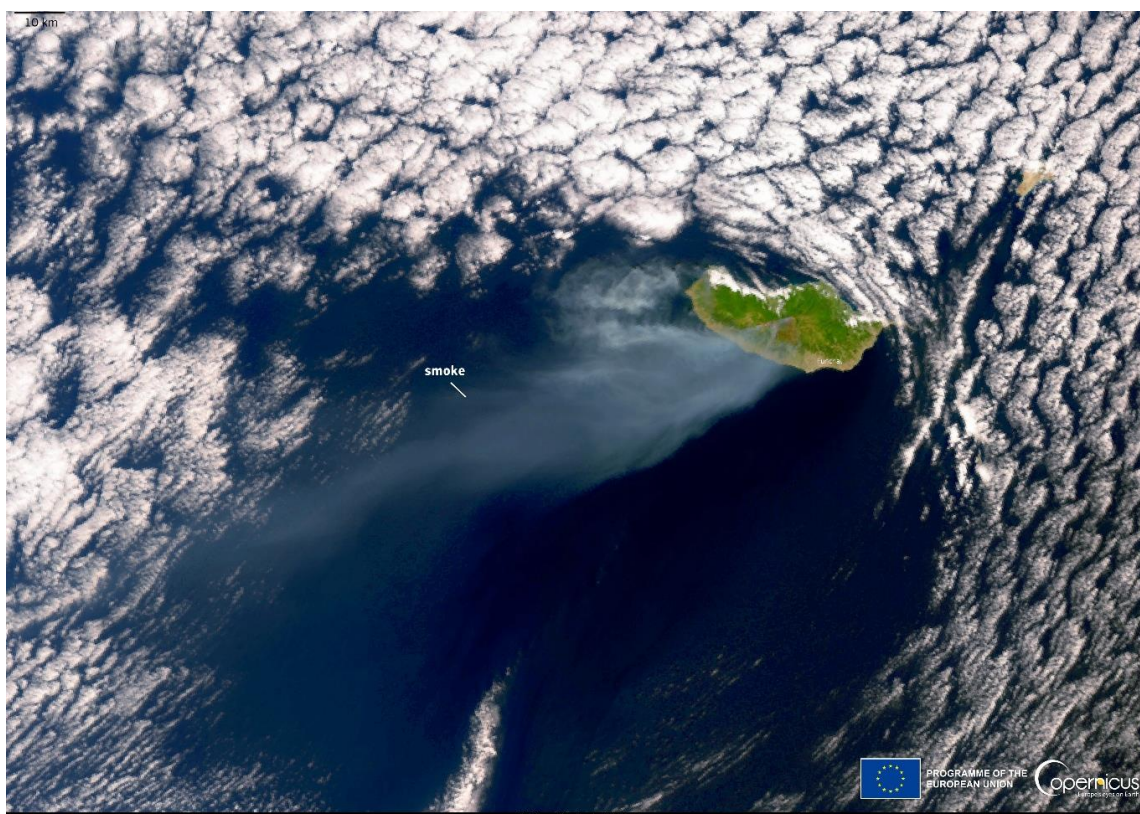


RELATÓRIO TÉCNICO

INCÊNDIOS RURAIS na MADEIRA Episódio de 14 a 26 de agosto de 2024



Relatório DivMV03/2025

Coordenação

Ilda Novo (Divisão de Previsão Meteorológica e Vigilância, DivMV)

Elaborado por:

Ilda Novo (DivMV)

Pedro Silva DivMV)

Sandra Correia (DivMV)

Célia Gouveia (Núcleo de Observação da Terra, NOT)

Pedro Serpa (DivMV)

Ricardo Ramos (DivMV)

Sumário Executivo

Os incêndios rurais que ocorreram na ilha da Madeira, no município de Ribeira Brava, com foco inicial na Serra de Água no dia 14 de agosto, prolongaram-se até ao dia 26, após reacendimento no dia 25. Neste evento arderam 5104.1 hectares, segundo informação Copernicus, tendo sido consumido 67% do total da área ardida, entre o dia 14 e o dia 19. A área ardida neste evento contribuiu para a segunda maior área ardida anual, desde 2003, a seguir aos incêndios rurais de 2010 (Figura 1 e 4).

O produto de satélite Fire Radiative Power (FRP) mostra que os incêndios do evento de agosto de 2024, no período de 16 a 18, foram incêndios de grande intensidade, com valores elevados de energia radiativa emitida, superiores a 40 TJ, captada pelo sensor SEVIRI do satélite MSG (Figura 17).

