



Sistema de Monitorização
da Ocupação do Solo

Desenvolvimentos do SMOS para a agricultura

Workshop Presencial Prático em Aveiro
Aplicações de IA na Agricultura: Inovação e Digitalização

Hugo Costa
30/6/2026



Sistema de Monitorização
da Ocupação do Solo

- 01** SMOS
- 02** Aplicações iniciais para a agricultura
- 03** MACAT
- 04** Mapa de muito grande resolução espacial
- 05** Desafios para o futuro

01

O SMOS

O que é o SMOS?

- O SMOS é uma iniciativa inovadora concebida pela DGT com o objetivo de produzir de forma contínua informação cartográfica relativa ao uso e ocupação do solo.
- É um sistema colaborativo envolvendo a Administração Pública, a academia, o setor privado e o cidadão. Segue uma política de dados abertos.
- O SMOS constitui uma mudança de paradigma na produção de cartografia e utiliza os mais recentes desenvolvimentos das Tecnologias do Espaço e Inteligência Artificial para criar produtos com mais detalhe, qualidade e rapidez.



O que é o SMOS?



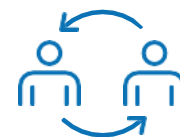
Tecnologias do espaço



Dados abertos



Inteligência artificial



Colaborativo



Monitorização contínua



Eficiência



Mais informação,
mais rigor



Evolutivo





Tecnologias do espaço



Satélites Sentinel-2



Tecnologias do espaço

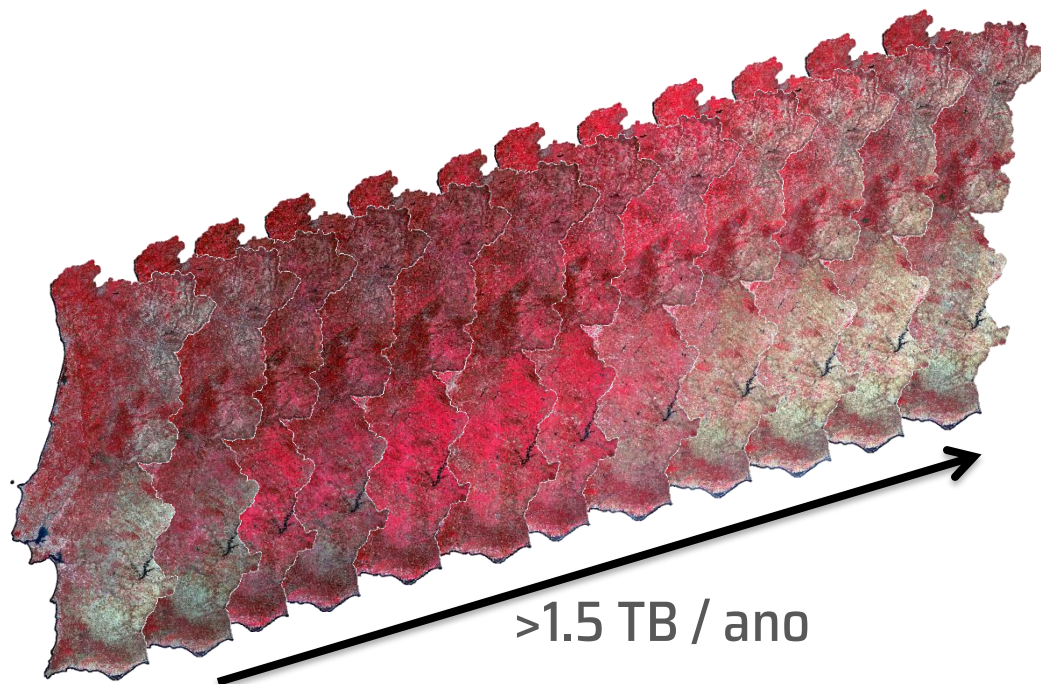
	29TNG	29TPG	29TQG
	29TNF	29TPF	29TQF
29TME	29TNE	29TPE	
29SMD	29SND	29SPD	
29SMC	29SNC	29SPC	
	29SNB	29SPB	

Imagens de 5 em 5 dias
divididas em 17 *granules*.

10 bandas espectrais
de 10 e 20 metros



Inteligência artificial (IA)



Bandas espectrais
Índices de vegetação
Métricas temporais

big data

Inteligência artificial para classificação de
padrões espaciais, espectrais e temporais



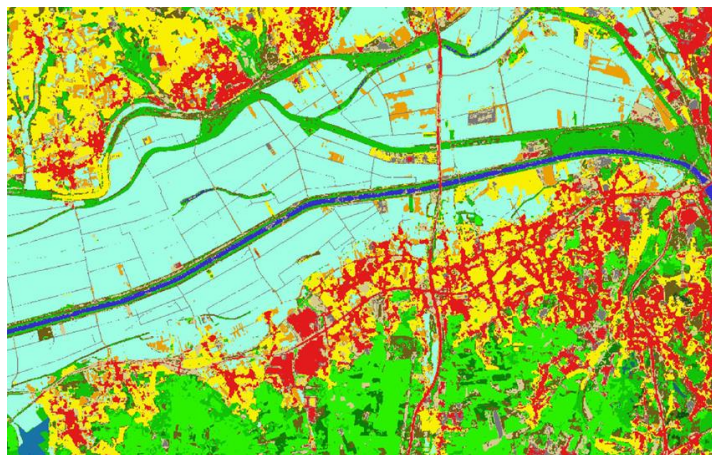
Mais informação, mais rigor

Famílias de produtos



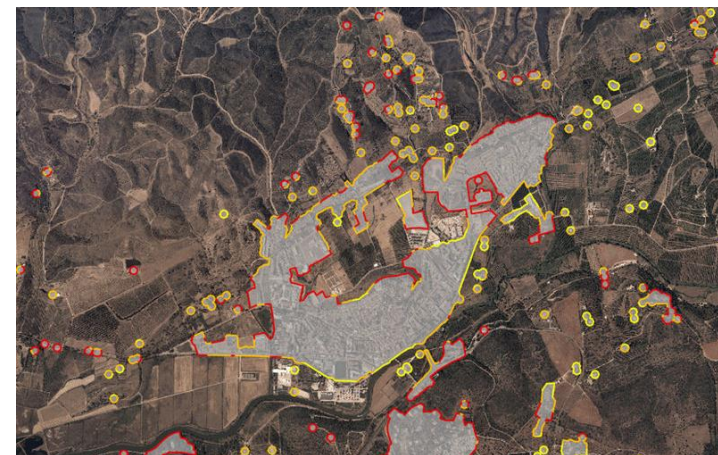
Cartografia de Base

LiDAR
OrtoSat
Ortofotomapas
Mosaicos Sentinel-2



Cartografia de Uso e Ocupação do Solo

COS - Carta de Uso e Ocupação do Solo
COSc - Carta de Ocupação do Solo Conjuntural



Produtos Cartográficos Específicos

MIAEV - Mapas Intra-Anuais do Estado da Vegetação
MACAT - Mapa Anual de Culturas Agrícolas Temporárias
CAE - Carta de Áreas Edificadas
CIAE - Cartas de Interfaces de Áreas Edificadas



Dados abertos

Todos os produtos estão acessíveis através de Visualizadores em smos.dgterritorio.gov.pt

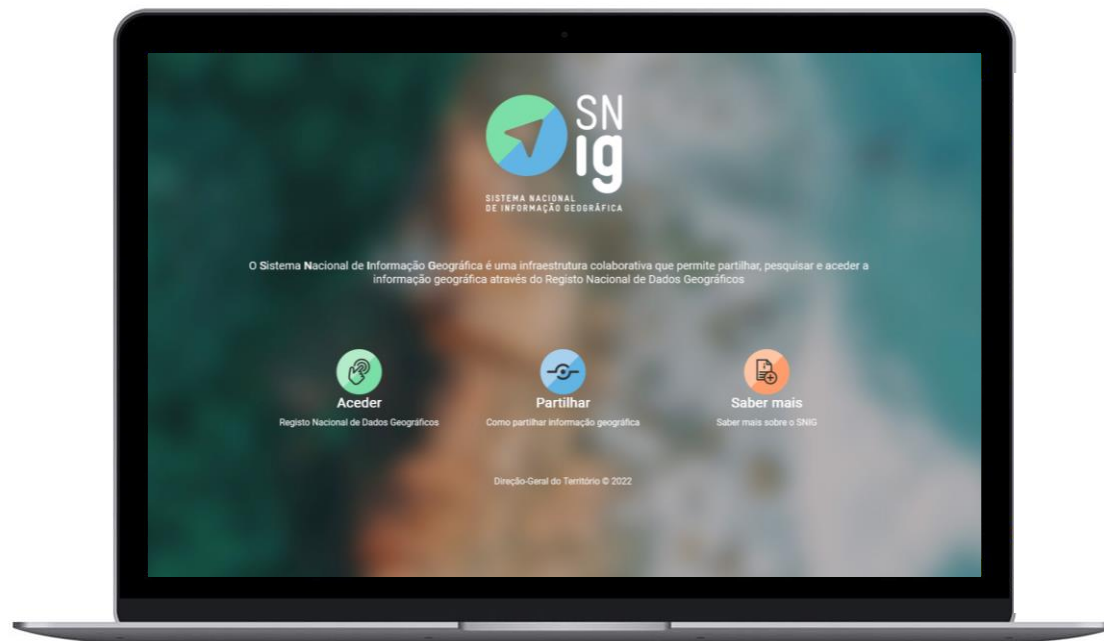


viSMOS • COScid • COSvgi • viLiDAR



Dados abertos

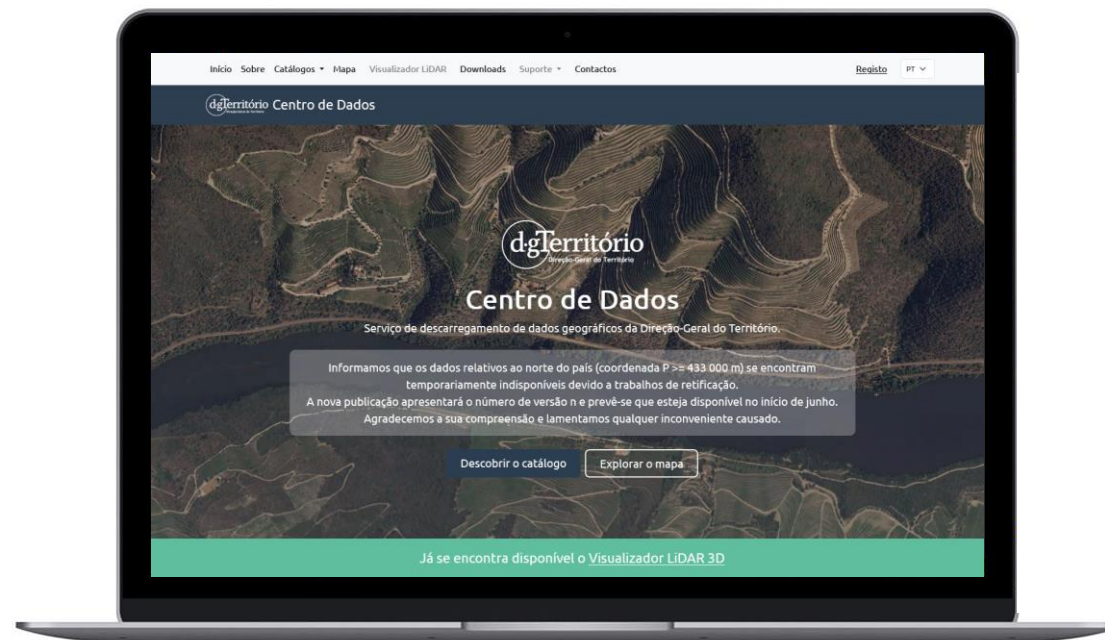
Todos os produtos estão acessíveis através do Sistema Nacional de Informação Geográfica (SNIG) em snig.dgterritorio.gov.pt





