

## **Mestrado em Sistemas de Informação Geográfica**

Laura Pacheco Fernandes<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Faculdade de Letras da Universidade do Porto, [up202007592@edu.up.pt](mailto:up202007592@edu.up.pt)

# **Relatório trabalho prático: Análise do Concelho de Loulé quanto ao NDVI e à Classificação Semiautomática.**

## **Deteção Remota aplicada ao Ordenamento do Território (Parte prática)**

**Docentes:** Ana Cláudia Moreira Teodoro, José Augusto Alves Teixeira, Lia Gama.

**Faculdade de Letras da Universidade do Porto**

**Ano letivo: 2023/2024**

## Índice

Introdução .....	3
Enquadramento da Área de Estudo.....	4
Metodologia.....	6
NVDI .....	7
Classificação semiautomática .....	9
Classificação semiautomática da imagem de Verão (27/08/2023) .....	10
Classificação semiautomática imagem de Inverno (25/11/2023) .....	12
Conclusão .....	15
Bibliografia .....	16

## Introdução

No âmbito da cadeira de Detecção Remota e de Ordenamento do Território, foi pedido que desenvolvêssemos um trabalho relativo a alguns índices de vegetação, que são parâmetros calculados a partir de dados espectrais obtidos por sensoriamento remoto, geralmente em imagens de satélite, com o propósito de avaliar e monitorar a saúde e a cobertura vegetal. Estes índices fornecem informações valiosas sobre diversos aspetos das plantas, como a quantidade de clorofila, a densidade foliar e a condição geral da vegetação. Alguns dos índices de vegetação mais comuns incluem: o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada Melhorado (EVI), o Índice de Vegetação por Razão Simples (RVI) e o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada Infravermelho (NDWI).

Estes índices de vegetação desempenham um papel crucial em estudos agrícolas, monitorização ambiental, deteção de alterações na cobertura do solo e na avaliação de ecossistemas. A interpretação adequada desses índices oferece percepções valiosas para a investigação científica, para a gestão de recursos naturais e para a tomada de decisões em diversas áreas.

No caso deste trabalho vamos-nos focar no Índice de Vegetação por Diferença Normalizada, ou NDVI (do inglês *Normalized Difference Vegetation Index*), que é uma medida quantitativa usada para avaliar a saúde e densidade da vegetação em uma determinada área com base em dados de deteção remota. O NDVI é amplamente utilizado em estudos de monitorização ambiental, agrícola, florestal e do uso do solo. O conceito por trás do NDVI é fundamentado na diferença entre as características espectrais da luz refletida pelas plantas nas bandas do infravermelho próximo (NIR) e vermelho (R) do espectro eletromagnético. O NDVI é calculado usando a seguinte fórmula:

$$NDVI = \frac{(NIR - R)}{(NIR + R)}$$

Nesta fórmula:

- O NIR representa a reflectância no espectro do infravermelho próximo.
- O R representa a reflectância no espectro do vermelho.

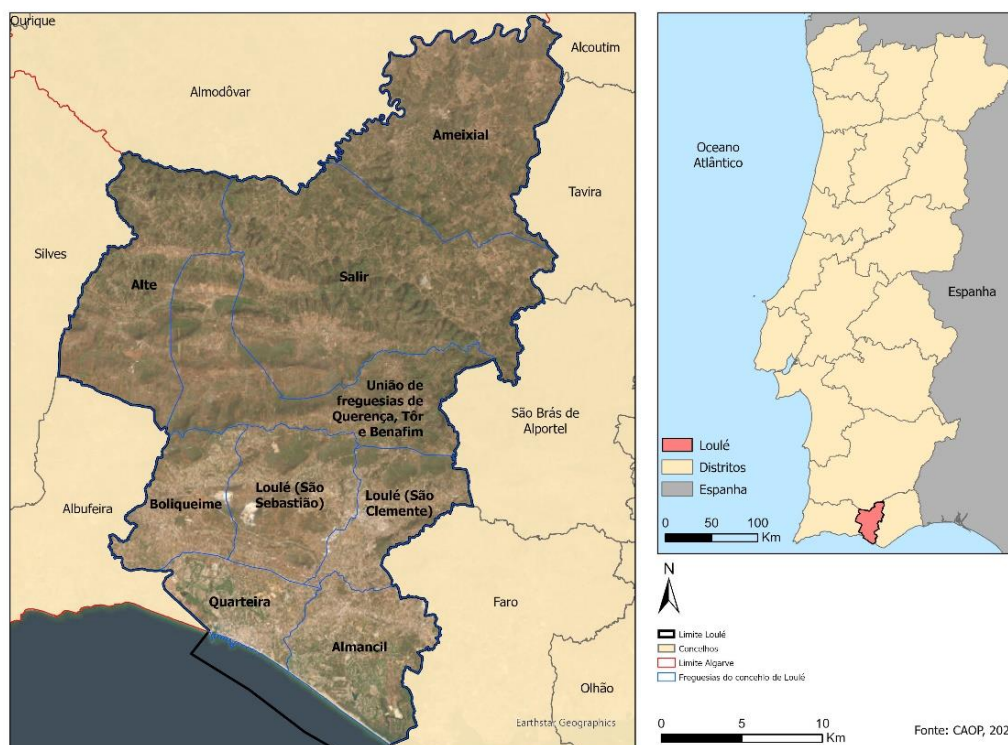
O resultado do cálculo do NDVI gera valores que variam de -1 a 1. Esses valores indicam diferentes tipos de cobertura do solo e vegetação. Ao analisar imagens de satélite ou dados de sensoriamento remoto usando o NDVI, os investigadores podem monitorizar mudanças na cobertura vegetal ao longo do tempo, identificar áreas de stresse vegetal, avaliar a saúde das culturas agrícolas e realizar estudos ambientais. O NDVI é uma ferramenta valiosa para compreender a dinâmica da vegetação à escala regional ou global.

