

Universidade do Minho
Escola de Ciências

Carlos Miguel Nogueira Gonçalves

**Monitorização Costeira da Praia da
Aguçadoura- Póvoa de Varzim**

**Monitorização Costeira da Praia da
Aguçadoura- Póvoa de Varzim**

Carlos Miguel Nogueira Gonçalves

UMinho | 2022

Março de 2022



Universidade do Minho
Escola de Ciências

Carlos Miguel Nogueira Gonçalves

Monitorização Costeira da Praia da Aguçadoura- Póvoa de Varzim

Dissertação de Mestrado

Mestrado em Geociências

Dinâmica Externa e Mudanças Globais

Trabalho efetuado sob a orientação do

Professor Doutor Renato Henriques

Direitos de Autor e Condições de Utilização do Trabalho por Terceiros

Este é um trabalho académico que pode ser utilizado por terceiros desde que respeitadas as regras e boas práticas internacionalmente aceites, no que concerne aos direitos de autor e direitos conexos.

Assim, o presente trabalho pode ser utilizado nos termos previstos na licença abaixo indicada.

Caso o utilizador necessite de permissão para poder fazer um uso do trabalho em condições não previstas no licenciamento indicado, deverá contactar o autor, através do RepositóriUM da Universidade do Minho.



Atribuição

CC BY

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

Agradecimentos

Gostaria de agradecer formalmente ao senhor professor Renato Henriques pela sua disponibilidade e trabalho de orientação, pois assim permitiu-me realizar esta oportunidade única de efetuar um trabalho com a sua orientação, bem como a sua pronta disponibilidade para me ajudar nas diversas dúvidas que surgiram ao longo do estudo. Também tenho de lhe agradecer pela sua indispensável ajuda e prontidão para a realização do trabalho de campo.

Tenho ainda a agradecer a todos os docentes que me lecionaram na Universidade do Minho, pois todos de formas diferentes me ajudaram a crescer tanto intelectualmente, como pessoalmente. Agradeço ainda a disponibilidade que todos eles tiveram, em gastar do seu tempo, para me ajudarem a compreender as mais diferentes matérias e assim ajudarem-me a ser melhor profissional. Agradeço a forma como me trataram, permitindo que a relação em certos casos fosse até ao nível de amizade, e aí deixo um especial agradecimento ao senhor professor Jorge Pamplona, devido a sua preocupação demonstrada para comigo ao longo do meu percurso académico.

Agradeço á instituição Universidade do Minho por me permitir ter frequentado o curso de geologia e assim realizar os meus estudos.

Agradeço também à minha família, constituída pelos meus pais e pelo meu irmão, João Gonçalves, Maria do Carmo Gonçalves e João Filipe Gonçalves pelo incrível apoio e encorajamento que me deram ao longo de todo o meu percurso, permitindo que esse tivesse sempre apoio em todas as etapas da minha vida, tanto pessoal como académica.

Agradeço á estudante de bioquímica, á data, e também músico Cláudia Costa, pelo admirável apoio dado, pela capacidade de me fazer ver o melhor de todas as situações e pela sua disponibilidade para me ajudar a realizar qualquer tarefa que se apresente na minha vida.

Por fim agradeço aqueles que se tornaram a minha segunda família, os meus amigos que sempre me apoiaram e sempre me tentaram ajudar. Por isso deixo um agradecimento a Bruno Gomes, Cristiana Oliveira, Augusto Peixoto, Dário Vasco, João Novera, Gonçalo Oliveira, Ricardo Torres, Catarina Rocha, Catarina Machado, Jorge Durães, Luís Ribeiro, Carla Silva e Bruno Carvalho, e especialmente agradeço a estes dois últimos pela sua disponibilidade em me ajudar na elaboração deste estudo.

Declaração de Integridade

Declaro ter atuado com integridade na elaboração do presente trabalho académico e confirmo que não recorri à prática de plágio nem a qualquer forma de utilização indevida ou falsificação de informações ou resultados em nenhuma das etapas conducente à sua elaboração.

Mais declaro que conheço e que respeitei o Código de Conduta Ética da Universidade do Minho.

Monitorização Costeira da Praia da Aguçadoura

Resumo

Este estudo teve como objetivo principal estudar a evolução morfológica da praia da Aguçadoura nos últimos seis anos. Assim foi efetuado a 12 de junho de 2021 um voo com um veículo aéreo não tripulado (VANT) para recolher informação morfológica mais recente. A informação foi processada fotograficamente para obtenção de um ortomosaico 3D um modelo digital de elevação (MDE) comparáveis com dados semelhantes para períodos anteriores. Com a ajuda de Sistemas de Informação Geográfica (SIG), foi possível integrar os dados altimétricos e comparar as duas superfícies dos MDE de 2016 e de 2021, determinando os valores de acreção e erosão, observados, bem como identificar as áreas em que ocorreram variações significativas na topografia. Foi também possível, através da utilização do movimento das linhas de vegetação, determinar a diferença de posição das mesmas. Foram utilizadas linhas de vegetação existentes para os anos de 2012, 2010, 2006, 1994 e de 1973. A estas últimas foram adicionadas as linhas referentes aos anos de 2016 e 2021. A mobilidade destas linhas foi comparada utilizando 55 perfis transversais utilizando o módulo Digital Shoreline Analysis System (DSAS) do USGS. Os dados obtidos foram processados com o Microsoft Excel para quantificar o movimento da linha de vegetação.

Com todos os dados acima citados foi quantificada a taxa de migração média deste sector costeiro tendo sido obtidos os valores de 0.28 a 0.24 metros de recuo por ano, dependendo do método de cálculo utilizado.

Foi ainda possível determinar que o areal desde 2016, na generalidade, tem vindo a migrar para o interior, por ação eólica e por ação do mar, tendo ocorrido maior subtração de sedimento na metade norte do sector estudado e uma ligeira acreção na metade sul do mesmo.

Palavras-Chave: Acreção, MDE, VANT, erosão, linhas de vegetação, mapa, perfil, praia da Aguçadoura e recuo dunar.

Coastal Monitoring of Aguçadoura Beach

Abstract

The main objective of this study was to study the morphological evolution of Aguçadoura beach over the last six years. Thus, a flight was made on June 12, 2021, with an unmanned aerial vehicle (UAV) to collect more recent morphological information. The information was processed photographically to obtain a 3D orthomosaic and a digital elevation model (DSM), comparable with similar data for previous periods. With the help of Geographic Information Systems (GIS) it was possible to integrate the altimetric data and compare the two surfaces of the 2016 and 2021 MDEs, determining the observed accretion and erosion values, as well as identifying the areas where significant variations in topography have occurred. It was also possible, by using the movement of the vegetation lines, to determine the difference in their position. Existing vegetation lines were used for the years 2012, 2010, 2006, 1994, and 1973. To the latter were added the lines for the years 2016 and 2021. The mobility of these lines was compared using 55 cross-sectional profiles using the USGS Digital Shoreline Analysis System (DSAS) module. The obtained data was processed with Microsoft Excel to quantify the vegetation line movement.

With all the above data, the average migration rate of this coastal sector was quantified, and values of 0.28 to 0.24 meters of retreat per year were obtained, depending on the calculation method used.

It was also possible to determine that the areal since 2016, in general, has been migrating inland, by wind and sea action, with greater subtraction of sediment in the northern half of the sector studied and a slight accretion in the southern half of the same.

Keywords: accretion, MDE, UVA, erosion, vegetation lines, map, profile, Aguçadoura beach and dune retreat.

Lista de Siglas

ANAC- Agência Nacional de Aviação Civil

DAS- Distância de Amostragem no Solo

DJI- *Da-Jiang Innovations*

DSAS- *Digital Shoreline Analysis System*

EPR- *End Point Rate* (Taxa do ponto terminal)

GPS- Global Positioning System

GSD- *Ground Sampling Distance*

LRR- *Linear Regression Rates* (Taxa de recuo por regressão linear pelo método dos mínimos quadrados)

MDE- Modelo Digital de Elevação

MDS- Modelo Digital de Superfície

MDT- Modelo Digital de Terreno

NSM- Net Shoreline Movement (Movimento líquido da linha de costa)

POC- Plano de Orla Costeira

QGis- Quantum Gis

RENEP - Rede Nacional de Estações Permanentes

RTK- *Real Time Kinematic*

SCE- *Shoreline Change Envelope* (Total de movimento acumulado da linha de costa)

ShrCount- *Shoreline Count* (Número de linhas de costa intersectadas)

UAV- *Unmanned Aerial Vehicle*

VANT- Veículo Aéreo Não Tripulado

Índice

Direitos de Autor e Condições de Utilização do Trabalho por Terceiros.....	II
Agradecimentos	III
Declaração de Integridade	IV
Resumo.....	V
Abstrat.....	VI
Lista de Siglas.....	VII
Índice de ilustrações	X
Índice de Tabelas	XIV
1- Introdução.....	1
1.1- Enquadramento Geográfico	1
1.2- Enquadramento Geológico.....	2
1.3- Enquadramento Geomorfológico.....	3
1.4- Enquadramento Hidrográfico	4
1.5- Utilização de VANT` s (Veículo Aéreo Não Tripulado)	6
1.6- Objetivos do trabalho	8
2- Materiais e métodos	9
2.1- Voo com veículo aéreo não tripulado.....	9
2.2- Processamento fotogramétrico	11
2.3- Processamento e análise em ambiente SIG.....	12
2.4- Cálculo da migração com recurso ao modulo DSAS	14
3- Resultados e Discussão	18
3.1- Produtos fotogramétricos.....	18
3.2- Balanço sedimentar	25
3.3- Análise da mobilidade da linha de vegetação entre 2016 e 2021	31

3.4-	Análise da mobilidade da linha de vegetação entre 1973 e 2021 utilizando o DSAS....	37
3.5-	Análise global para o período de 1973 a 2021	49
4-	Conclusões	57
	Bibliografia	59

Índice de ilustrações

Figura 1.1- Representação da localização da praia da aguçadoura. Na imagem A representa em que zona de Portugal é a praia da Aguçadoura, fonte https://www.pinterest.pt/pin/790381803336369166/?d=t&mt=signup a 27/11/2020 e a imagem B demonstra a localização da área de estudo, fonte Google Earth Pro a 27/11/2020.	1
Figura 1.2- Imagem ilustrativa da carta geológica de Portugal Folha 9A, com uma imagem pormenorizada da área de estudo. A legenda que está presente na imagem é a legendada da mesma carta geológica...	2
Figura 1.3- Imagem ilustrativa da legenda da carta geológica de Portugal Folha 1, com uma imagem pormenorizada da legenda do material geológico encontrado na área de estudo.....	3
Figura 1.4- Rede hidrográfica da região da Póvoa de Varzim divida pelas freguesias e com a freguesia da Aguçadoura em destaque. Imagem retirada de Análise das Suscetibilidades e Planeamento de Espaços na região da Póvoa de Varzim, (Lemos).....	5
Figura 1.5- Delimitação das massas de águas subterrâneas na RH2 da região da Póvoa de Varzim. Imagem retirada de (Ambiente, Plano de Gestão de Região Hidrográfica Parte 2- Caracterização e Diagnóstico, 2015)	5
Figura 2.1 – Phantom 4 RTK, VANT utilizado no levantamento.	11
Figura 2.2- Extrato da visualização do software do resultado obtido ao utilizar o VoGis. Exemplo de comparação de perfis com uma sessão do plugin VoGIS, onde é possível observar o perfil de dois locais em dois anos distintos, sendo que a verde é do ano de 2016 e a vermelho o perfil de 2021.....	13
Figura 2.3- Extrato da visualização do software do resultado obtido ao utilizar o VoGis. Exemplo de uma sessão de utilização do plugin o VoGis para criar perfis no QGis.	13
Figura 2.4- Fórmula matemática do Método dos Mínimos Quadrados ou Mínimos Quadrados Ordinários, para a expressão linear. A fórmula foi retirada de https://slideplayer.com.br/amp/1697436/ a 3 de dezembro de 2021	18
Figura 3.1- Fotografia aérea da praia de Aguçadoura obtida através das fotografias obtidas durante o voo de 12 de junho de 2021. A imagem tem a respetiva escala e a sua posição geográfica.	18
Figura 3.2- Modelo digital de superfície obtido no voo de 12 de junho de 2021 em escala altimétrica sombreada.	20
Figura 3.3- Imagem do mapa topográfico de 2016, mas com a linha de topo dunar	20
Figura 3.4- Imagem do mapa topográfico de 2021, mas com a linha de topo dunar	20

Figura 3.5- Figura do DEM de 2021 da praia da aguçadoura, onde contém as áreas de maior interesse do balanço do areal entre 2016 e 2021 representadas a verde	21
Figura 3.6- Mapa das áreas demarcadas, com os valores calculados presentes em cada respectiva uma das áreas.	23
Figura 3.7- Mapa da acreção da praia da aguçadoura com as áreas representadas, com a sua respetiva legenda.....	24
Figura 3.8- Mapa da erosão da praia da aguçadoura com as áreas representadas, com a sua respetiva legenda.....	25
Figura 3.9. Mapa de erosão da praia da Aguçadoura onde é possível observar os valores de erosão, com o mapa MDS de 2021 da praia da Aguçadoura como a base do mapa de erosão.....	27
Figura 3.10- Mapa de acreção da praia da Aguçadoura com os valores de acreção, com o do MDS de 2021 da praia da Aguçadoura como a base do mapa de acreção.....	28
Figura 3.11- Mapa de balanço da praia da Aguçadoura com os valores de acreção e erosão, com o do MDS de 2021 da praia da Aguçadoura como a base do mapa de balanço.....	28
Figura 3.12-. Mapa do setor norte do balanço da praia da Aguçadoura, com o MDS de 2021 da praia da Aguçadoura como a base do mapa.....	29
Figura 3.13- Mapa do setor centro do balanço da praia da aguçadoura, com o MDS de 2021 da praia da Aguçadoura como a base do mapa.....	29
Figura 3.14- Mapa do setor sul do balanço da praia da aguçadoura, com o MDS de 2021 da praia da Aguçadoura como a base do mapa.....	30
Figura 3.15- Aproximação da área 4, permitindo observar as mudanças volumétricas em metros cúbicos (m ³) para cada quadricula da grelha, assim como a própria área.	30
Figura 3.16- Aproximação da área 1, permitindo observar as mudanças volumétricas em metros cúbicos (m ³) para cada quadricula da grelha, assim como a própria área.	30
Figura 3.17- Imagem do MDS obtido no voo de 2016 com a linha de vegetação de 2016 assinalada a azul.....	31
Figura 3.18- Imagem do MDS obtido no voo de 12 de junho de 2021 com a respetiva linha de vegetação de 2021 assinalada a vermelho	31
Figura 3.19- Mapa das linhas de vegetação, com a linha dunar de 2016 a azul e a linha dunar de 2021 presente a vermelho, com o MDE de 2021 da praia da aguçadoura é a base do mapa.	33

Figura 3.20- Setor norte do mapa das linhas de vegetação, com a linha dunar de 2016 a azul e a linha dunar de 2021 presente a vermelho, com o MDE de 2021 da praia da aguçadoura é a base do mapa.....	33
Figura 3.21- Setor centro do mapa das linhas de vegetação, com a linha dunar de 2016 a azul e a linha dunar de 2021 presente a vermelho, com o MDE de 2021 da praia da aguçadoura é a base do mapa.....	34
Figura 3.22- Setor sul do mapa das linhas de vegetação, com a linha dunar de 2016 a azul e a linha dunar de 2021 presente a vermelho, com o MDE de 2021 da praia da aguçadoura é a base do mapa.....	34
Figura 3.23- Medição efetuada no setor centro da praia da aguçadoura com os valores de deslocação da linha dunar ligeiramente acima da média calculada, com o DEM de 2021 da praia da aguçadoura é a base do mapa.	36
Figura 3.24. Medição efetuada no setor centro da praia da aguçadoura com os valores de deslocação da linha dunar ligeiramente abaixo da média calculada, com o DEM de 2021 da praia da aguçadoura é a base do mapa.....	36
Figura 3.25- Medição efetuada no setor norte da praia da aguçadoura com os valores de deslocação da linha dunar dentro da média calculada, com o DEM de 2021 da praia da aguçadoura é a base do mapa.	37
Figura 3.26- Mapa das linhas de vegetação de 1973 e de 2021, onde é possível observar a diferença na posição das duas e diferenças no seu tamanho. Com a fotografia aérea de 2021 a servir como fundo do mapa.	38
Figura 3.27- Mapa das linhas de vegetação de 1973 e de 1994, onde é possível observar a diferença na posição das duas e diferenças no seu tamanho. Com a fotografia aérea de 2021 a servir como fundo do mapa.	40
Figura 3.28- Mapa das linhas de vegetação de 1994 e de 2006, onde é possível observar a diferença na posição das duas e diferenças no seu tamanho. Com a fotografia aérea de 2021 a servir como fundo do mapa.....	42
Figura 3.29- Mapa das linhas de vegetação de 2006 e de 2010, onde é possível observar a diferença na posição das duas e diferenças no seu tamanho. Com a fotografia aérea de 2021 a servir como fundo do mapa.	44

Figura 3.30- Mapa das linhas de vegetação de 2010 e de 2012, onde é possível observar a diferença na posição das duas e diferenças no seu tamanho. Com a fotografia aérea de 2021 a servir como fundo do mapa	45
Figura 3.31- Mapa das linhas de vegetação de 2012 e de 2016, onde é possível observar a diferença na posição das duas e diferenças no seu tamanho. Com a fotografia aérea de 2021 a servir como fundo do mapa.	47
Figura 3.32- Mapa das linhas de vegetação de 2016 e de 2021, onde é possível observar a diferença na posição das duas e diferenças no seu tamanho. Com a fotografia aérea de 2021 a servir como fundo do mapa.	48
Figura 3.33- Mapa das linhas de vegetação desde 1973 até 2021, com os todos perfis assinalados no mapa. Aqui pode-se demonstrar a parte do areal onde se realizou o estudo dos perfis. Com a fotografia aérea de 2021 a servir como fundo do mapa.....	50
Figura 3.34- Mapa da projeção para 2041 da praia da Aguçadoura, com o intervalo de erro para a incerteza	55
Figura 3.35- Mapa da projeção para 2041 da praia da Aguçadoura, com o intervalo de erro para a incerteza.....	56

Índice de Tabelas

Tabela 1- Valores do balanço das áreas demarcadas, expressos em m ³ , permitindo observar onde existe valores positivos e valores negativos, que representam acreção e erosão respetivamente.	23
Tabela 2- Dados obtidos no ArcGIS, devido aos perfis e as linhas de vegetação	53

1- Introdução

1.1- Enquadramento Geográfico

Neste trabalho foi feito um estudo sobre a praia da Aguçadoura, que fica situada na região costeira noroeste de Portugal, a norte da Póvoa de Varzim (Figura 1.1)

É possível encontrar a norte a região da Apúlia e a Sul Vila do Conde. Esta área pertence ao distrito do Porto. A área de estudo está representada na Figura 1.1.

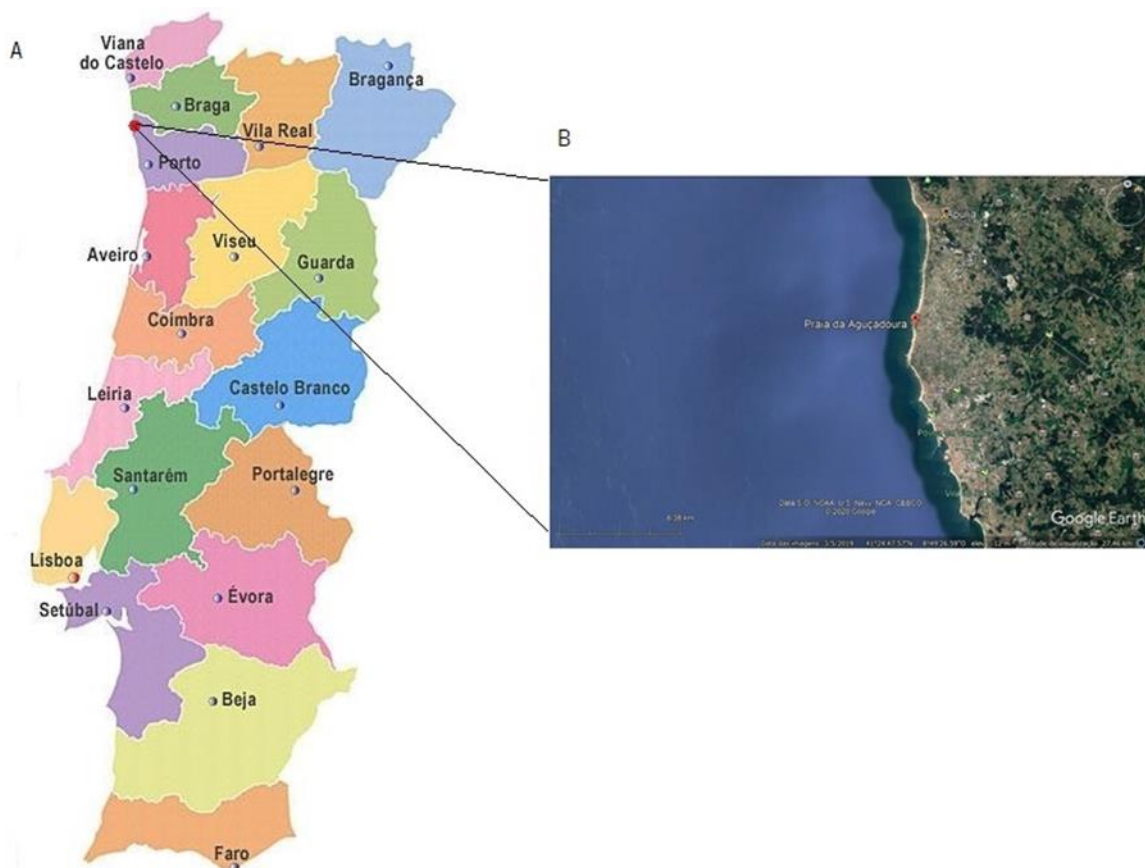


Figura 1.1- Representação da localização da praia da aguçadoura. Na imagem A representa em que zona de Portugal é a praia da Aguçadoura, fonte <https://www.pinterest.pt/pin/790381803336369166/?d=t&mt=signup> a 27/11/2020 e a imagem B demonstra a localização da área de estudo, fonte Google Earth Pro a 27/11/2020.

