

## **EVOLUÇÃO DO COBERTO VEGETAL EM CENÁRIO PÓS INCÊNDIO. CASO DE ESTUDO – TAVIRA – SÃO BRÁS DE ALPORTEL 2012 (PORTUGAL)**

Elina Baptista  
Universidade do Algarve, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Portugal  
a31930@ualg.pt

Nuno Simões  
Universidade do Algarve, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Portugal  
a38980@ualg.pt

Fernando M. Granja Martins  
Centre for Natural Resources and the Environment – CERENA  
Department of Civil Engineering, University of Algarve, Portugal  
fmmartin@ualg.pt

Helena Fernandez  
Centre for Natural Resources and the Environment – CERENA  
Research Centre for Spatial and Organizational Dynamics – CIEO  
Department of Civil Engineering, University of Algarve, Portugal  
hfernand@ualg.pt

Antonio Jordán  
MED\_Soil Research Group  
Department of Crystallography, Mineralogy and Agricultural Chemistry, University of Seville, Spain  
ajordan@us.es

Lorena M. Zavalla  
MED\_Soil Research Group  
Department of Crystallography, Mineralogy and Agricultural Chemistry, University of Seville, Spain  
lorena@us.es

### **RESUMO**

Neste estudo pretende-se analisar a evolução da vegetação em cenário pós incêndio, recorrendo à utilização de índices de vegetação aplicados às imagens Landsat7 de Abril e Dezembro de 2012 e Março de 2013. A área de estudo diz respeito à zona afetada pelo incêndio florestal que assolou o concelho de Tavira em Julho de 2012, um dos incêndios de maiores dimensões registado nos últimos anos em Portugal. Esta área pertence à unidade da serra algarvia, caracterizada pela presença de solos pobres e incipientes onde vigoram os sistemas de montado de sobre e medronhais, e matagais com vegetação esclerófila. Neste tipo de paisagens torna-se fundamental a compreensão da evolução da vegetação, principalmente após uma catástrofe de enormes dimensões como o incêndio ocorrido nesta área. Assim a evolução da vegetação foi estudada numa primeira fase pela sua presença e ausência na área em estudo e numa segunda fase por usos de solo com o objetivo de estudar qual dos usos é que apresentava uma melhor evolução da vegetação. Para este tipo de paisagem, os resultados indicam uma clara vantagem para a vegetação presente em

sistemas mais naturais em detrimento da vegetação em sistemas mais antropogenizados, sendo o uso da vegetação esclerofila, aquele que apresenta uma maior evolução após a ocorrência de um incêndio florestal.

**Palavras-Chave:** Evolução da Vegetação; Índices de Vegetação; Incêndio; Usos de Solo; Vegetação Esclerofila;

#### ABSTRACT

In this study we pretend to analyze the evolution of the vegetation in a post fire scenario, through the use of vegetation indexes applied to Landsat7 for April and December 2012 and March 2013. The study area is the area affected by forest fire that devastated the Tavira municipality in July 2012, one of the larger fires occurred in recent years in Portugal. This area belongs to the unity of the Algarve hills, characterized by the presence of poor and incipient soils, where prevailing cork oak forests and thickets of arbutus, and shrublands with sclerophyllous vegetation. In this type of landscape is fundamental, understanding the evolution of vegetation, especially after a catastrophe of huge dimensions as the fire occurred in this area. Thus the evolution of the vegetation was studied initially by their presence and absence in the study area, and a second stage by soils use, with the aim of studying which, the soils use which presented a better vegetation evolution. For this type of landscape, the results indicate a clear advantage for the vegetation present in a more natural system over the vegetation present in a system more humanized, where the use sclerophyllous vegetation was the use with the biggest evolution after a forest fire.

