Producto: Aplicación piloto de la teledetección a la cartografía de vialidad de resinación y modelos de combustibles.

Actividad: Aplicación piloto de la teledetección para el análisis de la evolución de la viabilidad resinera y los combustibles en un municipio portugués.

Entregables:

- Aplicación piloto de la teledetección a la cartografía potencial de resinación y modelos de combustibles en Provença-a-Nova.
- Aplicación piloto de la teledetección a la cartografía potencial de resinación y modelos de combustible en Penela.
- Metodología de aplicación de la teledetección a la cartografía potencial de resinación y modelos de combustible.

Proyecto cofinanciado por el Programa Interreg Sudoe a través del Fondo Europeo de Desarrollo

SOE2/P5/E0598
Proyecto cofinanciado por el Programa Interreg Sudoe
a través del Fondo Europeo de Desarrollo Regional

Entregável - 1.28.1. Aplicação piloto da teledetecção à cartografia de viabilidade da resinagem e modelos de combustível – Município de Proença a Nova

Março 2021

ÍNDICE

1- ESTADO DA ARTE 1

2 ENQUADRAMENTO E OBJETIVOS 3

3 DESCRIÇÃO DA METODOLOGIA 4

3.1 Dados 4

3.2 Obtenção das séries temporais de NDVI 4

3.3 Distinção dos diferentes tipos de cobertura 5

3.4 Resultados 5

3.4.1 Ocupação de solo 5

3.4.2 Grau de combustibilidad 9

3.4.2.1.Informação cartográfica de base 9

3.4.2.2. Classes de grau de combustibilidade 13

3.4.3 Resultados obtidos da correlação das imagens de satélite com as classes de combustibilidade da cartografia de base 14

5. CONCLUSÕES 16

6. LÍNHAS FUTURAS16 16

7. BIBLIOGRAFÍA17 17

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa dealteração da ocupação de solo (C.M. de Proença a Nova, Portugal) 6

Figura 2. Mapa do potencial de resinagem (C.M. de Proença a Nova, Portugal) ***Error! Bookmark not defined.***

Figura 3. Mapa do grau de combustibilidade (C.M. de Proença a Nova, Portugal) 15

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 2 estimativa das exusteências actuais de pinhal (2019) em Proença a Nova(Portugal)14 7

Tabela 1 Criterios utilizados clasificação graus de combustibilidade em Proença a Nova (Portugal)14 16

1- ESTADO DA ARTE

SÉRIES TEMPORAIS MODIS

Actualmente as imagens de satélite constituem o meio mais operacional para realizar a monitorização do território a diferentes escalas devido à alta frequência e regularidade da aquisição desta informação com uma visão sinóptica do território que possibilitam os sensores instalados nos satélites (Huesca 2015). Entre as principais vantagens destes sensores destaca-se a sua capacidade de cobrir grandes superfícies e revisitar cada zona em intervalos de tempo curtos tornando possível a obtenção de informação homogénea e comparável a um baixo custo inclusivamente nas zonas mais remotas e de difícil acesso. Algumas instituições como a NASA ou a Agência Espacial Europeia (ESA) oferecem com acesso gratuito e livre os seus dados. Por tudo isto, o seu uso está a ser promovido pelas Nações Unidas para ajudar ao cumprimento dos Objetivos do Desenvoilvimento sustentável (ODS) (Anderson et al., 2017) e por iniciativas como GEO Global Agricultural Monitoring (GEOGLAM) para fazer previsões da produção agrícola a diferentes escalas (regional, nacional o global) (https://cropmonitor.org/).

A escolha da resolução espacial e temporal das imagens depende dos processos que se queiram estudar e com que escala já que as dimensões do pixel podem variar desde alguns metros (satélites Sentinel), umas centenas de metros (sensor MODIS a bordo dos satélites AQUA e TERRA) ou de kilómetros (sensor AVHRR dos satélites NOAA).

Os sensores a bordo de satélites detectam a radiação emitida ou reflectida pela superfície da Terra a diferentes comprimentos de onda, sendo o sinal recebido diferente em cada tipo de cobertura, como vegetação, solo nu, água ou neve. A informação multiespectral adquirida por estes sensores é tratada mediante o cálculo de índices espectrais para extrair a informação útil relacionada com propriedades funcionais e/ou estruturais dos ecosistemas. O índice mais utilizado é o Índice de Vegetação de Diferença Normalizada (NDVI) (Tucker, 1979) pela sua relação com características funcionais da vegetação como a capacidade fotossintética (Tucker and Sellers, 1986) e produção primaria (Box et al., 1989). Por isso, o NDVI utiliza-se frequentemente como variável representativa do processo fotossíntese e produção primária, o que deu lugar a múltiplos trabalhos científicos de estudo de dinâmica da vegetação a diferentes escalas.

O potencial explicativo destes índices de vegetação aumenta muito quando à informação geográfica é adicionado o marco temporal, podendo-se construir series temporais de imagens de índices. A

disponibilidade de series longas permite a caracterização da dinâmica da superfície da Terra a diferentes escalas temporais. Por um lado (1) a dinâmica intra-anual definida pela fenologia dos ciclos vegetativos (Ivits et al. 2013) e por outro (2) os padrões de persistência dos processos representados pelos padrões inter-anuais (Poulter et al., 2014) e a aparição de tendências nos valores da variável estudada (Novillo et al., 2019).

Actualmente as séries temporais mais longas procedem de três sensores, Advanced Very-High-Resolution Radiometer (AVHRR) (noaasis.noaa.gov), SPOT VEGETATION (www.vgt.vito.be) e MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) (EOS, Earth Observing System) lançados pela primeira vez em 1982, 1998 e 2000 respectivamente.

O sensor MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) está instalado a bordo dos satélites AQUA y TERRA que fazem parte de um dos projectos mais importantes da NASA para a observação da Terra (EOS, Earth Observing System). A programação das órbitas com uma área de varrimento de aproximadamente 2.300 km de largura torna possível obter uma cobertura global de todo o planeta Terra num intervalo de um a dois dias. Para além disso, este sensor permite obter dados em 36 bandas espectrais entre o visível e o infravermelho (0,4 - 14,4 µm de comprimento de onda) e em três resoluções espaciais (250, 500 e 1.000 metros) fornecendo informação muito relevante para o estudo dos processos que ocorrem na superfície terrestre , nos oceanos e na atmosfera.

Entre os produtos gerados a partir da informação deste sensor, destacamos os compostos temporais, quer dizer, imagens sintéticas cujos píxeis contêm informação correspondente à melhor qualidade num período determinado reduzindo os efeitos das nuvens e outras condições atmosféricas, permitendo assim uma melhor comparação entre os dados recolhidos num ano com os de outros anos (Vrieling et al., 2014). Para além disso, este sensor fornece informação muito completa a nível do pixel sobre a qualidade dos dados assim como a data da captura.

Um dos tipos de informação mais interessantes extraídos das séries temporais são as métricas fenológicas ou fenométricas. Estas métricas são indicadores das variações significativas nas séries temporais de índices de vegetação permitindo identificar as datas mais relevantes na evolução do coberto vegetal (Palacios-Orueta 2012). Entre as métricas mais usadas destaca-se o começo, máximo, fim, e duração da estação de crescimento (Park et al., 2019; White et al., 2009). No entanto, estas estimativas permitem unicamente uma caracterização parcial do funcionamento do ecossistema pois apenas se obtém informação nas datas de ocorrência dos processos fenológicos concretos sem ter em

conta com a dinâmica do NDVI em datas fora dos períodos com transições fenológicas marcadas. Para uma caracterização mais geral deve utilizar-se o ano médio o que dá lugar a incertezas relacionadas com a sua representatividade sobretudo em ecossistemas com uma grande variabilidade temporal. Por exemplo, Hui and Jackson (2006) identificaram distintos padrões de variabilidade interanual na dinâmica da produção em distintas eco-regiões e outros autores relacionaram a alta variabilidade temporal com a vulnerabilidade dos ecossistemas. Recuero et al. (2019) descobriram que o ano médio não é representativo nas áreas agrícolas de sequeiro submetidas a regime de pousio. Neste sentido, Alcaraz-Segura et al. (2013) incluiram o conceito de variabilidade interanual na caracterização da dinâmica.

Outro tipo de informação que se pode extrair das séries temporais são os padrões de recorrência da dinâmica da vegetação, em termos do número, amplitude e estabilidade dos ciclos fenológicos. Nesta abordagem estatística, a função de correlação é uma ferramenta matemática de grande utilidade para avaliar quantitativamente a dinâmica da vegetação em zonas florestais (Huesca et al., 2015) e agrícolas (Tornos et al., 2015, Recuero et al., 2019) em termos de estacionalidade e periodicidade considerando todas as observações nas séries temporais.

Embora o enfoque fenométrico se centre em avaliar "quando" ocorrem os eventos fenológicos, o enfoque estatístico fornece informação sobre o padrão geral da verdura e foca-se mais em “como" ocorrem os eventos fenológicos Huesca et al. (2015). Numa análise da dinâmica dos bosques temperados com séries de NDVI mostraram a coerência entre os padrões de recorrência, estimados a partir da função de autocorrelação e o enfoque fenométrico.

2 ENQUADRAMENTO E OBJETIVOS

O objectivo geral deste trabalho é avaliar o potencial de utilização da detecção remota na actualização da carta de ocupação de solo e potencial de resinagem bem como dos modelos de combustível, recorrendo a séries temporais de imagens de satélite.

Como ponto de partida para esta abordagem, foi utilizada uma cartografia de ocupação de solo e modelos de combustível obtida em 2007 com base num trabalho de caracterização de campo exaustivo (visita em 100% dos polígonos). Esta cartografia abrangeu todo o território de Proença a Nova para permitir captar de forma integrada a problemática dos incêndios. A área total cartografada a

cerca de 39 000 ha, tendo sido delimitados cerca de 6 500 polígonos, ou seja cerca de 6 500 pontos de amostragem. Com base nesses dados reais e inéditos fez-se a comparação com séries temporais das imagens de satélite MODIS desde 2001 até 2018. Foram estabelecidos dois tipos de análise:

- Dados de 2007 - Correlação das imagens de satélite de 2007 com os dados cartográficos da ocupação de solo e modelos de combustível de forma a detectar a avaliar o potencial interpretativo das imagens de satélite. A grande conclusão foi que, dadas as características da paisagem rural de Proença a Nova, as imagens de satélite poderão ser muito úteis na detecção de grandes grupos (agricola, florestal, área social, incultos) mas dificilmente permitirão a distinção de espécies, e assim será difícil descer ao nível do potencial de resinagem. Já ao nível da modelação de combustível existe um bom poder explicativo. Esta utilidade poderá ser maior se no futuro se recorrer ao satélite mais recente "sentinel" que apresenta uma resolução espacial maior.

- Detecção de alterações na ocupação de solo (2001-2018) – a este nível o satélite Modis permite identificar com grande precisão as alterações como incêndios, plantações, limpezas, o que cruzado com a informação cartográfica permite fazer extrapolações sobre a ocupação actual do solo, nomeadamente no que se refere ao potencial de resinagem actual.

3 DESCRIÇÃO DA METODOLOGIA

3.1 Dados

Utilizaram-se dados MODIS, em concreto o produto MOD09Q1 versão 6 que contem os valores de reflectância nas bandas do vermelho (620-670 nm) e infravermelho próximo (841-876 nm) com 250 metros de resolução espacial. Cada imagem é um composto temporal de 8 dias, quer dizer, cada pixel contém a melhor informação num período de 8 dias. Foram descarregados dados desde 1 de Janeiro de 2001 até 31 de dezembro de 2018 da página web da NASA (https://lpdaac.usgs.gov/)

3.2 Obtenção das séries temporais de NDVI

O Índice de vegetação de Diferença Normalizada (NDVI) é o índice espectral mais utilizado para a monitorização da vegetação. Calcula-se como uma combinação dos valores de reflectância no vermelho (ρR) e infravermelho próximo (ρNIR) de acordo com a seguinte fórmula:

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

Os seus valores oscilam entre -1 e 1. Os valores mais próximos do 1 indicam uma maior verdura ou densidade de vegetação.

Os valores deste índice foram calculados para todas as datas do período de estudo 2001-2018 e ordenado por ordem cronológica para construir as séries de tempo. Essas séries foram posteriormente filtradas para eliminar os possíveis valores atípicos.

3.3 Distinção dos diferentes tipos de cobertura

A partir destas séries calculou-se o ano médio para obter um valor representativo da cobertura de solo no período de estudo. Tanto os valores das séries originais como os do ano médio serviram para cartografar os diferentes tipos de coberto.

3.4 Resultados

3.4.1 Ocupação de solo e potencial de resinagem

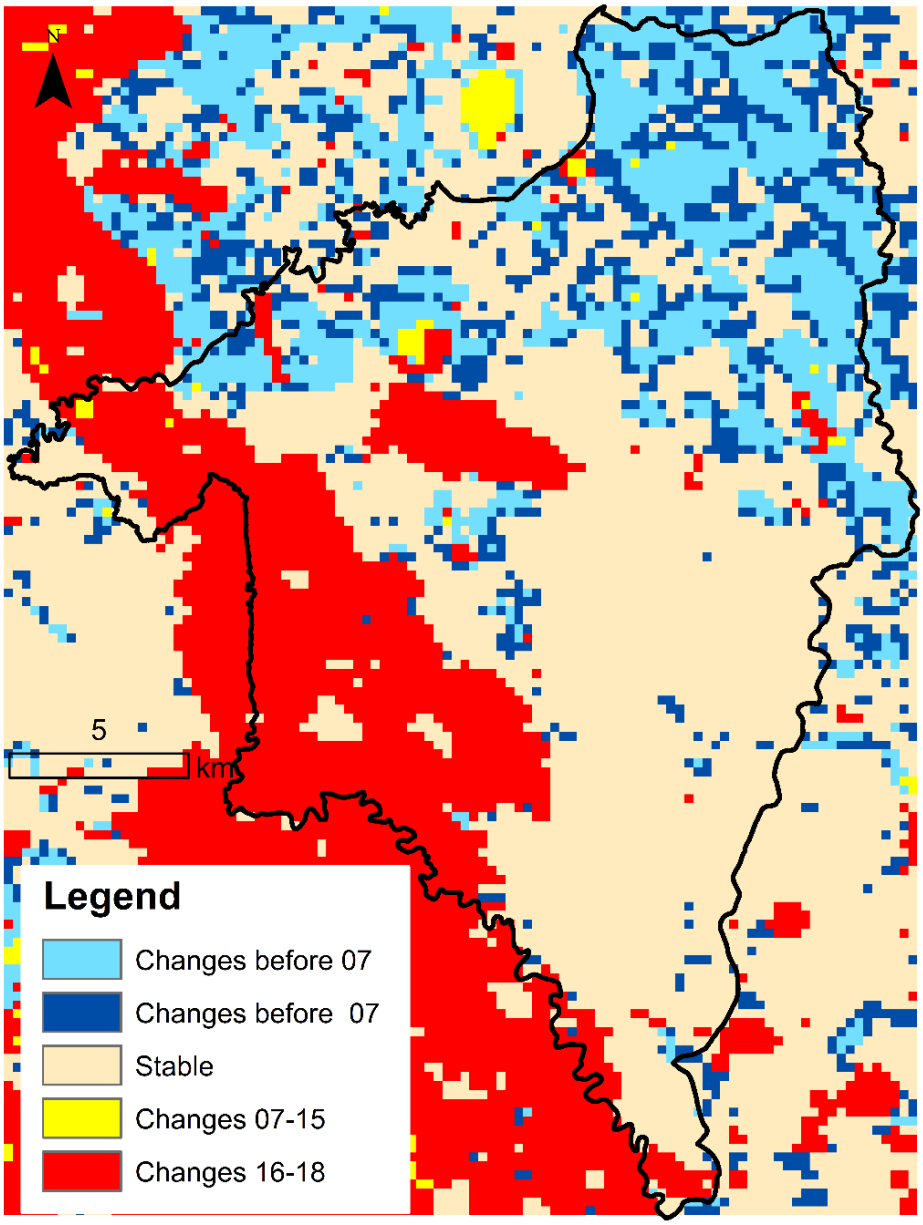
A grande variabilidade da ocupação do solo, não permitiu obter correlações significativas das imagens de satélite de 2007 com a cartografia, que possibilitassem a identificação das espécies florestais e do potencial de resinagem.

Já quanto ao nível da análise dinâmica da ocupação de solo permitida pelas séries temporais de 2001 a 2018, foi possível identificar com precisão as alterações relevantes devido aos grandes incêndios, relativamente ao ano de referência – 2007 – em que se dispunha de dados actualizados muito detalhados nomeadamernte no que se refere á existência de pinhal adulto e jovem. As alterações de ocupação de solo identificadas face a 2007 têm dois tipos de origens:

- Alterações anteriores a 2007 – por ex. o grande incêndio de 2003 que terá levado a que a vegetação em 2007 ainda não estaria estabilizada ou seja estaria em processo de recuperação de biomassa após incêndio
- Alterações posteriores a 2007 – por ex. o grande incêndio de 2017 que afectou a parte Oeste do concelho e que assim terá destruído o pinhal existente podendo ou não existir regeneração natural em função da idade do pinhal nessa altura.

A Figura 1 mostra o mapa obtido

Figura 1. Mapa de alteração da ocupação de solo relativamente a 2007 - interpretação com imagens de satélite Modis séries temporais (2001-2018)(C.M. de Proença a Nova, Portugal)



Interpretando este cruzamento de informação – alteração da ocupação de solo identificada com satélite com a informação cartográfica da classe de idade de pinhal existente em 2007 - pode dizer-se que no concelho de Proença a Nova existe pinhal jovem resultante da regeneração natural após incêndios sobretudo os de 2003 e 2017 com respectivamente 18 e 4 anos, e ainda uma significativa área que nunca ardeu ou que ardeu há mais de 20 anos que poderemos considerar ser pinhal adulto já resinável. Concretamente a partir deste cruzamento de informação as áreas disponíveis para resinagem apresentam-se na tabela 1 e figura fig 2.

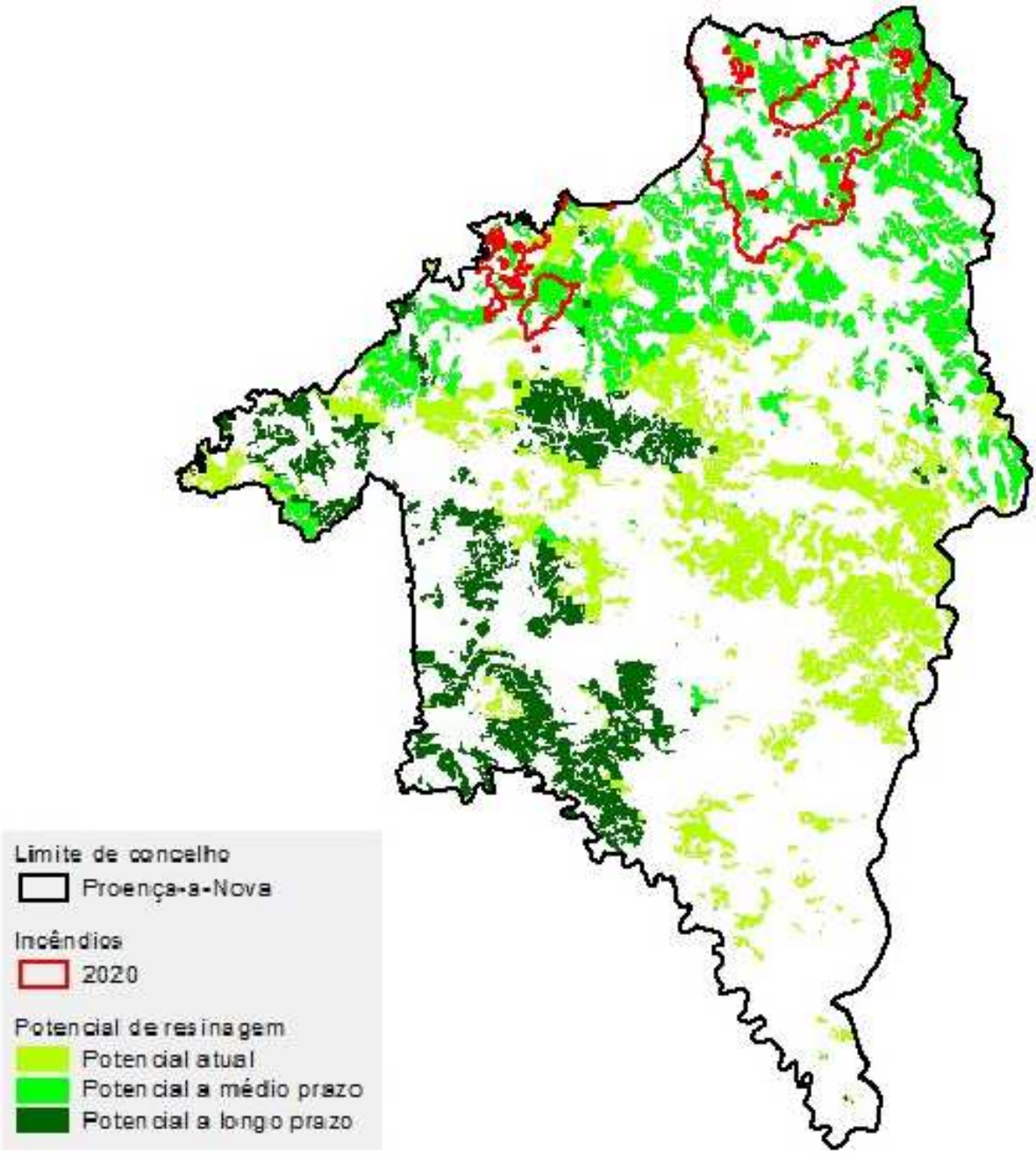
Tabela 1 existências actuais (2019) de Pinhal em Proença a Nova

existências actuais de pinhal em Proença a Nova

idade 2019	descrição	inicio resinagem	área ha	
>35 anos	já era adulto em 2007	curto prazo	4 429	5 339
20-35 anos	jovem em 2007		910	
10-20 anos	inicial em 2008 -reg fogo 2003	médio prazo	5 151	5 151
2anos	reg.fogo 2017	longo prazo	3 137	3 137
	total		13 627	13 627

estimativa feita com base na cartografia de 2007 + avaliação alteração da vegetação por satélite

Figura 2 Mapa do potencial de resinagem resultante da inerpretação da cartografia bde 2007 cruzada com as zonas com ocupação de solo alterada obtidas com interpretação de imagens de satélite Modis séries temporais (2001-2018)(C.M. de Proença a Nova, Portugal)



3.4.2 Grau de combustibilidade

3.4.2.1. Informação cartográfica de base

Descrição dos tipos de modelos de combustível considerados

Em seguida é feita uma descrição dos modelos de combustível ocorrentes no concelho estudado de acordo com a cartografia de 2007.