Para além do NDVI, também nos é pedido neste trabalho, que fosse feita a classificação supervisionada semiautomática. Esta combina elementos da classificação não supervisionada tradicional com intervenção humana para melhorar a precisão e relevância das previsões dos modelos. Este método é particularmente útil em situações em que a classificação automática pode não ser viável devido à complexidade ou falta de clareza nos dados. Esta abordagem destaca-se pela flexibilidade em lidar com dados complexos e ambíguos, onde a experiência humana através da definição de classes desempenha um papel crucial no processo de classificação.

A classificação supervisionada semiautomática é amplamente empregada em estudos ambientais, monitorização de recursos naturais, e gestão territorial. A classificação supervisionada requer que o analista tenha um conhecimento prévio das classes presentes na imagem. Em tal abordagem, o analista treina o algoritmo para poder distinguir as classes uma das outras. Uma área da imagem que o analista identifica como representando uma das classes é chamada de área de treinamento. Várias áreas de treinamento podem ser definidas para uma mesma classe, para assegurar que os pixels a ela pertencentes são realmente representativos dessa classe (CRÓSTA, 2002).

### Enquadramento da Área de Estudo

O concelho de Loulé (*Mapa 1*) está localizado na região do Algarve, no sul de Portugal, situado no distrito de Faro, abrangendo uma área geográfica diversificada que inclui zonas costeiras e áreas mais interiores. O concelho de Loulé, com 763,67 km<sup>2</sup> de área, constitui um bom exemplo da diversidade de territórios do Algarve (Ramos-Pereira, 2018, p. 11).



Mapa 1 - Enquadramento da área de estudo.

Em termos climáticos o concelho de Loulé, caracteriza-se por apresentar, tal como grande parte do Algarve, um clima mediterrâneo, caracterizado por verões quentes e secos e invernos suaves. Em termos hidrográficos o concelho é atravessado por pequenos cursos de água e ribeiras, especialmente na região montanhosa, contribuindo para a biodiversidade local (*Autarquia 360, n.d.*).

Em termos topográficos o concelho de Loulé apresenta uma topografia variada, com a presença da Serra Algarvia no interior. Isso proporciona paisagens montanhosas e colinas, contrastando com as planícies costeiras (*Ramos-Pereira, 2018, p. 3*). O concelho possui uma extensa faixa de costa ao longo do Oceano Atlântico, destacando-se por praias de areias douradas e águas cristalinas (*Ramos-Pereira, 2018, p.3*). A zona costeira muitas vezes é pontuada por falésias e formações rochosas características da região (*Ramos-Pereira, 2018, p. 3*).

O concelho de Loulé distingue-se por três territórios: A serra que se estende por 45% deste, constituída por rochas de xisto com grandes declives e barrancos, que se encontram cobertos por vegetação espontânea e onde o sobreiro é um recurso importante (*Ramos-Pereira, 2018, p.11*). Com a presença de um relevo muito dissecado pela rede hidrográfica, que atravessa por entre a serra e o que leva a uma constante erosão desta (*Ramos-Pereira, 2018, p.11*). As serras do Concelho de Loulé são ainda constituídas por solos pobres e de difícil acesso, sendo a pastorícia, a silvicultura e a exploração florestal os principais modos de vida da população (*Ramos-Pereira, 2018, p. 19*). Nos terrenos da Serra, de difícil acesso e com poucos recursos naturais, a população é escassa e aglomerada em pequenos núcleos, à semelhança do que se verifica há séculos (*Ramos-Pereira, 2018, p.11*).

À medida que seguimos para Sul, podemos então depararmo-nos com o Barrocal que ocupa 40% deste Concelho. Sendo uma área predominantemente calcária e com relevo em bandas na direção Este-Oeste (*Ramos-Pereira, 2018, p. 12*). Estes relevos têm o topo aplanado, cuja altitude diminui suavemente para sul, mais bem conservado nos calcários e dolomitos, como sucede em Rocha da Pena (*Ramos-Pereira, 2018, p. 12*). Esta área conta com relativamente bons solos agrícolas, em especial na produção de citrinos e hortícolas, apesar de hoje quase não existir circulação superficial da água (*Ramos-Pereira, 2018, p. 12*). Para além disso, é daqui que se extrai, cerca de 17% da exploração de sal-gema do país (*Ramos-Pereira, 2018, p. 12*).