**Keyword:** Evolution of the Vegetation; Vegetation indexes; Fire; Soils Use; Sclerophyllous vegetation

## INTRODUÇÃO

Os incêndios florestais são a nível nacional, uma das maiores catástrofes que assolam o país, dizimando grandes áreas de mato, principalmente nos meses quentes. Um dos maiores incêndios registados a nível nacional foi o incêndio de Tavira-São Brás de Alportel (Figura 1), ocorrido em julho de 2012, que se estendeu aproximadamente em 24843 ha, colocando em risco as pequenas populações da serra algarvia.

A paisagem assolada por este incêndio localiza-se na mega unidade de paisagem das Serras do Algarve, unidade da Serra do Caldeirão. Esta caracteriza-se por ser uma paisagem agreste com um relevo bastante acidentado onde a desertificação é cada vez mais acentuada, sendo considerada a sub região algarvia economicamente mais débil.

Ao nível da vegetação é de destacar duas espécies, o *quercus suber* (sobreiro) e o *arbustos unedo* (*medronheiro*) que formam, respetivamente, os montados e medronhais, economicamente muito viáveis, que cobrem grande parte desta paisagem. Recentemente, em áreas florestais, tem-se verificado o aumento dos povoamentos de *pinus pinea* (pinheiro manso) e de *eucalyptus globulus* (eucalipto), espécies bastantes combustíveis. Em áreas mais secas encontra-se matagais de azinheira, atualmente quase inexistentes devido às campanhas de trigo sucessivas que ocorreram em finais do século XIX e primeira metade do século XX. Estas vieram de forma muito significativa degradar a estrutura do solo que geologicamente já eram bastante sensíveis, solos esqueléticos [1].

Qualquer incêndio florestal resulta numa degradação efetiva do coberto vegetal o que provoca um acréscimo da erosão do solo, devido ao aumento do impacto das gotas da chuva e à redução da taxa de infiltração que leva ao aumento da taxa de escoamento. Estas consequências são mais gravosas no âmbito da paisagem da serra Algarvia. Assim este estudo visa a análise dos índices de vegetação antes do incêndio (abril de 2012) e pós incêndio (dezembro 2012 março de 2013) com o objetivo de compreender o comportamento da vegetação num cenário pós-incêndio.

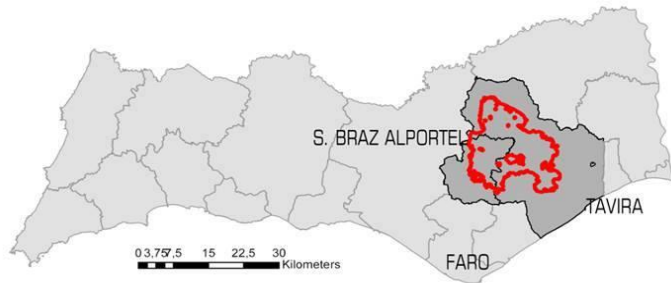


Figura 1. Localização do Incêndio

Para realizar este estudo recorreu-se a imagens Landsat7 de três épocas distintas, antes e pós incêndio, as quais foram alvo de correções e sobre as quais foram calculados os índices de vegetação nas situações antes e pós incêndio.

## 1. METODOLOGIA

Os índices de vegetação foram calculados em três períodos distintos, antes e pós incêndio. Foram selecionadas as imagens de abril de 2012 (três meses antes), dezembro de 2012 (cinco meses depois) e março de 2013 (oito meses depois).

As imagens *Landsat* foram corrigidas do efeito da dispersão através da técnica *dark object subtraction* aplicada à banda 4 (infravermelho próximo) que é a menos afetada pelo efeito da dispersão. As restantes bandas foi aplicada a “correção por regressão” tomando a banda 4 já corrigida como a variável independente.

Para os três períodos em estudo foram calculados índices de vegetação de rácio, de perpendicularidade à linha de solo e de transformação ortogonal de bandas, nomeadamente: *Ratio* [7], *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) [7], *Perpendicular Vegetation Index* (PVI) [6], *Perpendicular Vegetation Index 3* (PVI3) [5], *Weighted Difference Vegetation Index* (WDVI) [6], *Tasseled Cap* [4] e Análise de Componentes Principais (ACP).