Utilizou-se a tipificação de modelos de combustível do National Fire Danger Ranking System (U.S. Forest Service), de acordo com a adaptação feita pelo I.C.O.N.A.1 para as condições particulares da Península Ibérica.

A descrição que se segue, refere-se aos modelos puros, no entanto como se referiu anteriormente, na realidade apareceram muitas situações intermédias, ou mosaicos de situações puras na mesma mancha de ocupação de solo. Para representar estas situações, na base de dados do SIG, é utilizado um código duplo referente aos dois tipos de modelos ocorrentes.

Os modelos de combustível têm a ver, por um lado, com a quantidade e as características da carga combustível, e por outro lado, com a sua distribuição espacial, o que acabará por se reflectir no comportamento do fogo no que diz respeito sobretudo à intensidade, comprimento da chama, e velocidade de propagação.

Para concretizar as características da vegetação que integramos em cada classe de modelo de combustível, apresentamos de seguida uma descrição resumida das várias classes de modelos de combustível consideradas e das situações mais frequentes que integramos em cada uma dessas classes.

ÁREAS NÃO COMBUSTÍVEIS

Modelo 0:.

Tratam-se de manchas onde não existe carga combustível suficiente para se poder verificar a propagação dum incêndio florestal.

Foram incluídas neste modelo as áreas sociais, as águas, as áreas agrícolas activas, áreas recentemente queimadas.

VEGETAÇÃO HERBÁCEA

A velocidade de propagação esperada é de moderada a alta, com intensidade de fogo de baixa a moderada.

<u>Modelo 1:</u>
Vegetação herbácea fina, seca e baixa (altura inferior ao nível do joelho), que recobre completamente o solo.

1 Instituto Nacional para la Conservación de la Naturaleza - Ministério de Agricultura Pesca y Alimentacion - Espanha.

Podem aparecer algumas plantas lenhosas dispersas ocupando menos de 1/3 da superfície.

Quantidade de combustível (matéria seca): 1-2 t/ha

Aparece por vezes associado a uma fase inicial de abandono de áreas agrícolas, em manchas com pousio, ou em manchas que arderam recentemente, e onde se verifica a recuperação da vegetação após incêndios.

Modelo 2:
Vegetação herbácea fina, seca e baixa, que recobre completamente o solo. Está geralmente associado a arvoredo aberto ou mato disperso. As plantas lenhosas dispersas cobrem cerca de 1/3 a 2/3 da superfície, no entanto a propagação do fogo é feita sobre a vegetação herbácea.

Quantidade de combustível: 5-10 t/ha.

Os combustíveis responsáveis pela propagação do fogo, são, em primeiro lugar, a erva seca, mas também folhas e ramos caídos provenientes da vegetação lenhosa. Acumulações dispersas de combustível, podem incrementar a intensidade dos incêndios e produzir fogueiras que se mantêm em combustão durante mais tempo que a erva seca.

Relativamente ao modelo 1, aparece frequentemente em situações transitórias mais avançadas; abandono de áreas agrícolas, com pousio com mato ou erva, ou então surge durante um período de 1-5 anos após incêndios.

GRUPO DOS MATOS

As velocidades de propagação esperadas e a intensidade do fogo são moderadas ou altas.

Modelo 4:
Mato ou povoamento florestal com um estrato arbustivo abundante, em que a carga do estrato rasteiro apresenta continuidade horizontal e vertical, e tem mais de 2 metros altura. Existem, frequentemente, ramos mortos no interior da carga combustível, e no caso dos povoamentos com espécies arbóreas florestais existe continuidade do estrato arbustivo para os ramos mais baixos das árvores, o que facilita a propagação do fogo para as copas das árvores.
Quantidade de combustível: 25-35 t/ha.

De esperar fogos muito intensos, com altas velocidades de propagação e de muita dificuldade de extinção.

É o modelo de combustível mais perigoso que ocorre nos concelhos estudados, resulta duma acumulação de carga combustível em que o estrato arbustivo tem pelo menos 10 anos de idade.

Entre outras situações pode ocorrer associado a 4 situações típicas:

- manchas florestais abandonadas (sobretudo nas suas orlas), onde se deixou de cortar o mato há mais de 15-20 anos. o estrato arbustivo é dominado por espécies do género Ulex (tojo), Erica (urzes) no caso de solos de substratos arenosos, estva (Cistus ladanifer), em xistos e giesta nos granitos.

- Regeneração do pinhal após incêndios, passados 10-15 anos, neste caso a carga combustível do estrato rasteiro é constituída à base de pinheiros jovens com densidades elevadíssimas,
- Manchas agrícolas abandonadas, passados 15-20 anos após o abandono duma terra que era cultivada verifica-se uma evolução da vegetação marcada, numa fase inicial, por um desenvolvimento da vegetação herbácea que gradualmente é dominada pela vegetação arbustiva e por vezes por quercineas, ripícolas e pinheiro bravo até que, a certa altura, se atinge uma carga combustível suficiente do modelo 4.
- Manchas de matagal mediterrânico normalmente localizadas nos solos vermelhos mediterrânicos de materiais calcários.

Modelo 5:

Mato denso mas baixo, com menos de 0,6 m de altura, com cargas ligeiras de folhas e ramos secos, provenientes desse mesmo mato ou de restos de ramos do estrato arbóreo (se este existir)

Os fogos geralmente não são muito intensos devido à carga combustível ser moderada.

Quantidade de combustível: 5-8 t/ha.

Aparece associado a uma grande diversidade de situações que poderão ser enquadradas em três casos diferentes:

- Zonas florestais onde ainda existe alguma actividade de corte de mato é o caso de algumas manchas de pinhal próximas das povoações. Neste caso, o modelo 5 encontra-se em equilíbrio com essa actividade numa espécie de rotação em que o mato é cortado quando alcança aproximadamente os 50-60 cm de altura.
- Situações dinâmicas, em que o modelo 5 aparece com carácter transitório numa fase inicial de expansão da vegetação arbustiva; após abandono de áreas agrícolas, ou após incêndios.
- Situações de carácter estacionário em termos de crescimento da biomassa, verificadas em zonas ventosas no alto de encostas, onde o crescimento da vegetação é limitado por razões edafoclimáticas. Corresponde muitas vezes a um mato esparso rico em labiadas (*Thymus zygis, Teucrium sp., Rosmarinus officinalis*), e quercineas ananicadas (*Quercus coccifera, Quercus rotundifolia, Quercus. faginea, Quercus, suber*).

Modelo 6:

Mato mais alto e mais velho que o modelo 5, com altura compreendida entre 0,6 m e 1,2 m. Os combustíveis vivos representam neste caso uma menor proporção da carga combustível, o que lhe confere uma maior combustibilidade que no caso do modelo 5.
Quantidade de combustível: 10-15 t/ha.

Embora menos perigoso que o modelo 4, considera-se que apresenta já um perigo de incêndio significativo.

Aparece muitas vezes com carácter transitório em situações de evolução para o modelo 4.

Modelo 7:

Mato de espécies altamente inflamáveis, de 0,5 a 2 metros de altura. A distinção relativamente ao modelo 6, resulta sobretudo das espécies constituintes apresentarem combustíveis vivos com maior inflamabilidade, o que permite a propagação de incêndios com mais altos teores de humidade ao nível dos combustíveis vivos.

Esta maior combustibilidade leva a classificá-lo, em termos de perigosidade, numa posição intermédia entre o 6 e o 4.
Nos concelhos estudados foram a esteva e o pinheiro bravo na fase de nascedio, as espécie facilmente inflamáveis mais frequentes e que justificaram a utilização deste modelo.

Quantidade de combustível: 10-15 t/ha.

Pode aparecer de forma estabilizada ou com carácter transitório em situações de evolução para o modelo 4.

GRUPO FOLHADA SOBRE ARVOREDO

Velocidades de propagação baixas a moderadas, a intensidade do fogo pode variar de baixa a alta.

Modelo 9:

Folhada em povoamentos adultos e densos de Pinheiro bravo ou eucaliptos. A folhada forma uma camada pouco compacta e muito arejada.
Apenas em condições meteorológicas particularmente desfavoráveis poderá considerar-se perigoso.
Quantidade de combustível: 7-9 t/ha.

GRUPO RESTOS DE CORTES E OPERAÇÕES SILVÍCOLAS

O fogo propaga-se principalmente por restos de cortes ou tratamentos silvícolas (podas ou desbastes), ou em zonas queimadas onde ficaram restos de lenhas semicarbonizadas. As velocidades de propagação, e as intensidades do fogo, poderão variar de baixas a muito altas. É neste grupo de que se incluem os tipos em que ocorrem os fogos que atingem as maiores intensidades caloríficas. No entanto na área estudada apenas ocorre o modelo menos perigoso deste grupo, que é o modelo 11

Modelo 11:

Floresta clara ou pouco densa. Restos de podas, ou de cortes pouco compactos com diâmetro inferior a 7,5 cm formando uma camada pouco compacta de altura média inferior a 30 cm.

Quantidade de combustível: 25-30 t/ha.

Nos concelhos estudados esta situação ocorre com alguma frequência na sequência de cortes rasos de pinhal ou cortes e podas em eucaliptos, e ainda em áreas queimadas com restos de lenhas semicarbonizadas.

3.4.2.2. Classes de grau de combustibilidade

O grau de combustibilidade associado às manchas homogéneas de ocupação de solo foi considerada como a melhor estimativa qualitativa territorial para a quantidade de energia disponível para arder em cada pixel durante um incêndio florestal. Esta informação tem origem nos modelos de combustível identificados no terreno. Como utilizamos um código duplo x/y em que x é o modelo de combustível mais frequente na mancha é preciso transformar esses dois valores num apenas. Assim para avaliar o grau de combustibilidade procedemos da seguinte forma:

1 – Atribuição duma valorização relativa de grau de combustibilidade aos modelos de combustível, que varia entre um mínimo de "0" para o modelo 0 e um máximo de 22 para o modelo "4, de acordo com o quadro seguinte:

valores relativos dif ex	
modelo	grau comb
0	0
1	2
2	6
4	22
5	10
6	18
7	20
8	3
9	4
11	12

2 – Atribuição do grau da combustibilidade ao código duplo considerando um peso de 70% para 1º código e 30% para o segundo – logicamente esses valores irão variar também entre 0 e 22

Assim como base neste processo de cálculo é construído mais um campo na cartografia de base "grau_comb", sendo esta a variável relacionada com a ocupação de solo a utilizar no cálculo da susceptibilidade.

3.4.3 Resultados obtidos da correlação das imagens de satélite com as classes de combustibilidade da cartografia de base

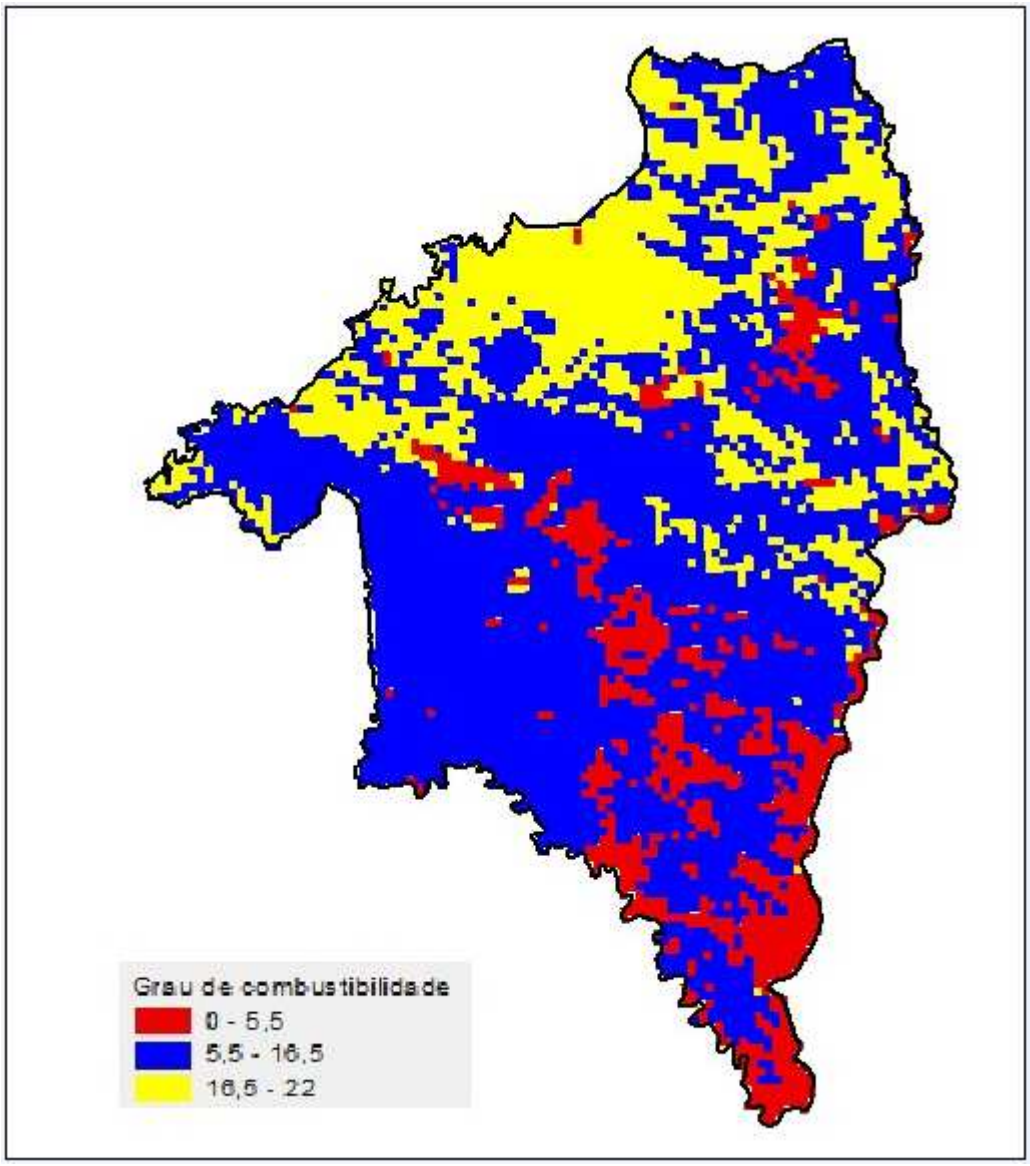
A partir das séries temporais de NDVI de MODIS (periodo 2001-2018) foram agrupadas os diferentes valores de graus de combustibilidade em três classes do valor máximo de NDVI do ano médio e o valor de autocorrelação temporal a curto prazo (retardo1) como mostra a tabela 1.

Tabela 2 Criterios utilizados para a classificação dos graus de combustibilidade em Proença a Nova (Portugal)

Grau de combustibilidade	Máximo de NDVI	Autocorrelação (retardo 1)
0-5.5	≤ 0.7	----------
5.5-16.5	>0.7	>0.95
16.5-22	>0.7	≤0.95

A distribuição espacial dos diferentes graus de combustibilidade em Proença a Nova (Portugal) pode observar-se na figura 3. Os valores inferiores a 5,5 respresenta-se a vermelho, os valores compreendidos entre 5,5 e 16,5 em azul e os valores superiores a 16,5 em amarelo.

Figura 3. Mapa do grau de combustibilidade (*interpretação da cartografia de base (2017) com imagens de satélite Modis séries temporais (2001-2018)(C.M. de Prooença a Nova, Portugal)*



4. CONCLUSÕES

Neste trabalho foi possível identificar as áreas com alteração de ocupação de solo ocorridas entre 2001 e 2018 e fazer a actualização do potencial de resinagem a partir duma cartografia de ocupação de solo muito detalhada e resultante dum trabalho de caracterização de campo exaustivo datado de 2007. Foi também possível a partir dessa cartografia de base estabelecer três níveis de combustibilidade com uma resolução espacial média. A disponibilidade de series temporais de índices espectrais permite caracterizar as dinâmicas da vegetação e com isso discriminar entre distintos ecossistemas e tipos de vegetação em função do seu funcionamento.

5. LÍNHAS FUTURAS

Os satélites lançados nos últimos anos como PROBA-V e Sentinel-2 proporcionam imagens multiespectrais com um grau resolução espacial e alta frequência temporal oferecendo novas oportunidades para o acompanhamento da dinâmica da vegetação (Belgiu y Csillik, 2018; Lambert et al., 2016). Espera-se que num futuro próximo seja possível trabalhar com séries de tempo longar derivadas destes sensores permitindo o acompanhamento do território com alta resolução espacial.

6. BIBLIOGRAFÍA

Alcaraz-Segura, D., Paruelo, J.M., Epstein, H.E., Cabello, J., 2013. Environmental and human controls of ecosystem functional diversity in temperate South America. Remote Sens. 5, 127–154.

Anderson, K., Ryan, B., Sonntag, W., Kavvada, A., Friedl, L., 2017. Earth observation in service of the 2030 Agenda for Sustainable Development. Geo-spatial Inf. Sci. 20, 77–96. https://doi.org/10.1080/10095020.2017.1333230

Belgiu, M., Csillik, O., 2018. Sentinel-2 cropland mapping using pixel-based and object-based time-weighted dynamic time warping analysis. Remote Sens. Environ. 204, 509–523. https://doi.org/10.1016/j.rse.2017.10.005

Box, Elgene O., Brent N. Holben, and Virginia Kalb.,1989. Accuracy of the AVHRR vegetation index as a predictor of biomass, primary productivity and net CO2 flux. Vegetatio 80.2: 71-89.

Hui, D., & Jackson, R. B., 2006. Geographical and interannual variability in biomass partitioning in grassland ecosystems: a synthesis of field data. New Phytol., 169(1), 85-93.

Huesca, M., Merino-de-Miguel, S., Eklundh, L., Litago, J., Cicuéndez, V., Rodríguez-Rastrero, M., Ustin, S.L., Palacios-Orueta, A., 2015. Ecosystem functional assessment based on the "optical type" concept and self-similarity patterns: An application using MODIS-NDVI time series autocorrelation. Int. J. Appl. Earth Obs. Geoinf. 43, 132–148. https://doi.org/10.1016/j.jag.2015.04.008

Ivits E, Cherlet M, Mehl W & Sommer S., 2013. Ecosystem functional units characterized by satellite observed phenology and productivity gradients: A case study for Europe. Ecol. Indic. 27: 17-28.