1.2- Enquadramento Geológico

A área estudada está representada num excerto da carta geológica de Portugal Folha 9A-Póvoa de Varzim à escala 1.50.000, feita pela Direção de Minas e Serviços Geológicos em 1965, e aí é possível observar a geologia de toda a zona. Mas também é possível observar a área de estudo no excerto da carta geológica de Portugal Folha 1, à escala 1.200.000. E esta como é uma carta mais atual, apresenta um melhor estudo da geológica encontrada no local. Para melhor compressão da geologia do local foi realizada uma notícia explicativa da carta por (Pereira, 1992) para a segunda carta geológica e por (Medeiros, Carta Geológica de Portugal na escala 1:50000, 1965) para a primeira. A praia da Aguçadoura está localizada na parte Sul da carta geológica de Portugal Folha 1, observável na Figura 1.2 e Figura 1.3. Segundo os autores esta praia vai ser constituído pelo estrato mais moderno e último a ser depositado, constituído na sua maioria por depósitos de dunas fosseis e de dunas atuais e de praias atuais, ou de areias ou de cascalho.

Nas áreas circundantes á zona de estudo a geologia cartografada mantem-se coerente à geologia da escala estratigráfica e, por isso, é possível observar granitos de grão médio de duas micas e também granitos e granodioritos de grão médio, porfiroide, com duas micas.

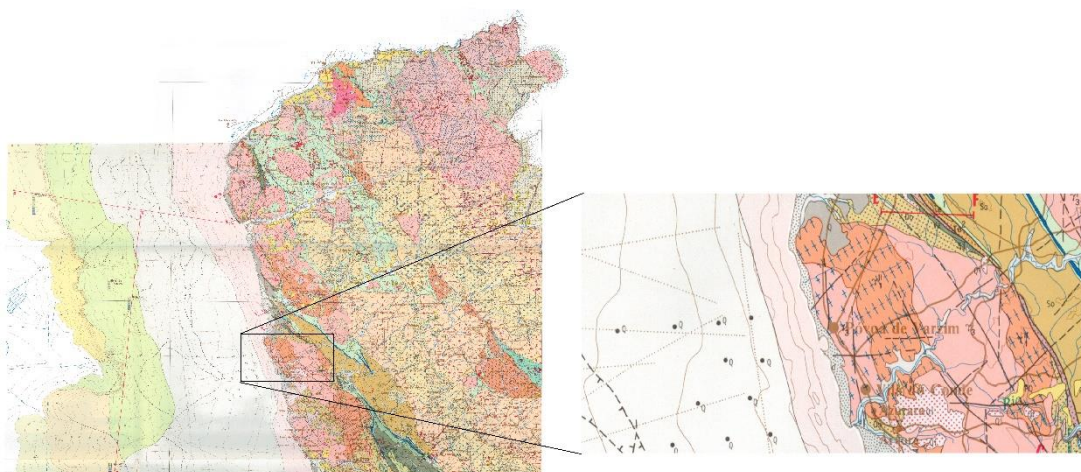


Figura 1.2- Imagem ilustrativa da carta geológica de Portugal Folha 1, com uma imagem pormenorizada da área de estudo. .

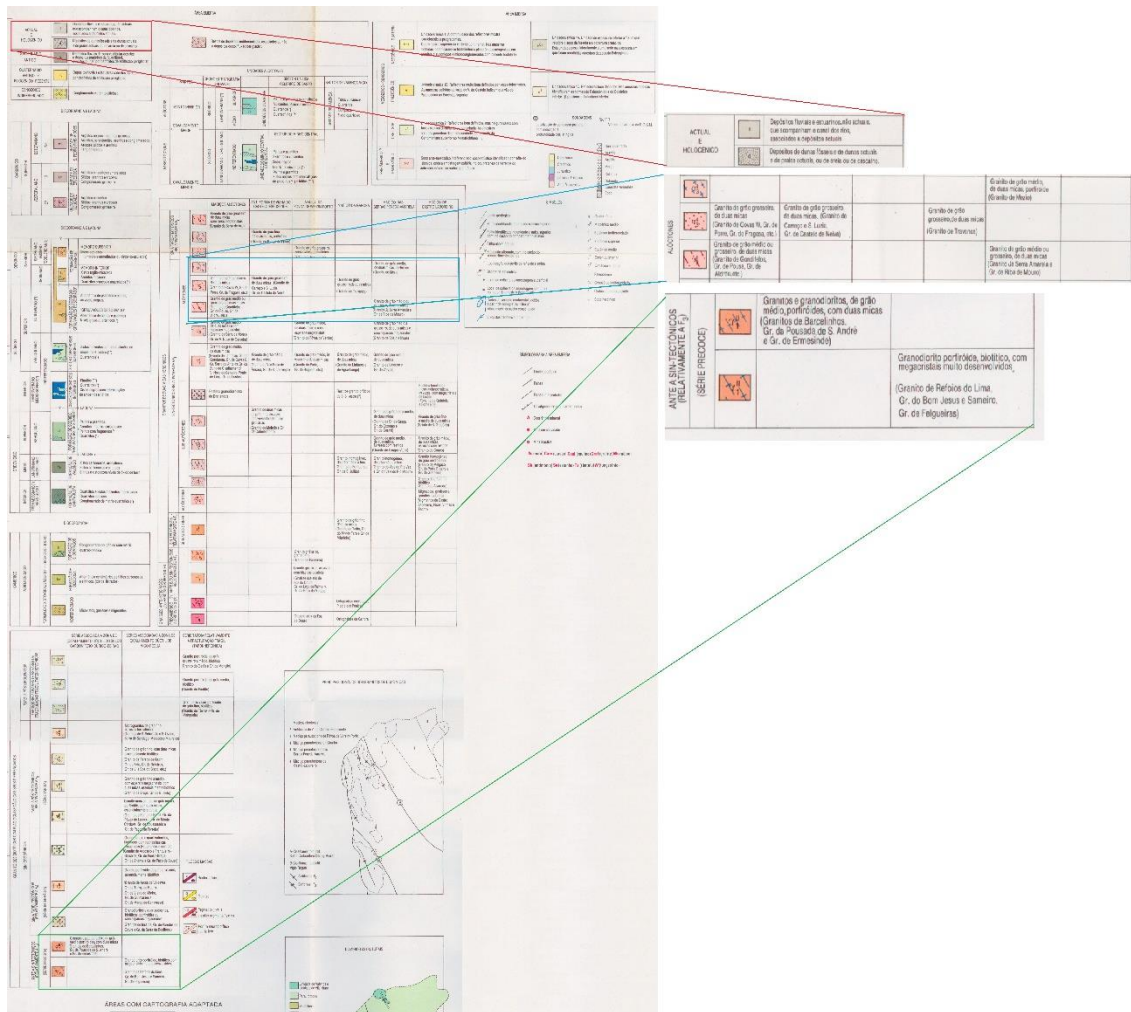


Figura 1.3- Imagem ilustrativa da legenda da carta geológica de Portugal Folha 1, com uma imagem pormenorizada da legenda do material geológico encontrado na área de estudo.

1-3- Enquadramento Geomorfológico

(Peixoto, 2017), durante o seu trabalho na região salienta que areias de cobertura nesta região foram estrategicamente aproveitadas na agricultura, pois é possível observar a realização de uma estratégia agrícola denominada de “masseira”. Esta técnica é única no mundo e apenas é utilizada nas freguesias da Aguçadoura, Estela, Navais, Apúlia e Fão, sendo as primeiras três freguesias da Póvoa de Varzim e as últimas duas freguesias de Esposende. Este método de agricultura consiste em fazer uma cova retangular e profunda nas dunas, de modo a ser possível praticar agricultura nestes locais. As dunas irão proteger o cultivo e no interior das masseiras é encontrada água doce que fica retida por uma camada mais impermeável, de origem possivelmente lagunar, que se encontra abaixo da areia. Na praia é possível observar a presença

de dunas frontais, que já se encontram parcialmente destruídas, devido a diversos agentes de meteorização naturais e antrópicos, e um areal estreito. As atuações destes agentes de meteorização provocaram em certos locais do areal inclinações bastante acentuadas e provocaram também remoção de material em toda a largura da duna, criando assim marcas de erosão eólica.

1.4- Enquadramento Hidrográfico

A praia da Aguçadoura apresenta uma rede hidrográfica e vai estar localizada entre outras duas praias, a sul é possível encontrar a praia de Paimó e ao deslocar-se para norte encontra-se a praia da Codixeira. A rede hidrográfica nestas praias é, na sua grande maioria, a rede hidrográfica do rio Cávado, e numa percentagem mais reduzida a rede hidrográfica do rio Ave. Isto acontece, pois, a norte da praia da Aguçadoura é possível encontrar a foz do rio Cávado e a Sul é encontrada a foz do rio Ave, observável na Figura 1.4. Assim o Plano de Gestão de Região Hidrográfica classificou em junho de 2015, as águas subterrâneas da região como águas que pertencem ao maciço antigo indiferenciado do antigo Cávado/Ave, como é possível observar na Figura 1.5. Ainda neste plano existiu a classificação global das massas de água e também a sua classificação química, A região da praia da Aguçadoura apresenta a pior cotação possível, sendo que apenas havia duas possíveis, as massas de água foram classificadas como inferior a bom, sendo que a outra cotação possível seria bom ou superior. Já quimicamente a classificação foi de “mediocre” e a outra cotação possível seria “bom”.

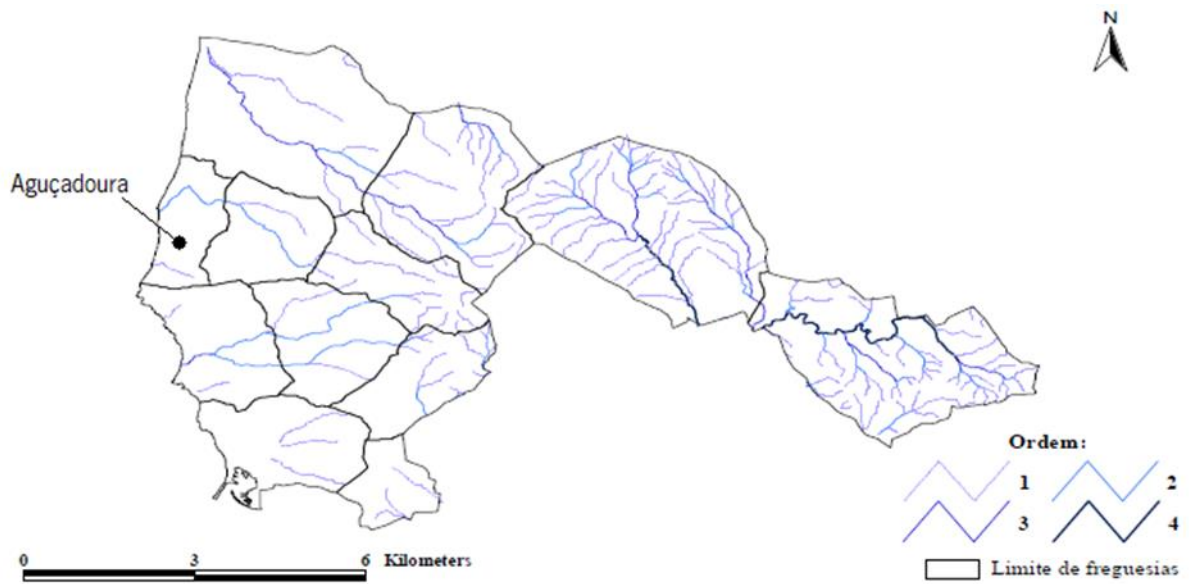


Figura 1.4 - Rede hidrográfica da região da Póvoa de Varzim dividida pelas freguesias e com a freguesia da Aguçadoura em destaque. Imagem retirada de *Análise das Suscetibilidades e Planeamento de Espaços na região da Póvoa de Varzim, (Lemos)*.

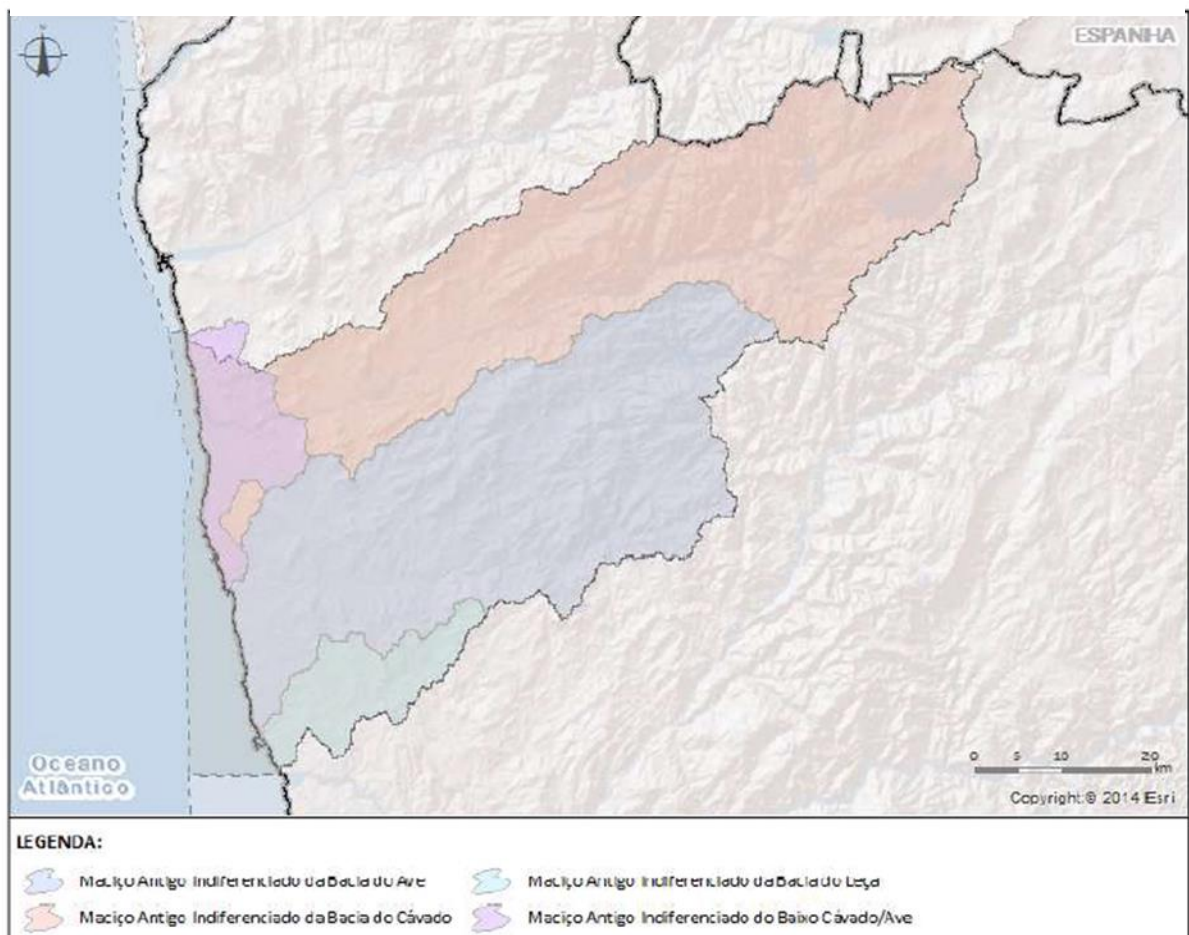


Figura 1.5- Delimitação das massas de águas subterrâneas na RH2 da região da Póvoa de Varzim. Imagem retirada de *(Ambiente, Plano de Gestão de Região Hidrográfica Parte 2- Caracterização e Diagnóstico, 2015)*

Anteriormente foram efetuados diversos tipos de trabalhos capazes de relevar informações pertinentes tais como se observou nos trabalhos de (Peixoto, 2017), onde efetuou uma monitorização desta praia com o intuito de observar o dinamismo da zona costeira e determinar a sua evolução mediada por mudanças antropológicas e naturais. Esta praia está incorporada num estudo realizado para formação do Plano de Orla Costeira (POC) de Caminha a Espinho, (Ambiente, PROGRAMA DA ORLA COSTEIRA, 2019), onde foi efetuado um estudo da morfologia da praia, na tentativa de implementar medidas para melhorar os valores de acumulação de areia. Anteriormente (Martins, 2010) efetuou um estudo com o objetivo de obter dados mais recentes acerca da evolução costeira da Aguçadoura. A geodinâmica da praia da Aguçadoura foi estudada também por (Fernandes A. I., 2012).

1.5- Utilização de VANT`s (Veículo Aéreo Não Tripulado)

O método de estudo utilizado neste trabalho baseou-se na utilização de VANT`s para recolher informação altimétrica, morfológica e radiométrica (fotografia aérea), no sentido de obter informação relativa à dinâmica costeira observada na praia para o período de 2016 a 2021. Desta forma, é possível o estudo sobre as alterações volumétricas da praia, e da posição geográfica da sua linha de vegetação.

1.5.1- Enquadramento legal para operações com VANT (Veículo Aéreo Não Tripulado)

Segundo o Decreto-Lei n.º 58/2018 é necessário estabelecer um sistema de seguro e de responsabilidade civil obrigatório as aeronaves não tripuladas, geralmente conhecidos como VANT. Este sistema visa a estabelecer uma ligação entre o VANT e o proprietário para assim existir forma de responsabilizar legalmente o proprietário em caso de o voo incumbir em algum crime ou punição legal com coima. Para isso foram redigidas regras, que estão presentes na Portaria n.º 2/2021, de coberturas as condições e capitais mínimos aplicáveis ao seguro de responsabilidade civil. Esta regulamentação teve como fim aumentar a segurança aérea, reduzindo assim premeditadamente o uso excessivo civil de VANT`s. Por isso foram criados mecanismos legais capazes de fiscalizar e supervisionar as aeronaves não tripuladas, como a criação de registos

dos operadores, para aeronaves com massa superior a 250 gramas, e da necessidade á obtenção de um seguro de responsabilidade legal em aeronaves com massa que excede as 900 gramas. Também ficou decidido que para este tipo de aeronaves sobrevoarem território do nacional será necessário o operador obter uma autorização especial. Já para efetuar o registo obrigatório do operador é necessário cumprir uma serie de regras, como para um operador efetuar o registo obrigatório é necessário que o operador esteja validamente registado na Autoridade Nacional da Aviação Civil, também conhecido como ANAC, o registo é apenas necessário se o operador pretender tripular aeronaves superiores a 250 gramas de massa. O registo da aeronave necessita de uma serie de informações pessoais, tais como, o nome, o número de identificação civil, o número de identificação fiscal, o endereço de correio eletrónico e os números de contacto telefónico do operador, a morada ou sede, caso se trate de pessoa coletiva, número de serie do VANT, a identificação do fabricante do mesmo com marca e modelo, a massa máxima da aeronave não tripulada e as suas respetivas dimensões, o número de motores, a sua velocidade máxima, raio de controlo, a altitude máxima que o VANT pode atingir, o seu tipo de proporção, o tipo de asas, a informação sobre a capacidade acoplagem para um sistema fotográfico ou de vídeo e a lista de materiais perigosos que possam existir a bordo da aeronave, sendo que os materiais considerados perigosos estão no Decreto Lei nº 58/2018, artigo 4º e Alínea 1-k. Após ser fornecida toda a informação citada em cima será necessário recorrer ao pagamento das taxas referentes ao Artigo 14, para de seguida a ANAC enviar uma etiqueta de registo para a morada indicada no registo com o código de identificação a que se refere o Artigo 7º. No decurso deste trabalho, todas as obrigações legais, descritas acima, forma cumpridas.

1.6- Objetivos do trabalho

O objetivo da realização deste trabalho é monitorizar a evolução morfológica da praia da Aguçadoura. Desta forma é possível comparar e observar as alterações sofridas ao longo dos anos, obtendo assim o máximo de informação possível sobre a área de estudo. Este trabalho foca-se, principalmente, nas alterações morfológicas observadas bem como no cálculo das taxas anuais de migração baseado na mobilidade das linhas de vegetação obtidas a partir de fotografia aérea histórica e a partir dos levantamentos de VANT utilizados neste trabalho e com dados bidimensionais retirados de fotografia aérea histórica e da fotografia aérea obtida neste trabalho.

2- Materiais e métodos

No sentido de observar as mudanças morfológicas operadas na praia da Aguçadora entre 2016 e 2021 bem como as taxas de migração deste sector, o trabalho teve duas etapas metodológicas distintas: Análise de produto fotogramétricos obtido com VANT; e Análise da migração da linha de vegetação decalcada de fotografia aérea histórica. Para a observação das mudanças morfológicas, foram utilizados produtos fotogramétricos provenientes de voo com VANT. Foram apenas considerados os anos de 2016 e 2021. Para o ano de 2016 estavam disponíveis os dados de um voo realizado no mesmo sector (Peixoto, 2017). Para o ano de 2021 já no âmbito deste trabalho, foi realizado um novo voo, em condições técnicas próximas das do voo realizado em 2016. Como este trabalho foi realizado em 2021, ocorreram algumas restrições por causa das condições pandémicas a nível mundial que abalaram o mundo durante os últimos dois anos. Devido a restrições impostas, apenas foi realizado um único voo com um VANT, a 12 de junho de 2021. Este levantamento forneceu dados que permitiram a comparação com dados anteriores. Foi possível constatar alterações que ocorreram no areal, desde 2016, data do último voo de VANT disponível. Relativamente à migração da linha de vegetação, foi possível a comparação com dados de 1973, 1994 2006, 2010, 2012 e 2016, tendo sido decalcada manualmente, a partir da observação das fotografias aéreas históricas referentes aos anos citados. Foram calculadas taxas de erosão, através da análise da mobilidade da linha de vegetação com recurso ao módulo para ArcGIS “*Digital Shoreline Analysis System*” do USGS.

2.1- Voo com veículo aéreo não tripulado

No decurso deste trabalho foi feito um voo com um VANT com o objetivo de obter fotografias aéreas da praia, para depois, com a ajuda de software de processamento de imagem, se possa proceder à análise dos dados e assim retirar conclusões.

O VANT utilizado no voo foi um *Phantom 4 RTK*, este VANT apresenta um peso máximo de descolagem de 1391g, a sua bateria em lítio de 15.2 V pesa 468g e permite uma autonomia de cerca de 30 minutos de voo, podendo atingir velocidades de cerca de 50 km/h. Este VANT apresenta uma capacidade razoável de resistência ao vento. Uma particularidade que torna este

VANT apto para este tipo de levantamentos aéreos é a combinação de uma câmara, que conta com um sensor CMOS de 1" de 20 MP, obturador mecânico e a sua integração de fábrica de um módulo RTK.

