

DETEÇÃO REMOTA PARA OCUPAÇÃO E USO DOS SOLOS NO SOTAVENTO INCLUINDO ALBUFEIRA

Andreia L. Cóprio Ribeiro¹, Izamara T. C. de Oliveira Vasconcelos ¹ e João M. Spencer Semedo¹

¹ Universidade Nova de Lisboa – Information Management School

Disciplina: Detecção Remota

20230618@novaims.unl.pt, 220230606@novaims.unl.pt, 320231490@novaims.unl.pt

Resumo

O estudo visa analisar a evolução da ocupação e uso do solo na região do Sotavento do Algarve (incluindo Albufeira) entre 2003 e 2023, utilizando dados de satélite Landsat 7, as classes consideradas incluem água, área urbana, agricultura, floresta e solo descoberto. A metodologia abrange pré-processamento, classificação de imagens, pós-processamento e avaliação da exatidão, utilizando os softwares como QGIS e ArcGIS Pro. A análise das imagens revela alterações significativas, como o aumento da área urbana e agrícola e a diminuição da cobertura florestal. As mudanças observadas são atribuídas aos fatores como incêndios florestais e alterações climáticas, destacando a importância da monitorização e gestão adequada do uso do solo.

Palavras-chave: Detecção remota, Landsat 7, Uso e ocupação de solo, Sotavento Algarvio, Algarve

1. Introdução

Para a análise temporal, os satélites Landsat constituem a melhor opção, pois têm registo da superfície terrestre por quase 5 décadas. O satélite Landsat 7 ETM+ (*Enhanced Thematic Mapper Plus*), lançado em 15 de abril de 1999, carrega o sensor ETM+, que orbita a 705km (438mi) em uma órbita quase polar sincronizada com o sol (inclinação de 98,2°), circula a terra a cada 99 minutos e tem ciclo de repetição de 16 dias com horário de travessia equatorial 10h +/- 15 minutos (USGS, 2024). As imagens estão disponíveis no Earth Explorer da USGSClique ou toque aqui para introduzir texto..

Nesta nova era a caracterização da informação sobre a cobertura do solo tende principalmente para as necessidades de compreender e mitigar as alterações climáticas, monitorizar habitats, desflorestação, abandono, conversão de terras para agricultura e urbanização. A grande pressão sobre os recursos naturais registada nas últimas décadas, aliado às necessidades migratórias das populações, tem causado sérios problemas ambientais que a humanidade enfrenta nos dias de hojeClique ou toque aqui para introduzir texto..

A exploração excessiva dos recursos da terra, a procura por novas áreas para a mineração, pratica da agricultura e desenvolvimento pecuário, para atender as necessidades básicas das populações, vem ganhando proporção em detrimento de espaços naturais antes, ecologicamente em equilíbrio. A região algarvia tem uma longa tradição de utilização dos solos para a agricultura, tendo cerca de 100.000 ha de solos agrícolas, concentrados essencialmente no Litoral e no Barrocal meridional, cultivando diversas espécies autóctones e não autóctones Clique ou toque aqui para introduzir texto.. A expansão de zonas urbanas e criação de novos assentamentos, bem como a aberturas de vias de acessos e comunicação entre diferentes núcleos populacionais, construção de infraestruturas de grande porte para instalação industriais e turísticas, são apenas alguns exemplos, de como os territórios, têm sido, um fator de disputa, perante diferentes necessidades e usos, muitas vezes, desprovidos de pressupostos técnicos, medidas de regulação e de ferramentas adequadas de apoio à gestão e ordenamento integrado das dinâmicas temporais deste único e precioso património que o planeta Terra nos proporcionou.

Dai, a pertinência e o enquadramento do presente trabalho que ora se pretende realizar, recorrendo a tecnologia da Detecção Remota para a classificação da ocupação e uso do solo na região Sotavento de Algarve (Albufeira inclusive) e a posterior, a evolução no espaço de tempo decorrido entre 2003 e 2023.

2. Metodologia

2.1. Estudo de Caso:

O caso de estudo situa no Algarve, para a ocupação e uso dos solos analisou-se a zona sita no Sotavento Algarvio (incluindo Albufeira) (Figura 1), tem uma área cerca de 2.934,92km² e com cerca de 290.039 habitantes (Instituto Nacional de Estatística, 2024). Os dados do caso de estudo foram obtidos através dos sites da Direção Geral do Território (DGT) e USGS, conforme a Tabela 2 com o resumo dos dados e suas características. Os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) utilizados foram o QGIS e o ArcGis Pro, o relatório está dividido em quatro fases, pré-processamento, classificação de imagens, pós-processamento e na exatidão, o software QGIS foi usado para o pré-processamento e o ArcGIS Pro para a restante análise.

A análise de deteção remota da região do Algarve, constatou através do NDVI (Índice de Vegetação por Diferença Normalizada) que o barlavento (porção oeste) é mais “verde” que o sotavento. Com esta análise, iremos avaliar a distribuição de 5 classes (Tabela 1) e observar como interagiram ao longo do tempo (2003-2023) na região de Sotavento do Algarve (Instituto Nacional de Estatística, 2024).

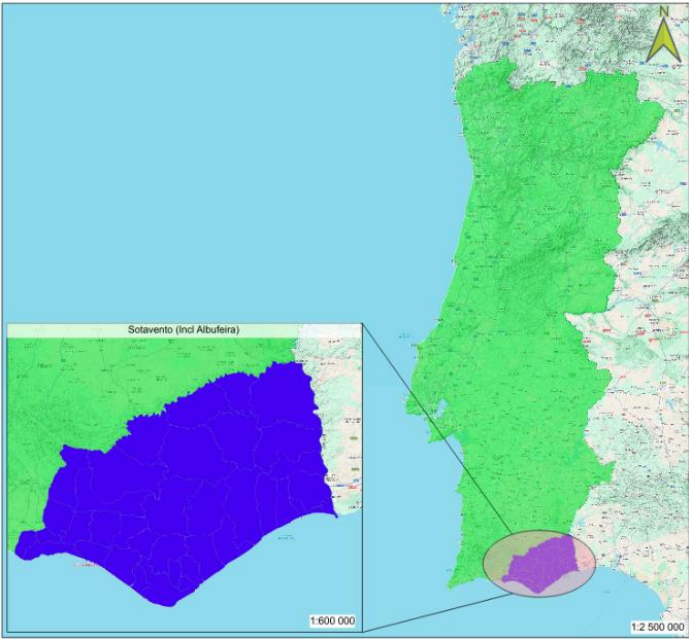


Figura 1. Área de estudo (a) Sotavento incluindo Albufeira (b) Portugal

Tabela 1 - Classificação

Código	Nome	Descrição
1	Água	Corpos d'água naturais ou artificiais
2	Área Urbana	Construções, áreas residenciais ou zonas industriais
3	Floresta	Vegetação saudável
4	Agricultura	Zonas com cultivo
5	Solo descoberto	Inclui zonas com vegetação rasteira