Lambert, M.J., Waldner, F., Defourny, P., 2016. Cropland mapping over Sahelian and Sudanian agrosystems: A Knowledge-based approach using PROBA-V time series at 100-m. Remote Sens. 8. https://doi.org/10.3390/rs8030232

Novillo, C.J., Arrogante-Funes, P., Romero-Calcerrada, R., 2019. Recent NDVI trends in mainland Spain: Land-cover and phytoclimatic-type implications. ISPRS Int. J. Geo-Information 8, 5–7. https://doi.org/10.3390/ijgi8010043

Palacios-Orueta, A., Huesca, M., Whiting, M.L., Litago, J., Khanna, S., Garcia, M., Ustin, S.L., 2012. Derivation of phenological metrics by function fitting to time-series of Spectral Shape Indexes AS1 and AS2: Mapping cotton phenological stages using MODIS time series. Remote Sens. Environ. 126, 148–159. https://doi.org/10.1016/j.rse.2012.08.002

Park, T., Chen, C., Macias-Fauria, M., Tømmervik, H., Choi, S., Winkler, A., Bhatt, U.S., Walker, D.A., Piao, S., Brovkin, V., Nemani, R.R., Myneni, R.B., 2019. Changes in timing of seasonal peak photosynthetic activity in northern ecosystems. Glob. Chang. Biol. 25, 2382–2395. https://doi.org/10.1111/gcb.14638

Poulter, B., Frank, D., Ciais, P., Myneni, R. B., Andela, N., Bi, J., ... & van der Werf, G. R. (2014). Contribution of semi-arid ecosystems to interannual variability of the global carbon cycle. Nature, 509(7502), 600-603.

Recuero, L., Wiese, K., Huesca, M., Cicuéndez, V., Litago, J., Tarquis, A. M., Palacios-Orueta, A., 2019. Fallowing temporal patterns assessment in rainfed agricultural areas based on NDVI time series autocorrelation values. Int. J. Appl. Earth Obs. Geoinf., 82, 101890.

Tornos, L., Huesca, M., Dominguez, J.A., Moyano, M.C., Cicuendez, V., Recuero, L., Palacios-Orueta, A., 2015. Assessment of MODIS spectral indices for determining rice paddy agricultural practices and hydroperiod. ISPRS J. Photogramm. Remote Sens. 101, 110–124. https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2014.12.006

Tucker, C.J., 1979. Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. Remote Sens. Environ. 8, 127–150. https://doi.org/10.1016/0034-4257(79)90013-0

Tucker, C.J., Sellers, P.J., 1986. Satellite remote sensing of primary production. Int. J. Remote Sens. 7, 1395–1416. https://doi.org/10.1080/01431168608948944

Vrieling, A., Meroni, M., Shee, A., Mude, A.G., Woodard, J., de Bie, C.A.J.M., Rembold, F., 2014. Historical extension of operational NDVI products for livestock insurance in Kenya. Int. J. Appl. Earth Obs. Geoinf. 28, 238–251. https://doi.org/10.1016/j.jag. 2013.12.010.

White, M.A., de Beurs, K.M., Didan, K., Inouye, D.W., Richardson, A.D., Jensen, O.P., O'Keefe, J., Zhang, G., Nemani, R.R., van Leeuwen, W.J.D., Brown, J.F., de Wit, A., Schaepman, M., Lin, X., Dettinger, M., Bailey, A.S., Kimball, J., Schwartz, M.D., Baldocchi, D.D., Lee, J.T., Lauenroth, W.K., 2009.

Intercomparison, interpretation, and assessment of spring phenology in North America estimated from remote sensing for 1982-2006. Glob. Chang. Biol. 15, 2335–2359. https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2009.01910.x

SOE2/P5/E0598
Proyecto cofinanciado por el Programa Interreg Sudoe
a través del Fondo Europeo de Desarrollo Regional

Entregável - 1.28.2. Aplicação piloto da teledetecção à cartografía de viabilidade da resinagem e modelos de combustível – Município de Penela

Março 2021

ÍNDICE

1- ESTADO DA ARTE 1
2 ENQUADRAMENTO E OBJETIVOS 3
3 DESCRIÇÃO DA METODOLOGIA 3
3.1 Dados 3
3.2 Obtenção das séries temporais de NDVI 4
3.3 Distinção dos diferentes tipos de cobertura 4
3.4 Resultados 4
3.4.1 Ocupação de solo 4
3.4.2 Grado de combustibilidad 7
3.4.2.1.Informação cartográfica de base 7
3.4.2.2. Classes de grau de combustibilidade 11
3.4.3 Resultados obtidos da correlação das imagens de satélite com as classes de combustibilidade da cartografia de base 13
5. CONCLUSÕES 14
6. LÍNHAS FUTURAS 15
7. BIBLIOGRAFÍA 15

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de ocupación del suelo (C.M. de Penela, Portugal) 6

Figura 2. Ejemplos de series de tiempo de NDVI de los diferentes tipos de cobertura del suelo: (a) urbano, (b) agrícola, (c) forestal con baja densidad de vegetación, (d) forestal con alta densidad de vegetación. 7

Figura 3. Mapa do grau de combustibilidade (Concelho de Penela, Portugal) 14

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 Criterios utilizados para a clasificação dos graus de combustibilidade em Penela (Portugal) 13

1- ESTADO DA ARTE

SÉRIES TEMPORAIS MODIS

Actualmente as imagens de satélite constituem o meio mais operacional para realizar a monitorização do território a diferentes escalas devido à alta frequência e regularidade da aquisição desta informação com uma visão sinóptica do território que possibilitam os sensores instalados nos satélites (Huesca 2015). Entre as principis vantagens destes sensores destaca-se a sua capacidade de cobrir grandes superficies e revisitar cada zona em intervalos de tempo curtos tornando possível a obtenção de informação homogénea e comparável a um baixo custo inclusivamente nas zonas mais remotas e de difícil acesso. Algumas instituições como a NASA ou a Agência Espacial Europeia (ESA) oferecem com acesso gratuito e livre os seus dados. Por tudo isto, o seu uso está a ser promovido pelas Nações Unidas para ajudar ao cumprimento dos Objetivos do Desenvoilvimento sustentável (ODS) (Anderson et al., 2017) e por iniciativas como GEO Global Agricultural Monitoring (GEOGLAM) para fazer previsões da produção agrícola a diferentes escalas (regional, nacional o global) (https://cropmonitor.org/).

A escolha da resolução espacial e temporal das imagens depende dos procesos que se queiram estudar e com que escala já que as dimensões do pixel podem variar desde alguns metros (satelites Sentinel), umas centenas de metros (sensor MODIS-a bordo dos satélites AQUA e TERRA) ou de kilómetros (sensor AVHRR dos satélites NOAA).

Os sensores a bordo de satélites detectam a radiação emitida ou reflectida pela superficie da Terra a diferentes comprimentos de onda, sendo o sinal recebido diferente em cada tipo de cobertura, como vegetação, suelo nú, água ou neve. A informação multiespectral adquirida por estes sensores é tratada mediante o cálculo de índices espectrais para extrair a informação útil relacionada com propiedades funcionais e/ou estruturais dos ecosistemas. O índice mais utilizado é o Índice de Vegetação de Diferença Normalizada (NDVI) (Tucker, 1979) pela sua relação com características funcionais da vegetação como a capacidade fotosintética (Tucker and Sellers, 1986) e produção primaria (Box et al., 1989). Por isso, o NDVI utiliza-se frequentemente como variável representativa do processo fotossíntese e produção primária, o que deu lugar a multiplos trabalhos científicos de estudo de dinâmica da vegetação a diferentes escalas.

O potencial explicastivo destes índices de vegetação aumenta muito quando à informação geográfica é adicionado o marco temporal, pudendo-se construir series temporais de imagens de índices. A disponibilidade de series longas permite a caracterização da dinâmica da superficie da Terra a diferentes escalas temporais. Por um lado (1) a dinâmica intra-anual definida pela fenología dos ciclos vegetativos (Ivits et al. 2013) e por outro (2) os padrões de persistência dos processos representados

pelos padrões inter-anuais (Poulter et al., 2014) e a aparição de tendências nos valores da variável estudada (Novillo et al., 2019).

Actualmente as séries temporais mais longas procedem de três sensores, Advanced Very-High-Resolution Radiometer (AVHRR) (noaasis.noaa.gov), SPOT VEGETATION (www.vgt.vito.be) e MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) (EOS, Earth Observing System) lançados pela primeira vez en 1982, 1998 e 2000 respectivamente.

O sensor MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) está instalado a bordo dos satélites AQUA y TERRA que fazem parte de um dos projectos mais importantes da NASA para a observação da Terra (EOS, Earth Observing System). A programação das órbitas com uma área de varrimento de aproximadamente 2.300 km de largura torna possível obter uma cobertura global de todo o planeta Terra num intervalo de um a dois dias. Para além disso, este sensor permite obter dados en 36 bandas espectrais entre o visível e o infravermelho (0,4 - 14,4 µm de comprimento de onda) e em três resolucções espaciais (250, 500 e 1.000 metros) fornecendo informação muito relevante para o estudo dos procesos que ocorrem na superficie terrestre , nos oceanos e na atmosfera.

Entre os produtos gerados a partir da informação deste sensor, destacamos os compostos temporais, quer dizer, imágens sintéticas cujos píxeis contêm informação correspondente à melhor qualidade num período determinado reduzindo os efeitos das nuvens e outras condições atmosféricas, permitendo assim uma melhor comparação entre os dados recolhidos num ano com os de outros anos (Vrieling et al., 2014). Para além disso, este sensor fornece informação muito completa a nível do pixel sobre a qualidade dos dados assim como a data da catptura.

Um dos tipos de informação mais interesantes extraídos das séries temporais são as métricas fenológicas ou fenométricas. Estas métricas são indicadores das variações significativas nas séries temporais de índices de vegetação permitindo identificar as datas mais relevantes na evolução do coberto vegetal (Palacios-Orueta 2012). Entre as métricas mais usadas destaca-se o começo, máximo, fim, e duração da estação de crescimiento (Park et al., 2019; White et al., 2009). No entanto, estas estimativas permitem unicamente uma caracterização parcial do funcionamento do ecossistema pois apenas se obtém informação nas datas de ocorrência dos processos fenológicos concretos sem ter em conta com a dinâmica do NDVI em datas fora dos períodos com transições fenológicas marcadas. Para uma caracterização mais geral deve utilizar-se o ano médio o que dá lugar a incertezas relacionadas com a sua representatividade sobretudo em ecossistemas com uma grande variabilidade temporal. Por exemplo, Hui and Jackson (2006) identificaram distintos padrões de variabilidade interanual na dinâmica da produção em distintas eco-regiões e outros autores relacionaram a alta variabilidade temporal com a vulnerabilidade dos ecossistemas. Recuero et al. (2019) descobriram que o ano médio não é representativo nas áreas agrícolas de sequeiro submetidas a regime de pousio. Neste sentido,

Alcaraz-Segura et al. (2013) incluiram o conceito de variabilidade interanual na caracterização da dinâmica.

Outro tipo de informação que se pode extrair das séries temporais são os padrões de recorrência da dinâmica da vegetação, em termos do número, amplitude e estabilidade dos ciclos fenológicos. Nesta abordagem estatística, a função de correlação é uma ferramenta matemática de grande utilidade para avaliar quantitativamente a dinâmica da vegetação em zonas florestais (Huesca et al., 2015) e agrícolas (Tornos et al., 2015, Recuero et al., 2019) em termos de estacionalidade e periodicidade considerando todas as observações nas séries temporais.

Embora o enfoque fenométrico se centre em avaliar "quando" ocorrem os eventos fenológicos, o enfoque estatístico fornece informação sobre o padrão geral da verdura e foca-se mais em “como" ocorrem os eventos fenológicos Huesca et al. (2015). Numa análise da dinâmica dos bosques temperados com séries de NDVI mostraram a coerência entre os padrões de recorrência, estimados a partir da função de autocorrelação e o enfoque fenométrico.

2 ENQUADRAMENTO E OBJETIVOS

O objetivo geral deste trabalho é avaliar o potencial de utilização da deteção remota na atualização da carta de ocupação de solo e potencial de resinagem bem como dos modelos de combustível, recorrendo a séries temporais de imagens de satélite.

Numa fase prévia, e como ponto de partida para esta abordagem, foi elaborada a cartografia de ocupação de solo e modelos de combustível com base num exaustivo trabalho de campo (visita em 100% dos polígonos) numa data precisa Agosto-Outubro de 2019. Esta cartografia abrangeu todo o território de Penela para permitir captar de forma integrada a problemática dos incêndios. A área total cartografada ascende a cerca de 13.000 ha, tendo sido delimitados cerca de 5.600 polígonos, ou seja cerca de 5600 pontos de amostragem. Com base nesses dados reais e inéditos fez-se a comparação com séries temporais das imagens de satélite MODIS desde 2001 até 2018. A grande conclusão é que, dadas as características da paisagem rural portuguesa, as imagens de satélite poderão ser muito úteis na deteção de grandes grupos (agricola, florestal, área social, incultos) mas dificilmente permitirão a distinção de espécies, e assim será difícil descer ao nível do potencial de resinagem. Já ao nível da modelação de combustível existe um bom poder explicativo. Esta utilidade poderá ser maior se no futuro se recorrer ao satélite mais recente “sentinel” que apresenta uma resolução espacial maior.

3 DESCRIÇÃO DA METODOLOGIA

3.1 Dados

Utilizaram-se dados MODIS, em concreto o produto MOD09Q1 versão 6 que contem os valores de reflectância nas bandas do vermelho (620-670 nm) e infravermelho próximo (841-876 nm) com 250 metros de resolução espacial. Cada imagem é um composto temporal de 8 dias, quer dizer, cada pixel contém a melhor informação num período de 8 dias. Foram descarregados dados desde 1 de Janeiro de 2001 até 31 de dezembro de 2018 da página web da NASA (https://lpdaac.usgs.gov/)

3.2 Obtenção das séries temporais de NDVI

O Índice de vegetação de Diferença Normalizada (NDVI) é o índice espectral mais utilizado para a monitorização da vegetação. Calcula-se como uma combinação dos valores de reflectância no vermelho (ρR) e infravermelho próximo (ρNIR) de acordo com a seguinte fórmula:

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

Os seus valores oscilam entre -1 e 1. Os valores mais próximos do 1 indicam uma maior verdura ou densidade de vegetação.

Os valores deste índice foram calculados para todas as datas do período de estudo 2001-2018 e ordenado por ordem cronológica para construir as séries de tempo. Essas séries foram posteriormente filtradas para eliminar os possíveis valores atípicos.

3.3 Distinção dos diferentes tipos de cobertura

A partir destas séries calculou-se o ano médio para ter uns valores representativos da cobertura de solo no período de estudo. Tanto os valores das séries originais como os do ano médio serviram para cartografar os diferentes tipos de coberto.

3.4 Resultados

3.4.1 Ocupação de solo

A grande variabilidade da ocupação do solo e escassa representatividade actual do pinhal, não permitiu obter correlações significativas, que permitam utilizar as imagens de satélite na identificação das espécies florestais e do potencial de resinagem.

No entanto foi possivel encontrar um bom poder explicativo agregando a ocupação de solo em 4 grupos:

- Urbano
- Flortestal
- Inculto
- Agrícola

A classificação de cada mancha homogénea de ocupação de solo nestas 4 classes foi feita de acordo com o Guia metodológico do ICNF e legislação associada. Note-se que na cartografia de base existe uma lista muito detalhada de espécies de ocupação de solo, sendo necessário clarificar o seu carácter de ocupação de solo de acordo com as classes menos detalhadas do ICNF.

Outra aspecto a considerar é o facto do modelo cartográfico do base, fazer uma descrição de acordo com o estrato arbóreo e rasteiro. Assim foi necessário, em cada mancha, proceder à análise do carácter florestal de cada estrato, seguindo-se o cruzamento dessa informação para obter a classificação final da mancha.

A Figura 1 mostra o mapa obtido com as imagens de satélite de acordo com as 4 classes de ocupação de solo consideradas e a Figura 2 mostra vários exemplos de séries de NDVI para os diferentes tipos. Os valores máximos anuais de NDVI mais baixos (< 0.5) correspondem às zonas urbanas (vermelho) (Figura 2a). Os valores intermédios (0.5-0.7) correspondem às zonas agrícolas (Figura 2b) e zonas florestais com uma densidade baixa de vegetação (Figura 2c), mostrando estas últimas um ciclo estacional de NDVI mais irregular. Finalmente, as zonas florestais com uma alta densidade de vegetação apresentam valores máximos de NDVI acima de 0.7 (Figura 2d)

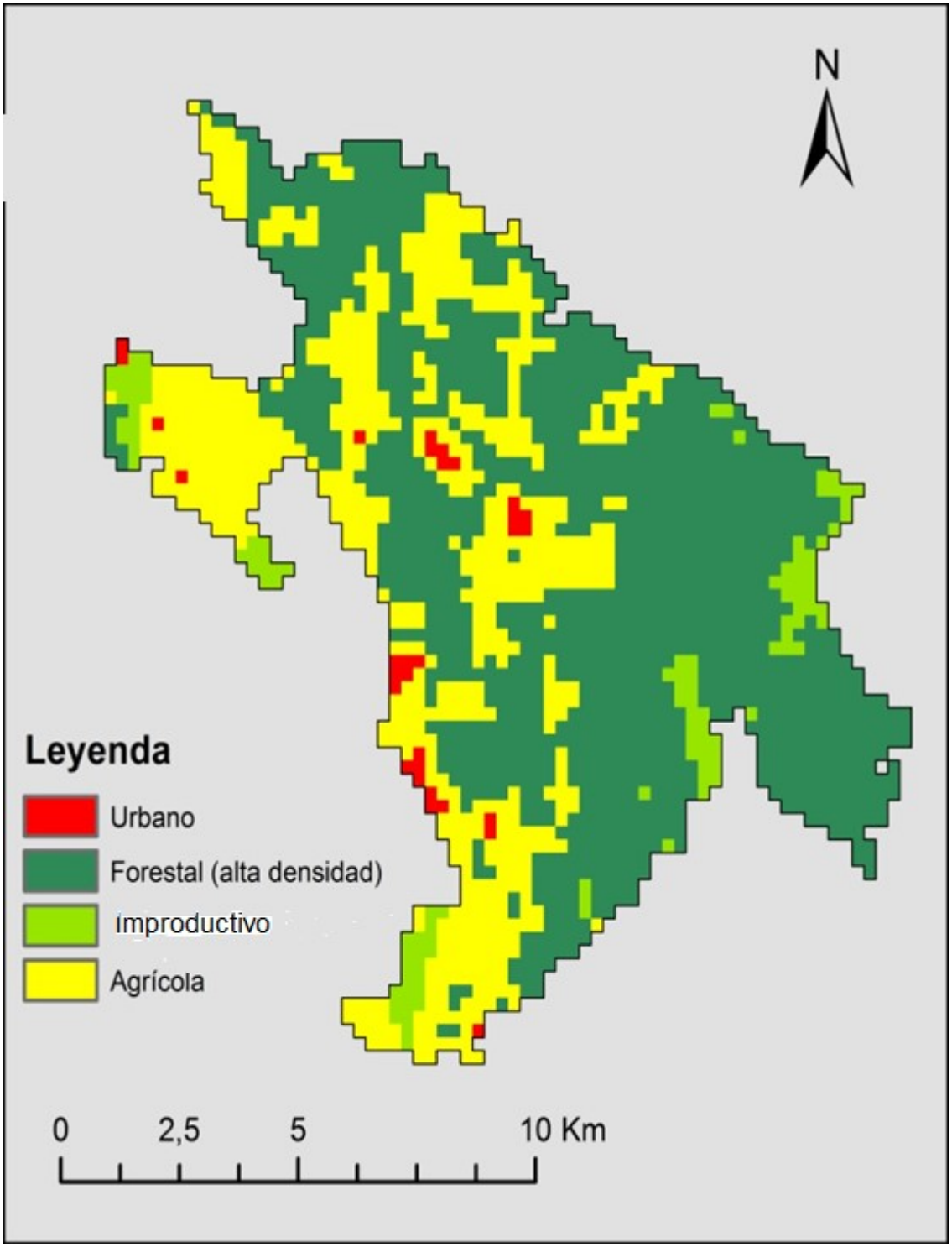
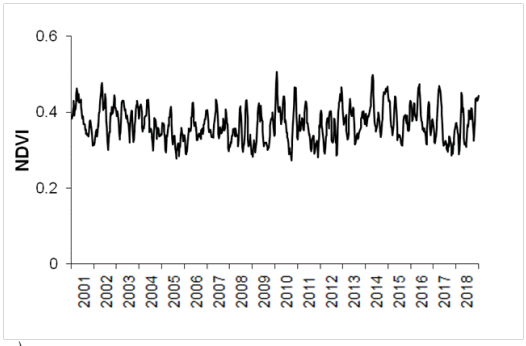
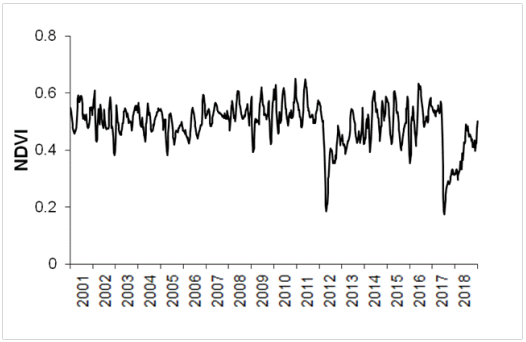


Figura 1. Mapa de ocupação de solo - interpretação da cartografia de base (2019) com imagens de satélite Modis séries temporais (2001-2018)(C.M. de Penela, Portugal)

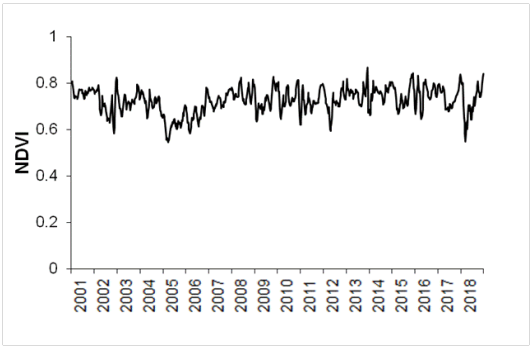
a)



b)



c)



d)

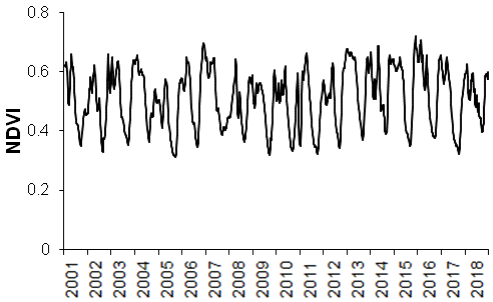


Figura 2. Exemplos de series temporais NDVI de los diferentes tipos de cobertura del suelo: (a) urbano, (b) agrícola, (c) forestal con baja densidad de vegetación, (d) forestal con alta densidad de vegetación.

