

Projeto SIMPLEX MONITORIZAÇÃO - SATCONTROL

1. OBJECTIVO

Este projecto visa implementar um sistema de Controlo por Monitorização (CM) dos pedidos apresentados pelos beneficiários às ajudas directas, declarados no âmbito do Pedido Único.

O objectivo primordial consiste na utilização de novas ferramentas em substituição da metodologia atualmente vigente de Controlo Físico e Controlo por Teledetecção, que incidem em cerca de 5% dos pedidos apresentados pelos beneficiários, por um controlo por monitorização (CM) aplicável a todos os beneficiários.

Com este sistema pretende-se a adoção de um sistema preventivo em detrimento de um sistema de penalizações, pois permite detetar antecipadamente erros declarativos, dando assim a possibilidade do agricultor corrigir a sua declaração, o que não é possível no modelo de controlo tradicional.

De acordo com o Artigo 40.º – A do Regulamento de Execução (UE) N.º 809/2014, o controlo por monitorização, é baseado em procedimentos de observação regular e sistemática, rastreamento e avaliação de todos os critérios de elegibilidade, compromissos e outras obrigações, que podem ser monitorizados por dados de satélite (Sentinel, entre outros) ou outros dados com valor, pelo menos, equivalente.

Estando a nova reforma da Política Agrícola Comum (PAC) já em fase avançada de discussão, embora ainda não concluída, tudo indica que o CM será fortemente implementado nos casos em que a sua aplicação é possível.

O sistema desenvolvido está suportado na utilização de séries temporais de imagens de satélite bem como em algoritmos de aprendizagem automática por forma a automatizar o processo de controlo das declarações e decisão da respectiva conformidade. A metodologia desenvolvida centra-se na análise da variabilidade temporal da resposta espectral das culturas agrícolas durante o seu ciclo vegetativo.

Todo o sistema foi desenvolvido com recurso a *software Open Source*, nomeadamente as linguagens *R* e *Python*.

2. METODOLOGIA

A estrutura e metodologia principais do sistema foram elaborados tendo como suporte o projecto de investigação “Desenvolvimento de um sistema de alerta para monitorização da atividade agrícola com base em imagem de satélite e inteligência artificial – SAMAS-IA”, de 2019, da autoria dos Professores João Catalão e Ana Navarro e a bolsa de investigação Inês Silva, resultante de um protocolo estabelecido entre o IFAP e a Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa (FCUL).

O sistema desenvolvido está dividido em 3 fases distintas:

- Obtenção e pré-processamento das imagens de satélite;
- Obtenção das séries temporais e cálculo de Índices de Vegetação e Marcadores Fenológicos;
- Classificações e decisão de Conformidade.

2.1 OBTENÇÃO E PRÉ-PROCESSAMENTO DAS IMAGENS DE SATÉLITE

São utilizadas as imagens da constelação de satélites Sentinel-2, disponibilizadas gratuitamente pela ESA (programa *Copernicus*), cuja resolução temporal é de 5 dias. São imagens multiespectrais (13 bandas) e têm uma resolução espacial que varia entre os 10 m (bandas do visível e infravermelho) e 60m. São disponibilizadas com um seccionamento cartográfico de 100 x 100 km², de acordo com a quadrícula UTM, o que facilita consideravelmente a gestão dos dados imagem. O território nacional continental é coberto por 17 quadrantes (Figura 1).