A tecnologia RTK vai permitir que exista uma transmissão de dados constante e instantânea entre antenas de correção no solo, pertencentes à rede geodésica RENEPE e o próprio aparelho, de forma que este possa corrigir automaticamente a sua posição determinada a partir dos dados de satélite, diminuindo assim os erros de posicionamento do VANT e obter fotografia muito mais precisas relativamente à coordenada do ponto central destas.

O conjunto destas duas variantes permite que o resultado final do levantamento tenha uma qualidade de imagem muito boa, não apresente desfocagem por movimento nas fotografias e que se consigam obter uma Distância de Amostragem no Solo (DAS ou GSD do inglês *Ground Sampling Distance*) de 3.4 centímetros por pixel. Os erros posicionais em x, y e z foram inferiores a 5 cm.

O voo realizado foi totalmente autónomo, sendo plano de voo e o posterior controle realizado através da aplicação *DJI Pilot*. Este software permite criar ou repetir planos de voo previamente feitos, permite a visualização, em tempo real, da calibração do módulo RTK, a seleção do trajeto, a posição do VANT em tempo real durante o voo, velocidade do VANT, observação dos níveis de bateria e ainda a troca planeada das baterias durante o levantamento, se necessário. De referir que software calcula automaticamente a bateria necessária para o VANT fazer um determinado levantamento e se necessário abaixo dos 30% de bateria o VANT retorna automaticamente à posição de lançamento para que se proceda à substituição da mesma e, assim, nunca fica totalmente sem bateria a meio do voo.

No levantamento desta dissertação o *Phantom 4 RTK* completou o levantamento da praia em 45 minutos tendo atingido uma velocidade de 36 Km/h, a uma altitude de cerca 120 metros, retirou 634 fotos e foi necessário efetuar uma troca de bateria.

Para assegurar um eficaz processamento fotogramétrico das fotografias, foi utilizado uma sobreposição frontal e lateral entre fotografias de 70%.



Figura 2.1 – Phantom 4 RTK, VANT utilizado no levantamento.

2.2- Processamento fotogramétrico

Posteriormente ao voo, foi necessário realizar o processamento das fotografias obtidas e para isso foram utilizados dois softwares distintos, tais como o Agisoft Metashape para processamento e o Quantum GIS (QGIS) para organização e análise da informação.

Para agrupar as 634 fotografias retiradas em apenas um ortomosaico aéreo da praia foi necessário utilizar o Agisoft Metashape.

Na primeira fase foi criada uma nuvem de pontos esparsa a partir das fotografias, resultante dos pontos comuns detetados pela aplicação durante o alinhamento das mesmas. Posteriormente é criada uma nuvem densa a partir dos mapas de profundidade determinados para cada imagem. Finalmente a informação tridimensional é convertida num modelo digital de elevação (MDE). A partir do MDE, são ortorectificadas todas as imagens aéreas obtidas, sendo agregadas numa única imagem aérea de toda a praia ou um ortofotomapa ou ortomosaico. O MDE é uma imagem tridimensional da área de estudo, com a informação da altitude de cada pixel

registado. Pelo facto de não ser eliminado o topo da linha de vegetação ou das edificações humanas, a informação não se refere exclusivamente à topografia do solo. Por este motivo é designado como modelo digital de superfície ou MDS.

2.3- Processamento e análise em ambiente SIG

Os ficheiros criados por fotogrametria foram exportados para o QGIS como *layers* em formato *raster* ou matricial. Foi necessário instalar alguns dos Plug-ins gratuitos fornecidos pelo QGIS, como o “VoGis” e “Volume Calculation Tool”. Estes Plug-ins foram bastante úteis na formação do mapa topográfico e na determinação da quantidade de areia acumulada ou removida entre 2016 e 2021. Utilizando o VoGis foi possível obter perfis em qualquer parte do areal, permitindo a comparação entre os perfis do areal entre 2016 e 2021 para o mesmo local. É necessário verificar quais as *layers* seleccionadas como visíveis, pois se apenas existir uma *layer* ele irá calcular o perfil desta apenas. Quando são seleccionadas duas *layers* pode-se observar a comparação dos respetivos perfis. O processo para realizar o perfil é definir uma linha que define o perfil de corte, com a orientação desejada. Com isto são obtidos o perfil ou os perfis a comparar (Figura 2.2 e 2.3).

Para facilitar o cálculo do balanço sedimentar foi utilizada uma grelha poligonal quadrada com polígonos de 5 metros de lado, de forma que fosse possível calcular, com o “Volume Calculation Tool”, o volume de areia deslocada em 5 anos.

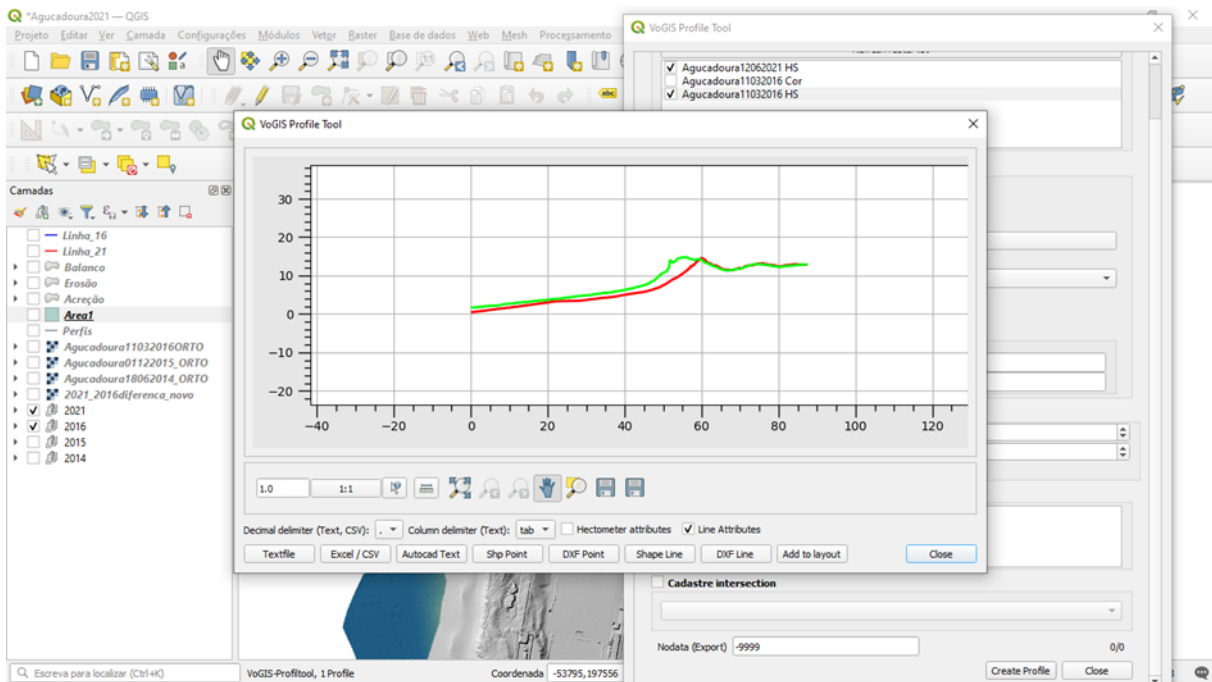


Figura 2.2 - Extrato da visualização do software do resultado obtido ao utilizar o VoGis. Exemplo de comparação de perfis com uma sessão do plugin VoGIS, onde é possível observar o perfil de dois locais em dois anos distintos, sendo que a verde é do ano de 2016 e a vermelho o perfil de 2021.

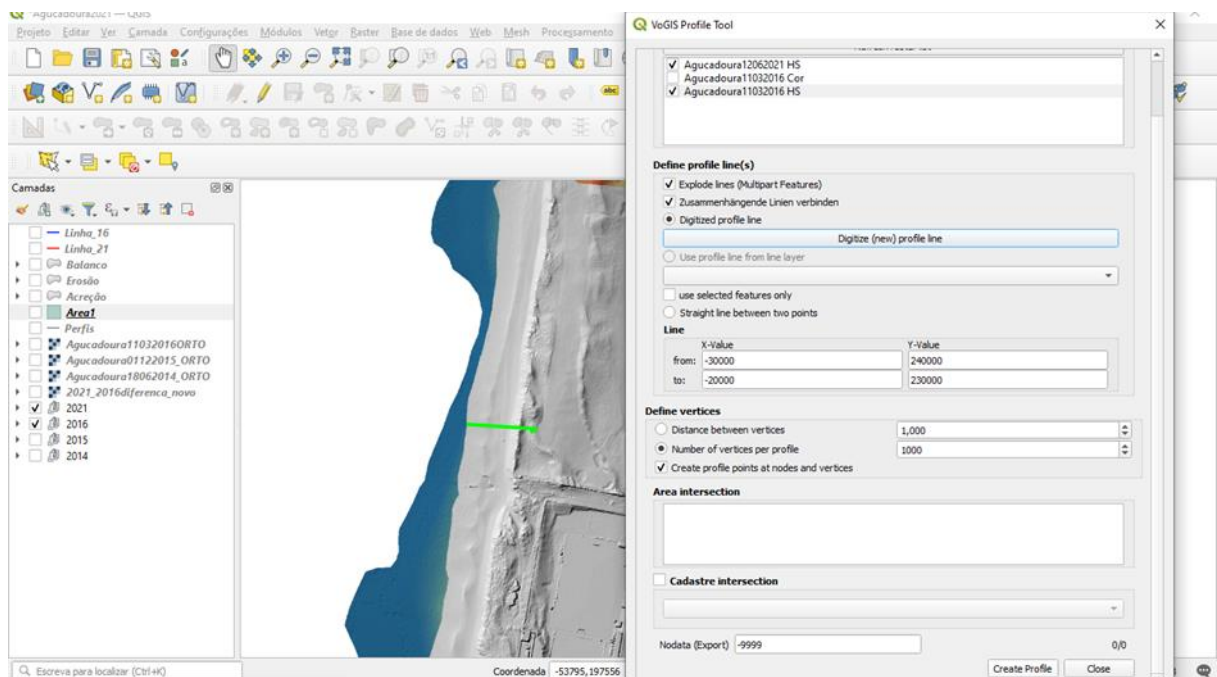


Figura 3.3 – Extrato da visualização do software de como se utiliza Exemplo de uma sessão de utilização do plugin o VoGis para criar perfis no QGis.

Para criar esta grelha foi utilizado o formato shapefile e foi usado o módulo “Criar Grelha” incluído nas opções de processamento vectorial do QGis. Para não serem obtidos dados desnecessários, tais como volume da área residencial ou áreas que não foram âmbito deste trabalho, foi necessário proceder ao corte manual desta grelha de modo a apenas abranger a área

da praia e as dunas mais próximas. Para isso foi necessário selecionar manualmente os polígonos fora destas áreas e proceder a sua eliminação manual.

O “Volume Calculation Tool” é um Plug-in que calcula o volume absoluto de uma área relativamente a um referencial base ou a diferença do volume da mesma região em anos diferentes. Para calcular a diferença entre os dados obtidos em 2021 e os obtidos em 2016 é necessário selecionar a *layer* do mapa topográfico de 2021 como a *layer* 1 e o mapa topográfico de 2016 como a *layer* 2.

2.4- Cálculo da migração com recurso ao modulo DSAS

No sentido de processar e calcular as linhas de vegetação disponíveis, foi utilizada a aplicação SIG ArcGIS e um módulo disponibilizado para este efeito designado por *Digital Shoreline Analysis System* (DSAS), disponibilizado pelo *United States Geological Survey* (USGS). Com recurso a este módulo foram utilizadas as linhas de vegetação disponíveis a partir do Programa da Orla costeira Caminha Espinho, decalcadas a partir de fotografia aérea histórica georreferenciada para os anos de 1973, 1994, 2006, 2010, 2012. Foram decalcadas também, já no âmbito deste trabalho, as linhas de vegetação para os anos de 2016 e 2021, a partir dos ortomosaicos obtidos com recurso a VANT. Para comparação do movimento das linhas de vegetação foram utilizados 55 perfis transversais.

O DSAS permite efetuar cálculos automáticos para registar mudanças da linha de costa permitindo a geração de dados para expressão visual destas alterações. A utilização desta informação é bastante útil no cálculo da média de deslocação deste indicador bem, como a respetiva taxa anual. Para o cálculo desta última é utilizado o “Método dos Mínimos Quadrados” para obtenção de uma reta de regressão linear. A taxa média anual corresponde ao declive desta reta. Foi também utilizada a “Taxa do Ponto Terminal” que consiste em determinar a distância percorrida entre a linha de vegetação mais antiga e mais recente, dividindo a resultante pelo número de anos decorridos entre aquelas. Para uma melhor compreensão do funcionamento do DSAS, foi utilizado um tutorial disponibilizado pelo USGS, na página <https://www.usgs.gov/media/videos/introduction-dsas-v50-sampled-data-workflow>.

Este tutorial norteou a definição dos parâmetros utilizados bem como a definição da “Baseline_base” ou linha base, que consiste numa linha paralela à orientação da linha de costa, a partir da qual são originados os perfis transversais que vão intersectar as diferentes linhas de vegetação disponíveis.

Após o processamento dos dados, este módulo permite obter uma tabela com os cálculos estatísticos selecionados bem como a expressão visual dos dados referentes à mobilidade da linha de vegetação, que foi crucial na elaboração deste trabalho, pois permitiu observar dados como a variação anual das linhas de vegetação

Os dados estatísticos produzidos foram agregados em Excel. Os dados produzidos incluem o número de linhas de costa intersectadas, cujo número varia porque algumas linhas têm pequenas discontinuidades (ShrCount), o total de movimento acumulado da linha de costa, recuo e avanço adicionados em valor absoluto (SCE), o movimento líquido da linha de costa, que é a diferença entre o primeiro e o último ano em análise - valores negativos são recuo (NSM), a taxa do ponto terminal - valor do recuo anual dividindo o número de metros movimentados entre o primeiro e do último ano pelo total de anos em análise (EPR) e por fim a taxa de recuo por regressão linear pelo método dos mínimos quadrados, resultante do ajuste por regressão de todos os pontos correspondentes aos anos intersectados (LRR). Cada um dos 55 perfis está representado no Excel, com toda a informação referida acima e também com o seu respetivo azimute. Para uma melhor compreensão refira-se que o ShrCount foi utilizado para controle de qualidade dos cálculos, pois vai indicar o número de linhas de vegetação que cada um dos perfis consegue intersectar na sua extensão. Como foi referido anteriormente, os perfis apresentam todos as mesmas dimensões, mas nem sempre as linhas intersectadas são contínuas. Neste trabalho o valor máximo de linhas de vegetação que um perfil pode intersectar é 7 (sete), pois é o número de linhas máximo disponível. Estas linhas de vegetação pertencem respetivamente aos anos de 1973, 1994, 2006, 2010, 2012, 2016 e 2021. O valor de SCE expresso na tabela será o valor de quanto a linha de vegetação se deslocou ao longo do perfil, isto é, este valor representa o valor cumulativo da deslocação que a linha de vegetação teve de estudo para estudo segundo a linha do perfil traçado. Assim qualquer movimento da linha de vegetação não será um valor negativo, mas sim positivo, logo apenas se irá somar valores. Criando desta forma uma base de conhecimento sobre a deslocação da linha de vegetação. Já os valores de NSM expressos no Excel irão representar o percurso efetivamente percorrido pela linha de vegetação, sem cumulativo. No fundo será a distância em metros, entre a intersecção com a linha mais recente e a linha mais antiga disponíveis. O NSM é um importante

indicador que compara quanto se deslocou a linha de vegetação deste o primeiro momento em que foi registada, até ao último momento registado, tudo isto segundo a linha de perfil. O valor do NSM é importante, pois é através dele que é possível calcular os valores de EPR, pois o EPR consiste no valor do NSM a dividir pelo número de anos que se registou linha de vegetação sobre a linha de perfil, logo o valor do EPR será resultado da divisão do NSM por 48 anos que é o total de anos decorrido deste 1973 (primeira linha disponível) até 2021 (linha mais recente disponível). Por fim, o último valor avaliado na tabela foi o do LRR, que será o resultante de uma fórmula matemática chamada de Método dos Mínimos Quadrados, o que implica que durante o processamento de dados foi necessário efetuar uma série de cálculos matemáticos para descobrir todos os valores de LRR para os 55 perfis existentes. Tal como se verificou no EPR os valores de LRR serão expressos em metros/ano. Sendo assim o Método dos Mínimos Quadrados também se pode chamar de Mínimos Quadrados Ordinários. Este método irá consistir numa técnica de otimização matemática que tem por intuito de procurar qual é a melhor forma de ajustar a melhor reta de regressão entre os diversos dados, minimizando a soma dos quadrados das diferenças entre o valor estimado e os dados observados. Na utilização deste método vai-se chamar a estas diferenças o nome de “resíduos”. Por isso existem dois requisitos distintos para utilizar este método matemático, sendo que o primeiro é que o erro seja distribuído aleatoriamente, com a obrigação que essa distribuição seja uma distribuição normal, e o outro requisito é que todas as variáveis possuam uma relação linear. E para sustentar este método, o Teorema Gauss-Markov afirma que, indiretamente o avaliador de mínimos quadrados é o avaliador não-enviesado da mínima variância linear. Por este motivo é que este método é interessante de abordar na realização deste trabalho, pois, irá permitir um menor erro em relação ao método de cálculo do EPR, dando desta forma valores mais exatos para a deslocação da linha de vegetação de um ano para outro, permitindo assim ter uma melhor noção da dinâmica da praia da Aguçadoura- Na Figura 2.4 é possível observar a fórmula matemática utilizada no cálculo do Método dos Mínimos Quadrados ou Mínimos Quadrados Ordinários.

$$b = \frac{\sum_i x_i^2 \sum_j y_j - \sum_i x_i \sum_j (x_j y_j)}{N \sum_i x_i^2 - \sum_j x_j \sum_k x_k}$$

Figura 2.4 - Fórmula matemática do Método dos Mínimos Quadrados ou Mínimos Quadrados Ordinários, para a expressão linear. A fórmula foi retirada de <https://slideplayer.com.br/amp/1697436/> a 3 de dezembro de 2021

Para efeitos estatísticos, na parte final da tabela são calculados valores médios para cada um dos parâmetros, permitindo desta forma que também se possa observar qual foi o comportamento médio do areal ao longo dos 48 anos de dados estudados.

3- Resultados e Discussão

3.1- Produtos fotogramétricos

De forma a ser possível realizar um estudo completo sobre esta área, foi realizado no decurso deste trabalho um voo com um VANT para recolher informação que pudesse ser comparável com os dados que foram registados em 2016 por Peixoto (2017). Assim foram extraídos dos dados alguma informação relevante, tais como a posição geográfica da linha de vegetação, um MDE e um ortofotomapa da praia. Com esta informação foi possível obter perfis topográficos do local, bem como projetar a tendência de mobilização da linha de vegetação para os próximos 10 anos e 20 anos. Esta projeção fornece uma estimativa que teve por base a observação o comportamento da linha de vegetação desde 1973 até a atualidade.

O voo VANT foi realizado a 12 de junho de 2021. Este voo teve início às por volta das 10 horas da manhã com uma duração inferior a uma hora com obtenção de 634 fotografias com sobreposição frontal e lateral de 70% obtidas da praia e da área que a circunda. Com isto foi possível processar uma fotografia aérea da área de estudo, tal como se observa na Figura 3.1.



Figura 3.1- Fotografia aérea da praia de Aguçadoura obtida através das fotografias obtidas durante o voo de 12 de junho de 2021.

O voo de 12 de junho permitiu também com base na metodologia anteriormente descrita a obtenção de um modelo digital de superfície.

Esta informação tridimensional permitiu observar as diferentes altitudes do areal, bem como traçar locais de interesse para a elaboração desta tese. Conciliando o MDE com o ortomosaico da praia, acima citado, é possível criar imagens 3D do local de estudo. Mas este estudo não se focou na imagem 3D parciais ou da totalidade. Este modelo foi a base para parte dos dados obtidos, nomeadamente o cálculo do volume por comparação com o mesmo modelo referente a 2016. O modelo digital de superfície encontra-se ilustrado Figura 3.2.

Os MDS's obtidos são intrinsecamente mapas altimétricos. Desta forma a sua obtenção para 2016 e 2021. tornou possível calcular o balanço sedimentar entre os dois anos, possibilitando concluir se esta área tem tido recarga sedimentar suficiente ou se está em erosão. Para a execução desta fase apenas é necessário comparar as diferenças entre os dois MDS. Os MDS permitem criar mapas em falsa cor, correspondentes às diferenças de altitude. Desta forma a comparação vai permitir a observação das mudanças geomorfológicas do local. Os mapas mostrados na Figura 3.3 e na Figura 3.4 são os MDS adquiridos ao longo da realização deste trabalho.

Assim sendo existem 3 modelos que permitem determinar a altitude de qualquer um dos pontos existem no modelo. Sendo estes o MDS (Modelo Digital de Superfície), o MDE (Modelo Digital de Elevação) e o MDT (Modelo Digital de Terreno). De uma forma geral o MDT e o MDE são semelhantes, pois ambos transmitem apenas a altitude do terreno em relação ao nível do mar. Já o MDS é mais completo e fornece a altitude do terreno, bem como a altitude dos edifícios, a altura da copa das árvores, entre outras coisas. Este modelo vai permitir obter a altitude de qualquer ponto do terreno, bem como a altitude de todos os objetos que existam na área de estudo.



Figura 3.2- Modelo digital de superfície obtido no voo de 12 de junho de 2021 em escala altimétrica sombreada.

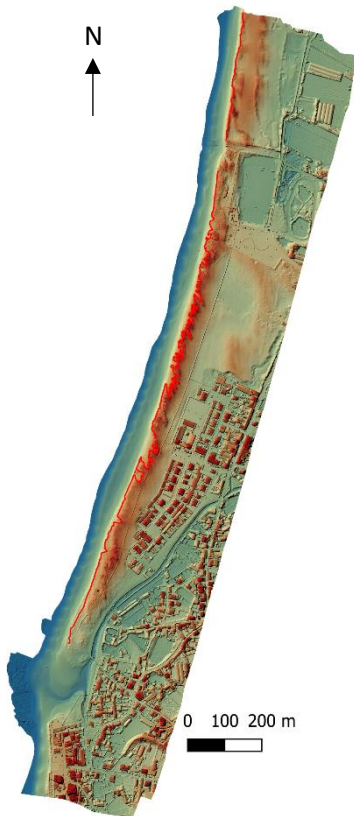


Figura 3.3- Imagem do mapa topográfico de 2021, mas com a linha de vegetação demarcada.



Figura 3.4- Imagem do mapa topográfico de 2016, mas com a linha de vegetação demarcada.