A similitude entre os índices foi calculada com base numa ACP. Aquele que apresentou maior correlação foi utilizado para avaliar nos três períodos a presença e ausência de vegetação. Com base na informação do *Corine Landcover* para o ano de 2006 [3] foi analisada evolução da vegetação no cenário pós incêndio.

## 2. RESULTADOS

Foram realizadas ACP para os índices de abril de 2012 (Tabela 1), dezembro 2012 (Tabela 2) e março 2013 (Tabela 3).

Tabela I. PCA abril 2012

COR MATRIX	abril_cmp4_b	abril_green_b	abril_ndvi_b	abril_pvi_b	abril_pvi3_b	abril_ratio_b	abril_wdvi_b
abril_cmp4_b	1.000000	0.119123	0.170792	0.144855	0.213030	0.205414	0.145314
abril_green_b	0.119123	1.000000	0.912959	0.976448	0.964265	0.927231	0.979894
abril_ndvi_b	0.170792	0.912959	1.000000	0.849316	0.945779	0.975349	0.862079
abril_pvi_b	0.144855	0.976448	0.849316	1.000000	0.915014	0.868710	0.998444
abril_pvi3_b	0.213030	0.964265	0.945779	0.915014	1.000000	0.967337	0.920339
abril_ratio_b	0.205414	0.927231	0.975349	0.868710	0.967337	1.000000	0.876223
abril_wdvi_b	0.145314	0.979894	0.862079	0.998444	0.920339	0.876223	1.000000

LOADING	C 1	C 2	C 3	C 4	C 5	C 6	C 7
abril_cmp4_b	0.206664	-0.977385	0.044036	-0.006383	-0.003146	-0.004429	0.000122
abril_green_b	0.987381	0.091284	0.092954	0.037779	-0.031946	-0.075209	0.001494
abril_ndvi_b	0.952119	0.015218	-0.273301	-0.120446	-0.062994	0.007909	0.002675
abril_pvi_b	0.962250	0.066939	0.258492	-0.033528	0.024124	0.023852	0.022381
abril_pvi3_b	0.982538	-0.015435	-0.093694	0.149828	-0.042393	0.036822	-0.000590
abril_ratio_b	0.965333	-0.017064	-0.236272	0.009490	0.108772	-0.009553	-0.001926
abril_wdvi_b	0.967202	0.066785	0.238563	-0.046954	0.005800	0.018338	-0.023930

Na análise dos índices de vegetação para Abril 2012, o índice *Greeness* do *Tasseled Cap* é o que melhor se correlaciona com os restantes índices (análise da matriz de correlação). Na matriz do *loading* verifica-se que o *Greeness* (0.987381) é o que contribui com mais informação na componente 1 e o *cmp4* da ACP (-0.977385) na componente 2. Estes índices mostram grandes diferenças entre si, apresentando uma correlação de 0.119123.

O 2º melhor contributo na componente 1 é o índice PVI3 (0.982538). Este índice apresenta uma correlação alta (0.964265) com o *Greeness* e por isso não traz informação nova.

**Tabela 2.** PCA dezembro 2012

COR MATRIX	dez_green_b	dez_ndvi_b	dez_pvi_b	dez_pvi3_b	dez_ratio_b	dez_wdvi_b
dez_green_b	1.000000	0.884673	0.938796	0.528969	0.977493	0.988605
dez_ndvi_b	0.884673	1.000000	0.704917	0.385349	0.919910	0.882789
dez_pvi_b	0.938796	0.704917	1.000000	0.468584	0.894448	0.947384
dez_pvi3_b	0.528969	0.385349	0.468584	1.000000	0.546670	0.433040
dez_ratio_b	0.977493	0.919910	0.894448	0.546670	1.000000	0.970393
dez_wdvi_b	0.988605	0.882789	0.947384	0.433040	0.970393	1.000000