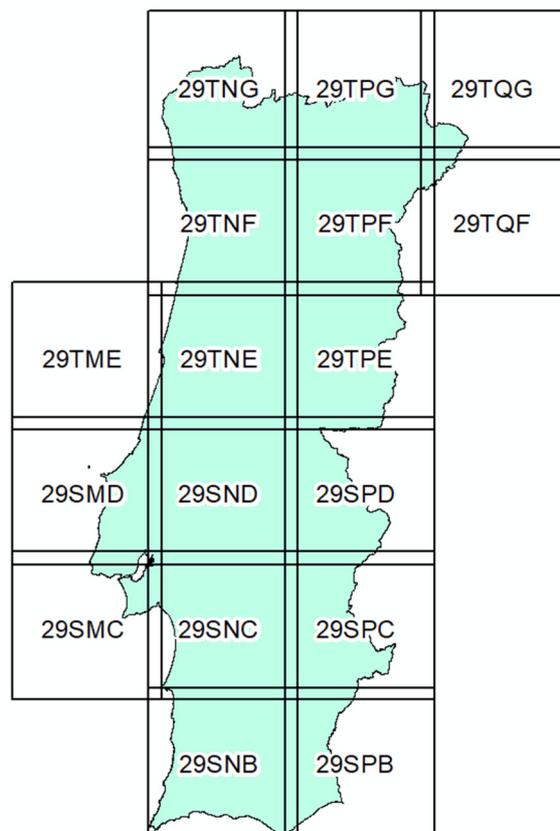


Figura 1 – Grelha e respectiva designação dos quadrantes do Sentinel-2

As imagens do satélite *Sentinel-2*, com o nível de processamento 2A, são descarregadas a partir da plataforma *online Copernicus Open Access Hub* da ESA. Estas são imagens com o valor da refletância ao nível da superfície (*Bottom Of Atmosphere*, BOA), ou seja, corrigidas dos efeitos atmosféricos e dos efeitos topográficos e por isso prontas a ser usadas. Das 13 bandas, são apenas utilizadas 9 bandas espectrais, nomeadamente a B2 (azul), B3 (verde), B4 (vermelho), B5, B6, B7 (limiar do vermelho), B8 (infravermelho próximo), B11 e B12 (ambas SWIR), cujas imagens são reamostradas para a maior resolução espacial (10 m).

Visto tratarem-se de imagens ópticas, a ocorrência de nuvens dispersas, ou mesmo de partes da imagem cobertas por nuvens, provoca a existência de lacunas nas séries temporais. A deteção dessas nuvens é efetuada com recurso à máscara de nuvens fornecida pela ESA. De modo a colmatar estas lacunas procede-se a uma reamostragem temporal, que consiste na interpolação linear dos valores de refletância espectral para píxeis omissos, com base nos valores de refletância dos píxeis correspondentes em imagens imediatamente anteriores e posteriores.

Adicionalmente, é ainda calculada a banda textura, através do método “*Gray-Level Co-Occurrence Matrix*” (GLCM). A variabilidade da textura no tempo está relacionada com a rugosidade do solo ou variabilidade espacial da ocupação do solo. No caso de uma cultura permanente, é esperado que a variabilidade temporal seja baixa e por isso o valor da textura dever-se-á manter constante ao longo do ano. No caso das culturas temporárias, é esperado que a atividade agrícola (plantação, crescimento e colheita), tenha como efeito a variação da textura ao longo do ciclo agrícola.

2.2. OBTENÇÃO DAS SÉRIES TEMPORAIS E CÁLCULO DE ÍNDICES DE VEGETAÇÃO E MARCADORES FENOLÓGICOS

Para a obtenção das séries temporais efectua-se o cálculo do valor da refletância de cada polígono, polígono este que está diretamente relacionado com a declaração/cultura apresentada pelo beneficiário no seu Pedido Único (PU).

O valor da refletância de cada polígono é calculado como sendo a mediana dos píxeis inteiramente contidos nesse polígono. Com vista a ultrapassar a “contaminação” dos valores dos píxeis pelas nuvens (e respectivas sombras), caso mais de 40% desses píxeis estejam inseridos na máscara de nuvens, calcula-se a reflectância do polígono através de interpolação linear.

Obtidas as séries temporais das reflectâncias, são então calculadas as séries temporais dos seguintes Índices de Vegetação:

- NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*);
- NDWI (*Normalized Difference Water Index*);
- CIRedEdge (*Red-Edge Chlorophyll Index*);
- BI (*Brightness Index*).