Dados abertos

Alguns produtos já estão acessíveis através do Centro de Dados da DGT em cdd.dgterritorio.gov.pt



02

Aplicações iniciais para a agricultura

Produtos SMOS com agricultura

Ortofotomapas

Produtos **raster** com **pixels** de 25 cm a 1m em cor verdadeira e falsa cor.



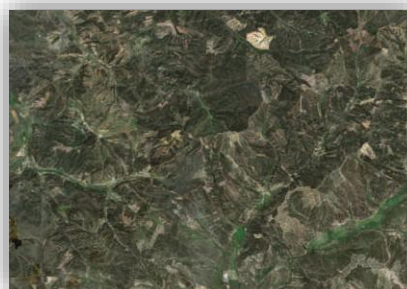
COS – Carta de Uso e Ocupação do Solo

Produto vetorial com 83 classes e uma unidade mínima cartográfica de 1 ha com base em interpretação visual de ortofotomapas.



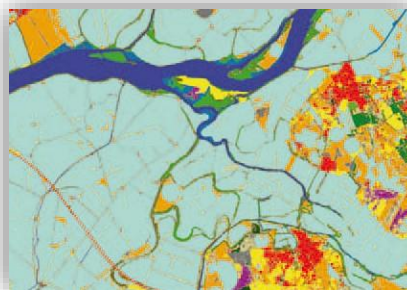
Mosaicos Sentinel-2

Produtos **raster** mensais com **pixels** de 10 m e de cor verdadeira e de cor falsa compostas por várias imagens do mesmo mês, permitindo uma visão sem nuvens.



COSc – Carta de Ocupação do Solo Conjuntural

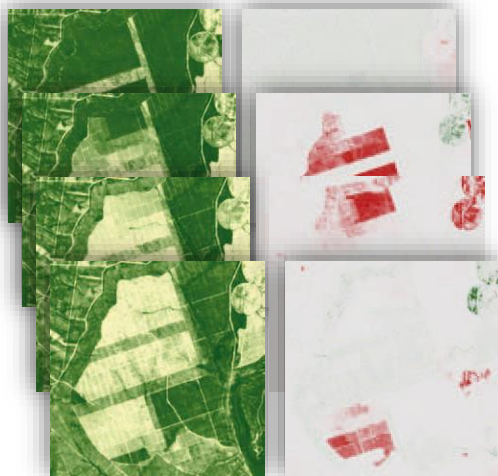
Produto raster anual com 15 classes e pixels de 10 m com base em classificação automática de imagens Sentinel-2 com Inteligência Artificial



Produtos SMOS com agricultura

MIAEV - Mapas Intra-Anuais do Estado da Vegetação

Mapas mensais que caracterizam do vigor vegetativo da vegetação através de indicadores quantitativos calculados com séries multitemporais de imagens de satélite Sentinel-2.



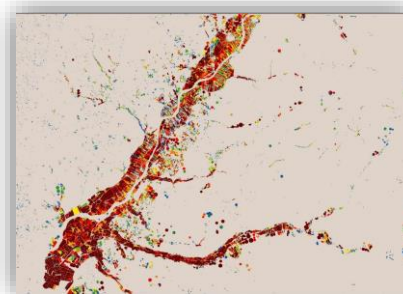
MACAT - Mapa Anual de Culturas Agrícolas Temporárias

Produto raster anual com pixels de 10 metros que representa > 30 culturas agrícolas com base em classificação automática de imagens Sentinel-2 e algoritmos de Inteligência Artificial.



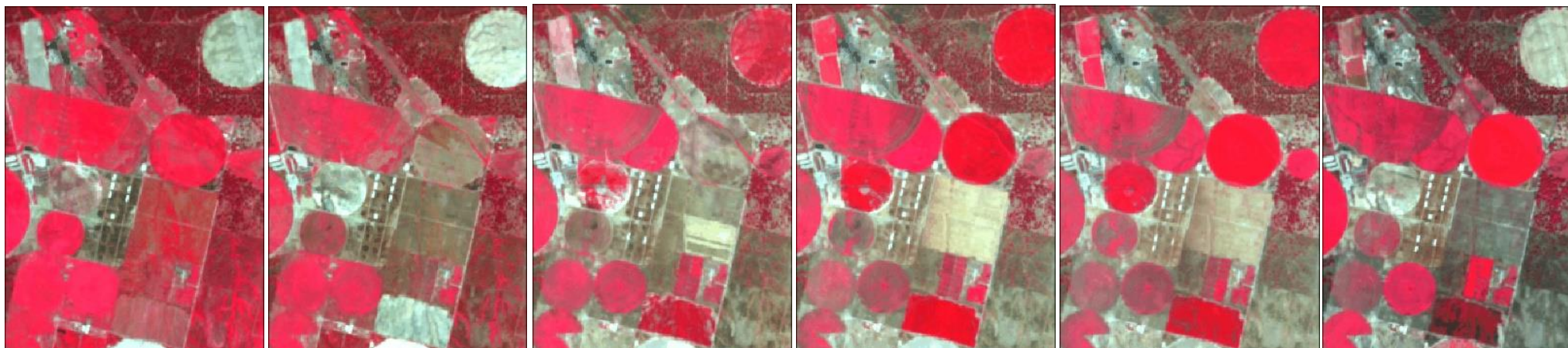
MMCAPV* - Mapa Multianual de Culturas Anuais de Primavera-Verão

Produto raster anual com pixels de 10 metros que identifica a localização das culturas de primavera-verão com imagens Sentinel-2.



* Não publicado

Compósitos Sentinel-2



Abril

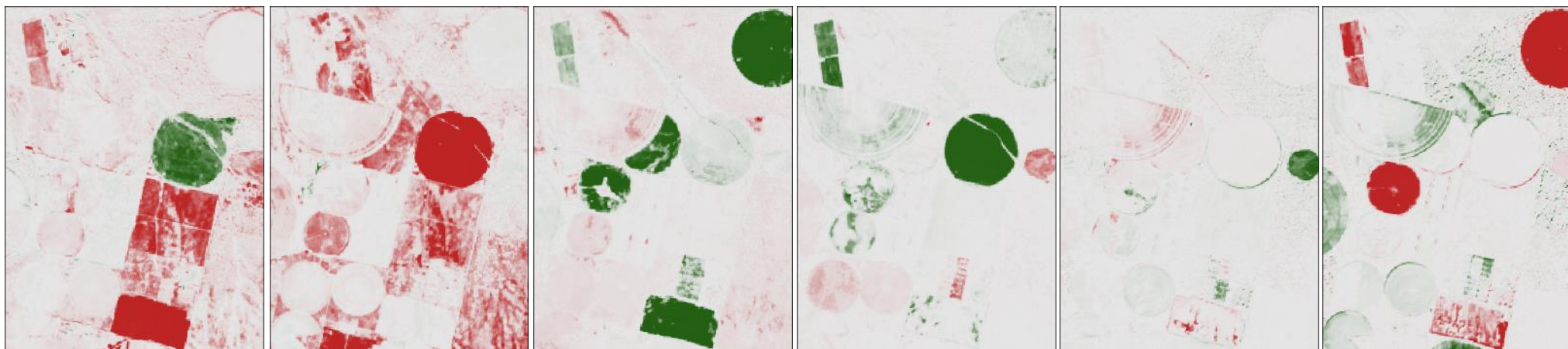
Maio

Junho

Julho

Agosto

Setembro



MIAEV: Diferença Mensal da Verdura da Vegetação (DMVV)