COR MATRIX	março_green_b	março_ndvi_b	março_pvi_b	março_pvi3_b	março_ratio_b	março_wdvi_b
março_green_b	1.000000	0.569372	0.986144	-0.182917	0.462618	0.989646
março_ndvi_b	0.569372	1.000000	0.503014	-0.834113	0.872623	0.524825
março_pvi_b	0.986144	0.503014	1.000000	-0.084331	0.425926	0.998790
março_pvi3_b	-0.182917	-0.834113	-0.084331	1.000000	-0.681391	-0.112567
março_ratio_b	0.462618	0.872623	0.425926	-0.681391	1.000000	0.442609
março_wdvi_b	0.989646	0.524825	0.998790	-0.112567	0.442609	1.000000

Também para o mês Dezembro de 2012 o *Greeness* apresenta uma maior similitude com os restantes índices. Na matriz do *loading* o *Ratio* (0.989945) é o que contribui com mais informação na componente 1 e o PVI (0.431551) na componente 2. O 2º melhor contributo na componente 1 é o *Greeness* (0.985841). Confirma-se pela matriz de correlação que *Greeness* e o *Ratio* apresentam o mesmo tipo de informação (0.977493).

**Tabela 3.** PCA março 2013

LOADING	C 1	C 2	C 3	C 4	C 5	C 6
dez_green_b	0.985841	0.137307	0.016176	-0.047161	0.072345	-0.039314
dez_ndvi_b	0.943747	-0.329691	-0.001512	-0.017718	-0.018099	-0.001423
dez_pvi_b	0.896231	0.431551	-0.086578	-0.016983	-0.051708	-0.008653
dez_pvi3_b	0.489961	0.233169	0.838240	-0.047815	-0.015026	0.020290
dez_ratio_b	0.989945	0.036445	0.070365	0.116628	0.009320	-0.006336
dez_wdvi_b	0.983764	0.137402	-0.097913	-0.014094	0.036815	0.046784

LOADING	C 1	C 2	C 3	C 4	C 5	C 6
março_green_b	0.957869	-0.258158	-0.070889	-0.014797	0.102830	-0.004778
março_ndvi_b	0.768495	0.635509	0.022784	0.070887	-0.000198	0.000015
março_pvi_b	0.938975	-0.343064	-0.002372	-0.007241	-0.021065	-0.011445
março_pvi3_b	-0.400413	-0.856634	0.280547	0.163812	0.017472	0.001176
março_ratio_b	0.664815	0.578978	0.416465	-0.221684	0.014791	-0.000223
março_wdvi_b	0.947456	-0.318134	-0.013166	-0.011511	-0.009699	0.026807

Tal como nos meses anteriores, o *Greeness* apresenta uma maior correlação com os restantes índices. Este índice é o que mais contribui para a componente 1 (0.967869). O PVI3 é que mais contribui na componente 2 (-0.856634). O 2º melhor contributo para a componente 2 é o WVDI (0.947456), o qual é bastante semelhante ao *Greeness* (correlação de 0.9899646).

Avaliando os três períodos conclui-se que o índice mais indicado para comparar a evolução da vegetação é o índice *Greeness* da *Tasseled Cap*. A Figura 2 e o Gráfico 1 mostram essa evolução nos períodos de abril de 2012, dezembro de 2012 e março de 2013.

Figura 2. Presença de vegetação em abril de 2012, dezembro de 2012 e março de 2013.