2.2. Aquisição de Dados

Para a análise temporal na região de sotavento do Algarve, optou-se por baixar as imagens de satélite Landsat 7 ETM+, nos anos de 2003 e 2023, as imagens foram descarregadas do site da USGS. As imagens de 2003 correspondem ao dia 25 de maio do ano de 2003 e as imagens de 2023 correspondem ao dia 15 de abril do ano de 2023. Importa frisar que ambas correspondem à L2SP (*Level 2 Science Project*), imagens processadas pela USGS em 2020 com refletância de superfície corrigida atmosféricamente (Landsat Missions). A cobertura de nuvens para as datas escolhidas é de 0%, informação disponível no ficheiro de texto auxiliar descarregado com as imagens de satélite. Para a análise foram descarregadas 6 bandas, todas com resolução espacial de 30 metros. As bandas descarregadas foram:

- Banda 1 Azul (0.45 - 0.52 μm) 30 m
- Banda 2 Verde (0.52 - 0.60 μm) 30 m
- Banda 3 Vermelho (0.63 - 0.69 μm) 30 m
- Banda 4 Infravermelho Próximo (0.77 - 0.90 μm) 30 m
- Banda 5 Infravermelho de Ondas Curtas (1.55 - 1.75 μm) 30 m
- Banda 7 Infravermelho Médio (2.08 - 2.35 μm) 30 m

O shapefile com as áreas administrativas foi descarregada do site da DGT (Direção Geral do Território, 2023).

Tabela 2 - Dados e suas características

Fonte	Ano	Dados (Nome)	Tipo	Formato
DGF	2021	Cont_AAD_CAOP2021	Polígonos	shp
		LE07_L2SP_203034_20230415_20230511_02_T1_SR_B1	raster	tif
USGS (Landsat 7)	2023	LE07_L2SP_203034_20230415_20230511_02_T1_SR_B2	raster	tif
		LE07_L2SP_203034_20230415_20230511_02_T1_SR_B3	raster	tif
		LE07_L2SP_203034_20230415_20230511_02_T1_SR_B4	raster	tif
		LE07_L2SP_203034_20230415_20230511_02_T1_SR_B5	raster	tif
	2003	LE07_L2SP_203034_20230415_20230511_02_T1_SR_B7	raster	tif
		LE07_L2SP_203034_20030525_20200916_02_T1_SR_B1	raster	tif
		LE07_L2SP_203034_20030525_20200916_02_T1_SR_B2	raster	tif
		LE07_L2SP_203034_20030525_20200916_02_T1_SR_B3	raster	tif
		LE07_L2SP_203034_20030525_20200916_02_T1_SR_B4	raster	tif
		LE07_L2SP_203034_20030525_20200916_02_T1_SR_B5	raster	tif
		LE07_L2SP_203034_20030525_20200916_02_T1_SR_B7	raster	tif

2.3. Procedimentos

A classificação das imagens de satélite compreendeu uma fase de pré-processamento, uma fase de classificação, uma fase de pós-processamento e uma verificação da exatidão dos resultados. Os *softwares* QGIS e ArcGIS foram utilizados neste estudo. O sistema de referência de coordenadas da área de estudo é o WGS84 / UTM Zona 29N, para tratamento de dados, manteve-se o sistema de coordenadas das imagens baixadas no site da USGS e a codificação é UTF-8. O fluxograma de trabalho, assim como ilustrado na Figura 2, mostra as etapas para a elaboração da carta de cobertura e uso do solo. A imagem de satélite adquirida em 2023 traz falhas nas linhas de varredura (Figura 3), por conseguinte, uma etapa de correção de linha de varredura foi adicionada apenas nesta imagem para correção da mesma.

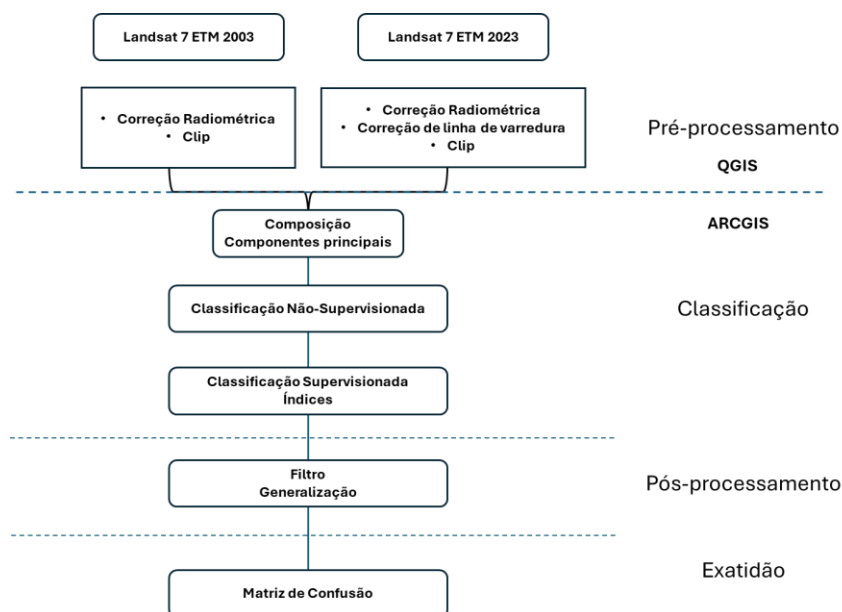


Figura 2. Fluxograma de Trabalho

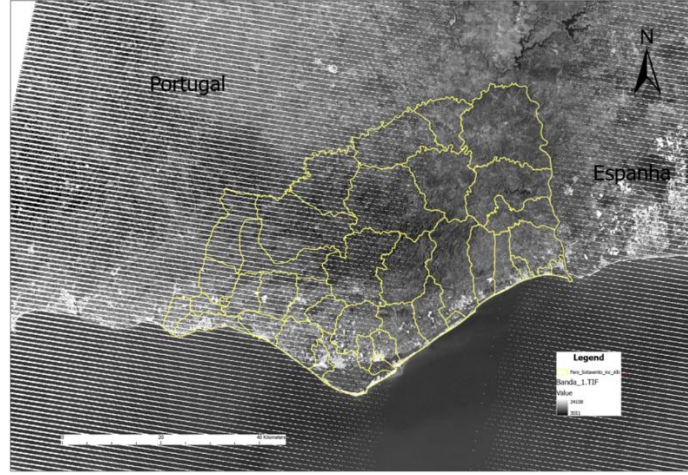


Figura 3. Falhas nas linhas de varredura na imagem de satélite Landsat 7 ETM (acessado a 15-04-2023).

