

❧ I SEMINÁRIO DA REDE INCÊNDIOS-SOLO E O I SIMPÓSIO IBERO-AFRO-AMERICANO DE RISCOS
❧ 4 A 6 DE NOVEMBRO, NO CAMPUS DA PENHA.

EFEITO DO INCÊNDIO DE CATRAIA NO COMPORTAMENTO HIDROLÓGICO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÉQUA

Soraia Almeida¹, Fernando Martins², Helena Fernandez², Celestina Pedras³

Elisa Silva², Rui Costa², Rui Lança²

¹ Aluna do Mestrado em Engenharia Civil, Universidade do Algarve

² Prof. Adjunto, Instituto Superior de Engenharia, Universidade do Algarve

³ Prof. Auxiliar, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade do Algarve

JUSTIFICAÇÃO

Após um incêndio florestal a taxa de infiltração potencial dos solos tende a diminuir, contudo poucos estudos apontam para a quantificação dessa mesma diminuição. Neste sentido torna-se relevante estudar, com vista a quantificar as modificações que os incêndios florestais induzem na resposta hidrológica de uma bacia hidrográfica.

Estudo realizado no âmbito da dissertação de mestrado em Engenharia Civil.

OBJETIVO

Modelação da resposta hidrológica da bacia hidrográfica do Rio Séqua em cenário pré-incêndio e pós-incêndio.

BREVE SÍNTESE

O método da Curva número do SCS (1972), define um parâmetro, CN , função da classe de solo e do seu uso e que traduz a relação entre a precipitação e a precipitação efetiva para o escoamento superficial.

Segundo Hubert *et al.* (1981)

$$CN = 100 - 11.43ks, \text{ para } CN > 75 \quad (Ks \text{ em } \text{mmh}^{-1})$$

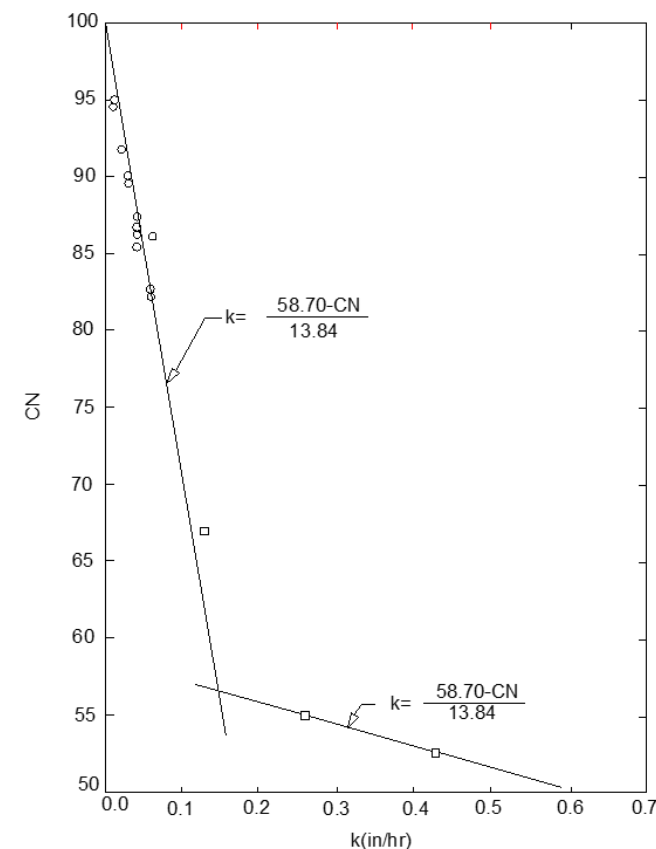
$$CN = 58.7 - 0.55ks, \text{ para } 36 \leq CN \leq 75$$

Valores típicos de condutividade hidráulica, ks , sorvidade, S , e curva número, CN , para diferentes classes texturais de solos, Hubert *et al.* (1981)

Classe textural do solo	ks (mmh^{-1})	CN
Argila	0.33	94.1
Argila siltosa	0.51	90.7
Argila arenosa	0.76	89.4
Limo argiloso siltoso	1.02	86.7
Limo argiloso	1.02	86.1
Limo argiloso arenoso	1.52	84.1
Limo	3.30	72.8
Limo siltoso	6.60	60.8
Limo arenoso	10.92	51.3
Areia limosa	29.97	15.6

US Department of Agriculture Soil Conservation Service, 1972. National Engineering Handbook, Section 4, Hydrology. US Government Printing Office, Washington, DC, 544.

Relação entre Ks e CN ,
Hubert *et al.* (1981)



Hubert J, Morel-Seytoux, James P. Verdin. (1981). Extension of the soil conservation service rainfall. Report no. HWA/RD81/060. Federal Highway Administration. Washington DC.

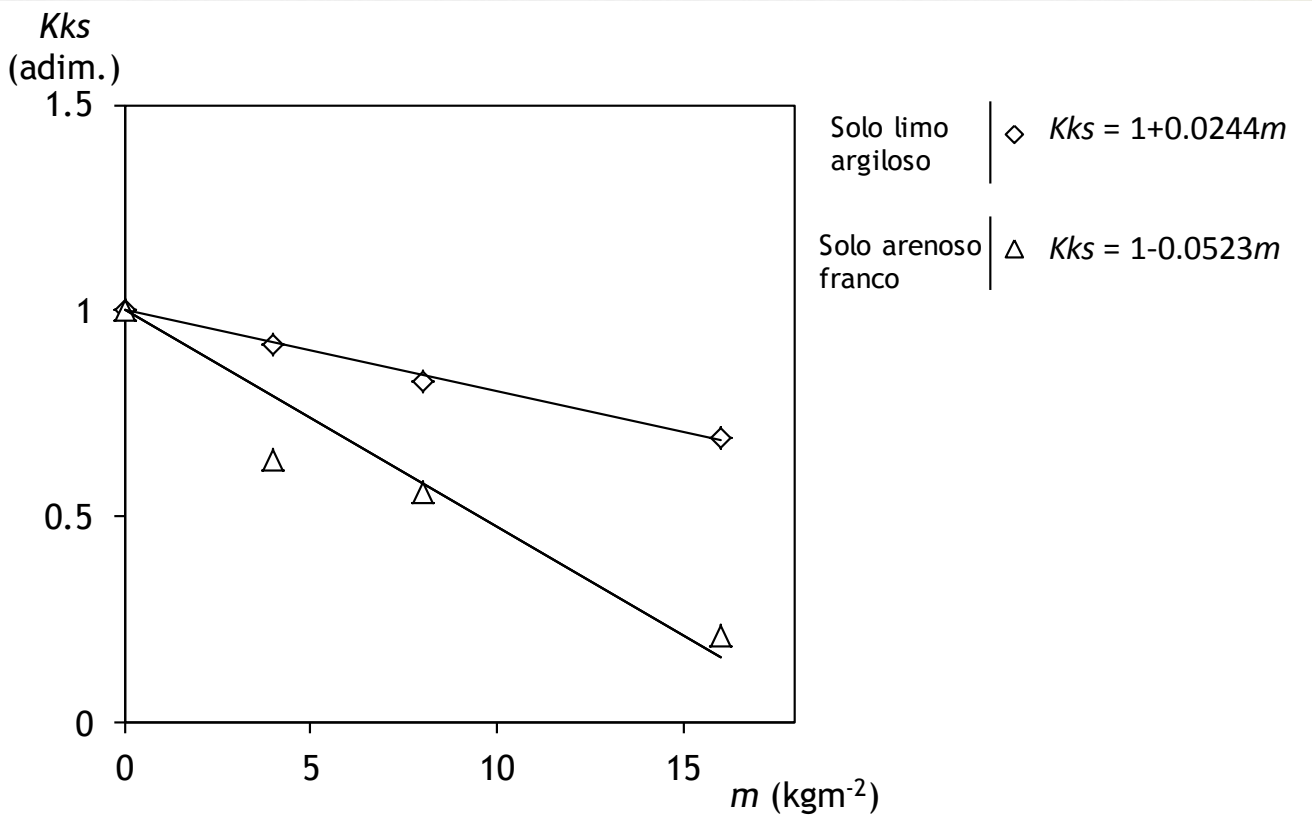
BREVE SÍNTESE

Fatores de correção da condutividade hidráulica, k_s , para condição pós-incêndio

(adaptado de Lança *et al.*, 2014 e Almeida *et al.*, 2015)

m (kgm ⁻²)	Solo textura limo argiloso arenoso (a)	Solo arenoso franco (b)
	Kks (adim.)	Kks (adim.)
0	1.00	1.00
4	0.92	0.64
8	0.83	0.56
16	0.69	0.21

(a) de acordo com Lança *et al.* (2014)
(b) de acordo com Almeida *et al.* (2015)



Almeida, S.; Martins, F.; Helena, F.; Pedras, C.; Elisa, E.; Costa, R.; Lança, R. (2015). Efeito dos incêndios nas propriedades hidráulicas dos solos Da serra e litoral algarvio. I Seminário da Rede Incêndios-Solo e I Simpósio Ibero-Afro-Americano de Riscos, 4 e 5 de novembro, Faro, Portugal.