Com a informação referida acima foi possível fazer operações de cálculo entre as superfícies, gerando novas camadas de informação com interesse para este trabalho. Com uma simples obtenção de subtração entre a superfície de 2021 e 2016, foi possível gerar uma camada com o balanço do areal, permitindo determinar e quais zonas sofreram acreção e quais sofreram erosão.

Para simplificar a análise dos MDT foi possível identificar quais os locais que sofreram maiores alterações na praia da Aguçadoura e destacá-los, criando polígonos em QGIS, com o intuito de demarcar áreas de maior interesse, facilitando desta forma a sua observação, bem como o seu estudo. Desta forma ao longo deste trabalho, foram demarcadas 7 áreas de interesse, pelos mais diversos motivos, tais como locais com muita acreção ou erosão, ou então locais onde estes valores se encontravam equilibrados. Como se pode concluir, a informação que estes dados forneceram é uma informação visual e também estatística, através do cálculo da areia deslocada. Assim é possível observar e ter uma noção do que ocorreu ao areal desde 2016 até 2021. A maioria das áreas assinaladas vão se encontrar na parte Norte da praia da Aguçadoura e estão representadas com a amarelo, isso poderá ser visível na figura abaixo nomeada como Figura 3.5.

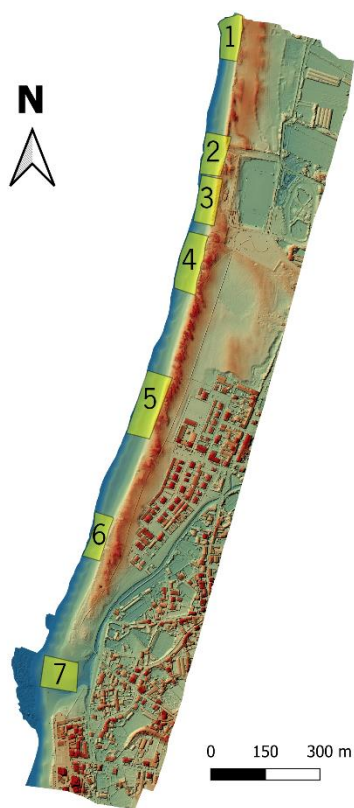


Figura 3.5 - Figura do MDE de 2021 da praia da aguçadoura, onde contém as áreas de maior interesse do balanço do areal entre 2016 e 2021 representadas a amarelo

Com isto, foi possível observar que, apesar de existirem pequenas áreas com acreção, a erosão é predominante, o que leva a concluir que a praia tem vindo a perder areia no período em análise. Das 7 áreas utilizadas, apenas em três evidenciam acreção significativa, na área 4, na área 5 e área 7, e em uma mostrou acreção ligeira, na área 6.

Reparou-se que existiam nas 7 áreas sinais de erosão, sendo que, em três destas, nomeadamente a área 1, área 2 e área 3, localizadas no setor norte da praia, os níveis de erosão verificados foram muito intensos. Contrariamente, no setor sul, na área 6 e na área 7, observou-se que a erosão foi ligeira. Nas duas áreas, presentes no setor centro da praia, área 4 e área 5, existiram sinais de erosão moderada.

Tendo em conta esta análise, foi possível determinar que as áreas onde se encontram vestígios de erosão existem em maior número que as áreas onde se vestiriam sinais de acreção.

No sentido de proceder a uma análise quantitativa da diferença de volume de sedimento observada no período em análise para estas áreas, foi calculado do balanço sedimentar. Constatou-se que todas as áreas selecionadas apresentam movimentação de areia durante os cinco anos. Posto isto, existem três áreas onde o balanço é claramente negativo, pois não é possível observar registos de acreção, apenas de erosão intensa (área 1, área 2 e a área 3). Na área 7 consegue-se encontrar sinais de acumulação de areia, apresentando os menores sinais de erosão. As restantes áreas demarcadas provocam uma maior dificuldade visual de identificar se ocorreu acumulação ou não de areia. Por esse motivo, recorreu-se ao *raster* do "Volume Calculation Tool", com este método, verificou-se que a área 5 e a área 6 apresentam valores negativos de balanço volumétrico, já a área 4 apresentou valores positivos. Por isso, a média do volume de areia por área nos 5 anos de estudo seja negativa e correspondente a $-5581,5 \text{ m}^3$, representando uma grande perda de areia. A Tabela 1 demonstra os valores para cada área, o valor mínimo irá representar uma grande remoção de areia, correspondendo a $-15457,5 \text{ m}^3$, enquanto o valor máximo observado representa uma modesta acumulação de areia, sendo $2920,7 \text{ m}^3$. As somas destes sete valores atingiram um valor absoluto de $-39070,5 \text{ m}^3$.

Na Figura 3.6 as áreas onde ocorreram valores de balanço sedimentar negativos estão marcadas a vermelho e as áreas com valores positivos estão demarcadas a verde.

Tabela 1- Valores do balanço das áreas demarcadas, expressos em m³, permitindo observar onde existe valores positivos e valores negativos, que representam acreção e erosão respectivamente.

Áreas	Valores do balanço (m ³)
Área 1	-15457,5
Área 2	-12468,3
Área 3	-11638,8
Área 4	309,8
Área 5	-2129,4
Área 6	-607
Área 7	2920,7

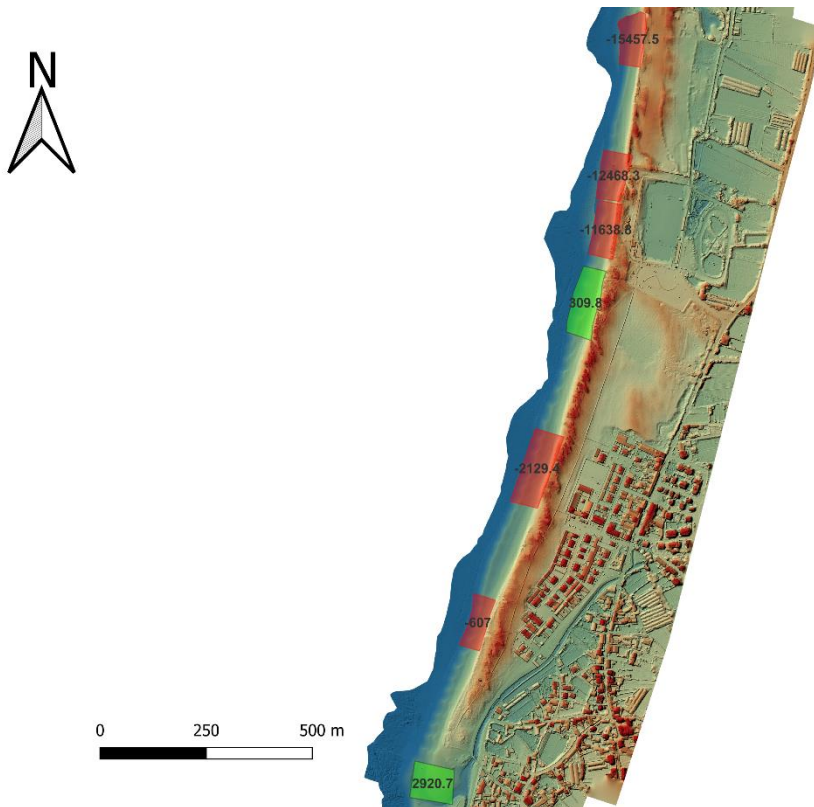


Figura 3.6- Mapa das áreas demarcadas, com os valores calculados presentes em cada respectiva uma das áreas.

Assim desta forma é possível constatar que a área 4 e 7 apresentam acreção, tendo as restantes áreas apresentando erosão. A erosão é particularmente evidente nas áreas 1, 2 e 3. O

somatório dos valores erodidos e acumulados, permite concluir que, nestas áreas, a praia tem vindo a perder areia.

A comparação das superfícies através de uma operação de subtração, permite observar os locais onde existiu deslocação de areia, e juntamente com os valores estatísticos é possível saber a quantidade de areia deslocada, tal como se ilustra na Figura 3.7 e Figura 3.8. Pois foi possível criar dois mapas distintos, um mapa de acreção e outro de erosão. Assim na Figura 3.7 é possível observar toda a acreção existente na praia da Aguçadoura e na Figura 3.8 é observável a erosão existem em todo o areal. Com isto é possível observar que não existiu acreção no setor norte da praia, apenas no setor centro e sul. E no mapa de erosão observou-se que existiu sinais de erosão em todo o mapa, mas esta tendência diminui de norte para sul.

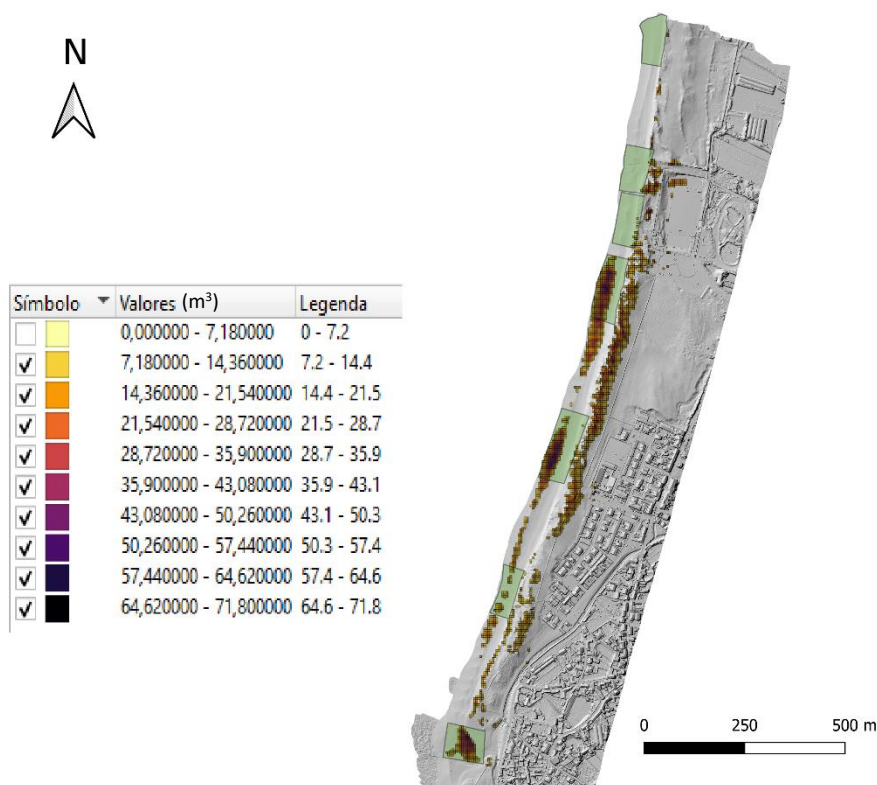


Figura 3.7- Mapa da acreção da praia da Aguçadoura com as áreas representadas.

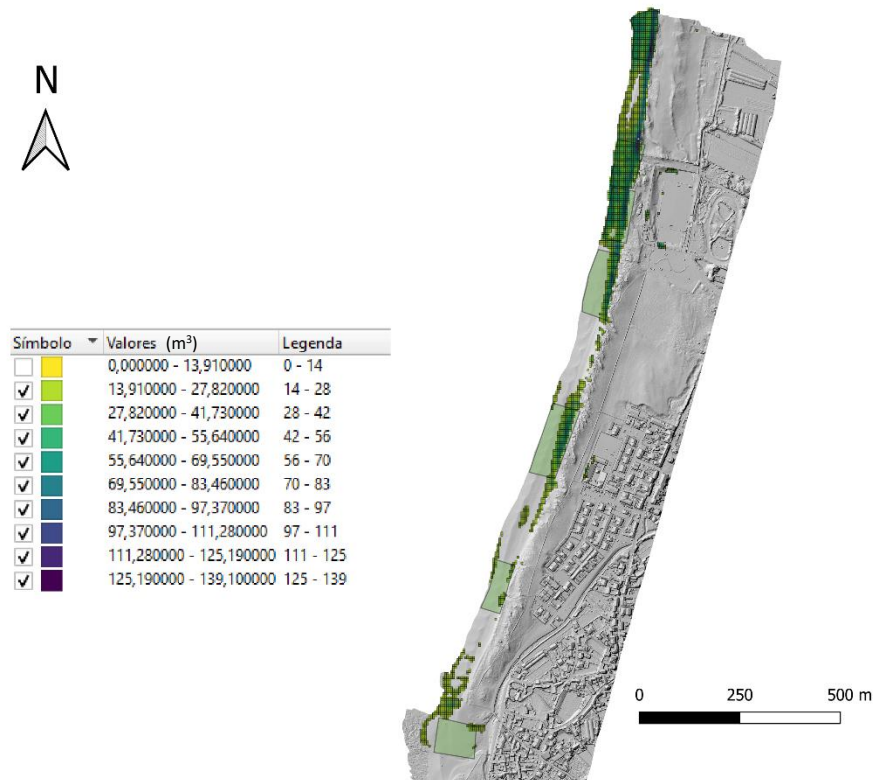


Figura 3.8 - Mapa da erosão da praia da Aguçadoura com as áreas representadas.

3.2- Balanço sedimentar

Da comparação do MDS de 2021 com o de 2016, foi possível fazer determinações de balanço sedimentar. Tal como já foi dito, referente a 2016 e foi obtida por (Peixoto, 2017). Para obtenção da informação referente ao balanço sedimentar, foi efetuada uma subtração entre a superfície de 2021 e a de 2016, permitindo observar áreas onde ocorreu acreção ou erosão sedimentar.

Estes cálculos efetuados em QGis permitiram obter mapas onde é possível visualizar os locais exatos de onde está a ocorrer acreção e erosão nesta praia. Para facilitar a posterior análise a área de estudo foi dividida em três setores diferentes: setor norte; setor centro; e setor sul.

Para facilitar os cálculos e permitir a utilização da ferramenta "Volume Calculation Tool", tal como já foi mencionado na metodologia, foi utilizada uma grelha poligonal quadrada, em formato *shapefille* com polígonos de cinco metros de lado. Esta grelha permite obter para cada polígono, o volume de areia deslocada para os cinco anos em análise, tal como se observa na Figura 3.9.

Da análise dos resultados, foi possível observar que ao longo de toda praia é possível registar sinais de erosão, sendo que em certos locais ocorreu com bastante mais intensidade que em outros locais. Verificou-se que o local onde ocorreu maior erosão foi claramente no setor norte da praia, tal como se poderá observar na Figura 3.9. Já os restantes locais, setor centro e setor sul, apresentaram também sinais de erosão, mas com menos intensidade do que a que se registou no setor norte. Dos setores centro e sul pode-se verificar que a que apresentou menor sinal de erosão foi o setor sul. Com isto, a capacidade de erosão vai diminuindo de norte para sul, e tal como se observa na Figura 3.9, o setor apresenta sinais de erosão por toda a sua extensão, já os dois outros setores apresentam sinais de erosão, mas não em toda a sua extensão.

Ocorreu alguma acreção um pouco por todos os sectores, mas com maior preponderância no setor centro e no setor sul, deixando desta forma o setor norte como o setor com onde não se observou acreção na praia da Aguçadoura de 2016 até junho de 2021, sendo o balanço sedimentar total negativo. Através da mesma análise foi possível observar que o setor centro foi o que apresentou maior acreção em valor absoluto no período analisado. Apesar deste resultado, o sector com balanço positivo, isto é onde os valores de acreção são superiores aos valores de erosão, é claramente no setor sul. Mas isso parece dever-se mais ao facto de neste setor ter ocorrida menos erosão pois o valor de acreção absoluta é inferior ao sector central. Com isto é possível afirmar que estas três setores têm balanços totalmente distintos, o setor norte apresenta um balanço negativo, pois apenas foi removida areia e em praticamente nenhum local deste setor se verificou a acreção de areia, o setor sul já foi referida que apresentou um balanço positivo e o setor centro apresentou um balanço relativamente neutro. Na parte mais a Este do setor centro aquela que se encontra mais perto do local de rebentação das ondas acumulou-se areia, já na parte Este do setor centro, aquela que se encontra na região dunar, confirma-se que houve uma remoção de areia. Contudo, como já foi referido, o balanço sedimentar é neutro para este setor da praia da Aguçadoura. As figuras Figura 3.9, Figura 3.10 e Figura 3.11, exprimem graficamente estes resultados.

Mas para uma melhor compreensão da erosão ocorrida o mapa tem consigo uma legenda de todas as cores usadas e a quantidade de erosão que elas representam, bem com a indicação do ponto cartográfico, da limitação dos 3 diferentes setores e da legenda. Já a os dados da acreção ocorrida na praia da Aguçadoura estão presentes no mapa da Figura 3.10 e aqui os valores podem variar entre a cor de laranja e o preto, onde o preto mostra a maior acumulação de areia e a laranja a menor acumulação de areia desde 2016 até 2021. Tal como no mapa de

erosão, o mapa da acreção é acompanhado de um ponto cartográfico, escalada, da delimitação do setor norte, setor centro e setor sul e também acompanhado por uma legenda para mais fácil compreensão e para demonstrar qual intervalo de valores de areia acumulada corresponde a cada cor utilizada. Na Figura 3.10 está presente o balanço total da praia da aguçadora desde o trabalho de (Peixoto, 2017), isto é, aqui é possível observar todos os locais de acreção e erosão na praia da Aguçadoura, bem como quais foram os valores de areia acumulada e removida desde 2016. Como esta informação estava compreendida para todo o areal foi separa toda a informação para assim promover uma melhor compreensão. Assim na Figura 3.15 existe uma aproximação da área 4 para observar o balanço que esta sofreu em cada uma das quadriculas da grelha, permitindo observar o valor exato, em m³. Esta foi a área escolhida, pois é aquela onde se regista os valores mais simétricos, daí o seu balanço ser o mais perto de 0 m³. Já a Figura 3.16 é uma aproximação da área 1, onde se observa também os seus valores em m³. A escolha desta área foi pelo facto de esta ser a área com o valor de balanço mais distante de 0 m³, logo é possível observar a maior assimetria dos dados.

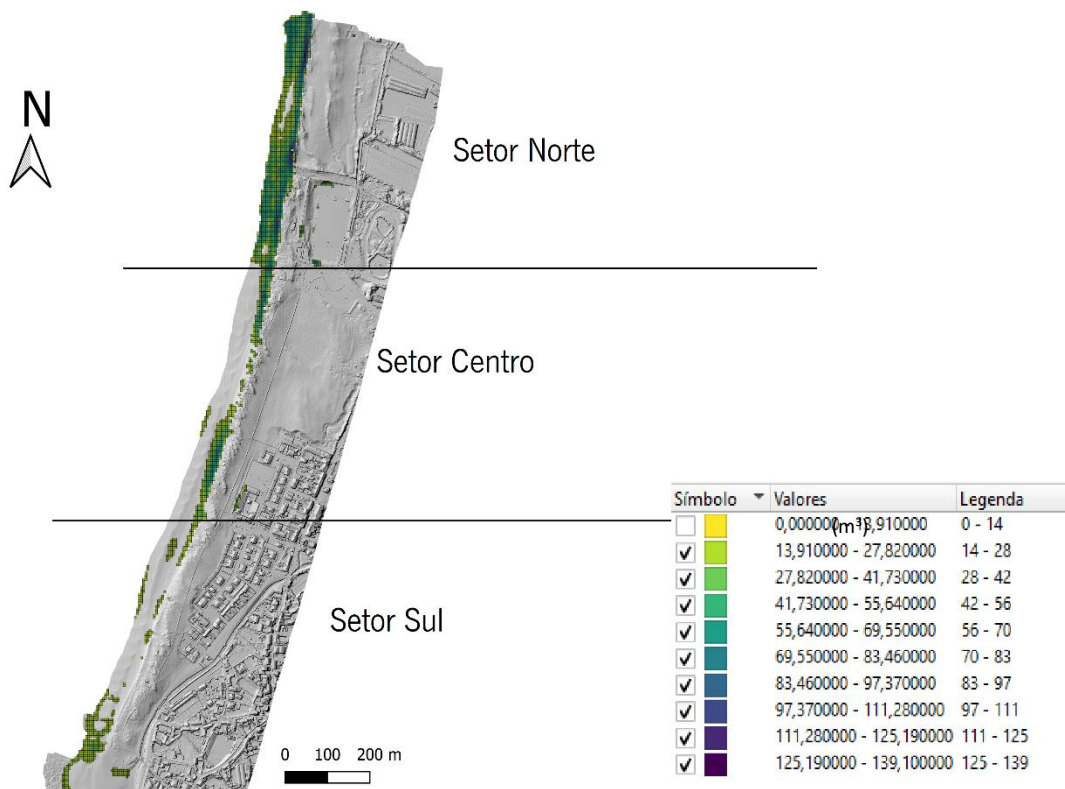


Figura.3.9. Mapa de erosão da praia da Aguçadoura onde é possível observar os valores de erosão, com o mapa MDS de 2021 da praia da Aguçadoura como a base do mapa de erosão.

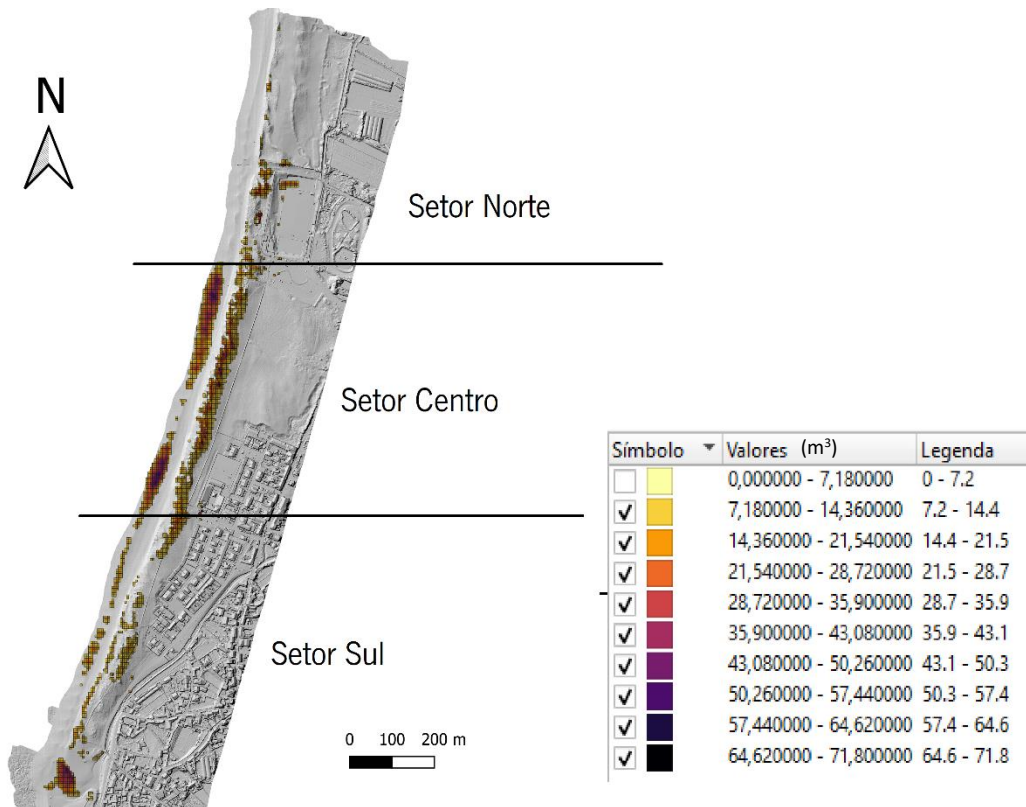


Figura 3.10 - Mapa de acreção da praia da Aguçadoura com os valores de acreção, com o do MDS de 2021 da praia da Aguçadoura como a base do mapa de acreção.