2.3.1. Pré-Processamento

No pré-processamento usou-se o QGIS, *software* de sistemas de informação geográfica disponibilizado como fonte aberta e gratuita. Segundo Pinto, comparando os produtos da Landsat Nível 1 e 2, observou que a concordância dos dados do Nível 2 piora os comprimentos de onda na faixa do visível (comprimentos de onda mais curtos), para a banda do Azul por exemplo, o desacordo dobra de 5,2% (Nível 1) a 10% (Nível 2) (Pinto et al., 2020).

Cálculo do fator de escala e correção radiométrica:

Ainda segundo Pinto *et al.* (2020), os dados DN (números digitais) Landsat Nível 1 podem ser redimensionados para equação Top da Atmosfera (TOA) de radiancia (1) ou equação TOA da refletância (2) usando coeficientes de reescalonamento radiométrico (*radiometric rescaling*) fornecidos no arquivo de metadados apresentado com o produto de imagem.

$$\rho'_\lambda = M_\rho \times Q_{cal} + A_\rho \quad (1)$$

Onde:

ρ'_λ – Refletância espectral Top da Atmosfera (Watts/m².srad.µm);
 M_ρ e A_ρ - São fatores de reescalonamento de refletância multiplicativa e aditiva específico da banda, respetivamente, a partir dos metadados;
 Q_{cal} - São os valores de pixel padrão do produto calibrados e quantizados (Números Digitais).

$$\rho_\lambda = \frac{(\rho'_\lambda)}{\cos(\theta_{SZ})} = \frac{(\rho'_\lambda)}{\sin(\theta_{SE})} \quad (2)$$

Onde:

ρ_λ – TAO refletância planetária
 θ_{SE} – É o angulo de elevação do sol ao local
 θ_{SZ} – É o angulo zenital, $\theta_{SZ} = 90^\circ - \theta_{SE}$

Correção da linha de varredura, utilizou-se a função *FillNoData* no QGIS, pertencente à biblioteca GDAL. Com esta função as regiões vazias do *raster* são preenchidas por meio da interpolação dos valores nos pixéis vizinhos.

2.3.2. Classificação

2.3.2.1. NDVI

O NDVI é um índice de vegetação normalizado e é comumente utilizado na análise de imagens de satélite para estimar a abundância da vegetação (Caetano & Costa, 2023). As bandas utilizadas para este cálculo são as bandas do infravermelho próximo (Banda 4) e a do vermelho (banda 3).

$$NDVI = \frac{(IVP - V)}{(IVP + V)} \quad (3)$$

Onde:

$NDVI$ – Índice de vegetação normalizada
 IVP – Infravermelho próximo
 V – Vermelho

2.3.2.2. Métodos de Classificação de Imagens

Base fundamental para este estudo, foi o tutorial da cadeira Detecção Remota (Caetano & Costa, 2023), utilizado como guia para as variadas tentativas, visando encontrar um método que melhor classificasse as classes definidas. Na fase de classificação, iniciou-se com a junção das bandas em composição de cores, como 3-2-1 (cor verdadeira), 4-3-2 (vegetação saudável), 5-4-3 (vegetação e tipos de solo/plantio) e 7-1-2 (áreas urbanizadas) (Figura 4). A escolha das composições entre as bandas levou em consideração a correlação entre as bandas, exercício efetuado para as bandas da imagem Landsat 7 ETM+ de 2003 (Figura 3).

Tabela 3 – Correlação entre bandas

	Banda 1	Banda 2	Banda 3	Banda 4	Banda 5	Banda 7
Banda 1	1					
Banda 2	0,9482274	1				
Banda 3	0,8222581	0,9369497	1			
Banda 4	0,2928964	0,532627	0,7388819	1		
Banda 5	0,4400549	0,6528065	0,8410836	0,9436957	1	
Banda 7	0,6276589	0,7954507	0,9314305	0,8609647	0,964535	1

A classificação está dividida em três fases, ou seja, nas componentes principais, classificação não supervisionada e na classificação supervisionada:

Nas componentes principais a variabilidade dos dados, evidenciam as características mais salientes da imagem, esta análise pode conter informações relativas ao uso do solo, cobertura vegetal, tipologias de terreno, padrões climáticos e até mesmo evoluções ao longo do tempo. Os investigadores podem identificar padrões, detetar alterações e efetuar diversas análises, como monitorização ambiental, estudos de uso do solo, prognóstico de culturas agrícolas e outras aplicações similares.

A classificação não-supervisionada foi testada, criando 15 classes. A ferramenta *Iso Cluster Unsupervised Classification* utilizada calcula as funcionalidades do *Iso Cluster* (agrupamento de dados multivariados) e do *Maximum Likelihood Classification* (probabilidade de pertença consoante atributos) (ESRI, 2023).

A classificação supervisionada testou-se as seguintes funções *Random Tree*¹ e o *Support Vector Machine* (SVM)²: O *Random tree* é um algoritmo de que opera criando várias árvores de decisão durante o treinamento e combinando suas previsões para obter uma previsão mais precisa e robusta. O *Support Vector Machine* procura encontrar o hiperplano ótimo que melhor separa os pontos de dados de diferentes classes no espaço, ou seja, é a distância entre os pontos de dados mais próximos de cada classe, chamados de vetores de suporte. Como esta classificação envolve a consideração dos conjuntos de treinamento e teste a partir de dados separados, cada conjunto de treinamento tem valor de destino separado e vários atributos (Mondal et al., 2012). Executou-se este método para os dois anos de análise no caso de estudo.

2.3.1. Pós-Processamento

Na fase de pós-processamento, foram utilizados os filtros majoritários (duas vezes) e uma ferramenta de generalização.

2.3.2. Exatidão

Para o cálculo da exatidão, usou-se a matriz de confusão, utilizada para avaliar problemas de desempenho de um modelo preditivo, calculando uma matriz de confusão com erros de omissão e comissão, derivando um índice de concordância e uma precisão global entre o mapa classificado e os dados de referência (Esri Tool Reference). Para a matriz de confusão, criou-se *Random Points*, gerando uma camada de pontos distribuídos de forma aleatória, com a ferramenta *Extract Multi-Values* extraiu-se os valores na classificação supervisionada de modos a confirmar a exatidão em relação ao mapa generalizado (ESRI, 2023).

¹ Random tree, traduzido é árvore de decisão

² Support Vector Machine, traduzido é a máquina de suporte para vetor.