3.4.2 Grau de combustibilidade

3.4.2.1. Informação cartográfica de base

Descrição dos tipos de modelos de combustível considerados

Em seguida é feita uma descrição dos modelos de combustível ocorrentes no concelho estudado de acordo com as observações de campo realizadas, em 2019.

Utilizou-se a tipificação de modelos de combustível do National Fire Danger Ranking System (U.S. Forest Service), de acordo com a adaptação feita pelo I.C.O.N.A.1 para as condições particulares da Península Ibérica.

A descrição que se segue, refere-se aos modelos puros, no entanto como se referiu anteriormente, na realidade apareceram muitas situações intermédias, ou mosaicos de situações puras na mesma mancha de ocupação de solo. Para representar estas situações, na base de dados do SIG, é utilizado um código duplo referente aos dois tipos de modelos ocorrentes.

Os modelos de combustível têm a ver, por um lado, com a quantidade e as características da carga combustível, e por outro lado, com a sua distribuição espacial, o que acabará por se reflectir no comportamento do fogo no que diz respeito sobretudo à intensidade, comprimento da chama, e velocidade de propagação.

Para concretizar as características da vegetação que integramos em cada classe de modelo de combustível, apresentamos de seguida uma descrição resumida das várias classes de modelos de

1 Instituto Nacional para la Conservación de la Naturaleza - Ministério de Agricultura Pesca y Alimentacion - Espanha.

combustível consideradas e das situações mais frequentes que integramos em cada uma dessas classes.

ÁREAS NÃO COMBUSTÍVEIS

Modelo 0:.

Tratam-se de manchas onde não existe carga combustível suficiente para se poder verificar a propagação dum incêndio florestal.

Foram incluídas neste modelo as áreas sociais, as águas, as áreas agrícolas activas, áreas recentemente queimadas.

VEGETAÇÃO HERBÁCEA

A velocidade de propagação esperada é de moderada a alta, com intensidade de fogo de baixa a moderada.

Modelo 1:
Vegetação herbácea fina, seca e baixa (altura inferior ao nível do joelho), que recobre completamente o solo.
Podem aparecer algumas plantas lenhosas dispersas ocupando menos de 1/3 da superfície.

Quantidade de combustível (matéria seca): 1-2 t/ha

Aparece por vezes associado a uma fase inicial de abandono de áreas agrícolas, em manchas com pousio, ou em manchas que arderam recentemente, e onde se verifica a recuperação da vegetação após incêndios.

Modelo 2:
Vegetação herbácea fina, seca e baixa, que recobre completamente o solo. Está geralmente associado a arvoredo aberto ou mato disperso. As plantas lenhosas dispersas cobrem cerca de 1/3 a 2/3 da superfície, no entanto a propagação do fogo é feita sobre a vegetação herbácea.

Quantidade de combustível: 5-10 t/ha.

Os combustíveis responsáveis pela propagação do fogo, são, em primeiro lugar, a erva seca, mas também folhas e ramos caídos provenientes da vegetação lenhosa. Acumulações dispersas de combustível, podem incrementar a intensidade dos incêndios e produzir fogueiras que se mantêm em combustão durante mais tempo que a erva seca.

Relativamente ao modelo 1, aparece frequentemente em situações transitórias mais avançadas; abandono de áreas agrícolas, com pousio com mato ou erva, ou então surge durante um período de 1-5 anos após incêndios.

GRUPO DOS MATOS

As velocidades de propagação esperadas e a intensidade do fogo são moderadas ou altas.

Modelo 4:
Mato ou povoamento florestal com um estrato arbustivo abundante, em que a carga do estrato rasteiro apresenta continuidade horizontal e vertical, e tem mais de 2 metros altura. Existem, frequentemente, ramos mortos no interior da carga combustível, e no caso dos povoamentos com espécies arbóreas florestais existe continuidade do estrato arbustivo para os ramos mais baixos das árvores, o que facilita a propagação do fogo para as copas das árvores.

Quantidade de combustível: 25-35 t/ha.

De esperar fogos muito intensos, com altas velocidades de propagação e de muita dificuldade de extinção.

É o modelo de combustível mais perigoso que ocorre nos concelhos estudados, resulta duma acumulação de carga combustível em que o estrato arbustivo tem pelo menos 10 anos de idade.

Entre outras situações pode ocorrer associado a 4 situações típicas:

- manchas florestais abandonadas (sobretudo nas suas orlas), onde se deixou de cortar o mato há mais de 15-20 anos. o estrato arbustivo é dominado por espécies do género Ulex (tojo), Erica (urzes) no caso de solos de substratos arenosos, estva (Cistus ladanifer), em xistos e giesta nos granitos.
- Regeneração do pinhal após incêndios, passados 10-15 anos, neste caso a carga combustível do estrato rasteiro é constituída à base de pinheiros jovens com densidades elevadíssimas,
- Manchas agrícolas abandonadas, passados 15-20 anos após o abandono duma terra que era cultivada verifica-se uma evolução da vegetação marcada, numa fase inicial, por um desenvolvimento da vegetação herbácea que gradualmente é dominada pela vegetação arbustiva e por vezes por quercineas, ripícolas e pinheiro bravo até que, a certa altura, se atinge uma carga combustível suficiente do modelo 4.
- Manchas de matagal mediterrânico normalmente localizadas nos solos vermelhos mediterrânicos de materiais calcários.

Modelo 5:
Mato denso mas baixo, com menos de 0,6 m de altura, com cargas ligeiras de folhas e ramos secos, provenientes desse mesmo mato ou de restos de ramos do estrato arbóreo (se este existir)

Os fogos geralmente não são muito intensos devido à carga combustível ser moderada.

Quantidade de combustível: 5-8 t/ha.

Aparece associado a uma grande diversidade de situações que poderão ser enquadradas em três casos diferentes:

- Zonas florestais onde ainda existe alguma actividade de corte de mato é o caso de algumas manchas de pinhal próximas das povoações. Neste caso, o modelo 5 encontra-se em equilíbrio com essa actividade numa espécie de rotação em que o mato é cortado quando alcança aproximadamente os 50-60 cm de altura.
- Situações dinâmicas, em que o modelo 5 aparece com carácter transitório numa fase inicial de expansão da vegetação arbustiva; após abandono de áreas agrícolas, ou após incêndios.
- Situações de carácter estacionário em termos de crescimento da biomassa, verificadas em zonas ventosas no alto de encostas, onde o crescimento da vegetação é limitado por razões edafoclimáticas. Corresponde muitas vezes a um mato esparso rico em labiadas (*Thymus zygis, Teucrium sp., Rosmarinus officinalis*), e quercineas ananicadas (*Quercus coccifera, Quercus rotundifolia, Quercus. faginea, Quercus, suber*).

Modelo 6:
Mato mais alto e mais velho que o modelo 5, com altura compreendida entre 0,6 m e 1,2 m. Os combustíveis vivos representam neste caso uma menor proporção da carga combustível, o que lhe confere uma maior combustibilidade que no caso do modelo 5.
Quantidade de combustível: 10-15 t/ha.

Embora menos perigoso que o modelo 4, considera-se que apresenta já um perigo de incêndio significativo.

Aparece muitas vezes com carácter transitório em situações de evolução para o modelo 4.

Modelo 7:
Mato de espécies altamente inflamáveis, de 0,5 a 2 metros de altura. A distinção relativamente ao modelo 6, resulta sobretudo das espécies constituintes apresentarem combustíveis vivos com maior inflamabilidade, o que permite a propagação de incêndios com mais altos teores de humidade ao nível dos combustíveis vivos.

Esta maior combustibilidade leva a classificá-lo, em termos de perigosidade, numa posição intermédia entre o 6 e o 4.
Nos concelhos estudados foram a esteva e o pinheiro bravo na fase de nascedio, as espécie facilmente inflamáveis mais frequentes e que justificaram a utilização deste modelo.

Quantidade de combustível: 10-15 t/ha.

Pode aparecer de forma estabilizada ou com carácter transitório em situações de evolução para o modelo 4.

GRUPO FOLHADA SOBRE ARVOREDO

Velocidades de propagação baixas a moderadas, a intensidade do fogo pode variar de baixa a alta.

Modelo 9:
Folhada em povoamentos adultos e densos de Pinheiro bravo ou eucaliptos. A folhada forma uma camada pouco compacta e muito arejada.
Apenas em condições meteorológicas particularmente desfavoráveis poderá considerar-se perigoso.
Quantidade de combustível: 7-9 t/ha.

GRUPO RESTOS DE CORTES E OPERAÇÕES SILVÍCOLAS

O fogo propaga-se principalmente por restos de cortes ou tratamentos silvícolas (podas ou desbastes), ou em zonas queimadas onde ficaram restos de lenhas semicarbonizadas. As velocidades de propagação, e as intensidades do fogo, poderão variar de baixas a muito altas. É neste grupo de que se incluem os tipos em que ocorrem os fogos que atingem as maiores intensidades caloríficas. No entanto na área estudada apenas ocorre o modelo menos perigoso deste grupo, que é o modelo 11

Modelo 11:
Floresta clara ou pouco densa. Restos de podas, ou de cortes pouco compactos com diâmetro inferior a 7,5 cm formando uma camada pouco compacta de altura média inferior a 30 cm.

Quantidade de combustível: 25-30 t/ha.

Nos concelhos estudados esta situação ocorre com alguma frequência na sequência de cortes rasos de pinhal ou cortes e podas em eucaliptos, e ainda em áreas queimadas com restos de lenhas semicarbonizadas.

3.4.2.2. Classes de grau de combustibilidade

O grau de combustibilidade associado às manchas homogéneas de ocupação de solo foi considerada como a melhor estimativa qualitativa territorial para a quantidade de energia disponível para arder em cada pixel durante um incêndio florestal. Esta informação tem origem nos modelos de combustível identificados no terreno. Como utilizamos um código duplo x/y em que x é o modelo de combustível mais frequente na mancha é preciso transformar esses dois valores num apenas. Assim para avaliar o grau de combustibilidade procedemos da seguinte forma:

1 – Atribuição duma valorização relativa de grau de combustibilidade aos modelos de combustível, que varia entre um mínimo de “0” para o modelo 0 e um máximo de 22 para o modelo “4, de acordo com o quadro seguinte:

valores relativos dif ex	
modelo	grau comb
0	0
1	2
2	6
4	22
5	10
6	18
7	20
8	3
9	4
11	12

2 – Atribuição do grau da combustibilidade ao código duplo considerando um peso de 70% para 1º código e 30% para o segundo – logicamente esses valores irão variar também entre 0 e 22

Assim como base neste processo de cálculo é construído mais um campo na cartografia de base “grau_comb”, sendo esta a variável relacionada com a ocupação de solo a utilizar no cálculo da susceptibilidade.

3.4.3 Resultados obtidos da correlação das imagens de satélite com as classes de combustibilidade da cartografia de base

A partir das séries temporais de NDVI de MODIS (periodo 2001-2018) foram agrupadas os diferentes valores de graus de combustibilidade em três classes do valor máximo de NDVI do ano médio e o valor de autocorrelação temporal a curto prazo (retrado1) como mostra a tabela 1.

Tabela 1 Criterios utilizados para a classificação dos graus de combustibilidade em Penela (Portugal)

Grau de combustibilidade	Máximo de NDVI	Autocorrelação (retardo 1)
0-5.5	≤ 0.7	----------
5.5-16.5	>0.7	>0.95
16.5-22	>0.7	≤0.95

A distribuição espacial dos diferentes graus de combustibilidade em Pednela (Portugal) pode observar-se na figura 3. Os valores inferiores a 5,5 respresenta-se a vermelho, os valores compreendidos entre 5,5 e 16,5 em azul e os valores superores a 16,5 em amarelo.

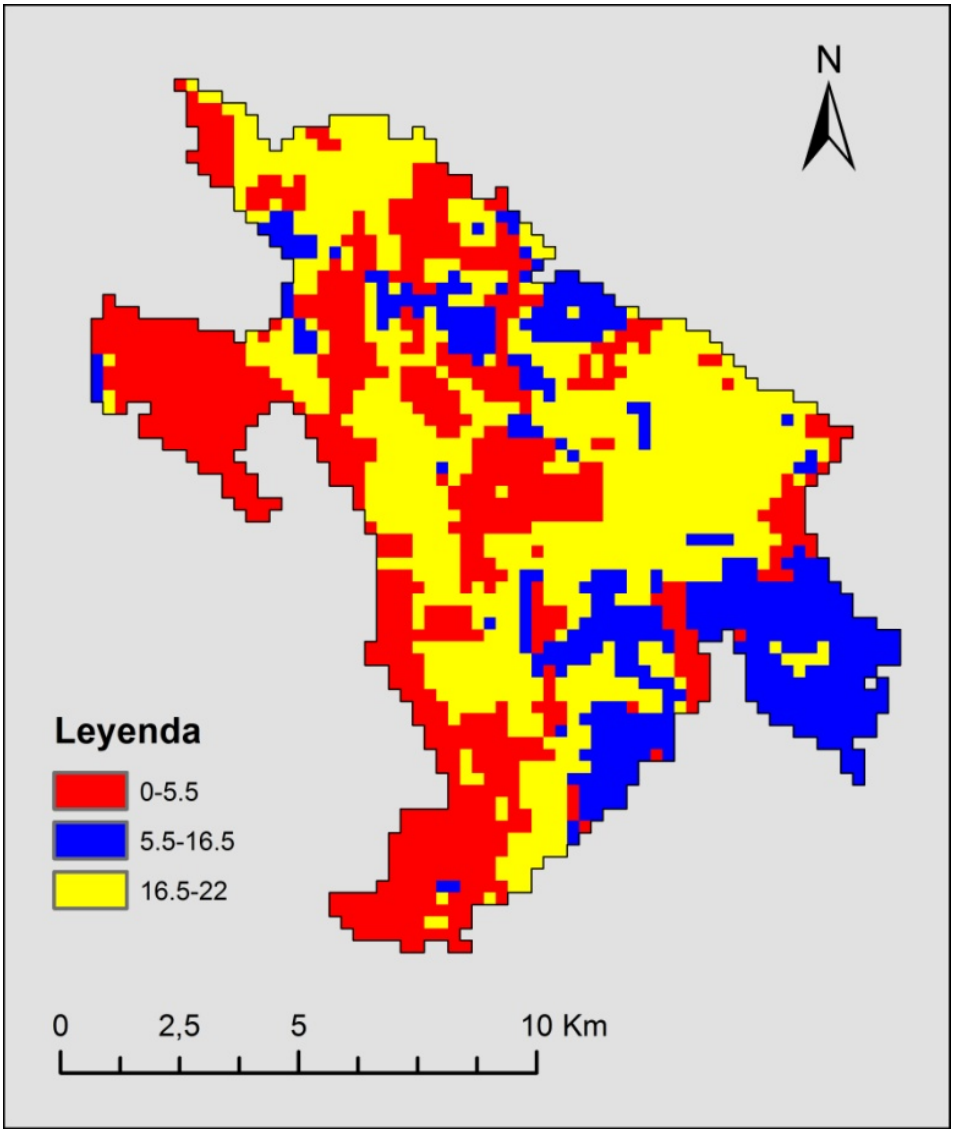


Figura 3.

Mapa do grau de combustibilidade (*interpretação da cartografia de base (2019) com imagens de satélite Modis séries temporais (2001-2018)(C.M. de Penela, Portugal)*

4. CONCLUSÕES

Neste trabalho foi possível identificar quatro classes de uso do solo distintos, e três níveis de combustibilidade com uma resolução espacial média. A disponibilidade de series temporais de índices espectrais permite caracterizar las dinâmicas da vegetação e com isso discriminar entre distintos ecossistemas e tipos de vegetação em função do seu funcionamento.

5. LÍNHAS FUTURAS

Os satélites lançados nos últimos anos como PROBA-V e Sentinel-2 proporcionam imágens multiespectrais con um grau resolução espacial e alta frequência temporal oferecendo novas oportunidades para o acompanhamento da dinâmica da vegetação (Belgiu y Csillik, 2018; Lambert et al., 2016). Espera-se que num futuro próximo seja possível trabalhar com séries de tempo longar derivadas destes sensores permitindo o acompanhamento do territorio com alta resolução espacial.

6. BIBLIOGRAFÍA

Alcaraz-Segura, D., Paruelo, J.M., Epstein, H.E., Cabello, J., 2013. Environmental and human controls of ecosystem functional diversity in temperate South America. Remote Sens. 5, 127–154.

Anderson, K., Ryan, B., Sonntag, W., Kavvada, A., Friedl, L., 2017. Earth observation in service of the 2030 Agenda for Sustainable Development. Geo-spatial Inf. Sci. 20, 77–96. https://doi.org/10.1080/10095020.2017.1333230

Belgiu, M., Csillik, O., 2018. Sentinel-2 cropland mapping using pixel-based and object-based time-weighted dynamic time warping analysis. Remote Sens. Environ. 204, 509–523. https://doi.org/10.1016/j.rse.2017.10.005

Box, Elgene O., Brent N. Holben, and Virginia Kalb.,1989. Accuracy of the AVHRR vegetation index as a predictor of biomass, primary productivity and net CO2 flux. Vegetatio 80.2: 71-89.

Hui, D., & Jackson, R. B., 2006. Geographical and interannual variability in biomass partitioning in grassland ecosystems: a synthesis of field data. New Phytol., 169(1), 85-93.

Huesca, M., Merino-de-Miguel, S., Eklundh, L., Litago, J., Cicuéndez, V., Rodríguez-Rastrero, M., Ustin, S.L., Palacios-Orueta, A., 2015. Ecosystem functional assessment based on the “optical type” concept and self-similarity patterns: An application using MODIS-NDVI time series autocorrelation. Int. J. Appl. Earth Obs. Geoinf. 43, 132–148. https://doi.org/10.1016/j.jag.2015.04.008

Ivits E, Cherlet M, Mehl W & Sommer S., 2013. Ecosystem functional units characterized by satellite observed phenology and productivity gradients: A case study for Europe. Ecol. Indic. 27: 17-28.