Finalmente, calculam-se os Marcadores Fenológicos dos Índices de Vegetação e da Textura (Máximo, Mínimo, Média, Desvio-Padrão, Gradiente Máximo e Gradiente Mínimo), que são utilizados para caracterizar o crescimento das culturas ao longo do seu ciclo vegetativo fenológico.

2.3. CLASSIFICAÇÕES E DECISÃO DE CONFORMIDADE

Após a extracção e cálculo das séries temporais de cada polígono, é efectuada uma sequência de classificações automáticas, suportada em vários pressupostos. Para o sistema desenvolvido, os polígonos têm, de momento, de obedecer aos seguintes requisitos:

- Cada polígono tem de ter apenas uma cultura declarada;
- Tem de ter pelo menos 1 píxel inteiramente contido;
- Tem de ter área superior a 0.1ha;
- Em cada conjunto de classificação, cada cultura tem de estar representada em pelo menos dois polígonos.

Dada a heterogeneidade da agricultura em Portugal, optou-se por definir conjuntos de classificação. Os polígonos foram assim agrupados de acordo com as Direcções Regionais de Agricultura (DRA) existentes (Figura 2):

- DRA 11 – NORTE
- DRA 13 – CENTRO
- DRA 15 – LISBOA E VALE DO TEJO
- DRA 16 – ALENTEJO
- DRA 17 - ALGARVE

Assim, e de momento, as classificações são efectuadas de forma independente em cada conjunto.

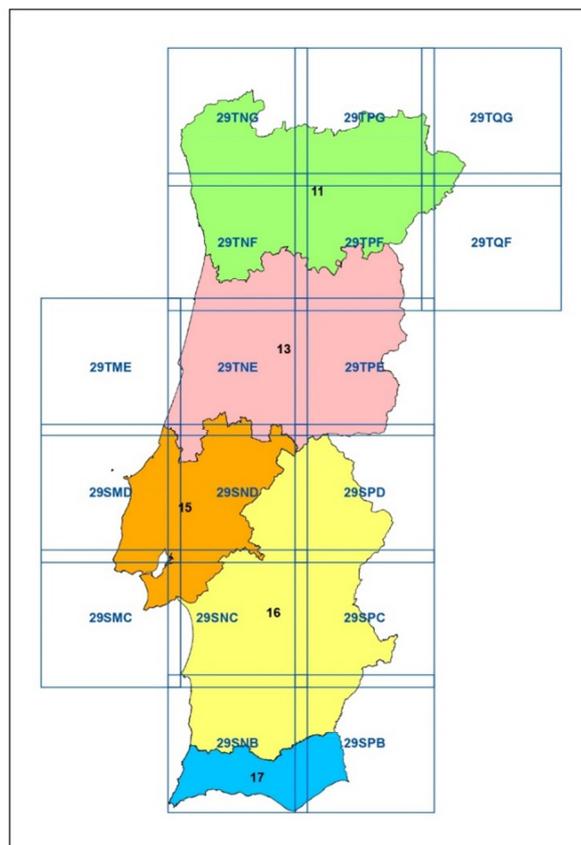


Figura 2 – Configuração Geográfica de cada Direcção Regional de Agricultura (DRA)

Numa primeira fase, o sistema faz uma separação entre culturas temporárias (culturas cujo ciclo vegetativo não excede um ano) e culturas permanentes (culturas que ocupam as terras por cinco anos ou mais e dão origem a várias colheitas).

Essa separação é efectuada com base no comportamento de índices de vegetação ao longo do ciclo sazonal das culturas. Por exemplo, no caso de polígonos declarados como culturas temporárias, o sistema permite sinalizar de imediato polígonos que, por não apresentarem qualquer atividade fenológica, corresponderem possivelmente a falsas declarações. Este comportamento sazonal é avaliado através dos marcadores fenológicos. O sistema nesta situação identifica estas parcelas como “sem atividade agrícola” (ou “não conformes”).