O período entre 15 a 18 de agosto, foi o de maior severidade das condições meteorológicas para a propagação do incêndio. Neste período, o anticiclone dos Açores apresentava o núcleo principal localizado na região dos Açores, com eixo orientado quase na vertical, e prolongamento em crista para a Península Ibérica – Golfo da Biscaia, definindo um fluxo de nordeste em toda a região Atlântica entre o Continente e as Canárias (Figuras 5 e AII.1). Nesta configuração sinótica, conjuntamente com a depressão térmica Ibérica centrada na Andaluzia Ocidental e alinhada com a depressão térmica de Marrocos, o fluxo de nordeste nos níveis próximos da superfície é reforçado, verificando-se valores elevados da intensidade do vento a 10m (da ordem de 40 km/h) naquela região Atlântica (Figura 8).

Esta situação meteorológica determinou, em vários locais da vertente sul da ilha da Madeira, valores elevados de temperatura, superiores a 30 °C, e valores baixos da humidade relativa, registando-se valores mínimos da humidade relativa a 2m, inferiores a 30%, em especial nos locais acima de 500 m (Figuras 9, 10, 14, 15 e AIII.3, AIII.4 e Tabela 1).

No período 15 a 18 de agosto, estabeleceram-se inversões de temperatura na camada baixa, desde a superfície (no período noturno) até ao nível próximo dos 800 hPa (cerca de 2000 m de altitude), no período noturno e início da manhã. O estabelecimento desta camada de inversão e a sua persistência, terá contribuído para a diminuição significativa da humidade relativa e para o aumento da intensidade do vento, por efeito dinâmico, em especial nos locais acima dos 500 m, tendo-se registado vento moderado ou forte e, por vezes, rajadas superiores a 60 km/h (Figuras 9, 12, 15, AII.2, AII.3, AIII.4, AIII.4, AIII.7 e Tabela 1).

Os índices meteorológicos de perigo de incêndio do sistema canadiano relativos à humidade dos combustíveis, indicavam: i) valores do índice de humidade dos combustíveis finos mortos, FPMC, obtidos com os dados do ECMWF, no período de 14 a 20 de agosto, foram inferiores a 90, valores indicativos da não existência de um elevado grau de secura. Também, os valores do FPMC obtidos com os dados da observação, foram em geral inferiores a 90. No entanto, nas estações de média e de elevada altitude da vertente sul (Quinta Grande), no período de 16 a 18, os valores do FPMC foram iguais ou superiores a 92; ii) valores da humidade dos

grossos, dados pelo índice de seca, DC, foram superiores a 900 em vários locais, indicando valores elevados de secura deste tipo de combustíveis. Estes valores são próximos aos do ano de 2016 e correspondem ao percentil 85 da época de verão, no território do Continente; iii) o índice do combustível disponível, BUI, teve valores moderados, correspondendo ao percentil 60 da época de verão no Continente, sendo superior ao do ano de 2010, mas inferior ao dos anos de 2012 e 2016 (Figura AV.1).

O índice de propagação inicial, ISI, tanto o calculado com dados previstos pelo modelo do ECMWF como os calculados com base nas observações, apresentou valores em geral baixos, verificando-se uma subida para valores moderados no período de 15 a 18 de agosto. Os valores mais elevados do ISI (da ordem de 20 ou superior) ocorreram na estação Funchal Santa Catarina e valores de ISI da ordem de 15 na Quinta Grande (Figuras 18, 19 e 20).

O índice meteorológico de perigo de incêndio, FWI, calculado com base nos dados previstos pelo ECMWF, apresentou valores correspondentes às classes de Moderado ou Elevado, com subida para Muito Elevado, no período de 15 a 18 de agosto, valores estes semelhantes aos do ano de 2016 (Figura 18). Nas estações meteorológicas da vertente sul, com exceção do Funchal Santa Catarina, onde se atingiram valores excecionais (> 70 , no período de 16 a 18), os valores do FWI situaram-se, em geral, na classe do Moderado, aumentando para Elevado ou Muito Elevado, no período de 15 a 18, tendo-se atingido as classes de Máximo nos dias 16 e 17 e de Extremo no dia 18, com um valor de $FWI = 53,1$, na estação de Quinta Grande. Nas estações de altitude (> 1000 m) e de baixa altitude (< 500 m) os valores do FWI foram moderados, atingindo-se os valores mais elevados no período de 18 a 22 (Chão do Areeiro, $FWI = 34,1$, no dia 22, Bica da Cana, $FWI = 37,0$, no dia 21, e Lugar de Baixo, $FWI = 32,2$, no dia 21), Figuras 19 e 20.

As previsões semanais emitidas pelo IPMA davam conta de temperatura acima do normal nas semanas de 12 a 18 de agosto e de 19 a 25 de agosto. A previsão do tempo, emitida diariamente, indicava subida da temperatura para os dias 16 e 17 e aumento da intensidade do vento, sendo previsto vento por vezes forte, com rajadas até 70 km/h, de 16 a 19. Nos dias 24 e 25, havia previsão de precipitação nas vertentes norte e nas terras altas, onde seria moderada (Tabelas 2 e 3).

O IPMA emitiu avisos Amarelo e Laranja relativos à temperatura máxima, sendo emitido no dia 14, o 1º aviso Laranja para a costa Sul, com validade para os dias 16 e 17 de agosto, sucedendo-se outros avisos para os dias 18 e 19 (Tabela 5).

