

DCT/Sector das Tecnologias Agroindustriais - FCT/UNL

Deteção Remota e Análise de Imagem

Prof. Doutora Maria da Graça Azevedo de Brito Prof. Doutor José Carlos Ribeiro Kullberg

Relatório de estudo: Produção de milho no Ribatejo



Mariana Isabel Mendes Duarte, nº 59258 mim.duarte@campus.fct.unl.pt

Maria Inês Martins Saraiva, nº 58916 mi.saraiva@campus.fct.unl.pt 2020

<u>Índice</u>

Índice de Figuras	3
Índice de Tabelas	4
Capítulo 1 – Introdução	5
1.1. Objetivos	7
Capítulo 2 – Metodologia de análise	9
2.1. Critérios Seletivos	10
2.2. Modelo de análise	10
2.3. Análise estatística	12
2.3. Análise Estatística	13
Capítulo 3 – Apresentação de resultados	14
3.1. Ilustração e discussão de resultados	14
Capítulo 4 – Conclusões	21
Capítulo 5 – Referências Bibliográficas	22
Capítulo 6 – Anexos	24
Anexo I	24
Anexo II	27

Índice de Figuras

Figura 1 – Fases da produção de milho (sementeira e crescimento)	6
Figura 2 - Sentinel 2 - bandas espectrais vs resolução espacial	9
Figura 3 - Imagens Sentinel 2	10
Figura 4 - Pivots em RGB	11
Figura 5 - Pivots em NDVI	12
Figura 6 - Polígonos criados para os pivots em estudo	12
Figura 7 - Dados estatísticos obtidos para os pivots selecionados	13
Figura 8 - Gráfico NDVI vs data para o pivot I	16
Figura 9 - Gráfico NDVI vs data para o pivot II	17
Figura 10 - Evolução do desvio padrão nas últimas 8 semanas de produçã	o no
pivot I e no pivot II	17
Figura 11 - Imagem NDVI do mês de maio (24/05/2020)	24
Figura 12 - Imagem NDVI do mês de junho (06/06/2020)	24
Figura 13 - Imagem NDVI do mês de junho (28/06/2020)	25
Figura 14 - Imagem NDVI do mês de julho (23/07/2020)	25
Figura 15 - Imagem NDVI do mês de agosto (22/08/2020)	25
Figura 16 - Imagem NDVI do mês de setembro (06/09/2020)	26
Figura 17 - Imagem NDVI do mês de setembro (26/09/2020)	26
Figura 18 - Imagem NDVI do mês de outubro (11/10/2020)	26

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Desvio padrão do NDVI para a última data antes da colheita, dado)S
ArcGis Pro	. 18
Tabela 2 - Volumes de produção estimadas para os pivots	
quilograma de milhoquilograma de milho	20
Tabela 5 - Estatísticas para o NDVI do pivot I e II (24/05/2020)	
Tabela 6 -Estatísticas para o NDVI do pivot I e II (08/06/2020)	27
Tabela 7 -Estatísticas para o NDVI do pivot I e II (28/06/2020)	27
Tabela 8 - Estatísticas para o NDVI do pivot I e II (23/07/2020)	27
Tabela 9 - Estatísticas para o NDVI do pivot I e II (22/08/2020)	27
Tabela 10 - Estatísticas para o NDVI do pivot I e II (06/09/2020)	27
Tabela 11 - Estatísticas para o NDVI do pivot I e II (26/09/2020)	27
Tabela 12 - Estatísticas para o NDVI do pivot I e II (11/10/2020)	27

Capítulo 1 - Introdução

O milho (Zea mays L.) é uma espécie que pertence à família Poaceae, sendo um dos cereais cultivados mais importantes e consumidos em todo o mundo (Barros & Calado, 2014; Dias, s.d.). Esta cultura é originária da América Central e do Sul, apesar de ser cultivada em várias partes do mundo, uma delas a Europa, onde apareceu na época dos Descobrimentos. Existem diversas variedades de milho, o que permite uma grande adaptabilidade a diferentes condições edafoclimáticas. Devido ao seu elevado valor nutritivo, o milho é uma planta muito utilizada na alimentação humana e animal, uma vez que é rico em aminoácidos, minerais e vitaminas do complexo B (Arantes, 2020; Barros & Calado, 2014). Além da alimentação, o milho tem vindo a ganhar importância na área dos biocombustíveis, sendo cada vez maior a sua utilização na produção de bioetanol (Shahbandeh, 2020). Tendo em conta o volume de produção mundial, o milho constitui um cereal de elevado interesse económico, atingindo em 2018/19 uma produção de 1,09 mil milhões de toneladas. Um dos maiores produtores mundiais são os Estados Unidos da América, cujo rendimento em 2019/20 ultrapassou os 345 milhões de toneladas, o que representou mais de 1/3 da produção global (Shahbandeh, 2020).

