



**Escola Superior de Ciências Marinhas e Costeiras**

**Monografia para obtenção do grau de licenciatura em Química Marinha**



**Avaliação da Influência dos Indicadores Físicos do Solo no Crescimento do Mangal em Campos de Reflorestamento no Bairro Ícidua - Quelimane**

**Autor:**

**Guilherme Marques Cufanauane**

**Quelimane, Setembro 2019**



**Escola Superior de Ciências Marinhas e Costeiras**

*Curso de licenciatura em Química Marinha*

**Monografia para obtenção do grau de licenciatura em Química Marinha**

**Avaliação da Influência dos Indicadores Físicos do Solo no Crescimento do Mangal em Campos de Reflorestamento no Bairro Ícida - Quelimane**

Monografia apresentada como requisito parcial para a obtenção do grau de Licenciatura em Química Marinha.

Autor:

Guilherme Marques Cufanauane

Supervisor:

Doutor Hélder Machaieie

---

Quelimane, Setembro 2019

---

## Dedicatória

*Em memória a minha mãe, Zita Marques Patrício e ao meu pai, Guilherme Alberto Cufanauane pela infância repleta de bons ensinamentos e valores morais...*

*A minha heroína, Cinia Jone Victorino, por sempre acreditar nas minhas habilidades e incentiva-las.*

---

## Agradecimentos

As minhas mais profundas dívidas de gratidão são endereçadas a todos aqueles que cruzaram meu caminho, pois, de alguma forma contribuíram para a formação do Homem que sou hoje. Uns ajudaram moralmente, outros economicamente, outros ainda deram as costas, contudo cada gesto foi um novo aprendizado. De qualquer forma, existem aqueles que devido ao seu envolvimento se tornaram destaques em minha vida, aqui estão...

Em primeiro lugar, MARIA VIOLANTE VIOLA, sem a senhora, este momento não poderia ter-se materializado, sou grato por todo apoio moral e material. VICTOR DE JESUS, o senhor continuou apoiando e acreditando quando muita gente deu as costas, pela sua coragem muito muito obrigado. ISABEL MARQUES PATRICIO, pela paciência, conselhos e companheirismo. ERNESTO GASOLINA, por sempre me apoiar quando mais precisei e pelo óptimo amigo que tens sido. FAZBEM FRANCISCO ALBERTO, irmão por afinidade do qual admiro pelos ideais, conselhos e apoio. EDUARDO LIPTOS SABÃO, pela presença, consideração, amizade e apoio. MARCELA JONE VICTORINO, pela atenção e carinho de mãe. AMOS PAULO CALIATE, pela amizade de excelência que temos.

Aos meus colegas, GESICA DULCE RAFAEL CANIVETE, NACIR LEITÃO DA CRUZ, ALVINA GONÇALVES ALFACE, SANTOS MENDES NAVICLANGO, ANSELMO JÚNIOR CHAÚQUE, ESPERANÇA CANDRINHO BANA, AMADE JOSÉ BARAZA, EPAFRODITO RAIMUNDO GULUBE, JESSICA JOSÉ ABSALONE, DELMAR CÂNDIDO JULIÃO, NUNO MUSSA MANUEL ESCAMADE, ARCENIO JALILO FRANCISCO, MIGUEL JOAQUIM MIGUEL, pelo companheirismo e os momentos vividos repletos de muita alegria.

Aos docentes, LUCIO JASSE, pelos ensinamentos, conselhos e consideração. HELDER MACHAIEIE, pela consideração, profissionalismo, ensinamentos e orientações. JEREMIAS MOCUBA, pelo profissionalismo, ensinamentos e orientações. Ao meu mentor e amigo SERGIO CAÉTANO.

A Universidade Eduardo Mondlane (UEM) pela oportunidade de realização deste desejo de infância. E a todos partícipes da Escola Superior de Ciências Marinhas e Costeiras (ESCMC). Ao Instituto Superior de Humanidade, Ciências e Tecnologia (ISHCT), pela colaboração na pesquisa.

---

## 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 Química Marinha, da Universidade Eduardo Mondlane.

Assinatura

---

Guilherme Marques Cufanauane

---

## Resumo

A avaliação das condições ambientais em campos de restauro faz-se necessária pelo facto de garantir as chances de se obter sucesso nesta actividade. Para que o restauro do mangal seja bem-sucedido importa que as condições da qualidade do solo e a hidrologia sejam previamente monitoradas, a fim de avaliar a viabilidade do processo. Como acção em resposta a perda de cobertura vegetal do mangal no Bairro de Ícida, actividades de restauro tem sido desenvolvida por entidades afins do Governo e não-governamentais. Porem, em algumas regiões como por exemplo no campo de restauro A, este processo não é bem-sucedido, sendo que as condições ambientais do local, incluindo a qualidade do solo podem estar por de traz do insucesso. Neste contexto o presente trabalho objectivou avaliar a influência dos indicadores físicos do solo no crescimento do mangal em dois campos de restauro (A e B) no Bairro de Ícida.

Para o estudo foram realizadas saídas de campo para mensuração e colectas de amostra de solo para posterior análise em laboratório. Em campo, foram avaliadas a estrutura do solo com base na atribuição de índices de qualidade estrutural (DRES), estabeleceu-se uma parcela de 625m<sup>2</sup> onde foram contadas o número de indivíduos para determinação da cobertura vegetal. A textura do solo e a densidade foram analisadas em laboratório, as amostras de solo colectadas numa profundidade de 20cm da superfície foram dividias em alturas de 5cm e identificas. Pelo método de peneiramento e pipeta determinaram-se as fracções texturais (areia, silte e argila) do solo e a densidade pelo método de anéis volumétricos. A partir da quantificação da densidade do solo foi possível avaliar a resistência do solo a penetração.

Os resultados indicam que a densidade de cobertura vegetal no campo de restauro A (7104 ind/ha) é cerca de 3 vezes menor do que a do campo de restauro B (21664 ind/há). As características texturais foram classificadas como argilo siltosa para o campo A, franco argilo siltosa para o campo B. Em relação a densidade do solo o campo A foi mais denso com 1,27 g/cm<sup>3</sup> em relação ao campo B com 0,91 g/cm<sup>3</sup>. Esta condição do solo em ambos campos apresenta-se favorável ao crescimento e desenvolvimento do mangal, podendo suportar as exigências daquelas espécies.

**Palavras-chave:** Indicadores físicos de solo, Qualidade do solo, Restauro do mangal.

---

## **Abstract**

The evaluation of environment conditions in mangrove fields restoration is necessary to guarantee a successful restoration. A successful mangrove restoration requires a previous monitoring of soil quality and hydrology. In Ícidua village Government and non-government organization have been developing restoration activities to address the disappearance of mangrove plants. However, in some areas such as the restoration field A, the restoration has not been successful. This might be because of the soil quality. This research aimed at assessing the influence of soil physical indicators and its influence in the mangrove growth in two restoration fields (A and B) in Ícidua village.

For this research we conducted field visits to measure and collect soil samples for laboratory analysis. Soil structure was analysed based on structural qualification indexes (DRES), in a plot of 625m<sup>2</sup> was counted a number of individual plants for plant cover determination. The soil texture and density were analysed in the laboratory. 20cm depth soil samples were collected and divided into 5cm and identified. By sieve and pipette method the texture fraction (sand, silt and clay) was determined and by the volumetric ring method the density was determined. The soil penetration resistance was analysed based on soil density.

The results indicate that the plant cover density in restoration field A (7104 ind/ha) is about 3 times smaller than that of restoration field B (21664 ind/ha). The textures components are classified as silty clay for field A, silty clay loam for field B. In relation to soil density the field A was denser with 1.27g/cm<sup>3</sup> than field B with 0,91g/cm<sup>3</sup>. The results indicate that in both fields there are favourable conditions for mangrove growth and development.

**Keywords:** Physical indicators of soil, Soil quality, Mangrove restoration.

---

## Lista de figuras

<b>Figura 1.</b> Distribuição de partículas de minerais de solo em função do tamanho. Fonte: (Silva, 2010).....	4
<b>Figura 2.</b> Formas estruturais do solo. Fonte: (Silva, 2010).....	7
<b>Figura 3.</b> Densidade do solo típica de diversos tipos e materiais de solo. Fonte: (Silva, 2010).....	9
<b>Figura 4.</b> Construção de habitação a partir de estacas de mangal. Fonte: (Unaite, 2017).....	12
<b>Figura 5.</b> Localização geográfica da província da Zambézia. Fonte: (Mariquele, 2018).....	14
<b>Figura 6.</b> Localização geográfica da área de estudo para o campo A. Fonte: Google Earth.....	15
<b>Figura 7.</b> Localização geográfica da área de estudo para o campo B. Fonte: Google Earth.....	15
<b>Figura 8.</b> Ilustração de actividades de campo.....	17
<b>Figura 9.</b> Procedimentos laboratoriais de análises texturais e densidade do solo.....	18
<b>Figura 10.</b> Separação de fracções texturais em laboratório.....	19
<b>Figura 11.</b> Diagrama textural adoptado pela USDA. Fonte: (García-Gaines e Frankenstein, 2015)...	20
<b>Figura 12.</b> Ilustração de um cilindro.....	22