Lambert, M.J., Waldner, F., Defourny, P., 2016. Cropland mapping over Sahelian and Sudanian agrosystems: A Knowledge-based approach using PROBA-V time series at 100-m. Remote Sens. 8. https://doi.org/10.3390/rs8030232

Novillo, C.J., Arrogante-Funes, P., Romero-Calcerrada, R., 2019. Recent NDVI trends in mainland Spain: Land-cover and phytoclimatic-type implications. ISPRS Int. J. Geo-Information 8, 5–7. https://doi.org/10.3390/ijgi8010043

Palacios-Orueta, A., Huesca, M., Whiting, M.L., Litago, J., Khanna, S., Garcia, M., Ustin, S.L., 2012. Derivation of phenological metrics by function fitting to time-series of Spectral Shape Indexes AS1 and AS2: Mapping cotton phenological stages using MODIS time series. Remote Sens. Environ. 126, 148–159. https://doi.org/10.1016/j.rse.2012.08.002

Park, T., Chen, C., Macias-Fauria, M., Tømmervik, H., Choi, S., Winkler, A., Bhatt, U.S., Walker, D.A., Piao, S., Brovkin, V., Nemani, R.R., Myneni, R.B., 2019. Changes in timing of seasonal peak photosynthetic activity in northern ecosystems. Glob. Chang. Biol. 25, 2382–2395. https://doi.org/10.1111/gcb.14638

Poulter, B., Frank, D., Ciais, P., Myneni, R. B., Andela, N., Bi, J., ... & van der Werf, G. R. (2014). Contribution of semi-arid ecosystems to interannual variability of the global carbon cycle. Nature, 509(7502), 600-603.

Recuero, L., Wiese, K., Huesca, M., Cicuéndez, V., Litago, J., Tarquis, A. M., Palacios-Orueta, A., 2019. Fallowing temporal patterns assessment in rainfed agricultural areas based on NDVI time series autocorrelation values. Int. J. Appl. Earth Obs. Geoinf., 82, 101890.

Tornos, L., Huesca, M., Dominguez, J.A., Moyano, M.C., Cicuendez, V., Recuero, L., Palacios-Orueta, A., 2015. Assessment of MODIS spectral indices for determining rice paddy agricultural practices and hydroperiod. ISPRS J. Photogramm. Remote Sens. 101, 110–124. https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2014.12.006

Tucker, C.J., 1979. Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. Remote Sens. Environ. 8, 127–150. https://doi.org/10.1016/0034-4257(79)90013-0

Tucker, C.J., Sellers, P.J., 1986. Satellite remote sensing of primary production. Int. J. Remote Sens. 7, 1395–1416. https://doi.org/10.1080/01431168608948944

Vrieling, A., Meroni, M., Shee, A., Mude, A.G., Woodard, J., de Bie, C.A.J.M., Rembold, F., 2014. Historical extension of operational NDVI products for livestock insurance in Kenya. Int. J. Appl. Earth Obs. Geoinf. 28, 238–251. https://doi.org/10.1016/j.jag. 2013.12.010.

White, M.A., de Beurs, K.M., Didan, K., Inouye, D.W., Richardson, A.D., Jensen, O.P., O'Keefe, J., Zhang, G., Nemani, R.R., van Leeuwen, W.J.D., Brown, J.F., de Wit, A., Schaepman, M., Lin, X., Dettinger, M., Bailey, A.S., Kimball, J., Schwartz, M.D., Baldocchi, D.D., Lee, J.T., Lauenroth, W.K., 2009.

Intercomparison, interpretation, and assessment of spring phenology in North America estimated from remote sensing for 1982-2006. Glob. Chang. Biol. 15, 2335–2359. https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2009.01910.x

Interreg Sudoe

EUROPEAN UNION

SUST FOREST PLUS

European Regional Development Fund

Entregável 1.28.3.

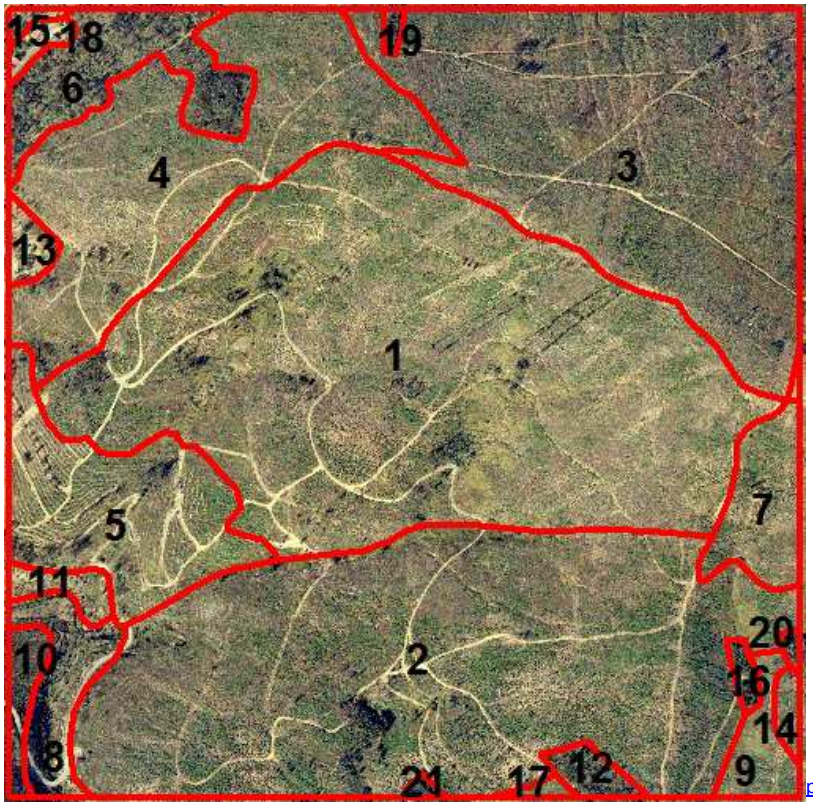
Metodologia de aplicação da teledetecção a cartografia do potencial de resinagem e modelos de combustível

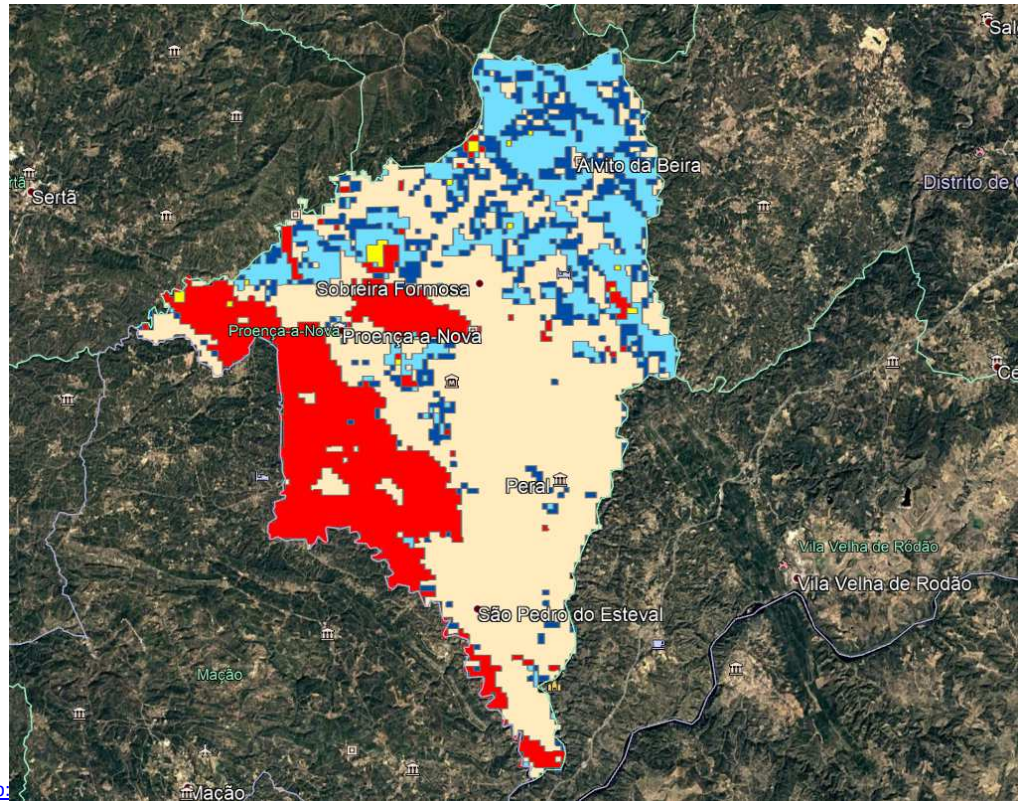
Pedro Cortes
Município de Proença a nova

9 OUTUBRO 2021,

1. Indíce

1. Enquadramento Objectivos, e abrangência territorial
2. Opções metodológicas e selecção dos casos de Estudo
3. Cartografia de uso múltiplo e aderência á realidade actual
4. Teledetecção e avaliação do potencial de resinagem
5. Teledetecção e avaliação da combustibilidade





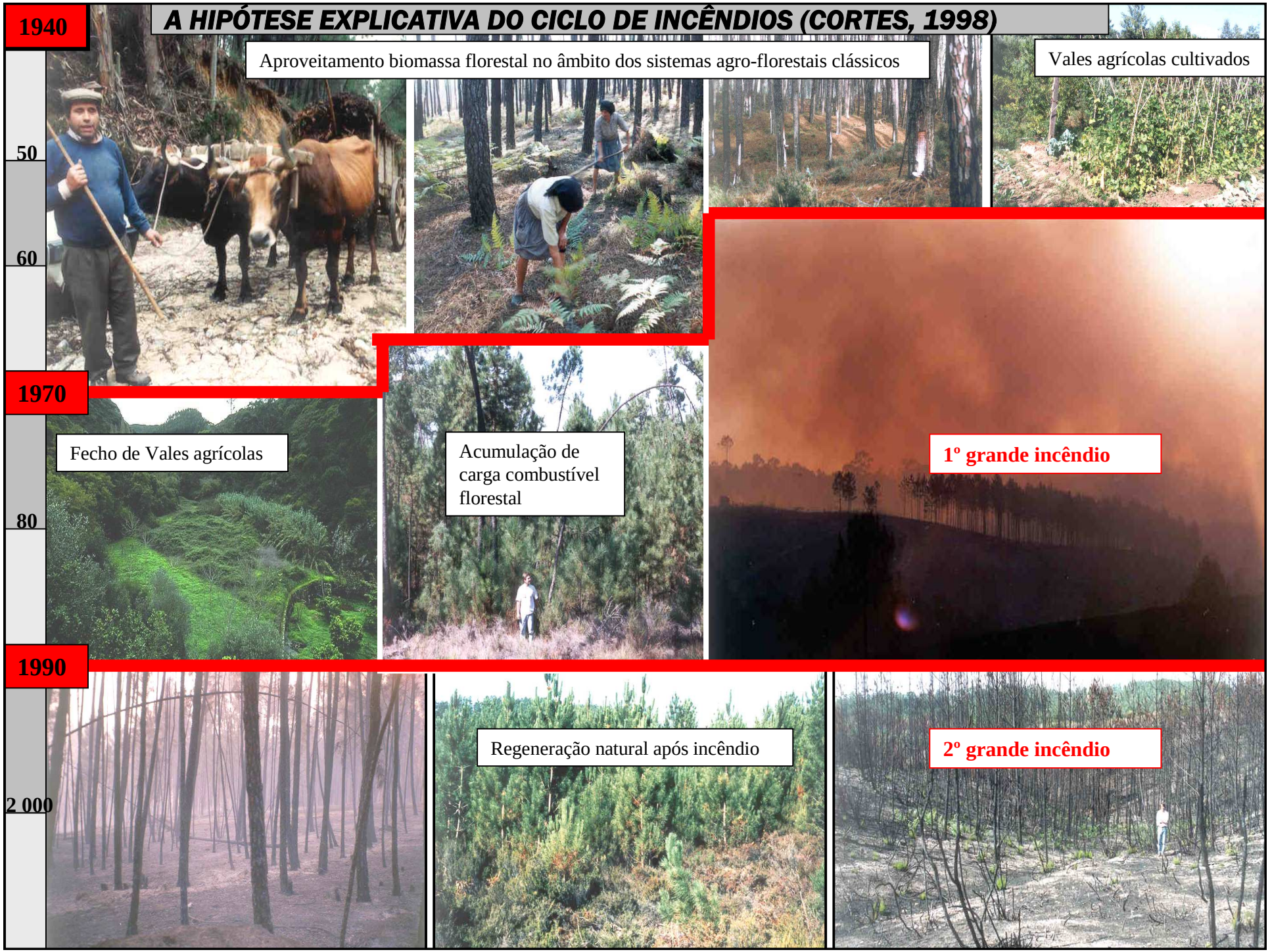
1. Enquadramento

1. O colapso dos sistemas agroflorestais tradicionais minifundiários e a entrada num processo de ciclos de incêndios catastróficos

2. Declínio da resinagem – dos 100 000 ha passaram para 15 000 ha

3. Interesse na reactivação da resinagem como ferramenta territorial de defesa contra incêndios

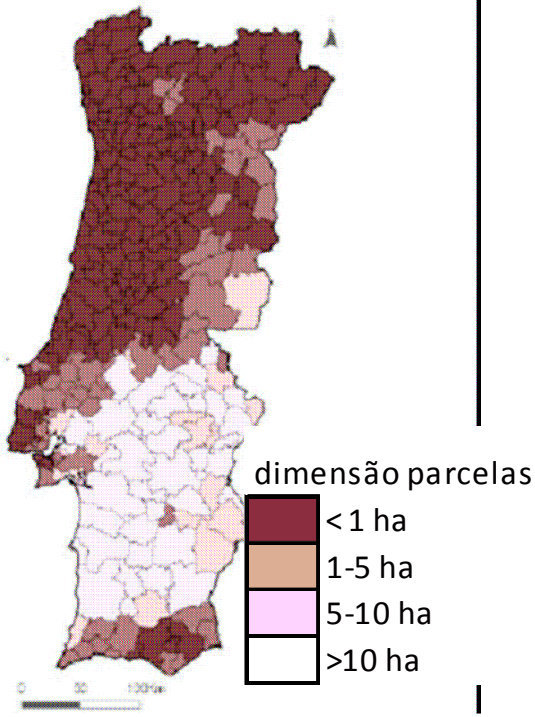
A HIPÓTESE EXPLICATIVA DO CICLO DE INCÊNDIOS (CORTES, 1998)

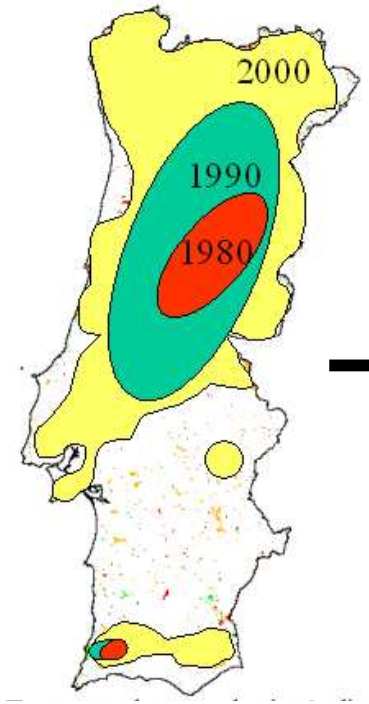


1.1. O COLAPSO AGROFLORESTAL DO MINIFÚNDIO PORTUGUÊS - 2/3 PAÍS (CENTRO/NORTE/ALGARVE)

o abandono agroflorestal das últimas décadas nas áreas minifundiárias desencadeou processos de ciclo de incêndios catastróficos

Dimensão parcelas (fonte ICNF)





Expansão grandes incêndios ultimas décadas (Cortes congresso florestal espanhol 2008, Ávila)

Área ardida grandes incêndios 2017 fonte:EFFIS

Conclusão: nas nossas condições climáticas (secura mediterrânica alternando imprevistamente com humidade atlântica/ventos) territórios não geridos pelo homem passam a ser "geridos" por incêndios catastróficos

1. 2. Objectivos

1. **Cartografia que sirva de base para uma boa avaliação das existências de pinheiro bravo e potencial de resinagem,**

2. **Cartografia que sirva para apoiar a reactivação da resinagem integrada na urgente aplicação de políticas rurais capazes de inverter os processos de abandono**

3. **Aplicação da teledetecção para manter actualizada a cartografia a custos reduzidos**

2. Opções metodológicas e selecção dos casos de Estudo

1. Opções metodológicas:
    1. Metodologia cartográfica de uso múltiplo da Geoterra
    2. Imagens de satélite Modis
2. Casos de Estudo
    1. Município de Penela – 13000 ha:
        - Cartografia de 2020
        - Imagens modis
    2. Município de Proença a Nova – 39 000 ha:
        - Cartografia de 2007
        - Imagens modis – series temporais de 2001 até 2019

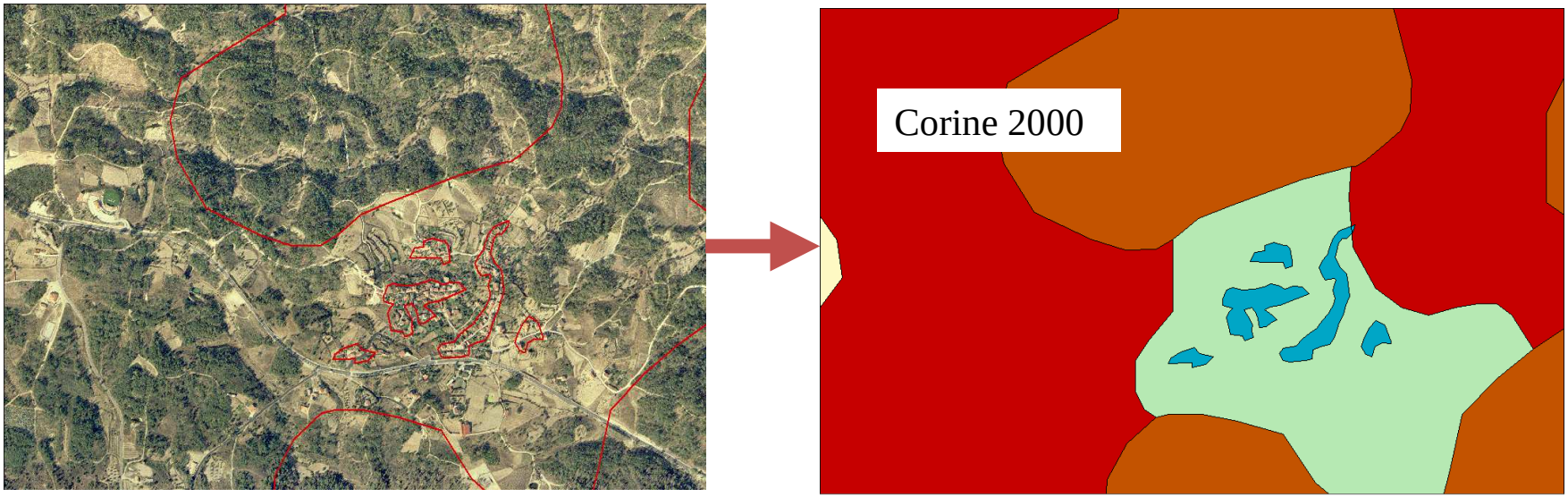
Source: http://www.resipinus.pt/

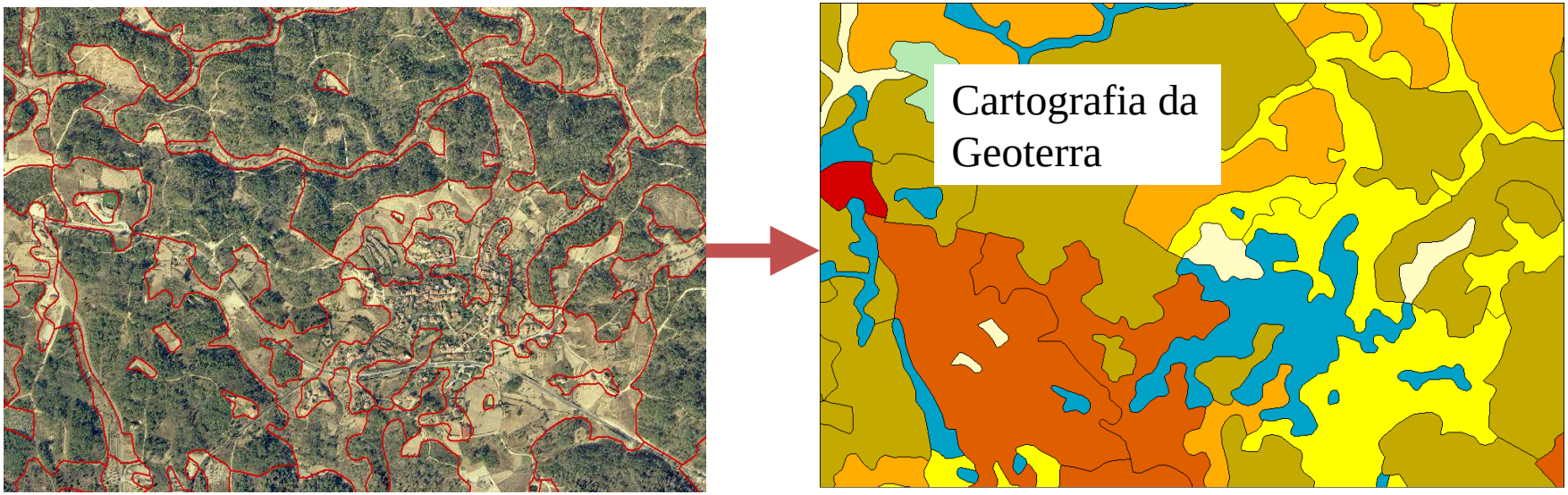
2.1. Opções metodológicas – Metodologia cartográfica utilizada