Também em Portugal este cereal se destaca, constituindo a mais importante cultura arvense e a que mais explorações agrícolas envolve. Atualmente, o número de unidades produtivas situa-se acima das 75 000, sendo que em 2018 a superfície ocupada por estas foi de 83 356 hectares, atingindo uma produção de 713 860 toneladas (ANPROMIS, s.d.; INE, 2019). Já em 2020, apesar das primeiras colheitas apresentarem produtividades ligeiramente inferiores às da campanha anterior, apontaram para um rendimento de 9,2 ton/ha (Coelho, 2020). No entanto, Portugal é historicamente dependente da importação de milho, uma vez que o consumo ultrapassa a produção. Não obstante, o aumento do consumo aliado à diminuição da produção tem levado a níveis de autoaprovisionamento cada vez mais baixos (Barreiros, 2018).

O milho é uma planta anual, de ciclo vegetativo entre 80 e 150 dias, cultivada com densidades de sementeira de 60 000 a 110 000 plantas/ha. Esta cultura necessita de determinadas condições edafoclimáticas, de modo a obter o melhor rendimento possível. Assim, esta é uma cultura dependente de calor e humidade, tendo um desenvolvimento ótimo em zonas que apresentam uma boa distribuição da pluviosidade ao longo do seu ciclo (necessidade total de 500-600 mm). Aquando da germinação das sementes, a temperatura do solo deve situarse nos 15°C (devendo estar sempre acima dos 10°C) e a necessidade hídrica diária das plantas até atingirem 30-40 cm é de 2-3 mm. Já na fase de desenvolvimento vegetativo e floração, as temperaturas ótimas situam-se nos 24-30°C (superiores a 40°C são prejudiciais) e a necessidade hídrica diária aumenta para 7-10 mm. A nível de solo, esta é uma planta que se adapta com bastante facilidade a diferentes tipos, apesar de preferir solos mais férteis, profundos e com boa estrutura e textura (especialmente franco-argilosa, com maior capacidade de retenção de água). Além disso, o pH do solo deve situarse entre 6 e 7,5, apesar da planta tolerar uma salinidade até 4-8 mS/cm. No entanto, deficiências a nível hídrico, de temperatura e/ou nutrientes, próximo e durante o embandeiramento do milho, podem provocar grandes quebras de produção (ADP Fertilizantes, s.d.; Dias, s.d.).

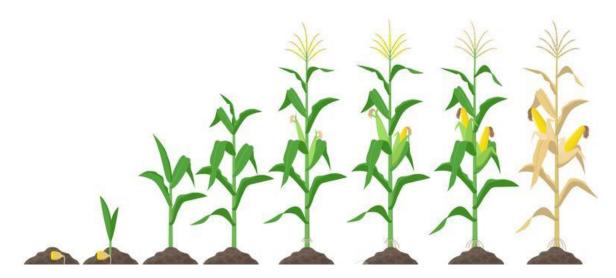


Figura 1 – Fases da produção de milho (sementeira e crescimento) (Fonte: Bezvershenko, s.d.).

As sementeiras do milho iniciam-se no final do Inverno, prolongando-se por toda a Primavera (março-maio), sendo esta uma cultura de Primavera/Verão. Em Portugal, especialmente no Sul, as condições climáticas fazem com que o potencial produtivo do milho tenha maior expressão em condições de regadio, devido à elevada necessidade hídrica. Assim, é importante uma adequada preparação do solo e da sementeira, de forma a proteger todos os estádios de desenvolvimento da planta, especialmente se esta for realizada em monocultura (ANPROMIS, s.d.; Barros & Calado, 2014).

1.1. Objetivos

A região do Alentejo (NUTS II) é composta por cinco NUTS III: Alentejo Litoral, Baixo Alentejo, Alto Alentejo, Alentejo Central e Lezíria do Tejo (Pordata, s.d.-a). Conhecida pela sua exploração agrícola, solos férteis e abundância de água, a Lezíria do Tejo compreende uma área de 4 275 Km² e cerca de 237 593 habitantes. Esta sub-região é composta pelos municípios de Almeirim, Alpiarça, Azambuja, Benavente, Cartaxo, Chamusca, Coruche, Golegã, Rio Maior, Salvaterra de Magos e Santarém (Pordata, s.d.-b). A zona de Vale de Figueira, em Santarém, foi a escolhida para a realização deste trabalho. Esta região é conhecida pelo cultivo de cereais, uma vez que tem as condições climáticas apropriadas para tal. Santarém caracteriza-se por temperaturas médias de 13,1-16,8°C nos meses em que se iniciam as sementeiras de milho, sendo a temperatura média anual de 16,2°C. Além disso, a pluviosidade média situa-se nos 726 mm, ocorrendo a maior parte nos meses de Inverno (CLIMATE-DATA.ORG, s.d.). Assim, sendo esta zona bastante seca nos restantes meses, faz com que o regadio seja utilizado na cultura do milho, muito devido à crescente área de regadio sob influência do perímetro de rega da barragem do Alqueva (Conceição et al., 2014).

Assim, este trabalho tem como objetivo o estudo da produção de milho nesta região, através da análise de dois pivots. Pretende-se, então, estimar a sua produção e data de colheita, o volume de água utilizado para a rega, a quantidade necessária para a produção de um quilo de milho, as eventuais

anomalias no crescimento da cultura, assim como as diferenças de vigor, homogeneidade e produção potencial entre cada um dos pivots.