---

## Lista de tabelas

<b>Tabela 1.</b> Influência da textura em algumas propriedades e comportamento dos solos. Fonte: Silva (2010).....	5
<b>Tabela 2.</b> Termos gerais utilizados para descrever a textura do solo em relação ao nome das classes texturais. Fonte: Silva (2010).....	6
<b>Tabela 3.</b> Alguns equipamentos de campo e de laboratório usados.....	16
<b>Tabela 4.</b> Reagentes usados em procedimentos laboratoriais.....	16
<b>Tabela 5.</b> Índice de qualidade estrutural do solo (IQES) para a gleba avaliada e interpretações. Fonte: Adaptado de Embrapa (2017).....	22
<b>Tabela 6.</b> Resultados: Característica Textural e Estrutural do solo nos campos de Ícida A e B. Fonte: Autor.....	24
<b>Tabela 7.</b> Resultados: Densidade do solo nos campos de Ícida A e B. Fonte: Autor.....	25
<b>Tabela 8.</b> Resultados: Distribuição da cobertura vegetal nos campos restauração A e B. Fonte: Autor.....	26

---

## Lista de símbolos e abreviaturas

---

<b>cm</b> – Centímetro	<b>DRES</b> - Diagnostico Rápido de Estrutura do Solo
<b>°C</b> - Graus centígrados	<b>ESCMC</b> - Escola Superior de Ciências Marinhas e Costeiras
<b>g</b> – Grama	<b>Embrapa</b> - Empresa Brasileira de Pesquisa Agro-pecuária
<b>ha</b> – Hectare	<b>ISHCT</b> - Instituto Superior de Humanidade, Ciências e Tecnologias
<b>h</b> – Hora	<b>MITADER</b> - Ministério da Terra, Ambiente e Desenvolvimento Rural
<b>M</b> – Molaridade	<b>ONGs</b> - Organização não-governamental
<b>m<sup>3</sup></b> - Metro cubico	<b>PFZ</b> - Projecto Florestal da Zambézia
<b>mm</b> – Milímetro	<b>USDA</b> - United States Department of Agriculture
<b>mL</b> – Mililitro	
<b>L</b> – Litro	
<b>%</b> - Percentagem	
<b>pH</b> - Potencial de hidrogénio	
<b>Km</b> – kilometro	
<b>O<sub>2</sub></b> – Oxigénio	
<b>CO<sub>2</sub></b> - Dióxido de carbono	
<b>H<sub>2</sub>O</b> – Água	
<b>H<sub>2</sub></b> – Hidrogénio	
<b>NO<sub>3</sub><sup>-</sup></b> - Ião nitrato	
<b>Mn<sup>+4</sup></b> - Ião manganês	
<b>Fe<sup>+3</sup></b> - Ião ferro	
<b>SO<sub>3</sub><sup>-2</sup></b> - ião sulfito	
<b>SO<sub>4</sub><sup>-2</sup></b> - Ião sulfato	
<b>H<sub>2</sub>S</b> - Acido sulfídrico	
<b>FeS<sub>2</sub></b> - Sulfeto de ferro (IV)	
<b>CH<sub>4</sub></b> – Metano	
<b>H<sup>+</sup></b> - Ião hidrogénio	
<b>NaOH</b> - Hidróxido de sódio	

---

---

---

## Índice

1. Introdução.....	1
1.1 Problematização .....	2
1.2 Justificativa .....	2
1.3 Objectivo geral .....	3
1.4 Objectivos específicos .....	3
2. Revisão de Literatura.....	4
2.1 Indicadores Físicos de Qualidade do Solo .....	4
2.1.1 Textura do solo .....	4
2.1.2 Estrutura do solo .....	7
2.1.3 Densidade do solo.....	8
2.1.4 Resistência do solo a penetração das raízes .....	10
2.2 O Mangal.....	11
2.2.1 O solo do mangal .....	12
2.2.2 Actividades de Restauração de Mangal Degradado .....	13
3. Metodologia .....	14
3.1 Caracterização da Área de Estudo .....	14
3.1.1 Campo de restauração A .....	15
3.1.2 Campo de restauração B.....	15
3.2 Materiais e Reagentes .....	16
3.3 Métodos.....	17
3.3.1 Trabalho de campo.....	17
3.3.2 Procedimentos laboratoriais .....	18
3.3.3 Tratamento dos Dados .....	20
3.3.3.1 Determinação da Textura do solo .....	20

---

3.3.3.2 Determinação da Estrutura do solo .....	21
3.3.3.3 Determinação de Densidade do solo .....	22
3.3.3.4 Determinação de Densidade da Cobertura Vegetal .....	23
4. Resultados e Discussão .....	24
4.1 Caracterização Textural e Estrutural do solo. ....	24
4.2 Determinação da Densidade do solo e avaliação da resistência do solo a penetração das raízes. ....	25
4.3 Densidade de cobertura vegetal nos campos A e B.....	26
5. Considerações Finais .....	27
Referencias Bibliográficas .....	28
ANEXOS .....	30

---

## 1. Introdução

Apesar da crescente consciência de sua importância como fornecedores de bens e serviços, as perdas de mangal têm sido consideráveis e tendem a continuar. Tais perdas são atribuídas a factores como erosão, urbanização, aquacultura, salinas, poluição e mudanças climáticas, (MITADER, 2015).

A província da Zambézia apresentava até 1990 a maior cobertura de mangal em Moçambique com cerca de 155,757ha com uma perda de 2,4% ao ano, nestas regiões a densidade populacional tende a aumentar consideravelmente exercendo pressão sobre os mangais e recursos adjacentes, (Unaite, 2017).

Para recuperar as áreas desmantadas entidades afins tem levado a cabo planos de acção que visam repovoar a floresta de mangal. Porém, este processo nem sempre é bem-sucedido o que releva a necessidade não apenas de técnicas de reflorestamento mais eficazes, mas também de estudos aprofundados sobre as condições ambientais.

Para que uma planta cresça e expresse o seu máximo potencial produtivo, é necessário que ela encontre em seu meio uma série de factores favoráveis ao seu desenvolvimento. Neste contexto a qualidade do solo é uma variável vital para o desenvolvimento das plantas visto que é directamente a este que a planta se encontra fixada e dele obtém suprimentos vitais para sua sobrevivência, (Filizola & Gomes, 2006).

Segundo Araújo et al (2012), indicadores de qualidade do solo são propriedades mensuráveis (quantitativas ou qualitativas) do solo ou da planta acerca de um processo ou actividade e que permitem caracterizar, avaliar e acompanhar as alterações ocorridas num dado ecossistema. A qualidade física de solos é uma importante variável de sustentabilidade, já que as propriedades físicas e os processos do solo estão envolvidas no suporte ao crescimento radicular, armazenamento e suprimento de água e nutrientes, trocas gasosas e actividade biológica. Estes indicadores são Físicos, Químicos e Biológicos.

No Bairro Ícidua o cenário de desmatamento é aparente, sobretudo devido a acção Humana sobre este ambiente. Essa pressão ambiental gera alterações que comprometem o crescimento do mangal. Com o objectivo de avaliar a influência dos indicadores físicos do solo no crescimento do mangal nos campos de restauro no Bairro Ícidua, o presente trabalho analisou a textura, estrutura, densidade do solo e resistência do solo a penetração em dois campos de reflorestamento, no qual um deles apresenta sucesso ou seja alta densidade arbórea.

---

## **1.1 Problematização**

A área em estudo é palco de atenção e de enorme esforço para alterar o cenário de desmatamento por parte de entidades Governamentais e não-governamentais (ONGs) ligadas a preservação ambiental e de regiões costeiras que desenvolvem e implementam projectos de adaptação e melhoria das zonas costeiras. No entanto, as tentativas de reflorestamento em alguns campos como por exemplo Ícidua A não apresentam sucesso, podendo estar por de traz deste problema aspectos ligados a Física, Química e processos Biológicos desencadeados no solo.

É neste contexto que se propõe a análise da qualidade do solo por intermédio de determinação dos seus indicadores para aferir se será este o problema por de traz do insucesso do reflorestamento. Desta forma, um conhecimento mais aprofundado sobre a condição ambiental desta região vai permitir a aplicação de técnicas mais eficazes de reflorestamento, vai contribuir nas tomadas de decisão sobre medidas de conservação do solo e de ambientes da floresta de mangal.

## **1.2 Justificativa**

A redução da floresta de mangal constitui um dos maiores problemas ambientais da actualidade e esta redução no Ícidua esta relacionado ao aumento da população que por sua vez intensifica as actividades de subsistência com base nos recursos costeiros causando alteração do relevo e da natureza do ambiente costeiro.

Porem, devido a sua importância o mangal deve certamente merecer atenção, pois a depleção deste ambiente causa enorme desequilíbrio ecológico, tais como redução da linha de costa, destruição de habitats de inúmeras espécies, redução da qualidade de água, redução da capacidade de sequestro do carbono e impactos severos para a população local uma vez que esta região localiza-se na zona costeira que sofre influência directa das marés, vendavais e do aumento do nível do mar. Se considerado em escala nacional e global os mangais representam uma grande valia sob ponto de vista económico, ambiental e cultural.

Caso seja identificado alguma influência da qualidade do solo na cobertura arbórea na área de estudo, os resultados do presente trabalho podem oferecer bases para a mudança de abordagem ou métodos nos projectos de reflorestamento.

---

### **1.3 Objectivo geral**

Avaliar a influência dos indicadores físicos do solo no crescimento do mangal em dois campos de restauração no Bairro Ícida.