Por fim, em terceiro e último temos o Litoral que corresponde a 15% do concelho. Com a presença de um relevo mais regular e com tendência de inclinação para o mar, comumente designada de plataforma litoral (*Ramos-Pereira, 2018, p. 15*). Sempre atraiu população, primeiramente devido aos recursos marítimos e mais recentemente pelo turismo (*Ramos-Pereira, 2018, p. 15*). Esta última vertente de exploração do litoral levou a uma construção mais voltada para a exploração turística e para construções de luxo, com especial atenção para a construção de aldeamentos turísticos, como Vilamoura, Vale do Lobo/Quinta do Lago e Vale Garrão, ou pela densificação urbana mal ordenada de pequenos núcleos, como o de Quarteira, a construção de empreendimentos e de campos de golfe na Quinta do Lago e em Vilamoura, sendo a primeira localizada na Freguesia de Almancil e a segunda na Freguesia de Quarteira (*Ramos-Pereira, 2018, p. 16*).

Para além disso, parte do concelho pode incluir áreas dentro do Parque Natural da Ria Formosa, na parte Este da Freguesia de Almancil, que abrange o seu início, uma área protegida que neste concelho, por ser o começo da Ria, se caracteriza por quase parecer um sapal, com uma mistura de ecossistemas costeiros notáveis, mas ainda sem apresentar as características da Ria tal como é conhecida no Concelho de Olhão onde o tamanho desta é muito maior, assim como a distância entre a faixa da costa e as Ilhas.

## Metodologia

Para a realização deste trabalho foi escolhido um Concelho, neste caso o concelho de Loulé. A escolha deste Concelho como área de Estudo prendeu-se com o bom conhecimento pessoal, e que apesar de ser um concelho do litoral se estende para o interior chegando até aos interiores da Serra Algarvia, oferecendo uma grande diversidade de características.

Após a definição da área de estudo foram escolhidas as imagens para a realização dos exercícios práticos. Estas foram obtidas a partir do site do Copernicus, programa europeu de observação da Terra liderado pela Agência Espacial Europeia (ESA) em colaboração com a Comissão Europeia (CE), lançado em 2014, e que visa fornecer informações detalhadas e atualizadas sobre o estado do ambiente terrestre, permitindo uma melhor compreensão e gestão dos recursos naturais,

além de apoiar políticas de resposta a emergências e mudanças climáticas (*About Copernicus | Copernicus, n.d.*).

É dentro deste programa que foi possível obter as imagens do satélite Sentinel 2A, parte constituinte da constelação de satélites Sentinel. Lançado em 23 de junho de 2015, desempenha um papel crucial na observação da Terra e na recolha de dados para diversos fins, incluindo monitorização ambiental, agrícola e dos recursos naturais. O Sentinel-2A é equipado com um sistema de imagem de alta resolução, composto por uma série de bandas espectrais, como infravermelhas próximas (NIR) e infravermelhos de curto comprimento de onda, o que não só permite a observação da superfície terrestre em diferentes comprimentos de onda, como também a análise detalhada e mudanças de diferentes características da superfície, como vegetação, solo, água e uso da terra.

Com uma cobertura de nuvens abaixo dos 10% foram escolhidas duas datas que abrangessem a área de estudo, uma para um dia de Verão (27/08/2023) e um dia mais próximo do Inverno (25/11/2023). De seguida, foram descarregadas as imagens referentes a essas duas datas, que foram então trabalhadas no software do QGIS e onde se procedeu então à execução dos dois exercícios que compõem este trabalho.

O primeiro exercício foi o do cálculo do NDVI para as duas datas, usando as bandas do NIR e do RED, que no satélite usado correspondem às Bandas 8 e 4, respetivamente e presentes na resolução dos 10 metros. Já o segundo exercício prendia-se com a classificação semiautomática do solo, fazendo uso do Semiautomatic Classification Plugin (SCP), que opera através da definição das macroclasses e classes, presentes na área de estudo e do desenhou a partir da interpretação da composição do RGB 3-2-1 de classes de treino que contém amostras, denominadas por “Region of Interest” (ROI).

É então que os pixels são classificados um a um, de acordo com as semelhanças espectrais entre ROI's e pixels. No SCP há três classificadores disponíveis: Máxima de Verossimilhança, Distância Mínima e Ângulo Espectral. Os três classificadores foram utilizados, e os parâmetros para cada classificador foram mantidos como a configuração padrão do SCP (*CONGEDO, 2016*).

## NDVI

Para a construção do NDVI foram usadas as Bandas 4 e 8, com uma resolução de 10 metros, correspondente para cada dia escolhido e das quais foi calculado o NDVI, através da fórmula apresentada anteriormente ( $\text{Banda } 8 - \text{Banda } 4 / (\text{Banda } 8 + \text{Banda } 4)$ ). Após isso foi realizado o clip do NDVI, circunscrito ao limite da área de estudo, por fim foi escolhida a paleta de cores que mais se adequa ao que se pretende apresentar. Também foi criado o histograma.





Mapa 3 - NDVI Verão (27/08/2023).  
Fonte: Copernicus, Sentinel 2A.



Mapa 2 - NDVI Inverno (25/11/2023).  
Fonte: Copernicus, Sentinel 2A.