Capítulo 2 – Metodologia de análise

Com a finalidade de se estudar a produção de milho na região de Santarém recorreu-se ao *software* ArcGIS Pro para análise de imagens obtidas a partir do satélite Sentinel 2. Ao recorrer ao satélite Sentinel podem-se observar dados designados como S2, isto é, a combinação de 2 satélites Sentinel (Sentinel-2A e Sentinel-2B)

Este satélite possui uma órbita quase polar e dispõe de um sensor MSI (*Multispectral Instrument*), instrumento multiespectral que conta com uma largura de 290 km e tem uma dimensão de 100 por 100 km, 12 bits por pixel, e é capaz de recolher informação de 13 bandas espectrais que variam entre o visível, o infravermelho próximo e o infravermelho de ondas curtas. Este satélite tem também uma resolução que varia entre 10 a 60 metros (4 bandas correspondentes a uma resolução espacial de 10 metros, 6 a 20m e 3 a 60m, obedecendo a uma faixa espectral como se observa no quadro 2 e figura 11) e e que revisita o mesmo lugar duas vezes por cada dez dias.

É ainda importante referir que a quantificação dos 12 bits dos sensores fornece uma qualidade radiométrica aprimorada, expandindo a faixa de aplicações que monitoriza as águas oceânicas e interiores.

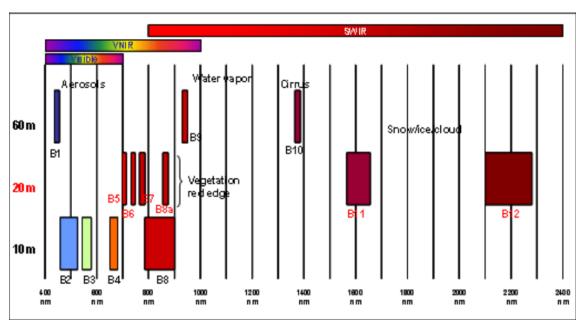


Figura 2 - Sentinel 2 - bandas espectrais vs resolução espacial (Fonte: <u>Cesbio – Centre d'Etudes</u> <u>Spatiales de la Biosphère (cnrs.fr)</u>)

2.1. Critérios Seletivos

Neste estudo feito à produção de milho na região de Santarém, mais precisamente no Vale de Figueira, foram analisadas várias imagens, tendo-se escolhido imagens desde maio de 2019 até outubro de 2019 de forma a incluir todo o processo da cultura do milho, desde a sementeira até à colheita. Para a escolha destes dados foram tidos vários critérios em conta, nomeadamente a escolha dos pivots a estudar – as imagens escolhidas teriam de conter pivots que representassem todo o processo da produção do milho – e também a menor presença de nuvens possível nas imagens a analisar. Os passos efetuados para uma tomada de decisão eficaz associada a estes critérios serão enunciados no tópico 2.2.

2.2. Modelo de análise

Em primeiro lugar começou-se por carregar imagens do Sentinel 2 para o software ArcGIS Pro, sendo que para todo o estudo feito com recurso a este software se utilizou uma classificação supervisionada. Este tipo de classificação utiliza-se quando se conhece a área de estudo à *priori* e apresenta uma maior possibilidade de precisão, porque o usuário interage com o algoritmo, estabelecendo informações como números de classes e amostras de áreas de treino para cada classe. Por sua vez, o algoritmo classifica cada pixel da imagem de acordo com uma função discriminante gerada a partir das informações fornecidas pelo usuário, sendo por isto um procedimento frequentemente utilizado para análises quantitativas de dados em Deteção Remota.

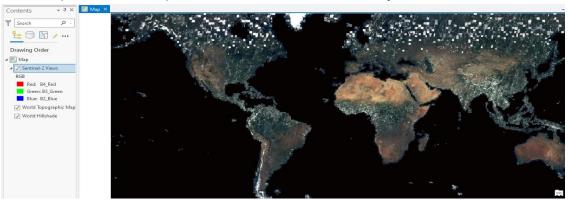


Figura 3 - Imagens Sentinel 2, ArcGis Pro.

De seguida procurou-se na zona do Vale de Figueira, Santarém, um conjunto de pelo menos 2 pivots associados à produção de milho.



Figura 4 - Pivots em RGB, ArcGis Pro.

Numa próxima fase, com a finalidade de se escolher quais as imagens a estudar, recorreu-se ao NDVI, índice de diferença normalizada da vegetação. Este índice permite diferenciar tipos de de vegetação e, baseiam-se no facto de a vegetação vigorosa apresentar refletâncias altas no infravermelho e refletâncias baixas entre as bandas do vermelho e do visível. (Baret et al., 1989; Epiphanio et al., 1996).

Por observação de várias imagens correspondentes a diferentes datas e, após uma uniformização dos mínimos e dos máximos de NDVI para todas as imagens, assim como para a escala de cores, escolheram-se imagens relativas a datas desde maio até outubro, uma vez que foram aquelas onde se conseguia obter pivots que representam toda a produção do milho nesta região, desde a sementeira até à colheita – aumento do NDVI após a sementeira e diminuição do NDVI na altura da colheita. Terminada a escolha das datas, procedeu-se à exportação das imagens para o mapa em questão, que por sua vez se encontram representadas no anexo I.

