

HydroRS: Uma Toolbox Multi-Sensor para Processamento Automático e Monitorização de Recursos Hídricos.

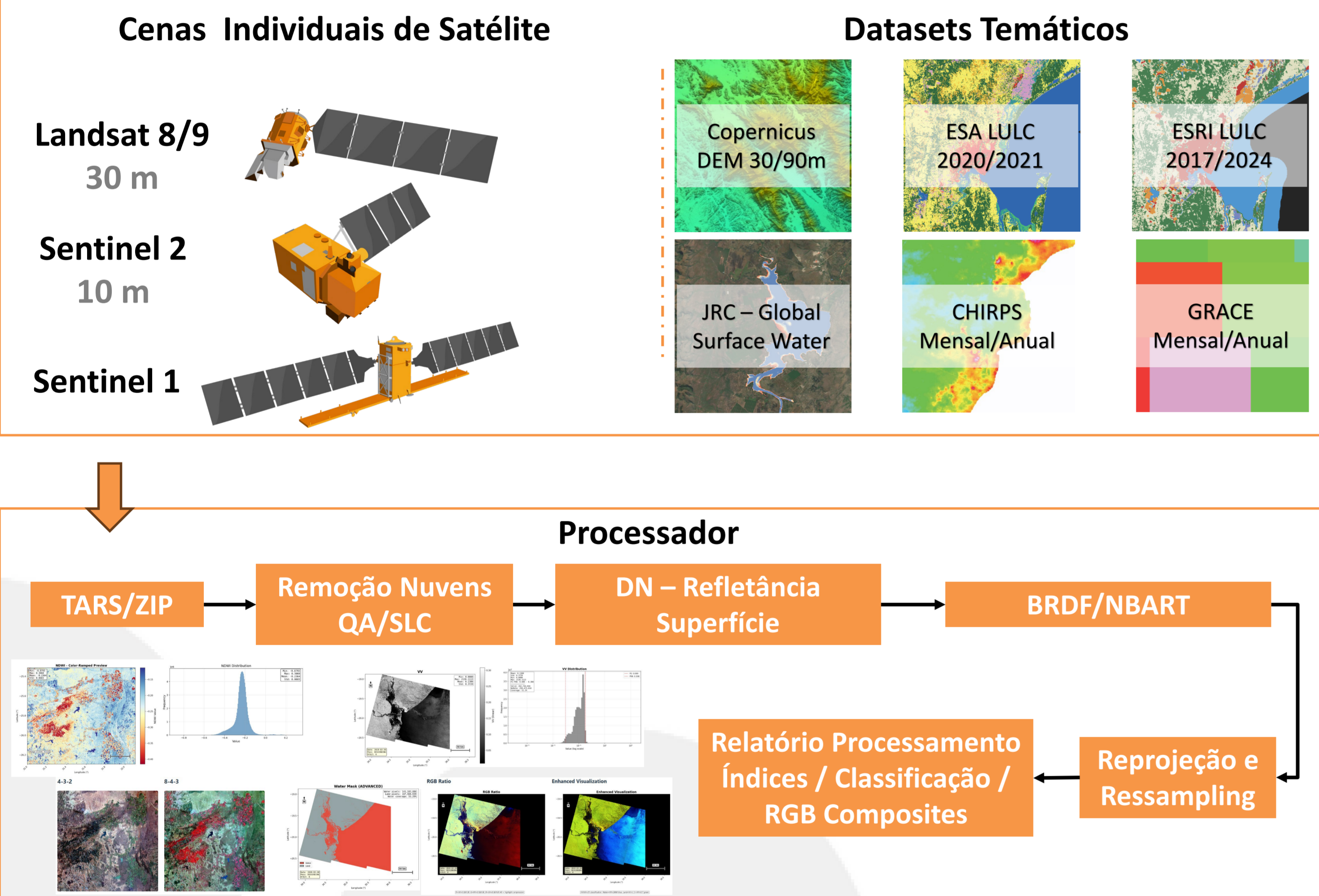