### **1.4 Objectivos específicos**

- ✓ Caracterizar a textura e determinar estrutura do solo;
- ✓ Determinar a densidade do solo e avaliar a resistência do solo a penetração das raízes;
- ✓ Determinar a densidade da cobertura vegetal.

---

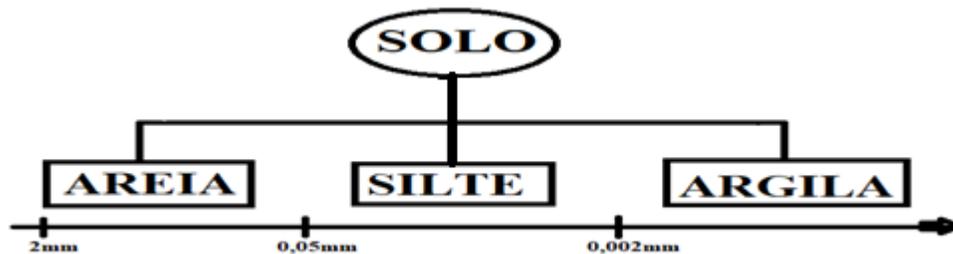
## **2. Revisão de Literatura**

### **2.1 Indicadores Físicos de Qualidade do Solo**

Para o melhor entendimento dos mecanismos que governam a funcionalidade do solo e seu importante papel para a biosfera, atmosfera e hidrosfera, deve-se primeiro ter adequado conhecimento dos processos que governam o arranjo das suas partículas em agregados. Pois, uma olhada mais cuidadosa permite perceber que o solo é composto por agregados de partículas sedimentares com dimensões muito variadas e esta característica influencia muito em sua qualidade física, (Salton, Silva, Tomazi, & Hernani, 2012). A qualidade física do solo se refere a capacidade de um dado solo funcionar dentro de um sistema natural ou manejado de forma a manter a produtividade vegetal e animal, manter ou melhorar a qualidade de água, ar e suportar a saúde Humana e habitacional. Portanto, de acordo com Reinert & Reichert (2006), Um solo é considerado fisicamente ideal para o crescimento de plantas quando apresenta boa retenção de água, bom arejamento, bom suprimento de calor e pouca resistência ao crescimento radicular. Paralelamente, boa estabilidade dos agregados e boa infiltração de água no solo são condições físicas importantes para qualidade ambiental dos ecossistemas. A mudança na qualidade do solo tem sido avaliada por intermédio de sistemas quantitativos em que se utilizam indicadores apropriados como textura, estrutura, densidade do solo, resistência do solo a penetração, porosidade, capacidade de retenção de água, condutividade hidráulica e estabilidade de agregados, efectuando-se a comparação com valores desejáveis, (Araújo et al, 2012).

#### **2.1.1 Textura do solo**

A textura do solo representa a distribuição quantitativa das partículas minerais menores que 2 mm, as quais são geralmente divididas em três fracções: areia, silte e argila. Vários sistemas de classificação têm definido diferentes limites para essas fracções. Na escala sugerida pelo Departamento de Agricultura dos Estados Unidos e usada neste trabalho a fracção areia tem diâmetro compreendido entre 2,0 e 0,05 mm, o silte entre 0,05 e 0,002 mm e a argila constitui a fracção menor do que 0,002 mm (Figura 1), (Friederichs, et al., 2014). A textura do solo é uma variável ambiental estável e de grande interesse, por estar relacionada ao potencial produtivo e a processos de degradação dos solos, controlando directamente aspectos ligados a física do solo tais como dinâmica de água e nutrientes, adesão e coesão de partículas, aeração e também influenciando noutras propriedades físicas tais como estrutura, porosidade, densidade, (Tabela 1) (Araújo et al, 2012).



**Figura 1.** Distribuição de partículas de minerais de solo em função do tamanho.

Fonte: Adaptado de Silva (2010).

**Tabela 1.** Influência da textura em algumas propriedades e comportamento dos solos.

<b>Propriedades/Comportamento do solo</b>	<b>Areia</b>	<b>Silte</b>	<b>Argila</b>
Capacidade de retenção de água	Baixa	Media a alta	Alta
Teor de matéria orgânica no solo	Baixo	Médio a alto	Alto a médio
Decomposição da matéria orgânica	Rápida	Media	Alta
Susceptibilidade a compactação	Baixa	Media	Alta
Susceptibilidade a erosão eólica	Moderada	Alta	Baixa
Susceptibilidade a erosão hídrica	Baixa	Alta	Baixa
Potencial de expansão e contracção	Muito baixo	Baixo	Alto
Potencial de lixiviação de poluentes	Alto	Médio	Baixo
Capacidade de armazenamento de nutrientes	Baixa	Media a alta	Alta
Resistência a mudança de pH	Baixa	Media	Alta
Taxa de drenagem	Alta	Lenta a média	Muito lenta
Aeração	Boa	Media	Pobre

Fonte: Silva (2010).

Dentre os três grupos principais de solos, arenoso, argiloso e franco, nomes de classes texturais específicas fornecem uma ideia mais precisa da distribuição de tamanho de partículas e da natureza geral das propriedades físicas do solo. As classes texturais encontradas na Tabela 2 apresentam uma sequência gradual desde partículas de areia, as quais possuem textura grosseira, à partículas de argila, que possuem textura muito fina. Na classe arenosa e areia franca ocorre predomínio das propriedades da areia, pois a fracção areia compreende pelo menos 70% do material em peso e menos que 15 % do material é argila.

No entanto, a maioria dos solos está como algum tipo de **franco** ou seja, como uma mistura proporcional de duas ou três fracções ao mesmo tempo. Um solo franco em que a areia é dominante é classificado como um franco arenoso. Do mesmo modo, alguns solos são classificados como franco siltosos, franco argilo-siltosos, franco argilo-arenosos e franco-argilosos. Um solo franco pode ter desde pouca até 26 % de argila, mas para ser qualificado como franco arenoso ou franco siltoso, o solo precisa ter no mínimo 45 % de areia ou 50 % de silte, respectivamente, (Silva, 2010).

**Tabela 2.** Termos gerais utilizados para descrever a textura do solo em relação ao nome das classes texturais.

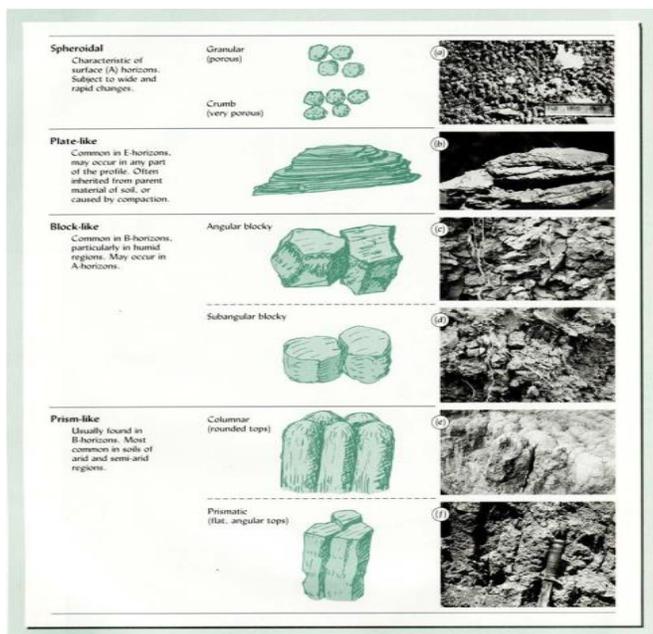
Termos Gerais		Classe Textural	Fracção %		
Nomes comuns		Textura	Arreia	Silte	Argila
Solos arenosos	Grosseira	Arenosa	$\geq 90$	$< 10$	$< 10$
		Arreia franca	71-85	$< 30$	$< 15$
		Moderadamente grosseira	Franco arenosa	50-85	$< 50$
Solos Franco	Media	Franco	30-50	30-45	10_25
		Franco siltosa	$< 50$	50-80	$< 25$
		Siltosa	$< 20$	80-100	$\leq 10$
		Franco			
Solos Argilosos	Fina	argiloarenosa	50-75	$< 25$	20-35
		Franco argilosiltosa	$< 20$	41-70	28-40
		Franco argilosa	21-44	20-45	29-39
		Argilo arenosa	49-60	$< 20$	39-52
		Argilo siltosa	$< 20$	41-59	41-59
		Argilosa	$< 45$	$< 40$	$> 40$

Fonte: Adaptado (Fracção das partículas pelo método de triângulo USDA) de Silva (2010)

## 2.1.2 Estrutura do solo

A estrutura do solo é a forma como as partículas minerais (areia, silte e argila) e orgânicas do solo estão organizadas no espaço, a estrutura também se refere ao padrão de arranjo das partículas primárias em unidades estruturais, os agregados, os quais são separados entre si por superfícies de fraqueza, ou apenas superpostos e sem conformação definida. A estrutura é um dos principais componentes da fertilidade do solo, reflectindo de forma imediata alterações ambientais ao qual esse recurso é submetido. Avaliada nas camadas superficiais, proporciona indicações sobre a interacção solo com a atmosfera (Figura 2), (Embrapa, 2017).