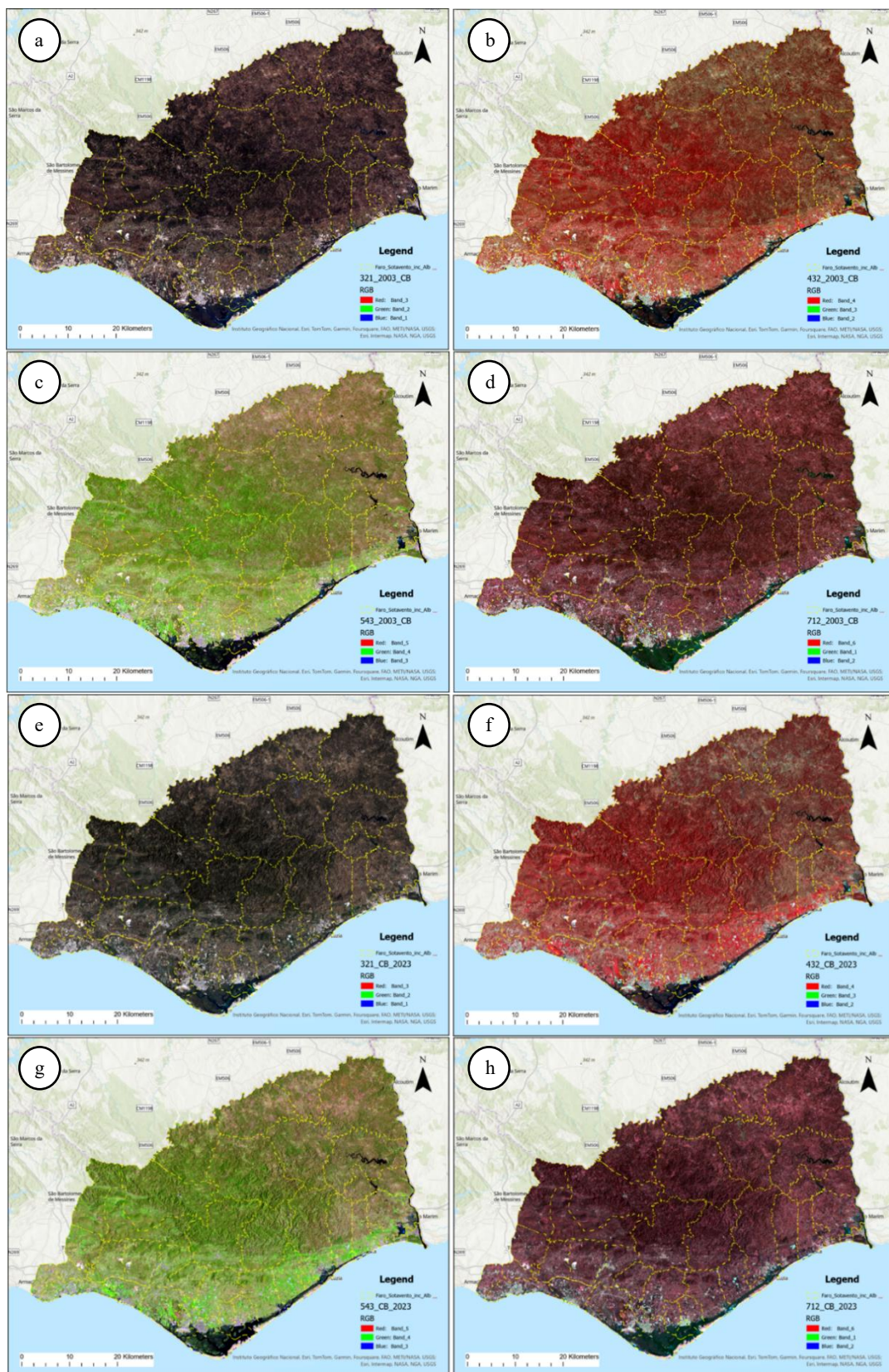


Figura 4. Composição de Bandas para a imagem de satélite Landsat 7 ETM+ (anos de 2003 e 2023) a) Combinação da Band 321 ano 2003, b) Combinação da Band 432 ano 2003, c) Combinação da Band 543 ano 2003, d) Combinação da Band 712 ano 2003, e) Combinação da Band 321 ano 2023, f) Combinação da Band 432 ano 2023, g) Combinação da Band 543 ano 2023, h) Combinação da Band 712 ano 2023.

3. Resultados e Discussão

O estudo tinha como objetivo primário a classificação baseada em 5 classes, que são a água, área urbana, floresta, agricultura e solo descoberto. As áreas urbanas correspondem a zonas residenciais, comerciais, industriais, estádios, aterros, etc., de um modo geral, estruturas construídas pelo homem. A floresta corresponde à vegetação saudável. A agricultura são as zonas intermédias. As zonas a solo descoberto referem-se a zonas com relvado rasteiro ou zonas preparadas para cultivo, mas sem plantio.

3.1. Índices

3.1.1. NDVI

Os resultados do NDVI vão de encontro aos resultados da cobertura do solo e nos ajudam a entender a dinâmica ambiental na área de estudo, pode-se ver na Figura 5 (círculo a cor de laranja) que a zona de Tavira perdeu cobertura de vegetação saudável. As mudanças na cobertura vegetal são reforçadas com o NDVI, na Tabela 5, a percentagem de floresta vai de 40% a 35%, enquanto assistimos o aumento de 50% para 54% em zonas agrícolas.

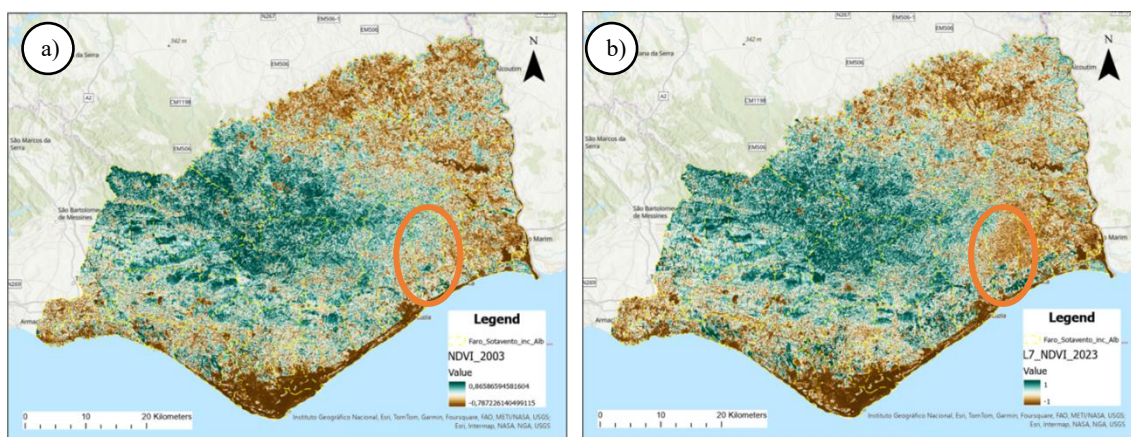


Figura 5. NDVI a) Ano 2003, b) Ano 2023

3.1.2. Componentes principais

Nas componentes principais (PCA) vê-se a variabilidade dos dados, evidenciando as características mais salientes da imagem, verifica-se que houve um aumento da área urbana comparando o ano 2003 com o ano 2023. As mudanças na área urbana são reforçadas com o PCA, na Tabela 5, a percentagem de área urbana vai de 5% a 6%, pode-se ver na (Figura 6) é a zona em tons de cor-de-rosa.