Compósitos Sentinel-2



Abril

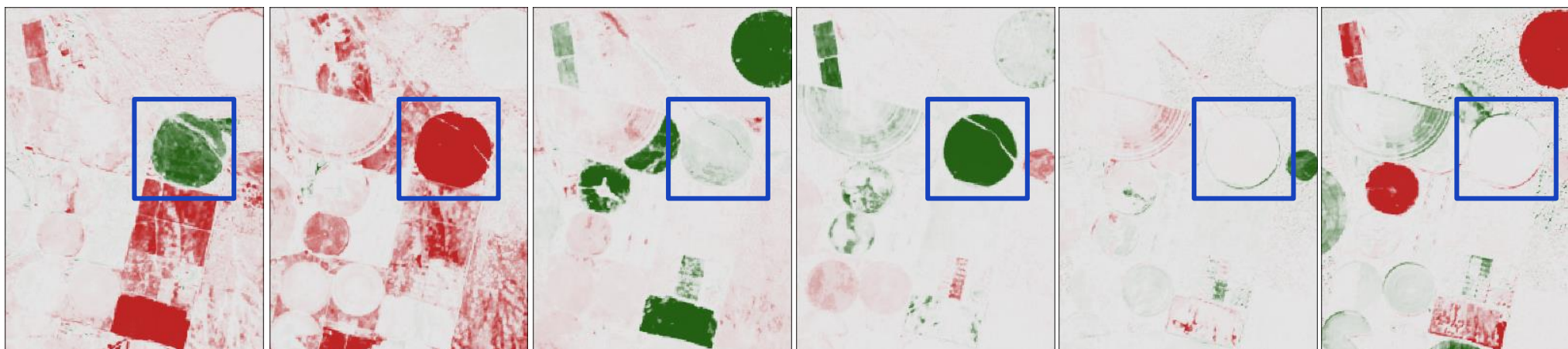
Maio

Junho

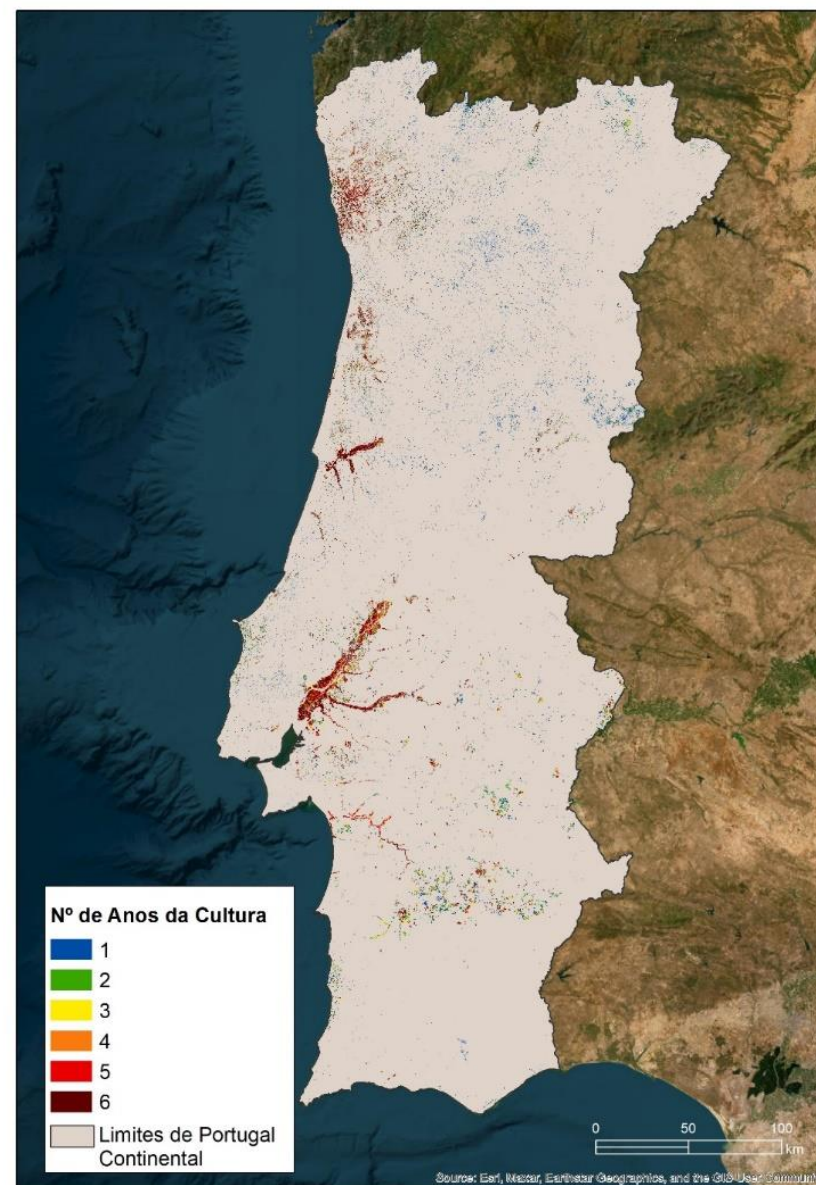
Julho

Agosto

Setembro



MIAEV: Diferença Mensal da Verdura da Vegetação (DMVV)



03

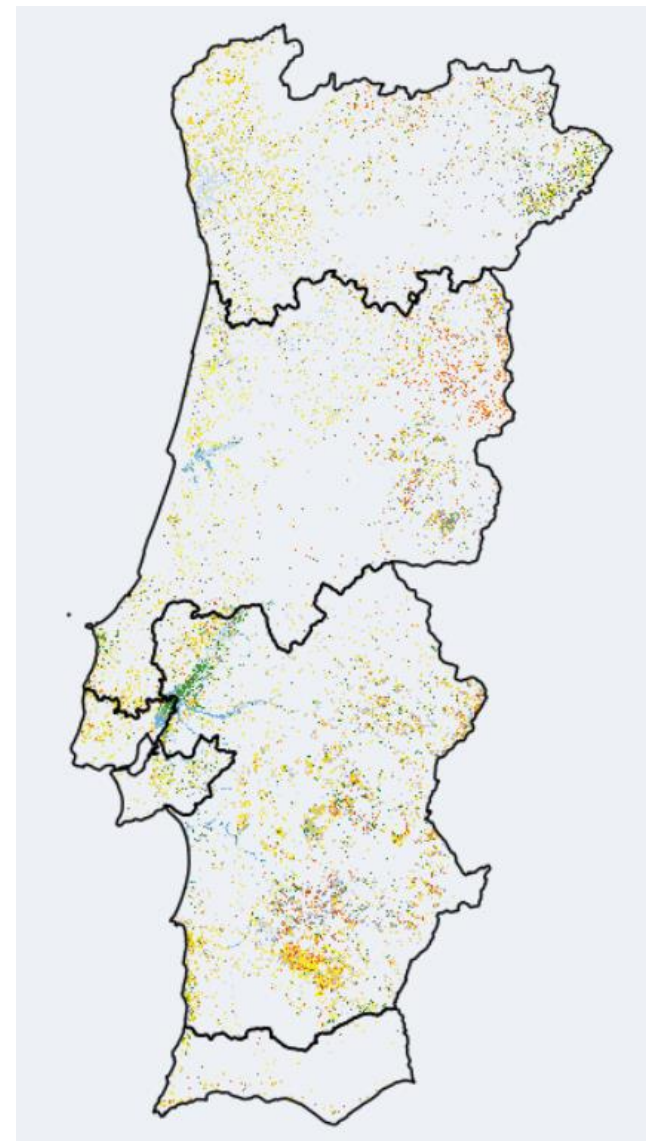
MACAT

Mapa Anual de Culturas Agrícolas Temporárias

MACAT

Características principais

- Atualização anual
- Classificação de imagens Sentinel-2 com Random Forest treinado com informação do Sistema de Identificação Parcelar (SIP) do Instituto de Financiamento da Agricultura e Pescas (IFAP)
- Mais de 30 classes
 - > 30 culturas temporárias
 - Matos
 - Vegetação herbácea espontânea
 - Superfície sem vegetação
- Não inclui culturas permanentes, pastagens melhoradas, agricultura protegida e viveiros, e áreas agrícolas heterogêneas
- Herda outras características técnicas da COSc (mapa raster com pixel de 10m, etc.)



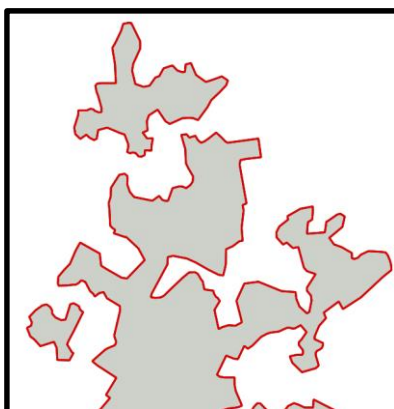
MACAT

Nomenclatura

	Código	Nome		Código	Nome		
COSc	410	Matos	Hortícolas	1306	Nabo		
	420	Vegetação herbácea espontânea		1307	Couve		
	500	Superfícies sem vegetação		1308	Cebola		
Cereais	1101	Aveia		1309	Cenoura		Leguminosas
	1102	Azevém		1310	Beterraba		
	1103	Trigo		1311	Courgete		
	1104	Triticale		1312	Pimento		
	1105	Centeio		1314	Outras Hortícolas		
	1106	Cevada		1401	Tremocilha		
	1201	Milho		1402	Ervilha		
	1202	Sorgo	1403	Grão de bico			
	1203	Arroz	1404	Fava			
	Hortícolas	1204	Girassol	1405	Trevo		
1301		Abóboras e Aboborinhas	1406	Feijão			
1302		Batata	1407	Tremoço			
1303		Tomate	1408	Consociação de fixadoras de azoto			
1304		Batata doce	1409	Ervilhaça			
	1305	Melão	1411	Outras Leguminosas			

MACAT

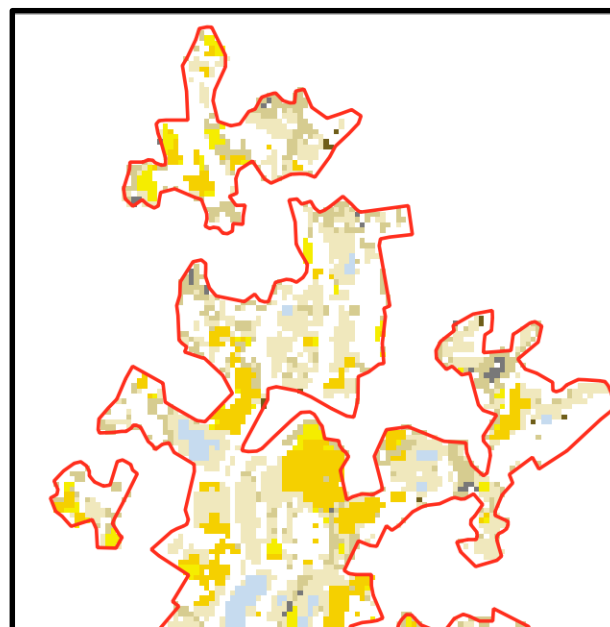
Cobertura espacial



Agricultura da COS2018



Agricultura da COSc



MACAT

- Matos
- Vegetação Herbácea
- Superfície sem Vegetação
- Culturas temporárias

- Matos
- Vegetação Herbácea
- Superfície sem Vegetação
- Aveia
- Avezém
- Trigo
- Triticale
- Centeio
- Cevada
- Milho
- Sorgo
- Arroz
- Girassol
- Abóboras e Aboborinhas
- Batata
- Tomate
- Batata doce
- Melão
- Nabo
- Couve
- Cebola
- Cenoura
- Beterraba
- Courgete
- Pimento
- Outras Horticolas
- Tremocilha
- Ervilha
- Grão de bico
- Fava
- Trevo
- Feijão
- Tremoço
- Consiação fixadoras azoto
- Ervilhaça
- Outras Leguminosas secas