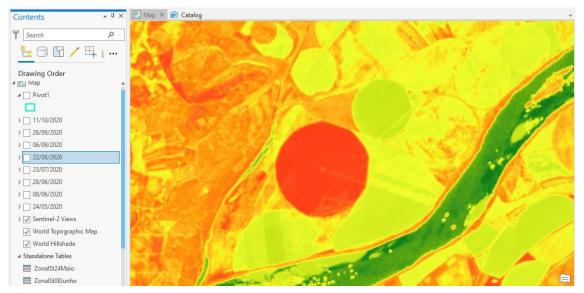


Figura 5 - Pivots em NDVI, ArcGis Pro.

De seguida, criaram-se polígonos para os pivots a analisar.

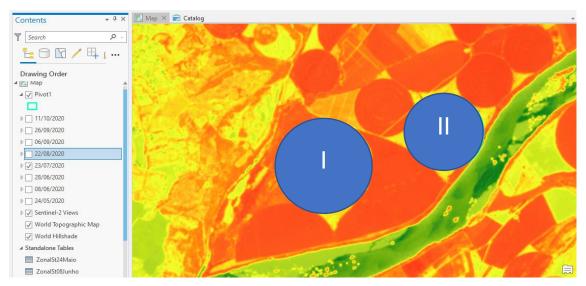


Figura 6 - Polígonos criados para os pivots em estudo, ArcGis Pro.

2.3. Análise Estatística

Para cada um dos pivots já ilustrados e, nas respetivas datas, foi feita uma análise estatística com recurso à ferramenta *Zonal Statistics as Table* com o intuito de se obter a média do NDVI – MEAN - e o desvio padrão – STD - associado a cada um dos pivots. Contudo, foi ainda possível obter outros parâmetros, nomeadamente a área, o valor mínimo e máximo de NDVI associados a cada um dos pivots nas respetivas datas, entre outros.

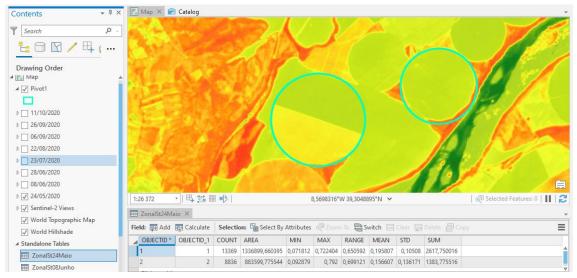


Figura 7 - Dados estatísticos obtidos para os pivots selecionados, ArcGIS Pro.

A partir dos dados estatísticos aqui obtidos - representados no anexo II - foram realizadas várias análises estatísticas, como por exemplo a nível da capacidade de produção de cada um dos pivots, que serão enunciadas no capítulo 3.

Capítulo 3 – Apresentação de resultados

Com os dados estatísticos obtidos a partir do estudo efetuado no ArcGIS Pro e com recurso à bibliografia, foi possível retirar conclusões sobre os seguintes pontos:

- Produção de cada pivot;
- Pivot de maior produção;
- Pivot com produção mais homogéneo e o vigor de cada um dos pivots ao longo da produção;
- Anomalias no crescimento das culturas em cada um dos pivots;
- Data (provável) da colheita em cada um dos pivots;
- Volume de água utilizado usado para rega;
- Litros de água necessários para produzir um quilo de milho.

3.1. Ilustração e discussão de resultados

Por observação das imagens de NDVI presentes no anexo I é possível afirmar que a data da sementeira e da colheita foi diferente entre os dois pivots. Esta conclusão é facilmente retirada quando na imagem relativa à data de 24 de maio o pivot I ainda tinha alguns vestígios da colheita anterior, e só a 8 de junho apresentou o valor mais baixo de NDVI (cor verde), iniciando a sementeira a partir de 28 de junho. Por outro lado, a 24 de maio o pivot II apresentou o valor mais baixo de NDVI (cor verde) e, a partir de 8 de junho começou a aumentar os seus valores de NDVI (cor laranja com passagem a vermelho ao longo do tempo), até à data de 22 de agosto.

Com uma análise mais específica ao pivot II, na data de 24 de maio é possível observar pela imagem de NDVI que o pivot apresenta nessa altura cores verdes – associadas ao valor mais baixo da média de NDVI de toda a produção (0,156607), o que por sua vez indica que esta data antecede a sementeira do milho neste pivot, sendo que se estima que a mesma tenha tido início a 8 de junho, imagem onde já se verificam cores amarelas e alaranjadas neste pivot –

correspondentes a valores da média de NDVI mais altos que o anterior (0,484217). A partir deste dia, verificou-se uma intensificação das cores do pivot, passando de amarelo a laranja e terminando num vermelho forte — correspondendo a um aumento dos valores da média de NDVI ao longo do tempo — o que indica que ao longo deste período houve um aumento da produção de milho neste pivot. Este aumento da produção foi evidenciado até à data de 6 de setembro, onde se tornam a observar nuances amarelas no pivot e consequentemente uma diminuição da média de NDVI (0,499831) em comparação com os anteriores, e como tal, estima-se que a colheita do milho neste pivot se tenha iniciado nesta data e terminado a 26 de outubro, onde apenas já se verificam cores verdes na área e também o menor valor da média de NDVI desde o início da produção (0,2211). É ainda importante realçar que a 11 de outubro se atingiu um valor da média de NDVI menor que na data anterior, contudo esta diminuição deve-se à colheita de resíduos da produção de milho que tenham ficado na área e não à colheita do milho.