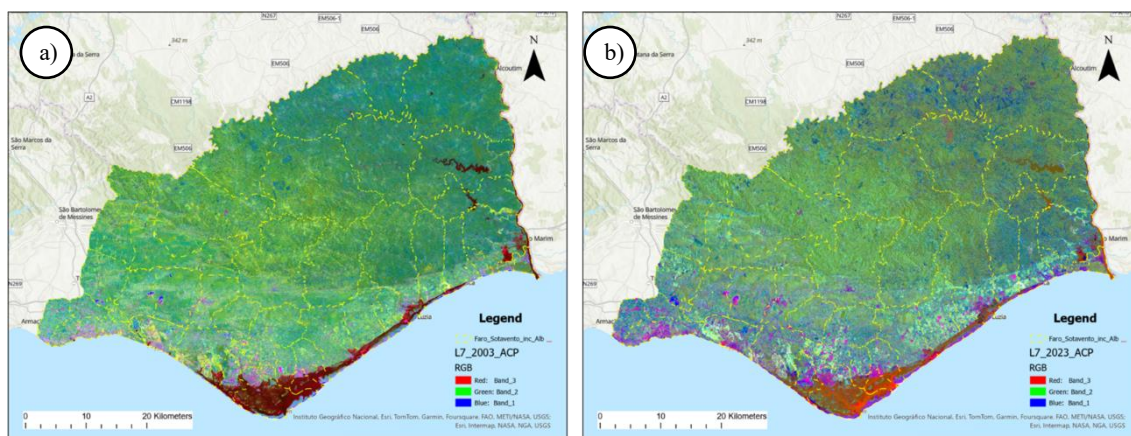


Figura 6. Componentes Principais a) ano 2003, b) ano 2023

3.1. Classificação não supervisionada e classificação supervisionada

Foram geradas 15 classes com o classificador não-supervisionado *Iso Cluster Unsupervised Classification*. Estas classes foram a posteriormente agrupadas com o *Reclassify* em 5 grupos, correspondentes às preteridas, nomeadamente água, área urbana, floresta, agricultura e solo descoberto. De um modo geral, a classificação não-supervisionada separa

toleravelmente todas as classes, apenas a classe de área urbana é quantificada além do esperado (Figura 7 a) e c)), interpreta a área urbana como a área florestal e de agricultura dificultando a devida identificação.

A classificação não-supervisionada foi utilizada para auxiliar na construção de uma amostra de treino, guia para a classificação supervisionada. Foi criada uma amostra de treino com 39 polígonos, distribuindo os pontos por toda a área de estudo.

Na classificação supervisionada, o modelo é então treinado para mapear atributos para as categorias definidas. Após a preparação dos dados, modelo é selecionado e treinado, avaliado com métricas como precisão e *recall*, ajustado e implantado. Nas imagens b) e d) da Figura 7 está ilustrado a classificação supervisionada, consegue-se distinguir razoavelmente entre as classes.

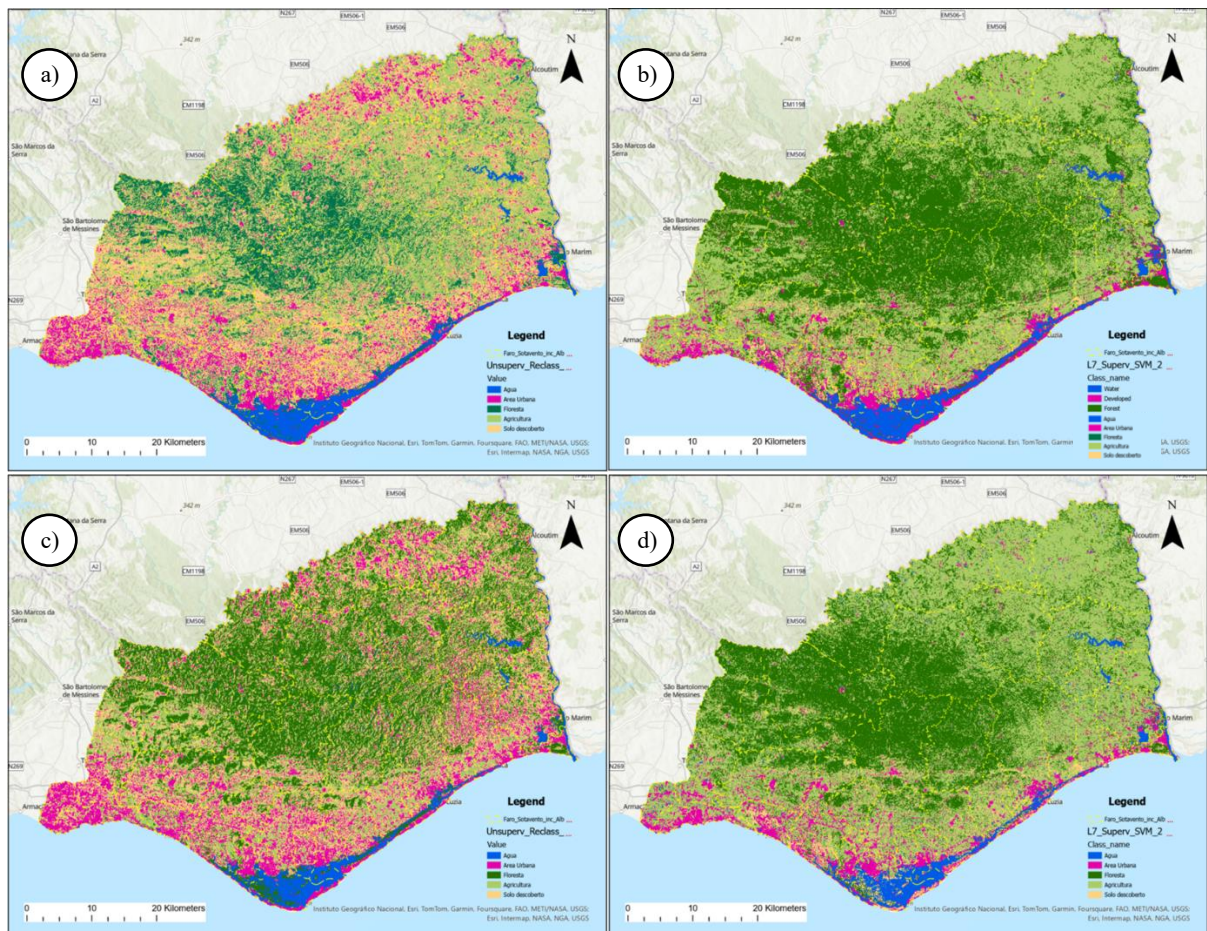


Figura 7. Classificação a) Não Supervisionada em 2003 b) Supervisionada em 2023 c) Não Supervisionada em 2023 d) Supervisionada em 2023