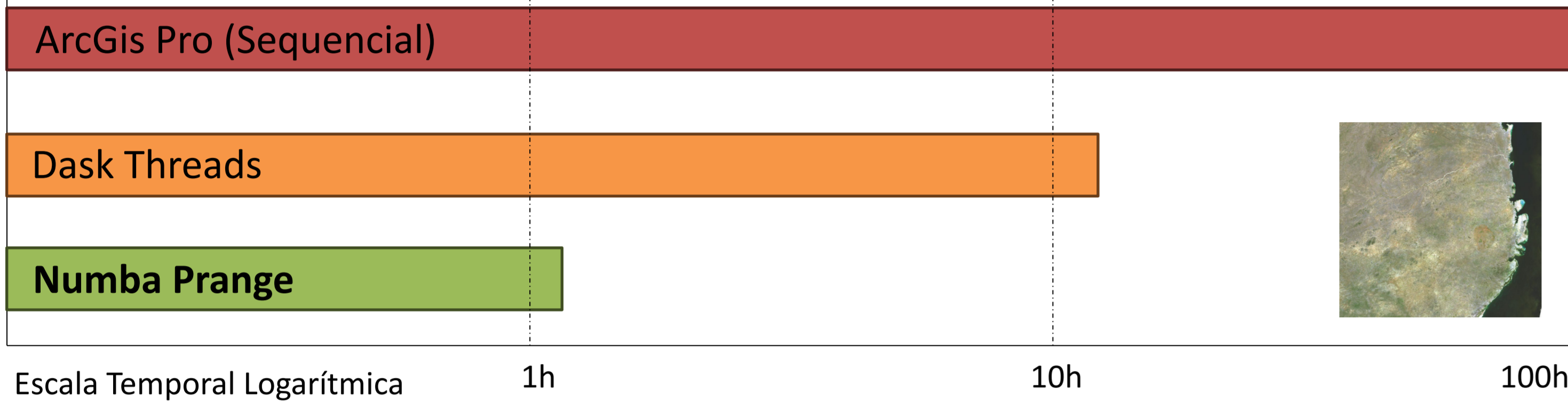
P. Gonçalves, A. Francés, J. Fernandes pedro.goncalves@lneg.pt alain.frances@lneg.pt judite.fernandes@lneg.pt

