, não permitindo assim a deposição de materiais mais finos.

Pode se assumir que a área estudada apresenta condições energéticas variáveis de baixa energia hidrodinâmica (Secção 1 e 5), moderada energia hidrodinâmica (Secção 2 e 4) e energia hidrodinâmica relativamente maior em relação aos demais anteriores (secção 3).

5.2.pH

Os valores de pH não apresentaram variações espaciais significativas, com um desvio médio de 0.16. O pH dos sedimentos mostrou-se alcalino característico de ambientes classificados como redutores, quadro similar dos estudos realizados em ecossistemas estuarinos por Quinágua (2006) e Santos *et. al* (2016). É provável que a entrada de sais marinhos no estuário contribua para este resultado, e isto é corroborado por Quinágua (2006) ao destacar a influência da água do mar no tamponamento do ambiente estuarino nos níveis de alcalinidade. As outras hipóteses poderiam estar relacionadas com a geoquímica dos

sedimentos, as ausências de decomposição da matéria orgânica e actividades antrópicas que geram ácidos na área em estudo.

O pH exerce uma forte influência na dinâmica de metais nos sedimentos, ambientes alcalinos determinam uma menor mobilidade de metais favorecendo a processo de retenção de metais nos sedimentos (Oliveira & Marins, 2011).

Altos valores de pH podem ser uma evidência de ausência da degradação da matéria orgânica, como consequência da ausência de processos de respiração anaeróbica pelas bactérias nos sedimentos de superfície de fundo (Santos *et. al*, 2015).

5.3. Matéria orgânica

Os teores de matéria orgânica obtidos (inferiores a 10%) nos sedimentos da área de estudo caracterizam estes sedimentos como sendo de natureza mineral, resultado similar obtido no mesmo estuário por Guzia (2018). Sedimentos minerais apresentam teor de matéria orgânica inferior a 10%, sendo compostos principalmente por sílica, argila e compostos de cálcio, ferro e manganês (Oliveira, 2012). Os baixos teores de MO encontrados na área de estudo podem ser atribuídos à ação das marés que dificulta a retenção e a assimilação da MO nos sedimentos. De acordo com Barcellos (2005), vários processos condicionam a deposição da matéria orgânica, como os factores hidrológicos, químicos, físicos e biológicos da coluna de água, aportes de material marinho e continental, características sedimentológicas do ambiente e outros.

A outra hipótese estaria associada ao facto da matéria orgânica presente nos sedimentos da área de estudo ser não humificada, composta principalmente por restos de animais, plantas e microrganismos, o que poderia dificultar o processo de biodegradação dela.

Apesar de apresentar baixos teores, a matéria orgânica presente nos sedimentos na área em estudo tem uma influência extremamente importante nas propriedades químicas e físicas de sedimentos que influenciam na retenção de metais, este facto é reforçado por Cunha (2010) ao afirmar que além de alterar a densidade real e a porosidade, a matéria orgânica influencia na superfície específica de sedimentos, de maneira que cada 1% de matéria orgânica presente nos sedimentos ocasiona um aumento de cerca de 7m^2 de sua superfície específica e em decorrência disto, outros parâmetros como a CTC são afetados significativamente.

5.4.Capacidade de troca catiônica

Os teores obtidos de CTC dos sedimentos da área de estudo podem ser explicados pela influência da cunha salina, ou seja, pela frequente entrada das águas do mar, aumentando as concentrações de elementos maiores nos sedimentos tais como sódio, cálcio e magnésio. A outra hipótese estaria relacionada com a abundância relativa de elementos maiores nos sedimentos controlada pela geologia local. Segundo Santos *et. al* (2015) a presença de potássio nos sedimentos pode se dever à mineralogia local, a partir das micas primárias (biotita e moscovita) e secundárias (ilitas).

A variação espacial de CTC de sedimentos ao longo da área de estudo pode estar relacionada com as características peculiares de cada secção de amostragem que influenciam a distribuição de elementos maiores e acidez potencial dos sedimentos. O predomínio de quartzo nos sedimentos favorece a uma baixa CTC (Rego *et. al*, 2014). Variações no teor de argila e de matéria orgânica nos sedimentos da área em estudo também podem estar na origem da variação dos valores da CTC destes sedimentos.

5.5.Relação entre CTC, areia fina, silte, argila, MO e pH

A secção 1 apresenta maior CTC em relação aos demais pontos, este valor pode ser associado aos elevados teores de silte e MO encontrados. É provável que este facto esteja relacionado com possibilidade do poder de retenção de catiões pelo sedimento ser afetado pelo teor de argila e MO presente, e este facto é reforçado por Wiesinieski (2009) e Wiesinieski & Costa (2013) quanto maior a quantidade destes mais altos são os valores de CTC encontrados, também maior e a quantidade de retenção de espécies metálicas no sedimento

Observa-se uma relação entre as quantidades da matéria orgânica e a CTC dos sedimentos da área de estudo. Isto pode ser evidenciado nas secções 2 e 4 onde se verifica aumento da CTC com aumento das quantidades de MO. A matéria orgânica, embora represente em média 5% dos componentes de sedimentos, é responsável por cerca de 30% a 65% da CTC dos sedimentos minerais, e mais de 50% da CTC de sedimentos orgânicos (Oliveira & Marins, 2011).