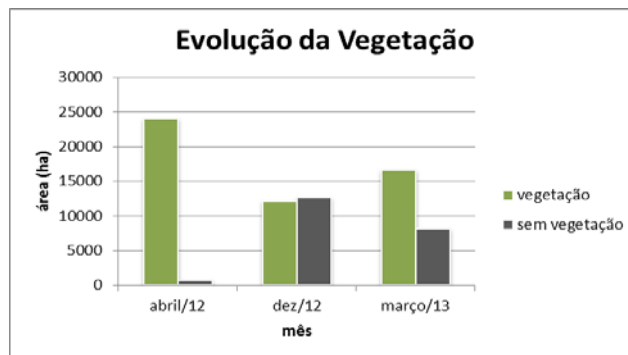
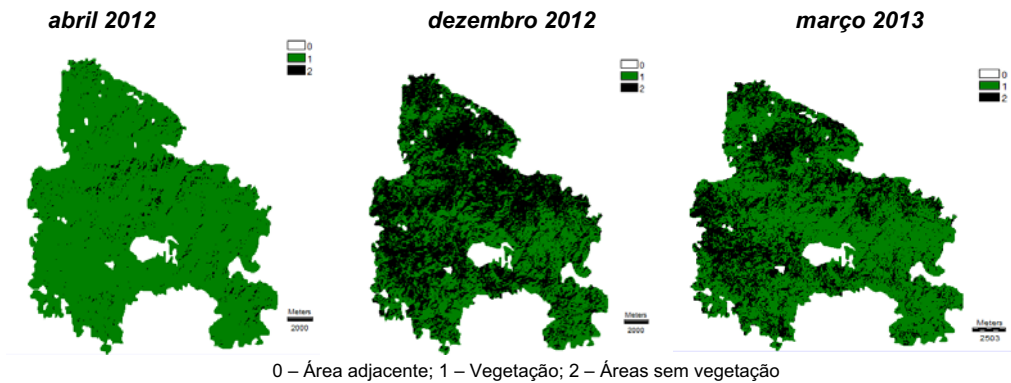
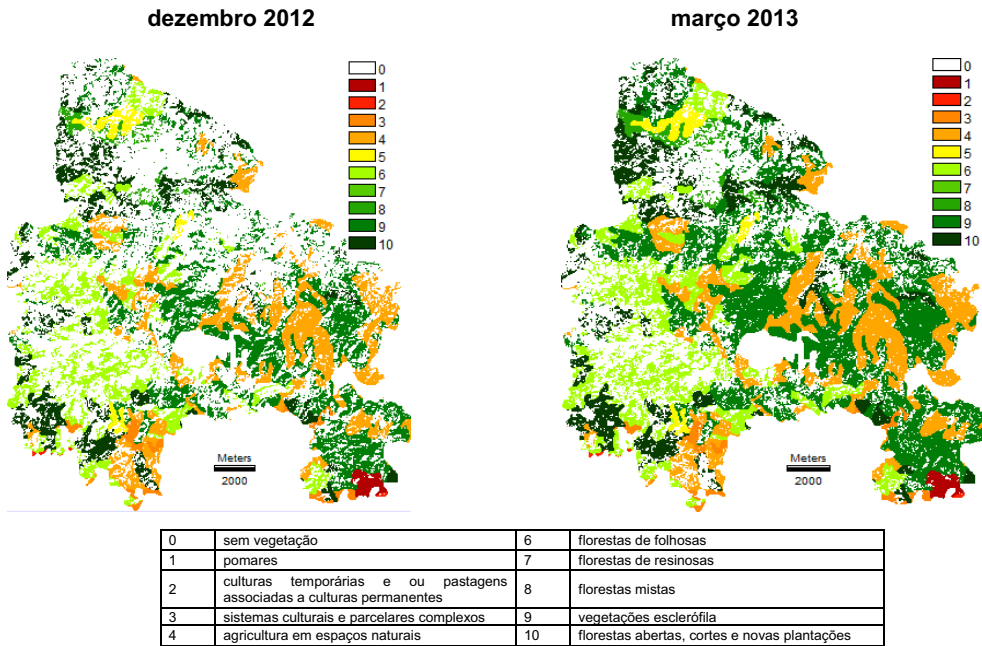


Gráfico 1. Evolução da vegetação abril, dezembro de 2012 e março de 2013.