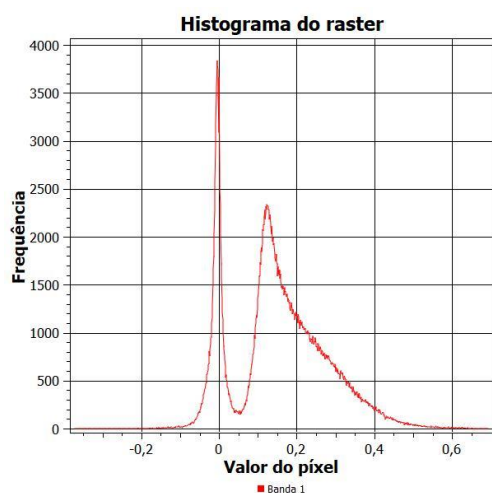


Gráfico 1 - Histograma do NDVI de Verão (27/08/2023).

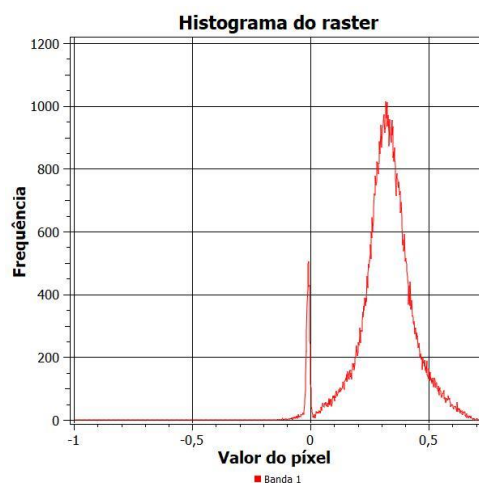


Gráfico 2 - Histograma do NDVI de Inverno (25/11/2023).

Podemos perceber que o NDVI se estende entre o -1 e os 0,72, no entanto na imagem referente à época de Verão o valor máximo do NDVI é 0,68 e o valor mais baixo é 0,37. Comparando a mapa de Verão com o mapa de Inverno, podemos perceber um aumento da qualidade da vegetação. Enquanto, que no Verão, os valores dos pixéis que apresentam maior frequência, estão mais próximo de 0, podendo denotar uma fraca qualidade da vegetação, ou então solos com pouca vegetação (Mapa 2 e Gráfico 1); no Inverno, avaliando o seu histograma (Mapa 2 e Gráfico 2), podemos não só denotar um aumento do intervalo do NDVI, como



também que os valores de pixéis com maior frequência encontram-se mais perto do 0,5, denotando o aumento do NDVI.

Os valores mais elevados encontram-se apresentados no topo das serras e nas partes envolventes a estas, ao longo do barrocal algarvio na parte Norte deste Concelho. Também podemos denotar o elevado nível do NDVI, a Sul do Concelho onde existem campos de golfe ou jardins, de propriedades de luxo, onde a vegetação é mais cuidada quando comparado com o resto do concelho.

Já os valores mais baixos do NDVI são passíveis de ver nas massas de água, localizadas na área costeira, a Sul da área de Estudo, como o Oceano Atlântico, no início da Ria Formosa, e nas áreas artificializadas do concelho, como nas pedreiras localizadas no centro no mapa.

### Classificação semiautomática

Para a realização deste exercício usaram-se as bandas: do azul (banda 2), do verde (banda 3), do vermelho (Banda 4), do infravermelho próximo (banda 8), com uma resolução de 10 metros; o uso das bandas correspondentes ao Vegetation Red Edge (bandas 5, 6 e 7) e das bandas correspondentes ao Infravermelho de curto comprimento de onda/SWIR (bandas 11 e 12), com uma resolução de 20 metros. Para além disso foram também utilizadas as Bandas “MTD\_TL” e “MTD\_MSIL2A”. Para proceder à sua utilização foi primeiro necessário realizar a correção das imagens, através do pré-processamento de conversão para refletância e temperatura e com a aplicação da correção atmosférica. Procedendo depois a um clip das bandas pelo limite da área de estudo e à criação da banda virtual, com a composição RGB 3-2-1, usada como base para o desenho das áreas de treino.

A definição das macroclasses e das classes foram feitas tendo em conta o conhecimento próprio da área de estudo e usando por base a classificação da Carta de Ordenamento do Solos de 2018 (COS) (*Direção-Geral do Território, 2019*). Apresentadas na tabela, estão as 3 macroclasses e as 11 classes criadas:

Macroclasses	Classes
Massas de água	1. Oceano; 2. Ria; 3. Rios; 4. Lagos.
Artificializado	5. Redes viárias; 6. Edificado.
Vegetação	7. Campos de golfe; 8. Agricultura; 9. Superfícies agroflorestais; 10. Praia.
Outros	13. Indústrias.

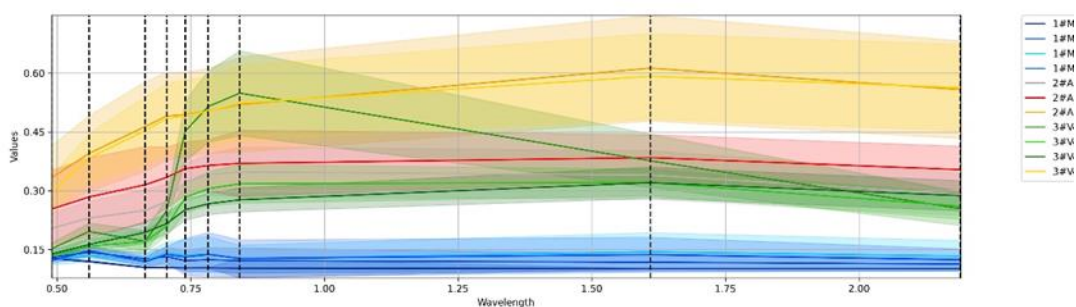


Gráfico 1 - Assinatura espectral de cada classe.