1. Características da metodologia:
    1. Detalhe suficiente para captar a variabilidade geográfica da paisagem
    2. Informação muito completa – 35 campos duma base de dados:
        1. Caracterização estrato rasteiro e arbóreo
        2. Até 5 espécies do estrato arbóreo e 3 no rasteiro
        3. Legenda de espécies muito variada
        4. Modelos de combustível
2. Trabalho de campo exaustivo

Source: http://www.resipinus.pt/

UMA DELIMITAÇÃO DE MANCHAS ADEQUADA Á VARIABILIDADE DA PAISAGEM comparação para uma mesma zona da cartografia da Geoterra com a cartografia CORINE





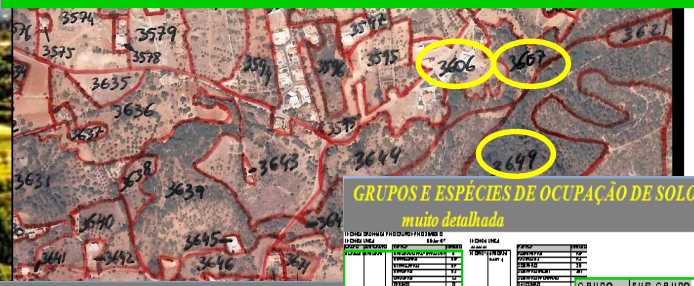
UMA CARTOGRAFIA DE OCUPAÇÃO DE SOLO DE USO MÚLTIPLO – A BASE PARA OS TRABALHOS DE PLANIFICAÇÃO

Informação recolhida no terreno

1°	dois estratos independentes	⇒arbóreo	14
		⇒rasteiro	
2°	Até três espécies em cada estrato		
3°	Percentagem de cada espécie no seu estrato		
4°	Modelo de combustível		1
5°	Valor da mancha	⇒económico	4
		⇒ecológico	
		⇒paisagístico	
		⇒Inst. humanas	
6°	Outros	⇒erosão	16
		⇒Regeneração	
		⇒P. alinhada	

35

	ocupação de solo por estratos		modelo	valor do território			
	arbóreo	rasteiro	combustível	inst. Hum.	económico	ecológico	paisagístico
3 606	SB 1	AS 6 - EV 3 - M1	0 / 1	2	2	0	0
3 607	AM 2 - LF 2	EV 4 - M 3 - MR	2 / 4	1	1	1	0
3 649	SB 4 - ZB 2	MR 9 - PV 1	4	0	1	2	1

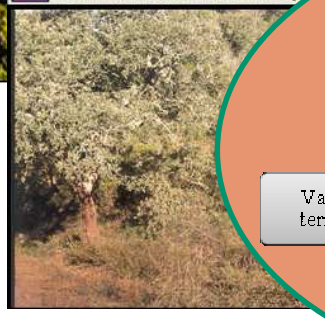


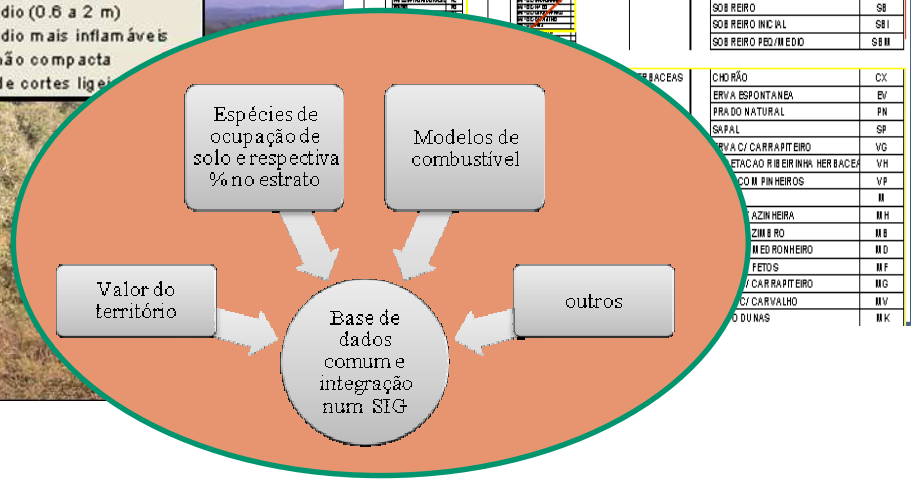
GRUPOS E ESPÉCIES DE OCUPAÇÃO DE SOLO - utilização duma legenda muito detalhada

GRUPO	SUB-GRUPO	ESPECIE	SIMBOLO
AGRICOLA	ARBOREA	ARVOREDO FRUTIFERO DIVERSO	A
		AMENDOEIRA	AM
		ALPERCHEIRO	AP
		AMEIXEIRA	AX
		CEREJEIRA	CJ
FLORESTAL	ARBOREA	ACACIA	AC
		AMIEIRO	AL
		AZEREIRO	AO
		AZEVINHO	AV
		SOBREIRO	SB
		SOBREIRO INICIAL	SBI
		SOBREIRO PEQ/MEDIO	SBM
		CHORÃO	CX
		ERVA ESPONTANEA	EV
		PRADO NATURAL	PN
		SAPAL	SP
		RVA C/ CARRAPITEIRO	VG
		ETACAO RIBEIRINHA HERBACEA	VH
		COM PINHEIROS	VP
			M
		AZINHEIRA	MH
		ZIMBRO	MB
		MEDRONHEIRO	MD
		FETOS	MF
		/ CARRAPITEIRO	MG
		C/ CARVALHO	MV
		O DUNAS	MK

A INFORMAÇÃO RECOLHIDA – MODELOS DE COMBU

- Mod.0 - sem combustibilidade relevante
- Mod. 1 - erva baixa (< 30 cm)
- Mod.2 - erva com mato disperso
- Mod. 4 - Mato alto e contínuo (>2m)
- Mod. 5 - Mato baixo (<0.6 m)
- Mod. 6 - Mato médio (0.6 a 2 m)
- Mod. 7 - Mato médio mais inflamáveis
- Mod. 9 - folhada não compacta
- Mod. 11 - restos de cortes ligei





A INFORMAÇÃO RECOLHIDA – VALOR DO TERRITÓRIO

- ⇒ valor económico
- ⇒ existência de instalações humanas
- ⇒ valor ecológico
- ⇒ valor paisagístico

Possibilidade de uso múltiplo

- Planificação de defesa contra incêndios
- PDM
- Desenvolvimento Rural
- ZIF
- Conservação da Natureza
- Turismo
- etc

As grandes vantagens duma base cartográfica comum

- Uso múltiplo
- Coerência entre instrumentos de ordenamento
- Economia – amortização do investimento em várias utilizações

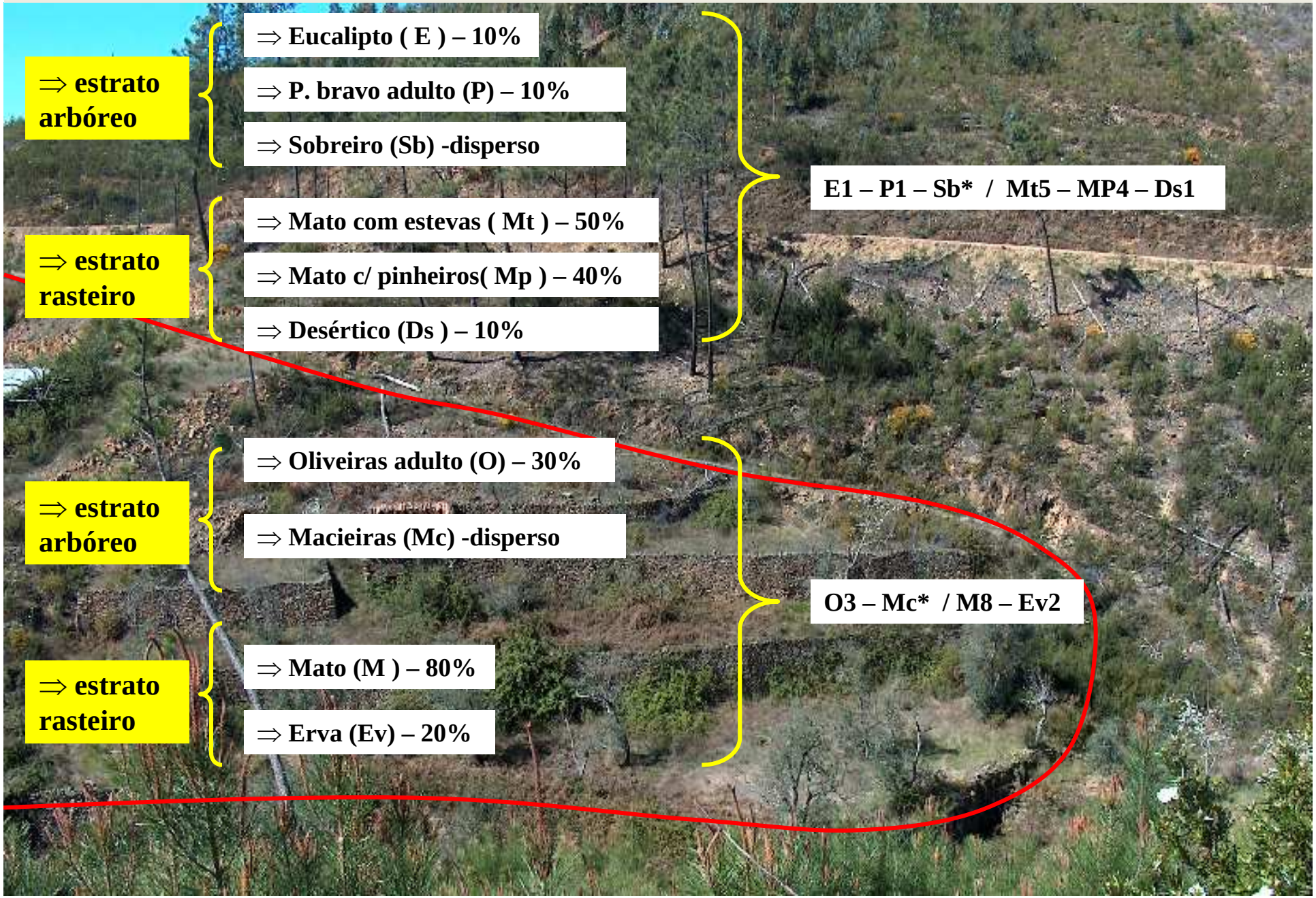
Metodologia inovadora com informação desagregada por espécies - AS LETRAS DO TERRITÓRIO - (ex. pinheiro bravo)

- ⇒ **pinheiro bravo adulto (P)**
- ⇒ **pinheiro bravo bastio (PB)**
- ⇒ **pinheiro bravo fino (PF)**
- ⇒ **mato com pinheiro (MP)**
- ⇒ **erva com pinheiro(VP)**
- ⇒ **plantação inicial(PI)**

As espécies de ocupação de solo - AS LETRAS DO TERRITÓRIO - (ex. matos)

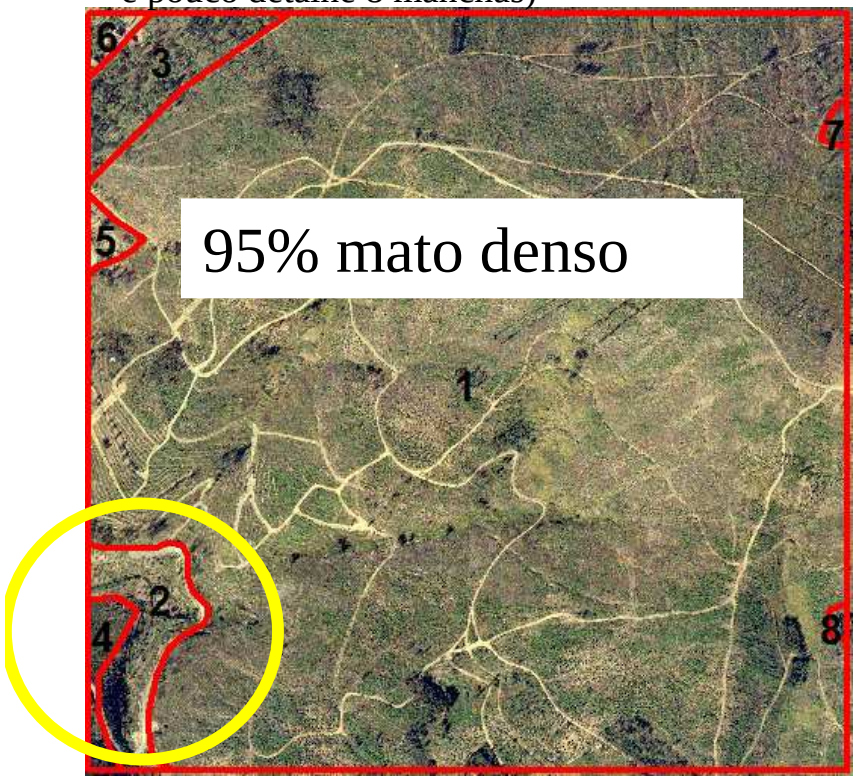
- ⇒ **mato (M)**
- ⇒ **mato com esteva (Mt)**
- ⇒ **mato com zimbro (Mb)**
- ⇒ **mato com medronheiro (Md)**
- ⇒ **mato com sobreiro (Ms)**
- ⇒ **mato com carqueja(Mj)**
- ⇒ **vegetação ribeirinha arbustiva (Va)**
- ⇒ **etc..**

A caracterização de cada mancha – AS PALAVRAS DO TERRITÓRIO – aplicação a um caso concreto



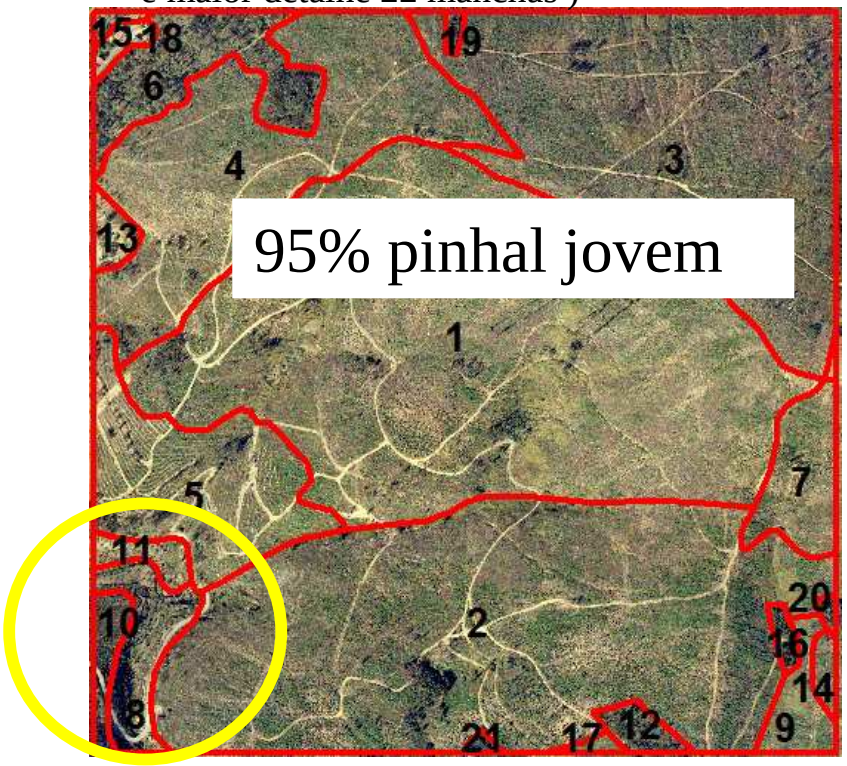
Exemplo – Comparação duma mesma zona cartografada pela Geoterra e pela COS do IGP em 2007 - Os dados cartográficos oficiais não representam a realidade do território

COS 2007 IGP (sem caracterização campo e pouco detalhe 8 manchas)



1 – 3.2.2.01.1 (Matos densos)
2 – 2.4.2.01.1 (Sistemas culturais e parcelares complexos)
3 – 3.1.2.01.1 (Florestas de pinheiro bravo)
4 – 3.2.2.01.1 (Matos densos)
5 – 2.4.2.01.1 (Sistemas culturais e parcelares complexos)
6 – 2.4.2.01.1 (Sistemas culturais e parcelares complexos)
7 – 3.2.4.03.1 (Florestas abertas de pinheiro bravo)
8 – 3.1.1.01.5 (Florestas de eucalipto)

Geoterra 2007 (com caracterização de campo e maior detalhe 22 manchas)



1 – E*-PF* / MP6-M2-RA2
2 – PF1 / MP7-MT2-MF1
3 – P* / MP7-M2-RA1
4 – E* / MP8-M1-RA1
5 – E* / MP7-M3
6 – P9-PF* / M8-MP1-FR1
7 – PB* / MP7-M2-RA1
8 – O6-CJ* / OE8-VA1-RI1
9 – E* / MP7-M2-RA1
10 – MP8-M1-MT1
11 – P1 / M7-MP3
12 – E / M6-MP2-RA2
13 – O5-P1-LJ* / OE8+H1+S1
14 – E* / MP7-M2-RA1
15 – O*-NE* / AS9+H1
16 – E / M6-FE
17 – E* / MP7-M2-RA1
18 – O7-LJ1-CJ* / PO7-M2-H1
19 – E / M8-RA1-FE1
20 – E / M4-MP3-FE3
21 – E / M6-RA4
22 – E6+PF4 / M6-FE2-SF2

Imagem 2019 da mesma área cartografada em 2007 – tal como foi cartografado pela GEOTERRA é um pinhal resultante da regeneração após o incêndio de 2003 e não "mato denso" como está considerado oficialmente!!

Trabalho de campo exaustivo em 100% das manchas

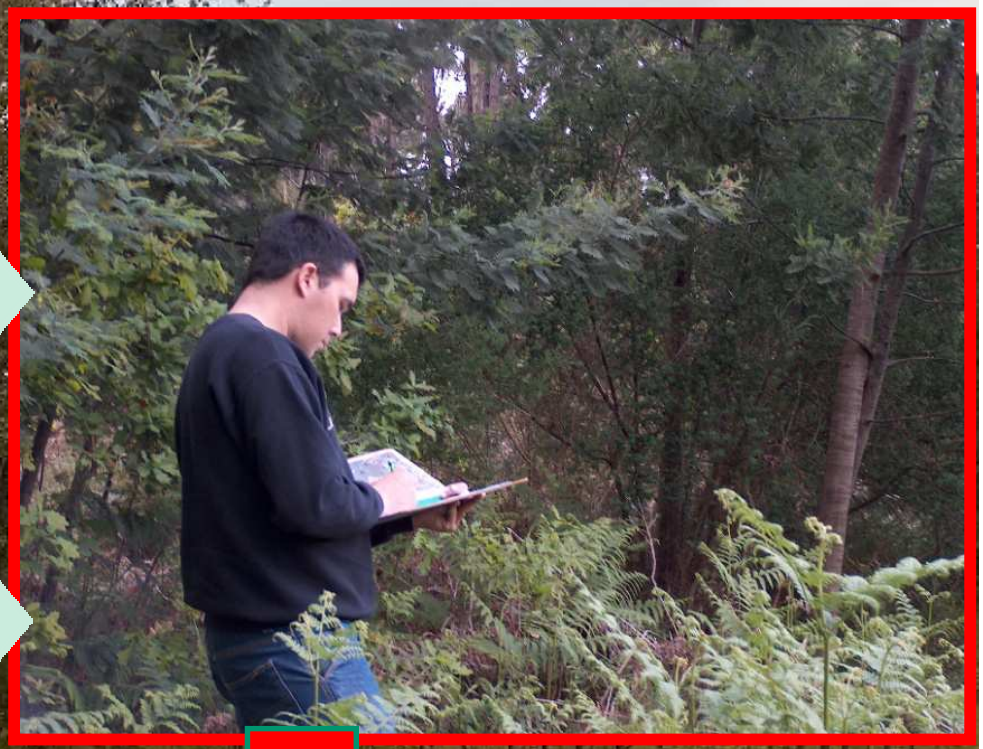
Para garantir a aderência à realidade apostamos no trabalho de campo por dois tipos de razões:

São precisos novos dados

- A ruptura entre a sociedade e o espaço rural – criou novas problemáticas locais que carecem de diagnósticos locais
- Os dados oficiais não reflectem esta nova realidade
- Nem mesmo os actores locais conhecem bem o território, porque já não o percorrem com frequência como sucedia nas décadas 1950-80.