De forma geral os solos podem assumir as seguintes estruturas (Figura 2):



**Figura 2.** Os diferentes tipos (formas) de estrutura encontrados em solos minerais. Sua localização típica é sugerida. Os desenhos ilustram suas características essenciais e as fotos indicam como aparecem *no campo*. Fonte: (Silva, 2010).

**Esferoidal:** estrutura granular consiste de agregados esferoidais que podem ser separados uns dos outros em um arranjo ligeiramente comprimido (Figura 2a). Eles normalmente variam de menos de 1 até maiores que 10 milímetros em diâmetro.

---

**Laminar:** estrutura laminada, caracterizada por agregados ou placas horizontais relativamente finas, que pode ser encontrada tanto nos horizontes superficiais como nos subsuperficiais. Em alguns casos, a compactação em solos argilosos por máquinas pesadas, pode formar a estrutura laminar. (Figura 2b).

**Blocos:** agregados em blocos são irregulares e praticamente cúbicos (Figura 2), e variam no intervalo de 5 a 50 mm de comprimento. Quando as bordas dos blocos são ângulos agudos e as faces distintas retangulares, o subtipo é chamado bloco angular (Figura 2c). Quando alguns arredondamentos têm ocorrido, os agregados são referidos como blocos subangulares (Figura 2d). Estes tipos são normalmente encontrados no horizonte B, onde eles promovem drenagem, aeração e penetração radicular.

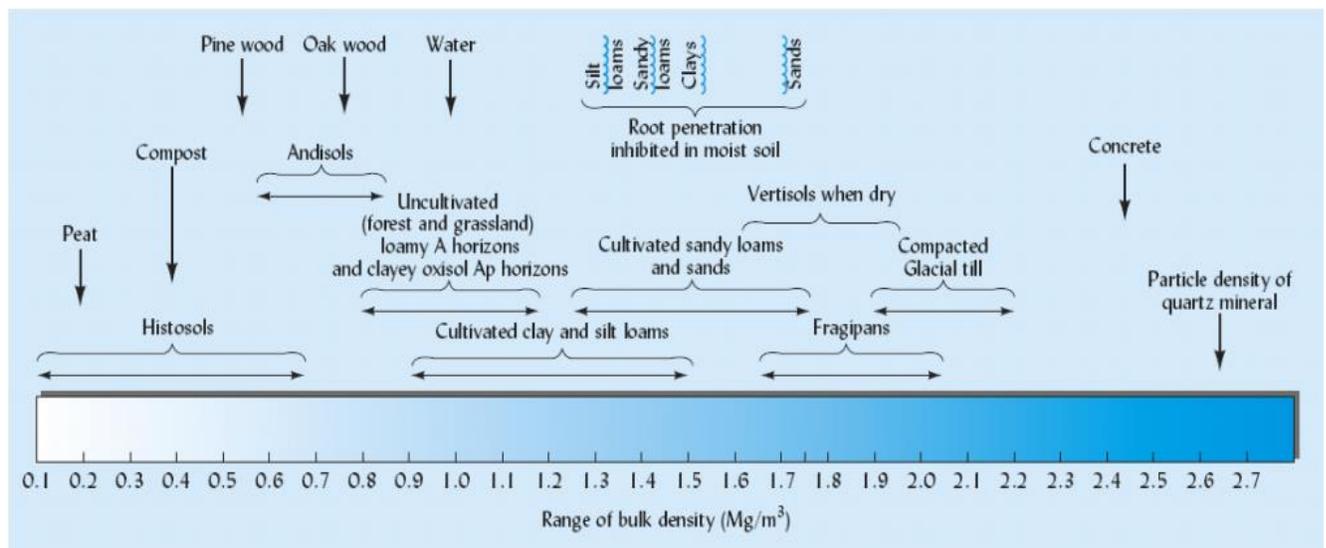
**Prismática:** estrutura colunar e prismática é caracterizada por agregados semelhantes a prismas ou pilares orientados verticalmente que variam em altura entre os diferentes solos e podem ter um diâmetro de 150 mm ou mais. Estrutura colunar (Figura 2e), a qual possui pilares com partes superiores distintas e arredondadas, é encontrada principalmente em subsolos ricos em sódio (como o de mangal). Quando as partes superiores dos prismas são relativamente angulares e horizontalmente planas, a estrutura é designada como prismática (Figura 2f). Ambas estruturas são normalmente associadas com tipos de argilas expansivas. A estrutura prismática ocorre comumente em horizontes subsuperficiais de regiões áridas e semiáridas e, quando bem desenvolvidas, fornecem uma característica muito marcante ao perfil, (Silva, 2010).

Solos bem estruturados permitem livre transporte de ar e água no solo, boa penetração e crescimento das raízes, resiste a erosão. Entretanto, má estrutura do solo é um dos maiores factores que limitam o crescimento da planta pois limita o desenvolvimento das raízes, reduz a infiltração e retenção da água e nutriente. A estrutura do solo pode ser alterada devido a compactação, (McGuinness, 1991).

### 2.1.3 Densidade do solo

A densidade do solo é a propriedade física mais dinâmica e varia em função da textura, de acordo com as condições estruturais do solo, sendo alterada pela compressão por animais e condições ambientais do meio, (Araújo et al, 2012). A densidade do solo é definida como a massa por unidade de volume de solo seco. Este volume inclui tanto sólidos como poros. Solos com maiores espaços porosos possuem geralmente menor densidade quando comparado com aqueles compactados e com menos porosos, conseqüentemente qualquer factor que influencie o espaço poroso afectara a densidade do solo.

Solos de textura fina como franco siltosos, argilosos e franco argilosos, geralmente possuem menor densidade do que os arenosos porque as partículas sólidas dos solos de textura fina tendem a se organizar em grânulos porosos, principalmente se apresentar teor de matéria orgânica adequado, nestes agregados, existem poros tanto entre, como dentro dos grânulos (figura 3). Esta condição garante um alto espaço poroso total e baixa densidade do solo. Em solos arenosos, entretanto, o conteúdo de matéria orgânica geralmente é baixo, as partículas sólidas estão menos susceptíveis a formarem agregados, e a densidade do solo é normalmente maior que em solos de textura fina, (Silva, 2010).



**Figura 3.** Densidade do solo típica de diversos tipos e materiais de solo.

Fonte: (Silva, 2010).

Quanto mais profundo no perfil do solo, a densidade do solo é normalmente maior, como resultado do menor conteúdo de matéria orgânica, menor agregação, menos raízes e outros organismos presentes no solo, e compactação causada pela massa das camadas superiores. Aumentos na densidade do solo geralmente indicam um ambiente mais limitado para o crescimento das raízes, redução da aeração, e mudanças indesejáveis nas funções hidrológicas como a redução na infiltração e retenção de água. O crescimento de árvores e a função do ecossistema florestal são particularmente sensíveis ao aumento na densidade do solo, (Silva, 2010).

---

De acordo com Reinert & Reichert (2006), o uso principal da densidade do solo é como indicador da compactação, assim como medir alterações da estrutura e porosidade do solo. Os valores normais para solos arenosos variam de 1,2 a 1,9 g/cm<sup>3</sup>, enquanto solos argilosos apresentam valores mais baixos, de 0,9 a 1,7 g/cm<sup>3</sup>. Valores de densidade do solo associados ao estado de compactação com alta probabilidade de oferecer riscos de restrição ao crescimento radicular situam-se em torno de 1,65 g/cm<sup>3</sup> para solos arenosos e 1,45 g/cm<sup>3</sup> para solos argilosos.

#### **2.1.4 Resistência do solo a penetração das raízes**

A compactação é entendida como sendo a alteração na estrutura física do solo de modo a reduzir os espaços internos que normalmente são ocupados por água e ar. Portanto, a disponibilidade desses elementos no solo torna-se reduzida, dificultando, assim, o bom desenvolvimento das culturas. A compactação, além de proporcionar restrição ao crescimento radicular, afecta a infiltração e a condutividade hidráulica, além de promover alterações nos processos químicos e biológicos no solo. Um solo é considerado compactado quando a proporção de macroporos em relação à porosidade total é inadequada para o desenvolvimento da planta. O solo ideal é aquele que tem a porosidade total de 50%, sendo (1/3) um terço, cerca de 17%, de macroporos ocupados pelo ar do solo, e (2/3) dois terços, cerca de 33%, de microporos responsáveis pela retenção de água, (Assis, Lazarini, & Lanças, 2009).

A resistência a penetração, além da dependência de factores intrínsecos do solo (textura, estrutura, densidade), é altamente dependente da humidade do solo. Em condição de baixa humidade, a água encontra-se num maior estado de tensão nos poros do solo. Além dessa tensão, somam-se as forças de coesão e de adesão já existentes entre os sólidos do solo, resultando em maior resistência à deformação ou à penetração de raízes numa condição de baixa humidade. Com o aumento do teor de água, decresce a actuação das forças de coesão entre as partículas do solo e o atrito interno, provocando, então, a diminuição da resistência a penetração, (Assis, Lazarini, & Lanças, 2009). Altas densidades podem ocorrer como uma característica natural do perfil do solo ou podem ser uma indicação de compactação do solo induzida pela acção humana. Em qualquer caso, o crescimento radicular é inibido por solos excessivamente densos por uma série de razões, incluindo a resistência do solo à penetração, má aeração, movimento lento de água e nutrientes, e o acúmulo de gases tóxicos e exsudados radiculares. As raízes penetram no solo empurrando-se através dos caminhos dos poros. Se um poro é muito pequeno para acomodar a coifa da raiz, a raiz deve empurrar as partículas de solo e aumenta o poro.