Lança, R.; Rocheta, V.; Martins, F.; Fernandez, H.; Silva, E.; Pedras, C. (2014). Modificação das propriedades hidráulicas dos solos da serra algarvia devido aos incêndios florestais. In Lourenço, Luciano (Ed.), Multidimensão e território de risco, Imprensa da Universidade de Coimbra, pp. 715 - 719.

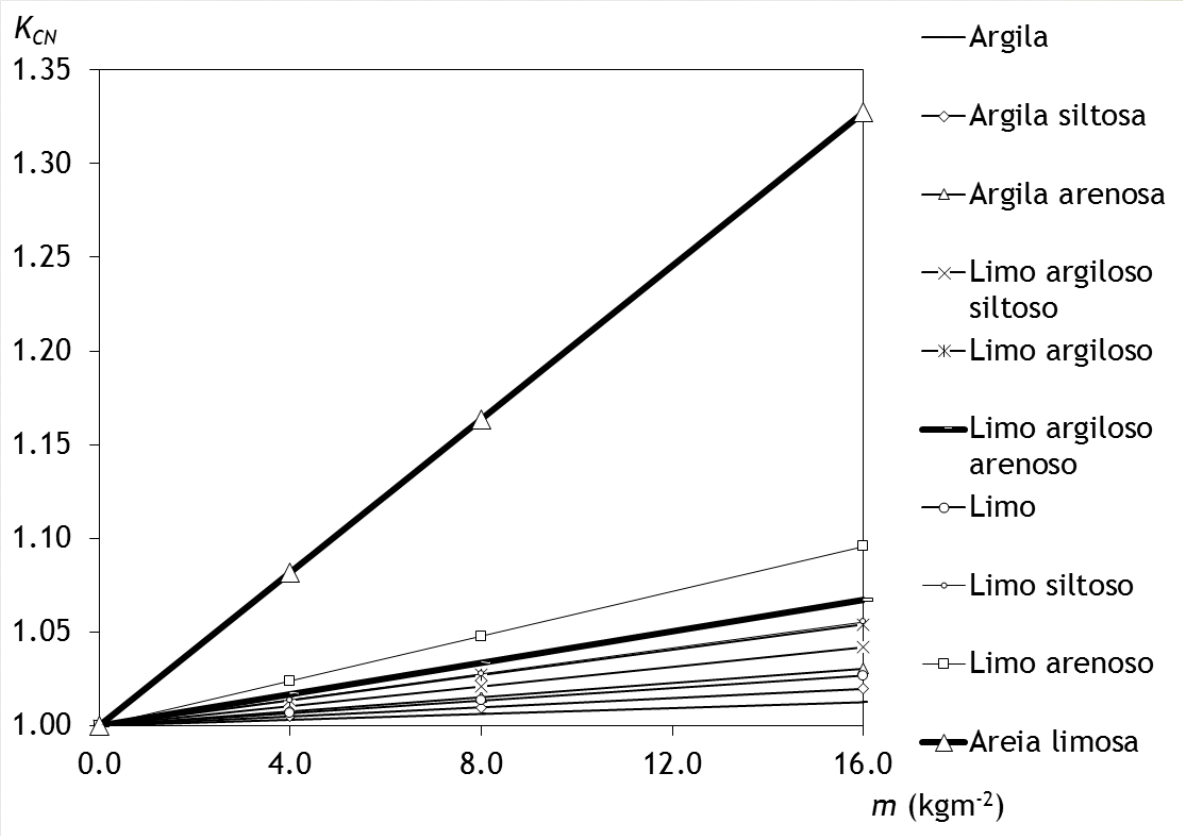
BREVE SÍNTESE

Considerando os valores de $ks_{pré-incêndio}$ em função da classe textural do solo e aplicando os fatores de correção, resultam os valores de referência para a condutividade hidráulica pós-incêndio.

Valores de condutividade hidráulica, ks , pós-incêndio para diferentes quantidades de material combustível ardido

Classe textural	ks (mmh ⁻¹)			
	Pré-incêndio	Pós-incêndio		
	$m=0.0$ (kgm ⁻²)	$m=4.0$ (kgm ⁻²)	$m=8.0$ (kgm ⁻²)	$m=16.0$ (kgm ⁻²)
Argila	0.33	0.30	0.28	0.23
Argila siltosa	0.51	0.47	0.43	0.35
Argila arenosa	0.76	0.70	0.64	0.52
Limo argiloso siltoso	1.02	0.94	0.85	0.69
Limo argiloso	1.27	1.17	1.07	0.87
Limo argiloso arenoso	1.52	1.40	1.28	1.04
Limo	3.30	2.61	1.92	0.53
Limo siltoso	6.60	5.22	3.84	1.07
Limo arenoso	10.92	8.63	6.34	1.76
Areia limosa	29.97	23.69	17.41	4.84

Valores de K_{CN} em função de m para diferentes classes texturais de solo

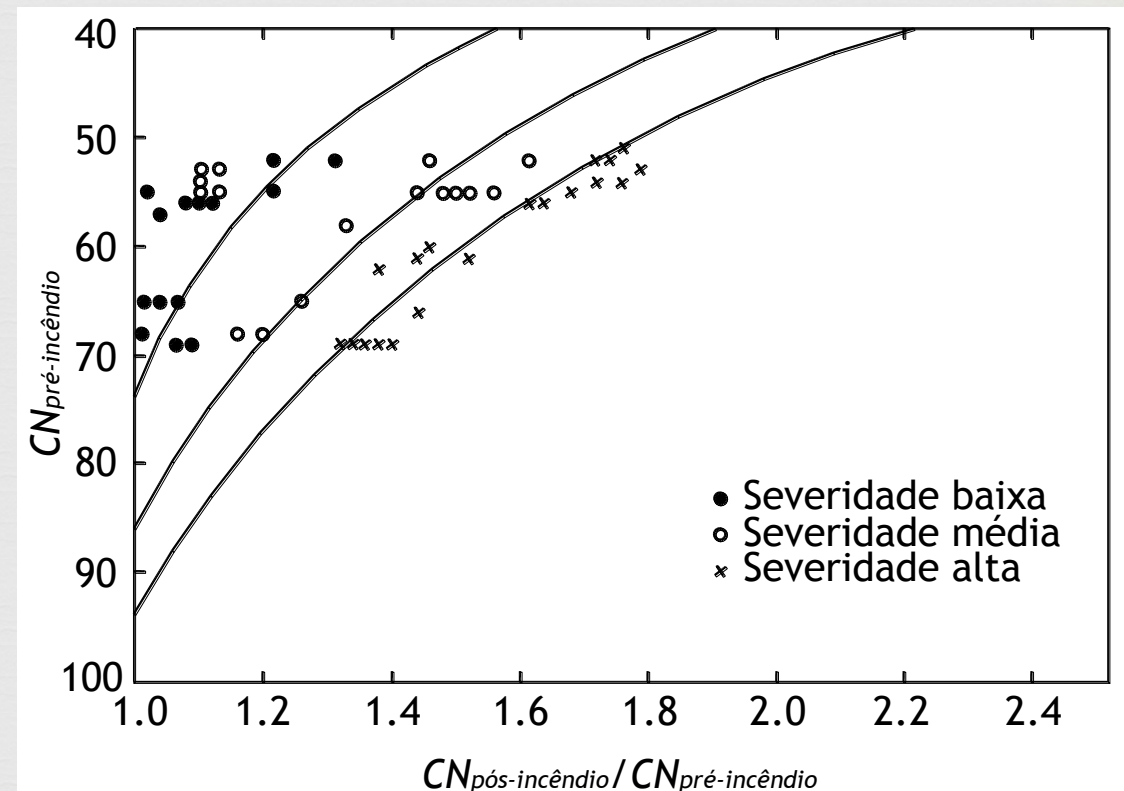


BREVE SÍNTESE

Valores de $CN_{\text{pré-incêndio}}$ e $CN_{\text{pós-incêndio}}$ segundo
Higginson e Jarnecke (2007)

Severidade do Incêndio	$CN_{\text{pós-incêndio}}$
Alta	$CN_{\text{pré-incêndio}} + 15$
Moderada	$CN_{\text{pré-incêndio}} + 10$
Baixa	$CN_{\text{pré-incêndio}} + 5$