De seguida, por análise do pivot I, e indo de encontro ao que já foi referido anteriormente, na imagem de NDVI associada à data de 24 de maio, este pivot apresentou cores ainda amarelas, o que por sua vez significa que nessa altura ainda continha porções da colheita anterior. Na data seguinte, 8 de junho, o pivot já se encontra na sua totalidade com uma cor verde, correspondente a um dos menores valores da média de NDVI de toda a produção (0,138389), indicando que nessa data já não havia qualquer produção a ser evidenciada nessa altura. De seguida, a 28 de junho, o pivot I começa a apresentar de novo cores amarelas - valores da média de NDVI mais altos que o anterior (0,331263) - o que indica que nesta altura se iniciou a sementeira do milho neste local. Nas seguintes datas, foi possível observar uma intensificação das cores do pivot, passando de amarelo a laranja e terminando num vermelho forte – correspondendo a um aumento dos valores da média de NDVI ao longo do tempo - o que remete a um intervalo de tempo onde houve uma intensificação da produção de milho. Por fim, na data de 26 de setembro é possível visualizar uma modificação nas cores apresentadas, sendo observado de novo cores amarelas - menores valores da média de NDVI que os anteriores (0,737577) - indicando que nesta altura se iniciou a colheita do milho neste pivot, sendo que se estima que a mesma

terminou na data de 11 de outubro, onde apenas se observam cores verdes para o pivot em questão e cujo valor da média de NDVI foi o menor ao longo de toda a produção (0,110829).

Terminada a análise, é possível estimar que a data de colheita do pivot I foi na data de 11 de outubro (18º semana), enquanto para a pivot II estima-se que tenha sido a 26 de setembro (17º semana).

É ainda de realçar que a evolução anteriormente descrita pode ser comprovada a partir dos valores estatísticos obtidos pelo ArcGIS Pro para os recortes feitos a partir dos polígonos, cujas tabelas podem ser consultadas no anexo II. Nos seguintes gráficos está representada a média do NDVI nos pivots I e II em função das datas analisadas.

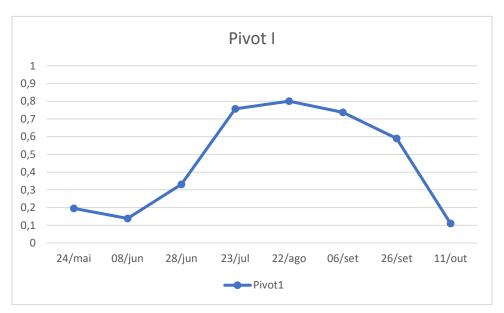


Figura 8 - Gráfico NDVI vs data para o pivot I.

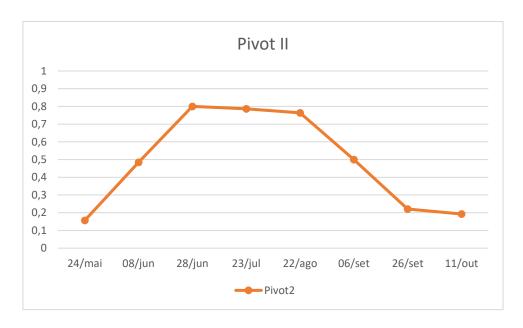


Figura 9 - Gráfico NDVI vs data para o pivot II.

De seguida, compara-se os valores de desvio padrão nas últimas 8 semanas de produção, bem como os valores de desvio padrão na data antes da colheita, de forma a poder avaliar qual dos pivots teve uma produção mais homogénea.

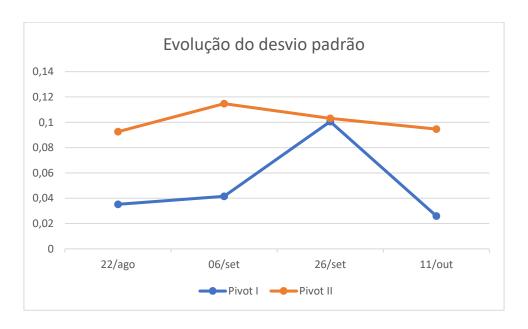


Figura 10 - Evolução do desvio padrão nas últimas 8 semanas de produção no pivot I e no pivot II

Tabela 1 - Desvio padrão do NDVI para a última data antes da colheita, dados ArcGis Pro.

