



UNIVERSIDADE
E D U A R D O
MONDLANE

Faculdade De Agronomia e Engenharia Florestal

Departamento de Engenharia Florestal

Licenciatura em Engenharia Florestal

Estagio no Parque Nacional do Banhine (PNB)

Tema:

**Quantificação da densidade de carbono abaixo do Solo, dos principais tipos de
vegetação tropical Seca No Parque Nacional do Banhine**

Discente

Jacob Paulo Chavele

Supervisor:

Prof. Tarquinio Mateus Magalhães

Co- Supervisora:

Eng^a Amelia David Muchanga Mugabe

Maputo, Setembro de 2024

ÍNDICE	
AGRADECIMENTOS	iii
DEDICATÓRIA	iv
RESUMO.....	v
ABSTRACT	vi
1.INTRODUÇÃO.	1
1.1.Problema de estudo e justificação	2
1.2.OBJECTIVOS	3
1.2.1.Objectivo geral.....	3
1.2.2.Objectivos específicos	3
2.REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
2.1.Carbono	4
2.2.Ciclo de carbono.....	4
2.2.1.Carbono do solo	5
2.2.3.Sequestro do carbono no solo.....	8
2.3.Métodos de quantificação do carbono do solo	9
2.3.1.Determinação da densidade aparente do solo	9
2.3.2.Determinação do teor de carbono orgânico.....	10
2.3.3.Factores que afectam o estoque de carbono no solo	12
2.3.3.1.Carbono nos componentes dos ecossistemas florestais.....	12
2.3.3.1.....	14
Descrição dos tipos de vegetação seca existentes no parque nacional de Banhine. 14	
2.3.3.2.Floresta de Mopane	14
2.3.3.3.Pradaria.....	14
2.3.3.4.Floresta de mecrusse	15
3.METODOLOGIA.....	15
3.1.2.Clima e hidrografia.....	17
3.1.3.Relevo e solos.....	17
3.1.3.1.Infra-estruturas e serviços	17
3.2.Método	18
3.2.1 Desenho amostral.....	18
3.2.2.Localização dos pontos de amostragem	19
3.2.3.Recolha de dados	20
3.2.4.Trabalho de laboratório	22

3.3.Determinação da densidade de carbono abaixo do solo ou estoque de carbono abaixo do solo.....	22
4.ANALISE ESTATÍSTICA.....	23
5.RESULTADOS ESPERADOS	24
6.CONCLUSÃO.....	25
7. RECOMENDAÇÕES.....	26
9.ANEXOS	32

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 ciclo de carbono	4
Figura 2 Mapa de localização do parque Nacional de Banhine Erro! Marcador não definido.	
Figura 3 Mapa de vegetação do Parque Nacional do banhine.....	19
Figure 4 Tamanho das Parcelas	20

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 O Carbono nos componentes de ecossistemas florestais	13
Tabela 2 codificação de cada tipo florestal	21

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1 código de amostra de solo não perturbado.....	32
Anexo 2 código para amostras de solo perturbado.....	33

LISTA DE ABREVIATURAS E ACRÓNIMOS

°C	Graus centigraus
%	Percentagem
Cm	Centimetro
g	Gramas
ha	Hectares
ml	mlitro
Pg	Pentagrama
PgC	Pentagrama de carbono
Ton	tonelada
ANOVA	Análise de variância
ACTF	Area de conservação transfronteira
EMBRAPA	Empresa brasileira de pesquisa agropecuaria
FAO	Food and agriculture organization
GPS	Global position system
IPCC	Intergovernmental panel of climate change
PNB	Parque Nacional de Banhine
PNK	Parque nacional do kruger
PNZ	Parque nacional de zinave
MAE	Ministério de administração estatal
MITUR	Ministerio de turismo
REDD	Redução das Emissões do Desmatamento e Degradação Florestal

AGRADECIMENTOS

Primeiro quero agradecer ao meu bom Deus pela sua graça durante a minha vida toda, esteve comigo nos momentos bons e nos momentos difíceis da minha formação.

Quero agradecer ao meu Querido Pai Paulo Pitoro Chavele, Minha Mãe Graça Ernesto Wacitela que infelizmente já não esta entre nos, a minha Tia Isabel Dique e a minha Tia Natália Jaime pelos cuidados propociornados por elas e afecto que me deram durante percursos difíceis da minha vida, quero agradecer também aos meus irmãos João Paulo Chavele e Isaac Paulo Chavele pelo apoio concedido durante a minha formação académica, quero agradecer ao meu amigo e irmão deste do ventre da minha mae issaca Paulo Chavele ele esta e esteve comigo em quase todas etapas da minha vida em seguida agradeço também a minha irmã Nuvem Paulo Chavele e ao Pastor Lovemore Fungulane Baera pelo apoio tanto em oracoes e bem como em accoes em favor da minha formacao academica.

Agradeço aos meus amigos e colega de curso, Paixão Miguel Tocota que foi tao generoso e solidario nos momentos mais difficeis da minha formacao este ajudou me quando já não havia nenhuma esperanca, Abel Moises que apoiou me sempre com bons conselhos.

Agradeço de forma incensante ao meu supervisor Dr. Tarquinio Mateus Magalhães pela oportunidade de estágio no parque nacional de Banhine, agradecer em especial a minha Co supervisora Eng^a Amélia David Muchanga, pelo apoio emocional e material, pela repreensão, correcção e paciência, durante a realização da minha tese ela foi como uma mãe, meu agradecimento vai também a todos docentes e a equipe técnica da FAEF, em especial ao Dr Mario Paulo Falcão, ao Dr. Luis Artur, a Dr. Rosta Munjovo, ao Dr. Magaia, dr Elvira, sr^a Candida, ao Tecnico Paulo Timoteo a dr^a Maria mais conhecida por Dona Maria.

Em suma agradeço a todos de modo geral que contribuíram de qualquer forma para o meu progresso estudantil, a todos digo muito obrigado .

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho:

Aos meus Pais que sempre me apoiaram de forma incansavel para o meu sucesso estundatil e sempre acreditaram em mim mesmo quando tudo parecia estar perdido , dedico também aos meus irmãos e minha família em geral.

Em especial ao meu irmao, amigo e companheiro issaca paulo chavele que sempre esta e estive comigo nos momentos dificeis e felizes da minha vida.

RESUMO

O conhecimento da quantificação da densidade de carbono no solo é fundamental para a caracterização e monitoramento de uma dada área em relação à qualidade do solo, e este também serve como indicador-chave na prestação de serviços ambientais. O presente trabalho foi realizado na Província de Gaza no parque nacional de Banhine e teve como objectivo quantificar a densidade de carbono abaixo de solo dos principais tipos de vegetação tropical seca. Para o efeito, foram definidas três classes de uso e cobertura de terra, nomeadamente floresta de mopane, floresta de mecrusse e pradaria arborizada, onde foram estabelecidas 45 parcelas de 25x20 no total e para cada estrato florestal foram estabelecidas 15 parcelas. As amostras do solo foram colhidas no centro de cada parcela nos diferentes estratos florestais concretamente nas subparcelas de 1mx1m foram feitas covas de 1 metro de profundidade nas subparcelas. Foi considerado 5 camadas de perfil do solo, com as respectivas distâncias entre elas 0-0.2m, 0.2-0.4m, 0.4-0.6m, 0.6-0.8m, 0.8-1m. foram colhidas as amostras do solo não perturbado e perturbado em cada camada. As amostras do solo perturbado e não perturbado foram levadas ao laboratório para determinar o carbono no solo, as amostras do solo não perturbado foram levadas para determinar a densidade aparente a partir do método volumétrico cilíndrico conhecido (EMBRAPA, 2017) e as amostras de solo perturbado foram levadas para a determinação do teor do carbono orgânico Total a partir do método de Walkley-Black (EMBRAPA, 2017) e o carbono abaixo do solo foi determinado pela equação de Pearson e Sarah. Tendo sido calculado o carbono no solo foi possível verificar densidade de carbono abaixo do solo para cada tipo florestal e que impacto este tem nos diferentes estratos florestais.

Palavras-chaves: Estratos florestais, Densidade aparente, Teor de carbono orgânico no solo e Estoque de carbono no solo.

ABSTRACT

Knowledge of quantifying soil carbon density is fundamental for characterizing and monitoring a given area in relation to soil quality, and this also serves as a key indicator in the provision of environmental services. The present work was carried out in Gaza Province in the Banhine national park, and aimed to quantify the below-ground carbon density of the main types of dry tropical vegetation. For this purpose, three classes of land use and coverage were defined, namely mopane forest, mecrusse forest and wooded prairie, where 45 plots of 25x20 in total were established and for each forest stratum 15 plots were established. Soil samples were collected in the center of each plot in the different forest strata, specifically in the 1mx1m subplots, 1 meter deep pits were made in the subplots. 5 soil profile layers were considered, with the respective distances between them 0-0.2m, 0.2-0.4m,0.4-0.6m,0.6-0.8m,0.8-1m. samples of undisturbed and disturbed soil were taken in each layer. Samples of disturbed and undisturbed soil were taken to the laboratory to determine carbon in the soil, samples of undisturbed soil were taken to determine apparent density using the volumetric method known cylindrical (EMBRAPA, 2017) and the disturbed soil samples were taken to determine the Total organic carbon content using the Walkley-Black method (EMBRAPA, 2017) and the carbon below ground was determined by equation 1 of Pearson and Sarah 2005 . Having calculated the carbon in the soil, it was possible to verify the carbon density below the ground for each forest type and what impact this has on the different forest strata

Keywords: Forest strata, Bulk density, Soil organic carbon content and Soil carbon stock.