No gráfico da Assinatura Espectral de cada uma das classes (*Gráfico 3*), podemos denotar que as classes a azul que representam aquelas pertencentes a macroclasse das massas de água, são as que apresentam os valores mais baixos de refletância, ao longo do comprimento de onda. Já as classes da correspondente à praia e às indústrias, presentes a amarelo, são as que apresentam valores mais elevado de refletância atingindo os 0.6%, aos 1,60  $\mu\text{m}$  do comprimento de onda.

Os terrenos artificializados com exceção das indústrias, apresentam valores de refletância concentrados entre 0,25% e os 0,35%. Também é importante realçar a macroclasse dos espaços verdes, que no início do comprimento de onda vai sofrendo alterações na percentagem de refletância, normalizando a partir dos 0,90 um, com exceção da classe dos campos de golfe que apresenta a partir dos 0,65 um, um aumento exponencial dos valores de refletância, chegando a atingir os 0,65%, aos 0,65 um do comprimento de onda.

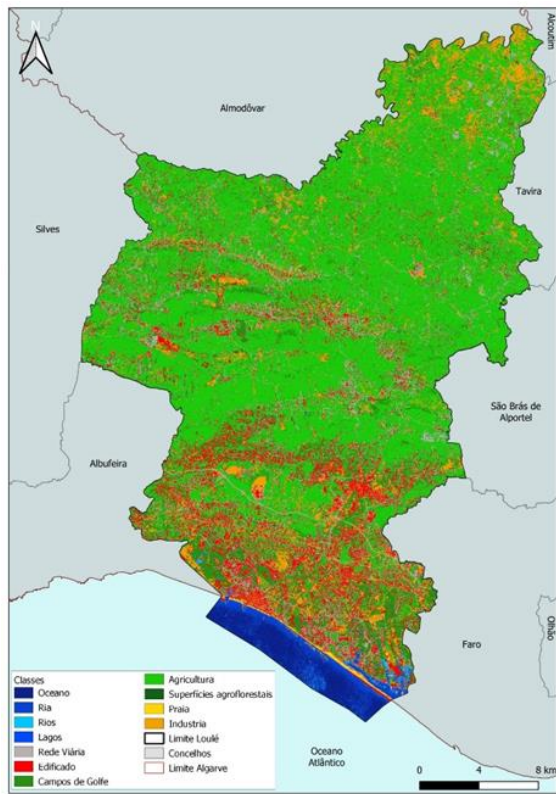
### Classificação semiautomática da imagem de Verão (27/08/2023)

Da análise dos três tipos de métodos de classificações podemos perceber, que para a data da obtenção da imagem de Verão, o mapa da classificação supervisionada pelo método da máxima verossimilhança máxima (*Mapa 4*), com uma exatidão global de 71,9%, apresenta uma boa representação das classes definidas, com especial atenção para a classe do edificado, mais notória a Sul do Concelho e com algumas concentrações de edificado no centro do concelho, que denotam o centros das freguesias do interior, de Loulé. No interior do mapa, podemos ver que este método considerou quase tudo como agricultura, e apesar de ser verdade que existem alguma exploração agrícola no interior do concelho, a maioria são superfícies agroflorestais (*Tabela 1*). Quantos aos valores corretamente classificados, a classe do Oceano e das indústrias é aquela que apresenta maiores áreas corretamente classificadas, com 50128 e 5420 respetivamente.

Olhando depois para o mapa da classificação supervisionada pelo método da distância mínima (*Mapa 5*), podemos reparar que existe uma excessiva, representação das classes do Edificado (6) e da Rede Viária (7), com 1510 e 1961 áreas corretamente classificadas (*Tabela 2*). Ainda neste mapa é de notar, a melhor representação das Superfícies Agroflorestais (9), na parte Norte da área de estudo.

Por outro lado, se a classificação supervisionada feita pelo método da distância mínima, exagerava na representação da macroclasse do Artificializado, o mapa feito pelo método do Ângulo Espectral (*Mapa 7*), com uma exatidão global de 83, 2%, peca pela quase nula representação, das classes desta macroclasse e pelo exagero na representação das classes da macroclasse da Vegetação, em especial da classe das Superfícies Agroflorestais. Também é de realçar que neste último método se encontra a melhor representação da classe do Oceano (1), com existe o maior número de áreas corretamente classificadas, com 68720 (*Tabela 3*).