3.2. Avaliação da exatidão temática

3.2.1. Matriz confusão

Analisando a matriz confusão verifica-se que a classe bem classificada no ano 2003 é a água e a menos bem classificada é o solo descoberto e a área urbana, estas duas áreas são áreas a melhorar. No ano 2023 a classe bem classificada é a água e a menos bem classificada é a área urbana, esta área é que deverá ser melhorada no modelo. Globalmente ambos os anos estão bem classificados, pois estão na ordem dos 80% (Tabela 4).

Tabela 4 - Matriz confusão (supervisionada)

Map	2003									2023								
	REFERENCE																	
	Value	Nomes das Classes	1	2	3	4	5	Total Geral	UA	1	2	3	4	5	Total Geral	UA		
	1	Água	2						2	100%	3					3	100%	
	2	Area urbana		2	1	2			5	40%		5		2		7	71%	
	3	Floresta				35	6		41	85%			22	4		26	85%	
	4	Agricultura		1	8	40			49	82%		1	5	52		58	90%	
	5	Solo descoberto				1		2	3	67%				1	5	6	83%	
	Total Geral		2	3	45	48	2		100		3	6	28	58	5	100		
	PA		100%	67%	78%	83%	100%			100%	83%	79%	90%	100%				
	OA		81%							87%								

PA – Exatidão do produtor

UA – Exatidão do usuário

OA – Exatidão global

3.3. Comparação de mapas

As dinâmicas de interação na região Sotavento do Algarve (Albufeira inclusive) entre 2003 e 2023 são interessantes. Analisando a Tabela 5 e a Figura 8, verifica-se que a água reduziu 18,07 km², a área urbana cresceu 24,75 km², a floresta decresceu 144,74 km² a agricultura cresceu 119,81 km² e o solo descoberto 18,11 km².

Tabela 5 – Resumo das alterações de uso e ocupação do solo

Nome da classe	2003		2023		Diferença (km ²)
	Soma (km ²)	%	Soma (km ²)	%	
Água	115,76	4%	97,69	3%	-18,07
Area Urbana	144,10	5%	168,85	6%	24,75
Floresta	1 180,64	40%	1 035,90	35%	-144,74
Agricultura	1 455,48	50%	1 575,29	54%	119,81
Solo descoberto	37,23	1%	55,35	2%	18,11
Total	2 933,21		2 933,08		

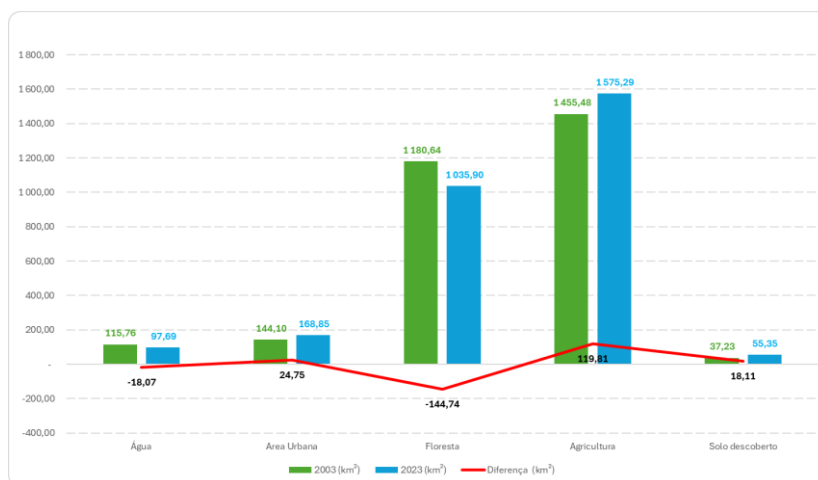


Figura 8. Gráfico das alterações de uso e ocupação do solo

As alterações entre os mapas de classificação da cobertura e uso do solo deixam transparecer o aumento de uma classe de um lado o que corresponde a diminuição de outra classe e vice-versa. Na Figura 8, temos o exemplo do aumento da área de agricultura na região de Tavira, com a zona Norte convertida para agricultura de 2003 a 2023, em detrimento da classificação de floresta reduzida na zona. Já na Figura 9, temos o aumento da cobertura de floresta de 2003 para 2023 no concelho de Loulé, mais especificamente nas freguesias de Alte, Salir e no conjunto das freguesias de Querença, Tôr e Benafim. Constatamos a recuperação da camada da floresta, o que nos remete a outros fatores como os grandes incêndios ocorridos já nos anos de 2003 e 2004 até a presente data, e as grandes campanhas “Floresta Verde” de reflorestamento realizadas pelo Zoomarine desde 2017 (Sul Informação, 2017). “As “novas plantações” correspondem essencialmente a povoamentos puros de sobreiro, mas também de azinheira, pinheiro manso, pinheiro-bravo, eucalipto, pinheiro de alepo e medronheiro e povoamentos mistos de sobreiro e azinheira, pinheiro manso e sobreiro, azinheira e sobreiro, medronheiro e sobreiro, pinheiro-bravo e sobreiro, por ordem decrescente de representatividade.” (Câmara Municipal de Loulé, 2020). Estas observações sobre as alterações mais notórias vão de encontro ao gráfico da Comissão Municipal de Defesa da Floresta contra Incêndios de Loulé, em um relatório partilhado

pela Câmara Municipal de Loulé (Figura 11), onde constatamos que Loulé e Tavira estão entre concelhos do Algarve com mais área de floresta ardida.