A atualização do mapa hidrogeológico de Moçambique requer o mapeamento sistemático dos recursos hídricos superficiais em mais de 800.000 km². Para tal, recorreu-se a imagens de satélite que abrangem mais de uma década de observações, o que implica o processamento de mais de 15.000 imagens Landsat 8/9 para a construção de mosaicos nacionais sem nuvens e sem descontinuidades.

Sendo esta tarefa computacionalmente proibitiva com ferramentas de SIG convencionais, desenvolveu-se a ferramenta HydroRS, em Python. Está diretamente integrado no ArcGIS Pro, e substitui operações raster sequenciais por paralelização de processos e um uso mais eficiente de processador e memória. O sistema produz mosaicos com base no sensor Landsat 8/9 com 12 bandas, incluindo estatísticas de variabilidade espectral e frequência de água, acelerando o processo entre 40-60x relativamente ao processamento SIG convencional.

O hardware utilizado para execução deste trabalho consiste numa workstation de elevado desempenho equipada com processador AMD Threadripper 5975WX de 32 núcleos, 256 GB de RAM DDR4, placa gráfica NVIDIA RTX 4090 com 24 GB de VRAM e armazenamento em disco NVMe PCIe Gen4.

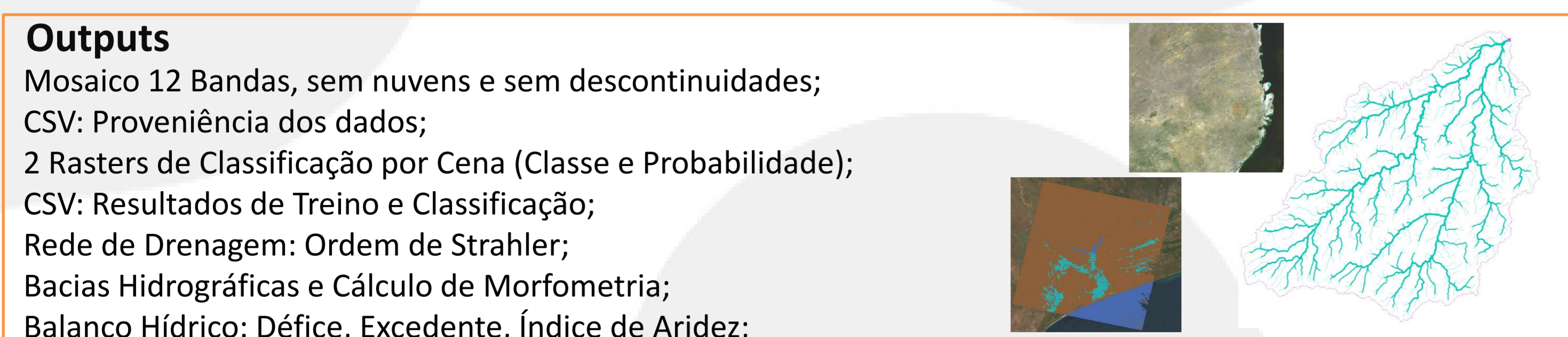
Folha B3 – 1179 imagens



Mosaico	Classificação	Hidrologia
Métodos de Composição LS8/9 <ul style="list-style-type: none"> Mediana Geométrica (Weiszfeld) Mediana Geométrica (ESRI) Medoid NDVI Máximo Bandas <p>Landsat Band 1-7 Nº de Observações (B8) Frequência de Água (votação multi-índice por dia solar : NMDWI+ ANDWI+AWEI_nsh (B9))</p> <p>EMAD - Euclidean Median Absolute Deviation (B10) SMAD - Spectral Median Absolute Deviation (B11) BCMAD - Bray-Curtis Median Absolute Deviation (B12)</p>	Treino Modelo: U-Net++ ResNet-101 (ImageNet) Variáveis: 14 canais (6 reflect. + 5 índices + 3 MDE) Dados: 200 cenas, 10.000 patches 256x256 Rótulos: JRC WO + ESA + ESRI + dados vetoriais Perda: Focal + Tversky (a=0.3, b=0.7) Otimização: AdamW + OneCycleLR, FP16, 100 épocas Resultados F1 = 0.81 IoU = 0.71 Inferência Mascara: QA_PIXEL + buffer 300 m Predição: Janela deslizante + fusão Gaussiana Pós-processo: NDVI > 0.3 → Terra GPU: RTX 4090, FP16, Aprox. 38 segundos por cena.	1. Descarga de Dados de Base AOI → cálculo tiles → download paralelo S3/HTTP → união + recorte → GDB/COG 2. Def. de Rede de Drenagem MDE → Fill → FlowDir → FlowAcc → Limiar → Ordem de Strahler 3. Del. de Bacias Hidrográficas Pontos drenagem + FlowDir/Acc → delimitação bacia → Definição canal principal → 60+ parâmetros morfométricos 4. Potencial Águas Subterrâneas 7 fatores reclassificados (1-5) → pesos AHP variáveis → soma ponderada → 5 classes potencial (Em desenvolvimento) 5. Zonas de Recarga TWI = ln(area_acum / tan(declive)) + Solo + Cobertura Solo → 5 classes recarga (em desenvolvimento) 6. Balanço Hídrico WaPOR ETa + CHIRPS P → Déficit (ETa-P), Excedente (P-ETa), Índice Aridez (ETa/P)

Outputs

Mosaico 12 Bandas, sem nuvens e sem descontinuidades;
 CSV: Proveniência dos dados;
 2 Rasters de Classificação por Cena (Classe e Probabilidade);
 CSV: Resultados de Treino e Classificação;
 Rede de Drenagem: Ordem de Strahler;
 Bacias Hidrográficas e Cálculo de Morfometria;
 Balanço Hídrico: Déficit, Excedente, Índice de Aridez;