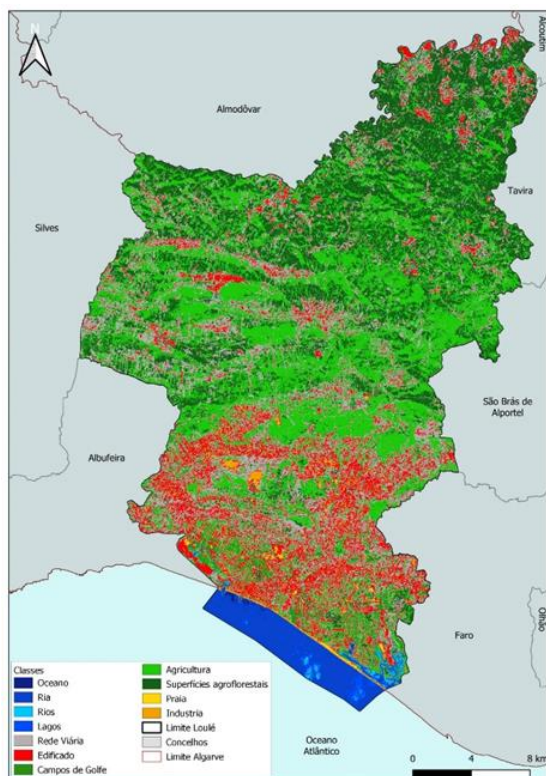
Por isso, será o mapa que apresenta o erro mais elevado, ou seja, o mapa da classificação máxima que denota a apresentação mais fiável à realidade do território, com a representação mais correta do mesmo, apresentado à área mais a Sul como á área mais artificializada, com a representação correta da localização das Indústrias presentes neste concelho e apresentando mais a Norte as classes da macroclasse da Vegetação como a agricultura e as Superfícies Agroflorestais.



Mapa 4 - Mapa da classificação supervisionada pelo método Máxima Verossimilhança. Fonte: Copernicus, Sentinel 2A.

V_Classificados	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	13	Total
1	50128	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50128
2	18773	4540	157	815	0	0	0	0	0	0	1	24286
3	533	283	299	632	0	0	0	0	0	0	41	1788
4	0	121	47	153	0	0	7	0	0	0	3	331
5	0	29	2	7	447	70	3	796	35	0	62	1451
6	14	34	22	65	29	1708	26	407	9	25	358	2697
7	0	6	1	91	8	29	3253	1002	32	2	1	4425
8	0	0	0	3	3	2	5	2767	491	0	0	3271
9	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
10	0	2	1	0	1	32	2	0	0	1460	15	1513
13	28	1	15	5	64	492	57	1523	52	78	5420	7735
Total	69476	5016	544	1771	552	2333	3353	6496	619	1565	5901	97626

Tabela 1 - Valores classificados, pelo método da Máxima Verossimilhança.



Mapa 5 - Mapa da classificação supervisionada pelo método Distância Mínima. Fonte: Copernicus, Sentinel 2A.

V_Classificados	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	13	Total
1	5	0	0	143	0	0	0	0	0	0	0	148
2	53355	2049	99	737	0	0	0	0	0	0	0	56240
3	1874	1039	231	480	0	0	41	0	0	1	41	3707
4	14242	1826	115	240	0	0	51	0	0	0	4	16478
5	0	12	8	15	227	81	246	4353	123	18	30	5113
6	0	5	3	6	294	1510	569	1022	0	64	566	4039
7	0	0	0	14	0	5	1961	2	0	0	0	1982
8	0	37	3	80	24	0	62	449	85	0	0	740
9	0	48	85	56	6	2	24	667	411	8	21	1328
10	0	0	0	0	1	358	399	3	0	846	523	2130
13	0	0	0	0	0	377	0	0	0	628	4716	5721
Total	69476	5016	544	1771	552	2333	3353	6496	619	1565	5901	97626

Tabela 2 - Valores classificados, pelo método da Distância Mínima.



Mapa 6 - Mapa da classificação supervisionada pelo método Ângulo espectral. Fonte: Copernicus, Sentinel 2A.

V_Classificados	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	13	Total
1	68720	15	0	470	0	8	0	0	0	0	6	69219
2	756	4406	248	431	0	200	66	0	0	37	19	6163
3	0	208	126	319	0	216	7	0	0	16	170	1062
4	0	190	15	182	0	10	33	0	0	5	3	438
5	0	79	16	173	105	106	46	42	5	0	13	585
6	0	85	52	70	132	427	0	13	0	161	2055	2995
7	0	0	0	58	0	1	1656	0	0	0	0	1715
8	0	14	1	35	17	25	629	1061	33	0	3	1818
9	0	11	12	11	75	421	916	5260	579	122	150	7557
10	0	1	1	0	24	434	0	109	0	1211	728	2508
13	0	7	73	22	199	485	0	11	2	13	2754	3566
Total	69476	5016	544	1771	552	2333	3353	6496	619	1565	5901	97626

Tabela 3 - Valores classificados, pelo método do Ângulo Espectral.

## Classificação semiautomática imagem de Inverno (25/11/2023)

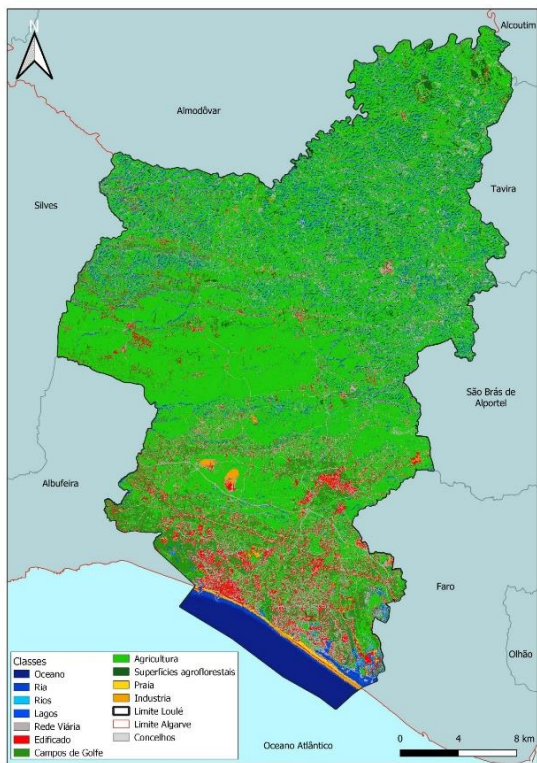
Olhando para os mapas obtidos usando a classificação semiautomática, para a imagem de Inverno podemos perceber, que ao contrário do que acontecia para a imagem de Verão, o mapa da classificação semiautomática pelo método do Ângulo