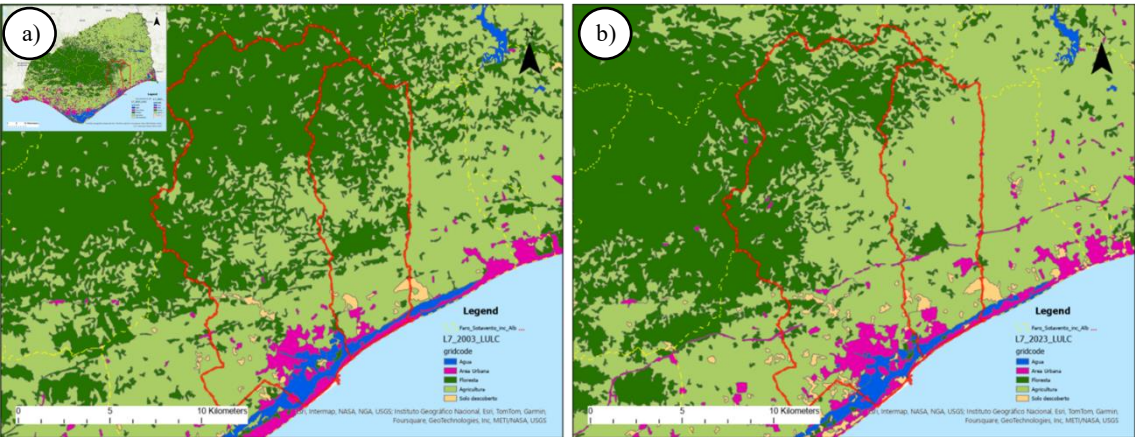


Figura 9. Aumento da área utilizada para cultivo no município de Távira, a) ano 2003 b) ano 2023

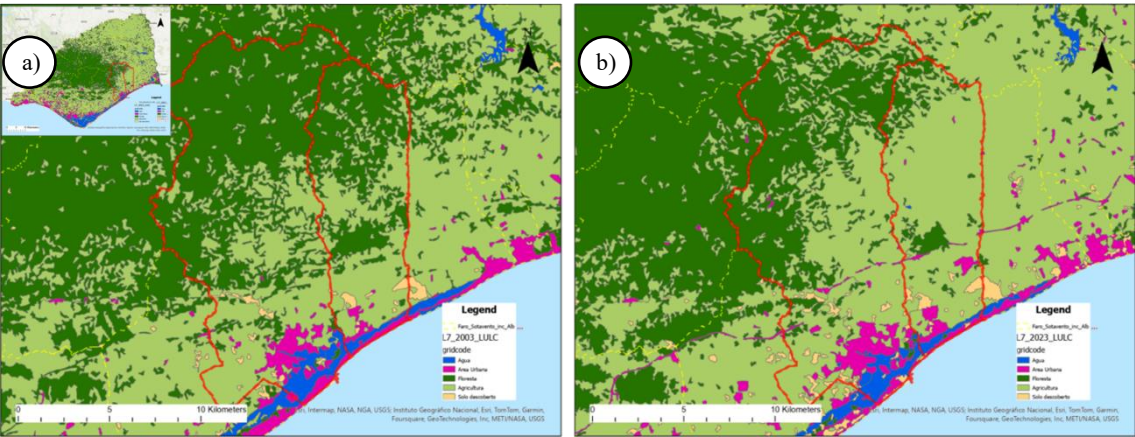


Figura 10. Aumento da classificação de floresta na porção Noroeste do concelho de Loulé, a) ano 2003 b) ano 2023

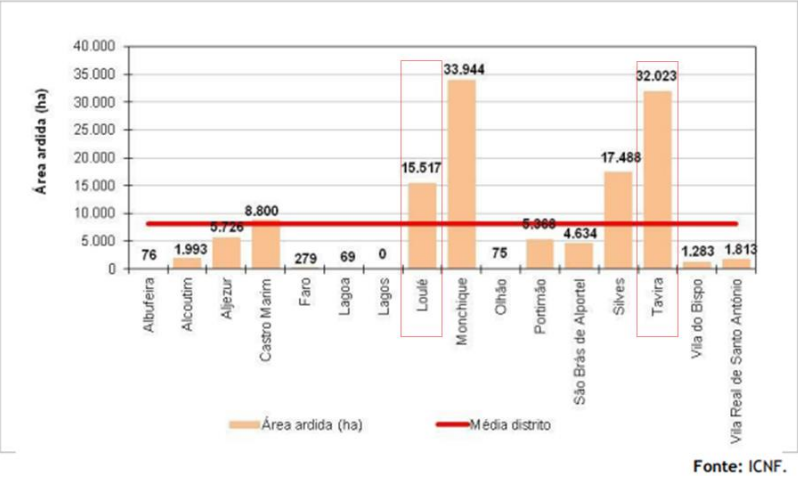


Figura 11. Gráfico da distribuição da área ardida total, nos concelhos da região do Algarve, entre 2003 e 2014 (Câmara Municipal de Loulé, 2017)

Relativamente à água, a análise também mostra que houve redução, esta informação está visível na Figura 12, onde observamos que houve redução das barragens de Odeleite e do Beliche conforme os círculos a cor de laranja e o mesmo é corroborado pelas informações expostas no site barragens Figura 13.

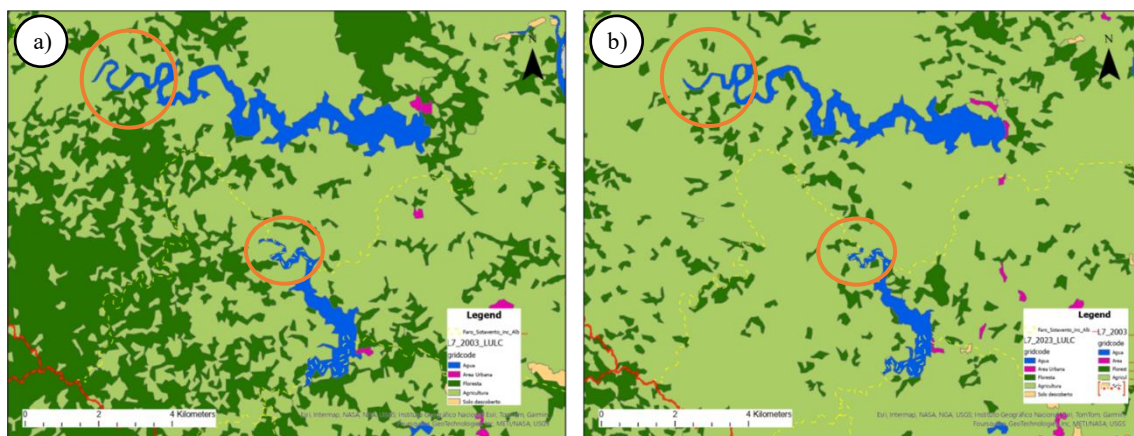


Figura 12. Diminuição da classificação de água na porção, a) ano 2003 b) ano 2023