Valores de $CN_{\text{pré-incêndio}}$ e $CN_{\text{pós-incêndio}}$ segundo
Livingston *et al.* (2005)

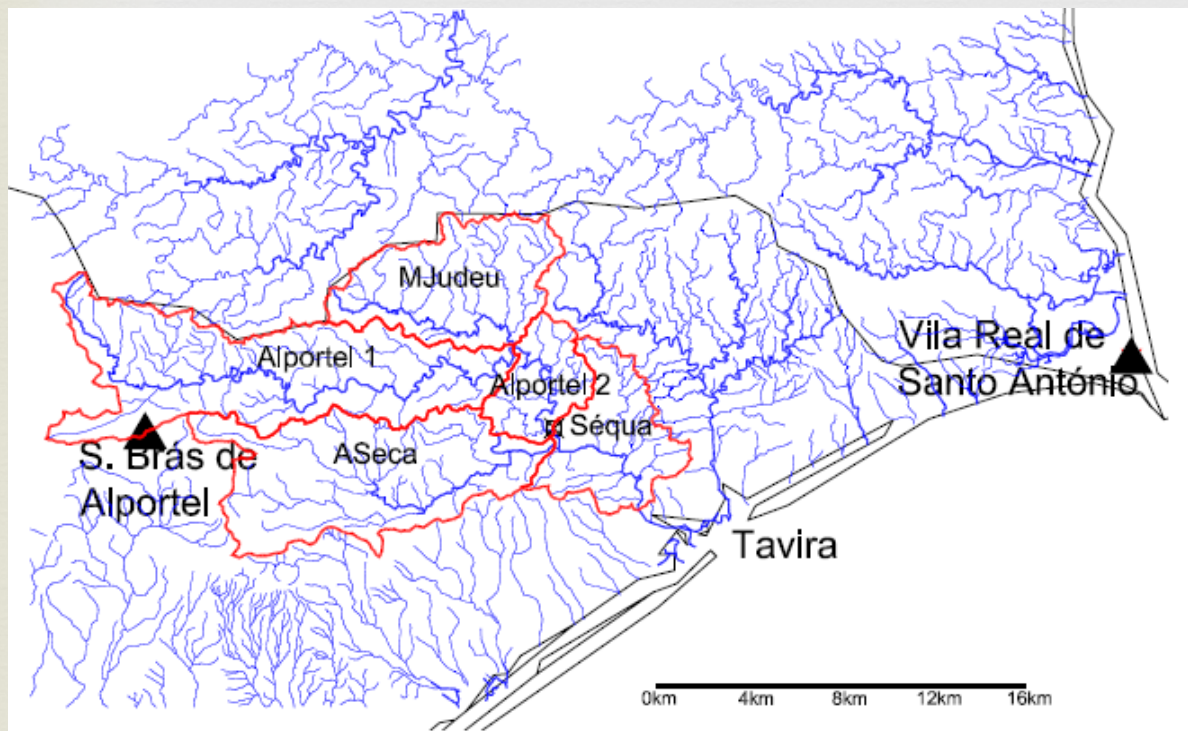


Higginson, B.; Jarnecke, J. (2007). Salt Creek BAER-2007 Burned Area Emergency Response. Provo, UT: Uinta National Forest; Hydrology Specialist Report. 11 p.

Livingston, R., Earles, T., and Wright, K. (2005). Los Alamos Post-Fire Watershed Recovery: A Curve-Number-Based Evaluation. Managing Watersheds for Human and Natural Impacts: pp. 1-11.

BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÉQUA

Bacia Hidrográfica do Rio Séqua e respetiva rede hidrográfica

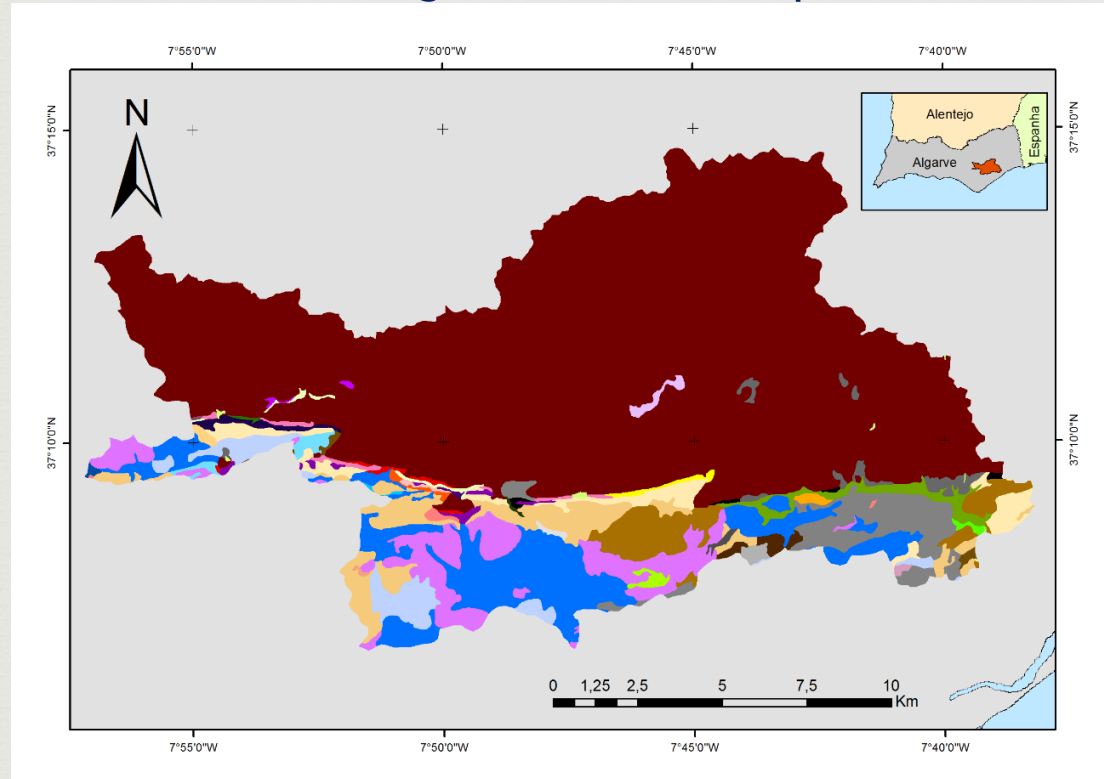


Parâmetros descritivos das sub-bacias hidrográficas

Sub-bacias	Alportel1	Alportel2	ASeca	MJudeu	Séqua
Área (km ²)	75.89	16.27	62.55	40.00	27.52
Perímetro (km)	3688.84	1128.27	1591.50	2920.38	714.12
Fator de compacidade	2.12	1.33	1.78	1.48	1.63
Comprimento da linha de água principal (km)	39.09	9.54	22.09	13.17	7.78
Declividade equivalente constante (m/m)	0.0074	0.0041	0.0102	0.0169	0.0021
Tempo de concentração (h)	7.37	3.12	4.19	2.35	3.47

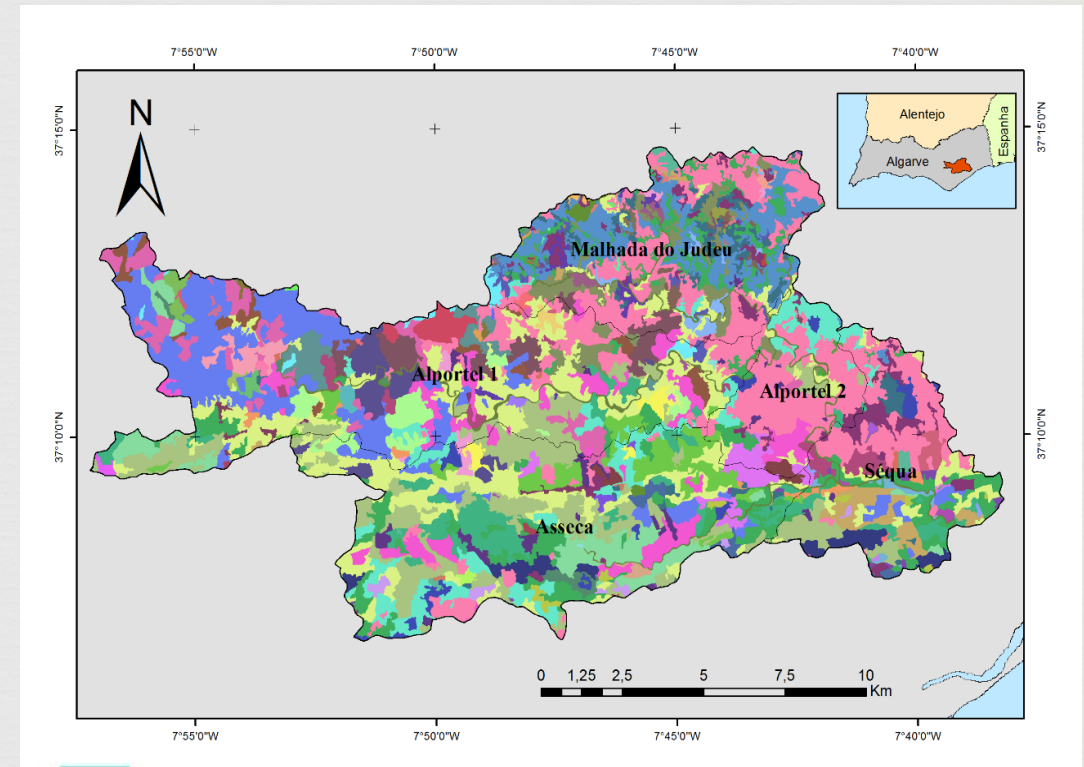
BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÉQUA

Classes taxonómicas do solo da bacia hidrográfica do Rio Séqua



Vc-Solos calcários vermelhos
Pc-Solos calcários pardos
Arc-Afloramentos rochosos
Vcd-Solos mediterrânicos de materiais calcários
Ex-Litosolos dos climas xérico de xistos ou grauvaques

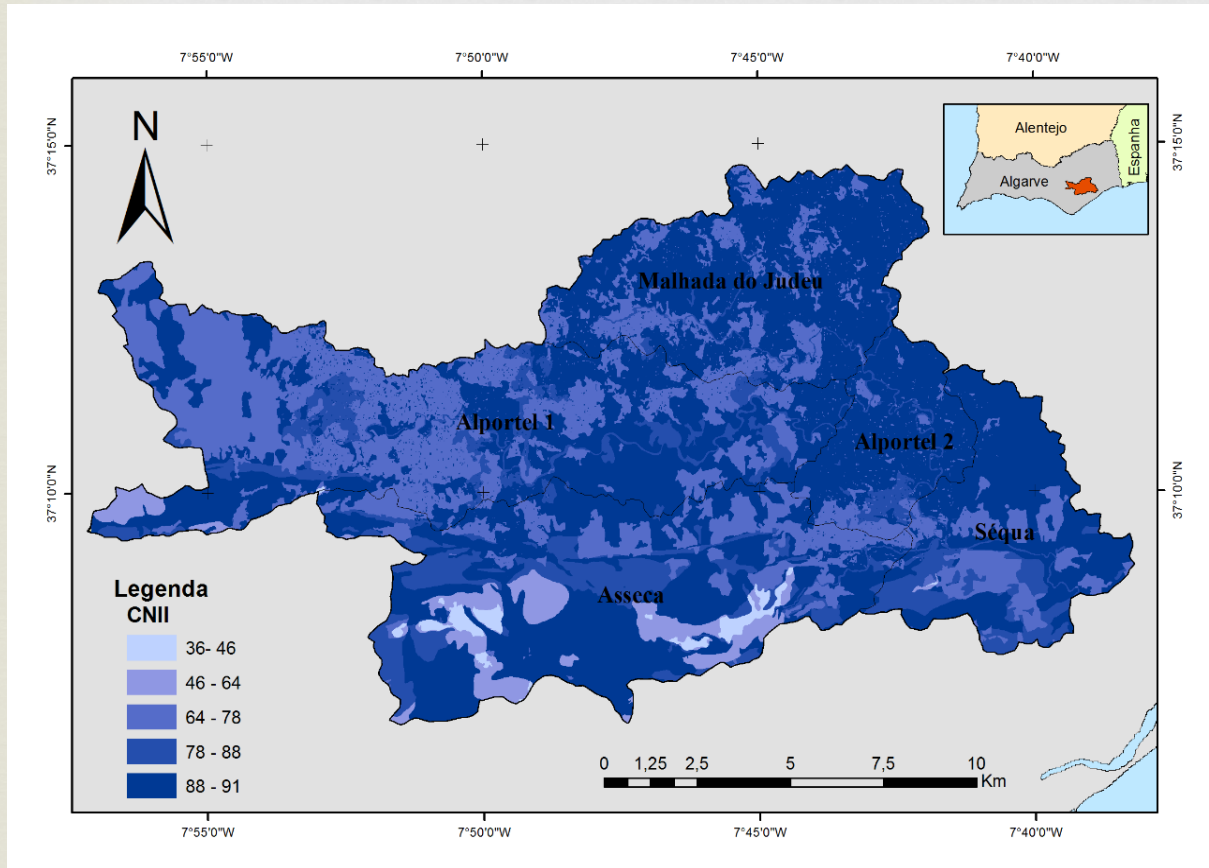
Classes de uso do solo na bacia hidrográfica do Séqua, segundo a carta COS'90



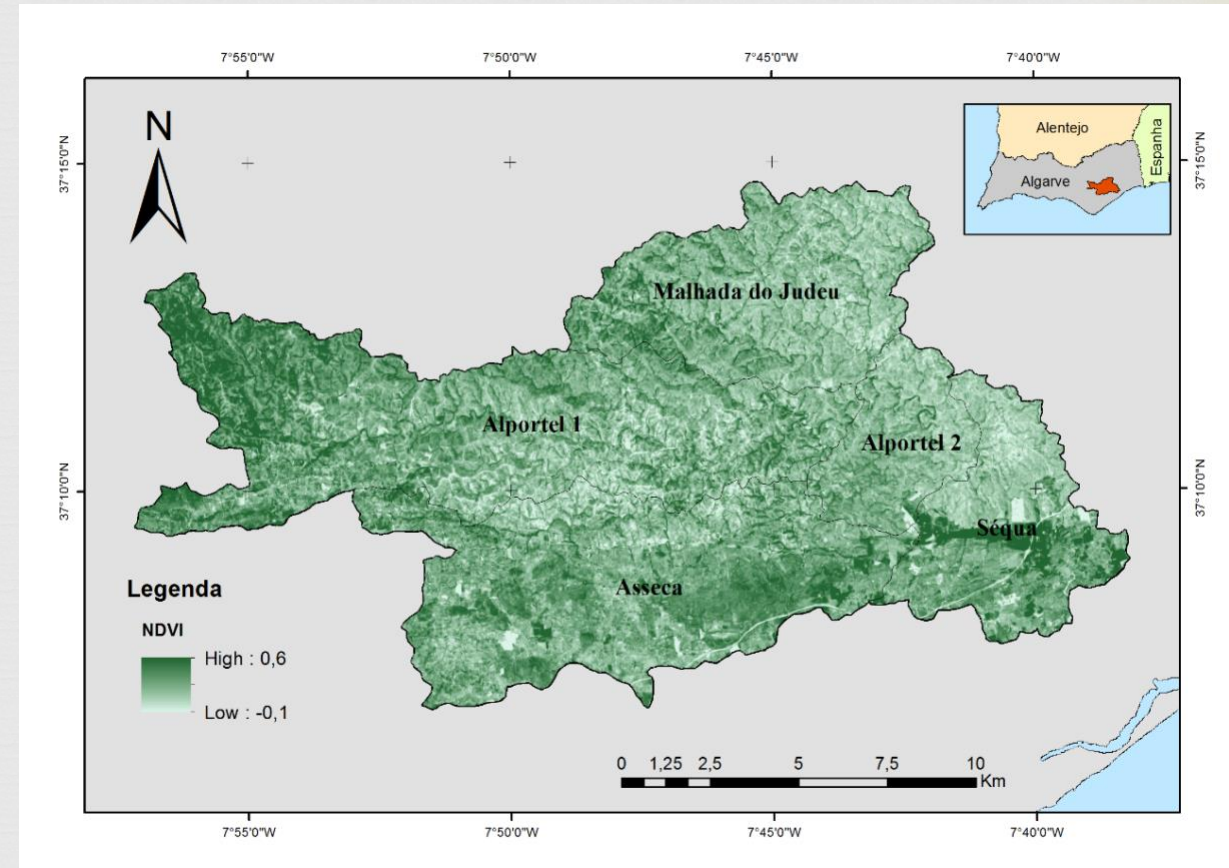
ACX-Pomar e cultura anual
AAX-Misto de pomares
BD3-Sobreiro e medronheiro
AOX-Pomar e olival
CX1-Culturas anuais
II2-Vegetação arbustiva e mato baixo

BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÉQUA

Valores de $CN_{pré-incêndio}$

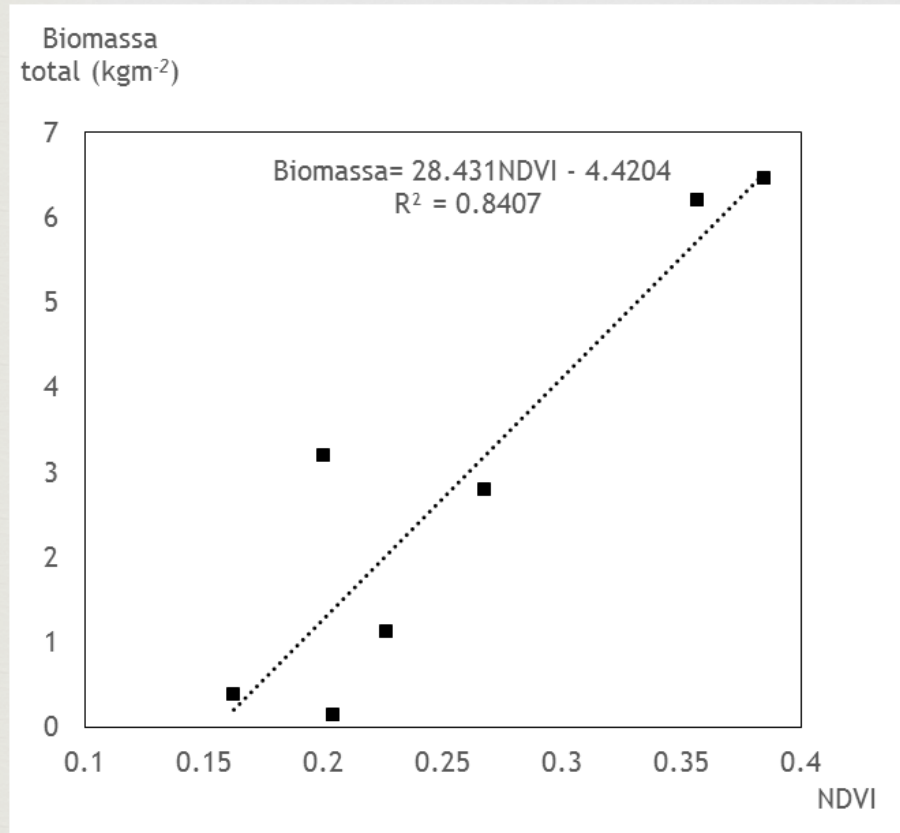


Índice Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)_{pré-incêndio}



BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÉQUA

Corelação entre o NDVI e a Biomassa acima do solo



Segundo: Pereira *et al.* (1995) e Florete *et al.* (1988):

$$\text{Biomassa Arbusto} = 0.642 \cdot H^{0.0075} \cdot D_{\text{max}}^{2.4901} \cdot 166.67$$

$$\text{Biomassa Sobreiro} = -16.6845 + 0.65729 \cdot d^2 \cdot H$$

Valores obtidos para a biomassa do sobreiro e do arbusto e suas quantidades

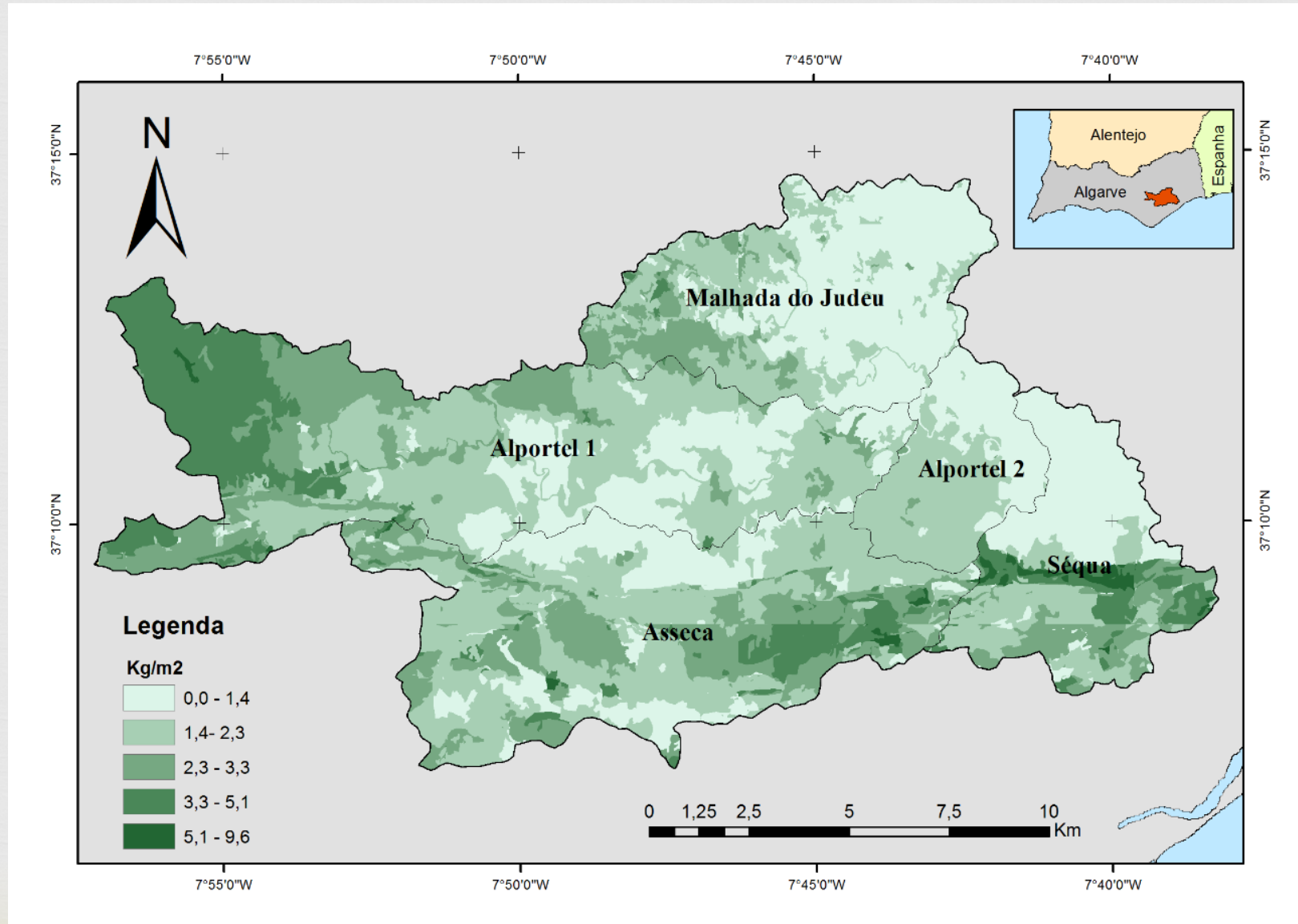
Biomassa de um sobreiro (g)	Biomassa de um arbusto (g)	Biomassa total de sobreiros (kg)	Biomassa total de arbustos (kg)	NDVI
312919.08	0.062	2503.35	225	0.267
622042.57	0.017	126.91	0	0.204
719847.32	0.098	2879.39	0	0.200
527064.17	0.017	5797.71	250	0.385
505307.87	0.017	5558.39	1389	0.357
335398.40	0.017	335.40	830	0.163
328628.32	0.017	985.88	1667	0.346

Pereira, J., Oliveira, T., Paul, J. (1995). Satellite-based estimation of mediterranean shrubland structural parameters. EARSel Advances in Remote Sensing Vol.4, No.3 - XII, Lisboa.

Floret, C., Romane, F., Galan, M., Grandjanny, M., Floc'H, E., Maistre, M., Perret, P. (1988). Quelques remarques sur les taillis de chênes verts. Répartition, histoire, biomasse. Forêt méditerranéenne, t. X, n° 1, juillet, páginas 131-135.