A secção 3 que apresenta o maior teor areia fina em relação a fração pelítica (silte + argila) e menor teor de MO na área de estudo, apresenta menor influência da fração pelítica e MO na CTC, menor valor da CTC e conseqüentemente, menor potencial de retenção de metais em relação as demais secções da área em estudo (figura 11). Na fração acima de 63 µm, que é considerada essencialmente areia, nota-se que o poder de retenção de metais decresce linearmente em função do aumento do tamanho dos grãos (Rodrigues, 2008).

Segundo Wiesinieski (2009), Wiesinieski & Costa (2013) e Amaral *et. al* (2014) valores de CTC acima de 5 cmol_c/kg a um valor de pH acima de 6 evidenciam uma alta capacidade de troca de cátions de sedimentos com o meio, com maior poder de reter uma maior quantidade de metais. Todas as secções da área em estudo apresentam valores de CTC acima de 5 cmol_c/kg e pH acima de 6, e consequente poder de retenção de metais.

6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

6.1. Conclusões

Com base nos resultados obtidos e a discussão feita ao longo do estudo, foi possível chegar as seguintes conclusões:

- A distribuição granulométrica de sedimentos é caracterizada por 3 classes: areia, silte e argila, sendo argila a classe granulométrica que apresenta maior domínio e areia a classe que apresenta menor domínio
- O teor de matéria orgânica indica que os sedimentos de fundo são inorgânicos, e o pH evidenciou estes sedimentos como sendo alcalinos característicos de ambiente redutor.
- Os sedimentos da área em estudo apresentam valores de CTC favoráveis para retenção de metais e estes valores estão relacionados com o teor de areia fina, silte, argila e MO.

6.2.Recomendações

Para os próximos estudos recomenda-se:

- Se faça uma amostragem com vasta cobertura do estuário para que se possa avaliar o potencial de retenção de metais ao longo de todo estuário.
- Determinação do grau de humificação da matéria orgânica
- Se faça um estudo relacionado com o potencial de retenção de metais e a concentração disponível dos mesmos de modo a inferir na proveniência dos sedimentos e na idade.
- Se faça em período de baixa pluviosidade.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

- Amaral, A. A., Pires, S. C., Ferrari, J. L. (2014). Qualidade da água e do sedimento de fundo de alguns córregos do município de Castelo, Estado do Espírito Santo. *Revista Agroambiente*, v.8. pp. 194-203.
- Baird, C. (2002). *Química ambiental*. 2ª ed. Porto Alegre. pp 622.
- Barcellos, R. L. (2005). *Distribuição da matéria orgânica sedimentar e o processo sedimentar atual no Sistema Estuarino-Lagunar de Cananéia-Iguape (SP)*. Tese de Doutorado. Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo. São Paulo.
- Berno, L. (2010). *Sazonalidade Geoquímica Multi-Elementar Em Diferentes Frações Granulométricas De Sedimentos Do Sistema Estuarino De Santos Cubatão*. Universidade Estadual de Campinas, São Paulo.
- Boaventura, E. L. R., Guimarães, E. M., Leite, O. D. (2014). *Estudo Geoquímico Do Sedimento De Fundo Ao Longo Da Bacia Hidrográfica Do Rio De Ondas (Bhro) - Região Oeste Da Bahia*. Universidade De Brasília. Bahia, Brasil.
- Brigante, J. Espindola, E. L. G., Lemes, M. J. L. (2003). Caracterização física, química e biológica da água do rio Mogi-Guaçu: Um estudo no Rio Mogi-Guaçu. São Carlos, Brasil. pp 55 -76.
- Cunha, T. S. (2010). *Avaliação De Parâmetros Geoquímicos Em Sedimentos Do Lago Coari (Amazônia)*. Universidade Federal Do Rio De Janeiro. Rj, Brasil
- Damatto, S. R. (2010). *Radionuclídeos Naturais Das Séries Do ^{238}U E ^{232}Th , Elementos Traço E Maiores Determinados Em Perfis De Sedimento Da Baixa Da Santista Para Avaliação De Áreas Impactadas*. Universidade De São Paulo. São Paulo
- Delfino, I. B. (2006). *Geoquímica dos Sedimentos Superficiais de Fundo do Estuário do rio Maracanã, NE do Pará*. Universidade Federal do Pará. Belém. Maracanã, Brasil.
- Dias, D. F. (2017). *Processos Geoquímicos Na Interface Sedimento-Água No Braço Riacho Fundo Do Lago Paranoá – Df*. Universidade De Brasília. Brasília.
- Embrapa. (2006). *Manual de procedimentos de coleta de amostras em áreas agrícolas para análise da qualidade ambiental: solo, água e sedimentos*. Jaguariúna, SP. pp 16.