MACAT

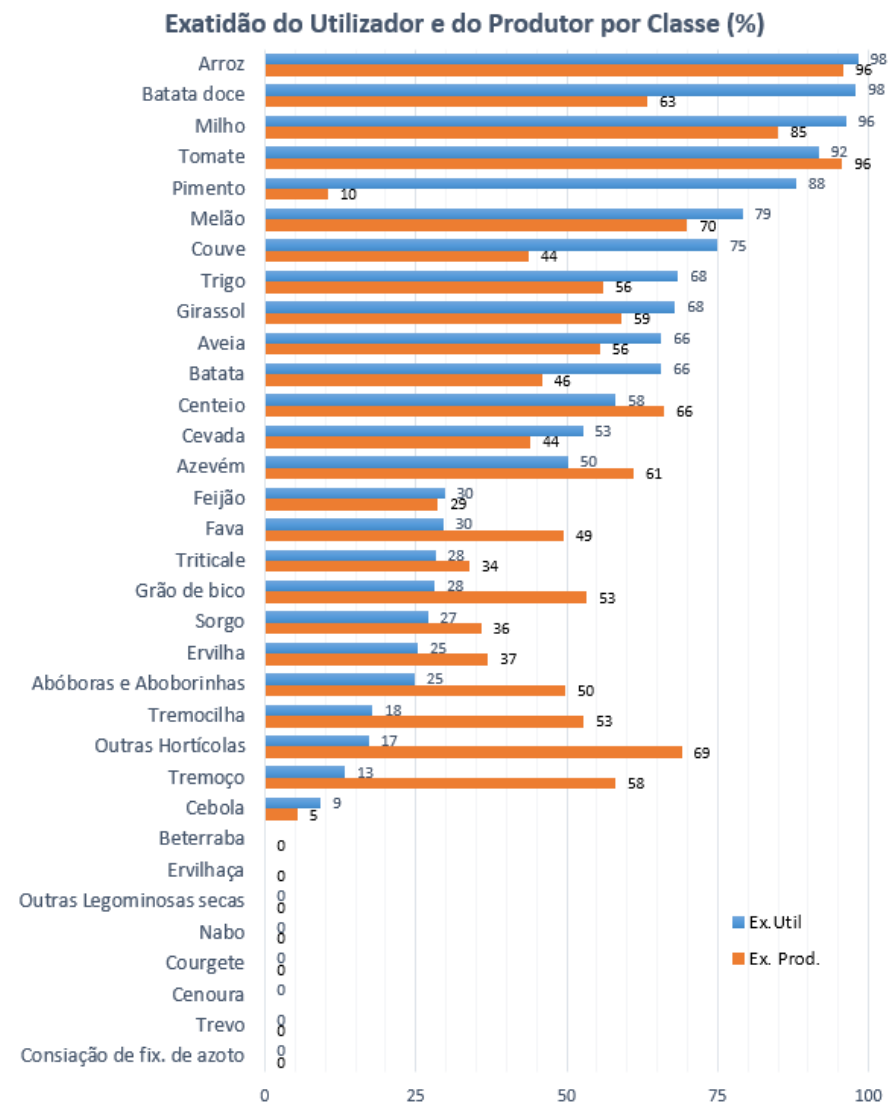
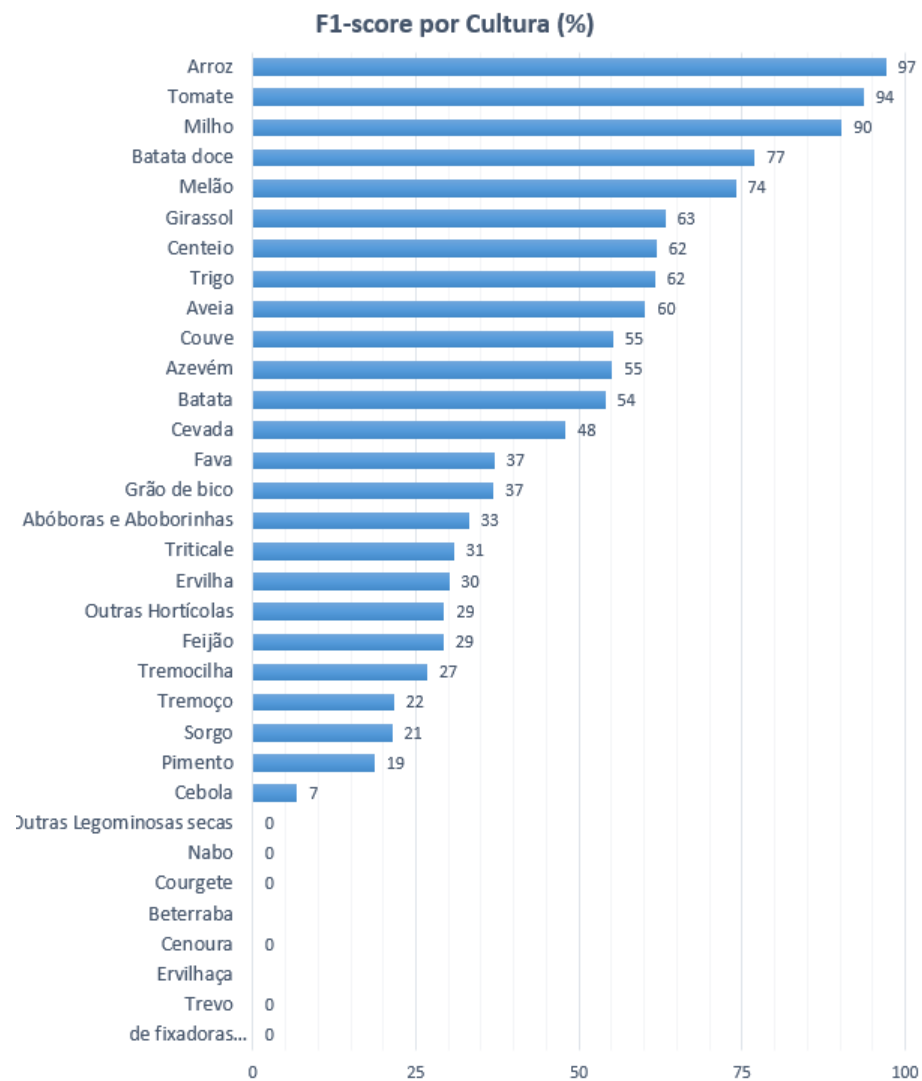
Validação

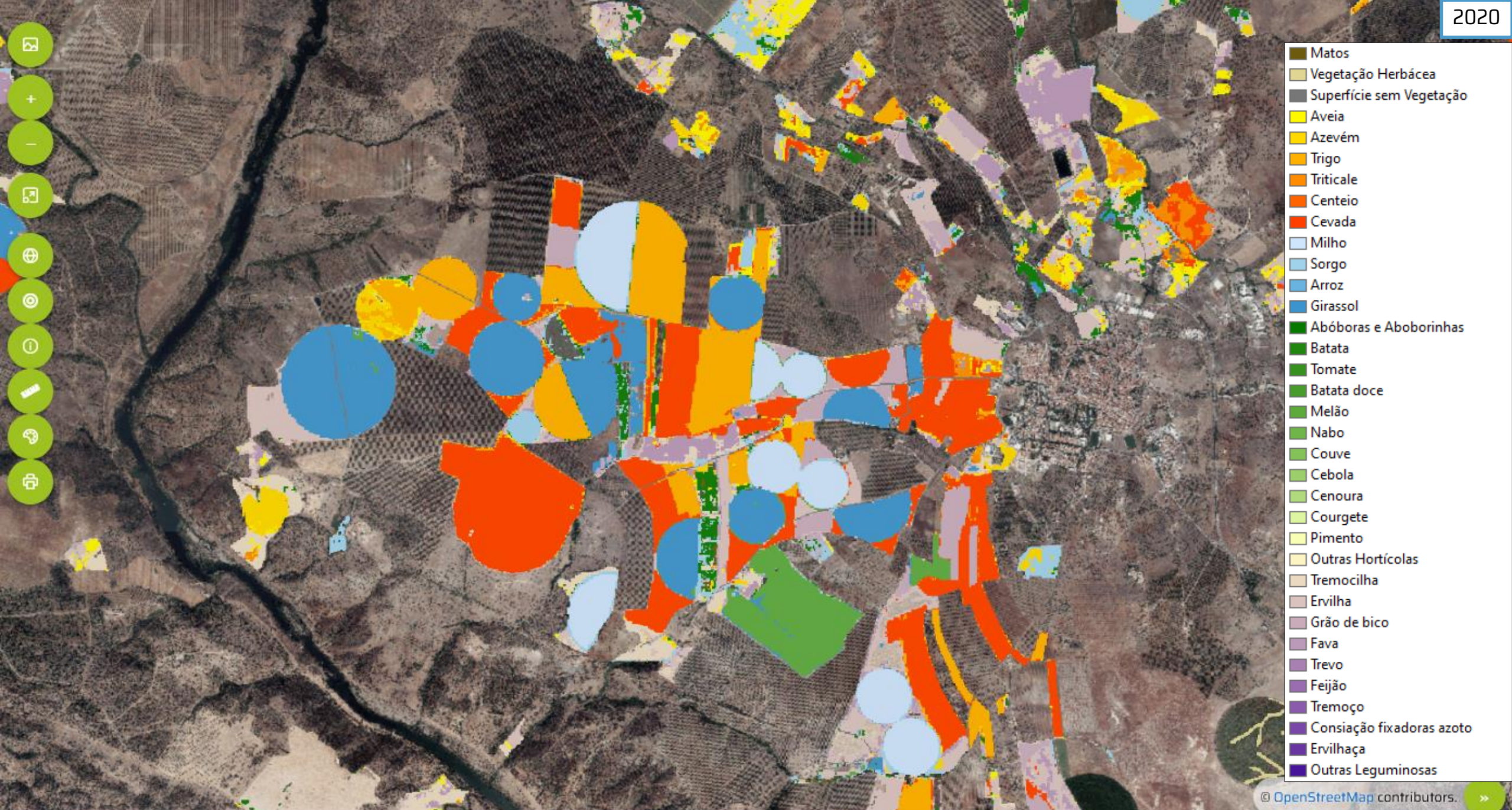
- ~73% de exatidão global quando é cultura no MACAT e SIP