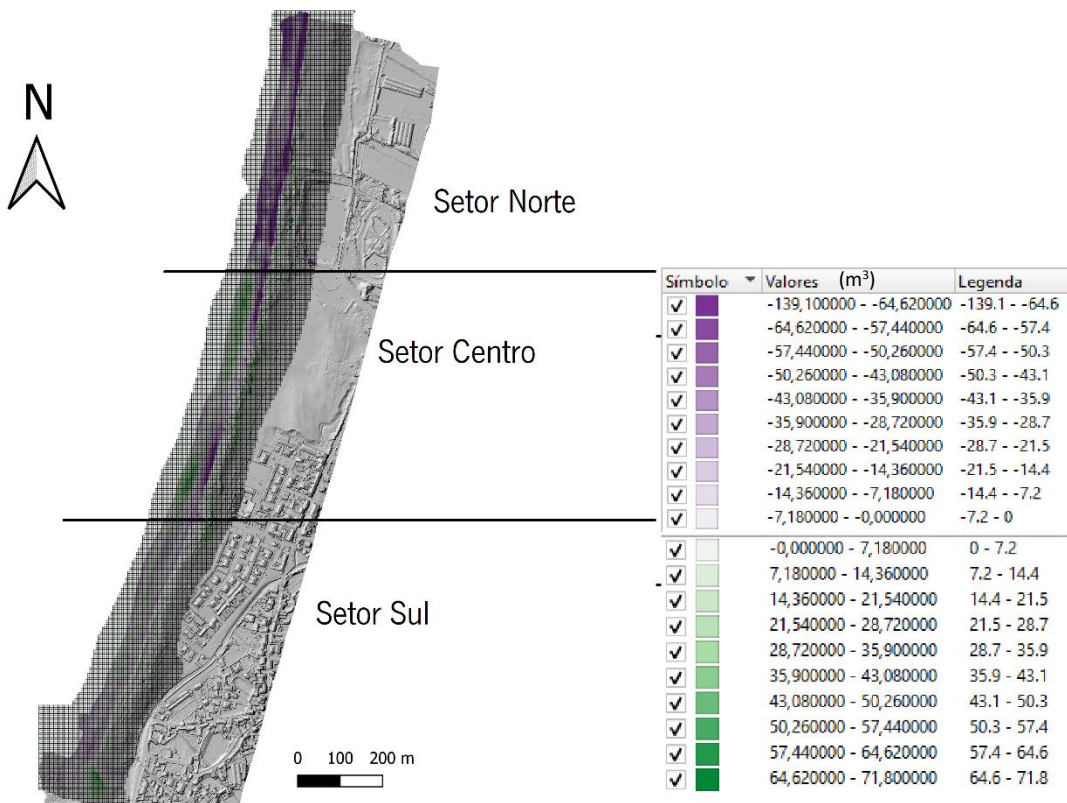


Figura 3.11 - Mapa de balanço da praia da Aguçadoura com os valores de acreção e erosão, com o do MDS de 2021 da praia da Aguçadoura como a base do mapa de balanço.

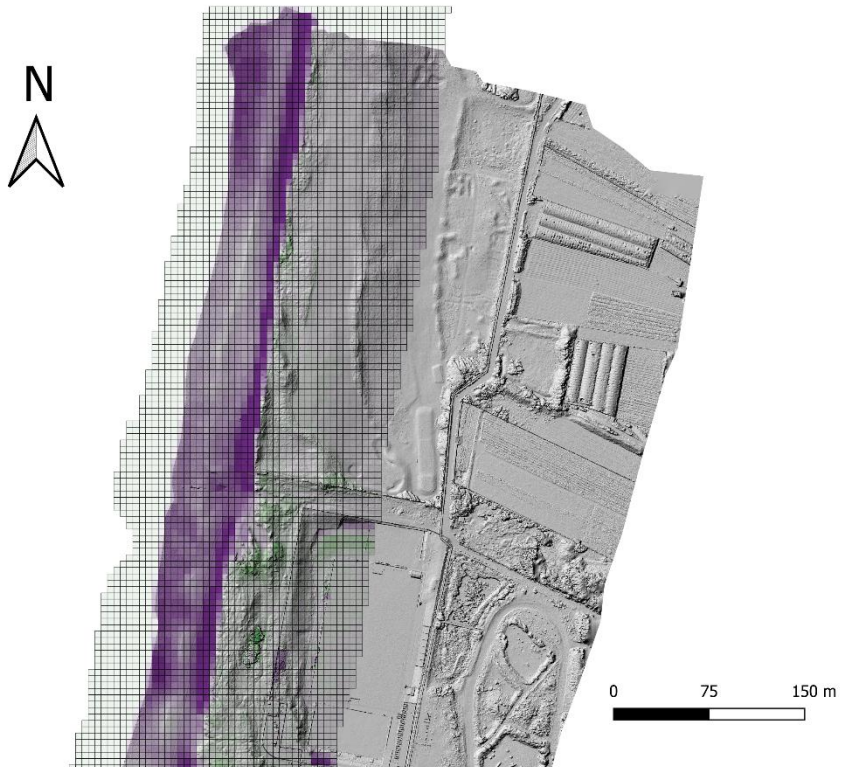


Figura 3.12 - Mapa do setor norte do balanço da praia da Aguçadoura, com o MDS de 2021 da praia da Aguçadoura como a base do mapa.

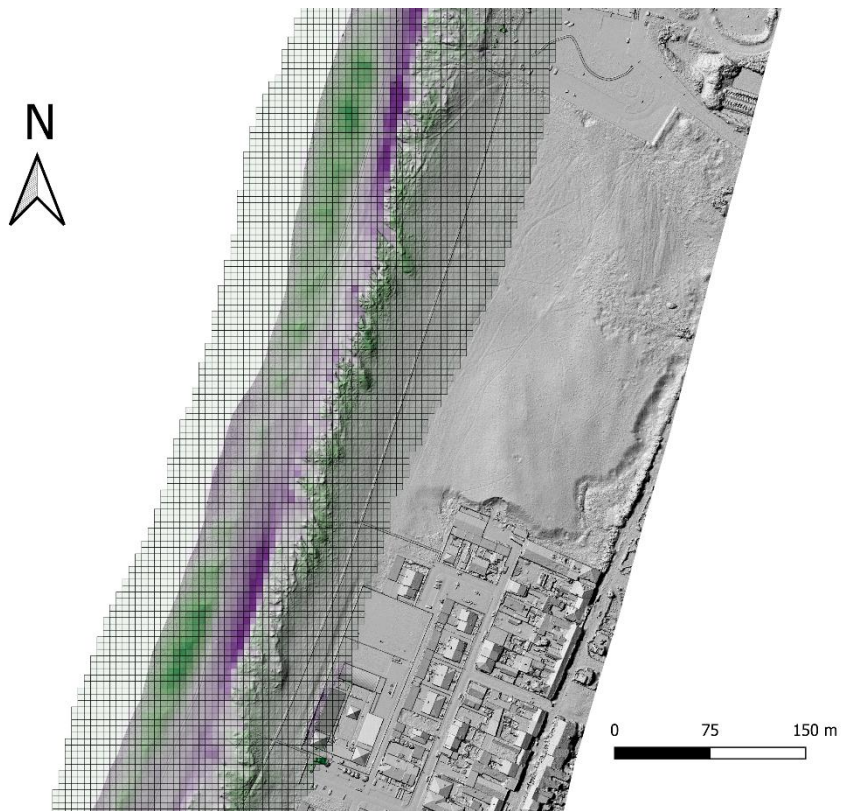


Figura 3.13 - Mapa do setor centro do balanço da praia da Aguçadoura, com o MDS de 2021 da praia da Aguçadoura como a base do mapa.

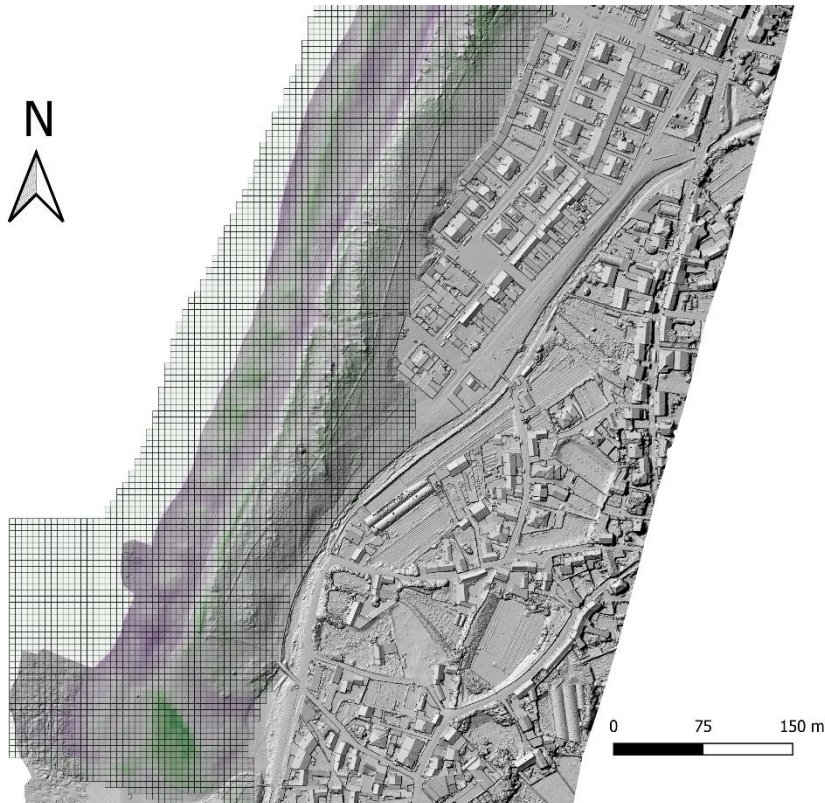


Figura 3.14 - Mapa do setor sul do balanço da praia da Aguçadoura, com o MDS de 2021 da praia da Aguçadoura como a base do mapa

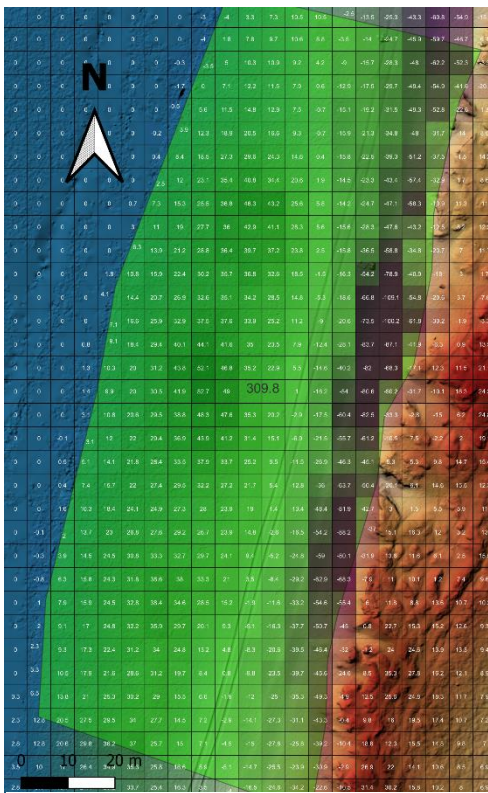


Figura 3.15 – Aproximação da área 4, permitindo observar as mudanças volumétricas em metros cúbicos (m^3) para cada quadrícula da grelha, assim como a própria área.

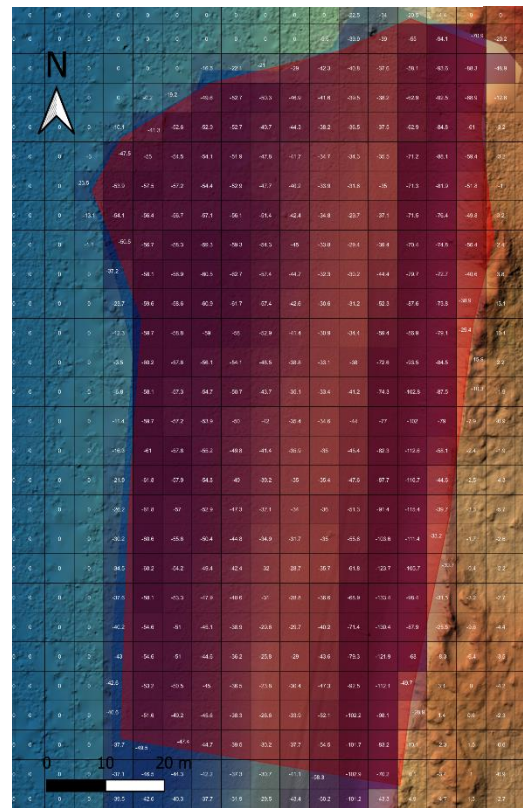


Figura 3.16- Aproximação da área 1, permitindo observar as mudanças volumétricas em metros cúbicos (m^3) para cada quadrícula da grelha, assim como a própria área.

3.3- Análise da mobilidade da linha de vegetação entre 2016 e 2021

Como já foi acima referido o MDS foi bastante útil para obtenção do volume de sedimentos deslocado. No entanto, este MDS, em conjugação com o ortomosaico, permitiu também traçar a linha de vegetação de 2021. Com a mesma metodologia, utilizando os mesmos dados referentes a 2016, obtidos por (Peixoto, 2017), foi também obtida a linha de vegetação para esse ano. A linha de vegetação traçada consiste no limite do cordão dunar com a vegetação existente por de trás deste mesmo. Assim foi demarcada essa linha de delimitação, para se efetuar um estudo comparativo das duas. O resultado deste trabalho está expresso na Figura 3.17 e na Figura 3.18. Sendo possível medir a diferença entre a posição das duas linhas de vegetação. Pontualmente, para troços mais pormenorizados foi utilizada a régua manual do QGis.

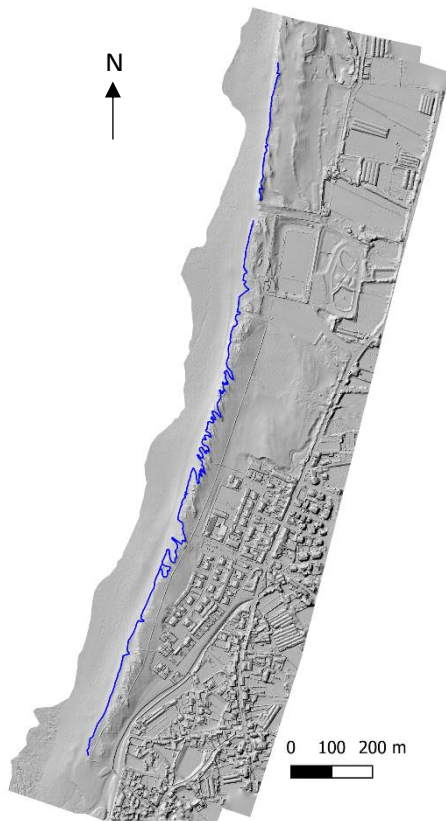


Figura 3.17 - MDS obtido no voo de 2016 com a linha de vegetação de 2016 assinalada a azul



Figura 3.18- MDS obtido no voo de 12 de junho de 2021 com a respetiva linha de vegetação de 2021 assinalada a vermelho

A medição manual permitiu identificar e quantificar localmente mudanças na linha de costa. Com as duas linhas de vegetação traçadas foi possível ilustrar visualmente a deslocação deste indicador bidimensional. Assim foi possível visualizar facilmente que ocorreu um grande

recuo nos últimos cinco anos, sendo que apenas em pequenas porções da praia se verificaram pequenos avanços da linha vegetação. Na generalidade, os valores de avanço da linha vegetação são bastante inferiores aos do recuo. Em certos locais foi possível medir, para o período em análise, trinta e cinco metros de recuo da linha de vegetação. Contudo este valor é muito localizado, sendo os valores mais comuns situados entre os doze ou treze metros de recuo. Os valores máximos de avanço da linha de vegetação rondam os quinze metros, sendo este também um valor muito localizado. A média dos avanços situam-se à volta de um metro. Com esta análise simplificada, é possível observar que a movimentação da linha vegetação é predominantemente de recuo. No setor norte do areal não se encontra nenhum ponto que se observe avanço da linha vegetação. Esta informação está coerente com a Figura 3.10 referente ao balanço sedimentar, pois nesse mapa no mesmo setor, predomina a erosão. Como tal, também se verifica que nesta parte do areal só se identifica recuo dunar.

O primeiro registo de avanço da linha de vegetação, observado de norte para sul no setor, ocorre no setor mais central da praia. Contudo aqui existe uma maior irregularidade da linha de vegetação para os dois anos, provocada essencialmente por ação eólica, provando que esta seção do areal é a mais afetada pelo vento. Neste setor verifica-se a existência pontual de avanços da linha de vegetação, no entanto, como em todo o areal este setor apresenta de forma geral um recuo da linha de vegetação.

Na figura 3.19 é possível observar o recuo generalizado da linha de vegetação. De forma a melhorar perceção deste movimento nas Figura 3.20, Figura 3.21 e Figura 3.22, é possível observar imagens de pormenor para os três diferentes setores da praia (setor norte, setor centro e setor sul).

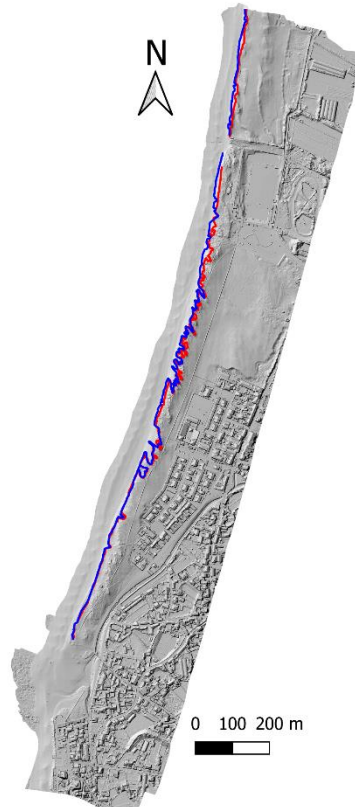


Figura 3.19 Mapa das linhas de vegetação, com a linha dunar de 2016 a azul e a linha dunar de 2021 presente a vermelho, com o MDE de 2021 da praia da Aguçadoura é a base do mapa.

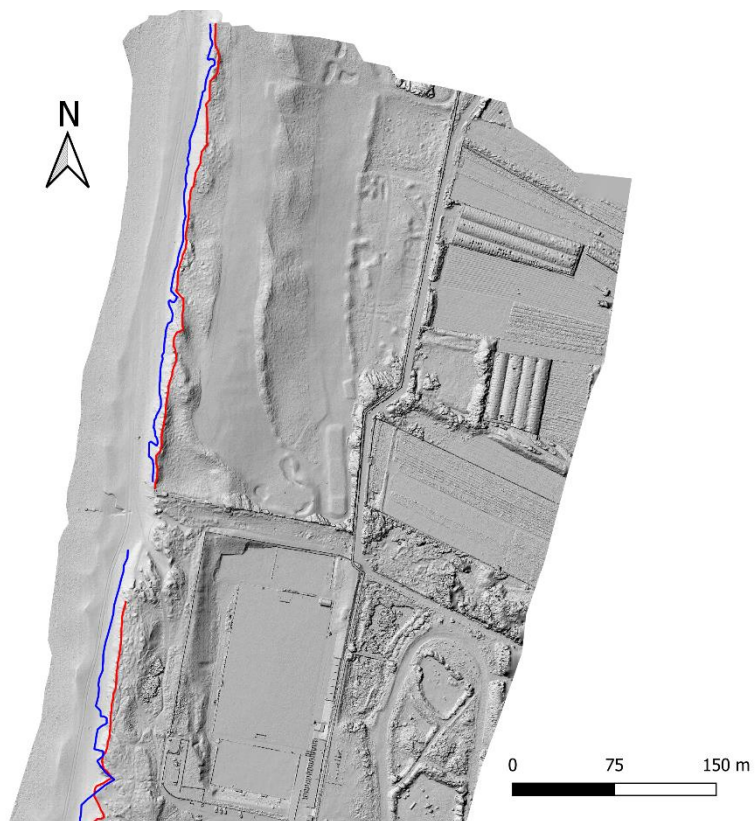


Figura 3.20- Setor norte do mapa das linhas de vegetação, com a linha dunar de 2016 a azul e a linha dunar de 2021 presente a vermelho, com o MDE de 2021 da praia da Aguçadoura é a base do mapa.