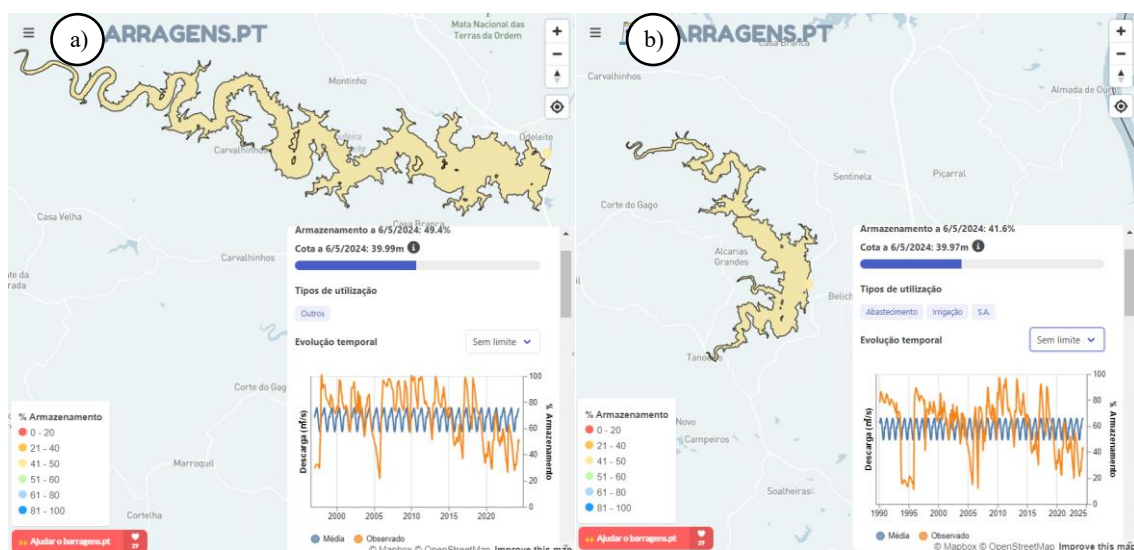


Figura 13. Barragens a) Odeite b) Beliche (Paiva, 2024)

4. Conclusão

Conclui-se que a análise temporal da região do Sotavento do Algarve, incluindo Albufeira, entre os anos de 2003 e 2023, revelou mudanças significativas na ocupação e uso do solo. Utilizando tecnologia de Detecção Remota, mais especificamente as imagens de satélite Landsat 7 ETM+, foi possível acompanhar e compreender essas transformações ao longo do tempo.

A análise dos índices, como o NDVI e as componentes principais, forneceu uma visão valiosa sobre a saúde vegetal e a expansão da área urbana, assim como a variabilidade dos dados ao longo do período estudado. As classificações não supervisionadas e supervisionadas permitiram identificar e mapear as diferentes classes de uso do solo com precisão razoável.

A avaliação da precisão temática revelou que, apesar de algumas áreas estarem bem classificadas, há margem para melhorias, especialmente na classificação de áreas urbanas e solo descoberto.

As comparações entre os mapas de uso e ocupação do solo destacam as mudanças significativas que ocorreram na região, como o aumento da área urbana e áreas agrícolas, em detrimento da área de floresta. Fatores como incêndios florestais e alterações climáticas contribuem para essas mudanças, evidenciando a necessidade de políticas de gestão e ordenamento do território mais eficazes e sustentáveis.

O estudo demonstra a importância da Detecção Remota como uma ferramenta crucial para monitorizar e entender as mudanças na paisagem ao longo do tempo, fornecendo auxílios essenciais para o planeamento e a tomada de decisões em termos de gestão ambiental e territorial.

5. Referências Bibliográficas

- Caetano, M., & Costa, H. (2023). *Remote sensing practicals (Prática de Detecção Remota)*, [e-book].
- Câmara Municipal de Loulé. (2017). *CÂMARA MUNICIPAL DE LOULÉ DIVISÃO DE PROTEÇÃO CIVIL E DE VIGILÂNCIA*.
- Câmara Municipal de Loulé. (2020). *Plano Municipal de Ação Climática de Loulé*.
- Carvalho, T. H. D. (2017). *Detecção Remota e o Algarve: Cartografia, usos do território e paisagem. Tese de Dissertação de Mestrado*. [Universidade do Algarve].
<https://sapientia.ualg.pt/bitstream/10400.1/10683/1/Dissertação%20Versão%20Final%20corrigida.pdf>
- Direção Geral do Território. (2023, September 30). *Carta Administrativa Oficial de Portugal - CAOP 2021 - DGT*. Direção-Geral Do Território. <https://www.dgterritorio.gov.pt/dados-abertos>
- ESRI. (2023). *ArcGIS Pro geoprocessing tool reference—ArcGIS Pro - Documentation*. <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/latest/tool-reference/main/arcgis-pro-tool-reference.htm>
- Instituto Nacional de Estatística. (2024). *Censos 2021*.
https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_publicacoes&PUBLICACOESpub_boui=66321126&PUBLICACOESmodo=2
- Mondal, A., Shukla, R., Chandniha, D. K., Kundu, S., Chandniha, S. K., & Mishra, P. K. (2012). Comparison of support vector machine and maximum likelihood classification technique using satellite imagery. *International Journal of Remote Sensing and GIS*, 1(2), 116–123. www.rpublishing.org
- Paiva, R. C. C. (2024). *barragens.pt*. https://barragens.pt/?basin_id=23
- Pinto, C. T., Jing, X., & Leigh, L. (2020). Evaluation analysis of landsat level-1 and level-2 data products using in situ measurements. *Remote Sensing*, 12(16). <https://doi.org/10.3390/RS12162597>
- Sul Informação. (2017, November 2). *Zoomarine vai plantar 10 mil árvores no Algarve para «ajudar a reflorestar Portugal»*. <https://www.sulinformacao.pt/2017/11/zoomarine-vai-plantar-10-mil-arvores-no-algarve-para-ajudar-a-reflorestar-portugal/>
- USGS. (2024, May 1). *Landsat 7 - U.S. Geological Survey*. <https://www.usgs.gov/landsat-missions/landsat-7>
- USGS Science for a changing world. (2024, May 1). *EROS Registration System*.
https://ers.cr.usgs.gov/login?RET_ADDR=https%3A%2F%2Fearthexplorer.usgs.gov%2F
- Wulder, M. A., Coops, N. C., Roy, D. P., White, J. C., & Hermosilla, T. (2018). Land cover 2.0. In *International Journal of Remote Sensing* (Vol. 39, Issue 12, pp. 4254–4284). Taylor and Francis Ltd.
<https://doi.org/10.1080/01431161.2018.1452075>