1.INTRODUÇÃO.

Moçambique é um dos poucos países da África Austral que ainda detém uma considerável área de florestas nativas e outras formações lenhosas nativas, compostas principalmente por Mecrusse e Mopane (Magalhães, 2018).

As florestas tropicais têm enormes benefícios para além de contribuírem de forma significativa para o estoques de dióxido de carbono presente na biomassa acima do solo e abaixo do solo e na matéria orgânica do solo (Van der Sand *et al.*, 2018). no entanto elas sofrem degradação devido a pressão exercida pela actividade humana (Gardner, *et al.*, 2010).

O solo representa o maior reservatório terrestre de C sendo aproximadamente três vezes os estoques de C na vegetação e duas vezes o estoque de C na atmosfera (Smith *et al.*, 2020). O sequestro total de carbono do solo inclui os componentes do carbono orgânico do solo e carbono inorgânico (FAO, 2022). Portanto, pequenas mudanças nos estoques de C podem, assim, ter impactos significativos na atmosfera e na mudança do clima. Estimativas recentes mostram que o C do solo representa 25% do potencial das soluções baseadas na natureza (potencial total, 23,8 Pg de CO₂ equivalente por ano), dos quais 40% estão na proteção do C existente do solo e 60% na recarbonização de solos degradados (Bossio *et al.*, 2020).

O conhecimento da quantificação da densidade de carbono no solo é fundamental para a caracterização e monitoramento de uma dada área em relação à qualidade do solo, e este também serve como indicador-chave na prestação de serviços ambientais (Oliveira *et al.*, 2015).

O presente estudo tem como objectivo quantificar a densidade de carbono abaixo do solo nos três tipos de vegetação tropical seca na província de Gaza concretamente no parque nacional de Banhine, visto que não existem pesquisas do género especificando os três tipos de vegetação no país . Ao quantificar a densidade de carbono abaixo do solo poderá se saber de forma clara a quantidade de carbono existente abaixo do solo nos três tipos de vegetação florestal seca e isto poderá contribuir para a determinação do

potencial desses tipos de vegetação em armazenar carbono abaixo do solo esse factor é importante para a implementação de iniciativas REDD+ a nível nacional..

1.1.PROBLEMA DE ESTUDO E JUSTIFICAÇÃO

A Conservação dos estoques de carbono nos solos florestais e outros tipos de vegetação, a preservação das florestas nativas, sistemas agro-florestais e recuperação das áreas degradadas são algumas das ações ou serviços oferecidos pelos ecossistemas florestais que contribuem para a redução do dióxido de carbono na atmosfera (Junior,2004).

O presente estudo, foi realizado no parque nacional de Banhine na província de Gaza porque o parque nacional de Banhine destaca-se pela existência de habitat caracterizado por uma vegetação multi-estratificada onde ocorrem espécies arbóreas e herbáceas, (Manjate,2004).

Existem varias pesquisas do género referente quantificação da densidade de carbono abaixo de solo pesquisas por exemplo como de Siteo, 2012 e Flavia,2018. Porem o problema fundamental que sustenta o presente estudo , surge em parte devido à escassez de estudos que reportam a quantificação da densidade de carbono abaixo do solo a 1metro de profundidade nos três tipos de vegetação seca nesta área de estudo neste caso na província de Gaza concretamente no parque nacional de Banhine , e os estudos que já foram realizados tiveram mais enfoque nas florestas de miombo e com uma profundidade menos de 1metro

1.2.OBJECTIVOS

1.2.1.Objectivo geral

- ✓ Quantificar a densidade de carbono abaixo de solo dos principais tipos de vegetação tropical seca no parque Nacional de Banhine

1.2.2.Objectivos específicos

- ✓ Avaliar a distribuição vertical do carbono orgânico do solo nos diferentes tipos de vegetação
- ✓ Comparar os conteúdos de carbono nos diferentes tipos de vegetação

2.REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1.Carbono

O carbono é considerado elemento fundamental para a vida devido as quatro ligações covalentes que permitem que seja a estrutura essencial de composto como proteínas ,lípidos , carboidratos e outros. O carbono também tem papel importante no ciclo de carbono dos ecossistemas ,durante a fotossíntese o carbono e usado pelas plantas para produção de oxigénio e hidratos de carbono e durante a respiração é libertado para atmosfera (Souza *et al.*,2012).

2.2.Ciclo de carbono

A dinâmica de um ecossistema depende de uma série de factores e ciclos, como os ciclos biogeoquímicos (Barbetta , 2003), Dentro dos ciclos biogeoquímicos, estão o da água, do nitrogénio, do fósforo, do carbono, do oxigénio e do enxofre (Barbetta , 2003). Contudo, neste projecto dá se mais ênfase o ciclo de carbono.(Barbetta , 2003) O Ciclo do Carbono consiste na transferência do carbono na natureza, através das várias reservas naturais existentes, sob a forma de dióxido de carbono(Barbetta, 2003).

Para equilibrar o processo de respiração, o carbono é transformado em dióxido de carbono. Outras formas de produção de dióxido de carbono são através das queimadas e da decomposição de material orgânico no solo (Barbetta, 2003).

Na presença da luz, as plantas retiram o dióxido de carbono, usam o carbono para crescer e retornam o oxigénio para atmosfera. Durante a noite, na respiração, este processo inverte, e a planta libera CO2 excedente do processo de fotossíntese. (Barbetta ,2003) O carbono pode ficar retido na biomassa (tanto na parte aérea, como nas raízes) ou ser liberado para a atmosfera, por exemplo quando este material vegetal for queimado (Barbetta,2003).

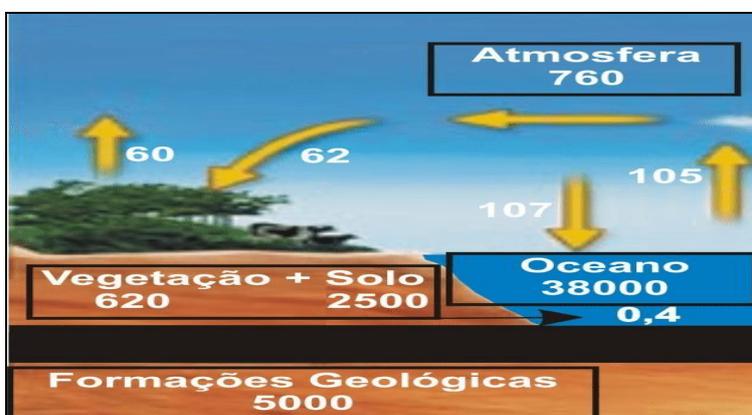


Figura 1 ciclo de carbono **Fonte:** França *et al.*, (2011).

2.2.1. Carbono do solo

Definiu-se carbono do solo como sendo o carbono orgânico presente nos solos minerais e inorgânicos numa profundidade de até 30 cm (FAO 2006). O carbono orgânico do solo é encontrado na biomassa dos microrganismos, no húmus, nos resíduos vegetais e animais em diferentes estágios de decomposição e em materiais inertes como o carvão vegetal e animal e na forma inorgânica em carbonatos, bicarbonatos e dióxido de carbono. (Roberto *et al.*, 2014).

o carbono do solo está presente na forma orgânica e inorgânica. A forma orgânica equivale à maior reserva em interação com a atmosfera. O carbono orgânico presente no solo representa o equilíbrio entre o carbono adicionado ao solo pela vegetação e o perdido para as águas profundas e finalmente para os oceanos por lixiviação como carbono orgânico dissolvido ou para a atmosfera por via da actividade microbiana como dióxido de carbono em solos areados ou metano em solos saturados com água. (Machado, 2005).

As plantas, através da fotossíntese, capturam o CO₂ da atmosfera e acumulam grandes quantidades no solo. O carbono é importante no solo, pois melhora a estrutura física do solo pela melhor agregação, maior porosidade, melhor infiltração e armazenamento de água. Nestas condições, as plantas produzem sistemas radiculares abundantes, com raízes profundas, podendo buscar nutrientes e água nas camadas mais profundas do solo. Em contrapartida, o desmatamento, a queima de combustíveis fósseis, revolvimento do solo, aração e gradagem contínuas proporcionam a emissão de CO₂ para a atmosfera (Meersmans, 2009).