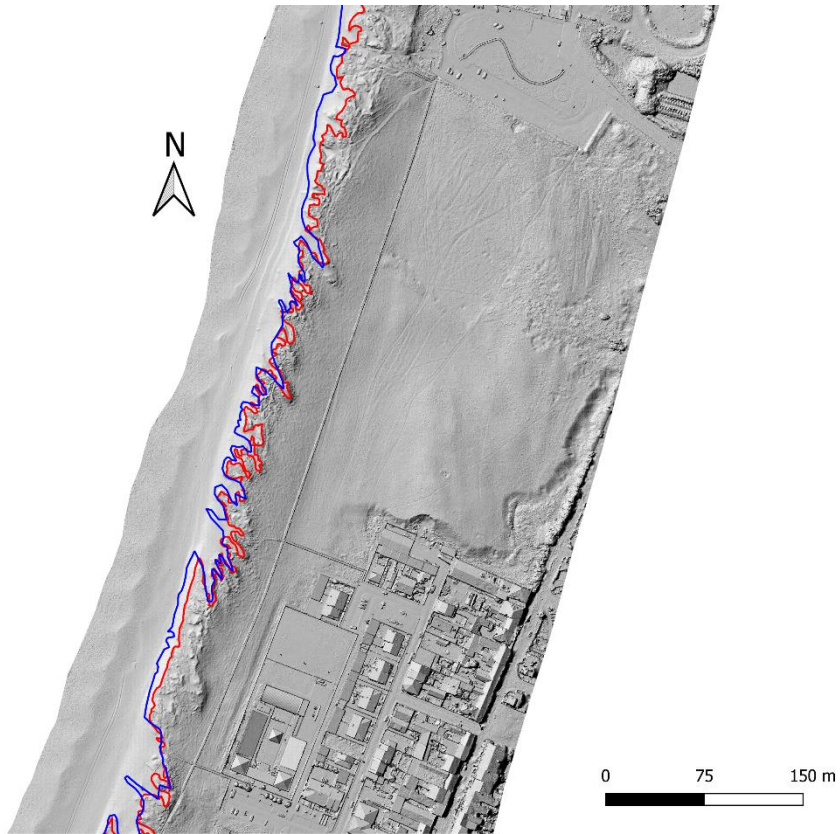


Figura 3.21- Setor centro do mapa das linhas de vegetação, com a linha dunar de 2016 a azul e a linha dunar de 2021 presente a vermelho, com o MDE de 2021 da praia da Aguçadoura é a base do mapa.

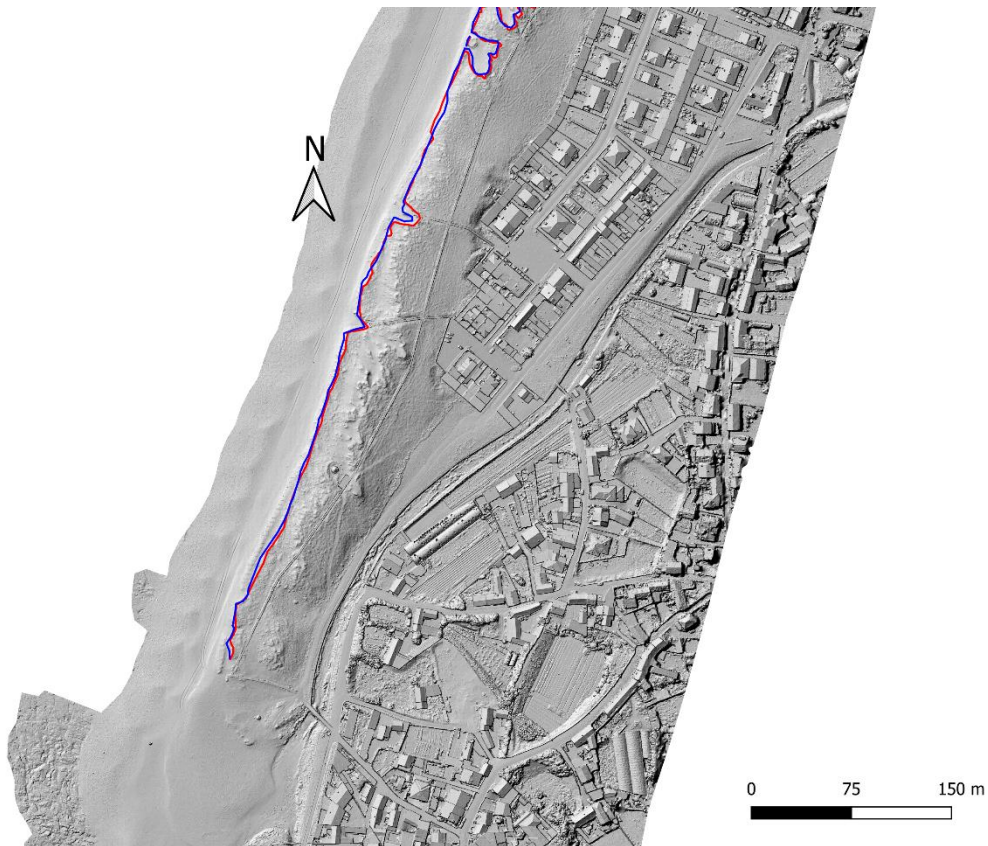


Figura 3.22- Setor sul do mapa das linhas de vegetação, com a linha dunar de 2016 a azul e a linha dunar de 2021 presente a vermelho, com o MDE de 2021 da praia da Aguçadoura é a base do mapa.

Os valores de recuos e avanços acima citados foram descobertos através de dois métodos, ambos através de valores estatísticos e de suportes tecnológicos com o software correto, recorrendo a existência de certas ferramentas fornecidas pelo QGis como as ferramentas de medição. A ferramenta de medição irá funcionar de uma forma bastante particular, e foi desta maneira que se conseguiu fazer as medições da distância exata entre dois pontos distintos, sendo que um estaria sobre a linha de vegetação de 2016 e outro sobre a linha de vegetação de 2021. Este processo foi usado em todas medições necessárias ao longo da elaboração deste trabalho e por isso efetuado diversas vezes. Foi através de várias medições em locais distintos que se obteve qual seria o valor mais recorrente de variação da posição da linha de vegetação, tal como o cálculo do valor médio. Esta ferramenta tornou-se bastante pertinente, pois foi usada para se atingir os valores precisos de deslocação. A ferramenta de medição do QGis pode ter duas funcionalidades, uma delas é manual, onde o cálculo da distância irá ser efetuado ou o operador do QGis selecionar dois pontos à sua escolha e assim o software demonstra o valor exato da distância entre os dois pontos escolhidos, mas este método apresenta imensos erros, pois não permite ter a certeza de que um ou ambos os pontos foram colocados no local correto, ou então exato, logo irá apresentar erro humano, podendo ser em certos casos superiores ao desejável. Logo este método apenas deve ser usado em casos pontuais para se observar certos valores. A segunda forma de calcular, foi aquela que foi mais utilizada neste trabalho e consiste em permitir que o software coloque automaticamente os pontos para assim se saber qual era o espaço existentes entre os dois pontos, este método permite que diminuir os erros que existiam no primeiro método, pois aqui o erro humano já é totalmente eliminado na colocação dos dois pontos. Mas mesmo existindo esses erros humanos o método manual foi utilizado para se demonstrar em certos locais com mais relevância a deslocação da linha de vegetação entre 2016 e 2021

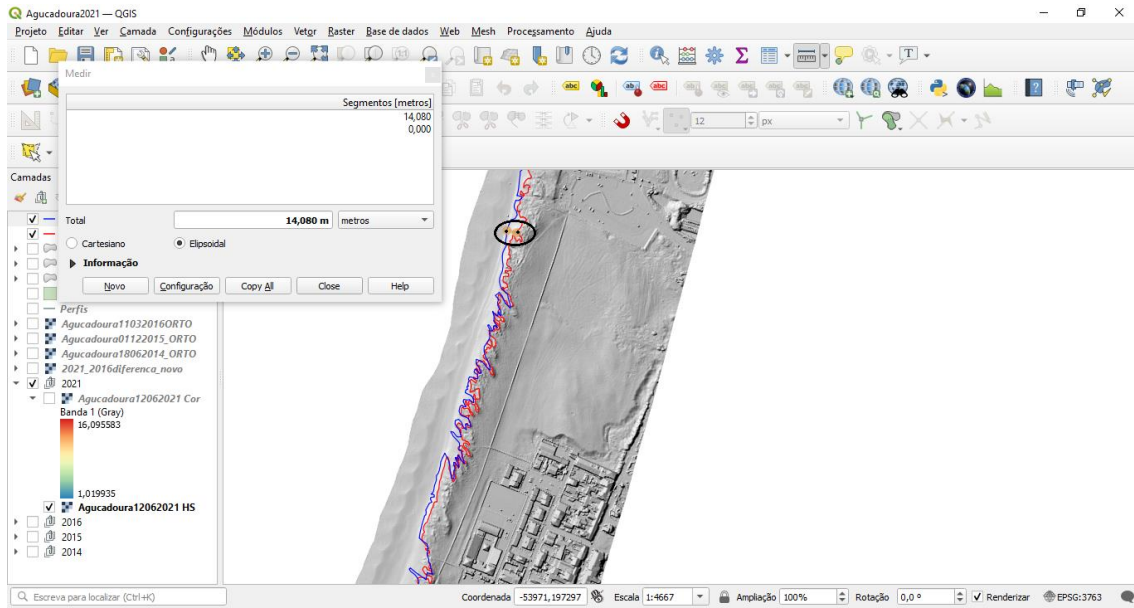


Figura 3.23- Medição efetuada no setor centro da praia da Aguçadoura com os valores de deslocação da linha dunar ligeiramente acima da média calculada, com o DEM de 2021 da praia da Aguçadoura é a base do mapa.

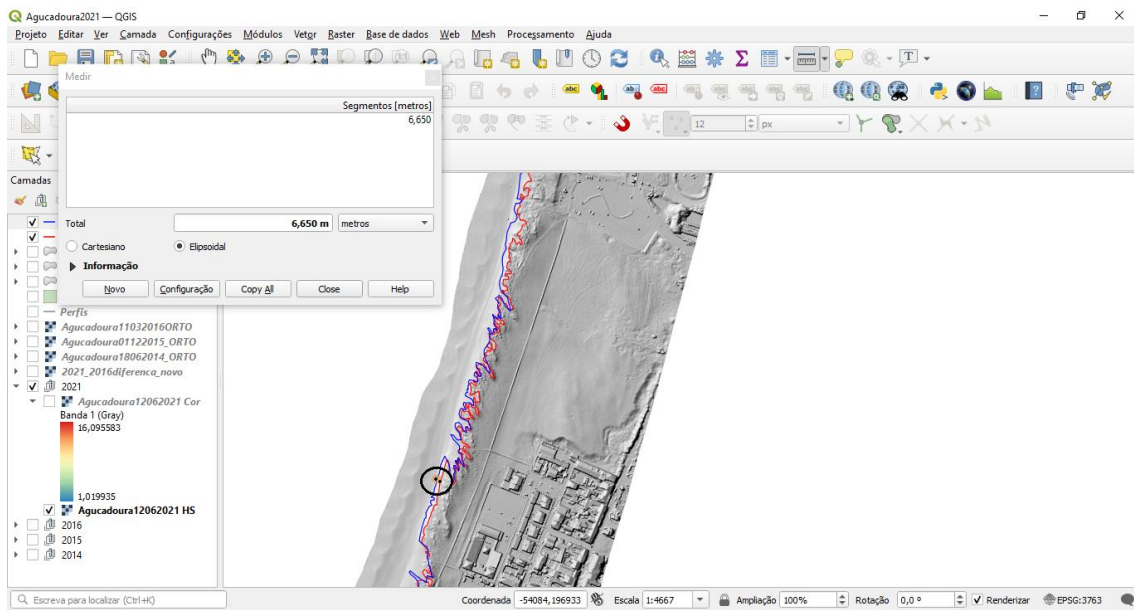


Figura 3.24. Medição efetuada no setor centro da praia da Aguçadoura com os valores de deslocação da linha dunar ligeiramente abaixo da média calculada, com o DEM de 2021 da praia da Aguçadoura é a base do mapa.

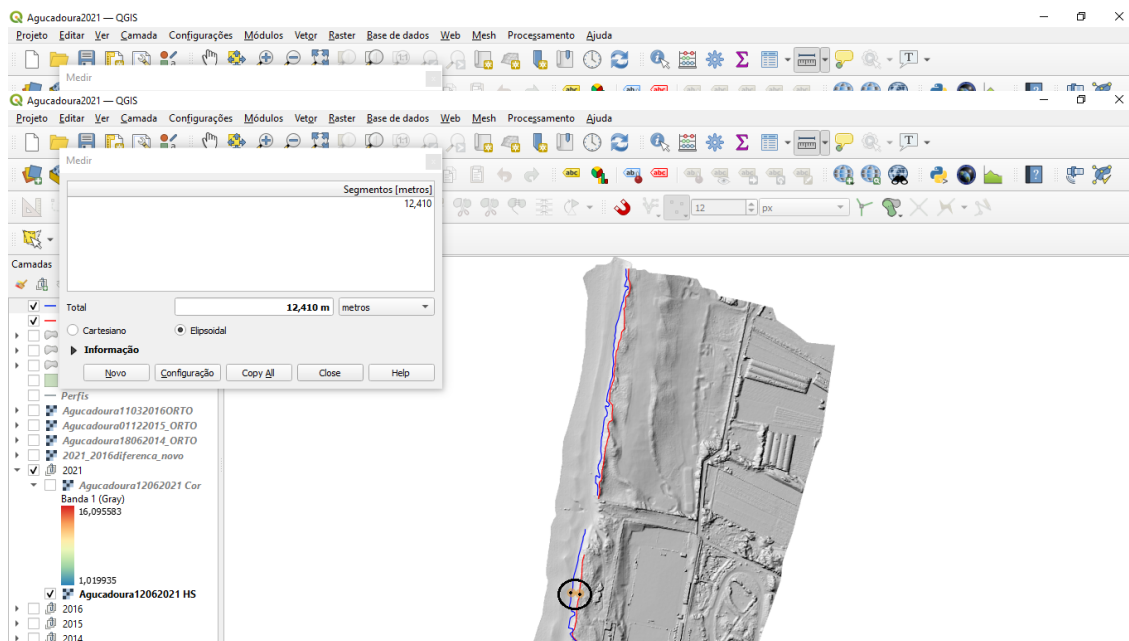


Figura 3.25 - Medição efetuada no setor norte da praia da Aguçadoura com os valores de deslocação da linha dunar dentro da média calculada, com o DEM de 2021 da praia da Aguçadoura é a base do mapa.

3.4- Análise da mobilidade da linha de vegetação entre 1973 e 2021 utilizando o DSAS

O segundo método de análise da linha de vegetação, para se calcular a migração deste indicador entre os anos de 1973 e 2021, foi realizado com recurso ao DSAS. Deste modo com base na distância e análise automática, é possível saber a distância que a linha de vegetação se deslocou. Sendo mediado por um módulo, é um método muito mais preciso e não depende de escolhas arbitrárias feitas pelo utilizador. Os dados obtidos estão expressos na tabela 2.

De forma geral é possível observar que desde 1973 até 2021 ocorreu um recuo dunar bastante significativo, atingindo em certos locais o recuo de trinta e cinco metros, tal como também se verificou recuos a chegar mesmo a um máximo de quarenta metros de recuo da linha de vegetação em 48 anos. No entanto, apesar do enorme recuo da linha de vegetação entre este período de tempo, ela teve um aumento no seu comprimento de cerca de quatrocentos e dez metros, pois na parte mais a norte do areal verifica-se que subiu desde a zona do campo de futebol, que era aí o ponto mais a norte da linha vegetação de 1973, cerca de trezentos e cinquenta metros e no setor sul observou-se um aumento de cerca de sessenta metros da extensão do areal. De uma forma geral observou-se que o areal da praia da Aguçadoura perdeu imensa areia e reduziu-se desde 1973 até à data atual devido ao recuo dunar. Estas informações são facilmente

observáveis na Figura 3.26, presente abaixo, pois estão aí representadas as duas linhas de vegetação e a cores distintas, a linha de vegetação mais antiga está representada nesta carta de linhas de vegetação com a cor roxa e a linha de vegetação mais recente é categorizada como uma linha verde menta. Mas para facilitar o estudo realizado foi feita uma observação cuidada de linha de vegetação para linha de vegetação, possibilitando assim observar quando começou a ocorrer o recuo da linha de vegetação, bem como o crescimento do comprimento do areal. Isto permite um estudo bem mais pormenorizado dos dados existentes das linhas de vegetação da praia da Aguçadoura.



Figura 3.26 - Mapa das linhas de vegetação de 1973 e de 2021, onde é possível observar a diferença na posição das duas e diferenças no seu tamanho. Com a fotografia aérea de 2021 a servir como fundo do mapa.

Assim sendo, a comparação feita de linha de vegetação terá início na primeira linha de vegetação registada, que foi a de 1973. O interesse de abordar neste trabalho a evolução que o areal teve de linha para linha, e determinar eventuais períodos em que a linha de vegetação começou a recuar. Logo as primeiras linhas de vegetação comparadas foram as de 1973 para 1994, observaram-se algumas diferenças significativas. Estas diferenças podem ser justificadas porque o período que existe entre estes dois registos foi muito longo, de cerca de 19 anos de acumulando diferenças significativas. Assim, em 1994 já se começou a observar, embora que

pequeno, um crescimento no comprimento do areal, ficando desta forma o areal delimitado tanto a norte como a sul praticamente pela mesma posição que aquela que se marcava o limite da linha de vegetação de 1973, apenas ligeiramente distanciada tanto a norte como a sul. Logo a norte observou-se um crescimento do areal de cerca de vinte metros. Já a sul verificou-se que a linha de vegetação terá crescido cerca de vinte e oito metros. Assim conclui-se que nestes 19 anos a praia da Aguçadoura cresceu a sul quase metade daquilo que cresceu nos 48 anos de estudo, logo nos restantes 29 anos irá aumentar a sul quase o mesmo que aumentou até 1994, mas no setor norte apenas se observou um crescimento de cerca de 17 vezes menor ao valor total de crescimento de areia, assim é de esperar que aqui a praia da Aguçadoura cresça ainda imensos metros, pois nestes 19 anos cresceu cerca de 5% daquilo que cresceu nos 48 anos. Isto acaba por ser bastante interessante, pois assim é possível concluir que grande parte do crescimento observado no tamanho do areal, irá ocorrer no setor norte da praia. De resto, todas as restantes alterações que ocorreram na praia da Aguçadoura nestes primeiros 19 anos de estudo ocorreram exclusivamente sobre os recuos e avanços que o areal sofreu. Aqui contrariamente ao valor médio registado verificou-se que a linha de vegetação da praia avanço em quase todo o areal, este valor em média rondou os três metros, chegando até em certos locais a verificar-se que a linha de vegetação aumentou cerca de trinta metros. Mas mesmo verificando esta informação também se observou que a praia também teve recuos na linha de vegetação, mas estes foram no máximo cerca de sete metros. Assim pode-se deduzir que entre os dois primeiros registos o areal cresceu de forma saudável tanto em comprimento como em avanços que deu na linha de vegetação, permitindo que a praia da Aguçadoura acumulasse bastante areia. Isto permite obter conclusões muito interessantes, pois agora é possível afirmar que o recuo da linha de vegetação não ocorreu de forma progressiva, pois durante a fase inicial do estudo foi examinado um avanço da linha de vegetação. Para se ter uma perceção de toda esta informação é possível observar abaixo na Figura 3.27, que irá ser um mapa com estas duas linhas de vegetação demarcadas. Este mapa permite observar com maior perceção a deslocação ocorrida neste intervalo de tempo. Já a identificação das linhas de vegetação será algo fácil de identificar pois encontram-se a cores totalmente distintas, a linha de vegetação de 1973 está identificada com a roxo e a linha de vegetação de 1994 está presente na imagem com o amarelo.

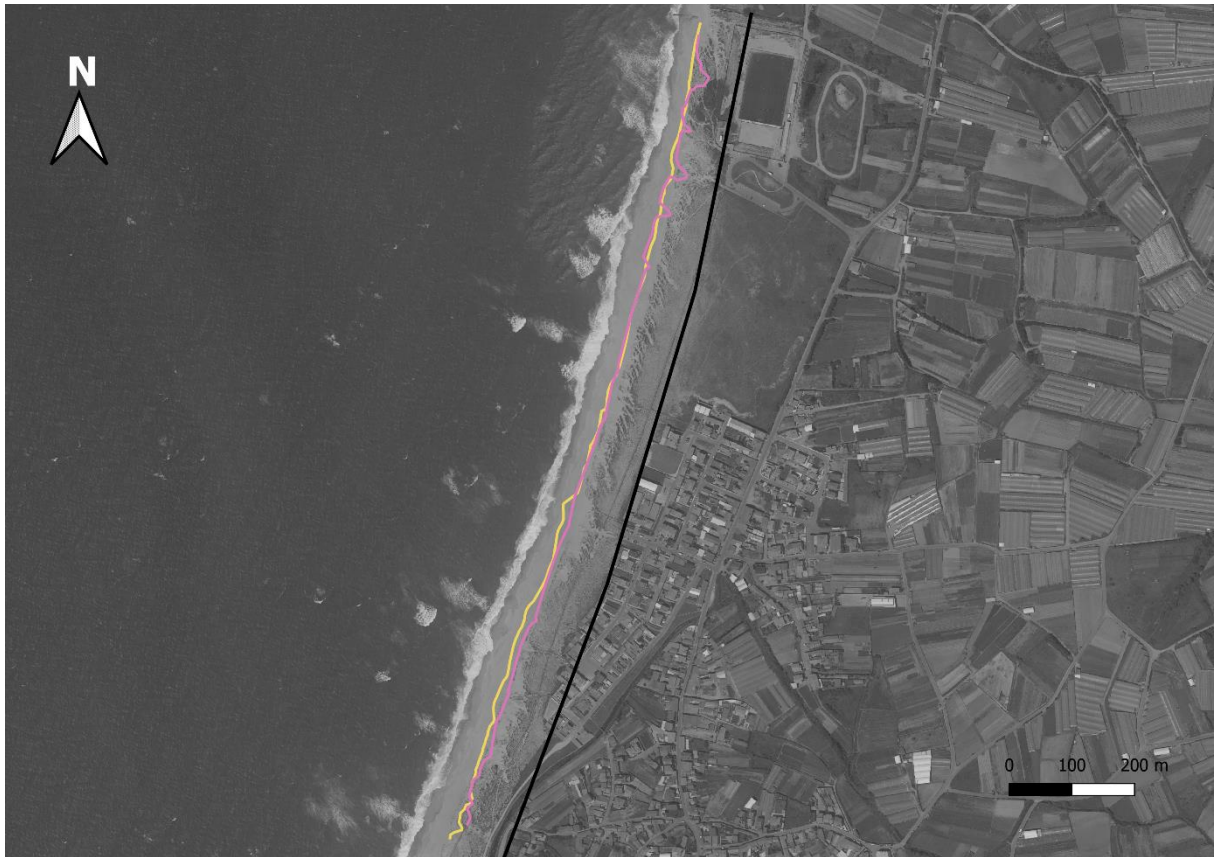


Figura 3.27- Mapa das linhas de vegetação de 1973 e de 1994, onde é possível observar a diferença na posição das duas e diferenças no seu tamanho. Com a fotografia aérea de 2021 a servir como fundo do mapa

As próximas linhas de vegetação observadas nesta parte do estudo, para uma continuação do estudo, são referentes às linhas de 1994 e às de 2006, sendo que uma delas, a de 1994, já foi observada acima. Ela será novamente observada pois agora será realizada uma observação do que ocorreu a seguir ao período acima citado, o que permite que desta forma se faça uma avaliação progressiva de ano para ano, onde existe informação sobre a linha de vegetação da praia da Aguçadoura. Agora o estudo comparativo será referente ao período de 1994 a 2006 e é necessário ver como prosseguiu a evolução da praia da Aguçadoura até aos dados mais atuais, á data, estudados neste trabalho. Assim nestes doze anos observados foi possível identificar alterações bastante interessantes e por isso pertinentes de mencionar. Neste período foi possível observar alterações nas linhas de vegetação nas duas formas possíveis, pois observou-se que neste areal o comprimento mudou novamente e também se observou uma movimentação clara da linha de vegetação. Em termos de comprimento é possível reparar que a praia encurtou bastante desde 1994, pois a linha de vegetação de 2006 está assinalada no mapa de linhas de vegetações existente para este período de tempo com cerca de menos duzentos e trinta metros á linha de 1994. Esta redução acontece apenas no sul da linha de costa, pois a norte a praia manteve-se mais ou menos na mesma posição, logo o crescimento registado anteriormente foi

totalmente perdido. Logo, é possível concluir que algo perturbou severamente a praia da Aguçadoura nesta temporada, pois os valores de encurtamento são bastante expressivos. Quanto á movimentação da linha de vegetação é possível afirmar que esta teve um comportamento caricato, pois recuou em certos locais, mas em outros setores também teve alguns avanços, mas de modo geral é seguro afirmar que a linha de vegetação recuou em comparação á de 1994. Em 2006 observou-se um recuo máximo de cerca de trinta metros, mas este valor foge bastante da média registada que deve ser por volta dos cinco metros. Os avanços registados foram interessantes, pois verificou-se que houve locais a conseguir avançar cerca de oito metros neste período de 12 anos. Com este recuo registado é permitido dizer que foi neste intervalo de tempo que se começou a observar um claro recuo da linha de vegetação, até esta atingir o estado que está registado, logo, apesar de não se conseguir saber exatamente quando começou a ocorrer a erosão, pois ocorreu num período grande de 12 anos, pode-se dizer que é a partir de 1994 que a praia da Aguçadoura começou a ter problemas de erosão de areia, devido ao facto de este ser o ultimo ano registado onde foi possível observar uma acumulação de areia nesta praia. Assim determinou-se que o valor de recuo médio desde intervalo de tempo estudado será de cerca de 0.41 metros por ano. Como ocorreu em cima é possível observar toda esta informação num mapa, que está na Figura 3.28, com as respetivas linhas de vegetação marcadas no mapa, tal como se observou em cima a linha de vegetação de 1994 está marcada a amarelo e a linha de vegetação de 2006 está com a cor verde. Isto apresenta interesse pois é a informação visual da informação descrita, permitindo que seja colocada uma imagem a demonstrar todos estes dados, o que irá facilitar a compreensão do que ocorreu no areal nestes 12 anos estudados.