O limiar de separabilidade entre culturas temporárias e permanentes é definido pela comparação das respectivas Funções de Distribuição Cumulativa dos marcadores fenológicos.

De seguida, o sistema efetua a classificação das séries temporais das refletâncias recorrendo ao algoritmo de aprendizagem automática *Random Forest* e considerando apenas, como dados de treino do classificador, parcelas identificadas anteriormente como “conformes”. Após esta classificação, qualquer parcela, cuja cultura declarada seja consistente com a cultura estimada, é classificada como “conforme” pelo sistema.

Por último, o sistema utiliza apenas as parcelas “conformes”, identificadas na fase anterior, como dados de treino para realizar uma nova classificação da série temporal. Desta vez é utilizado o algoritmo *Support Vector Machines (SVM)* e, como variáveis do algoritmo, os Marcadores Fenológicos dos Índices de Vegetação e da Textura. Esta etapa constitui um refinamento da classificação para uma correta discriminação entre culturas temporárias e permanentes.

Finalmente, através de um conjunto sequencial de regras de decisão, o sistema emite três níveis de alerta: polígono “conforme”, polígono “inconclusivo” e polígono “não-conforme” (esquematizado na Figura 3). Um polígono “conforme” é aquele cujo tipo ou grupo de culturas (temporária ou permanente) declarado é igual ao estimado pelo classificador. Os polígonos “inconclusivos” são entendidos como aqueles em que, embora o tipo de cultura declarada não corresponda ao estimado, tendo sido declarados como cultura temporária apresentaram atividade agrícola ou que tendo sido declarados como cultura permanente não apresentaram atividade agrícola. Por outro lado, o sistema identifica os polígonos “não-conformes” como sendo aqueles cuja declaração difere da estimação, e ainda que tendo sido declarados como cultura temporária não apresentaram atividade agrícola ou que tendo sido declarados como cultura permanente apresentaram atividade agrícola.

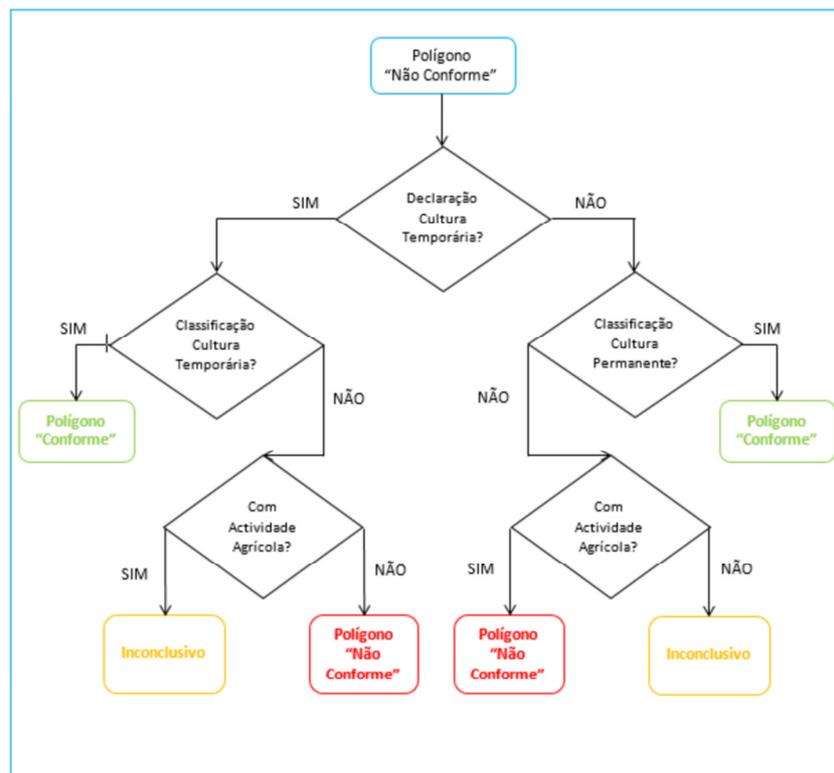


Figura 3 – Esquema do conjunto sequencial das regras de decisão

3. RESULTADOS

De acordo com a metodologia desenvolvida, foram efectuados alguns testes que produziram alguns resultados preliminares.