Embrapa. (2011). Manual de métodos de análise de solo. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. 2. ed. rev. actual. Rio de Janeiro. pp 226.

EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ). Manual de métodos de análise de solo. Rio de Janeiro, 1979. 1v.

Ferreira, R. J. (2001). Determinação de metais traços em sedimentos de rios: Caso da Bacia do Baixo Itajai-Açu. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

Guzia, A. M. (2018). Determinação do Carbonato Biodetrítico nos Sedimentos do Fundo do Estuário Bons Sinais- Quelimane. Universidade Eduardo Mondlane. Quelimane.

Kupper, A. (1966). Capacidade de troca de cátions em solos. Estudo comparativo de alguns métodos. Bragantia.

Lemes, M. J. L. (2001). Avaliação de metais e elementos-traço em águas e sedimentos das Bacias Hidrográficas dos rios Mogi-Guaçu e Pardo, São Paulo. Universidade de São Paulo, São Paulo-Brasil.

Lourenço, G. F. (2018). Estudo da Origem da Matéria Orgânica em Sedimentos do Fundo com base na razão C/N no Estuário de Bons Sinais – Quelimane, Zambézia. Universidade Eduardo Mondlane. Quelimane.

Mambule, C. T. (2018). Aplicação dos Diagramas de Pejrup e Shepard no estudo da evolução hidrodinâmica e faciológica do Estuário de Limpopo. Universidade Eduardo Mondlane. Quelimane.

Oliveira, B. R. (2012). Avaliação Dos Metais Ambientalmente Disponíveis em Amostras de Sedimento de Pontos de Captação de Água para Abastecimento Público de Palmas, To. Universidade De São Paulo, São Paulo.

Oliveira, R. C. B., Marins, R. V. (2011). Dinâmica de Metais-Traço em Solo e Ambiente Sedimentar Estuarino como um Fator Determinante no Aporte desses Contaminantes para o Ambiente Aquático: Revisão. *Rev. Virtual Quim.* pp 88-102

Quaresma, V.S., Dias, G.T.M. & Baptista Neto, J.A. (2000). *Caracterização de padrões de sonar de varredura lateral e 3,5 e 7,0 kHz na porção sul da Baía de Guanabara – RJ.* Revista Brasileira de Geofísica.

- Quináglia, G. A. (2006). Caracterização dos Níveis Basais de Concentração de Metais nos Sedimentos do Sistema Estuarino da Baixada Santista. Universidade de São Paulo. São Paulo, Brasil
- Rocha, J.C, Rosa, A.H, Cardoso, A.A. (2004) Introdução a Química Ambiental. Porto Alegre
- Rodrigues, L. C. V. (2008). Estudo da disponibilidade química de chumbo e arsênio em sedimentos de corrente e colunas de sedimentos no Vale do Ribeira. Universidade Federal Fluminense. São Paulo.
- Rodrigues, M. L. K. (2007). Origem, Distribuição e Mobilidade Potencial de Metais Pesados em Ambiente Fluvial Impactado por Cartumes. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- Rodrigues, R. E A. V., Souza, V. L. B., Lima, V. L., Hazin, C. H. (2008). Biodisponibilidade de Metais-Traço em Sedimentos: Uma Revisão. Pernambuco. pp 373-383.
- Santos, A. L. P., Neto, J. A. B., Crepez, M. A. C. (2016). Aplicabilidade de Sedimentos Estuarinos em Solos com Baixa Aptidão Agrícola: Efeito na Fertilidade do Solo, Nutrição e Crescimento das Plantas. Universidade Federal Fluminense. Niterói –RJ, Brasil.
- Santos, S. J. J., Costa, J. A., Menezes, L. C. S., Holanda, F. S. R., Bellin, I. C. (2015). Caracterização Geoquímica Orgânica e Inorgânica de Sedimentos de Manguezais do Estuário São Francisco. Revista Virtual de Química. pp 1984-6835
- Silva, G. S. (2011). Estudo Geoquímico De Sedimentos Fluviais E Estuarinos Do Rio Subaé. Universidade Federal Do Recôncavo Da Bahia. Ceará, Bahia.
- Silva, L. B. (2010). Avaliação De Metais Traço E De Algumas Características Geoquímicas Em Sedimentos Superficiais E Testemunhos Da Baía De Vitória. Universidade Federal Do Espírito Santo. Vitória, ES.
- Sousa, R. R. (2010). Caracterização Química Dos Sedimentos Superficiais De Fundo Do Reservatório Água Preta. Universidade Federal Do Pará. Belém – Pa
- Souza, V. L. B., Lima, V., Hazin, C. A., Fonseca, C. K. L., Santos, S. O. (2015). Biodisponibilidade de Metais-Traço em Sedimentos: Uma Revisão. *Brazilian Journal Of Radiation Sciences*. Recife-PE, Brasil.
- Wiesinieski, J. A. (2009). Estudo de Mecanismos de Retencao de Especies Metalicas nos Sedimentos das Lagoas de decantação do Aterreo Controlado do Botuquara. Univesridade Estadual da Ponta Grossa. Ponta Grossa – PR.