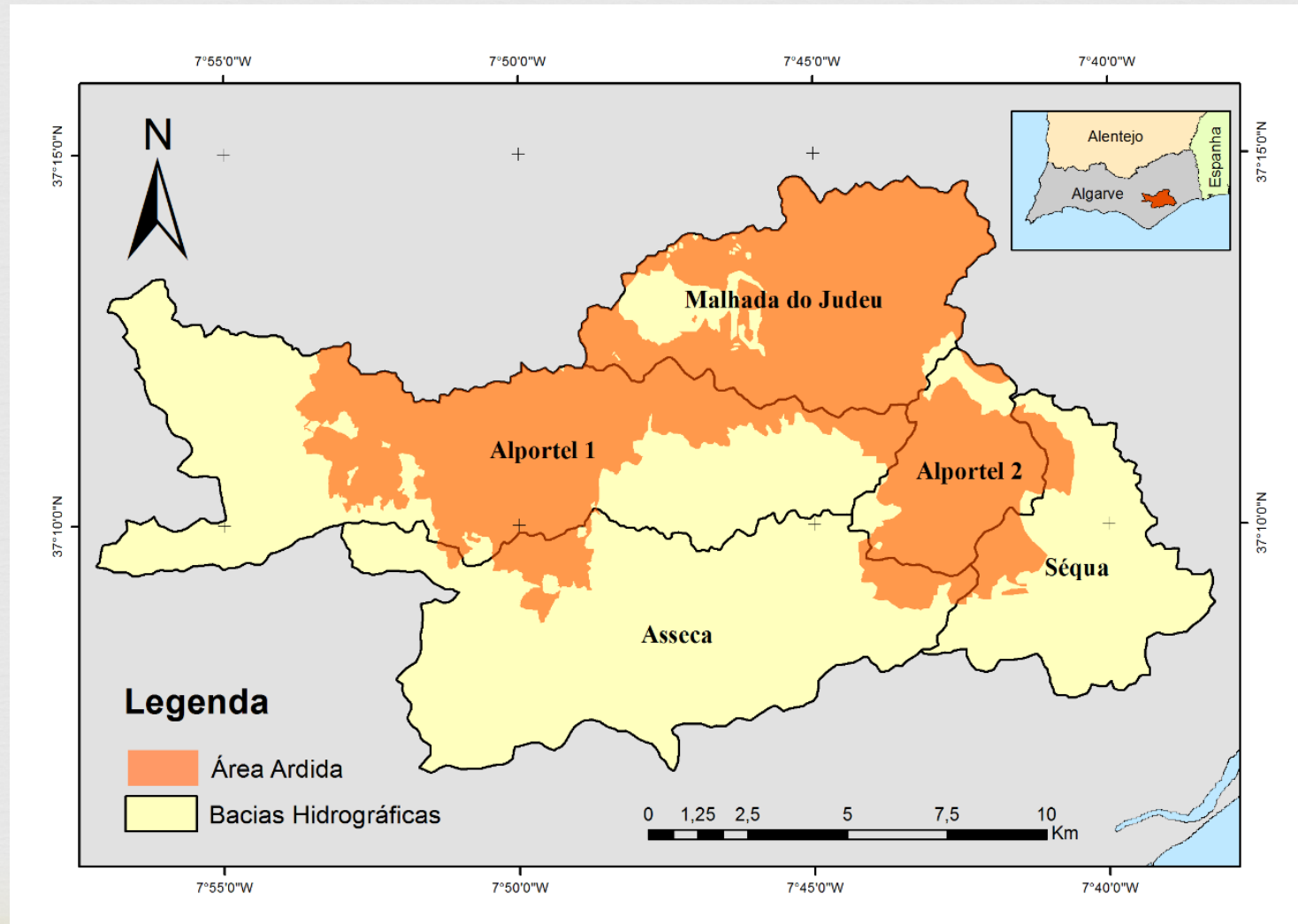
BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÉQUA

Mapa de Biomassa acima do solo



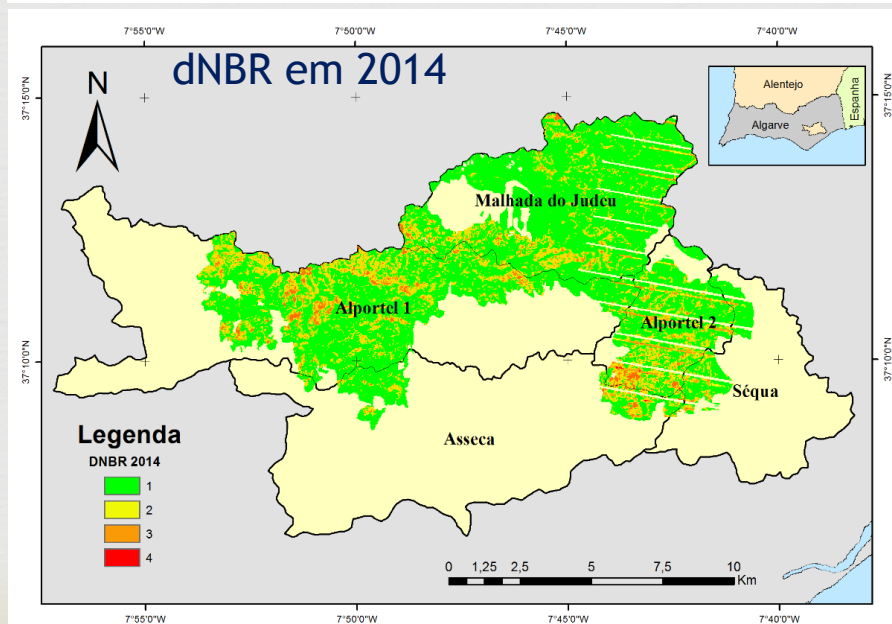
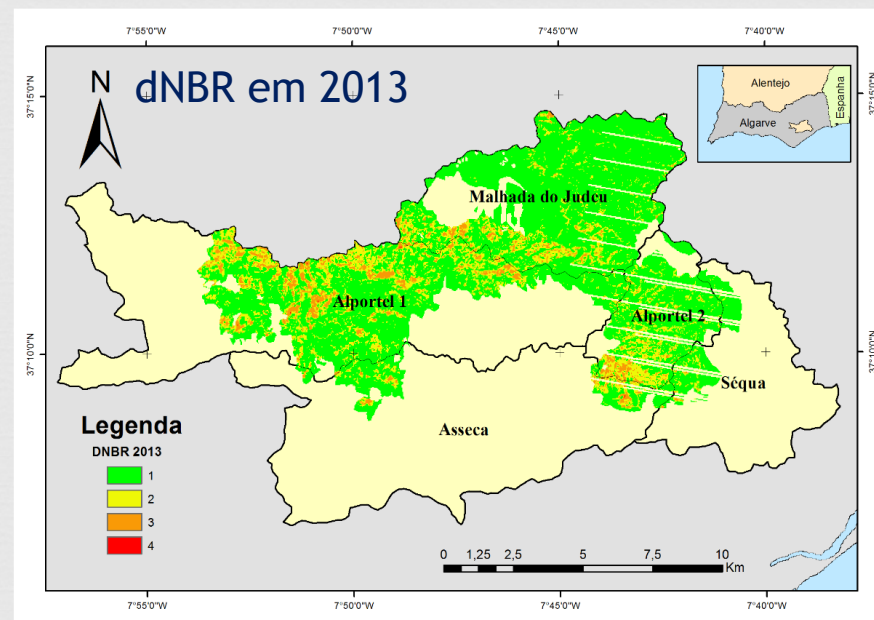
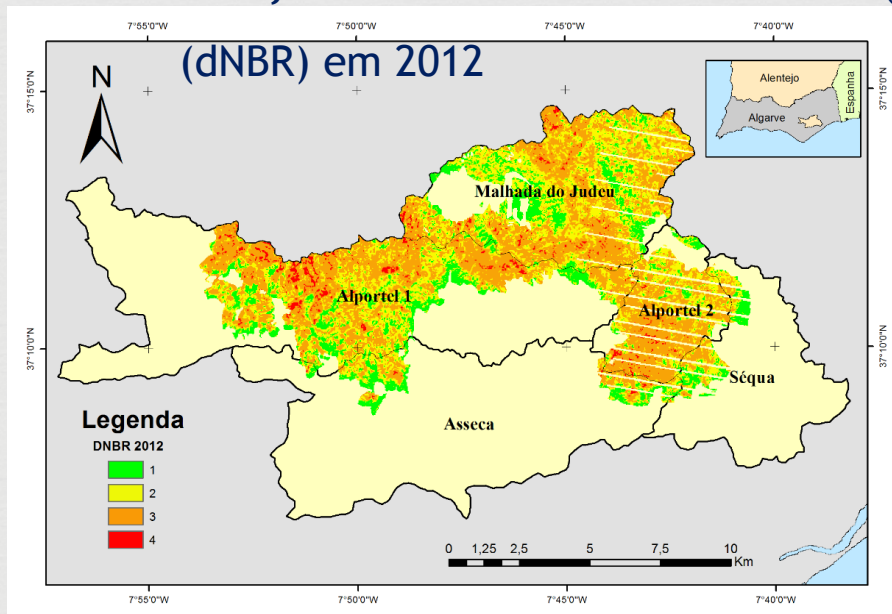
INCÊNDIO DE CATRAIA

O incêndio florestal de Catraia teve início próximo das localidades de Catraia e Fonte de Corcho, no concelho de Tavira. Ocorreu em julho de 2012 e afetou os concelhos de Tavira e São Brás de Alportel. Teve uma duração de cinco dias e, deflagrou numa área de 24843 ha, sendo um dos maiores incêndios registados em Portugal nos últimos anos.