Figura 3.28- Mapa das linhas de vegetação de 1994 e de 2006, onde é possível observar a diferença na posição das duas e diferenças no seu tamanho. Com a fotografia aérea de 2021 a servir como fundo do mapa-

Posteriormente foi realizado o estudo ao período compreendido entre 2006 até 2010, sendo que este é o segundo período mais curto de observação com apenas uma duração de 4 anos, mais curto que este é apenas o próximo período estudado. Assim é de esperar que durante estes anos seja visível encontrar algumas diferenças entre as diferentes linhas de vegetação, tanto em posição dunar como em comprimento da linha de vegetação. Desta forma, foi possível verificar que em termos de alterações de comprimento da linha de vegetação constatarem-se imensas mudanças tanto a norte como a sul. Na parte mais a norte houve uma pequena diminuição da linha de vegetação, onde ocorreu um recuo com cerca de cinco metros, mas para compensar esta diminuição a sul observou-se exatamente o inverso, pois aí ocorreu um enorme aumento da linha de vegetação que esteve a rondar os duzentos e trinta metros. Logo durante este período estudado o areal teve um balanço em termos de comprimento bastante positivo pois cresceu duzentos e vinte e cinco metros, e até este momento ainda não se tinha verificado até agora um valor tão grande de crescimento. Isto tem bastante interesse para o estudo, pois em apenas 4 anos foi possível visualizar um crescimento fantástico do areal, em média o seu crescimento este a rondar por ano os cinquenta e seis metros, pois permitiu um crescimento da linha de praia. Já em termos de deslocação da linha de vegetação também se observaram valores

negativos do recuo, mesmo quando comparados aos dados anteriores, pois em termos de valores gerais é observável novamente um recuo da linha de vegetação, mas desta vez bem superior ao valor acima registado. Desta forma foi possível concluir que em média o areal recuou cerca de quinze metros, o que comparando com os valores acima já se mostra como sendo uma grande diferença, pois a linha de vegetação recuou o triplo do que que recuou no intervalo de tempo de 1994 a 2006, mas ao observar os valores de recuo por ano entre os dois intervalos a diferença cresce ainda mais e torna-se ainda mais impressionante. Pois anteriormente a média de recuo por ano rondava os 0.41 metros, enquanto para este intervalo agora estudado o valor médio de recuo por ano é bastante superior, sendo cerca de 3,75 metros. Estes dados são impressionantes pois comprova que durante este intervalo de tempo a praia da Aguçadoura teve um recuo por ano cerca de 9 vezes superior, o que demonstra ser um dado bastante alarmante para a estabilidade do areal. Mas mesmo existindo valores de recuos tão grandes foi possível identificar e medir um local onde ocorreu um grande avanço na linha de vegetação, onde conseguiu alcançar um avanço com cerca de trinta metros, porém este valor pode não representar a realidade devido a possíveis erros de demarcação da linha de vegetação de 2010. Esta informação está toda expressa no mapa de linhas de vegetação para este período, e isso está disponível na Figura 3.29, onde é observável a linha de 2006 a verde e a de 2010 azul-claro. Este mapa é bastante interessante pois é capaz de constatar toda a informação acima citada e dá um critério visual que permite uma melhor compreensão da posição das linhas de vegetação.



Figura 3.29- Mapa das linhas de vegetação de 2006 e de 2010, onde é possível observar a diferença na posição das duas e diferenças no seu tamanho. Com a fotografia aérea de 2021 a servir como fundo do mapa.

De seguida foi realizado o estudo para o período de tempo mais curto estudado neste trabalho, e que por isso pode apresentar alguns dados bastante significativos, principalmente pois no período passado a praia teve um forte recuo da linha de vegetação. Assim o período estudado foi apenas distanciado por 2 anos, tendo desta forma início em 2010 e terminou a 2012, como seria algo de esperar. Durante estes anos não foi possível observar muitas diferenças em termos de deslocação do areal, pois o período de tempo observado foi bastante reduzido e felizmente durante estes dois anos o areal manteve-se estável, coisa que não aconteceu no período estudado acima, pois se o areal continuasse com aquela altíssima redução da linha de vegetação seria observável uma redução entre os sete e os oito metros. O que não ocorreu pois durante estes dois anos pode-se afirmar que o balanço da linha de vegetação esteve a rondar o valor mínimo de 0, pois foram marcados e observados pequenos avanços e recuos ao longo de toda a linha de vegetação, mas ambos acabam por se anular, isto é, a linha de vegetação de 2012 vai-se encontrar praticamente na mesma posição da linha de vegetação de 2010, apenas em sítios pontuais é que se vê pequenas diferenças. Isto apenas não se verificou num sítio que teve um recuo de vinte e oito metros na linha de vegetação. Já em termos de comprimento nota-se que o areal mudou imenso, pois cresceu bastante tanto a norte como a sul, cerca de 115 metros na soma das duas

extremidades em dois anos de estudo, verificou-se um aumento de cerca de 90 metros a sul e a Norte a linha de vegetação cresceu cerca de 25 metros. Estes dados tiveram bastante importância, pois permitiram aumentar bastante o controlo sobre o areal, visto que este estava a ter um recuo significativo e num espaço de tempo bastante curto. E fazendo um estudo com um período de tempo tão reduzido permitiu com que a intervenção que esta praia sofreu fosse a mais indicada para atrasar o recuo dunar. A Figura 3.30 presente abaixo vai demonstrar toda a informação acima divulgada, dando desta forma uma noção do que ocorreu na praia nestes dois anos. Como se verificou em cima a linha de vegetação de 2010 está representada com azul-claro, já a linha de vegetação de 2012 encontra-se a roxo. Este mapa vai apresentar uma escala e um ponto cartográfico para aumentar a compreensão dos dados observados. Na imagem apenas se consegue observar a linha de vegetação de 2012 onde se verificou uma alteração do areal, com isto observa-se a linha de 2012 na parte sul e na parte norte da linha de vegetação, e também no sítio onde ocorreu o recuo de 28 metros sobre a linha de vegetação.



Figura 3.30- Mapa das linhas de vegetação de 2010 e de 2012, onde é possível observar a diferença na posição das duas e diferenças no seu tamanho. Com a fotografia aérea de 2021 a servir como fundo do mapa

O próximo período que se observou nesta parte do trabalho, para ser desta forma estudado foi o período com o intervalo de tempo compreendido entre 2012 e 2016, fazendo assim com que

este estudo contenha informação de 4 anos, e assim nestes anos foi possível visualizar imensas mudanças por todo o areal, tanto na posição da linha de vegetação, como também no comprimento a norte e a sul, mas também na topografia da praia, pois a linha de vegetação de 2016 ficou marcada por ser mais abrupta que todas aquelas que existiram antes dela. Ficando assim mais similar aos dados mais recentes, que se têm registado para esta praia.

Assim desta forma foi possível afirmar que em termos de comprimento este areal neste curto espaço de tempo cresceu imenso para o setor norte, atingindo os valores de crescimento que rondam os trezentos e setenta e cinco metros, mas na parte mais a sul foi possível observar que nesta altura ocorreu o oposto, encurtando assim a linha de vegetação cerca de sessenta e cinco metros, logo o balanço de comprimento da linha de vegetação deve estar a rondar os trezentos e quinze metros. Este valor é bastante positivo, pois indica que de uma forma geral a extensão do areal cresceu, e bastante tendo em conta que apenas passou 4 anos até ao anterior registo. Isto deveu-se ao facto de ser a partir de 2016 é que se começou a observar um areal que se encontra acima do campo de futebol que existe ao longo da costa da praia da Aguçadoura. Estes dados são bastante interessantes pois foi neste intervalo de tempo que se observou um crescimento do areal que provocou que ele fique a um tamanho mais parecido com o que se observa atualmente. Mas em termos da posição da linha de vegetação foi possível observar diversas diferenças, sendo que uma delas é que a nível geral esta praia teve um recuo da linha de vegetação de cerca de oito metros, mas com locais a registar recuos de cerca de trinta e oito metros. Apesar disto se ter registado, também foi possível encontrar uma região da praia que teve um aumento da linha de vegetação que rondou os quatorze metros. Sendo assim, é possível afirmar que o balanço de recuo da linha de vegetação por ano observado é de cerca de dois metros por ano, valor bem inferior ao registado anterior, mas na mesma alarmante.

Com toda esta informação disponível foi possível criar um mapa com ambas as linhas de vegetação lá presentes a cor diferente e por isso na Figura 3.31 é possível observar a linha de vegetação de 2012, e a linha de vegetação de 2016. Foi neste período que as linhas de vegetação tiveram uma maior alteração.

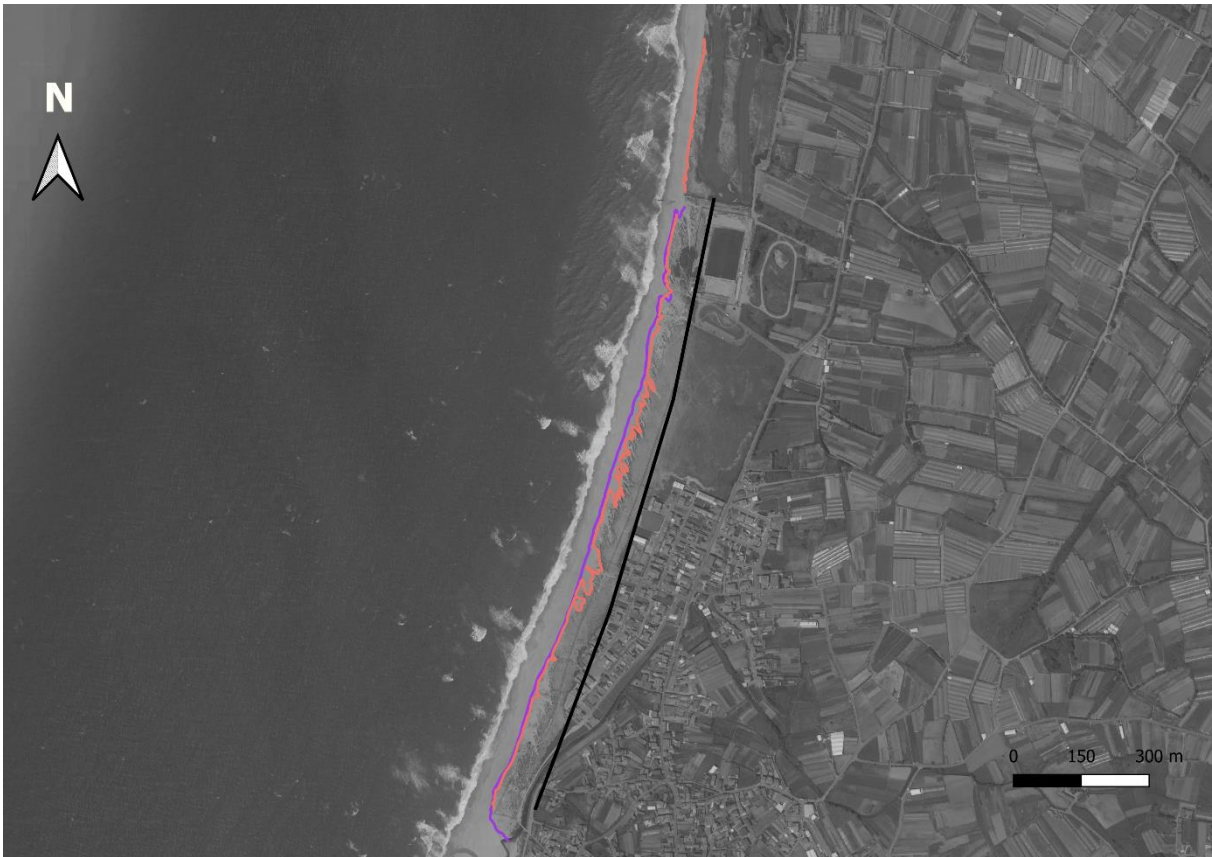


Figura 3.31- Mapa das linhas de vegetação de 2012 e de 2016, onde é possível observar a diferença na posição das duas e diferenças no seu tamanho. Com a fotografia aérea de 2021 a servir como fundo do mapa.

O último intervalo de tempo observado nesta parte do trabalho é o intervalo que irá desde 2016 até aos dados mais recentes, que há registado até á data da realização deste estudo. Assim sendo agora serão estudados todos os dados que existem sobre esta praia entre 2016 e 2021, compreendendo assim informações do areal num período com duração de 5 anos.

Aqui, tal como ocorreu para todas as anteriores linhas de vegetação e todos os intervalos de estudo, será feito um estudo sobre a posição da linha de vegetação e também o seu comprimento. Em termos de comprimento verificou-se que não houve alterações significativas e por isso as duas linhas de vegetação têm sensivelmente o mesmo tamanho. O que permite afirmar que segundo este parâmetro de avaliação da praia não existiu qualquer tipo de evolução. Logo todas as mudanças que existiram no areal foram exclusivamente sobre a posição da linha de vegetação. E aí já se verificou bastantes mudanças e por isso com bastante interesse na elaboração deste trabalho. Constatou-se que houve um enorme recuo da posição da linha, atingindo em média os treze metros. Mas em certos locais o recuo foi bem mais expressivo que isso, pois foi capaz de atingir valores superiores a trinta metros. Estes valores são bastante preocupantes pois demonstra uma intensificação no recuo das linhas de vegetação, como se verificou o balanço de recuo da

linha de vegetação do intervalo passado foi de 2 metros por ano, mas neste intervalo esse número subiu para 2.6 metros por ano. Isto apesar de ser uma subida ligeira é capaz de comprovar que não só a praia perdeu imenso areal, como ainda os valores de erosão aumentaram também.

Toda esta informação está presente e ilustrada na Figura 3.32, onde aqui é possível observar o mapa com a linha de vegetação de 2016 marcada a salmão e a linha de vegetação de 2021 marcada a verde menta.

Como já se observou na totalidade os intervalos de tempo existentes, pode-se afirmar que ao longo dos anos estudados tem ocorrido muito mais recuo das linhas de vegetação que avanços das mesmas, pois desde 1994 é que não se regista um avanço da linha de vegetação, o que prova que este areal não é um areal saudável. Assim esta praia tem sofrido elevada erosão nos últimos 27 (vinte e sete) anos de estudados neste trabalho.



Figura 3.32- Mapa das linhas de vegetação de 2016 e de 2021, onde é possível observar a diferença na posição das duas e diferenças no seu tamanho. Com a fotografia aérea de 2021 a servir como fundo do mapa.

3.5- Análise global para o período de 1973 a 2021

Com a presença de todas as linhas de vegetação assinaladas num mapa, foi analisada numericamente, com recurso ao DSAS, a migração da linha de vegetação na da praia da Aguçadoura 55 perfis transversais, espaçados 25 metros lateralmente. Apenas foram considerados os perfis a partir do ponto mais a norte da linha de vegetação de 2012 para sul, pois a parte da praia que se encontra a norte deste local, apenas está registada nas linhas de vegetação de 2016 e de 2021, logo esta parte inicial não teria muito interesse para o estudo comparativo e todo o intervalo de 1973 a 2021. Em termos de delimitação do comprimento do perfil, todos eles têm o mesmo tamanho e com início antes da linha de vegetação mais avançada e termina depois da linha de vegetação registada como a mais recuada, desta forma possibilitando com um perfil estudar o máximo de perfis possíveis.

A Figura 3.33 apresenta os perfis lançados sobre o ortomosaico de 2021, tendo-lhes sido atribuído uma escala de cor correspondente ao valor da taxa de migração anual em metros, calculada para o intervalo de 1973 a 2021, obtida pelo método LRR (Taxa de recuo por regressão linear pelo método dos mínimos quadrados) ao longo de cada perfil.

Para tal foram criadas 8 (oito) diferentes intervalos que têm os valores compreendidos da seguinte forma, em primeiro o intervalo de (-0.77 a -0.3) metros por ano (m/ano), o segundo será de (-0.3 a -0.2) m/ano, o terceiro é de (-0.2 a -0.1) m/ano, o quatro compreende os valores de (-0.1 a 0.0 m/ano), assim o quinto é de (0.0 a 0.1) m/ano, o sexto intervalo é de (0.1 a 0.2) m/ano, o sétimo intervalo são os valores de (0.2 a 0.3) m/ano e o oitavo e ultimo intervalo contém os valores de (0.3 a 0.44) m/ano. Todos os valores de LRR são usados para a caracterizam os perfis são também utilizados para a elaboração da tabela 2. Para os valores da LRR, os valores negativos significam recuo da linha de vegetação (erosão) sendo que os valores positivos representam avanço (acrecção). Da análise da Figura 3.34 pode-se observar que cerca de 22% (vinte e dois) dos perfis registados apresentam valores positivos de LRR, e destes 22% apenas 17% (dezassete) consegue atingir o intervalo de valor máximo de LRR, o que representa, em termos gerais, cerca de 3% (três) dos perfis estão dentro do intervalo máximo do valor de LRR. Principalmente aqueles que estão compreendidos no intervalo com valores mais pequenos. Pois este intervalo é o que contém os dados de (-0.77 a -0.3) m/ano e cerca de 45% (quarenta e cinco) de todos os perfis. Com isto permitem concluir que neste sector predomina o recuo da linha de vegetação, cerca de

78% dos perfis, sendo que 45% dos perfis situam no valor máximo de recuo. Estes dados demonstram solidamente que a linha de vegetação tem recuado consistentemente neste sector nos 48 anos em análise.

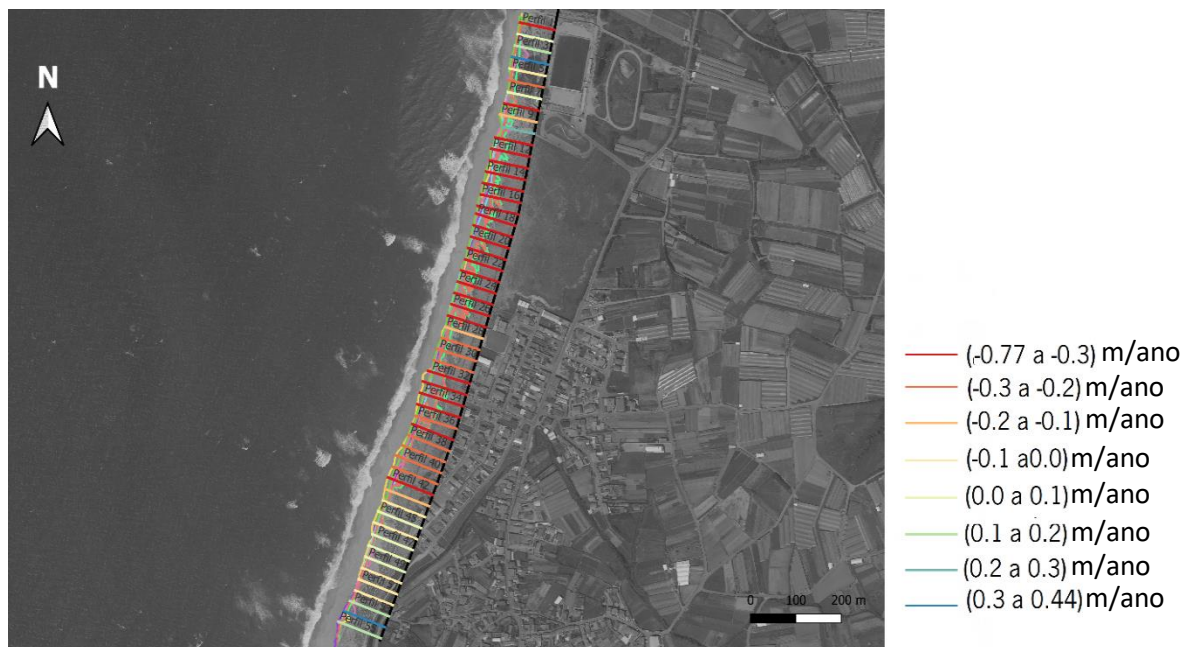


Figura 3.33 - Mapa das linhas de vegetação desde 1973 até 2021, com os todos perfis assinalados no mapa. Aqui pode-se demonstrar a parte do areal onde se realizou o estudo dos perfis. Com a fotografia aérea de 2021 a servir como fundo do mapa

Da análise da tabela 2, os dados estatísticos como o LRR, tal como anteriormente fornecem uma medida do recuo anual da linha de vegetação através do método matemático dos Mínimos Quadrados, que aumenta o grau de certeza da informação obtida. valor mínimo obtido verificou-se perfil 33, que é um perfil do setor centro, tendo sido observado o valor foi -0.77m/ano. O valor máximo de acreção de 0.44 m/ano, foi registado no perfil 4, que está situado no setor norte. Desta forma os dados de LRR demonstram a predominância de valores negativos, sendo que cerca de 78% dos valores observados são a vermelho, devido aos trinta e três valores negativos registados. Assim também foi possível observar que a maior parte dos valores negativos identificados, mais precisamente dezassete deles, foram registados como estando compreendidos entre o intervalo de -0.30 a -0.77 m/ano.