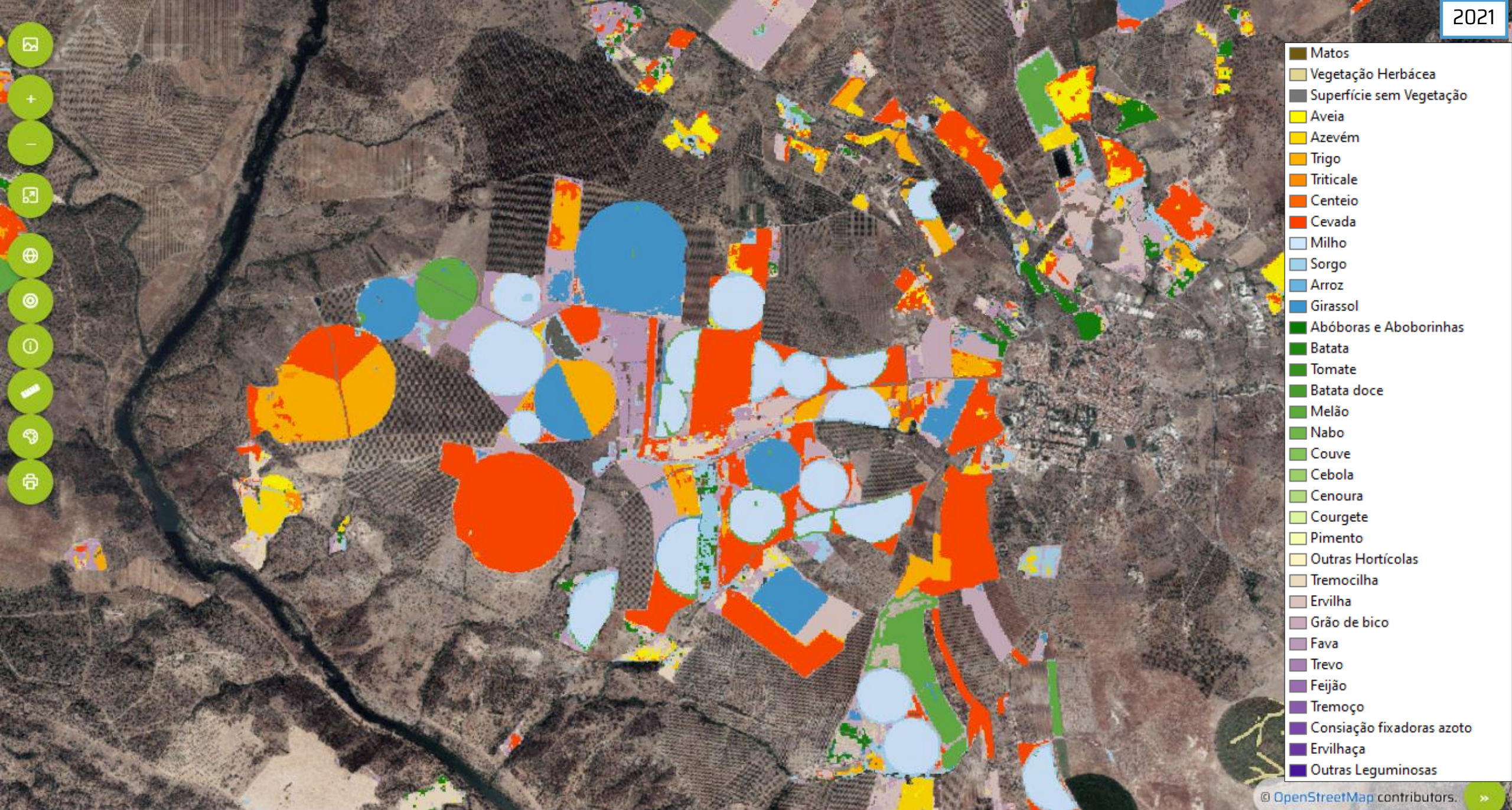
Matriz validação 1 - organizada por: Cereais, Hortícolas e Leguminosas																																Total Geral					
		Aveia	Azevém	Trigo	Triticale	Centeio	Cevada	Milho	Sorgo	Arroz	Girassol	Aboboras e Aboborinhas	Batata	Tomate	Batata doce	Melão	Nabo	Couve	Cebola	Cenoura	Beterraba	Courgete	Pimento	Outras Hortícolas	Tremocilha	Ervilha	Grão de bico	Fava	Trevo	Feijão	Tremoço	Consição de fixadoras de azoto	Ervilhaça	Outras Leguminosas secas			
Soma de Shape_area_ha	codigo	1101	1102	1103	1104	1105	1106	1201	1202	1203	1204	1301	1302	1303	1304	1305	1306	1307	1308	1309	1310	1311	1312	1314	1401	1402	1403	1404	1405	1406	1407	1408	1409	1411	Ex.Util		
Aveia	1101	1042	101	137	48	31	35	71	37	0	2	4	3	0	0	0	0	2	0			0	0	16	13	13	2	14	0	8	1	2		0	1587	66	
Azevém	1102	142	453	25	30	6	6	136	24	0	14	5	2	1	0	0	1	1			0	0	0	10	4	9	0	3	7	1	1	19		0	903	50	
Trigo	1103	141	8	740	76	19	81	2	4		0	0	0	0		1		0	0			0	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0		0	1081	68	
Triticale	1104	122	0	170	148	15	46	0	2		0	0	0	0	0	1		0	0				0	7	1	1	9	1	0					0	525	28	
Centeio	1105	95	5	32	4	235	1	9	6			1	4	0		0	4	0				0	2	0	0	2		0	3	0	0		0	404	58		
Cevada	1106	49	2	82	64	0	229	4	1		0	0	0	0		1		0	0				0	1	0	0	0	0	0				0	435	53		
Milho	1201	14	75	1	0	10	7	6421	29	13	12	6	26	10	0	0	1	1	0			0	14	0	18	2	0	0	9	0	0	0	0	6671	96		
Sorgo	1202	22	30	29	2	5	4	149	172	34	11	16	9	36	0	8	0	0				0	1	9	0	3	6	0	47	47	0	5	0	1	646	27	
Arroz	1203	0	0	0	0						1	1429	0	0									0	0	0	0	0		0	0				0	1454	98	
Girassol	1204	1	5	1	0		1	30	7	3	186	5	0	17		7						1	1	1	0	0	3	0		3			0	0	274	68	
Abóboras e Aboborinhas	1301	23	12	6	1	4	3	32	65	0	23	82	2	1	0	20	1	3	0			2	0	3	1	27	1	0	0	18	1	0	0		0	331	25
Batata	1302	2	0	0	0	0	0	40	0	0	0	0	98	1	0		0	1	1			0	0	4		0	0	0		0				0	149	66	
Tomate	1303	0	1	0	0	0	0	59	3	12	49	2	20	2029	1	21		1				1	11	0		0	0	0					0	0	2211	92	
Batata doce	1304		0					0							9								0	0						0				9	98		
Melão	1305	0	0	1			1	3			10	0		23		152				1			0			1	1							192	79		
Nabo	1306	0	0			0		0	0									0								0				1				2	0		
Couve	1307	2	1	0				1	0			0	0		0			17	0				0				0							23	0		
Cebola	1308		0	0				0					1		0			1	0									0						3	9		
Cenoura	1309							0										0	0									0							0	0	
Beterraba	1310																	0						0	0										0		
Courgete	1311			0				0										0						0											1	0	
Pimento	1312							0							0								2												3	88	
Outras Hortícolas	1314	58	29	6	14	17	1	483	31	0	1	20	45	1	3	1	2	12	1		0	0	4	155	0	1	1	0	0	13	1	0		0	901	17	
Tremocilha	1401	73	7	27	12	1	6	2	7		0	2	0	0	0	0	0	0					0	38	20	1	8	8	0		1		0	215	18		
Ervilha	1402	11	4	9	15	0	25	34	19		1	5	1	0	3	12						0	1	2	59	25	4	0	0		0	2		231	25		
Grão de bico	1403	2	3	26	1	0	29	9	59	0	3	6	1	2		2	3			0		1	2	3	1	6	67	2		8		0	2	0	238	28	
Fava	1404	17	2	20	21		43	1	1		1	1		0		2	0		0				0	4	1	0	48	1			1		0	162	30		
Trevo	1405	2	2			0		0	0															0										4	0		
Feijão	1406	28	0	2	0	5	0	38	11	0	0	6	1		0		0	0			0		5	0	0	11			46	1	0		0	154	30		
Tremoço	1407	31	1	6	0	7	0	3	1		0	2	0	0		0	0						1	0				0	0	8		0		0	61	13	
Consição de fixadoras de az	1408	1	0					0	0																					2					3	0	
Ervilhaça	1409																																		0	0	
Outras Leguminosas secas	1411							0							0									0											0	0	
Total Geral		1878	742	1320	437	355	520	7551	480	1491	315	165	214	2121	14	218	24	40	4	0	1	5	23	225	73	159	126	97	66	160	14	29	3	4	18875	Ex.Glob	
Ex. Prod.		56	61	56	34	66	44	85	36	96	59	50	46	96	63	100	0	44	5		0	0	10	69	53	37	53	49	0	29	58	0	0	0		73.46	