	Pivot I	Pivot II
	6 de setembro	22 de agosto
Desvio Padrão do NDVI	0,04152	0,09258

Por análise do gráfico anterior, apesar de o pivot II ter uma evolução de desvio padrão mais homogénea, apresenta valores mais altos que o pivot I – sempre acima de 0,08. Em acrescento, por análise da tabela 1 também é possível evidenciar que na última data antes da colheita, foi também no pivot I que se verificou um valor mais baixo de desvio padrão. Deste modo, conclui-se que o pivot I apresentou uma produção mais homogénea. Apesar de este ser o pivot mais homogéneo, na data de 26 de setembro verifica-se um aumento abrupto do desvio padrão, seguido de uma diminuição também drástica. Este acontecimento pode indicar possíveis anomalias no crescimento da cultura, como a seca de algumas vagens de milho ou o não amadurecimento do milho aquando da colheita.

A nível do volume da produção de cada pivot, partindo do dado recolhido na bibliografia, sabe-se previamente que existe uma produtividade de 13 468 kg/ha para o Ribatejo e oeste. Com a acoplação deste dado à área de cada pivot, fornecida pelo ArcGis Pro, é possível estimar o volume de produção de cada um dos pivots, bem como a produção total de ambos os pivots.

Tabela 2 - Volumes de produção estimadas para os pivots.

	Área (ha)	Produção (kg)
Pivot I	133,689966	1 800 536,462
Pivot II	88,3599775	1 190 032,177
Total		2 990 568,639

Dado que o pivot I é o que tem maior área dos dois, e é também o mais homogéneo, era de esperar que fosse o que tem maior produção. Esta afirmação pode ser evidenciada por observação da tabela 2, onde se verifica que o pivot I

teve uma produção de 1 800 536,462 kg milho, enquanto que o pivot II teve apenas uma produção de 1 190 032,177 kg de milho. Em adição, é ainda possível constatar que estes dois pivots terão produzido, aproximadamente, 2 990,5 toneladas métricas de milho.

Relativamente aos gastos de água durante a campanha, com recurso aos dados da bibliografia sabe-se previamente que na zona do Ribatejo e oeste existe uma necessidade de rega do milho de cerca de 48 L/m²/semana (dados NOVMILHO/COTR). Com recurso a este e assumindo que o pivot I teve um tempo de campanha de aproximadamente 18 semanas e que o pivot II teve um tempo de campanha de 17 semanas, obtiveram-se os resultados apresentados na tabela 3.

Tabela 3 - Necessidade de água da cultura de milho em estudo.

	Área (m²)	Necessidade de água (L/semana)	Necessidade de
			água
			(L/campanha)
Pivot I	1 336 899,66	64 171 183,68	1 155 081 306,0
Pivot II	883 599,775 42 412 789,2	721 017 416,4	
Total		106 583 972,9	1 876 098 722,0

A partir dos resultados obtidos na tabela 3, é possível estimar que a produção de milho nestes 2 pivots teve uma necessidade de 1 876,1 hm³ de água na campanha de 2020.

Dado que já havíamos estimado o volume de produção de milho dos pivots, é também possível calcular o gasto de água por quilograma de milho produzido.

Tabela 4 - Estimativa da necessidade de água para a produção de um quilograma de milho.

		Necessidade de	Necessidade de
	Produção (Kg)	água	água
		(L/campanha)	(L/Kg/campanha)
Pivot I	1 800 536,462	1 155 081 306,0	641,52
Pivot II	1 190 032,177	721 017 416,4	605,88
	623,70		

Face aos resultados obtidos na tabela 4, conclui-se que para o caso de estudo aqui apresentado, foram necessários, em média, cerca de 623,70 L de água para produzir um quilograma de milho na campanha de 2020.

Capítulo 4 - Conclusões

Após a análise e tratamento estatístico dos dois pivots de milho através do *software* ArcGIS Pro, foi possível estimar os vários pontos enunciados no capítulo dos objetivos.

Considerando a observação das imagens de NDVI, foi possível depreender quais as datas prováveis da sementeira e da colheita, tendo-se concluído que para o pivot I foram a 28 de junho e 11 de outubro, e para o pivot II foram a 8 de junho e 26 de setembro, respetivamente. Foi ainda possível observar a homogeneidade da produção de cada pivot, através da comparação dos valores de desvio padrão nas últimas 8 semanas de produção e na data anterior à colheita, tendo-se obtido uma produção mais homogénea no pivot I, apesar de apresentar possíveis anomalias no crescimento da cultura.

Tendo em conta dados da bibliografia e a área ocupada pelas culturas, obtiveram-se valores estimados da produção total e individual dos pivots de milho. Assim, estima-se que o pivot I tenha produzido 1 800 536,462 kg e o pivot II 1 190 032,177 kg, sendo a produção total de 2 990 568,639 kg de milho. Também a quantidade de água utilizada no regadio foi calculada, pelo que o pivot I terá tido uma necessidade hídrica de 1 155 081 306,0 L e o pivot II de 721 017 416,4 L, sendo consumidos em toda a campanha 1 876,1 hm3 de água. Com estes dados, foi ainda possível estimar a quantidade de água necessária à produção de um quilo de milho, obtendo-se um valor de 623,70 L.

Conclui-se, assim, que o pivot maior e com homogeneidade superior foi aquele que obteve um rendimento mais elevado – pivot I – apesar de ser, também, o que apresentou maior necessidade hídrica.