O valor médio de migração obtido foi negativo, sendo -0.242 metros por ano. O maior número de perfis com valores indicando acreção foi registado no setor sul.

Também se observou para os valores de SCE, que representa o deslocamento que as linhas de costa tiveram ao longo dos anos, que a maior distância que uma linha de vegetação fez sobre um

perfil foi de 53,38 metros, e este movimento aconteceu no perfil 33, que também coincide com o valor mínimo de LRR registrado. Já o valor mínimo observado presenciou-se num perfil existente no setor sul da praia da Aguçadoura, e identificou-se no perfil 52 e foi de 4,37 metros. Neste setor ao longo dos diferentes anos de estudo, foi onde se observaram menos alterações estando, na generalidade, fora da média de deslocação das linhas de vegetação, que para este conjunto de dados foi de 22,65 metros. Curiosamente o intervalo de (10 a 20 metros) de distância percorrida é o intervalo mais frequente, incluindo no total 20 perfis. Há, contudo, muitos perfis com valores acima deste intervalo, e alguns dos quais com larga diferença, tal como se verificou no perfil 33. A análise do NSM foi outro parâmetro de avaliação e aqui foi demonstrado o espaço percorrido pelas linhas de costa que são alvo de estudo para aquele determinado perfil. Este dado torna-se interessante e bastante importante, pois é através dele que se pode efetuar cálculos necessários para este trabalho, como é o cálculo do LRR e do seguinte dado estatístico observado, que será o EPR.

Relativamente ao NSM foi possível observar no perfil 33 a maior deslocação da linha de vegetação, com o valor observado de -37.3 metros, estando situado no setor centro do areal. Porém o valor mais alto registrado neste parâmetro foi de 15.95 metros, e verificou-se num perfil do setor sul do areal, mais precisamente no perfil 54. O valor médio foi de -13.453 metros. Os valores registados mais frequentes situaram-se no (-20 a -30) metros, com um total de 11 perfis.

O quarto dado estatístico analisado foi o EPR, que tal como já foi referido em cima, é o valor da deslocação total dividido pelo número de anos em análise (48 anos). Os valores registados estão compreendidos entre (-0.78 e 0.33) metros por ano. O valor mínimo observado de -0.78 metros por ano, foi identificado para o perfil 33, perfil este que também já registou o valor mais baixo de LRR e de NSM. O valor máximo registrado foi de 0.33 metros por ano e verificou-se no perfil 54, que também foi o que apresentou o maior valor de NSM. A média obtida foi de -0.28 metros por ano e o valor mais frequente foi no intervalo de (-0.50 a -0.40) metros por ano.

Calculando este valor médio de deslocação de linha de vegetação é possível concluir que houve uma deslocação de -13.44 metros ao longo dos 48 anos de estudo. Tendo em conta o método LRR que é mais preciso, pois elimina certos fatores que baixam o intervalo de confiança, foi possível determinar que ao longo do período de estudo, a linha de vegetação recuou cerca -11.625 metros. Apesar da pequena diferença (1.82m), ambos os valores coincidem na tendência de recuo deste sector.

Com a existência destes dados existentes acima foi possível concluir que o areal pode recuar ainda mais do que aquilo que recuou até data com o passar dos anos. Dados estes que são suficientes para formar a tabela 2.

Tabela 2- Dados obtidos no ArcGIS, devido aos perfis e as linhas de vegetação

TransectID	Azimuth	ShrCount	SCE (metro)	NSM (metros)	EPR (metros/ano)	LRR (metros/ano)
1	101.47	4	12.5	-3.9	-0.18	-0.31
2	101.47	6	4.92	1.57	0.04	0.06
3	101.47	7	16.64	5.51	0.11	0.2
4	101.47	7	30.34	14.35	0.3	0.44
5	101.47	7	17.79	-9.71	-0.2	-0.02
6	101.47	7	15.44	-15.44	-0.32	-0.28
7	101.47	7	14.84	1.55	0.03	0.04
8	101.47	7	25.95	-9.83	-0.2	-0.34
9	101.47	7	23.64	-13.08	-0.27	-0.18
10	101.47	7	22.96	8.1	0.17	0.25
11	101.47	7	23.17	-23.17	-0.48	-0.41
12	101.47	7	30.69	-26.06	-0.54	-0.34
13	101.47	7	19.88	-19.88	-0.41	-0.34
14	101.47	7	25.27	-23.5	-0.49	-0.41
15	101.47	7	26.63	-26.63	-0.55	-0.53
16	101.47	7	41.13	-33.32	-0.69	-0.64
17	101.47	7	35.37	-25.52	-0.53	-0.53
18	106.68	7	31.7	-28.8	-0.6	-0.54
19	106.68	7	36.25	-35.04	-0.73	-0.59
20	106.68	7	26.96	-23.19	-0.48	-0.47
21	106.68	7	27.61	-25.63	-0.53	-0.46
22	106.68	7	30.42	-30.19	-0.63	-0.4
23	106.68	7	36.86	-33.97	-0.71	-0.41
24	106.68	7	33.11	-29.1	-0.6	-0.5
25	106.68	7	28.28	-23.87	-0.5	-0.39
26	106.68	7	36.79	-30.92	-0.64	-0.51
27	106.68	7	31.68	-28	-0.58	-0.48
28	106.68	7	15.02	-12.49	-0.26	-0.19
29	106.68	7	19.61	-17.38	-0.36	-0.25
30	106.68	7	17.46	-15.28	-0.32	-0.23
31	106.68	7	16.71	-15.62	-0.32	-0.25
32	106.68	7	36.11	-26.28	-0.55	-0.58
33	106.68	7	52.38	-37.3	-0.78	-0.77
34	106.68	7	40.51	-26.53	-0.55	-0.58
35	106.68	7	44.3	-36.31	-0.75	-0.74
36	106.68	7	12.7	-10.84	-0.23	-0.26
37	110.65	7	34.38	-31.52	-0.66	-0.62
38	110.65	7	12.87	-9.25	-0.19	-0.23
39	110.65	7	18.68	-6.22	-0.13	-0.25
40	110.65	7	23.4	-6.02	-0.13	-0.24
41	110.65	7	19.45	-8.7	-0.18	-0.27
42	110.65	7	29.97	-18.34	-0.38	-0.38
43	110.65	7	15.36	-4.61	-0.1	-0.16
44	110.65	7	8.96	0.81	0.02	-0.01
45	110.65	7	12.71	2.18	0.05	0.02
46	110.65	7	17.06	-1	-0.02	-0.02
47	110.65	6	8.52	0.68	0.01	0.02
48	110.65	6	10.05	1.72	0.04	0.03
49	110.65	6	13.03	4.47	0.09	0.09
50	110.65	6	8.28	-0.77	-0.02	-0.02
51	110.65	6	5.03	-0.21	0	-0.02
52	110.65	6	4.37	-3.71	-0.08	-0.07
53	110.65	6	10.63	6.23	0.13	0.17
54	110.65	6	22.66	15.95	0.33	0.39
55	110.65	5	8.73	4.09	0.15	0.19
	Média		22.6501818	-13.45309091	-0.28	-0.242181818
			Deslocação		-13.44	-11.62472727

E com a existência desta tabela foram feitas projeções migratórias para se conseguir obter uma noção de como se irá encontrar o areal daqui a alguns anos. Assim foram efetuadas um total de 2 previsões, uma delas para 10 anos depois do registo fotográfico feito a 12 de junho de 2021 e outra para 20 anos após a data de estudo. Desta forma foram demarcados 2 perfis a demonstrar a posição exata de onde se irá encontrar a linha de vegetação daqui a 10 anos e daqui a 20 anos, bem como se traçou nas projeções alguma margem de erro demonstrando assim um intervalo de erro para aumentar o espaço de onde estarão as linhas de vegetação 10 e 20 anos. A criação da localização exata teve por linha de pensamento o areal manter constante o tipo de comportamento que registou até aos dias de hoje. Mas como existem diversos fatores no mundo que podem influenciar o comportamento do areal, tais como a mudança de corrente ou então a mudança das correntes de vento, foram realizadas as outras previsões para daqui a 10 e 20 anos. Isto vai permitir que a previsão seja mais precisa e consiga assim conseguir estar mais perto do que irá acontecer à praia da Aguçadoura, isto se não existirem fortes medidas de recuperação do areal. A posição exata da linha de vegetação está marcada, e à sua volta está marcada uma sombra para representar o intervalo de erro. Estes dados como são deduções vão provocar uma informação do que se pode observar no areal, assim estas previsões estão demonstradas nas imagens abaixo, como na Figura 3.34 e Figura 3.35.



Figura 3.34 - Mapa da projeção para 2031 da praia da Aguçadoura, com o intervalo de erro para a incerteza

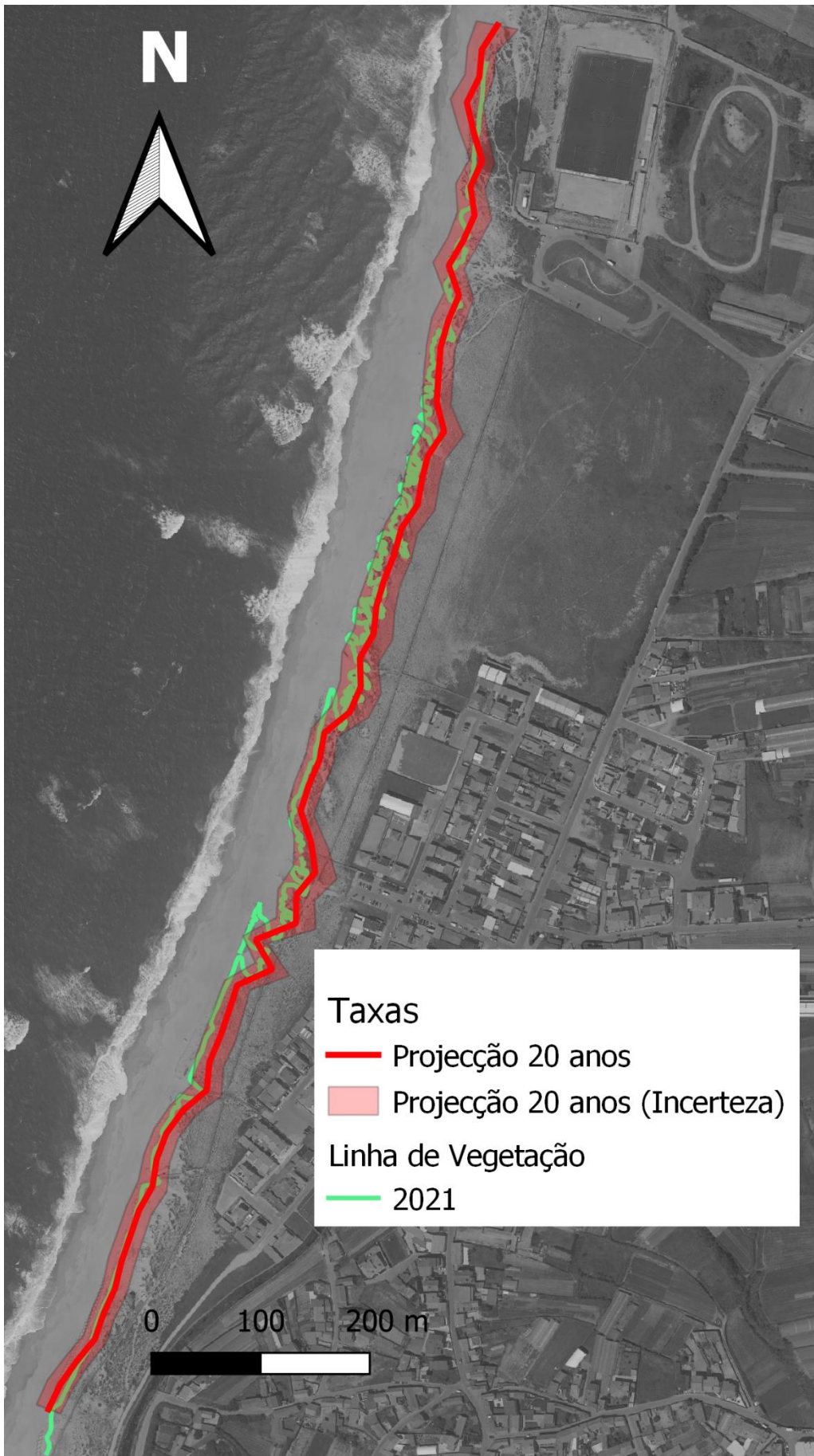


Figura 3-35 - Mapa da projeção para 2041 da praia da Aguçadoura, com o intervalo de erro para a incerteza

4- Conclusões

Em termos gerais este trabalho permitiu a obtenção de dados estatísticos e visuais que permitem estimar e visualizar o comportamento dinâmico da praia da Aguçadoura entre o período de 2016 até 2021. Assim sendo, foi possível concluir que nesta praia existem problemas de acumulação ou manutenção de areia na praia, tal como se pode concluir dos dados obtidos neste trabalho. De realçar que os voos ocorreram em estações diferentes, pois o voo de 2016 ocorreu na primavera, quando ainda se regista alguma precipitação e a ação da erosão é potencialmente mais ativa. O voo de 2021 ocorreu no verão quando os fatores de erosão são tendencialmente mais baixos. Assim, segundo os mapas de acreção e de erosão, foi possível concluir que este areal desde 2016 até 2021 não teve qualquer tipo de acumulação de areia no setor mais a norte, tendo aí apenas sido identificadas evidências de erosão. Já nos restantes setores foi possível encontrar sinais de erosão e também de acreção. A análise do mapa de balanço da praia da Aguçadoura permitiu verificar que o setor centro teve balanço sedimentar próximo do neutro (sem evidência clara de erosão ou acreção), e o setor sul como uma zona com predominância de acumulação de areia. Deste modo pode concluir-se que a tendência erosiva vai diminuindo norte para sul nesta praia, havendo pouca diferença entre o setor centro e o setor sul. Já os níveis de acreção vão ter tendência a ser mais semelhantes, mas com o setor centro a apresentar maior valor de acreção. Apenas não é possível encontrar vestígios de acreção no setor norte, pois aqui o valor de erosão é bastante alto e não ocorre acumulação de areia. Assim pode-se concluir que ao longo dos 5 anos de análise, na generalidade, a praia tem vindo a perder areia, em especial devido ao forte balanço sedimentar negativo do sector mais a norte. É possível que a acreção observada nos sectores centro e sul, tenham beneficiado de sedimento deslocado a partir do setor norte. Contudo o volume acumulado nestes sectores é muito inferior ao somatório do volume de areia perdido a norte, conferindo à totalidade da praia um balanço sedimentar manifestamente negativo.

A análise da movimentação da linha de vegetação (LV) apresenta um comportamento em linha com o balanço sedimentar, indicando predominantemente recuo da praia. Embora o período de análise não seja o mesmo, sendo o primeiro de 5 anos, e o segundo de 48 anos (tendo início em 1973 e fim em 2021) a tendência geral de recuo é um pouco maior a norte relativamente aos setores centro e sul. O recuo observado é em média de 12 metros. Através da análise do mapa é possível concluir que o perfil 33 é o que apresenta a maior distancia percorrida pela LV, o maior percurso percorrido e a maior taxa de o maior recuo por ano, em ambos os parâmetros de cálculo

utilizados. É necessário observar cuidadosamente como este local se irá comportar ao longo dos próximos anos pois tem tido um recuo consistentemente elevado (de 0.77 metros por ano). Contudo grande parte da praia apresenta valores de recuo da linha de vegetação elevados, rondando os 11 metros, com taxas de cerca de 0,24 metros por ano.

Apesar de esta praia estar localizada entre duas redes hidrográficas, esta praia teve um balanço sedimentar negativo. Isto indica que mesmo com dois rios a recarregar esta praia, ela não consegue acumular areia. Isto vai dever-se ao facto da forte erosão registada no setor norte da praia da Aguçadoura. Que pode ser causada pela forte ondulação que existe a norte desta praia, pois uma forte ondulação não permite uma grande acumulação de sedimentos.

O comportamento dinâmico da praia sugere que é necessário tomar medidas para reverter a tendência erosiva. Nomeadamente no sector mais a norte.

Com os dados gerados através da utilização do DSAS, nomeadamente utilizando os valores da taxa de variação anual, foi possível fazer projeções de migração para 10 anos e 20 anos, incluindo os devidos intervalos de erro. Tanto a projeção de 10 anos como a de 20 anos evidenciam um recuo generalizado da linha de vegetação.

A melhoria da situação desta praia passa por criar medidas que permitam um aumento da acumulação de areia. É recomendado o reforço do cordão dunar, com a colocação de paliçadas com o intuito de promover uma maior acumulação de areia para estes locais. Medidas similares já implementadas na praia, parecem estar a resultar no setor central e mais a sul. Contudo, no setor norte, o sucesso da colocação de paliçadas implica recargas de areia recorrendo a alimentação artificial da praia, visando colmatar os intensos níveis de erosão que este setor apresenta e disponibilizar sedimento para enchimento das paliçadas. Outra medida recomendável é a extensão dos passadiços de acesso à praia. Atualmente estes passadiços são curtos, terminando atrás da linha de vegetação implicando o pisoteio de dunas para chegar ao areal. Isto tem permitido uma evidente degradação local das linhas de vegetação, sendo observáveis áreas de erosão considerável na envoltória destes acessos.

Bibliografia

- Ambiente, A. P. (Junho de 2015). Plano de Gestão de Região Hidrográfica Parte 2- Caracterização e Diagnóstico. *Região Hidrográfica do Cávado, Ave e Leça (RH2)*, p. 143.
- Ambiente, A. P. (Abril de 2019). PROGRAMA DA ORLA COSTEIRA. *PROGRAMA DA ORLA COSTEIRA CAMINHA-ESPINHO*, p. 329.
- DJI. (2 de Setembro de 2021). *PHANTOM 4 RTK*. Obtido de DJI.com:
<https://www.dji.com/pt/phantom-4-rtk/info>
- Fernandes, A. I. (Junho de 2012). Análise da evolução geodinâmica recente do setor litoral. *Análise da evolução geodinâmica recente do setor litoral*, p. 27.
- Fernandes, J. F. (2014). Estudo da evolução da linha de costa e riscos costeiros a norte da Póvoa de Varzim. *Estudo da evolução da linha de costa e riscos costeiros a norte da Póvoa de Varzim*, p. 59.
- Lemos, C. (s.d.). Análise das Susceptibilidades e Planeamento de Espaços no concelho da Póvoa de Varzim. *Análise das Susceptibilidades e Planeamento de Espaços no concelho da Póvoa de Varzim*, p. 29.
- Martins, Â. S. (Julho de 2010). Análise da evolução geodinâmica recente do sector litoral Aguçadoura (Parque Natural do Litoral Norte). *Análise da evolução geodinâmica recente do sector litoral Aguçadoura (Parque Natural do Litoral Norte)*, p. 21.
- Medeiros, C. T. (1965). Carta Geológica de Portugal na escala 1:50000 . *Notícia Explicativa da Folha 9-A*, p. 50.
- Medeiros, C. T. (1965). Carta Geológica de Portugal na escala 1:50000 Folha 9-A. *Carta Geológica de Portugal na escala 1:50000 Folha 9-A*, p. 1.
- Nino Chikhradze, R. H. (6 de Julho de 2015). Close Range Photogrammetry in the Survey of the Coastal. *Close Range Photogrammetry in the Survey of the Coastal*, p. 6.
- Peixoto, P. M. (2017). Monitorização e modelação da morfodinâmica. *Monitorização e modelação da morfodinâmica*, p. 122.

- Pereira, E. (1992). Carta Geologica de Portugal á escala de 1:200000, Folha 1. *Carta Geologica de Portugal á escala de 1:200000, Folha 1*, p. 54.
- Pinterest. (2 de Setembro de 2021). *Portugal map Royalty Free Vector Image*. Obtido de Pinterest: <https://www.pinterest.pt/pin/790381803336369166/?d=t&mt=signup>
- Portugal, S. G. (1992). *Carta Geologica de Portugal Folha 1, escala 1:200000*.
- República, D. d. (23 de julho de 2018). Diário da República, 1.^a série – N.º 140 – 23 de julho de 2018. *Diário da República, 1.^a série – N.º 140 – 23 de julho de 2018*. Portugal.
- Tecnologia, C. (2 de Setembro de 2021). *Você sabe como funciona o sistema RTK? Descubra agora mesmo!* Obtido de CPE Tecnologia: <https://blog.cpetecnologia.com.br/voce-sabe-como-funciona-o-sistema-rtk-descubra-agora-mesmo/>
- Urban, J. (3 de Dezembro de 2021). *Mínimos Quadrados Laboratório Básico*. Obtido de Slide Player: <https://slideplayer.com.br/amp/1697436/>
- USGS. (20 de Dezembro de 2021). *Introduction to DSAS v5.0: Sample Data Workflow*. Obtido de USGS.com: <https://www.usgs.gov/media/videos/introduction-dsas-v50-sample-data-workflow>
- USGS. (s.d.). Digital Shoreline Analysis System (DSAS) Version 5.1. *Digital Shoreline Analysis System (DSAS) Version 5.1*, p. 103.
- Wikipédia. (2 de Setembro de 2021). *Masseira*. Obtido de Wikipédia: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Masseira>
- Wikipédia. (2 de Dezembro de 2021). *Método dos mínimos quadrados*. Obtido de Wikipédia: https://pt.wikipedia.org/wiki/M%C3%A9todo_dos_m%C3%ADnimos_quadrados