MACAT

Validação







04

Mapa de ocupação do solo de muito grande resolução espacial

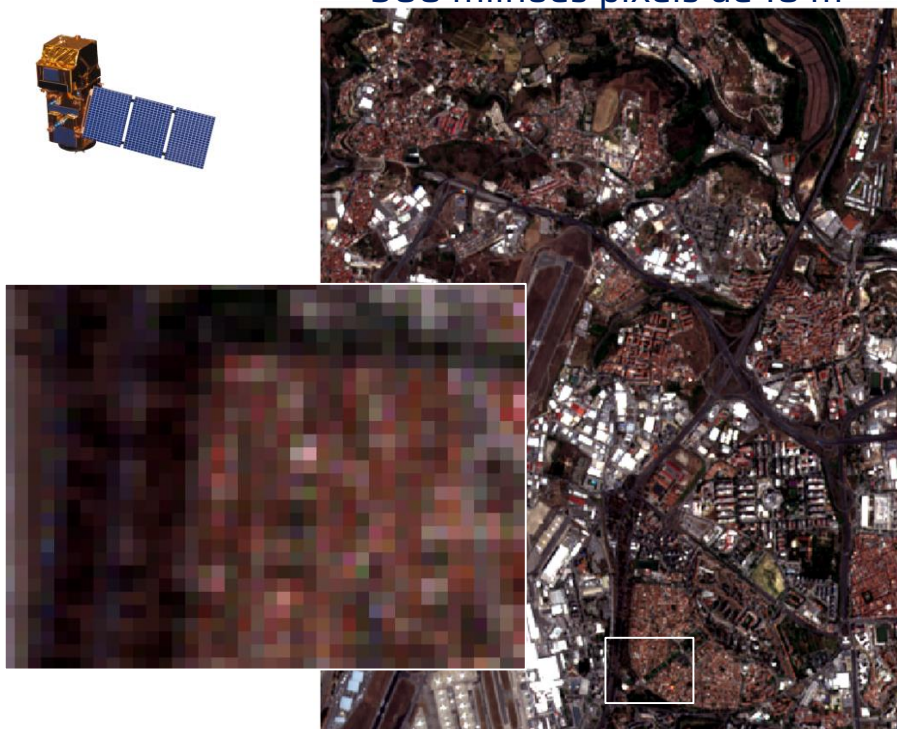
Mapa de muito grande resolução

- Explorar a cobertura de imagens de satélite OrtoSat2023 com pixels de 30cm, e os ortofotomapas de 2025 com 25 cm
- Testar um modelo Deep Learning desenvolvido pelo LIP (Laboratório de Instrumentação e Física Experimental de Partículas)
- Produzir o primeiro mapa de ocupação do solo para Portugal Continental baseado em imagens de muito grande resolução espacial

Mapa de muito grande resolução

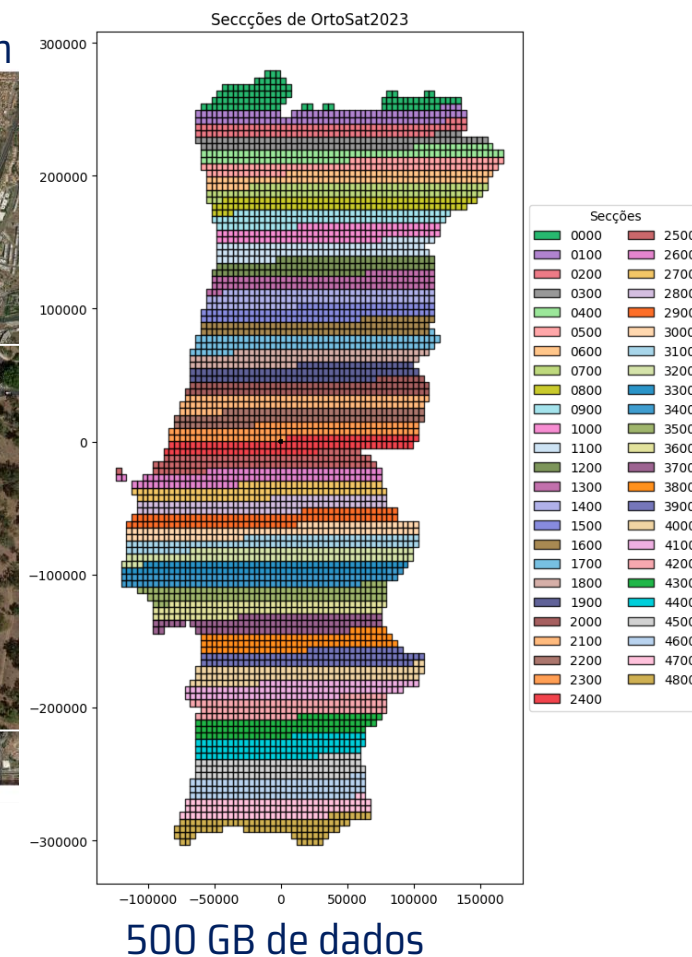
Sentinel-2

900 milhões pixels de 10 m



Pléiades Neo

8100 milhões pixels de 30 cm



Mapa de muito grande resolução

Porquê Deep Learning?

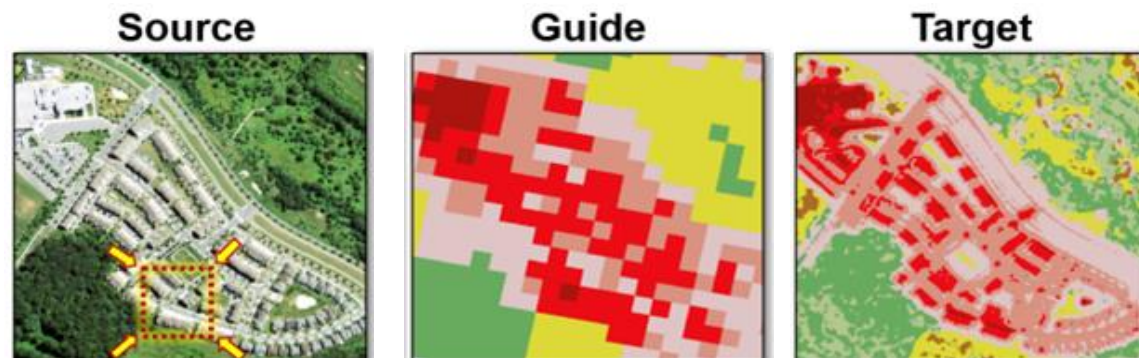
- Para capturar e interpretar o contexto espacial de cada pixel, de forma generalizável, para várias classes de ocupação
- Para analisar grandes volumes de dados
- Para automatizar o processo de produção de mapas a larga escala



Mapa de muito grande resolução

Paraformer

- Limitação na informação disponível para a resolução das imagens
 - Difícil etiquetagem dos pixels
- Recurso a técnicas de treino “weak supervision” para guiar o treino de baixa resolução (disponível) para grande resolução espacial
- Combinação de rede neural convolucional (CNN) com transformer
 - Gera mapas de alta resolução a partir de mapas de ocupação de território com resolução mais baixa



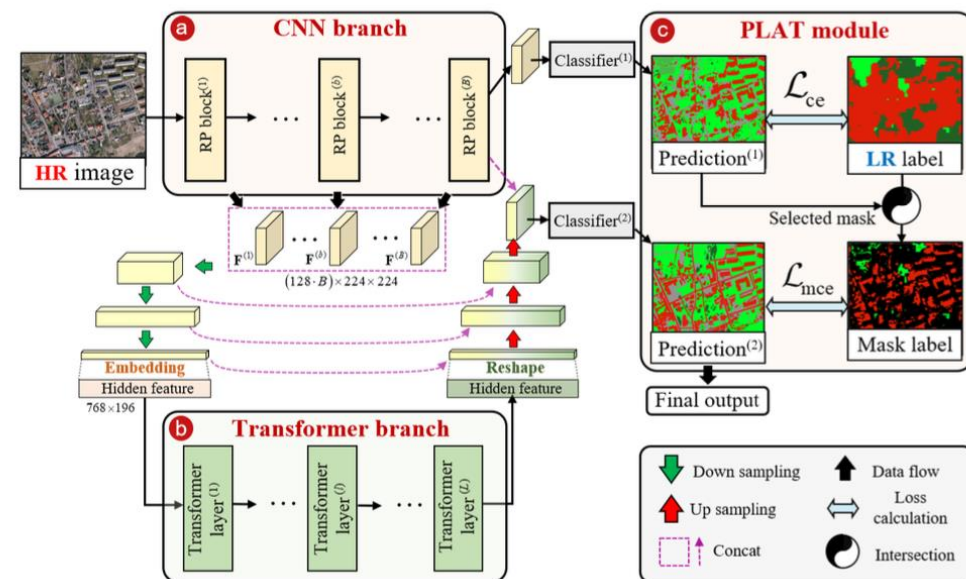
Learning without Exact Guidance: Updating Large-scale High-resolution Land Cover Maps from Low-resolution Historical Labels

Zhuohong Li, Wei He, Jiepan Li, Fangxiao Lu, Hongyan Zhang

Mapa de muito grande resolução

Paraformer

- A CNN captura detalhes locais
 - Utiliza filtros de tamanhos variados (1x1, 3x3, 5x5) para detetar padrões em pixels próximos
- O Transformer captura o contexto global
 - Detecta correlações entre pixels a escalas maiores e complementa a informação extraída pela CNN
- A previsão final do modelo é a intersecção entre as duas componentes



Mapa de muito grande resolução

Dados de treino

- Ponto de partida: Carta de Ocupação do Solo Conjuntural (COSc)
- Resolução espacial: 10 m

Classes	
0 - No data	
1 - Edifícios	
2 - Estrada de Alcatrão	
3 - Outro Artificializado	
4 - Culturas temporárias OI	
5 - Culturas temporárias PV	
6 - Estufas	
7 - Culturas permanentes - Vinhas	
8 - Culturas permanentes - Pomares	
9 - Culturas permanentes - Olivais	
10 - Outra Agricultura	
11 - Sobreiro ou Azinheira em floresta	
12 - Sobreiro ou Azinheira em SAF	
13 - Eucalipto	
14 - Eucalipto jovem	
15 - Outras folhosas	
16 - Pinheiro Bravo	
17 - Pinheiro manso em floresta	
18 - Pinheiro manso em SAF	
19 - Outras resinosas	
20 - Matos	
21 - Pastagem	
22 - Rocha Nua	
23 - Solo nú temporário	
24 - Solo improdutivo	
25 - Estrada não pavimentada	
26 - Zonas húmidas	
27 - Água	