A concentração do carbono orgânico é inversamente proporcional à densidade do solo, isso acontece porque o próprio acúmulo de matéria orgânica do solo diminui a densidade do solo. Deste modo, devido às quantidades de carbono que o solo armazena, é um dos condicionantes de processos poluentes do ar, tendo em conta que a variação no estoque de carbono, regula os teores do referido elemento emitido para a atmosfera (Silva *et al.*, 2007).

A quantidade de carbono orgânico armazenado no solo resulta do equilíbrio entre entradas e saídas de carbono, condicionadas pelo processo de decomposição da

biomassa pela actividade microbiana e mineralização, onde parte deste carbono volta à atmosfera (Roberto *et al.* , 2014). E ainda, outra parte do carbono orgânico é levada pelos rios até chegar aos oceanos, onde se deposita sob forma de Carbonatos. Não obstante a decomposição de resíduos orgânicos é influenciada pelos elementos do clima como a temperatura e a precipitação (Acenolaza *et al.*, 2014).

Estima-se que a quantidade de carbono estocada no solo, até 1m de profundidade, é de aproximadamente 1576 Pg de C (Eswaran *et al.*,1993). O estoque de carbono nos primeiros 30 cm de profundidade, é de aproximadamente 800Pg de C. Neste contexto o solo aparece como uma alternativa para o sequestro de carbono presente na atmosfera tornando-se alternativa para mitigar o aumento das concentrações de gases de efeito estufa contribuindo assim para a redução do aquecimento global e das mudanças climáticas (Cerri *et al.*, 2006).

Segundo (Carvalho, 2010), a variabilidade espacial altera os estoques de carbono dentro de uma mesma floresta. O que significa que diferentes relevos e características da vegetação também podem influenciar no estoque de carbono do solo, por exemplo, em regiões baixas ocorre maior deposição de matéria orgânica no período chuvoso do ano.

Para além de desempenhar um papel primordial no ciclo hidrológico, no ciclo de carbono e dos nutrientes, o solo contém uma grande parte da biodiversidade terrestre e é a base de sustentação das espécies vegetais e florestais (Bauhus *et al.*, 2002). É também reconhecido por vários autores como tendo potencial para ser o maior reservatório de carbono terrestre (Madeira *et al.*, 2004) , assumindo deste modo um papel de destaque no ciclo global do carbono, tornando-se importante a sua estimacão.

As propriedades físicas do solo são importantes na perspectiva de sequestro e estocagem de carbono, podendo ser significativas para a realidade climática global. Muitas variáveis podem controlar os estoques de carbono no solo. A uma escala regional, as variáveis climáticas, como a temperatura e precipitação, exercem grande importância e localmente, as propriedades do solo, como a densidade, fertilidades natural e o tipo de manejo do solo (Smith *et al.*, 2008).

Além da textura, a drenagem do solo têm efeito significativo sobre o teor do carbono orgânico no perfil do solo, sendo a interação dessas duas propriedades significativa em todas as profundidades (Meersmans, 2009). Em contrapartida a erosão, decomposição

(aeróbica e anaeróbica), volatilização e lixiviação são os principais processos responsáveis pelas perdas de carbono para a atmosfera (Lal *et al.*, 2007).

O carbono orgânico do solo define-se pelas relações existentes entre a vegetação, manejo, clima e drenagem, além das propriedades intrínsecas do próprio solo, tais como a mineralogia e a textura (Resck *et al.*, 2008). A relação dos estoques de carbono com a textura do solo é apresentada por (Lal *et al.*, 2007), que afirmaram que solos mais arenosos tendem a apresentar maior perda de carbono. Esse factor é explicado pela maior lixiviação, menor agregação das partículas do solo e baixa actividade das argilas. Verificaram também que existe uma relação directa entre o aumento do índice de agregação e o aumento do carbono do solo até a profundidade de 20 cm (Corado Neto *et al.*, 2015).

A altitude, défice hídrico e teores de argila e alumínio são características responsáveis pelas maiores variações dos estoques de carbono até 1m. Existe correlação positiva entre o teor de C no solo e a altitude. A correlação aponta a influência do regime hidrológico sobre a dinâmica do CO e sua migração para áreas rebaixadas no terreno (Manfrinato *et al.*, 2002).

A argila possui uma das propriedades físicas determinantes para a estabilização da matéria orgânica do solo e que os estoques de carbono do solo possuem correlação directa com ela. (Aduan, *et al.*, 2003) Outros autores, também observaram a influência da textura na estabilidade física da matéria orgânica, em que os estoques carbono do solo sobre a vegetação nativa em solos de textura muito argilosa foi superior aos dos solos de textura média (Bayer *et al.*, 2006).

Nos ecossistemas florestais a devolução de nutrientes e carbono orgânico para o solo é feita principalmente pela queda da serapilheira. Por isso, a fertilidade, o estoque de carbono e da matéria orgânica do solo em ambientes naturais depende da deposição da serapilheira, pois a cobertura vegetal e os atributos físicos, químicos e biológicos do solo, estão directamente relacionados com a manutenção da fertilidade do mesmo e a produtividade vegetal. Nesse contexto, a avaliação do estoque carbono do orgânico do solo em ambientes naturais é muito importante devido à sua sensibilidade às alterações na qualidade do solo (Carneiro *et al.*, 2009).

O solo é um reservatório de carbono que sofre mudanças significativas após a conversão de florestas tropicais em outros tipos de uso de terra, como pastagens por exemplo, mas

pouco se sabe sobre sua resposta à perturbações em florestas em pé (Cerri *et al.*, 2003). A concentração do carbono orgânico é extremamente variável em solos de acordo com as condições climáticas, sendo baixa em solos de regiões áridas, alto em zonas temperadas e extremamente alto em solos de origem orgânica em zonas tropicais (Lal, 2004).

Resultados do estudo feito por (Berenguer *et al.*, 2014), mostraram que os primeiros 30 cm do solo em florestas primárias perturbadas contém uma quantidade comparável de carbono como a de áreas de floresta não perturbadas, sugerindo que este reservatório é resistente a impactos de corte selectivo e incêndio do sub-bosque e ainda não estava claro se os distúrbios causados pelo homem afectam os solos mais profundos.

2.2.3. Sequestro do carbono no solo

O ciclo de carbono é afectado pela desertificação e degradação dos solos. As mudanças de uso de cobertura dos solos afecta a cobertura dos solos e posteriormente a perda de carbono e por fim a qualidade do solo.(FAO, 2004) A produção das plantas, degradação do solo e sequestro de carbono são processos profundamente ligados. Ao reduzir a qualidade de solo logo reduz a diminuição do carbono solo e consequentemente um aumento na emissão de dióxido de carbono para a atmosfera. a diminuição da qualidade de solo faz com haja perda na capacidade de retenção da água e por fim afecta a produtividade das plantas(FAO,2004).

É importante compreender a importância destas actividades pois qualquer actividade desenvolvida para o sequestro de carbono na biomassa e nos solos aumentara a matéria orgânica nos solos oque proporciona um impacto positivo no meio ambiente, na actividade agrícola e na biodiversidade dos ecossistemas. (Efigenio, 2007) Consequentemente um aumento do sequestro de carbono do solo poderá melhorar a fertilidade dos solos e prevenir a degradação da terra no processo da desertificação (Efigénio, 2007)

2.3.Métodos de quantificação do carbono do solo

Existem varios metodos para determinar o teor de carbono no solo. Metodo da combustão a seco e considerado padrão , devido a sua alta precisão e exactidão nos resultados. Contudo o carbono orgânico tambem pode ser obtido da seguinte maneira:pela analise de carbono total do solo e do carbono inorgânico e posteriormente subtrairse essa fracção da total ; pela determinação do carbono total apos a remoção do carbono inorgânico ;oxidação de CO por dicromato e subsequente determinação do dicromato não reduzido pela oxirredução com Fe²⁺, ou por metodos calorimetros.(Nelson, 1996)

2.3.1.Determinação da densidade aparente do solo

Método do cilindro volumétrico

Tem como principio a obtenção de massa por pesagem e do volume pela colecta de amostras de solo não perturbadas por meio de um cilindro volumétrico interno conhecido (EMBRAPA, 2017).