ANEXOS

Anexo A : Preparação dos reagentes e soluções usadas

1. Solução de KCl 1N

Pesou-se 74.5001g de KCl e dissolveu-se num Becker de 500 mL com água desionizada e completou-se o volume para um balão de 1 litro.

2. Soluções padrão pH 4,00 e pH 7,00

São adquiridas comercialmente preparadas.

3. Solução de Hexametáfosfato de sódio à 5% -

Colocou-se 50g de ácido Hexametáfosfórico em um Becker de 1L acrescentando-se 800 mL de água destilada dissolveu-se usando um agitador magnético. Com um funil, despejou-se toda solução contida no Becker de 1L no frasco volumétrico de 1L, lavou-se por três vezes o Becker de 1L com água destilada, fez-se com que a solução contida no frasco volumétrico de 1L fique com o volume de 1L.

4. Sulfato ferroso amoniacal à 0.05M

Dissolveu-se 40.0001g de sulfato ferroso cristalizado (sal de Mohr), em 500 mL de água contendo 10 mL de ácido sulfúrico concentrado. Agitou-se e completou-se o volume para 1 litro.

5. Solução de dicromato de potássio à 0.2M

Dissolveu-se 39.2200g de dicromato de potássio previamente seco em estufa a 130°C por uma hora, em 500 mL de água destilada contida em balão de 2L. Juntou-se uma mistura, já fria, de 100 mL de ácido sulfúrico concentrado e 500 mL de água destilada. Agitou-se bem para dissolver todo sal, deixou-se esfriar e completou-se o volume do balão com água desionizada.

6. Indicador difenilamina 10g/L

Pesou-se 1g de difenilamina e dissolveu-se em 100 mL de ácido sulfúrico concentrado.

7. Ácido ortofosfórico (H₃PO₄) à 85%

Usou-se concentrado

8. Solução de acetato de cálcio a 0,5M

Pesou-se 88,1001g de acetato de cálcio, colocou-se em balão de 1L, dissolveu-se e completou-se o volume com água destilada. Corrigiu-se o pH para 7.21 com ácido acético, pingando gota a gota e agitando com um bastão de vidro.

9. Solução de Hidróxido de sódio a 1N

Pesou-se 40,0001g de Hidróxido de sódio colocou-se em balão volumétrico de 1L, dissolveu-se em água desionizada e completou-se o volume.

10. Solução de Hidróxido de sódio a 0,025N

Pipetou-se 25 mL de solução de Hidróxido de sódio 1N para balão aferido de 1L, completou-se o volume com água desionizada.

12. Indicador fenolftaleína

Pesou-se 1,0002g de fenolftaleína. Colocou-se em balão de 100 mL e completou-se o volume com álcool etílico (absoluto) à 98%.

13. Solução tampão

Dissolveu-se 67,5g de cloreto de amônio em 200 mL de água destilada e colocou-se em balão aferido de 1L. Adicionou-se 600 mL de hidróxido de amônio concentrado, 0.6160g de sulfato de magnésio heptahidratado e 0.9301g de EDTA (sal dissódico). Agitou-se bem até dissolver e completou-se o volume.

14. Solução de KCN

Pesou se 100 g de KCN, dissolveu se num balão de 1L e completou se o volume com água desionizada.

15. Coquetel

Colocou se em uma proveta de 1L, 600 mL de solução tampão, 300 mL de solução de trietanolamina e 100 mL de solução de KCN à 100 g/L. Homogeneizou se com um batão de plástico.

16. Solução de EDTA à 0.05M

Pesou-se 18.6126 g de EDTA (sal dissódico) com o grau de pureza igual a 100% para um balão aferido de 1L e adicionou se água desionizada até completar o volume.

17. Solução de EDTA a 0.0125M

Tomou se 257.5 mL da solução de EDTA à 0.05M para um balão de plástico aferido de 1L e completou se com água desionizada o volume.

18. Indicador Eriocromo-T

Dissolveu-se 0.2001g do indicador em 50 mL de álcool etílico contendo 16.0001g de bórax por litro.

19. Solução de KOH à 100 g/L

Pesou se 100.0010g de KOH dissolveu se com água desionizada e colocou se num balão de plástico aferido de 1L e completou-se o volume com água desionizada.

20. Indicador ácido calcon carbónico+Sulfato de sódio

Pesou-se 99.0004g de sulfato de sódio anidro, colocou se em um almofariz de porcelana e adicionou se 1.0010 g de ácido calcon carbónico, de seguida triturou se bem a mistura até obter um pó fino e homogéneo e violeta.