Da análise do gráfico 1 constata-se que passados 5 meses após o incêndio (dezembro), cerca de metade da vegetação não tinha regenerado. Contudo no mês de março verifica-se uma boa recuperação da vegetação, 4487.22 ha.

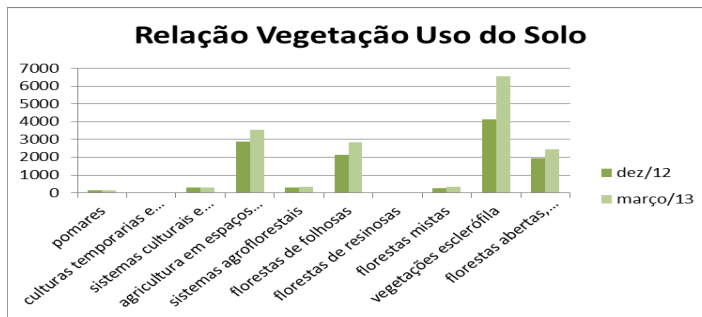
Após a comprovação da existência de uma evolução positiva da vegetação, no cenário pós incêndio, estamos em condições de realizar a análise de quais os usos que apresentam uma evolução mais positiva, no que toca á recuperação da vegetação.

Numa primeira análise estabeleceu-se a comparação entre os locais com vegetação com os usos de solo determinada no *Corine Landcover* (Figura 3).

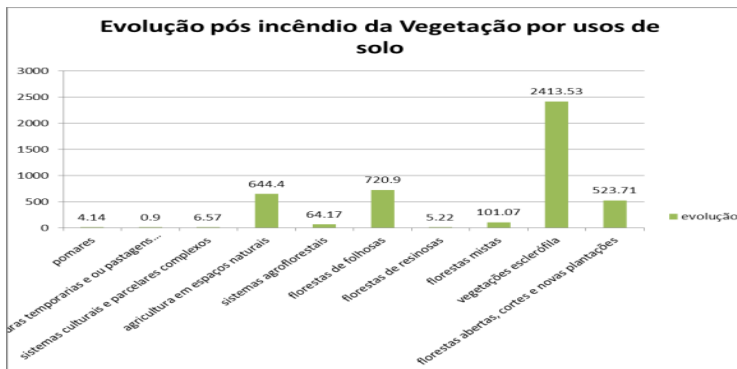


**Figura 3.** Vegetação presente por uso de solo, dezembro 2012 e março 2013, respectivamente.

Desta análise é possível averiguar que para o período em análise (dez-mar) a classe de uso que apresenta melhor evolução por parte da vegetação é a esclerofila, também cognominada de vegetação mediterrânica (Gráfico 2 e Gráfico 3).



**Gráfico 2.** Relação vegetação por uso do solo



**Gráfico 3.** Variação da vegetação entre dezembro e março por uso de solo

A regeneração da vegetação esclerofila era espectável, dada que se trata de uma espécie que consegue sobreviver com baixo índice de nutrientes e água no solo, sendo mesmo consideradas plantas adaptadas ao fogo (Gráfico3). Este tipo de vegetação apresenta uma taxa de regeneração/germinação elevada (5 a 10 anos para a cobertura total) em cenário pós incêndio [2].

Considerando a separação entre os sistemas antropogénicos e os naturais, verifica-se uma acentuada evolução nas áreas naturais, porque se trata de uma vegetação adaptada ao clima e ao solo e por isso com uma melhor resposta ao *stress* causado pelo cenário pós incêndio. (Gráfico 4)