---

Até certo ponto, a densidade por si só restringe o crescimento radicular, quando as raízes encontram poucos e pequenos poros. Porém, a penetração radicular é também limitada pela resistência do solo à penetração, a propriedade do solo que faz com que ele resista à deformação, (Silva, 2010). O conteúdo de água no solo e a densidade do solo influenciam a resistência do solo à penetração. A resistência do solo à penetração aumenta quando o solo é compactado para uma maior densidade, e também quando um solo de textura mais fina seca e endurece. O efeito da densidade do solo no crescimento radicular é mais pronunciado se esses solos estão secos, uma maior densidade do solo será necessária para evitar a penetração de raízes quando os solos estão húmidos. Uma camada compactada tendo uma densidade de  $1,6 \text{ g.cm}^{-3}$  pode impedir completamente a penetração das raízes quando o solo estiver bastante seco, contudo as raízes podem facilmente penetrar esta mesma camada quando estiver em uma condição húmida, (Silva, 2010).

Quanto mais argila presente no solo, menor o tamanho médio dos poros, e maior a resistência a penetração em uma dada densidade do solo. Assim, se a densidade do solo é a mesma, as raízes penetram facilmente em um solo arenoso húmido do que em um solo argiloso húmido. O crescimento radicular em solos húmidos é geralmente limitado por densidades variando de  $1,45 \text{ g.cm}^{-3}$  em solos argilosos a  $1,85 \text{ g.m}^{-3}$  em areia franca, (Silva, 2010).

## **2.2 O Mangal**

A floresta de mangal se desenvolve em regiões da costa, protegidas, banhadas pelas marés e seu maior desenvolvimento pode ser observado em áreas onde o relevo topográfico é suave e a amplitude das marés é alta. Não sobrevivem em temperaturas frias, deste modo, sua ocorrência fica restrita em áreas tropicais e subtropicais do mundo onde a temperatura é quente e nas regiões onde o clima é húmido, (Firme, 2003). Em cerca de 2,700km de costa Moçambicana ocorrem cerca de nove espécies de mangal a saber: *Avicennia marina*, *Bruguiera gymnorrhiza*, *Ceriops tagal*, *Rhizophora mucronata*, *Sonneratia alba*, *Heritiera littoralis*, *Lumnitzera racemosa*, *Xylocarpus granatum* e *Pemphis acidula*, que infelizmente estão em ameaça e redução de cerca de milhares de hectares por ano, principalmente devido a desflorestação, (Unaite, 2017). Mais de 60% da população Moçambicana vive na zona costeira e a maior parte depende dos recursos marinhos e costeiros incluindo os mangais. As maiores cidades como Maputo, Beira, Quelimane e Pemba, estão localizados na zona costeira e coincide com a alta taxa de degradação de mangais em torno desses centros urbanos, onde a demanda de produtos de mangal, tais como carvão, lenha e material de construção é alta.

---

Os mangais provêm uma variedade de bens ambientais e serviços para a população tais como a extracção de recursos para subsistência, tratamento de doenças, ecoturismo, aquacultura, regulação do meio ambiente e um alto valor económico, são estabilizadores e protectores da linha da costa e diminuem a intensidade dos ventos, ondas e correntes oceânicas, evitando a acção erosiva e a consequente progressão do mar sobre a terra, (MITADER, 2015).

Em Quelimane há pouca informação sobre o actual estado de degradação do mangal devido a ausência de estudos para estimar a quantidade de mangal perdido. Contudo, as áreas tidas como expressivamente degradadas são Chuabo Dembe, Ícida e Mirazane. Excluindo aos factores naturais, as causas da perda de mangal apontam-se como sendo antrópicas (figura 4) tais como: Êxodo rural, Habitação, fonte de material de construção, praticas agrícolas, fonte de energia lenhosa, produção aquícola, (Unaite, 2017). Portando, o uso corrente da floresta de mangal como via de acesso para locais de actividades de subsistência é nítida, e esta constante pressão sobre o solo causa perturbação e alteração física devido a compressão.



**Figura 4.** Construção de habitação a partir de estacas de mangal. Fonte: (Unaite, 2017).

### 2.2.1 O solo do mangal

Existem duas zonas distintas no solo do mangal, zona aeróbica (ou camada superficial) e zona anaeróbica (30cm abaixo da camada superficial). Na zona aeróbica as bactérias decompõe a matéria orgânica para obter monómeros solúveis e posteriormente converte-los em  $\text{CO}_2$  e  $\text{H}_2\text{O}$ . Na zona anaeróbica, bactérias fermentativas convertem os produtos da hidrólise a uma variedade de produtos, principalmente em ácidos gordos de cadeias curtas,  $\text{CO}_2$  e  $\text{H}_2$ .

---

Outras conversões durante a fermentação secundária são, redução do  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{Mn}^{+4}$ ,  $\text{Fe}^{+3}$ ,  $\text{SO}_4^{-2}$ ,  $\text{SO}_3^{-2}$ , acetogénese, metanogénese, assim os subprodutos desse processo são  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{FeS}_2$ ,  $\text{CH}_4$ , e  $\text{H}^+$  algumas delas tidas como substâncias tóxicas e também responsáveis pela redução do pH, o que é prejudicial ao crescimento e desenvolvimento das plantas, (Firme, 2003) & (S.Das, et al., 2012).

Assim, a aeração do solo é um importante factor de produção, devendo este ser mantido em condições óptimas para melhorar o crescimento e desenvolvimento das plantas, isto porque, solos bem oxigenados permitem a respiração aeróbica das raízes, da microflora, meso flora e da fauna do solo. Estes microorganismos por sua vez são responsáveis pela regeneração dos elementos químicos essenciais usados por outros organismos, principalmente por plantas. A incorporação destes elementos dependem essencialmente do desenvolvimento das raízes que dependem da aeração do solo ou seja a nutrição das plantas esta intimamente ligada com o suprimento de oxigénio, (S.Das, et al., 2012).

### **2.2.2 Actividades de Restauração de Mangal Degradado**

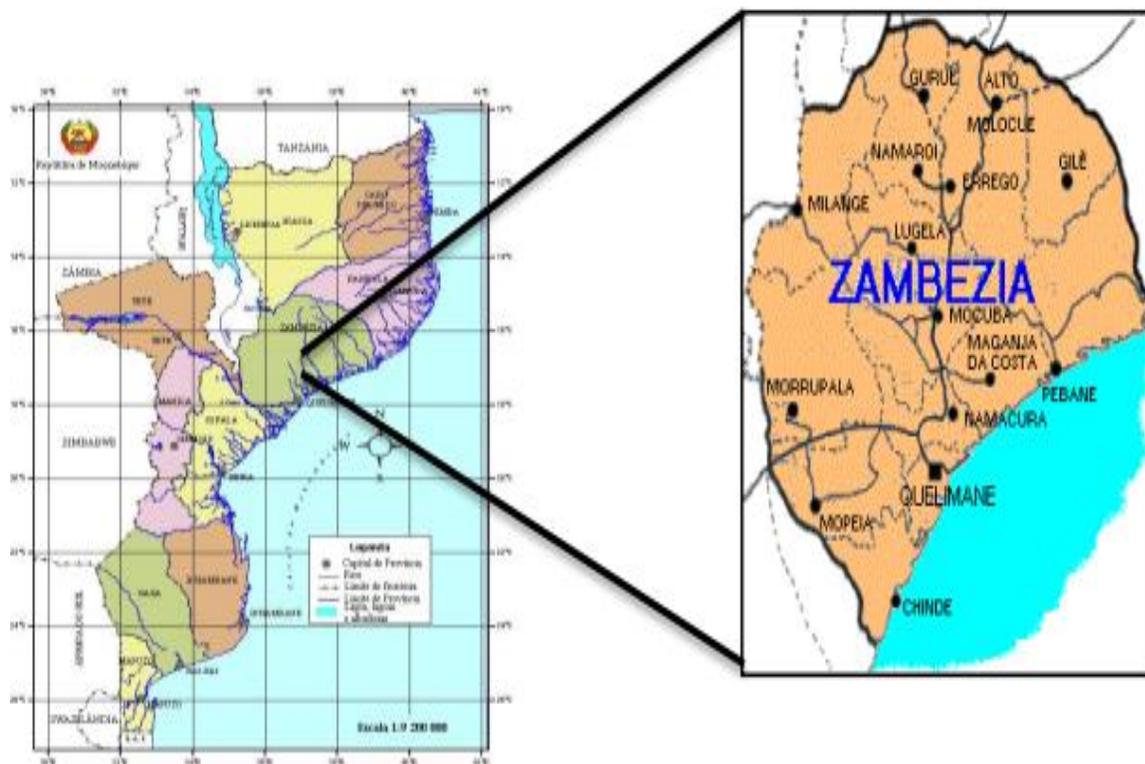
Antes de início das actividades de restauração de mangal degradado, é necessário ter algum conhecimento sobre os seguintes aspectos, (MITADER, 2015):

- ✓ Informação sobre características biofísicas do local (por exemplo, mapas da área, mapas do uso e cobertura da terra, situação de títulos de propriedade);
- ✓ Principais parâmetros do clima (por exemplo. chuva, temperatura etc.) e informação sobre marés e sistema hidrológico (tabela de maré);
- ✓ Tipos de solos dominantes;
- ✓ Parâmetros químicos da água (salinidade, pH, cor, transparência e nutrientes);
- ✓ Inventário das espécies (flora e fauna);
- ✓ Conhecimentos locais, usos tradicionais;
- ✓ Produtos, funções e atributos do ecossistema;
- ✓ Disponibilidade de áreas potenciais para a restauração do mangal;
- ✓ Pressão de usos (principais tipos de usos de recursos naturais actuais) e ameaças para a área.