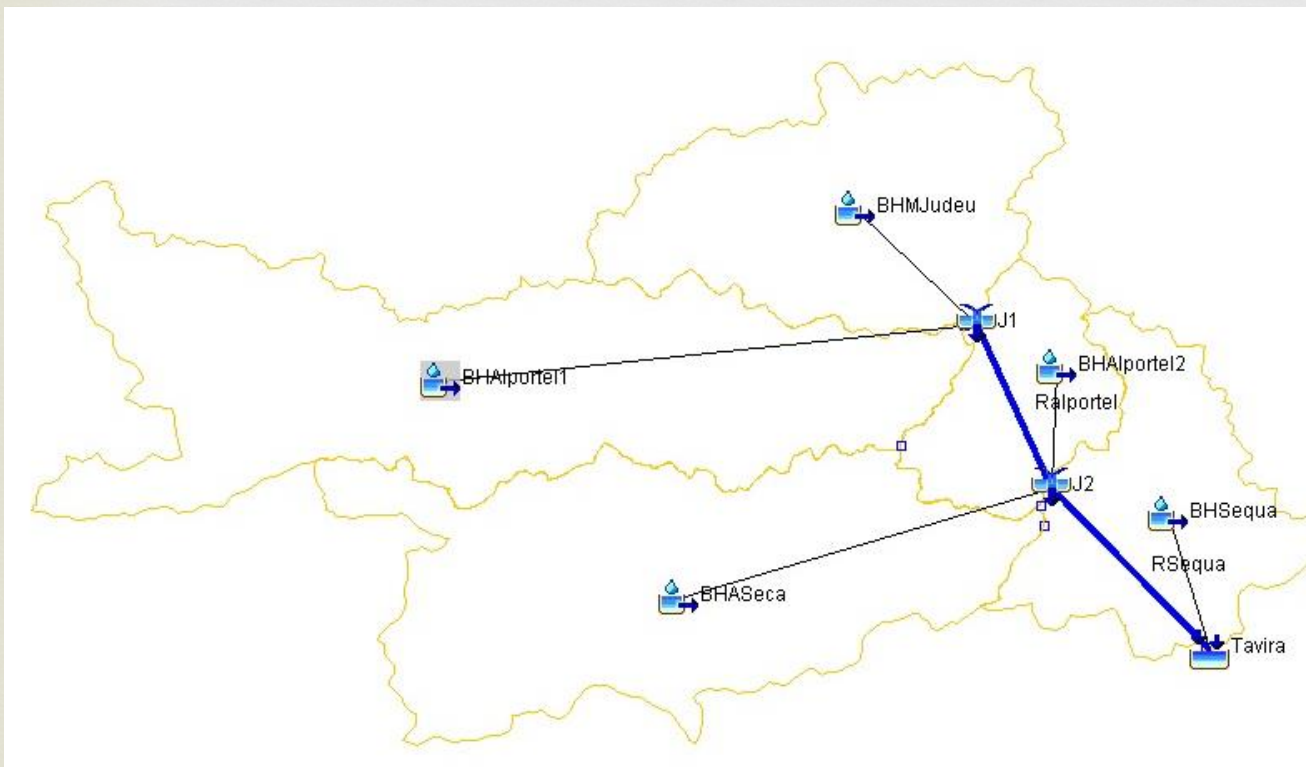
INCÊNDIO DE CATRAIA

Mapas do índice *difference Normalized Burn Ratio* (dNBR)



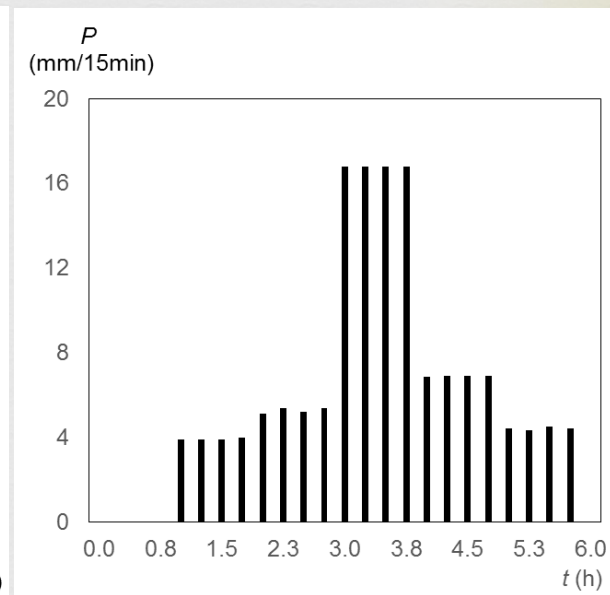
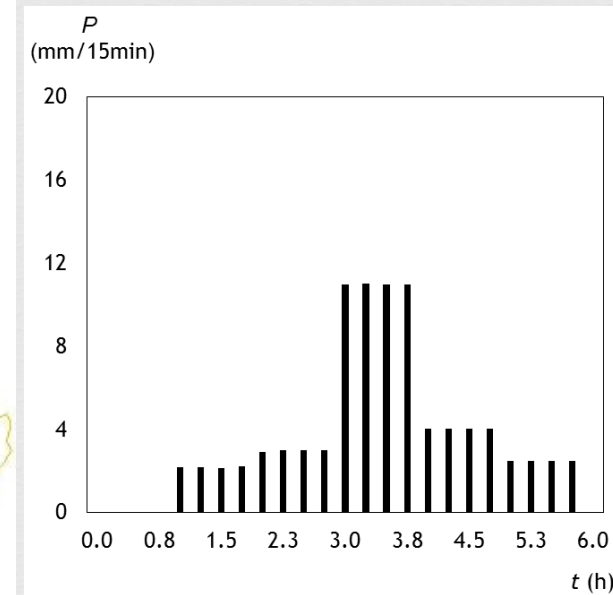
		Ano	Alportel1	Alportel2	ASeca	MJudeu	Séqua
Área ardida (km ²)			34.18	9.94	5.12	33.25	2.66
Área dNBR 1	(km ²)	2012	4.97	0.63	1.86	4.48	0.85
Área dNBR 2			10.65	2.76	1.70	13.83	0.99
Área dNBR 3			17.41	6.40	1.40	14.58	0.74
Área dNBR 4			1.16	0.19	0.058	0.46	0.00
Área dNBR 1	(km ²)	2013	22.94	6.99	3.76	28.31	2.22
Área dNBR 2			8.64	2.59	0.96	4.25	0.25
Área dNBR 3			2.65	0.39	0.29	0.79	0.02
Área dNBR 4			0.006	-	0.001	-	-
Área dNBR 1	(km ²)	2014	23.90	6.70	3.82	27.79	2.05
Área dNBR 2			9.33	2.97	1.05	5.25	0.40
Área dNBR 3			1.03	0.31	0.15	0.31	0.04
Área dNBR 4			-	-	-	-	-