Espectral (*Mapa 9*) é o que apresenta maior exatidão global (86,9 %) e que tal como o mapa pelo mesmo método feito para a imagem de Verão, apresenta uma classificação quase inexistente das classes do Edificado (6) e da Rede Viária (5), apresentando um número de áreas corretamente classificadas (*Tabela 6*) bastante baixas 504 e 194, respetivamente. E tal como à imagem de Verão exibe uma classificação exagerada de áreas como pertencentes à classe da Agricultura (8), com 3707 áreas corretamente classificadas (*Tabela 6*).

Com uma exatidão global (86,5 %), pouco abaixo da apresentada pelo método do Ângulo Espectral, para a classificação semiautomática, o método da Distância Mínima apresenta algumas diferenças em relação ao método anteriormente analisado (*Mapa 8*), com um aumento da representação dos lugares pertencentes a classe das áreas corretamente classificadas (*Tabela 5*), como fazendo parte da classe do Edificado (1073). Ainda vale apenas realçar a presença da classe dos Rios (3), que é bastante notória ao longo da parte Norte da área de estudo no topo das serras, na parte Norte da área de estudo, isto pode acontecer uma vez devido a duas razões: primeiro ao acumular de humidade no topo das serras, segundo a área a Norte de Loulé, ou seja, o barrocal, apresenta uma elevada quantidade de pequenos cursos de água, que por altura da obtenção pelo satélite da imagem podiam ter enchido e por isso são notórios. Esta representação da classe dos Rios, na parte Norte da área de estudo é ainda, notória ainda que com menos predominância, no mapa da classificação supervisionada pelo método da Máxima Verossimilhança (*Mapa 7*). Que com a exatidão global mais baixa (71,2 %), denota ainda uma representação mais significativa das classes da Rede Viária e do Edificado. No entanto para este método os valores corretamente classificados (*Tabela 4*), só são possíveis de reparar para as classes do Oceano (1) e para a classe da Ria (2), estando o resto das classes com valores iguais a 0 quando se olha, para os valores das áreas classificadas corretamente.

No entanto e apesar de tudo, o mapa que melhor representa a realidade da área de estudo é aquele que apresenta a maior exatidão global, mais baixa pelo método da Máxima Verossimilhança (*Mapa 7*) tal como na imagem de Verão, porque oferece uma representação mais precisa dos lugares pertencentes a cada classe, em especial na classe dos terrenos artificializados e da vegetação. O mapa pelo método do Ângulo Espectral (*Mapa 9*) também apresenta uma boa representação da realidade com exceção, para a macroclasse dos Artificializados, que como já foi referido anteriormente as suas classes quase não são notórias.





Mapa 7 - Mapa 4 - Mapa da classificação supervisionada pelo método Máxima Verossimilhança. Fonte: Copernicus, Sentinel 2A.

V_Classificados	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	13	Total
1	69469	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	69469
2	4802	4	7	0	0	0	0	0	0	0	0	4813
3	813	52	0	0	0	0	0	0	0	0	0	865
4	1505	1	9	0	0	0	0	0	0	0	0	1515
5	106	1039	238	0	0	0	0	0	0	0	0	1383
6	22	2296	89	0	0	0	0	0	0	0	0	2407
7	69	17	3472	0	0	0	0	0	0	0	0	3558
8	5	34	5522	0	0	0	0	0	0	0	0	5561
9	1	0	1144	0	0	0	0	0	0	0	0	1145
10	3	103	1531	0	0	0	0	0	0	0	0	1637
13	12	5240	21	0	0	0	0	0	0	0	0	5273
Total	76807	8786	12033	0	0	0	0	0	0	0	0	97626

Tabela 4 - Valores classificados, pelo método da Máxima Verossimilhança.



Mapa 8 - Mapa da classificação supervisionada pelo método Distância Mínima. Fonte: Copernicus, Sentinel 2A.

V_Classificados	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	13	Total
1	69475	2261	200	35	0	0	0	0	0	0	0	71971
2	0	1620	83	1173	0	0	4	0	0	0	28	2908
3	0	555	197	369	6	0	40	1	32	4	31	1235
4	0	512	29	106	0	0	71	0	0	4	3	725
5	0	2	4	3	272	737	19	427	21	25	213	1723
6	0	0	0	1	125	1073	11	47	0	163	962	2382
7	1	0	0	7	18	24	3053	153	0	0	0	3256
8	0	50	2	59	87	70	143	3800	28	0	15	4254
9	0	16	29	18	43	166	7	2068	538	10	98	2993
10	0	0	0	0	1	62	5	0	0	727	926	1721
13	0	0	0	0	0	201	0	0	0	632	3625	4458
Total	69476	5016	544	1771	552	2333	3353	6496	619	1565	5901	97626

Tabela 5 - Valores classificados, pelo método da Distância Mínima.