### 3. Metodologia

#### 3.1 Caracterização da Área de Estudo

O estudo foi realizado em campos de restauração de mangal A e B no bairro Ícidua na cidade de Quelimane, província da Zambézia. De acordo com (Unaite, 2017), a zona costeira de Quelimane tem um clima tropical húmido, devido à influência da corrente quente do Canal de Moçambique. A natureza tropical é devido a existência de duas estações: chuvosa e seca. A estação chuvosa ou de verão dura cerca de seis meses, começando em Novembro e terminando em Abril. Já a estação seca estende-se desde Maio a Setembro. Quelimane, chove em média cerca de 1400 mm/ano (PFZ, 2014).



**Figura 5.** Localização geográfica da província da Zambézia. Fonte: (Mariquelo, 2018)

### 3.1.1 Campo de restauração A

O campo A apresenta uma área de aproximadamente a 9,170m<sup>2</sup> com as coordenadas 17°53.491'S e 36°54.471'E. Esta região é limitada a nordeste por um dos canais do estuário dos Bons Sinais e baixa cobertura de vegetação do mangal.



**Figura 6.** Localização geográfica da área de estudo para o campo A.

### 3.1.2 Campo de restauração B

O campo B apresenta uma área de aproximadamente a 8,688m<sup>2</sup> com as coordenadas 17°53.359'S e 36°55.052'E. Esta região é limitada a nordeste por um dos canais do estuário dos Bons Sinais e apresenta alta cobertura de cobertura de vegetação do mangal.



**Figura 7.** Localização geográfica da área de estudo para o campo B.

### 3.2 Materiais e Reagentes

Para a realização das actividades de campo e laboratoriais foram usados os seguintes itens:

**Tabela 3.** Alguns equipamentos de campo e de laboratório usados.

<b>Equipamentos</b>	
Peneiras de malha 2 e 0,053 mm	Estufa
Pipeta graduada de 25 mL	Enxada
Funil	Pá de corte
Béquer de vidro 1L	Bandeja plástica (25 cm de largura x 50 cm de comprimento x 15 cm de altura).
Garrafas 60mL	Régua de 30 cm
Proveta de 300mL.	Faca
Garrafas 1L	Três separadores de camadas com dimensões do comprimento da bandeja
Earlenmeyer 60mL	Lápis e borracha
Balde plástico de 25L	Receptor GPS para marcação dos locais de amostragem
Fita métrica	Papel de alumínio
Esguicho	Etiquetas adesivas e sacos plásticos para amostragem
Marcador permanente	Cronometro
Placas de petri	Martelo
Provetas	Tabua de madeira
Cilindros (anel) com raio 4cm	Balança digital com precisão de 0,01g

**Tabela 4.** Reagentes usados em procedimentos laboratoriais.

<b>Reagentes</b>
Água oxigenada (H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> )
Ácido clorídrico (HCl)
Água destilada
Hidróxido de sódio (NaOH)

### 3.3 Métodos

#### 3.3.1 Trabalho de campo

A saída para o campo materializou-se nos dias 18/05/2019 e 19/05/2019, durante a maré viva no período da vazante onde foram efectuadas medições e colecta de amostras de solo nos dois campos (Ícidua A e B) seguindo os procedimentos:

Foram isolados três pontos aleatórios e marcados transectos com dimensão de 25x25m, onde contaram-se o número de indivíduos com a finalidade de determinar a densidade arbórea (figura 8B).

Nos três pontos foram analisadas a estrutura do solo com base em diagnóstico rápido de estrutura do solo (DRES) sugerido por (Embrapa, 2017), que se baseia na colecta de amostra de solo com 25cm de profundidade, 10 cm de espessura, observação visual e atribuição de notas a campo com base em feições de degradação ou de conservação física e biológica dos agregados (Figura 8A).

Para caracterização da textura, avaliação da resistência à penetração e determinação da densidade do solo foram colectadas amostras de solo em três pontos usando um anel com 8cm de diâmetro, a uma distância de 20cm da superfície para posterior análise no laboratório.



**Figura 8.** A – Determinação de DRES. B – Isolamento de transecto. C – Parte do campo desmantado.

D – Colecta de amostra de solo. Campo de restauração do Ícidua A. Fonte: Autor

### 3.3.2 Procedimentos laboratoriais

O processamento em laboratório de amostras colectadas consistiu no método proposto por Embrapa (2017). Para determinação de densidade, dividiu-se a amostra bruta em partes de 5cm cada uma e depois de identificadas foram pesadas (peso húmido) e colocadas para secar em estufa a uma temperatura de 105°C por 48h. Após a secagem, as amostras foram pesadas (peso seco) e calculados o seu volume por meio da medida do volume interno do cilindro usado na colecta de amostra, estes dois processos permitiram que fosse determinado a densidade media do solo (relação massa/volume),

Para análise de textura as amostras brutas de solo foram divididas em partes de 5cm, identificadas e submetidas a secagem em estufa a 105°C por 48h, para perder humidade. Depois de secas, foram submetidas a desagregação mecânica (Figura 9A).

Em seguida com ajuda de uma peneira de malha 2mm separou-se as fracções areia, silte e argila, colocadas sacos plásticos e identificadas. Mediu-se dessas fracções 20g de solo e lavadas com solução de peróxido de hidrogénio para remoção de matéria orgânica, secas e depois lavadas em solução de ácido clorídrico para remoção de carbonatos (Figura 9A).



**Figura 9.** A – Peneiração de amostra 2mm (ESCMC). B – Solução de amostra silte e argila (ISHCT). C/E – Secagem da solução argila (ESCMC). D – Peneira 0,053mm (ISHCT). Fonte: Autor

Depois desse procedimento foram pesadas 10g da amostra e colocadas em garrafas de 60ml e adicionados água destilada até a marca de 50ml completando o volume com 20ml de solução de hidróxido de sódio a 1M para dispersar os sedimentos durante 24h (Figura 9E).

Com uso de peneira de malha 0,053mm, funil e bequer separou-se a fracção areia, colocando-a em erlenmeyer previamente tarado secando-a em estufa e depois pesado. As fracções silte e argila foram quantificadas pelo método de pipeta. Neste método a solução contendo silte e argila foi transferida para uma proveta 300ml completada este volume com água destilada e agitada para garantir a dispersão total das partículas, seguida de repouso por 3 a 4h para atingir o tempo de sedimentação da fracção silte calculada a partir da Lei de Stokes.

Depois foi pipetada 25ml da fracção em suspensão a uma distância de 5cm do topo da solução, e colocada em erlenmeyer previamente seca e tarada para secar em estufa a 105°C durante 24h. Depois de seca a amostra foi pesada e já dispondo das quantidades de todas as fracções foram classificadas as classes texturais do solo segundo a regra do triângulo sugerida por Almeida, (2005) e Embrapa, (2017).



**Figura 10.** A – Separação da fracção areia (ISHCT). B – Sedimentação da fracção silte (ESCMC).

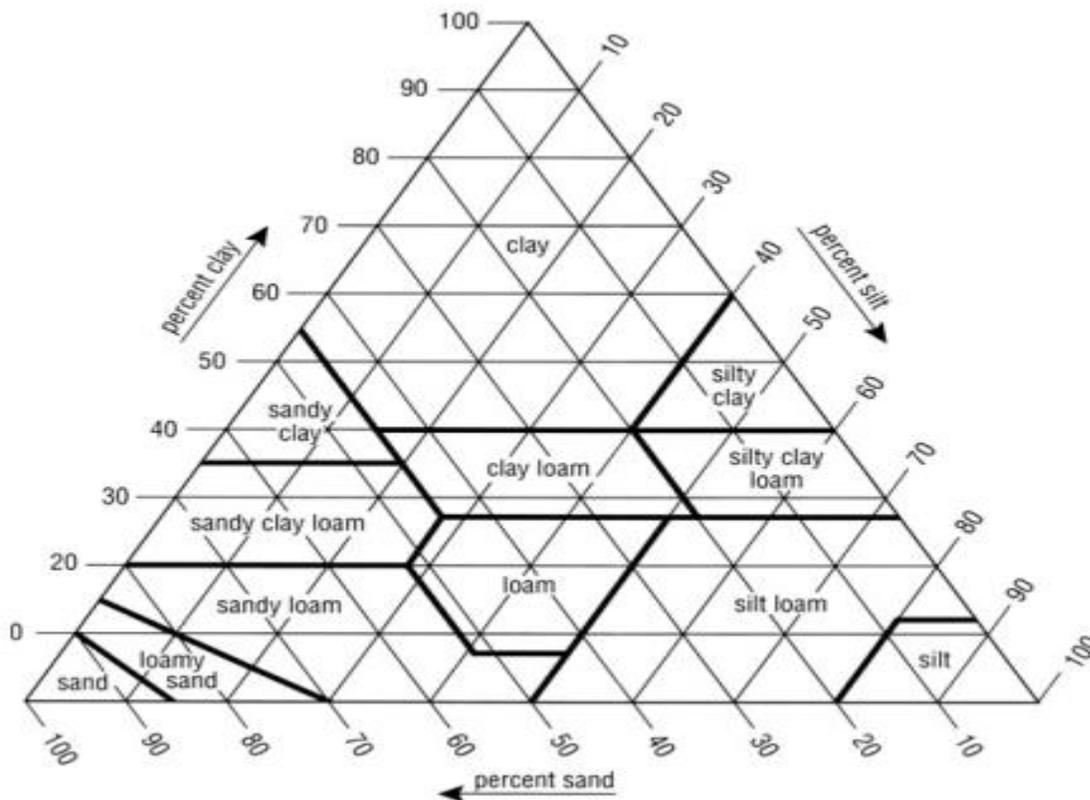
Fonte: Autor

### 3.3.3 Tratamento dos Dados

Os dados obtidos foram processados em *Microsoft Excel 2010*, fazendo uso de diversas equações matemáticas descritas abaixo e por meio delas foram criadas tabelas com os resultados das variáveis em estudo.