21. Mehlich 1 -solução extratora duplo-ácida (HCl à 0.05M + H₂SO₄ à 0.0125M)

Adicionou-se 43 mL de ácido clorídrico à 37% e 6.9 mL de ácido sulfúrico à 98% em aproximadamente 5L de água desionizada, contidos em balão aferido de 10L. Agitou se e completou o volume com água desionizada

Anexo B: Preparação das amostras, análises físicas e químicas

1. Resultados experimentais de preparação de amostras

Tabela 1: Valores experimentais de humidade obtidos nas amostras

Amostra	Peso húmido (g)	Peso seco a 105°C (g)	Teor de humidade (%)
S1	20	9,88	102
S2	20	9,95	101
S3	20	13,97	46
S4	20	10,15	97
S5	20	10,56	87

2. Resultados experimentais de análise de textura

Tabela 2: Valores experimentais de textura obtidos nas amostras

Amostra	Peso de amostra (g)	Tara de silte (g)	Peso de silte (g)	Tara de argila (g)	Peso de argila (g)	Areia grossa (g)	Areia fina (g)
Padrão	20	3,9472	4,1272	4,0026	4,1312	6,87	5,81
S1	20	3,9664	4,4105	3,9322	4,2260	0,27	1,14
S2	20	3,9645	4,2838	3,9675	4,1379	0,09	6,64
S3	20	3,9474	4,0464	3,9418	4,0111	0,35	16,10
S4	20	3,9747	4,2879	3,9727	4,1450	0,00	7,02
S5	20	3,9731	4,3592	3,9328	4,1299	0,22	3,96

3. Resultados experimentais de determinação de matéria orgânica

Tabela 3: Valores experimentais da determinação de matéria orgânica

Amostra	Titulante gasto (mL)		
	Réplicas		
Branco	40	40	40
Padrão	38.3	38.0	38.1
S1	38,0	38,3	38,3
S2	39,0	39,0	39,2
S3	39,6	39,2	39,0
S4	39,5	39,2	38,7
S5	39,3	38,7	39,0

4. Resultados experimentais de determinação de acidez potencial

Tabela 4: Valores experimentais da determinação de acidez potencial ($H^+ + Al^+$)

Amostra	Volume de titulante NaOH em mL
Branco	0.6
Padrão	1
S1	1.3
S2	1.3
S3	2.95
S4	0,75
S5	0,8

5. Resultados experimentais de determinação de cálcio+magnésio e cálcio trocáveis

Tabela 5: Valores experimentais da determinação de cálcio+magnésio e cálcio trocáveis

Amostra	Cálcio+Magnésio (Volume de EDTA gasto em mL)	Cálcio (Volume EDTA gasto em mL)
Branco	0.1	0.05
Padrão	3.65	3.1
S1	1.05	0.15
S2	0.5	0.15
S3	1.1	0.25
S4	1.1	0.25
S5	1.25	0.25

6. Resultados experimentais da determinação de Sódio e Potássio

Tabela 6: Preparação de curva de calibração de Na e K

Soluções	Concentração de Na e K (mg/L)	Absorbância de Na	Absorbância de K
Branco	0	0	0
Padrão 1	10	0.04	0.12
Padrão 2	20	0.08	0.25
Padrão 3	30	0.12	0.37
Padrão 4	40	0.16	0.51
Padrão 5	50	0.19	0.63