Aparecimento dos SIG

- Os SIG vieram revolucionar a capacidade de tratamento de informação territorial e assim passou a ser possível gerir com grande eficácia as muitas variáveis territoriais relevantes a que só o trabalho de campo permite aceder.



É necessário um novo esforço de recolha de dados para o qual nos parece essencial o trabalho de campo e o contacto directo com o território

PENELA - Aplicação piloto da teledetecção à cartografía do potencial de resinagem e combustibilidade

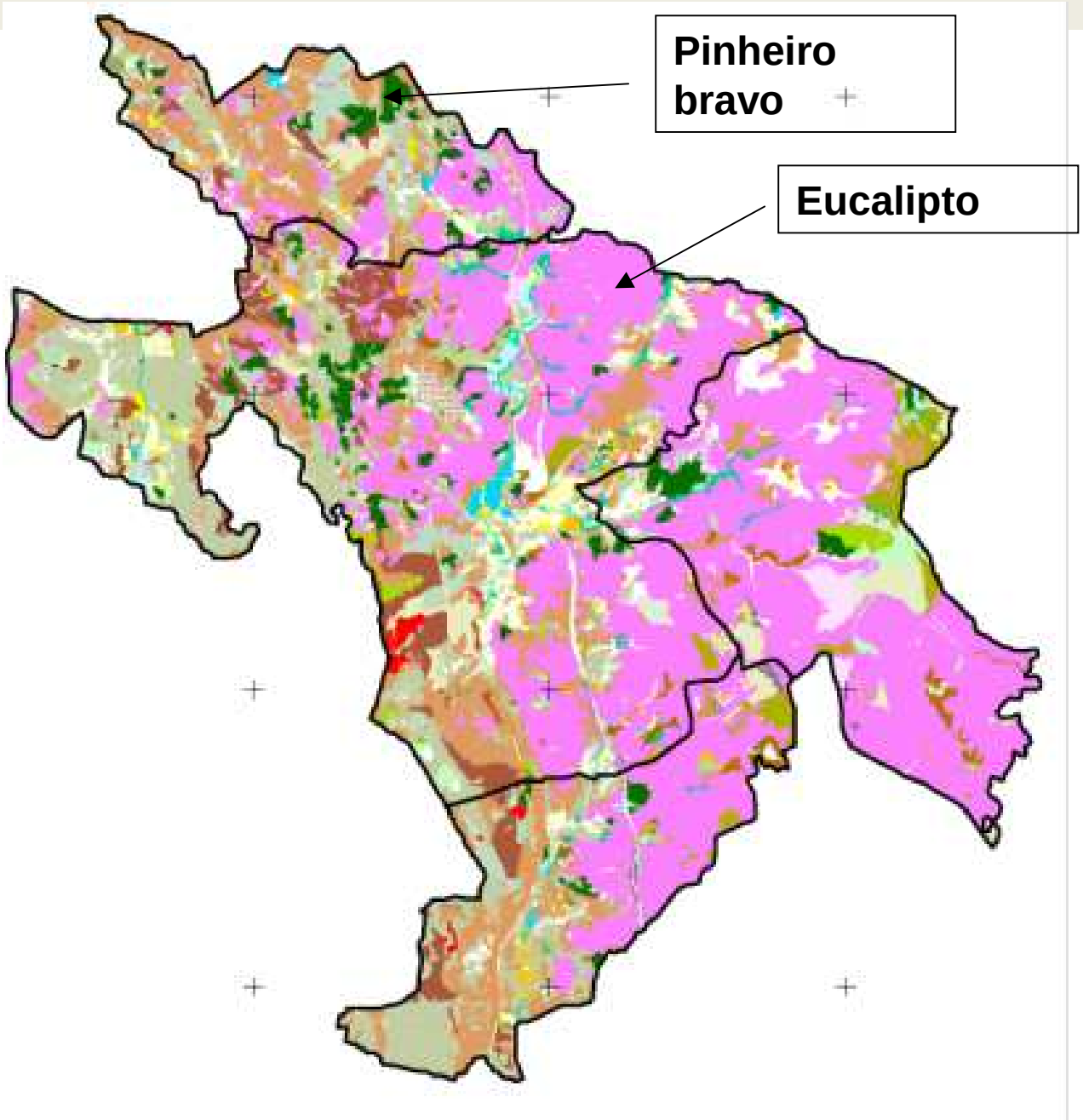
Partindo duma carta de ocupação de solo muito detalhada (2020)e actual foi estabelecida comparação com séries temporais imagens de satélite Modis resolução 250 m

Conclusões

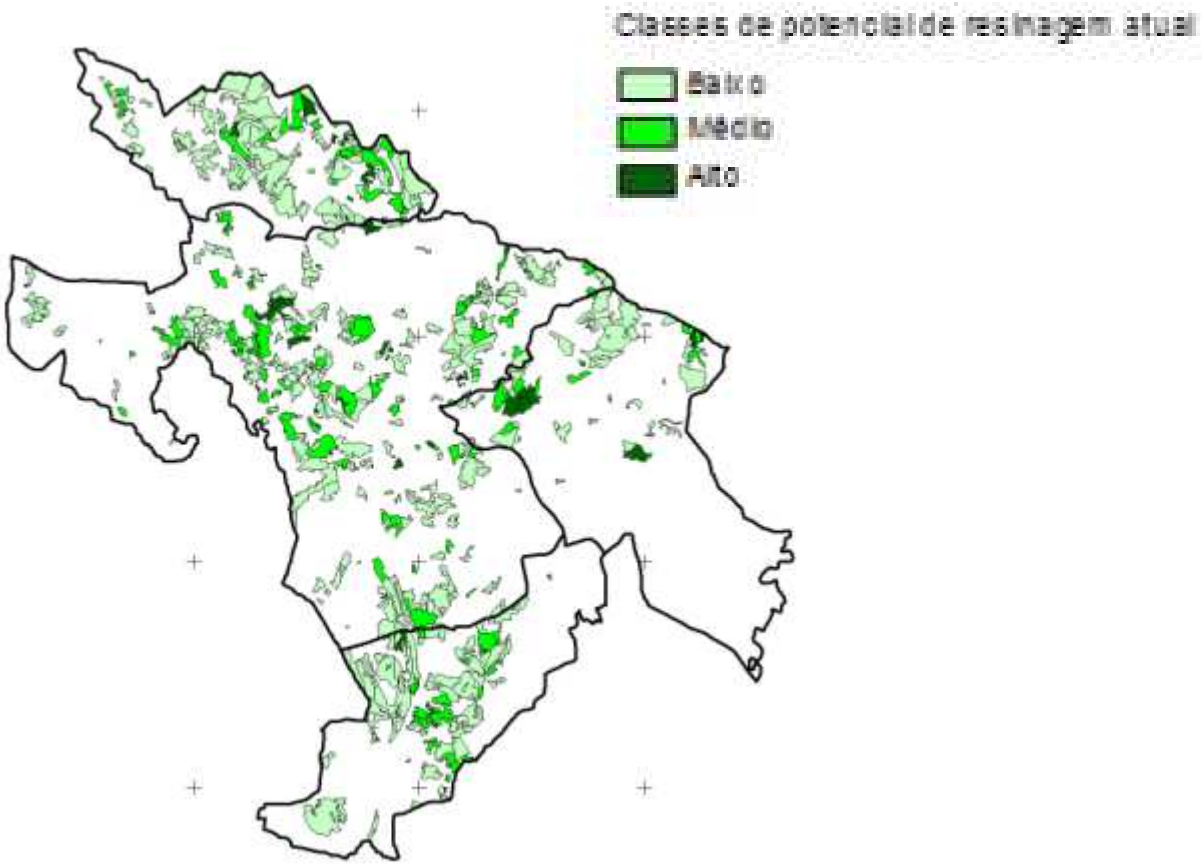
– a escassa presença de pinhal actual e a grande variabilidade da paisagem não permitiu obter resultados significativos ao nível do pinheiro mas permitiu a distinção grandes grupos de ocupação (urbano, agrícola, florestal, inculto)

- o grau de combustíbilidade agrégado em 4 classes já deu resultados significativos

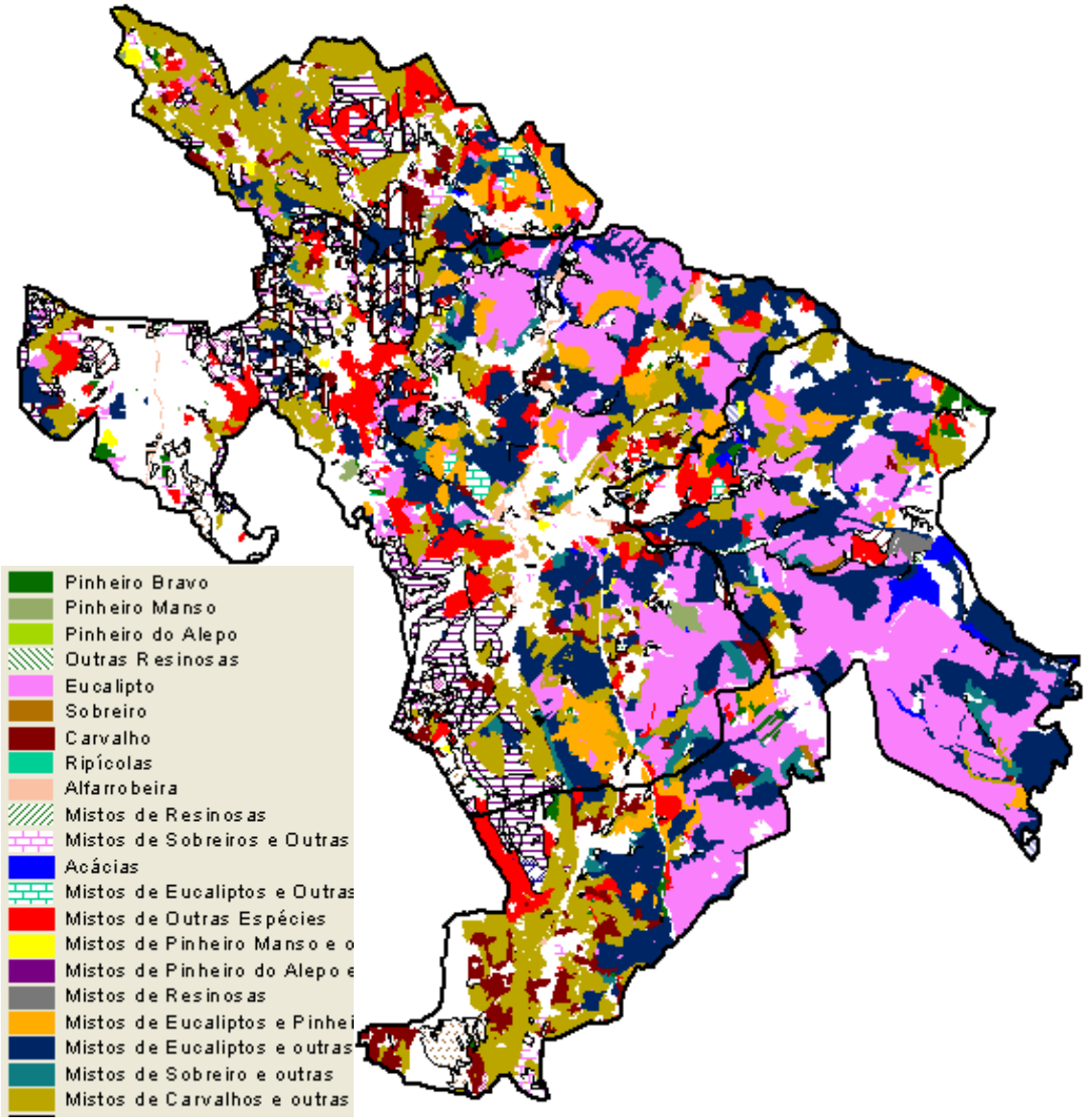
Ocupação de solo actual Penela



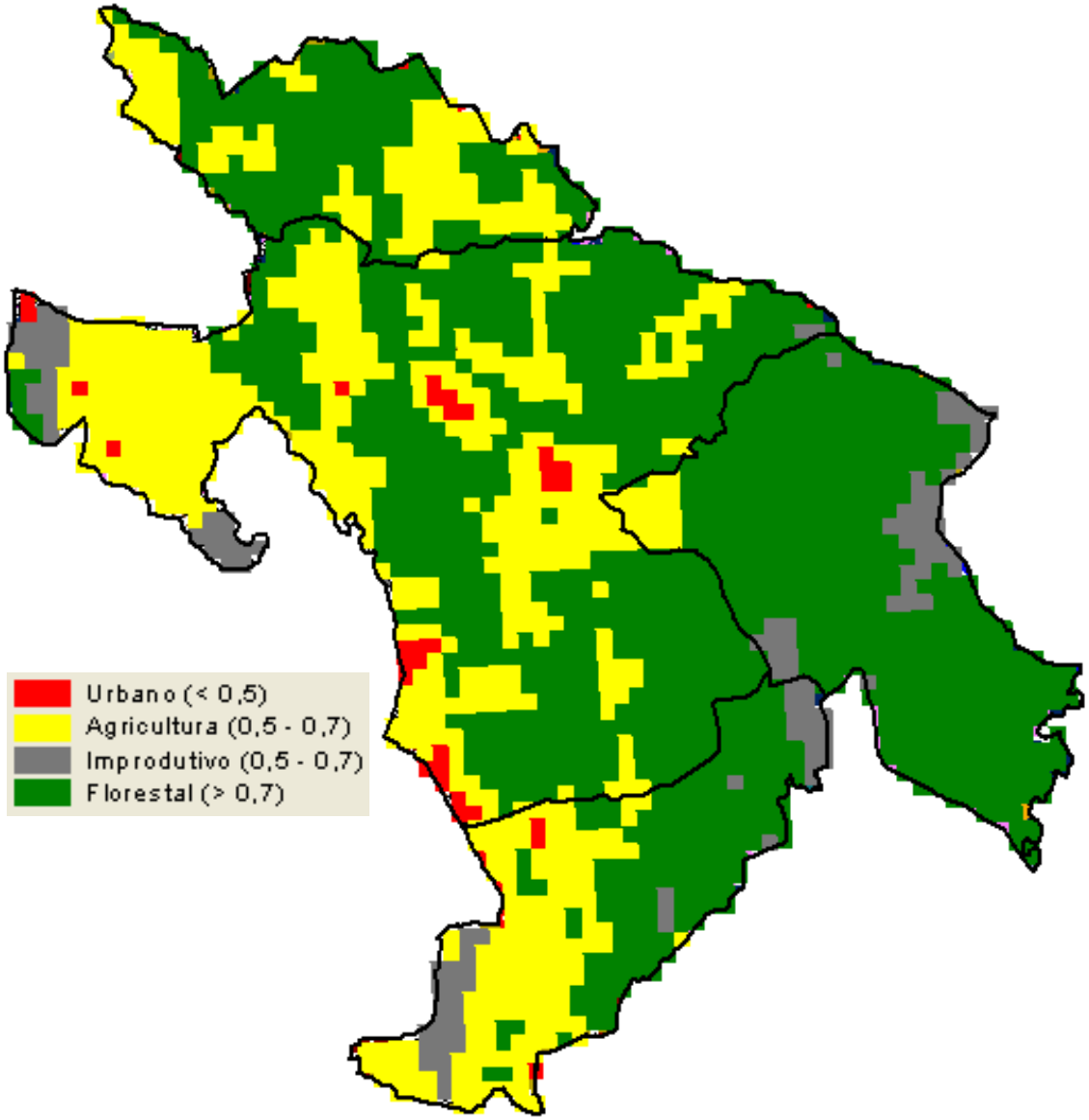
Mapa do Potencial de resinagem - Penela



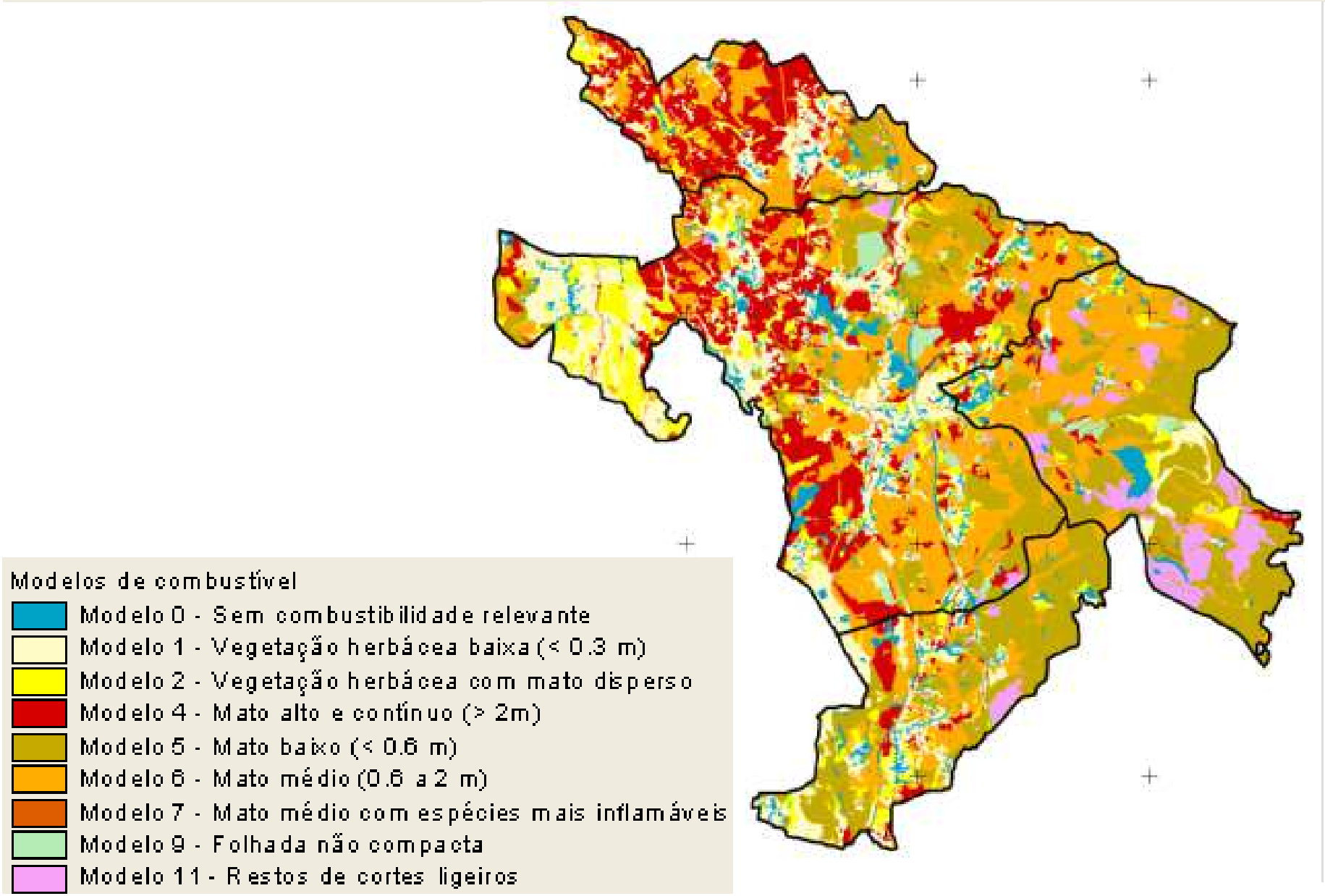
Ocupação de solo actual Penela detalhada – impossível interpretação com Modis