Primeiramente faz se a colecta de amostras de solo com uso de cilindro metálico de 100cm³ a amostragem foi feita de forma cuidadosa para evitar a compactação do solo no interior do cilindro por meio da escavação do solo ao redor do cilindro na medida em que o cilindro foi inserido no solo. Em seguida mede-se e anota-se em triplicata as dimensões do cilindro em que contem as amostras usando um paquímetro e com esses dados e possível calcular o volume do cilindro. Logo remove-se a amostra do cilindro e transfere-se para o recipiente numerado e de massa conhecida

As amostras são colocadas na estufa a 105°C por 48 horas, são retiradas da estufa e esfriadas no dessecador e são pesadas numa balança com capacidade para 200g e com precisão de 0.01g. Com esses todos dados e possível o cálculo de densidade aparente do solo através da seguinte fórmula

$$DS = \frac{ma}{v}$$

Onde

D_s é a densidade do solo

m é a massa de amostra de solo seco a 105°C até peso constante em g

V é volume do cilindro em cm^3

2.3.2.Determinação do teor de carbono orgânico

O teor de carbono é determinado através do método da oxidação húmida, em que a matéria orgânica do solo é oxidada com uma mistura de dicromato de potássio. O calor desprendido do ácido sulfúrico concentrado é de uma fonte externa (como o aquecimento em placa aquecedora ou bloco digestor) é usado como fonte de energia para catalisar a reação de oxidação. (EMBRAPA, 2017)

Durante a oxidação da matéria orgânica, assume-se que o dicromato reduzido na reação equivale ao carbono orgânico da amostra. Como se trata de uma reação de oxirredução, a estequiometria contabiliza o número de elétrons transferidos, a valência média da matéria orgânica do solo é próxima a zero e, ao final da reação, todo o carbono oxidável será transformado em CO_2 (valência +4). A determinação do carbono orgânico ocorre indiretamente em função da reação do carbono presente nos compostos orgânicos com o dicromato de potássio. O cálculo do teor de carbono orgânico é efetuado pelo volume de dicromato de potássio utilizado na oxidação da matéria orgânica, o qual é obtido pela diferença entre o volume de uma prova em branco e da amostra pela titulação com a solução de sulfato ferroso amoniacal (EMBRAPA, 2017).

Reagentes e soluções

É necessário ter a Solução de dicromato de potássio ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) $0,0667 \text{ mol L}^{-1}$ e depois é Dissolvido 39,22 g de $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ previamente seco em estufa a 105°C por 1 hora em aproximadamente 300 mL de água destilada em balão volumétrico de 2 L. Preparou-se uma solução de 1 L de ácido sulfúrico concentrado (96%) e 600 mL de água destilada (realiza-se a mistura com balão sob água corrente, agita-se lentamente e não tampa-se completamente o balão). Junta-se a mistura fria à solução com dicromato, agitou-se bem para dissolver todo o sal em balão, deixou-se esfriar e completar o volume do balão a 2 L com água destilada. Como essa solução aqueceu-se balão, colocou-se sob água corrente para resfriamento. Evita-se o fechamento completo do

balão durante todos os procedimentos que envolviam o ácido sulfúrico para evitar o risco de explosão. Quando observa-se cristais no fundo do balão após o resfriamento completo da solução, procede-se com a solubilização com o auxílio de placa agitadora e ímã (EMBRAPA, 2017).

O carbono no solo, pode ser estimado através do somatório do carbono armazenado em cada profundidade (horizonte). Para o efeito é necessário medir a densidade aparente do solo a cada nível de profundidade a que são colhidas as amostras (EMBRAPA et al., 2017). O teor de carbono pode ser determinado pela análise química de carbono orgânico nos tecidos vegetais pelo método de Walkley-Black (método de oxidação húmida) e o mais utilizado em laboratórios devido ao facto de não exigir equipamentos sofisticados (Sato 2013). Tendo a densidade aparente e o teor de carbono pode-se usar a seguinte relação:

$$C_s = (D_s * E * C) * 100 \quad \text{(Equação 1)}$$

Onde: C_s é o estoque de carbono do solo (ton/ha), D_s é a densidade aparente do solo da camada analisada (g/cm^3), E é a profundidade da camada do solo (cm) e C é o teor de carbono total (% expressa como fracção decimal sem unidades) e 100 é o factor de conversão de g/m^3 para ton/ha.

Geralmente as concentrações do carbono orgânico do solo são altas na camada superior e decrescem exponencialmente a medida que aumenta a profundidade. Recomenda-se que a medição do estoque de carbono do solo seja feita à profundidade de pelo menos 30 cm, dividindo-a em horizontes, (0-10, 10-20 e 20-30), considerando que é a esta profundidade onde provavelmente possam ocorrer variações perceptíveis no depósito de carbono (Pearson *et al.*, 2005).

Estudo realizado por (Sallan *et al.*, 2018), mostrou que a dinâmica do carbono orgânico do solo nos horizontes do subsolo depende do tipo de solo e que as diferenças entre os tipos de solo não podem ser clarificadas quando a amostragem é limitada a uma profundidade de 30 cm. Este autor sugere que as directrizes do IPCC para as medições do carbono orgânico do solo devem incluir amostragens em horizontes do subsolo, para se poder obter informações do carbono entre os diferentes tipos de solos.

2.3.3.Factores que afectam o estoque de carbono no solo

O desmatamento é um dos factores que afecta o estoque de carbono no solo pois este reduz a deposição da matéria orgânica no solo devido ao aumento da decomposição e da erosão causada pelos distúrbios dos solos (Lagariene *et al.*, 2010). As mudanças de uso do solo podem alterar a taxa de decomposição da matéria orgânica, a estrutura e estabilidade do solo a erosão, factores estes que exercem influência na formação e manutenção de estoques de carbono no solo (Davison *et al.*, 2006).

A conversão das áreas florestais em áreas Agrosilvipastoril pode reduzir de forma significativa a capacidade do solo armazenar carbono (Mclauchlan, 2006).

Entretanto a capacidade de armazenamento do carbono no solo dos diferentes tipos de uso de cobertura permanece incerta (Mcsherry *et al.*, 2013), alguns estudos mostram que as florestas nativas quando são convertidas em pastagens ou em plantações há perda de estoque de carbono no solo (Carmo, *et al.*, 2012). Enquanto em alguns estudos mostram que ocorre um aumento ou mesmo não ocorre nenhuma diferença no armazenamento do estoque de carbono no solo quando há conversão dos diferentes tipos de uso de cobertura (Fialho *et al.*, 2014). O estoque de carbono no solo pode variar com factores abióticos tais como a topografia, em terrenos com declividade muito acentuada pode haver um aumento da matéria orgânica e ainda haver perda dessa matéria orgânica devido a erosão, muitos fragmentos e regenerações florestais são ocorrem em áreas com alta declividade (Teixeira *et al.*, 2009). Estes por vez não usados pois são pouco úteis para actividade agrícola (Asner *et al.*, 2009). As dificuldades de acesso nas áreas com alto declive fazem com que muitos fragmentos e regenerações florestais sim percam e assim ocorre a perda da matéria orgânica

2.3.3.1. Carbono nos componentes dos ecossistemas florestais

De acordo com (IPCC 2003), existem três grupos de reservatório de carbono potencialmente elegíveis para o REDD, nomeadamente, carbono da biomassa viva, carbono da matéria morta e carbono orgânico do solo, que pode ser observado na Tabela 1. O carbono da biomassa viva engloba o carbono da biomassa aérea das árvores e das plantas que não sejam árvores (gramíneas, herbáceas, lianas, etc) e biomassa subterrânea (das raízes). O carbono da matéria morta engloba os detritos orgânicos de plantas e animais (serapilheira) e madeira morta que pode estar em pé ou caída no chão.

Tabela 1 O Carbono nos componentes de ecossistemas florestais

Tipo de depósito		Descrição
Biomassa viva	Biomassa acima do solo	Toda biomassa viva que se encontra acima do solo, incluindo troncos, tocos vivos, ramos, casca, sementes e folhas. Biomassa
	Biomassa subterrânea	Toda a biomassa de raízes viva. Excluem-se as raízes finas com menos de 2 mm de diâmetro porque distinguem-se com dificuldades da matéria orgânica do solo. Biomassa
Biomassa morta	Madeira morta	Toda biomassa florestal não viva que não faz parte da serapilheira ou seja aquilo que está caído no solo: troncos caídos, árvores mortas em pé, tocos maiores que 10 cm de diâmetro.
	Serapilheira	Toda biomassa morta acima do solo (folhas, ramos, caules e cascas de frutos) em diferentes estágios de decomposição.
Solo	Matéria orgânica do solo	Compreende o carbono orgânico nos solos minerais e orgânicos a uma profundidade específica.

Fonte: (IPCC, 2003)

2.3.3.1.Descrição dos tipos de vegetação seca existentes no parque nacional de Banhine

2.3.3.2.Floresta de Mopane

A floresta de mopane é o segundo tipo de vegetação mais extenso depois do miombo, (Bila , 2012) .Este tipo de floresta se desenvolve em regiões quentes e secas, de baixa altitude (200 a 600 m) e ocorre em solos argilosos, mas pode crescer em solos aluviais entre outro (Bila & Mabjaia, 2012). Este tipo de vegetação é constituída predominantemente por estratos arbóreos e arbustivos sendo os principais tipos de vegetação secas, árvores decíduas e as savanas secundárias de média e baixa altitude, podendo ser encontrada a maior parte de mopane na província de Gaza (Ribeiro & Nhabanga, 2009).