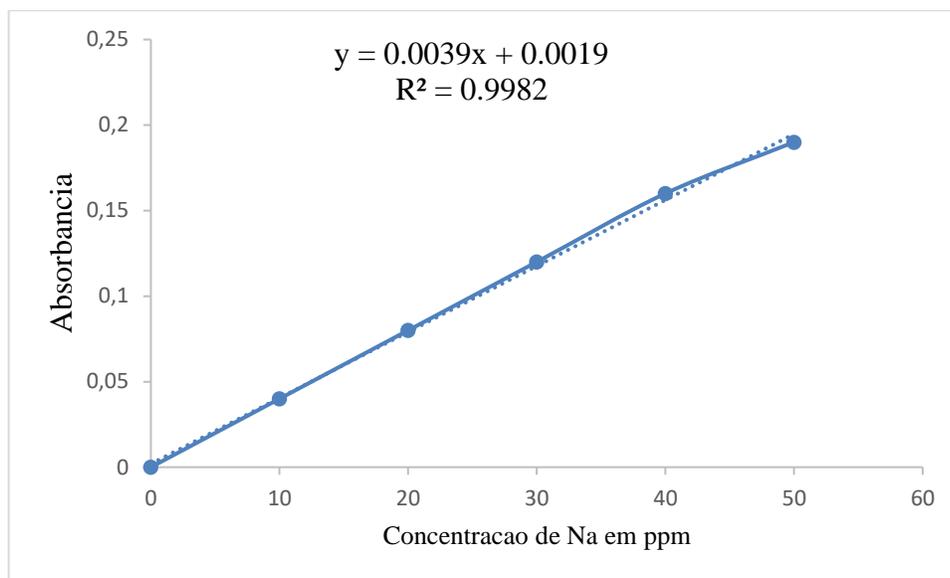


Figura 1: Curva de calibração para determinação de Sódio no Fotômetro de Chama

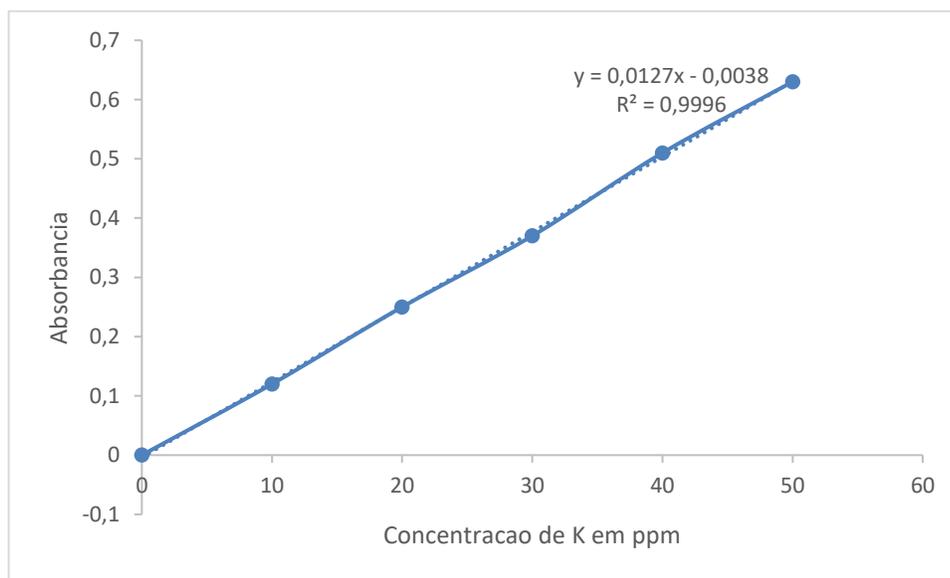


Figura 2: Curva de calibração para determinação de Potássio no Fotômetro de Chama

Tabela 7: Valores experimentais de Sódio e Potássio

Amostra	Absorbância de Na	Absorbância de K
Branco	0.00	0.00
Padrão	0.00	0.27
S1	0.26	0.33
S2	0.13	0.16
S3	0.27	0.29
S4	0.27	0.32
S5	0.25	0.36

Anexo C: Fórmulas usadas nos cálculos estatísticos

1. Média

$$\bar{X} = \frac{\sum x_i}{n} \quad \text{Onde: } X_i \text{ – teor de medição; } n \text{ – número de réplicas}$$

2. Desvio médio

$$S = \sqrt{\frac{(x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$

Anexo D: Ilustrações de procedimentos laboratoriais

1. Análise textural

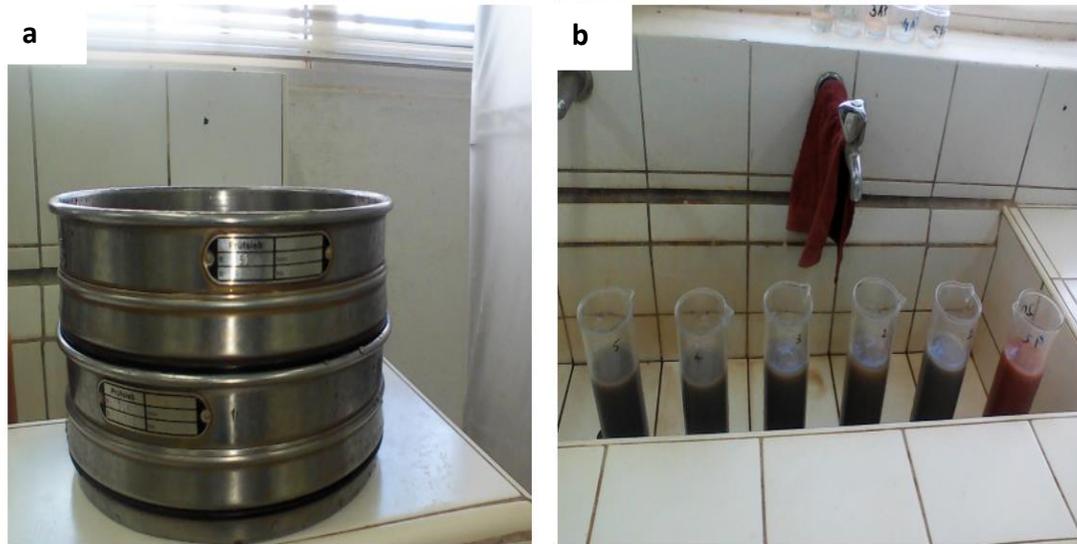


Figura 1: Ilustrações de procedimentos de análise textural: **a)** Separação das frações Areia Grossa, Areia Fina e Silte/Argila; **b)** Sedimentação da argila em suspensão aquosa.