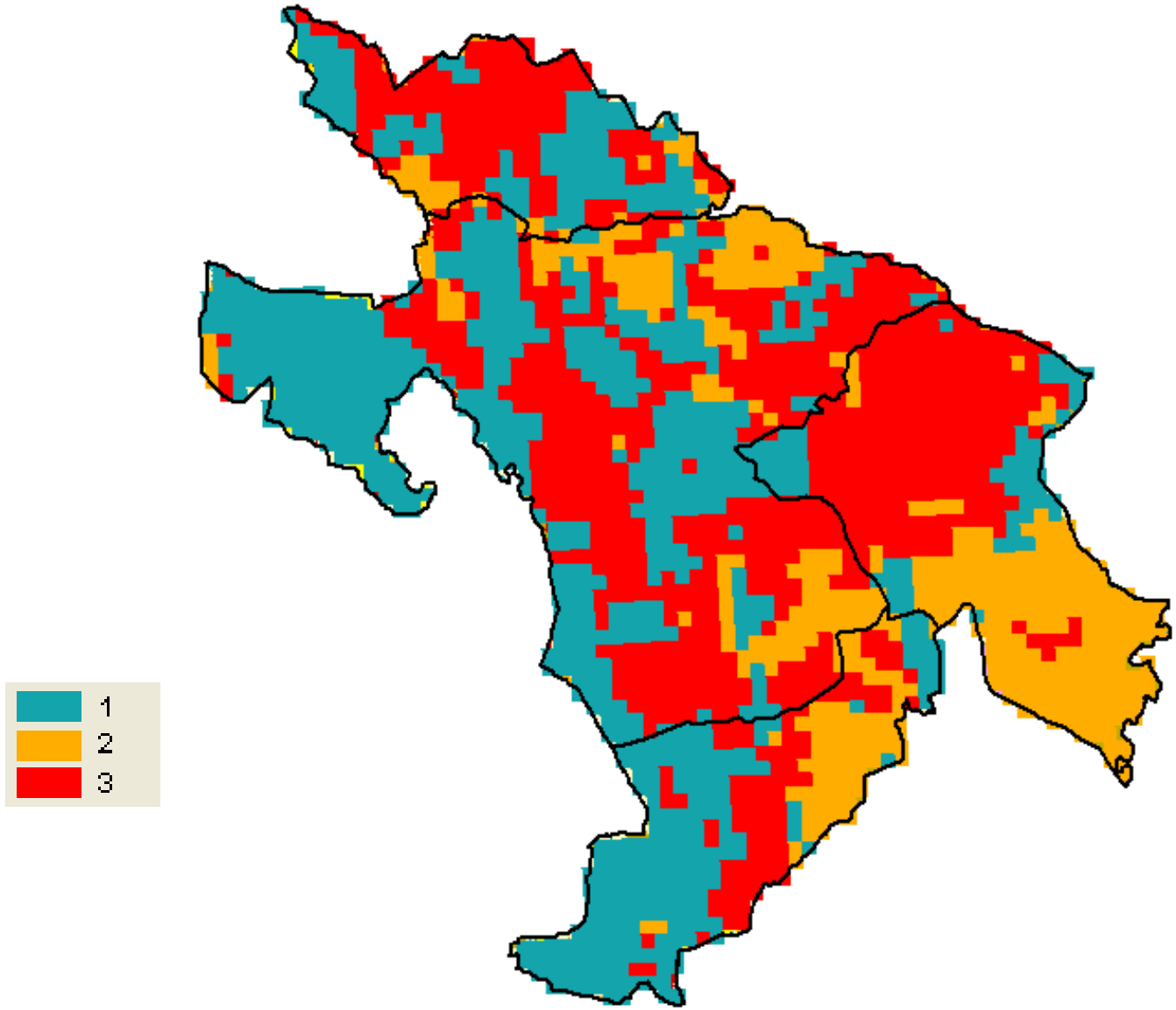
Ocupação de solo actual Penela agregada – boa interpretação com Modis



Modelos de combustível US FOREST OFICE



Modelos de combustível /grau de combustibilidade – boa interpretação Modis



PROENÇA A NOVA - Aplicação piloto da teledetecção à cartografía do potencial de resinagem e combustibilidade

Partindo duma carta de ocupação de solo muito detalhada de 2007 e foi estabelecida comparação com séries temporais imagens de satélite (2001 – 2019) Modis resolução 250 m

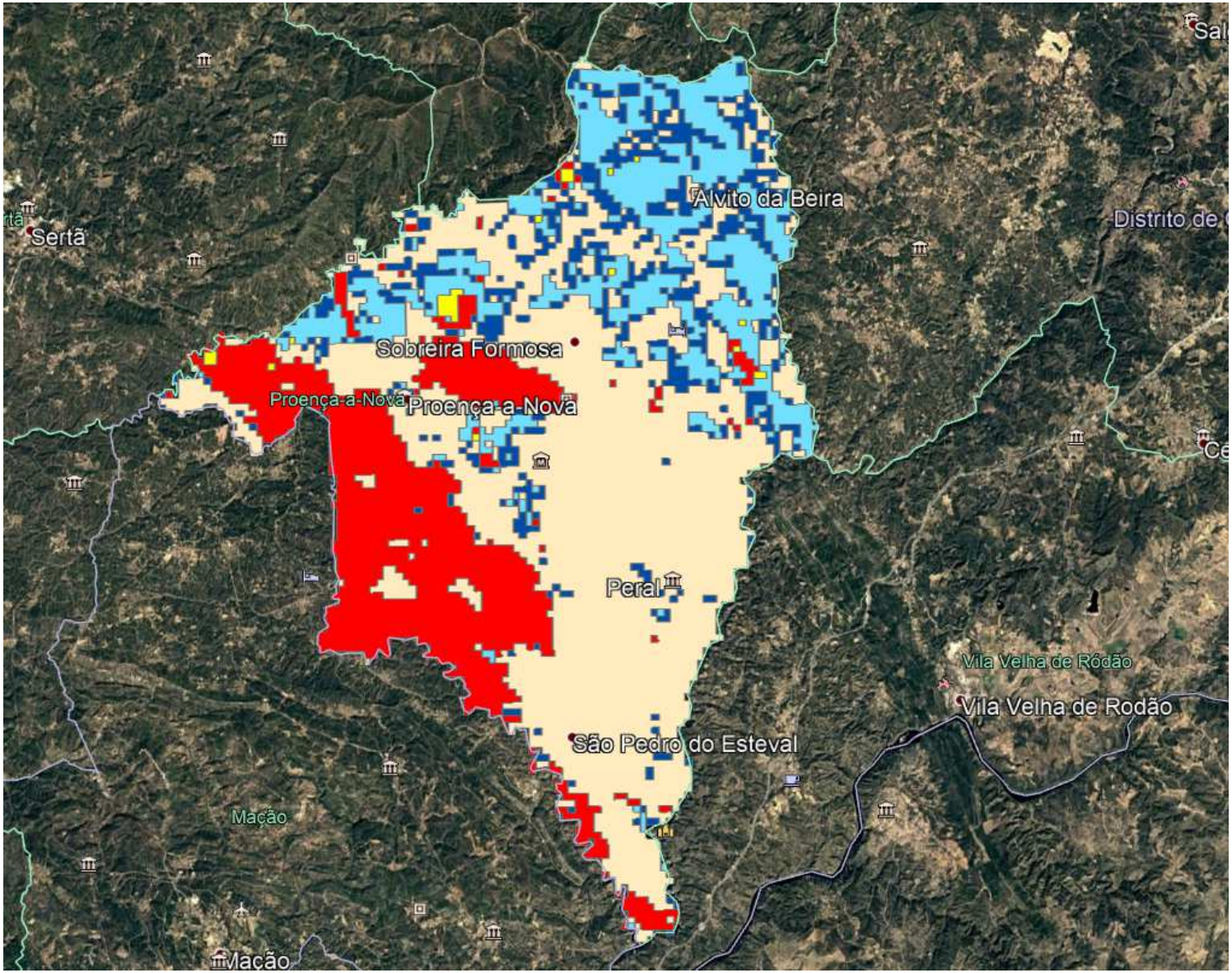
Conclusões

– a actualização por teledetecção e uma significativa área de pinhal em várias classes de idade permitiu construir uma carta de potencial de resinagem

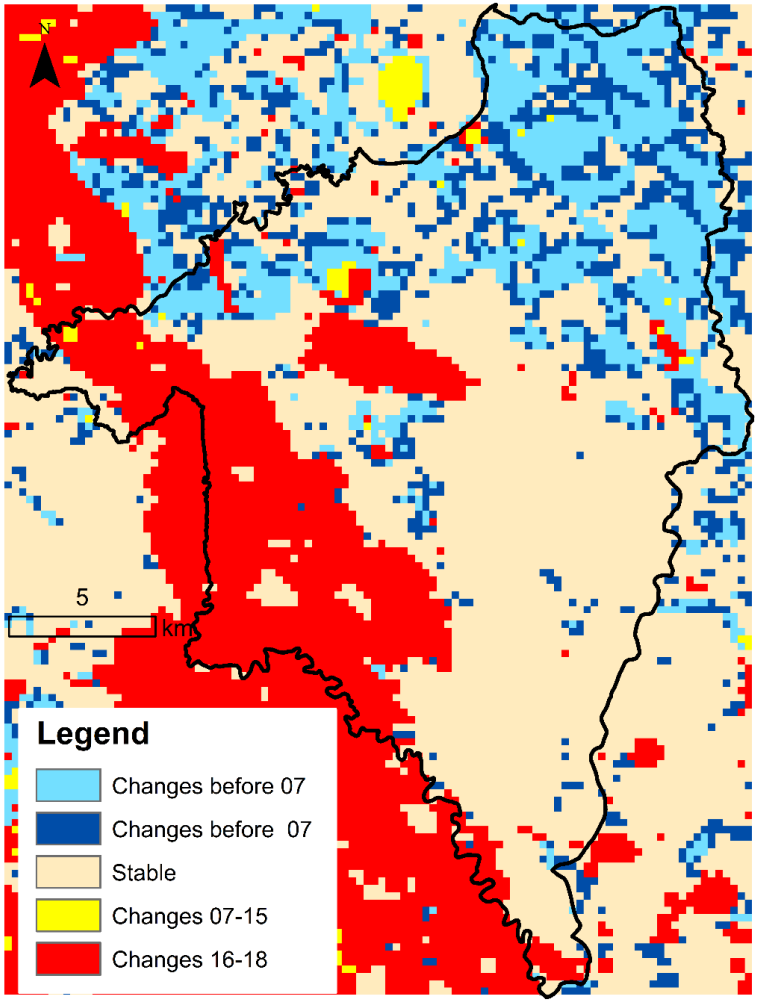
- o grau de combustíbilidade agrégado em 4 classes deu resultados significativos

Linhas Futuras – utilização satélites mais recentes de maior resolução PROBA-V y Sentinel-2 poderá melhorar muito os resultados

Mapa de alterações após 2007 no concelho de Proença a Nova



Mapa de zonas de alterações após 2007 no concelho de Proença a Nova



as classes são as seguintes:
1.Beige "estável": são as zonas sem alteração no período 2001-2018

2. Amarelo “cambios_07_15": alterações bruscas entre 2007 y 2015

3.Encarnado: “alterações 16_18": altearções entre 2015-2018.

4. AZUL: “cambiosantes2007_1" y cambiosantes2007_2". Observaram-se alterações buscas antes de 2007e o que se observa a partir de 2007 é um proceso de recuperação da dinámica de la vegetación. Foi possível separar em duas classes pelo ritmo de recuperação

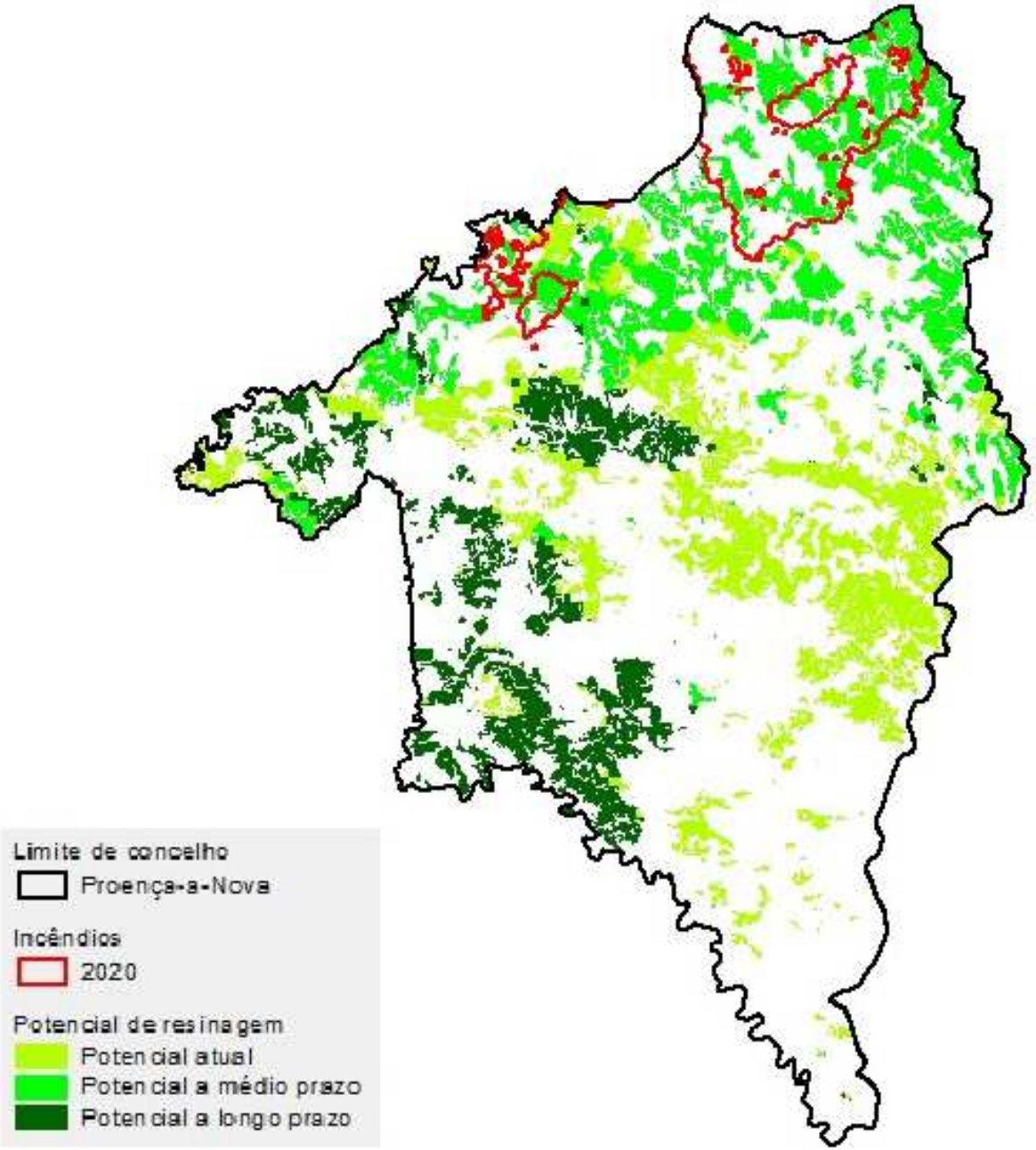
Estimativa das existências actuais de pinhal - 2019

existências actuais de pinhal em Proença a Nova

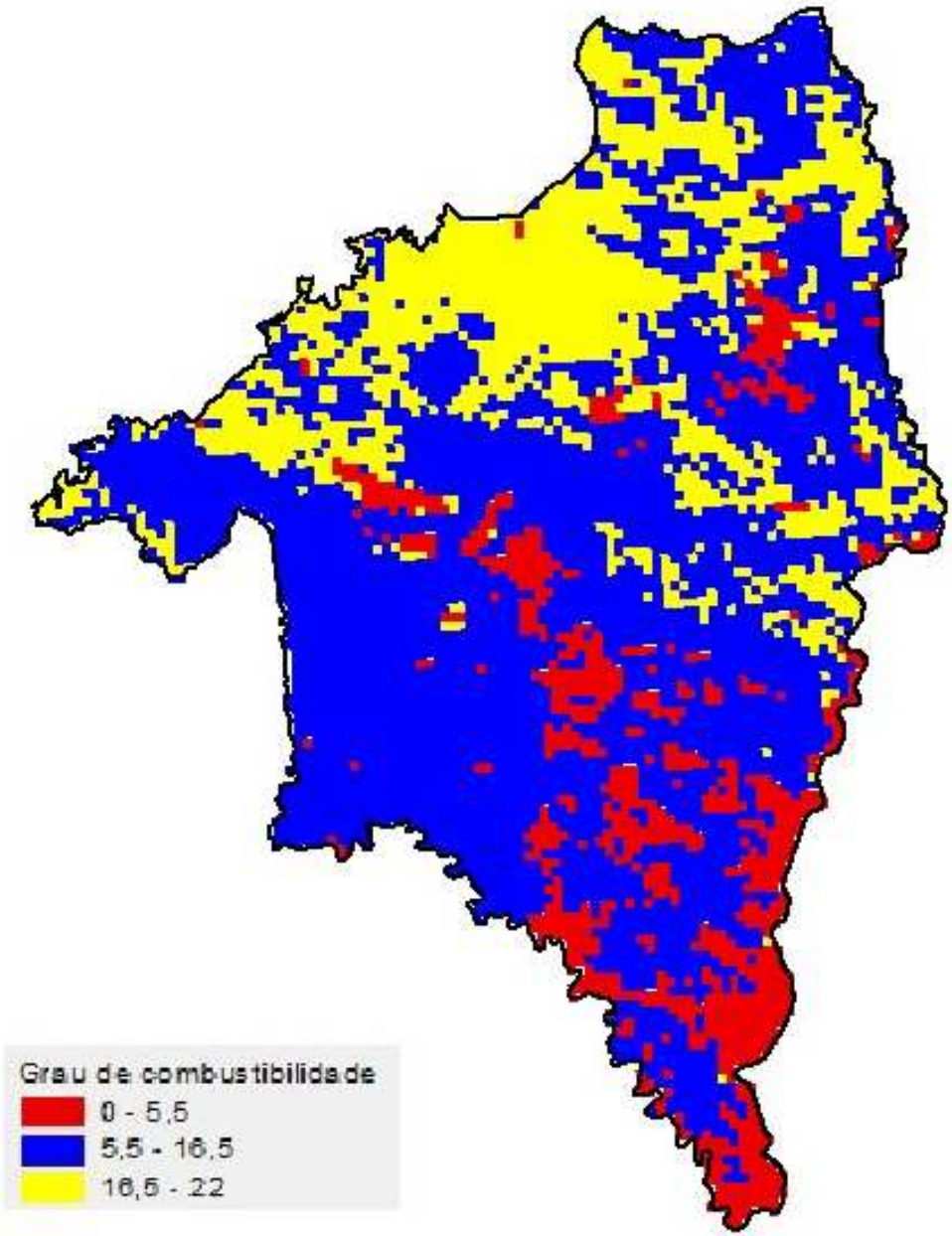
idade 2019	descrição	inicio resinagem	área ha	
>35 anos	já era adulto em 2007	curto prazo	3 967	5 707
20-35 anos	jovem em 2007		1 740	
10-20 anos	inicial em 2008 -reg fogo 2003	médio prazo	5 286	5 286
2anos	reg.fogo 2017	longo prazo	3 176	3 176
	total		14 168	14 168

estimativa feita com base na cartografia de 2007 + avaliação alteração da vegetação por satélite

Mapa do Potencial de resinagem em Proença Nova 2019



Mapa de combustibilidade 2007 – boa interpretação com o Modis para 3 classes



CONCLUSÕES 1

aderência à realidade → **cartografia detalhada e actualizada**

A ruptura sociedade/espaço rural originou uma falta de conhecimento do territorio

a paisagem portuguesa apresenta acentuadas microvariações geográficas

As novas funções do território recomendam um novo tipo de caracterização

As ferramentas SIG permitem hoje mais que nunca, tratar com rapidez uma grande quantidade de informação territorial

Mas não criam informação

São necessárias novas soluções cartográficas para incorporar toda a informação relevante, e um novo esforço de recolha de dados com trabalho de campo e contacto directo com o território. Está garantida a utilidade dessa recolha com o uso das feramentas SIG

CONCLUSÕES 2

Uma cartografia aderente á realidade como ponto de partida é essencial para avaliar o potencial de resinagem e a combustibilidade na perspectiva da reactivação da resinagem

A teledetecção com MODIS permite identificar as alterações e assim manter actualizada a informação a custo baixo

Linhas Futuras – utilização satélites mais recentes de maior resolução PROBA-V e Sentinel-2 (10 m) poderá melhorar muito os resultados

Interreg Sudoe

EUROPEAN UNION

SUST FOREST PLUS

European Regional Development Fund

Muito obrigado !
Muchas Gracias !
Merci Beaucoup !