O mopane é caracterizado pela dominância da espécie *Colophospermum mopane*, embora seja tipicamente composto por manchas puras, pode também associar-se as espécies arbóreas e arbustivas como *Kirkia acuminata*, *Dalbergia melanoxylon*, *Adansonia digitata*, *Combretum apiculatum*, *C. imberbe*, *Acacia nigrescens*, *Cissus cornifolia*, *Commiphora spp.*, *Acacia spp.*, *Albizia spp.*, *Diospyros mespiliformes*, *Ficus sycomorus*, *Kigelia africana*, *Lonchocarpus capassa*, *Trichilia emetica*, *Xanthocercis zambesiaca*, *Xeroderris stuhlmannii*, *Dichrostachys cinerea*, *Peltophorum africanum*, *Piliostigma thonningii*, *Sclerocarya birrea*, e *Terminalia sericea* .(Marzoli 2007)

2.3.3.3.Pradaria

Pradaria é um tipo de cobertura vegetal que se estabelece em planícies dominada por gramíneas e arbustos ou bosques (pradaria arbórea) e matagal (semi-sempre verde e semi decíduo) com menos de 30% de cobertura de árvores. Estas formações ocupam as regiões com pluviosidade anual inferior a 1200 mm. (Marzoli, 2007). Nestas formações predominam as acácias; *Acacia nigrescens*, *Acacia xanthophloea*, *A. nilotica*, *A. goetzei*, que, em alguns casos, são associadas a outras espécies xerófilas como *Commiphora spp.* (Marzoli , 2007).

2.3.3.4.Floresta de mecrusse

Floresta de mecrusse é um tipo de vegetação que ocorre em Moçambique de forma gregária, onde a principal espécie presente no seu dossel é *Androstachys johnsonii*, pertencente à família *Euphorbiaceae*, (Bila et al ., 2018).Essa vegetação se caracteriza pela baixa diversidade biológica e pela uniformidade em termos de indivíduos, tanto em diâmetro como em altura e em Moçambique é encontrada nas províncias de Gaza, Inhambane e pequenas manchas na província de Nampula (Bila *et al.*, 2018).

3.METODOLOGIA

3.1 Descrição da área de estudo

O Parque Nacional de Banhine localiza se na região seca oriental da província de Gaza nos distritos de Mabalane ,Chigubo e Chicualacuala entre os paralelos 22º e 30', 23º e 20'sul e 32º e 20'e 33º e 30'este. O parque nacional de Banhine tem aproximadamente 700.000 há e faz parte da ACTF do grande Limpopo juntamente com os parques PNK,PNG,PNZ(MITUR, 2003). A figura 2 ilustra a localização do parque nacional de Banhine.

Área de Estudo - Parque Nacional de Banhine

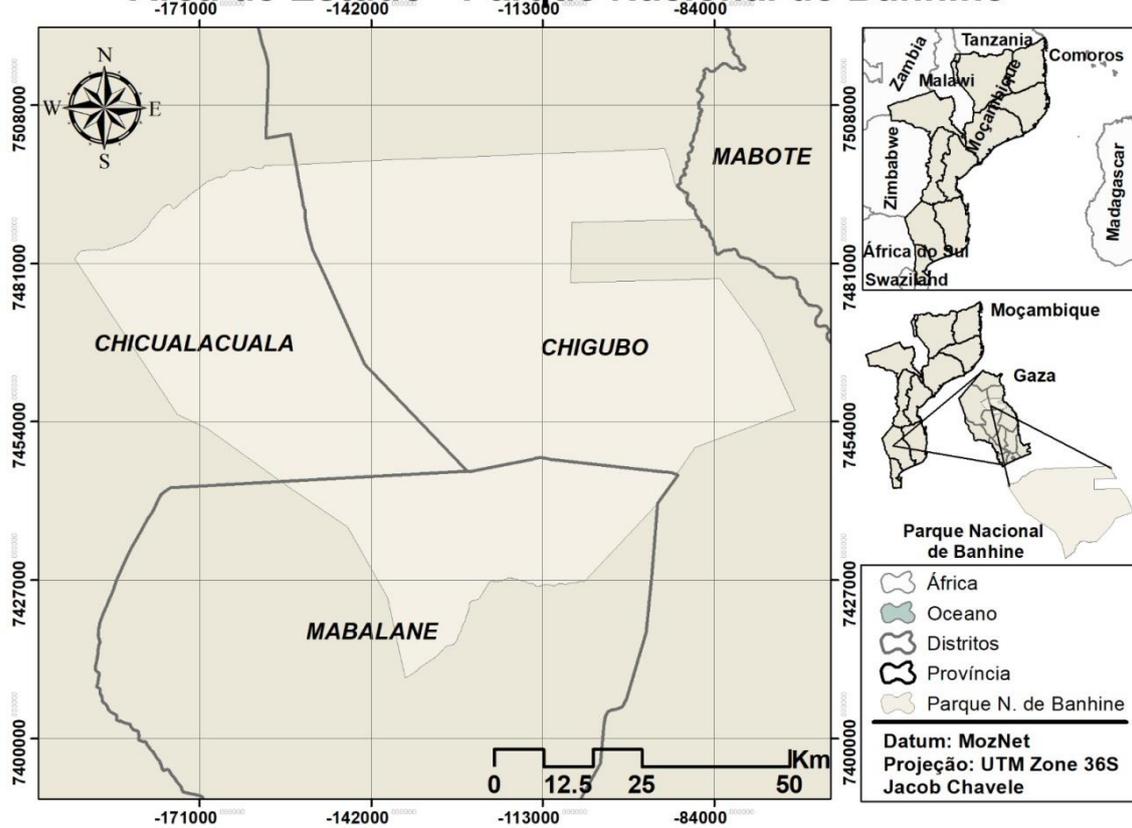


Figura 2 Mapa de localização do parque Nacional de Banhine

3.1.2.Clima e hidrografia

De acordo com os distritos em que o parque é dividido, Chigubo será usada como referência para descrever as condições ecológicas e climáticas do parque nacional de Banhine (MAE,2005).

O distrito de Chigubo é situado a norte de província de Gaza esta localizado entre os paralelos 33° 30' de longitude este e de 23° 30' de latitude sul (MAE,2005).

O clima do Distrito é árido com uma precipitação média anual inferior a 500mm e uma evapotranspiração superior a 1500mm (MAE,2005).

A maior parte da região apresenta temperaturas média anuais superiores a 24°C, a temperatura agrava consideravelmente as condições de fraca precipitação provocando deficiências de águas superiores a 800mm anuais. Tais condições são agravadas pela grande irregularidade da quantidade da precipitação ao longo da estação chuvosa e por conseguinte a ocorrência de frequentes períodos secos durante o período de crescimento das culturas a humidade relativa media anual é cerca de 60-65%.(MAE, 2005).

3.1.3.Relevo e solos

A maior parte desta região tem altitudes inferiores a 200m e os solos são delgados com zonas arenosas característicos de cobertura de depósitos de Mananga ,de realçar que são solos aluvionares que ocorrem ao longo da planície do rio Changane , embora com limitações decorrentes da presença de sais em excesso (MAE,2005).

3.1.3.1.Infra-estruturas e serviços

As estradas são insuficientes e necessitam de reparação. O distrito possui três estradas classificadas e algumas ramificações para as localidades mantidas através dos programas comunitários. O distrito conta com apenas o transporte rodoviário

E em termos de telecomunicações com ligações via rádio. (MAE,2005)

O acesso a energia eléctrica e praticamente inexistente e água e ainda uma necessidade não satisfeita no distrito havendo comunidades de 5 a 10km para ter acesso a agua

O distrito possui 26 escolas e tem 5 unidades sanitárias que possibilitam o acesso progressivo da população aos serviços de sistema Nacional de saúde (MAE 2005).

3.1.3.2. Vegetação

É composto por mopane a vegetação é multiestratificada onde ocorrem espécies lenhosas e gramíneas , no estrato arbóreo destacam espécies como *Androstachy jonhsonii*, *Guibourtia conjugata* , *Xerodissis stuhlmanni*, *Manilka mochisia* , *Xanthocercis zambeziaca*, *Salvadora percica* , *Grewia sulcata* , *Mimusopis obtusifolia* , *Spirostachys africana* , *Acacia robusta* , *Acacia nilótica* , *Acacia xanthophloeia* *Combretum imberbe* , *Garcinia livigstonei* , *Ziziphus mucronata*, *Colophospermum mopane*, *Combretum apiculatum* , *Sclerocarya birrea* *Dichrostachys cinérea* , *Dalbergia melanoxylone* , *Croton pseudopulchellus* , *Drypetes mossambicensis* *Terminália sericea* , *Strichnos madagascariensis* , *Boscia albitrunca* . As espécies herbáceas são *panicum maximum* , *heteropogon contortu*, *eragrotiss pallens* , *Tricholaena monachne* , *Cynodon dactylon* , *Setaria incrassata* (MITUR, 2003)

A savana apresenta uma estrutura que garante a proteção contra e os predadores e grande diversidade em termos de alimentos para herbívoros (MITUR, 2003).