2. Determinação do pH

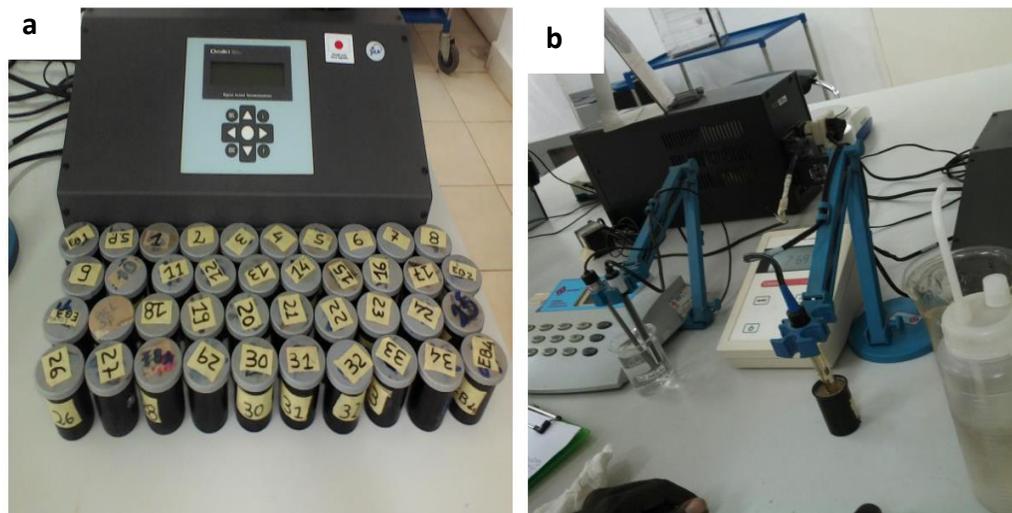


Figura 2: Ilustrações de procedimentos de determinação do pH: **a)** Imersão da amostra em água
b) Leitura do pH nas amostras. **Observação:** Observou-se a temperatura do meio.

3. Determinação de Matéria Orgânica

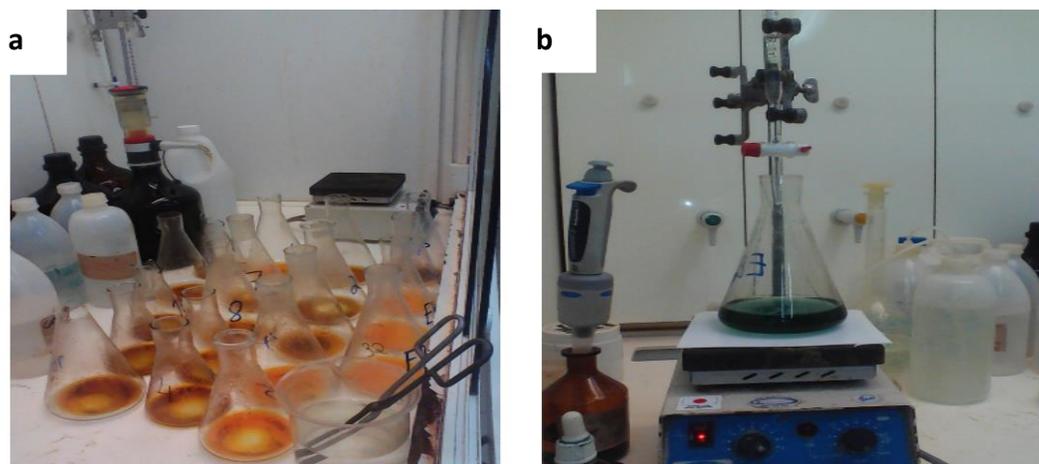


Figura 3: Ilustrações de procedimentos de determinação de matéria orgânica: **a)** Oxidação da matéria orgânica; **b)** Titulação. **Observação:** Durante análise, observou-se que a temperatura usada para a queima de MO esteve abaixo de 100°C , pois os vapores não foram muito desenvolvidos. Na titulação observou se a mudança de cor azul para cor verde.

4. Determinação de acidez potencial

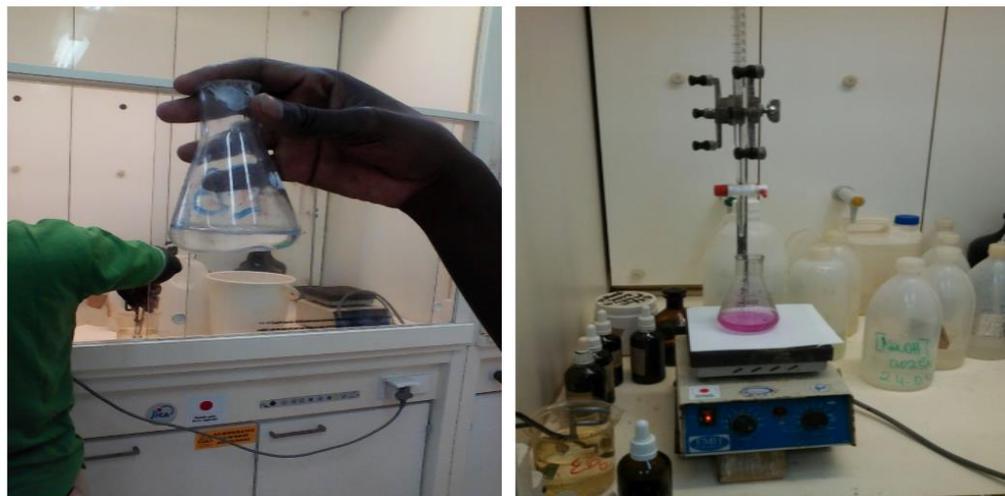


Figura 4: Ilustrações de procedimentos de determinação de acidez trocável

Observação: Observou se nesta análise uma mudança da solução transparente para a cor rosa persistente, onde notou se o ponto de equivalência na titulação ácido-base