Os resultados a seguir apresentados referem-se a um teste efectuado com culturas temporárias de primavera-verão e algumas permanentes, do ano de 2020, em todos os conjuntos de classificação (DRA). Para tal, foi utilizada uma série temporal de imagens *Sentinel-2* entre as datas 01-04-2020 e 30-09-2020 (36 imagens).

Na Tabela 1 é apresentado, para cada DRA, o Nº de polígonos inicial e o Nº de polígonos que cumprem os requisitos necessários para o sistema desenvolvido (e respectiva percentagem).

DRA	Nº Polig Inicial	Nº Polig Utilizados	Percent Polig Utilizados
11	328 247	184 460	56%
13	144 481	88 149	61%
15	23 594	17 718	75%
16	37 732	32 571	86%
17	4 840	2 688	56%
TOTAL	538 894	325 586	60%

Tabela 1 – Nº de Polígonos por DRA

Na Tabela 2, e Figuras 4 e 5 são apresentados os resultados, para as culturas temporárias, de acordo com os 3 níveis de alerta.

DRA	Nº de Polig Classificados	Conforme		Não Conforme		Inconclusivo	
11	64 538	60 109	93.14%	3 584	5.55%	845	1.31%
13	39 508	36 019	91.17%	2945	7.45%	544	1.38%
15	5 546	5 159	93.02%	227	4.09%	160	2.88%
16	3 971	3 326	83.79%	412	10.38%	233	5.87%
17	853	700	82.06%	127	14.89%	26	3.05%

Tabela 2 – Resultados, por DRA das culturas temporárias – Nº de Polígonos e respectivas percentagens