Mapa 9 - Mapa da classificação supervisionada pelo método Ângulo espectral. Fonte: Copernicus, Sentinel 2A.

V_Classificados	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	13	Total
1	69475	1594	0	0	0	39	0	0	0	0	30	71138
2	0	2757	270	1066	7	223	65	0	0	46	45	4479
3	0	119	158	212	5	231	3	0	0	14	138	880
4	0	270	19	213	0	22	38	0	0	8	12	582
5	0	149	17	138	194	336	42	54	16	3	38	987
6	0	95	49	46	174	504	0	5	1	169	995	2038
7	1	7	0	31	22	14	3137	596	0	0	0	3808
8	0	21	0	36	76	138	68	3707	32	0	19	4097
9	0	2	10	8	42	295	0	2131	560	99	491	3638
10	0	1	0	1	9	220	0	3	8	1149	1164	2555
13	0	1	21	20	23	311	0	0	2	77	2969	3424
Total	69476	5016	544	1771	552	2333	3353	6496	619	1565	5901	97626

Tabela 6 - Valores classificados, pelo método do Ângulo Espectral.

## Conclusão

Para concluir, podemos perceber que para o concelho de Loulé entre a data da imagem de Verão, obtida a 27/08/2023 e a da imagem de Inverno obtida cerca de dois meses e meio mais tarde (25/11/2023), existem diferenças significativas, principalmente no cálculo do NDVI, onde o intervalo de valores dos NDVI, para a área de estudo é superior, na imagem de Inverno quando comparada com a imagem de Verão. Para além disso, a imagem de Verão apresenta no geral valores mais baixos do NDVI em quase todo o concelho, quando comparada com a de Inverno. Estes valores podem ser explicados pela época do ano de obtenção das imagens, e do clima desta região. Em ambos os mapas do NDVI é possível encontrar os valores mais elevados no Norte do Concelho, onde a vegetação é mais predominante, em especial nas áreas envolventes às serras. É também importante denotar os valores mais elevados do NDVI, na parte Sul, em áreas em que existem campos de golfe e jardins particulares, constantemente tratados independentemente da altura do ano.

No caso da classificação para a data do dia de Verão, podemos denotar que o mapa da máxima verossimilhança é aquele que reapresenta melhor a realidade sendo também o que apresenta o erro mais alto. A melhor representação da realidade, no caso da data de Inverno é também no mapa da máxima verossimilhança, apesar de ser a que apresenta o erro mais baixo. O mapa que nesta data apresenta o maior erro é o mapa espectral, com 86,9% de erro e no qual a representação não é tão distante da realidade, no entanto, a macroclasse do artificializado não é muito bem representada.



## Bibliografia

About Copernicus | Copernicus. (n.d.). Wwww.copernicus.eu. <https://www.copernicus.eu/en/about-copernicus>

Autarquia 360. (n.d.). Características Demográficas, Câmara de Loulé. Acedido a 26 de janeiro de 2023. <https://www.cm-loule.pt/pt/menu/25/demografia.aspx>

Autarquia 360. (n.d.). Morfologia. Acedido a 26 de janeiro de 2023. <https://www.cm-loule.pt/pt/menu/26/morfologia.aspx>

Breve Introdução ao Sensoriamento Remoto — documentação Semi-Automatic Classification Plugin 5.3.6.1. (n.d.). Semiautomaticclassificationmanual IV5.Readthedocs.io. Acedido a 26 de janeiro de 2024. [https://semiautomaticclassificationmanual-v5.readthedocs.io/pt-br/latest/remote\\_sensing.html](https://semiautomaticclassificationmanual-v5.readthedocs.io/pt-br/latest/remote_sensing.html)

CRÓSTA, A. P. Processamento Digital de Imagens de Sensoriamento Remoto. 4. ed . Campinas: IG/UNICAMP, 2002.

Congedo, Luca, (2021). Semi-Automatic Classification Plugin: A Python tool for the download and processing of remote sensing images in QGIS. Journal of Open Source Software, 6(64), 3172, <https://doi.org/10.21105/joss.03172>

CONGEDO, L. Semi-Automatic Classification Plugin Documentation: Release 5.0.0.1. 2016. 208 p. (Technical Report). Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/265031337\\_SemiAutomatic\\_Classification\\_Plugin\\_User\\_Manual](https://www.researchgate.net/publication/265031337_SemiAutomatic_Classification_Plugin_User_Manual)

Direção-Geral do Território. (2019). Especificações técnicas da Carta de Uso e Ocupação do Solo (COS) de Portugal Continental para 2018. [https://www.dgterritorio.gov.pt/sites/default/files/documentos-publicos/2019-12-26-11-47-32-0\\_ET-COS-2018\\_v1.pdf](https://www.dgterritorio.gov.pt/sites/default/files/documentos-publicos/2019-12-26-11-47-32-0_ET-COS-2018_v1.pdf)

Ramos-Pereira, A. (2018). (PDF) Territórios de Loulé. Research Gate, 0–19. [https://www.researchgate.net/publication/324273867\\_Territorios\\_de\\_Loule](https://www.researchgate.net/publication/324273867_Territorios_de_Loule)

.