5. Determinação de cálcio e magnésio

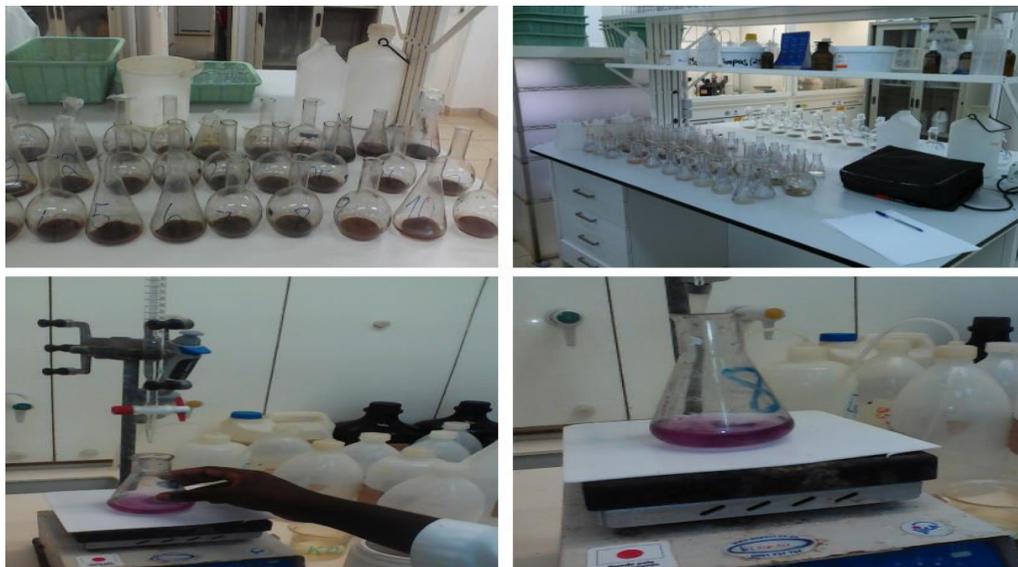


Figura 5: Ilustrações de procedimentos de determinação de cálcio e magnésio

Observação: Nestas análises, observou-se a mudança de cor rosa intenso para azul escuro na titulação de cálcio+magnésio, e mudança de cor vermelho-intenso para a cor azul-intenso na titulação de cálcio

6. Determinação de Sódio e Potássio

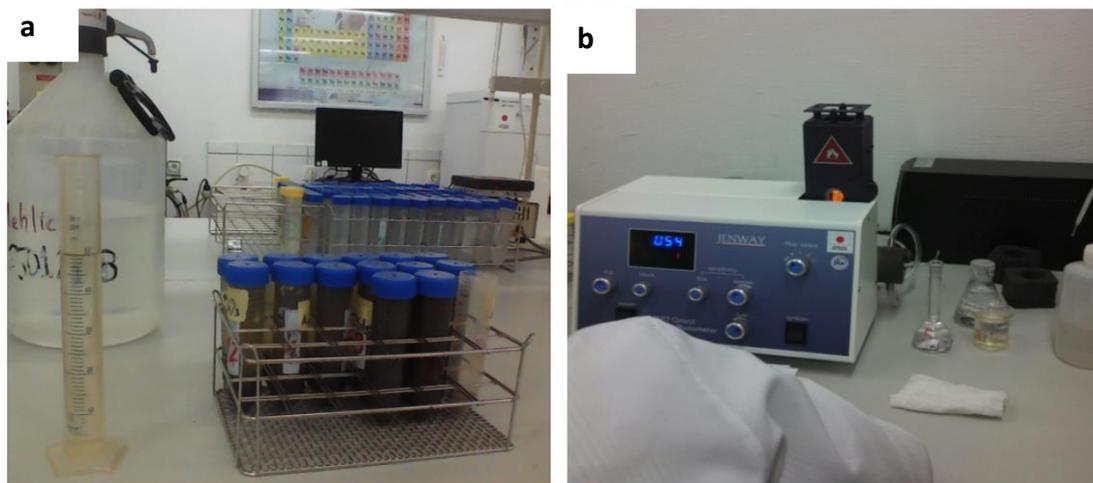


Figura E-2: Ilustrações de procedimentos de determinação de Sódio e Potássio por Fotometria de Chama: **a)** Extração de Na e K presente nas amostras com Mehlich1 **b)** Leitura dos extratos no Fotômetro de Chama.

Observação: Durante a leitura no aparelho dos elementos (Na e K) verificou-se a mudança da chama oxidante de cor azul para a cor característica amarela fluorescente.