#### 3.3.3.1 Determinação da Textura do solo

Para classificar a textura seguiu-se o método de triângulos textuais usado por Almeida (2005) que se baseia na distribuição quantitativa das partículas onde o atributo do solo será aquele das partículas que apresentarem maior quantidade, este método foi proposto pela USDA (United States Department of Agriculture) como apresentado a seguir:



**Figura 11.** Diagrama textural adotado pela USDA. Fonte: (García-Gaines e Frankenstein, 2015)

---

As quantidades percentuais de cada fracção são calculadas como ilustrado abaixo:

$$\% \text{ Areia} = \frac{\text{Quantidade de areia (g)}}{\text{Quantidade da amostra (g)}} * 100\%$$

$$\% \text{ Silte} = \frac{\text{Quantidade de silte (g)}}{\text{Quantidade da amostra (g)}} * 100\%$$

**Equação 1**

$$\% \text{ Argila} = \frac{\text{Quantidade de argila (g)}}{\text{Quantidade da amostra (g)}} * 100\%$$

### 3.3.3.2 Determinação da Estrutura do solo

A estrutura do solo foi determinada de acordo com os princípios descritos por (Embrapa, 2017), e com base em equações matemáticas foram calculados os índices de qualidade estrutural da amostra (IQEA) e Índice de qualidade estrutural do solo (IQES) como mostrados abaixo:

$$IQEA = \frac{(Ec_1 * Qec_1) + (Ec_2 * Qec_2) + (Ec_3 * Qec_3)}{E_{total}}$$

**Equação 2**

Onde:

IQEA – Índice de qualidade estrutural de amostra de solo.

Ec – Espessura de cada camada, em cm (o número de camadas pode variar de 1 a 3).

Qec – Nota de qualidade estrutural atribuída a cada camada.

E<sub>total</sub> – Espessura ou profundidade total da amostra (padronizada em 25 cm).

$$IQES = \frac{(IQEA_1 + IQEA_2 + IQEA_n)}{n}$$

**Equação 3**

Onde:

IQES – Índice de qualidade estrutural do solo na área ou gleba avaliada.

IQEA – Nota de qualidade estrutural atribuída às amostras, de 1 até n.

n – Número total de amostras.

Após o cálculo de IQES atribuiu-se qualidade estrutural do solo com base num sistema de classificação fornecido pelo autor acima supracitado.

**Tabela 5.** Índice de qualidade estrutural do solo (IQES) para a gleba avaliada e interpretações.

<b>IQES</b>	<b>Qualidade estrutural</b>
6,0-5,0	Muito boa
4,0-4,9	Boa
3,0-3,9	Regular
2,0-2,9	Mau
1,0-1,9	Muito mau

Fonte: Adaptado de Embrapa (2017)

### 3.3.3.3 Determinação de Densidade do solo

A determinação da densidade do solo visou medir a densidade média de um volume conhecido de solo, usando-se para isso o método de cilindro volumétrico sugerido por Embrapa (2017) segundo a equação abaixo:

$$D_s = \frac{m_a}{V} \quad \text{Equação 4}$$

Onde:  $D_s$  – Densidade do solo ( $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$ );  $m_a$  – Massa da amostra de solo seco a  $105^\circ\text{C}$  até peso constante, em g;  $V$  – Volume da amostra, em  $\text{cm}^3$ .

O volume da amostra foi calculado usando a fórmula sugerida por (Freitas, 2012), para cálculo de volume do cilindro, onde a altura ( $h$ ) do cilindro foi substituída pela altura da amostra (5 cm) segundo a expressão abaixo:

$$V = A_b * h$$

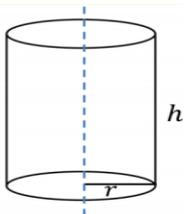
$$A_b = \pi * r^2 \quad \text{Equação 5}$$

Onde:

$A_b$  – área da base do cilindro.

$h$  – altura do cilindro (a ser substituída pela altura da amostra).

$$\pi = 3,14159 \dots$$



**Figura 12.** Cilindro

---

#### 3.3.3.4 Determinação de Densidade da Cobertura Vegetal

De acordo com (Sorsogon, 2010) & (IDEAS, 2013), a densidade representa o valor que indica o número de indivíduos por unidade de área ou volume, ou seja:

$$D_a = \frac{N_i}{A_t} \qquad \text{Equação 6}$$

Onde:

$D_a$  – Densidade arbórea (indivíduos/ha);

$N_i$  – Número de indivíduos;

$A_t$  – Área total amostrada.

## 4. Resultados e Discussão

### 4.1 Caracterização Textural e Estrutural do solo.

Segundo Silva (2010), solos argilosiltosos apresentam baixo teor de areia (menos de 20%, Tabela 2) e teores próximos de silte e argila. Ao passo que solos franco, apresentam uma distribuição proporcional entre as frações.

As propriedades físicas do solo nos campos A e B são mostradas na tabela 6 e 7. Na tabela 6 é possível observar que todas amostras de solo têm em média pouca quantidade de partículas de areia (4,07% para o campo A e 3,43% para o campo B) na profundidade de 0-20 cm. As propriedades físicas do solo foram idênticas em relação a distribuição das partículas, apresentando em média valores elevados de silte e argila sendo o campo A com maior quantidade de argila cerca de 47,6% em relação ao campo B com cerca de 30,4%. A distribuição de silte foi na ordem inversa com cerca de 66,17% no campo B e cerca de 48,33% no campo A. Assim, segundo a metodologia USDA para classificação da classe textural das partículas, o solo no campo A é classificado como sendo Argilosiltoso, ao passo que o solo no campo B classificado como Franco Argilosiltoso. Na nomenclatura comum o solo no campo A seria chamado de solo argiloso ao passo que no campo B solo franco.

**Tabela 6.** Característica Textural e Estrutural do solo nos campos de Ácida A e B.

Campo	Pontos	Profundidade (cm)	Fracção em %			Classe Textural	*Estrutura
			Argila	Silte	Areia		
Icidua A	P1	0-20	51,6	43,9	4,5	Argilo Siltosa	MB
	P2	0-20	51,6	44	4,4	Argilo Siltosa	MB
	P3	0-20	39,6	57,1	3,3	Argilo Siltosa	MB
	<b>Media</b>		<b>47,6</b>	<b>48,33</b>	<b>4,07</b>	<b>Argilo Siltosa</b>	<b>MB</b>
Icidua B	P1	0-20	31,2	65,6	3,2	Franco Argilo Siltosa	MB
	P2	0-20	20,4	77,5	2,1	Franco Siltosa	MB
	P3	0-20	39,6	55,4	5	Franco Argilo Siltosa	MB
	<b>Media</b>		<b>30,4</b>	<b>66,17</b>	<b>3,43</b>	<b>Franco Argilo Siltosa</b>	<b>MB</b>

\*MB – Muito bom

---

Quanto mais argila presente no solo, menor o tamanho médio dos poros, e maior a resistência a penetração em uma dada densidade do solo, (Silva, 2010). Portanto, o solo do campo A deve estar a oferecer maior resistência a penetração das raízes visto que sua classe textural foi caracterizada como Argilo siltoso, ou seja, com maior quantidade de argila em relação ao campo B.

De acordo com Embrapa (2017), solos de muito boa qualidade estrutural devem apresentar índices de qualidade no intervalo entre 5,0-6,0. Os valores de índices de qualidade encontrados neste trabalho enquadram-se na classe de solos de boa qualidade estrutural, sendo portanto estes solos considerados bem estruturados. Desta forma, as características estruturais e texturais dos solos nestes campos segundo Firme (2003) e Embrapa (2017), apresenta-se estável e típicas dos solos de mangal, ou seja apropriada para seu crescimento e desenvolvimento. Nestas condições o solo esta bem condicionado para garantir o bom funcionamento mecânico garantindo boa dinâmica de transporte e retenção de água e nutrientes, boa adesão e coesão das partículas, alto teor de matéria orgânica, porem de pobre aeração principalmente o campo A, Araújo et al (2012) e Silva (2010).