A pradaria é uma forma homogénea do que a savana em termos de estrutura assim como a composição da vegetação, distingue-se pradaria baixa com 0.25m de altura que ocorre em zonas com fonte de água superficial das outras com altura de 0.25m a 1.5m . (MITUR, 2003).

3.2. Método

3.2.1 Desenho amostral

O desenho de amostragem teve em conta os tipos florestais, portanto foi usado como desenho amostral a amostragem aleatória estratificada, a estratificação foi a tipológica em que os tipos florestais considerados como estratos foram, Mopane, Mecrusse e Pradaria Arborizada como apresenta a figura 3, adoptou-se a alocação óptima das unidades amostrais aos estratos, em cada estrato usou-se a amostragem aleatória simples

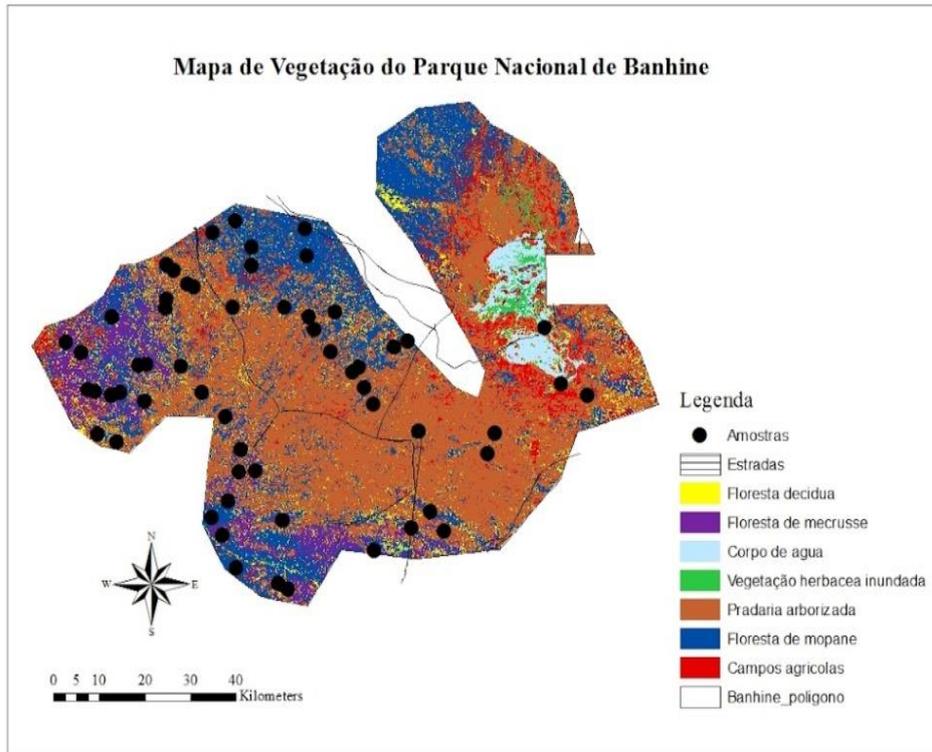


Figura 3 Mapa de vegetacao do Parque Nacional do banhine

3.2.2. Localização dos pontos de amostragem

No parque nacional de Banhine Foram estabelecidas 45 parcelas de 25x20 (figura 4) no total e para cada estrato florestal foram estabelecidas 15 parcelas usou se o GPS para fazer a localização dos pontos amostrais na área de estudo como esta ilustrada na figura 4 .

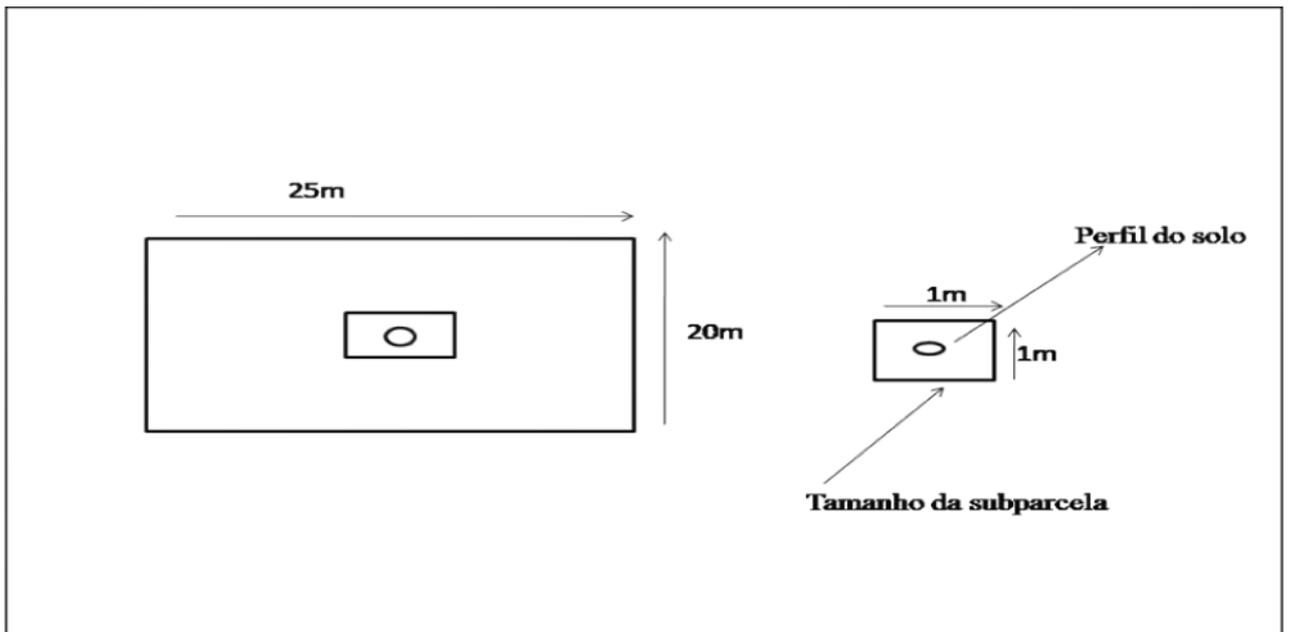


Figure 4 Tamanho das Parcelas

3.2.3.Recolha de dados

As amostras do solo foram colhidas nas subparcelas de cada tipo florestal com tamanho de 1mx1m, com ajuda de enxada e pá foram feitas covas de 1m de profundidade nas subparcelas. As camadas no perfil do solo foram no total 5camadas com as respectivas distâncias entre elas 0-0.2m, 0.2-0.4m,0.4-0.6m,0.6-0.8m,0.8-1m.

Para retirar as amostras do solo não perturbado em cada camada usou-se o anel cilíndrico de densidade e uma sonda. e para colher as amostras do solo perturbado usou-se espátula , tanto as amostras do solo não perturbado bem como as amostras de solo perturbado foram colocadas no plástico com a devida codificação como esta descrito na tabela 2.

Tabela 2 codificação de cada tipo florestal

Codificação	Significado
MO1N1	Solo não perturbado na primeira camada e na primeira parcela da floresta de mopane
ME1N1	Solo não perturbado na primeira camada e na primeira parcela da floresta de mecrusse
PA1N1	Solo não perturbado na primeira camada e na primeira parcela da pradaria arborizada
MO1P1	Solo perturbado na primeira camada e na primeira parcela da floresta de mopane
ME1P1	Solo perturbado na primeira camada e na primeira parcela da floresta de mecrusse
PA1P1	Solo perturbado na primeira camada e na primeira parcela da pradaria arborizada

As amostras do solo perturbado e não perturbado foram levadas ao laboratório de solos da faculdade de agronomia e engenharia florestal (FAEF) na UEM para determinar o carbono no solo

3.2.4. Trabalho de laboratório

Após a recolha das amostras de solo no campo, todas amostras de solo perturbado (225 amostras), foram levadas ao laboratório de solos da FAEF na UEM para a determinação do teor de carbono orgânico (CO), baseando-se no método de oxidação húmida e combustão seca de Walkley-Black e outras 225 amostras de solo não perturbado usados para determinação da densidade aparente do solo pelo método de cilindro de volume conhecido (100cm³) segundo Tan (2005) .