Este trabalho permitiu, assim, não só explorar as variadas funcionalidades da deteção remota na área da agroindústria, como também adquirir conhecimento e aptidões que permitem a análise rápida e detalhada de dados importantes para a otimização de culturas agrícolas.

Capítulo 5 – Referências Bibliográficas

ADP Fertilizantes. (s.d.). *Milho: Dados Culturais*. Obtido 28 janeiro 2021, de https://www.adp-fertilizantes.pt/pt/agricultura/servi%C3%A7o-ao-agricultor/culturas/lista-de-culturas/milho/

ANPROMIS (Associação Nacional dos Produtores de Milho e Sorgo). (s.d.). *O Milho*. Obtido 28 janeiro 2021, de http://www.anpromis.pt/o-milho.html

Arantes, J. (2020, setembro 18). *Tudo sobre o milho*. Revista Jardins. Obtido 28 janeiro 2021, de https://revistajardins.pt/tudo-sobre-o-milho/

Barreiros, L. S. (2018, setembro 7). *A cultura do milho*. Agrotec. Obtido 28 janeiro 2021, de http://www.agrotec.pt/noticias/a-cultura-do-milho/

Baret, F. et al (1996). A vegetation index which minimizes soil brightness effects on LAI or APAR estimation. Canadian Symposium on remote sensing, 12. Vancouver.

Barros, J. F. C. & Calado, J. G. (2014). A Cultura do Milho. Universidade de Évora.

Bezvershenko, A. (s.d.). *Corn Plant Growth*. Obtido 28 janeiro 2021, de <a href="https://pt.dreamstime.com/ilustra%C3%A7%C3%A3o-crescente-do-vetor-das-fases-da-planta-de-milho-e-girassol-no-projeto-liso-crescimento-semente-%C3%A0-floresc%C3%AAncia-aosimage140354300

CLIMATE-DATA.ORG. (s.d.). Santarém Clima. Obtido 29 janeiro 2021, de https://pt.climate-data.org/europa/portugal/santarem/santarem-139/

Coelho, S. V. (2020, outubro 22). *Previsões agrícolas do INE: campanha do milho com rendimento de 9,2 toneladas/hectare*. Agricultura e Mar. Obtido 29 janeiro 2021, de https://agriculturaemar.com/previsoes-agricolas-do-ine-campanha-do-milho-com-rendimento-de-92-toneladas-hectare/

Conceição, L. A., Valero, C., Elorza, P. B., Dias, S. & Freixial, R. (2014). Variabilidade espacial de uma cultura de milho (*Zea mays*): influência da distribuição vertical de semente. *Revista de Ciências Agrárias*, 37 (3), 329–339.

Dias, N. (s.d.). *A cultura do milho*. AASM-CUA. Obtido 26 janeiro 2021, de http://aasm-cua.com.pt/aDefInfTec.asp?ID=8

Epiphanio, J.C.N. et al (1996). Índices de vegetação no sensoriamento remoto da cultura do Feijão. Pesq. Agrapec bras. Brasília, 3(6): 445-454.

INE (Instituto Nacional de Estatística) (Ed.). (2019). Estatísticas Agrícolas 2018.

Pordata. (s.d.-a). *O que são NUTS?* Obtido 29 janeiro 2021, de https://www.pordata.pt/O+que+sao+NUTS

Pordata. (s.d.-b). *Quadro-resumo: Lezíria do Tejo*. Obtido 29 janeiro 2021, de https://www.pordata.pt/Municipios/Quadro+Resumo/Lez%c3%adria+do+Tejo+(NUTS+III)-252425

Shahbandeh, M. (2020, outubro 30). *Corn - Statistics & Facts*. Statista. Obtido 28 janeiro 2021, de https://www.statista.com/topics/986/corn/

Capítulo 6 - Anexos

Anexo I

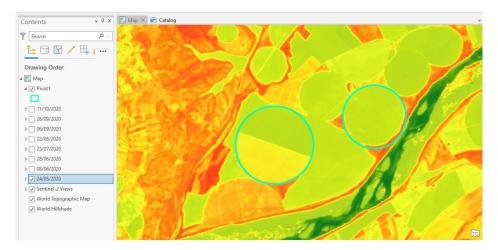


Figura 11 - Imagem NDVI do mês de maio (24/05/2020), ArcGIS Pro.

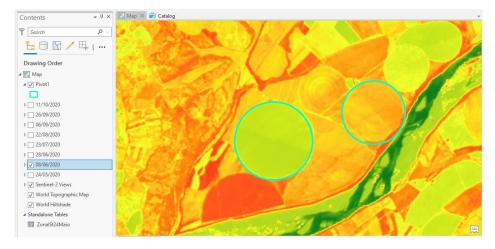


Figura 12 - Imagem NDVI do mês de junho (06/06/2020), ArcGIS Pro.