#### **4.2 Determinação da Densidade do solo e avaliação da resistência do solo a penetração das raízes.**

De acordo com Silva (2010), solos de textura fina como siltosos, argilosos e franco tendem a apresentar menos densidade, isto porque estes tendem a se organizar em grânulos porosos (maior números de espaços vazios). As densidades do solo apresentadas (Tabela 7) abaixo, mostram que em média o campo A apresenta solo mais denso com cerca de  $1,27 \text{ g/cm}^3$  em relação ao campo B que foi cerca de  $0,91 \text{ g/cm}^3$  na profundidade de 0-20cm. Estes valores estão dentro dos limites aceitáveis para solos pouco perturbados e de textura fina como argilosiltosos (campo A) e Franco argilosilto (campo B).

O aumento na densidade fora aos factores naturais como distribuição das classes texturais, alteração da estrutura, temperatura e humidade, pode também ser influenciado por factores de ordem antropogenica que induzem o solo a compactação. Um destes fenómenos é a compressão registada no campo A onde apresentou maior densidade, pois neste regista-se maior tráfego populacional devido o exercício de actividades de subsistência naquela região. Aumentos na densidade do solo geralmente indicam um ambiente mais limitado para a penetração e crescimento das raízes, redução da aeração, e mudanças indesejáveis nas funções hidrológicas como a redução na infiltração e retenção de água. O crescimento de árvores e a função do ecossistema florestal são particularmente sensíveis ao aumento na densidade do solo (Silva, 2010).

**Tabela 7.** Densidade do solo nos campos de Ícidua A e B.

Campo	Pontos	Profundidade (cm)	Densidade (g/cm <sup>3</sup> )
Ícidua A	P1	0-20	1,19
	P2	0-20	1,09
	P3	0-20	1,54
	<b>Media</b>		<b>1,27</b>
Ícidua B	P1	0-20	0,85
	P2	0-20	0,94
	P3	0-20	0,93
	<b>Media</b>		<b>0,91</b>

Reinert & Reichert (2006), indicam que os valores normais de densidade do solo para solos argilosos são em torno de 0,9 a 1.7 g/cm<sup>3</sup>. Valores de densidade do solo associados ao estado de compactação com alta probabilidade de oferecer riscos de restrição ao crescimento radicular situam-se em torno de 1,45 g/cm<sup>3</sup> para solos argilosos. Portanto, a densidade do solo no campo A não restringe o crescimento radicular por apresentar-se quantitativamente dentro de limites aceitáveis.

#### 4.3 Densidade de cobertura vegetal nos campos A e B.

Durante a realização do estudo foram registadas cerca de 444 árvores de mangal no campo A, numa área total amostrada de 625m<sup>2</sup> correspondente a 0,0625ha. Este campo conta com uma densidade arbórea de aproximadamente 7104 ind/ha. No campo B foram registadas 1354 árvores de mangal numa área de igualmente 625m<sup>2</sup>, tendo assim uma densidade arbórea de aproximadamente 21664 ind/ha, (Tabela 8). Em ambos campos foram igualmente observados predomínio de *Avicennia marina*.

**Tabela 8.** Distribuição da cobertura vegetal nos campos restauração A e B.

	Densidade Arbórea	
	Icidua A	Icidua B
nº de indivíduos (ind)	444	1354
Área amostrada (ha)	0,0625	0,0625
Densidade (Ind/ha)	7104	21664

---

## 5. Considerações Finais

- ✓ Os indicadores físicos do solo mensurados nesta pesquisa encontram-se em situação aceitável em ambos os campos, sendo que estes não devem ser a causa do fraco crescimento e desenvolvimento do mangal no Ícidua A;
- ✓ O campo A mostrou-se mais perturbado quando comparado com o campo B, onde entre outros indicadores de perturbação destacou-se a maior densidade do solo, provavelmente causada pela compactação exercida pela população em actividades de subsistência desenvolvidas próximo a aquele campo; O aumento da densidade do solo aliado a outros factores como aumento de temperatura e quantidade de argila podem de alguma forma influenciar na resistência do solo a penetração das raízes e dificultar o crescimento e desenvolvimento do mangal, o que eventualmente explica sua fraca cobertura na vegetação;
- ✓ Outros parâmetros de natureza Física como a Hidrologia (que se relaciona com o período e frequências de inundação), aeração (fluxo de gases principalmente o O<sub>2</sub>), Topografia, entre outros podem ser a causa do fraco desempenho do processo de restauração. Também aquelas de natureza Química ou Biológica devem igualmente serem consideradas.
- ✓ Recomenda-se que em trabalhos futuros sejam avaliados os parâmetros Químicos e Biológicos do solo, pois, estes são elementos imprescindíveis no crescimento e desenvolvimento do mangal;
- ✓ Que qualquer iniciativa ou projecto de restauro de mangal inclua actividades de pesquisa das condições ambientais.

---

## Referencias Bibliográficas

Almeida, G. C. (2005). *Caracterização Física e Classificação dos Solos*. Rio Preto do Sul: Faculdade de Engenharia.

Araújo et al. (2012). Qualidade do solo: conceitos, indicadores e avaliação. *Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias, Guarapuava-PR*, v.5, n.1, p.187-206, 2012., 186-196.

Assis, R. R., Lazarini, G. D., & Lanças, K. P. (2009). Avaliação da Resistencia do Solo a Penetração em Diferentes Solos com a Variacao do Teor de Agua. *Eng. Agríc., Jaboticabal*, 558-568.

Embrapa. (1997). Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos.

Embrapa. (2017). Brasília, DF: Embrapa.

Filizola, H. F., & Gomes, M. A. (2006). *Indicadores Fisicos e Quimicos de Qualidade de Solo de Interesse Agricola*. Jaguariúna: Embrapa.

Firme, L. P. (2003). *Caracterizacao Fisico-Quimica de Solos de Mangue e Avaliacao de sua Contaminacao por Esgoto Domestico via Traçdores Fecais*. Piracicaba: Universidade De Sao Paulo.

Friederichs, A., Barboza, B. B., Rech, C., Heberle, D. A., Cunha, G. O., Grohskopf, M. A., et al. (2014). Comparação de métodos de determinação de argila em diferentes solos brasileiros. *PESQUISA AGROPECUARIA*, 126-136.

García-Gaines, R. A., & Frankenstein, S. (2015). *USCS and the USDA Soil Classification System*. Vicksburg, : The U.S. Army Engineer Research and Development Center (ERDC).

IDEAS, C. (2013). *Preparation of Baseline Data Mangrove Ecosystem Management in Bintan Island*. di Pulau Bintan: ITTO.

Mariquele, S. A. (2018). *Avaliação das Condições Hidrológicas de Maré para a Restauração do Mangal - Caso do Campo de restauro de mangal C do Bairro de Icidua, Cidade de Quelimane*. Quelimane: Escola Superior de Ciências Marinhas e costeiras.

---

McGuinness, S. (1991). *SOIL STRUCTURE ASSESSMENT KIT*. Bendigo : DEPARTMENT OF CONSERVATION AND ENVIRONMENT.

MITADER. (2015). *Estratégia e Plano de Acção Nacional Para Restauração de Mangal 2015-2020*. Mocambique: Centro de Desenvolvimento Sustentável para as Zonas Costeiras.

PFZ. (2014). *Relatorio do Estudo de Impacto Ambiental*. Maputo: Estudo do Impacto Ambiental.

Reinert, D. J., & Reichert, J. M. (2006). *Propriedades físicas do solo*. Santa Maria: Universidade Federal De Santa Maria; Centro de Ciencias Rurais.

S.Das, M.De, T.K.De, R.Ray, T.K.Jana, P.K.Gosh, et al. (2012). Distribution of aerobic bacteria along intertidal zones of Sunderban Mangrove Ecosystems, NE Cost of Bay of Bengal, India. *India journal of Geo-Marine-Sciences*, 405-411.

Salton, J. C., Silva, W. M., Tomazi, M., & Hernani, L. C. (2012). *Determinação da agregação do solo - Metodologia em uso na Embrapa Agropecuária Oeste*. Dourados, MS: Embrapa.

Silva, A. P. (2010). *Física do Solo*. Piracicaba: Departamento de Ciencia do Solo.

Sorsogon, P. D. (2010). Collection, Identification and Preservation of Selected Biological Specimens. *Mangrove Assessment*, 1-6.

Unaite, M. C. (2017). *Analysis of causes and possible methods of dealing with mangrove deforestation in Mozambican coastal areas: a case study of Quelimane District in Zambézia Province*. Malmö, Sweden: World Maritime University Dissertations.

**ANEXOS**

**Campo de restauro: Ícidua A**



**Campo de restaura: Ícidua B**



FORMULARIO DE CAMPO PARA DIAGNOSTICO RAPIDO DA ESTRUTURA DO SOLO (DRES)

Local	Ícidua A
Data	18/05/2019
Coordenadas	
Avaliador	Autor

Ponto	Espessura da camada	Nota por camada (Qec)	Media ponderada (IQEA)	Observações
1	25	Q5	5	Compacto
2	25	Q5	5	Compacto
3	5_20	Q5	5	Compacto

Local	Ícidua B
Data	18/05/2019
Coordenadas	
Avaliador	Autor

Ponto	Espessura da camada	Nota por camada (Qec)	Media ponderada (IQEA)	Observações
1	15_10	Q5	5	Húmido/maleável
2	5_20	Q5	5	Húmido/maleável
3	7_18	Q5	5	Húmido/maleável