Stack Tecnológico

Computação Python, NumPy, SciPy, Numba

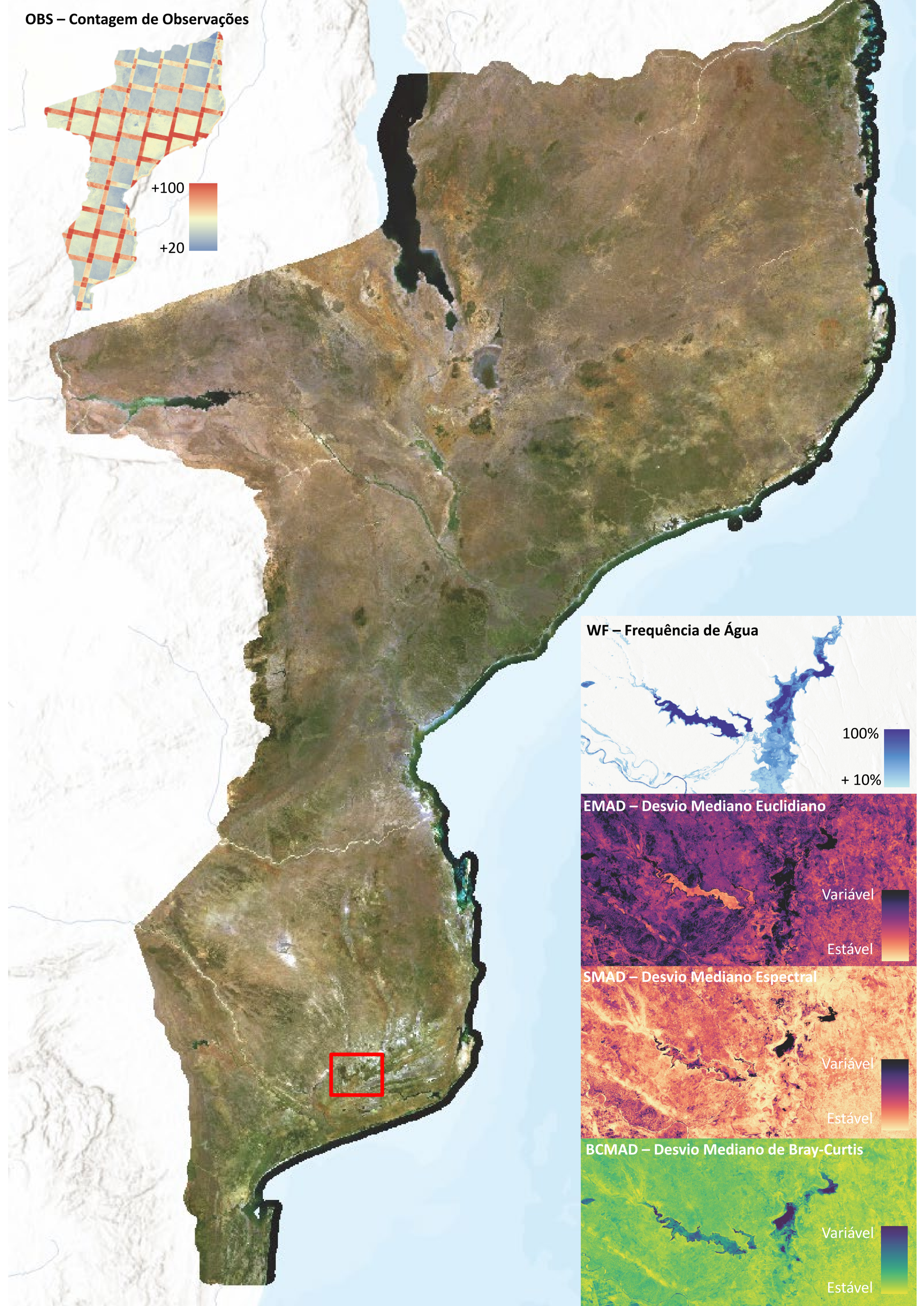
I/O Geoespacial GDAL, rasterio, GeoPandas

Aprendizagem Máquina PyTorch, learn, Segmentation Models, 3001.ai

Acesso a Dados xarray, Boto 3, netCDF

Plataforma SIG ArcGIS Pro

Mosaico da época chuvosa (2013–2020) a partir de imagens Landsat 8/9 C2L2, em combinação cor real (4-3-2).



Este trabalho demonstra que a paralelização, via algoritmos desenvolvidos especificamente para o efeito, podem transformar fluxos de trabalho de detecção remota computacionalmente proibitivos em processos operacionalmente viáveis. Uma aceleração de 40 a 60x em relação ao processamento SIG convencional, compilado com Numba JIT, permite a produção de mosaicos Landsat à escala nacional em menos de 2 horas por região, em vez de dias.

O mosaico de 12 bandas proporciona uma base analítica mais rica do que as abordagens convencionais de composto único, incorporando estatísticas de variabilidade espectral e frequência de água diretamente no resultado. Combinado com um pipeline de classificação de água por aprendizagem profunda multi-arquitetura e um módulo de hidrologia integrado que abrange desde a descarga de dados, extração de redes de drenagem até à avaliação do balanço hídrico, a toolbox HydroRS oferece um quadro reprodutível para análise de detecção remota hidrogeológica, aplicável para além de Moçambique.

Trabalhos futuros visam a aceleração por GPU do algoritmo de Weiszfeld (CuPy/CUDA, com uma aceleração adicional estimada de 5 a 10x), a extensão ao Sentinel-2 com resolução de 10 m, a análise de alterações temporais para monitorização da dinâmica de massas de água assim como a conversão de todo o pipeline para correr exclusivamente em software *Open Source*.