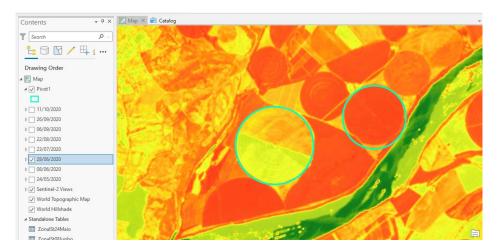


Figura 13 - Imagem NDVI do mês de junho (28/06/2020), ArcGIS Pro.

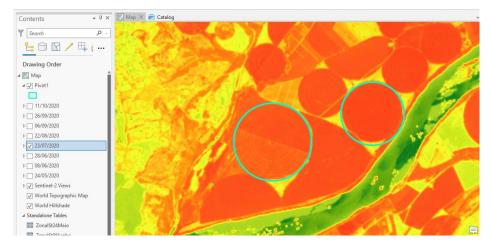


Figura 14 - Imagem NDVI do mês de julho (23/07/2020), ArcGIS Pro.

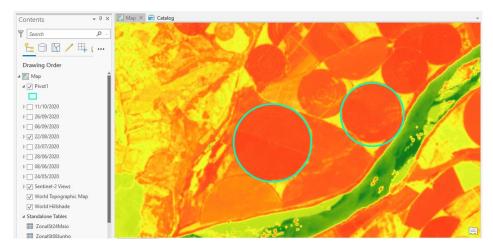


Figura 15 - Imagem NDVI do mês de agosto (22/08/2020), ArcGIS Pro.

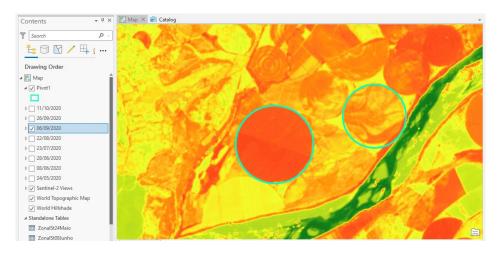


Figura 16 - Imagem NDVI do mês de setembro (06/09/2020), ArcGIS Pro.



Figura 17 - Imagem NDVI do mês de setembro (26/09/2020), ArcGIS Pro.

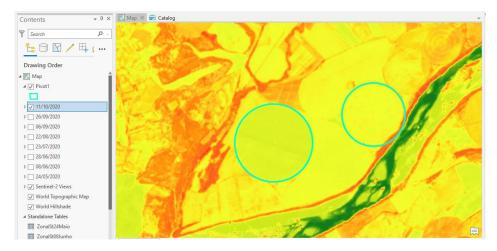


Figura 18 - Imagem NDVI do mês de outubro (11/10/2020), ArcGIS Pro.

Anexo II

Tabela 5 - Estatísticas para o NDVI do pivot I e II (24/05/2020), ArcGIS Pro.

Pivot	Minimo	Máximo	Média do NDVI	Desvio Padrão
1	0,071811907	0,722403944	0,195807466	0,105080255
2	0,092878632	0,791999996	0,156606555	0,136171343

Tabela 6 -Estatísticas para o NDVI do pivot I e II (08/06/2020), ArcGIS Pro.

Pivot	Minimo	Máximo	Média do NDVI	Desvio Padrão
1	0,09260615	0,73168999	0,138389322	0,051631447
2	0,258888692	0,824208438	0,484217448	0,076892689

Tabela 7 - Estatísticas para o NDVI do pivot I e II (28/06/2020), ArcGIS Pro.

Pivot	Minimo	Máximo	Média do NDVI	Desvio Padrão
1	0,079015546	0,807518184	0,33126273	0,144287913
2	0,284592956	0,849631786	0,800190165	0,071983707

Tabela 8 - Estatísticas para o NDVI do pivot I e II (23/07/2020), ArcGIS Pro.

Pivot	Mínimo	Máximo	Média do NDVI	Desvio Padrão
1	0,132016093	0,806995392	0,757761332	0,049490505
2	0,254520178	0,820686877	0,786277916	0,081691387

Tabela 9 - Estatísticas para o NDVI do pivot I e II (22/08/2020), ArcGIS Pro.

Pivot	Mínimo	Máximo	Média do NDVI	Desvio Padrão
1	0,235766292	0,828307271	0,800408919	0,035212545
2	0,217732891	0,832323611	0,763694332	0,092579732

Tabela 10 - Estatísticas para o NDVI do pivot I e II (06/09/2020), ArcGIS Pro.

	Pivot	Mínimo	Máximo	Média do NDVI	Desvio Padrão
Ī	1	0,1356823	0,77570498	0,737577374	0,041520484
	2	0,183631718	0,80227077	0,499831	0,114717387

Tabela 11 - Estatísticas para o NDVI do pivot I e II (26/09/2020), ArcGIS Pro.

Pivot	Minimo	Máximo	Média do NDVI	Desvio Padrão
1	0,100360036	0,724466741	0,59057921	0,100570577
2	0,103608847	0,778732955	0,221099807	0,103115774

Tabela 12 - Estatísticas para o NDVI do pivot I e II (11/10/2020), ArcGIS Pro.

Pivot	Minimo	Máximo	Média do NDVI	Desvio Padrão
1	0,072132438	0,44551003	0,110829435	0,025966794
2	0,09201742	0,798558533	0,192748584	0,094613302