Modelo da bacia hidrográfica do Séqua no HEC-HMS



Curvas de possibilidade udométrica de acordo com o DR. n.º 23/95 de 23 de Agosto

$p = 1/10$	$p = 1/100$
$P = 30.7 \cdot t^{0.451}$	$P = 45.7 \cdot t^{0.492}$



Hietogramas para: a) $p = 1/10$ e b) $p = 1/100$

ANÁLISE DE RESULTADOS

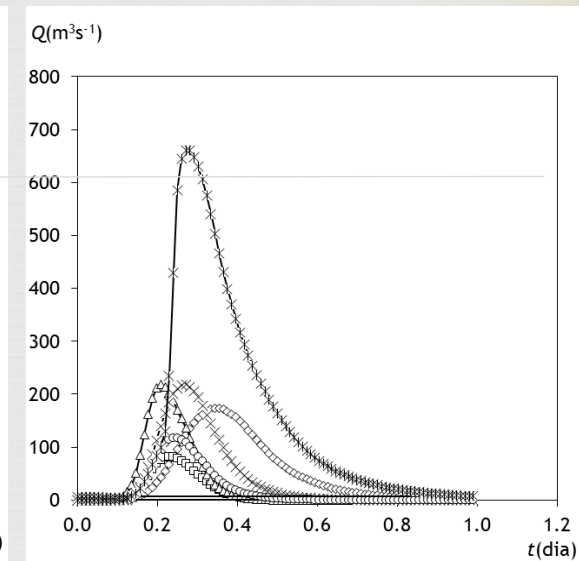
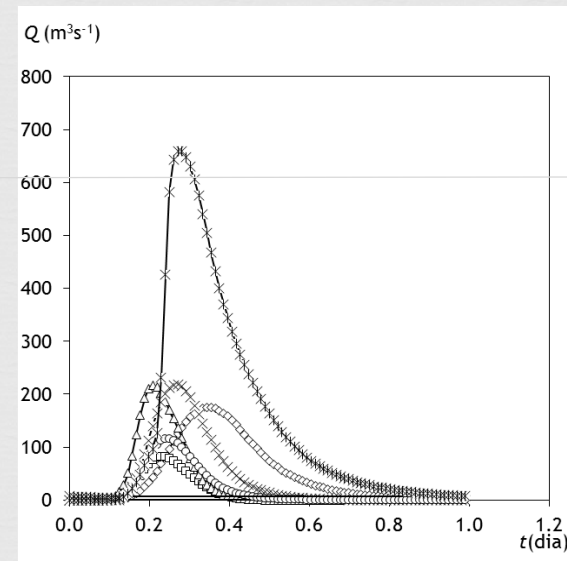
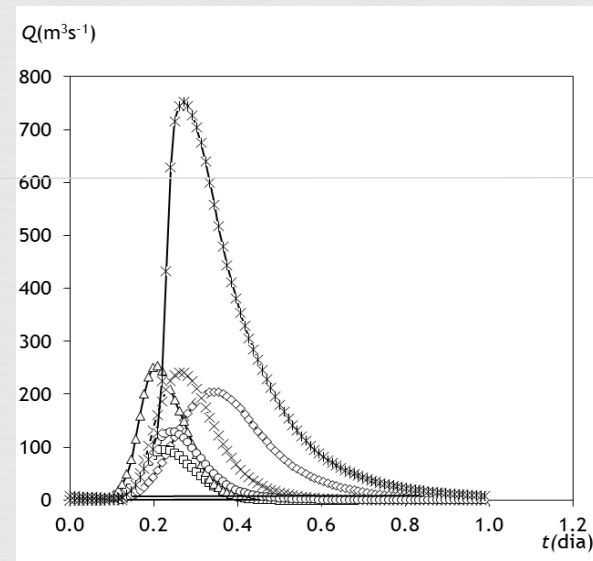
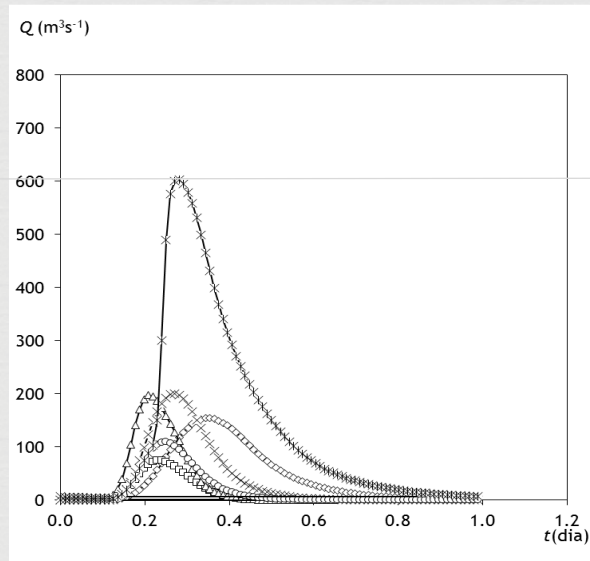
Pré-incêndio

Pós-incêndio, 2012

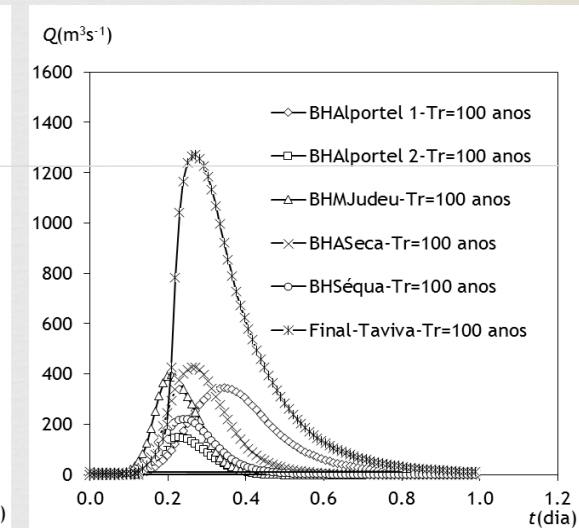
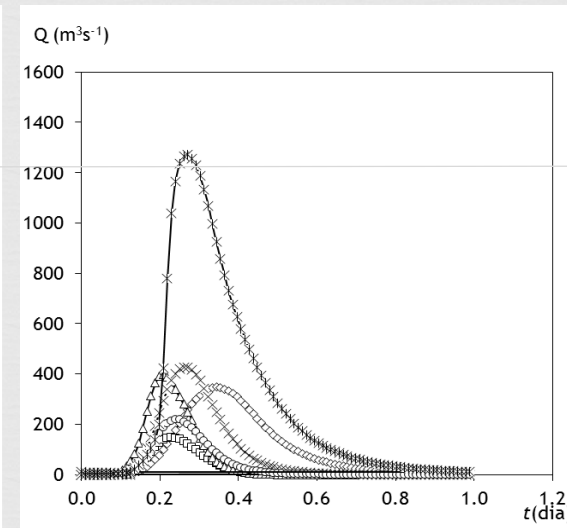
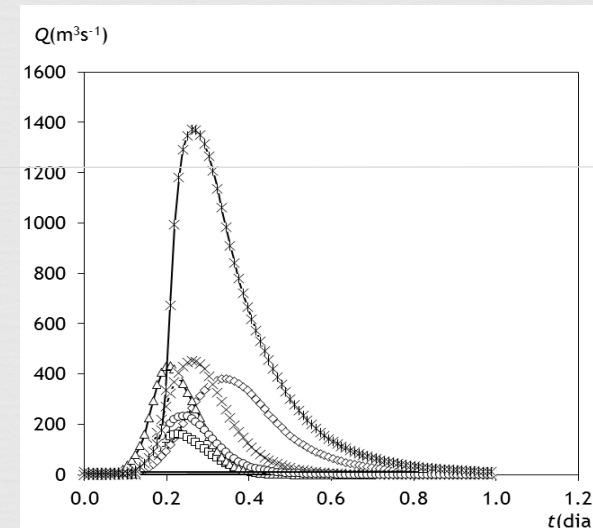
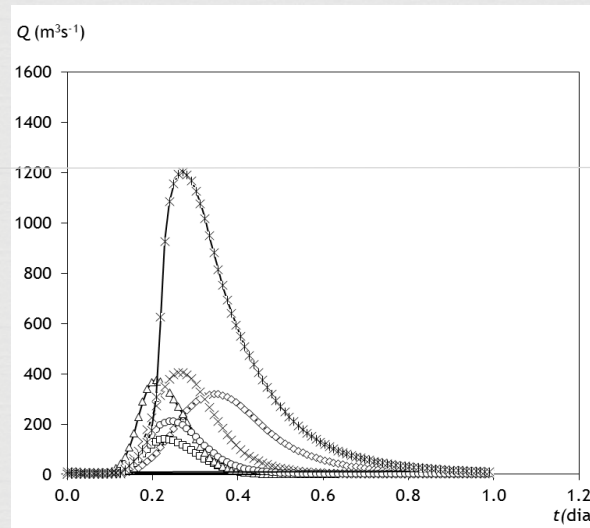
Pós-incêndio, 2013

Pós-incêndio, 2014

$p = 1/10$



$p = 1/100$



CONCLUSÕES

- Os valores de *CN* aumentam com a quantidade de material combustível ardido, sendo este efeito mais significativo nos solos de textura arenosa.
- A taxa de recuperação é muito acentuada no primeiro ano, mas tende a diminuir nos anos seguintes.
- As sub-bacias hidrográficas mais atingidas pelo incêndio foram Alportel2, MJudeu e Alportel1, enquanto ASeca e Séqua praticamente não foram afetadas pelo incêndio, fazendo com que o incremento do caudal de ponta de cheia pós-incêndio em Tavira seja atenuado.
- O efeito do incêndio na resposta hidrológica das sub-bacias hidrográficas é mais acentuado para precipitações mais frequentes e com menor intensidade. Na cidade de Tavira, após um incêndio como o de Catraia, poderá verificar-se um aumento no caudal de ponta de cheia de 25% e 14% para chuvas com probabilidade de excedência de 1/10 e de 1/100, respetivamente.

Obrigada pela atenção!