OrtoSat



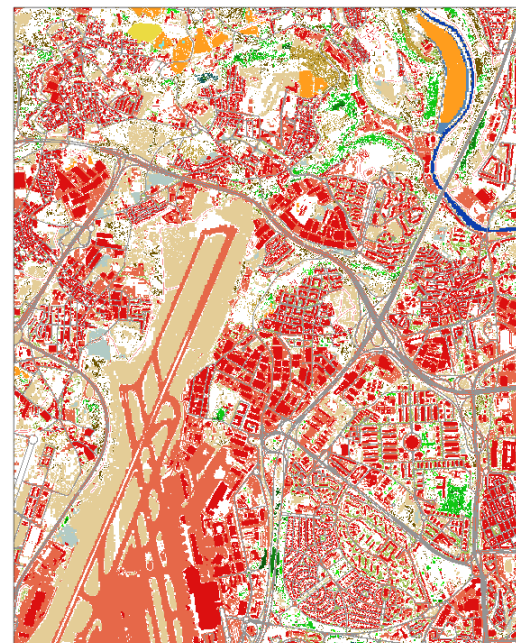
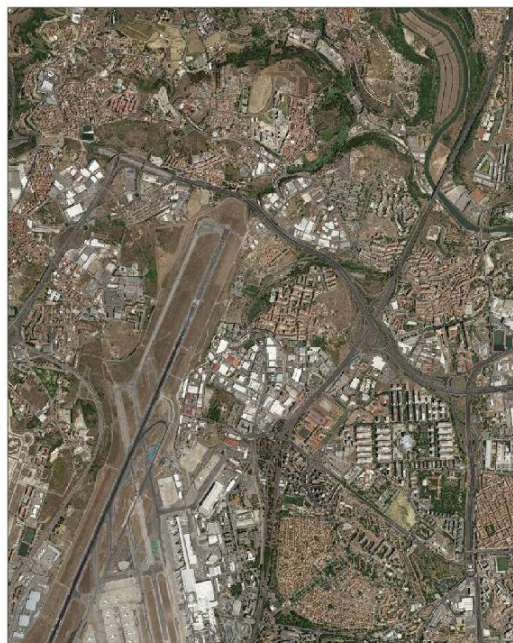
COSc2023



Mapa de muito grande resolução

Dados de treino

- Evolução: COSc + cruzamento e filtragem espacial com outra cartografia
 - COS2023 (classes não presentes na COSc), OpenStreetMaps (estradas), Building Footprints com edifícios LIDAR, Canopy Height Model de dados LiDAR, NDVI
- Resolução espacial BDR: 1 m
- Pixels sem “etiqueta” quando a confiança é baixa
- Dois níveis temáticos: Nível-2 com 22 classes e Nível-1 com 14 classes

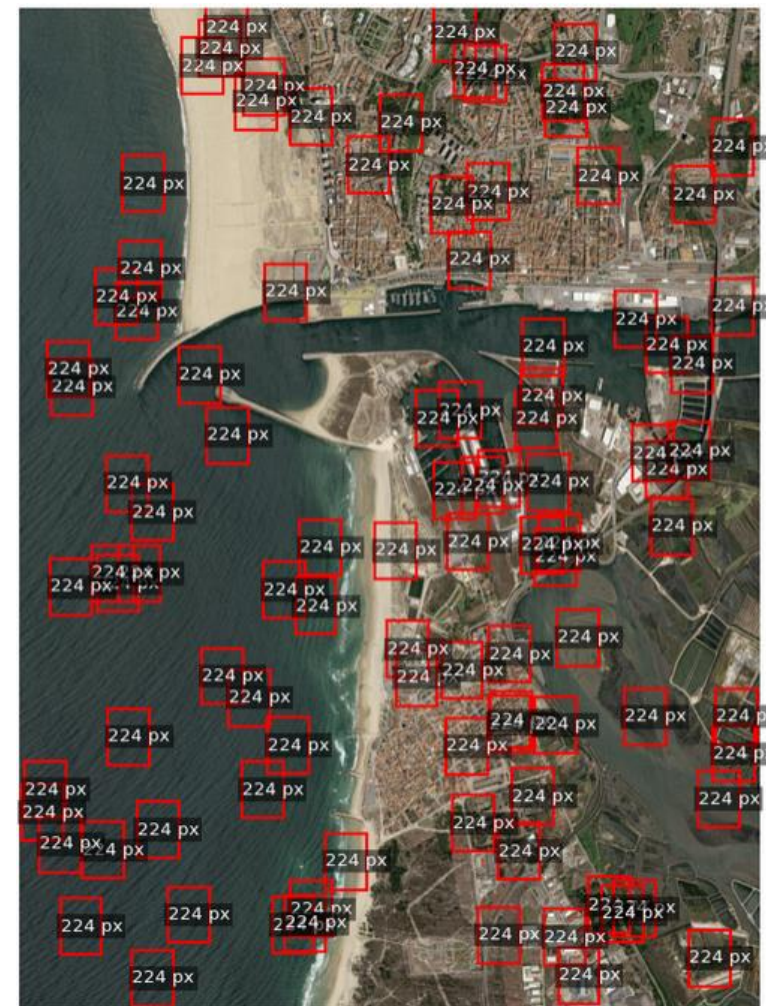


- | | |
|---|-----------------------------|
| 1: Edifícios | 12: Outras folhosas |
| 2: Estrada | 13: Pinheiro bravo |
| 3: Outro artificializado | 14: Pinheiro manso |
| 4: Árvore em urbano | 15: Outras resinosas |
| 5: Culturas temporárias Outono/Inverno | 16: Matos |
| 6: Culturas temporárias Primavera/Verão | 17: Vegetação Herbácea |
| 7: Estufas | 18: Rocha Nua |
| 8: Vinhas | 19: Solo Nu Temporário |
| 9: Árvore agrícola | 20: Estrada não pavimentada |
| 10: Sobreiro e Azinheira | 21: Zonas húmidas |
| 11: Eucalipto | 22: Água |

Mapa de muito grande resolução

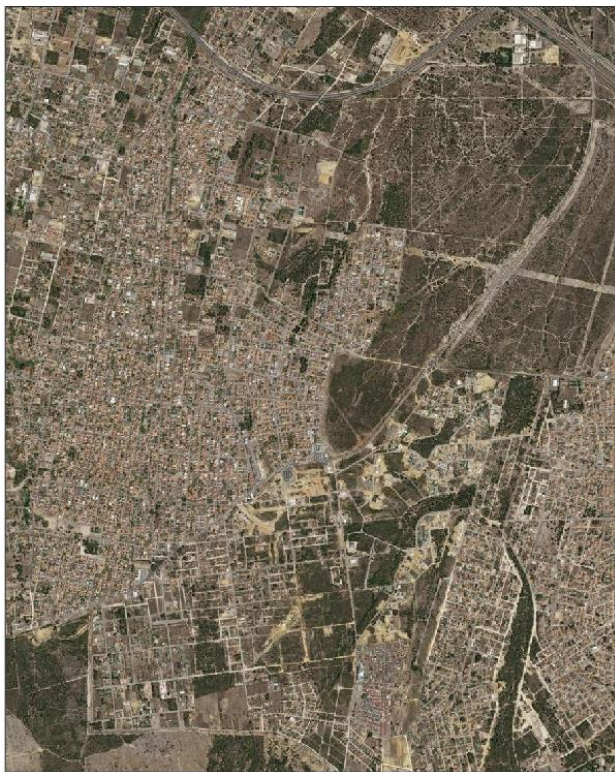
Treino

- 100 “tiles” escolhidos pelo território al locais de alta entropia temática
- Cara “tile” contribui com “chips” de 224x224 pixels com localização aleatória
- Aumento de dados: rotation, flip, color jitter
- Parâmetros:
 - Learning rate: 0.01, 0.001, ...
 - CNN width: 64 - leve, 128 - normal
 - RP kernels: 1x1 - 3x3 - 5x5 ou 2x2 - 5x5 - 7x7
 - Transformer dropout rate: 0.1