Para determinar o carbono no solo primeiro foi necessário determinar a densidade aparente do solo e o teor de carbono orgânico Total no solo, a densidade aparente do solo foi determinado no laboratório a partir de amostras de solo não perturbado pelo método do cilindro volumétrico (EMBRAPA , 2017) e o teor de carbono orgânico Total no solo foi determinado no laboratório partir de amostras de solo perturbado pelo método de Walkley-Black. (EMBRAPA , 2017)

3.3. Determinação da densidade de carbono abaixo do solo ou estoque de carbono abaixo do solo

O carbono abaixo do solo por parcela foi determinado através da seguinte equação :

Equação 1 (Pearson e Sarah 2005).

$$Cs = (Ds * E * C) * 100 \quad \text{(Equação 1)}$$

Onde:

Cs - Estoque de carbono do solo por parcela (ton/ha)

Ds - Densidade do solo a granel (g/cm³)

E - Profundidade do solo (cm)

C - Teor de carbono do solo determinado no laboratório (% expressa como fracção decimal sem unidades)

100 - Factor de conversão de g/cm² para ton/h

4.ANALISE ESTATÍSTICA

Todas as análises estatísticas foram feitas usando o pacote estatístico R versão 3.3.2 (R Core Development Team, 2016). Antes os dados foram analisados quanto à normalidade através do teste Shapiro-wilk a 5% de nível de significância, para aferir se os dados seguiam uma distribuição normal. Depois de verificar a normalidade dos dados, fez-se a ANOVA, para comparar os conteúdos de carbono orgânico do solo nos diferentes tipos de vegetação e verificar se existiam diferenças da densidade de carbono no solo nos diferentes tipos de vegetação satisfazendo deste modo o segundo objectivo.

5.RESULTADOS ESPERADOS

De acordo com estudos de vários autores citados neste relatório espera-se que:

- ✓ A concentração de carbono nas amostras de solo de mopane na primeira camada em relação a amostras de solo de mecrusse seja maior
- ✓ A concentração de carbono nas amostras de solo de pradaria arborizada na primeira camada em relação a amostras de solo de mecrusse seja maior
- ✓ A concentração de carbono nas amostras de solo de mopane na primeira camada seja maior em relação as amostras de solo da pradaria arborizada

6.CONCLUSÃO

Com base nos dados colectados no campo e a metodologia e ainda de acordo com os objectivos do estudo foi possível determinar os seguintes parâmetros

- ✓ O teor de carbono orgânico dos diferentes tipos de vegetação tropical seca do parque nacional de Banhine
- ✓ A densidade de carbono abaixo do solo dos diferentes tipos de vegetação tropical seca do parque nacional de Banhine.
- ✓ com estes parâmetros determinados foi possível avaliar a distribuição vertical de carbono orgânico nos diferentes tipos de vegetação seca e também foi possível comparar os conteúdos de carbono nos diferentes tipos de vegetação seca.

7. RECOMENDAÇÕES

- ✓ O presente estudo, revela o potencial que os ecossistemas florestais da Província de Gaza no parque nacional de Banhine têm de estocar carbono nas suas componentes, sobretudo o solo. De referir que se trata apenas de estimativas que podem ser melhoradas, podendo ser feitas futuras repetições de levantamentos, quantificações e análises estatísticas que possam contribuir para a aferição de melhores resultados.

Devem ser realizados mais estimativas de estoque de carbono tendo em conta os regimes de uso e níveis de cobertura, para servirem de indicadores da qualidade ambiental e também como instrumento para tomada de decisões que visem atitudes conservacionistas da floresta e sua biodiversidade.

8.REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Acenolaza, P., and L.P. e Lancho, J.F.G. Zamboni. "Estimación de carbono en três bosques de la llanura aluvial del bajo Paraná (Argentina). la captura de carbono en ecossistemas terrestres Iberoamericanos." 39-51. Red pobaica,(2007)
- Andriamananjara, A, et al. "Land cover impacts on aboveground and soil carbon stocks inMalagasy rainforest. Agriculture, Land cover impacts on aboveground and soil carbonstocks in Malagasy rainforest. Agriculture, Ecosystems and Environment journal, vol 233." 1-15. (2016)
- Aduan, RE, M Vilela, e CA Klink. "Ciclagem de carbono em ecossistemas terrestres: O caso do Cerrado brasileiro. Embrapa Cerrados." 21-25.(2003)
- Asner ,g.p. et al .A "contemporary assessment of change in humid tropical forests Conservation Biology.", v 23, n 6. P.1386-1395,(2009)
- Barbetta, P. A. . ."Estatística aplicada às ciências sociais. ." 5ª ed., UFSC, Florianópolis, 454 p, (2003.)
- Berenguer E, Ferreira J, Gardner TA, Araga LEOC, Camargo PB, Cerri CE, Durigan M, Oliveira RC, Guimara IC, Viera E eBarlow J,. "A large-scale field assessment of carbon stocks in human-modified forests." (Global ChangeBiology) 20p (2014)
- Bauhus, J., P.K. Khanna, P. Hopmans, and C. Weston. "Is soil carbon a useful indicator of sustainable forest soil management?- a case study from native eucalypt forests of South eastern Australia. Forest Ecologyand Management." 59-74. (2002)
- Bayer, C, L Martin-Neto, J Mielniczuk, A Pavinato, and J Dieckow. "Carbon sequestration in two Brazilian Cerrado soil under no-till. Soil and Tillage research." : 237-245. Berenguer (2006)
- Bila, Jacob Miguel and Nazaré Mabajia. . "Crescimento e Fitossociologia de Uma Floresta Com *Colophospermum Mopane*, Em Mabalane, Província de Gaza, Moçambique." Pesquisa Florestal Brasileira, (2012)

- Bila, Jacob Miguel, Carlos Roberto Sanquetta, Ana Paula, Dalla Corte, Lucas José, and Mazzei De Freitas. "Distribuição Diamétrica e Principais Espécies Arbóreas Presentes Nos Ecossistemas de Miombo ,Mopane e Mecrusse Em Moçambique." (2018)
- Bossio, DA; Cook-Patton, SC; Ellis, PW; Fargione, J; Sanderman, J; Smith, P; Wood, S; Zomer, RJ; vonUnger, M; Emmer, IM; Griscom, BW "The role of soil carbon in natural climate solutions (on-line). Nature Sustainability. 3:391-398"2020. "
- Carneiro, M.A.C., E.D. Souza, E.F. Reis, H.S. Pereira, and W.R. Azevedo. "Atributos físicos, químicos e biológicos do solo de Cerrado sob diferentes sistemas de uso e manejo." 147-157 .(2009)
- Carvalho, JLN. "Potencial de sequestro de carbono em diferentes biomas do Brasil." 277-289. Revista Brasileira de Ciências do Solo., (2010)
- Cerri, CEP, K Coleman, DS Jenkinson, M Bernoux, R Victoria, and CC Cerri. "Modeling soil carbon from forest and pasture ecosystems of Amazon." 1879-1887. 2003
- Corado Neto, FC, FMT Sampaio, ME Veloso, CSR Matias, FR Andrade, and MGR. Lobato. "Variabilidade espacial dos agregados e carbono orgânico total em NeossoloLítico Eutrófico no município de Gilbués." 2015: 78-83.
- Davison e, ; janssens, i. "Temperature sensitivity of soil carbon decomposition and feedbacks to climate change. " Nature,v 440,n.7081,p 165-173,mar 9 (2006)
- Carmo,J et al , " conservation of coastal atlantic forest to pasture : consequences for the nitrogen cycle and soil greenhouse gas emissions. Agriculture Ecosystem & Environment, " v 148 ,p 37-43, Feb (2012)
- Efigénio, F. J. DO Ó. " Efeito de coberturas de solo em olival. Universidade do Algarve -Instituto Politécnico de Beja. Beja. Portugal. " 44p (2007).
- Eswaran, H., E. Van Den Berg, e P.F. Reich. " Organic carbon in soils of the world. Vol. 57, 192194. Soil Science Society of America journal., " (1993)
- EMBRAPA. "Manual de métodos de análise de solos. centro Nacional de Pesquisa de Solos. RJ. Brasil." (2017)

FAO . "Carbon Sequestration in Dryland Soils. World Soil Resources Reports", 102º Volume, Rome. 108p. (2004).

FAO. "Global Forest resources assesment 2005: Progress towards sustainable forest management." 320. Roma, (2006)

FAO. 2022. Global Soil Organic Carbon Sequestration Potential Map – GSOCseq v.1.1. Technical report. Rome. <https://doi.org/10.4060/cb9002en> (2022)

Fialho, r.c,zinn,y.l. "changes in soil organic carbon under eucalyptus plantations in brazil: a comparative analysis. Land degradation & development", v.25 n.5, p 428-437, sep-oct (2014)

Flavia, "estimativa de estoque de carbono nos ecossistemas florestais da provincia de Manica"p4,(2018)

Gardner, T.A, J Barlow, e N.S. e Peres, C.A. Sodhi. "A multi-region assesment of tropical forest biodiversity in a human modified world." 2293-2300.(2010)

IPCC Good practice guidance for land use, "land-use change and forestry. Institute for Global Environmental Strategies (IGES) ", Hayama. 68 p. (2003).

França, A.M, Sano.E Carvalho. A "Função de transferência para estimativa de teor de carbono em solo sob áreas de campo limpo húmido do distrito Federal" Brasília DF,julho 2011.

Júnior, h.a. de o.). "O Sequestro de Carbono Para o Combate ao Efeito Estufa. Uberaba. Ferlagos"; (2004).