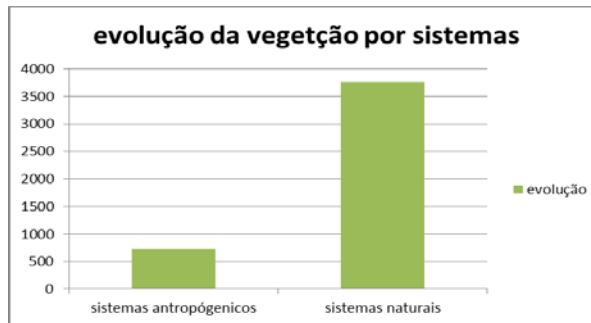


Gráfico 4. Evolução da vegetação por sistemas

### 3. DISCUSSÃO DE RESULTADOS

Neste estudo a escolha do índice *Greeness* deveu-se ao facto de este ter apresentado uma maior correlação com os outros índices. Contudo, os índices de vegetação calculados deveriam ter sido validados através de um levantamento de campo e elegido o que mais se aproximava à paisagem em estudo.

Quanto à análise da evolução da vegetação por uso de solo, esta foi realizada recorrendo à cartografia do *Corine Landcover* para o ano de 2006. Esta foi elaborada para uma escala nacional, pelo que a sua utilização em estudos com uma área de grande escala, como a que nos propusemos estudar no presente estudo, não será a mais indicada. No entanto a sua utilização dá-nos uma visão aproximada da distribuição da vegetação pelo uso, o que pode ser uma mais-valia para a obtenção de uma visão global de desenvolvimento da mesma.

Em última análise, para o melhoramento dos resultados, poderia ser equacionada a elaboração de uma imagem híbrida através da fusão das bandas da imagem landsat com um ortofotomapa com melhor resolução para a qual seriam calculados os índices de vegetação, esperando-se assim uma melhor delimitação das áreas com vegetação das restantes.

### 4. CONCLUSÃO

No âmbito do presente trabalho foi analisada a evolução da vegetação no cenário pós incêndio de Tavira – São Brás de Alportel através da elaboração de índices de vegetação.

Com este estudo demonstrou-se que houve uma evolução positiva da vegetação na área ardida, sendo bastante mais evidente para a vegetação em sistema naturais, a vegetação esclerofila ou mediterrânica.

Conclui-se também que os índices de vegetação são uma ferramenta eficiente de análise da presença de vegetação, sendo a sua resposta resultado direto da qualidade das imagens de satélite.

### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Cancela d' Abreu, A. *Contributos para a Identificação e Caracterização da Paisagem Continental Vol. I a V.* [s.ed.]. Lisboa: Direcção Geral do Ordenamento do Território e Desenvolvimento Urbano, 2002;

- [2] Centro Ecologia e Biologia - FCUL , O Fogo e a Vegetação Mediterrânica. IGP, ano 2010, disponível:  
<http://cebv.fc.ul.pt/cienciaonline/ficheiros/O%20Fogo%20e%20a%20vegetacao%20mediterranea.pdf>
- [3] CORINE-CLC. *Cartografia CORINE Land Cover 2006 para Portugal Continental*. Instituto Geográfico do exército. Grupo de Detecção Remota. Lisboa. 2006.
- [4] KAUTH R.J., THOMAS G.S., *The tasseled Cap -- A Graphic Description of the Spectral-Temporal Development of Agricultural Crops as Seen by Landsat*. Proceedings of the Symposium on Machine Processing of Remotely Sensed Data, Purdue University of West Lafayette, Indiana, 1976, pp. 4B-41 to 4B-51.
- [5] QI, J., CHEHBOUNI, A., HUETE, A.R., KERR, Y.H., SOROOSHIAN, S., *A modified soil adjusted vegetation index*. Remote Sens. Environ, 1994. 48, Pp.119–126.
- [6] RICHARDSON A.J, WIEGAND CL.. *Distinguishing vegetation from soil background information*. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, volume 1. 1977, nº.43. Pp.1541-1552.
- [7] ROUSE ,J.W., HASS, R.H., SCHELL, J.A., DEERING D.W., *Monitoring the vernal advancement and retrogradation (Greenwave effect) of nature vegetation*. NASA/GSFCT Type III Final Report. Greenbelt. MD. 1974.