Mapa de muito grande resolução

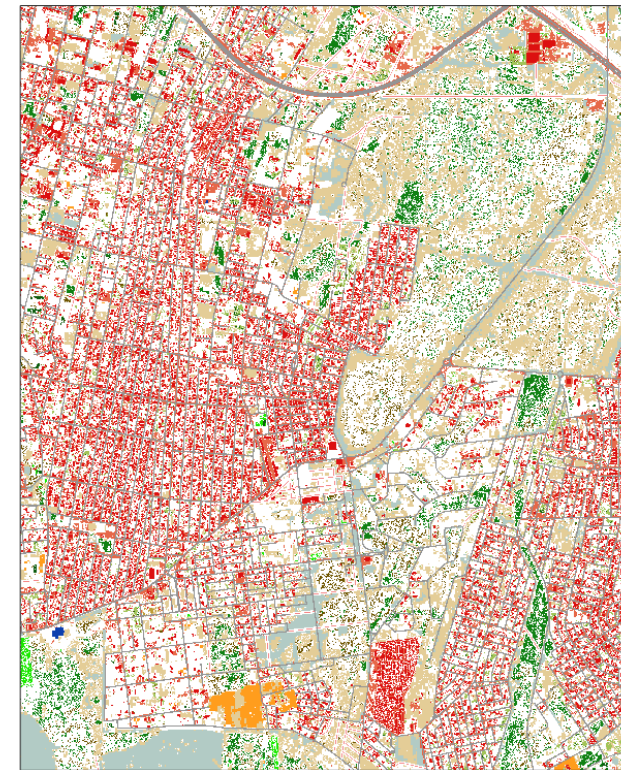
Resultados preliminares



OrtoSat



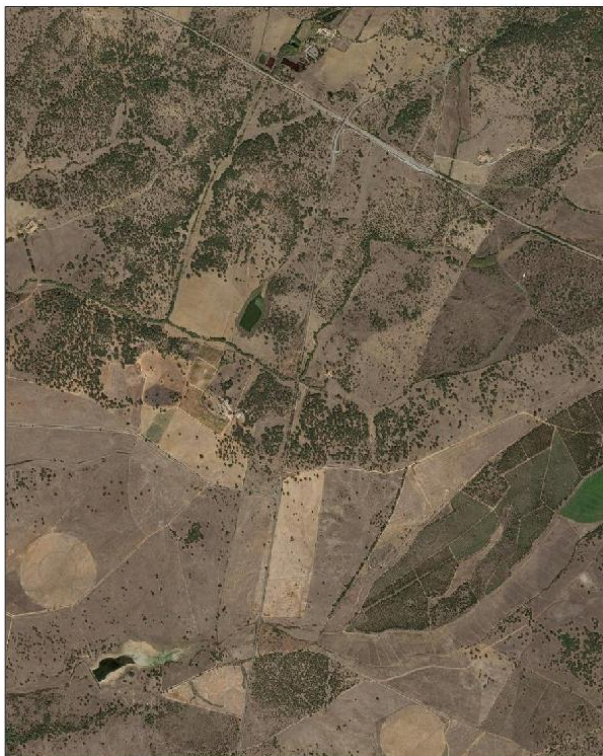
Classificação - Nível-2



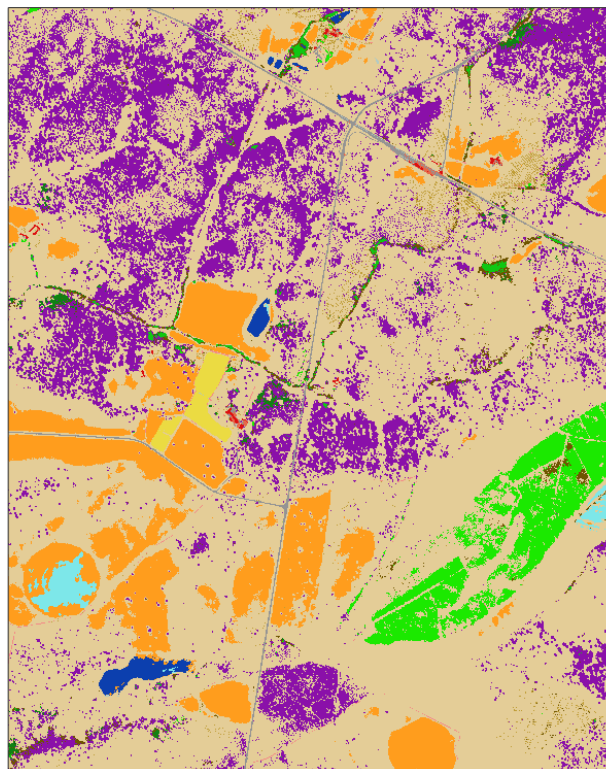
BDR

Mapa de muito grande resolução

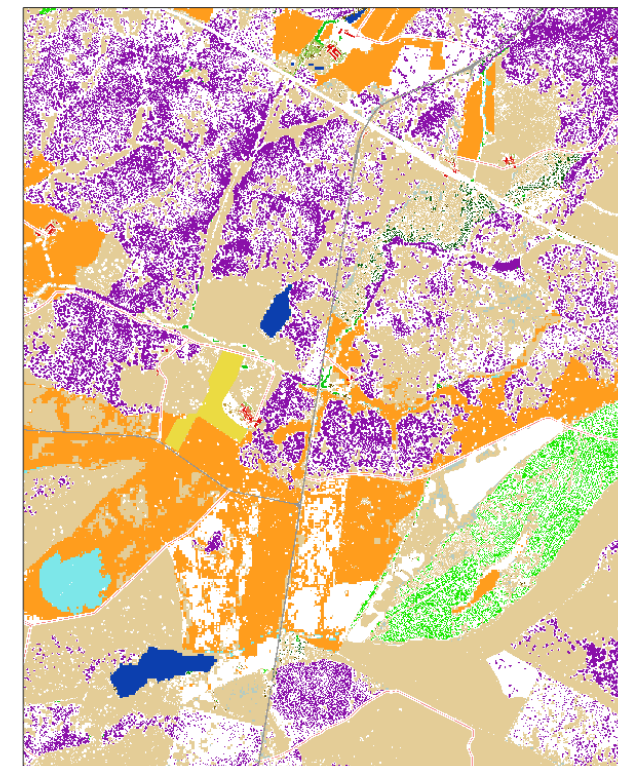
Resultados preliminares



OrtoSat



Classificação - Nível-2



BDR

Mapa de muito grande resolução

Resultados preliminares



OrtoSat



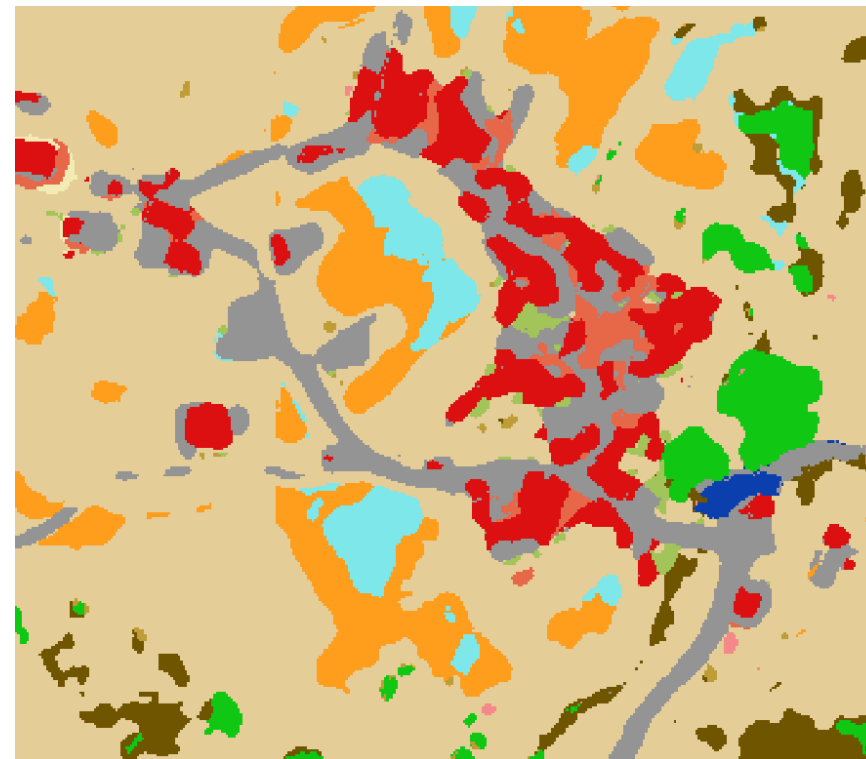
Classificação - Nível-2

Mapa de muito grande resolução

Resultados preliminares



OrtoSat



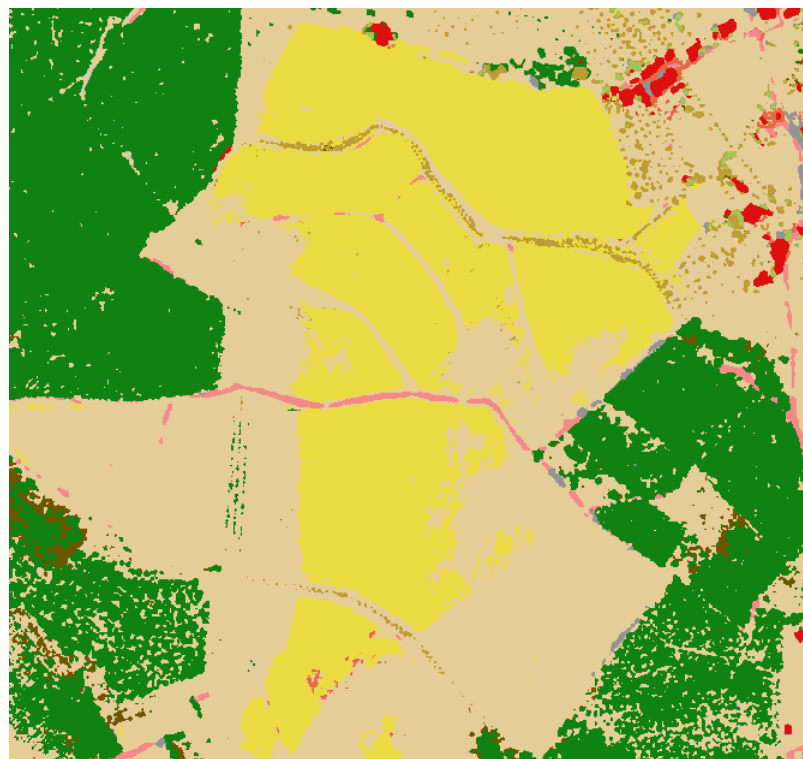
Classificação - Nível-2

Mapa de muito grande resolução

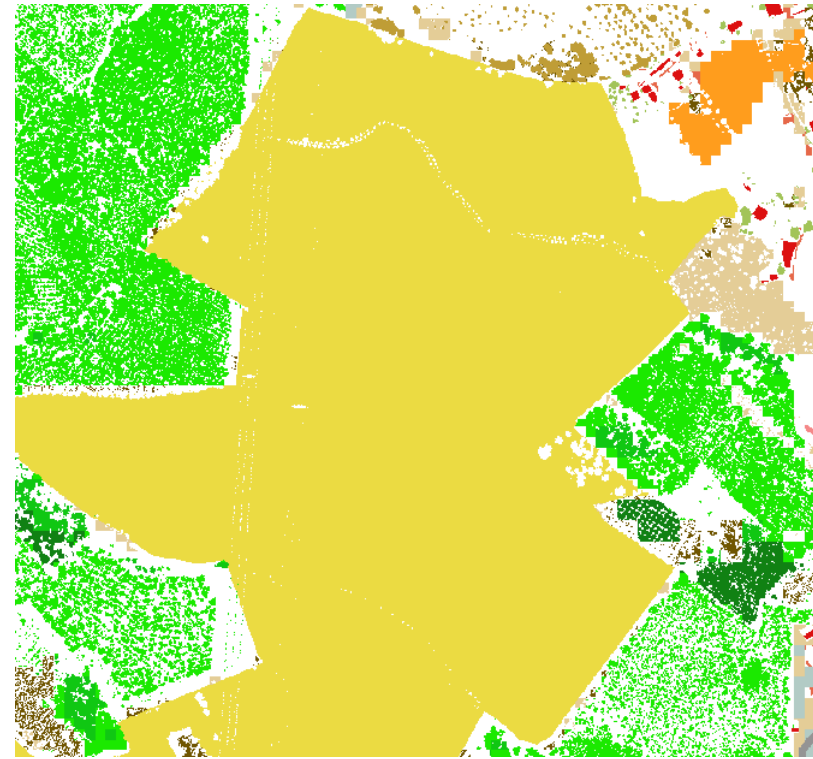
Resultados preliminares



OrtoSat



Classificação - Nível-2



BDR

Mapa de muito grande resolução

Conclusões

- Mapa de ocupação do solo produzido a 1 m capta o contexto geral da paisagem:
 - áreas urbanas, áreas agrícolas e áreas florestais ou naturais são bem
- Confusão entre culturas anuais, pastagens e outra vegetação herbácea
- Imagens não contêm informação temporal suficiente
- Detalhe espacial ajuda a distinguir agricultura permanente

05

Desafios para o futuro

Desafios para o futuro

Principais desafios identificados na classificação da agricultura

1. Dados de treino de qualidade;
2. Semelhança espectral entre muitas culturas agrícolas;
3. Elevada variabilidade intra-classe de ano para ano;
4. Forte desequilíbrio entre classes (culturas raras versus culturas dominantes);
5. Diversidade paisagística e regional em Portugal;
6. Alta variabilidade temporal e espacial:
 - Rotação de culturas e conversão para outra agricultura
 - Expansão e abandono da agricultura



Sistema de Monitorização
da Ocupação do Solo

smos.dgterritorio.gov.pt