Laganier,j.; angers,d.; pare, d. "carbon accumulation in agricultural soils after afforestation: A meta analysis. **Global Change Biology**",v 16,n1,p 439-453,Jan (2010)

Lal, R. "Carbon management in agricultural soil. Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change." 303-322 (2007)

MAE: Ministério de Administração Estatal, perfil do distrito de Chigubo, "portal do Governo",(2005.)

Manfrinato, W, M Piccolo, CC Cerri, M Bernoux, and CEP Cerri. "Monitoring carbon stock in soil of a forest-pasture chrono sequence and determining its origin with isotope technology in Guaraqueçaba, Brazil." 1-12.(2002)

Machado, P. L. O. de A. "Carbono do solo e a mitigação da mudança climática global. Química Nova", v. 28, n. 2, p. 328-334, mar./abr.(2005)

Madeira, M., et al. "Quantidade de carbono orgânico nos solos de Portugal Continental e particularidades nos solos do Noroeste e dos montados Sul. *Edafologia*", Vol. 11, 279-293. (2004)

Manjate, . "Avaliação da biodiversidade dentro e fora de áreas protegidas :o acaso de Parque nacional de Banhine e arredores " Pag10 ,agosto(2004)

Magalhaes , "Inventário Florestal Nacional Maputo" Pag 5, (2018)

Marzoli, A. "Relatório do Inventário Florestal Nacional. Direção Nacional de Terras e Florestas. Ministério da Agricultura. Maputo". Moçambique,(2007)

Mclauchlan, k . "The nature and longevity of agricultural impacts on soil carbon and nutrients : A review **Ecosystems**" ,v 9,n8 p. 1364-1382 Dec 2006

Mcsheery,m.; ritchie, m "Effects of grazing on grassland carbon soil : a global review. *Global Change Biology*",v19 n 5, p.1347-1357, may (2013)

Ministério de turismo (MITUR). "Draft do plano de Maneio do Parque Nacional de Banhine Maputo " (2003)

Meersmans, J. "Modelling the three-dimensional spatial distribution of soil organic carbon (SOC) at the regional scale". Vol. 152, 43-52. *Geoderma*, (2009)

Muukkonen, P. "Forest inventory-based large-scale forest biomass and carbon budget assessment: new enhanced methods and use of remote sensing for verification. University of Helsinki. Faculty of Science." 32-49. (2006)

Nelson, D.W. e Sommers, L.E. "Total carbon, organic carbon and organic matter." 23-47. *América.*, (1996)

Oliveira, ES, A Reatto, e HL Roig. "Estoques de Carbono do Solo Segundo os Componentes da Paisagem. *Cadernos de Ciência e Tecnologia, Brasília.*" 71-93: 2015

Pearson, T.; sarah, W., brown, S. ."Source book for Land use, Land-use change and forestry projects. " Pag 1-57 (2005)

Sallan, GT, RE Creamer, GJ Lanigan, B Reidy, andByrne e KA. "Effects of soil type and depth on carbon distribution within soil macro aggregates from temperate grassland systems." 52-56 (2018)

"Santos,G.A. et al. Fundamentos da matéria orgânica do solo: Ecossistemas tropicais e subtropicais. 2 ed.Porto Alegre: Metrópole", (2008)

Sato, JH,. "Métodos para determinação do carbono orgânico em solos de Cerrado, Universidade de Brasília. Dessertação de Mestrado. Brasília. ." : 1-99.(2013)

Silva, Rl, e ES Mendonça. "Fertilidade do solo." 275-374. Viçosa. MG: Sociedade Brasileira de ciência do solo., 2007.

Sitoe, A., e A. e Kanounnikoff, S. Salomão. "O Contexto de REDD+ em Moçambique - Causas, actores e instituições. CIFOR." 76 (2012)

Souza, M.F.L., C.M. LongMhini, e A.M. e Lentini, C.A. Silva. "Ciclo de carbono ,(2007)

Smith, P. "Land use change and soil organic carbon dynamics. Nutrient Cycling in Agro ecosystems." 169-178 (2008)

Resck, D.V.S., E.A.B. Ferreira, C.C. Figueiredo, andy.L. Zinn. "Dinâmica da matéria orgânica no Cerrado." 359-417. Porto Alegre, (2008)

Ribeiro, D. e Nhabanga, E. . "Levantamento Preliminar de Problemática Das Florestas de Cabo Delgado. Mocambique. "(2009)

Roberto, R., e E.E. e Resende, J. S. Sano. "Carbon Storage in soil of cultivated pastures in the Parnaíba River Basin." 20 (2014) c

Tan.K.H ,Tailor and Francis Group university of G "Soil sampling preparation and analysis " second edi p 594 (2005)

Teixiera, A.M.G. et al "Modeling landscape dynamics in atlantic rainforest region implication for conservation Forest Ecology and Management" ,v 257,n.4, p.1219-1230,(2009)

Van der Sand, MT, et al. "Soil fertility and species trait, but not diversity, drive productivity and biomass stocks in a Guyanese tropical rainforest 1-14." (2018)

9.ANEXOS

Anexo1 Código para amostras de solo não perturbadas (N)

Para estrato de Mopane (MO):
MO1N1 = Mopane, parcela (1), amostra não perturbada (N) na profundidade 1 (0-20cm)
MO1N2 = Mopane, parcela (1), amostra não perturbada (N) na profundidade 2 (20-40cm)
MO1N3 = Mopane, parcela (1), amostra não perturbada (N) na profundidade 3 (40-60cm)
MO1N4 = Mopane, parcela (1), amostra não perturbada (N) na profundidade 4 (60-80cm)
MO1N5 = Mopane, parcela (1), amostra não perturbada (N) na profundidade 5 (80-100cm)

Anexo 1 código de amostra de solo não perturbado

Para estrato de Mecrusse (ME):
ME1N1 = Mecrusse, parcela (1), amostra não perturbada (N) na profundidade 1 (0-20cm)
ME1N2 = Mecrusse, parcela (1), amostra não perturbada (N) na profundidade 2 (20-40cm)
ME1N3 = Mecrusse, parcela (1), amostra não perturbada (N) na profundidade 3 (40-60cm)
ME1N4 = Mecrusse, parcela (1), amostra não perturbada (N) na profundidade 4 (60-80cm)
ME1N5 = Mecrusse, parcela (1), amostra não perturbada (N) na profundidade 5 (80-100cm)

Para estrato de Pradaria Arborizada (PA):
PA1N1 = Pradaria Arborizada, parcela (1), amostra não perturbada (N) na profundidade 1 (0-20cm)
PA1N2 = Pradaria Arborizada, parcela (1), amostra não perturbada (N) na profundidade 2 (20-40cm)
PA1N3 = Pradaria Arborizada, parcela (1), amostra não perturbada (N) na profundidade 3 (40-60cm)
PA1N4 = Pradaria Arborizada, parcela (1), amostra não perturbada (N) na profundidade 4 (60-80cm)
PA1N5 = Pradaria Arborizada, parcela (1), amostra não perturbada (N) na profundidade 5 (80-100cm)

Anexo2 Código para amostras de solo perturbado (P)

Para estrato de Mopane (MO):
MO1P1 = Mopane, parcela (1), amostra não perturbada (P) na profundidade 1 (0-20cm)
MO1P2 = Mopane, parcela (1), amostra não perturbada (P) na profundidade 2 (20-40cm)
MO1P3 = Mopane, parcela (1), amostra não perturbada (P) na profundidade 3 (40-60cm)
MO1P4 = Mopane, parcela (1), amostra não perturbada (P) na profundidade 4 (60-80cm)
MO1P5 = Mopane, parcela (1), amostra não perturbada (P) na profundidade 5 (80-100cm)

Anexo 2 código para amostras de solo perturbado

Para estrato de Mecrusse (ME):
ME1P1 = Mecrusse, parcela (1), amostra não perturbada (P) na profundidade 1 (0-20cm)
ME1P2 = Mecrusse, parcela (1), amostra não perturbada (P) na profundidade 2 (20-40cm)
ME1P3 = Mecrusse, parcela (1), amostra não perturbada (P) na profundidade 3 (40-60cm)
ME1P4 = Mecrusse, parcela (1), amostra não perturbada (P) na profundidade 4 (60-80cm)
ME1P5 = Mecrusse, parcela (1), amostra não perturbada (P) na profundidade 5 (80-100cm)

Para estrato de Pradaria Arborizada (PA):
PA1P1 = Pradaria Arborizada, parcela (1), amostra não perturbada (P) na profundidade 1 (0-20cm)
PA1P2 = Pradaria Arborizada, parcela (1), amostra não perturbada (P) na profundidade 2 (20-40cm)
PA1P3 = Pradaria Arborizada, parcela (1), amostra não perturbada (P) na profundidade 3 (40-60cm)
PA1P4 = Pradaria Arborizada, parcela (1), amostra não perturbada (P) na profundidade 4 (60-80cm)
PA1P5 = Pradaria Arborizada, parcela (1), amostra não perturbada (P) na profundidade 5 (80-100cm)