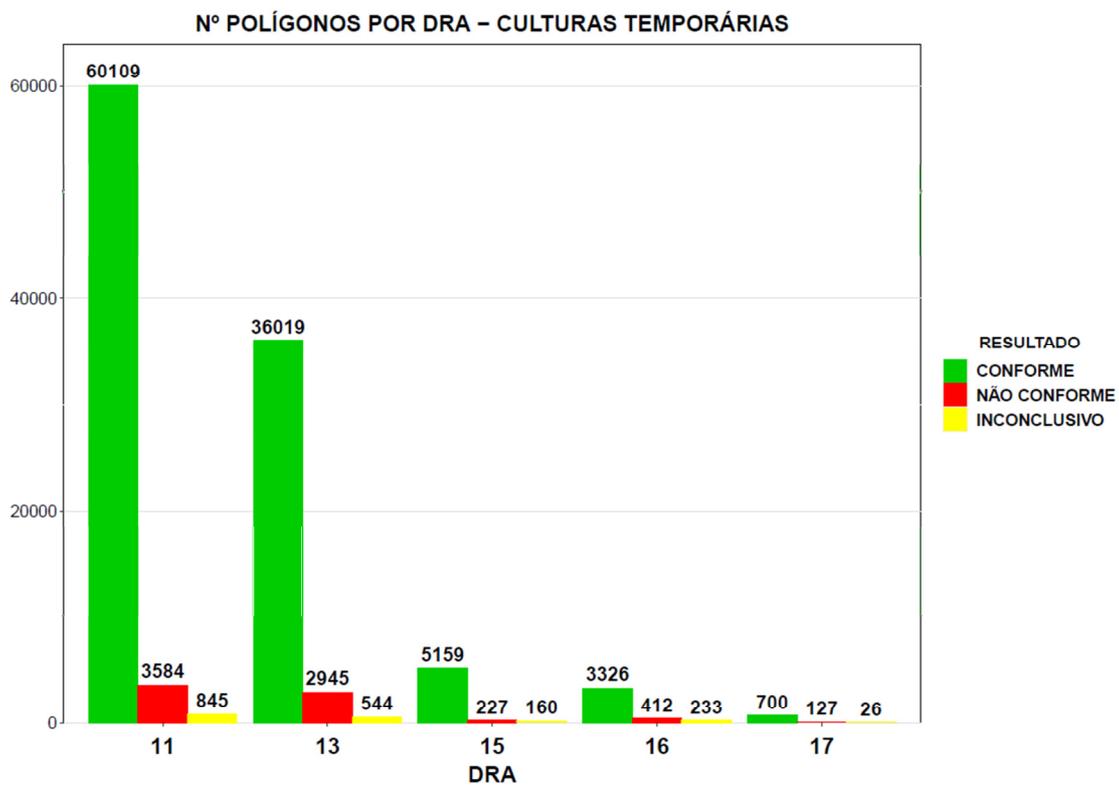


Figura 4 - Resultados, por DRA das culturas temporárias – Nº de Polígonos

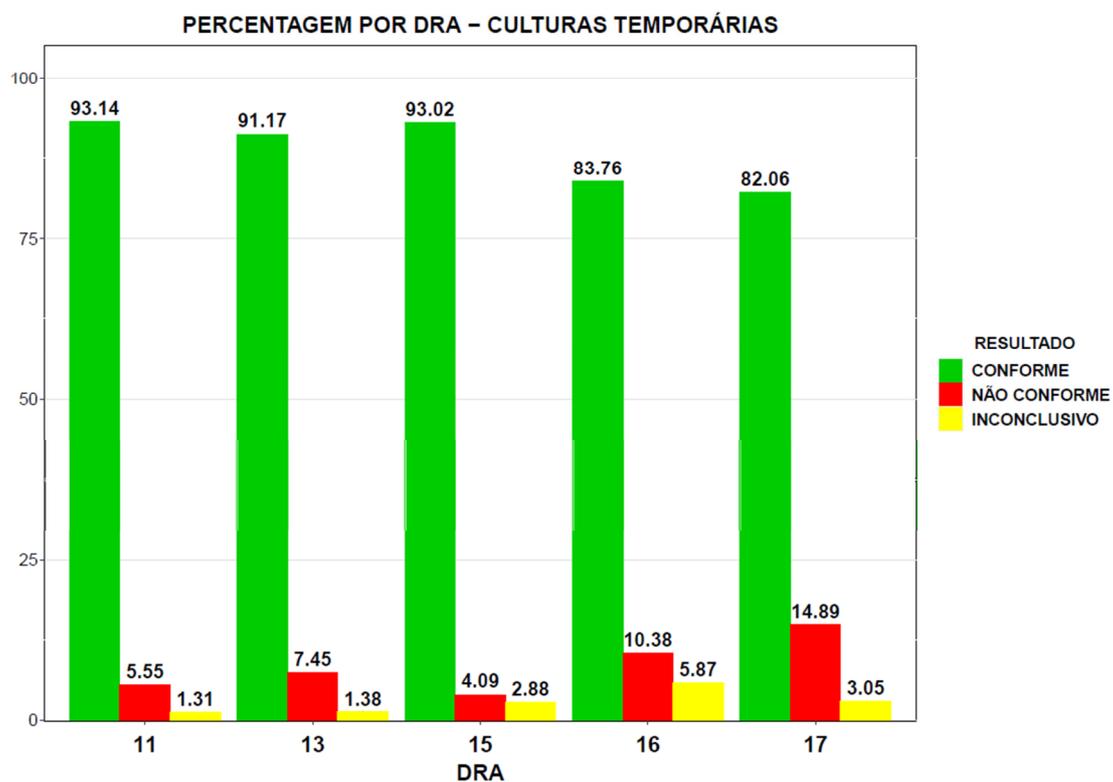


Figura 5 - Resultados, por DRA das culturas temporárias –Percentagem

Após a implementação de um protótipo funcional, esta metodologia está de momento a ser implementada nos sistemas do IFAP, de forma a poder ser aplicada de forma gradual nos próximos anos.