No decurso do incêndio houve acompanhamento das condições meteorológicas com realização de briefings entre a Proteção Civil da Madeira e o Delegado Regional do IPMA na Madeira.

Lista de Abreviaturas

Abreviatura/Sigla	Significado
A	Anticiclone
AROME	Application of Research to Operations at the Mesoscale
ASCAT	Advanced Scatterometer /EUMETSAT
B	Depressão/ Baixa
BT	Depressão Térmica
BUI	Índice do combustível disponível – componente do índice FWI
CFFWIS	Canadian Forest Weather Index System
CONT	Continente
DC	Índice de Seca (Drought Code) - Componente do índice FWI
DMC	Índice de Húmus (índice dos combustíveis mortos de espessura média) - Componente do índice FWI
ECMWF	European Center for Medium Range Weather Forecast
EFFIS	European Forest Fire Information System
EMS	Emergency Management Service – Serviço Copernicus
ESA	European Space Agency
EUMETSAT	European Organisation for the Exploitation of Meteorological Satellites
EVI	Enhanced Vegetation Index
°C	grau Celsius, medida de temperatura.
FF (FF10m)	Intensidade do vento (intensidade do vento a 10 m acima do solo)
FFMC	Índice de humidade dos combustíveis finos mortos - Componente do índice FWI
FIRMS	Fire Information for Resource Management System
FRP	Fire Radiative Power/ potência radiativa do fogo
FRE	Fire Radiative Energy/ energia radiativa do fogo
FWI	Índice meteorológico de incêndio florestal (Fire Weather Index)
ha	hectares
HR (HR2m)	Humidade Relativa (humidade relativa a 2m)
HRmin (HRmin2m)	Humidade relativa mínima (humidade relativa mínima a 2m)
HRmax (HRmax2m)	Humidade relativa máxima (humidade relativa máxima a 2m)
HRmed (HRmed2m)	Humidade relativa média (humidade relativa média a 2m)
hPa	Hecto (100) Pascal (medida de pressão)
IPMA	Instituto Português do Mar e da Atmosfera
ISI	Índice de propagação inicial do fogo – componente do índice FWI
J	Joule/ medida de energia
km/h	Medida da intensidade do vento
kt/nos	knots, Medida da intensidade do vento (1 kt = 1.8 km/h)
LSA SAF	Land Surface Analysis on Satellite Application Facility
MSG/EUMETSAT	Meteorological Second Generation
m/s	Metro/segundo, medida da intensidade do vento (= 3.6 km/h)

Abreviatura/Sigla	Significado
MSG-SEVERI	Sensor das imagens MSG: Spinning Enhanced Visible and Infrared Imager (SEVERI)
METOP/EUMETSAT	Meteorological Operational Programme
MODIS- Terra/ AQUA/NOAA	Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer
NASA	National Aeronautics and Space Administration
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration
N, NE, E, SE, S, SW, W, NW	Pontos cardiais: Norte, Nordeste, este/leste, Sueste, Sul, Sudoeste, Oeste, Noroeste
QN	Quadrante norte, vento com direções de noroeste (NW), norte (N) ou nordeste (NE).
P	Percentil
PNMM	Pressão ao nível médio do mar
T2m	Temperatura a 2m
Tmin (Tmin2m)	Temperatura mínima (temperatura mínima a 2m)
Tmax (Tmax2m)	Temperatura máxima (Temperatura máxima a 2m)
Td (Td2m)	Temperatura do ponto de orvalho (Temperatura do ponto de orvalho a 2m)
VIIRS	Visible Infrared Imaging Radiometer Suite
W	Medida de potência, Watt (W= J/s)

Índice

Sumário Executivo	3
Lista de Abreviaturas	5
1. Enquadramento	10
2. Caracterização Climatológica da Ilha da Madeira e Eventos de Incêndios Rurais	13
3. Análise da Situação Meteorológica no período de 14 a 26 de agosto de 2024	15
3.1 Análise Sinótica	15
3.2 Análise de Mesoscala	22
3.3 Análise in situ	26
3.3.1 Perfis Verticais	26
3.3.2 Observações nas estações	28
4. Produtos de Fogos	34
4.1 Produtos Satélite: Enhanced Vegetation Index (EVI) e FRP	34
4.2 Índice meteorológico de incêndio do sistema canadiano - FWI: nas estações	37
4.2.1 Índices do sistema FWI calculados com o modelo do ECMWF	37
5. Previsões do Estado do Tempo para o arquipélago da Madeira	43
5.1 Previsões a curto e médio Prazo	43
5.2 Previsão alargada a 4 semanas	45
5.3 Avisos emitidos pelo IPMA	46
5.4 Informação fornecida à Proteção Civil da Madeira: Briefings	48
6. Considerações Finais	49
7. Referências	51
ANEXOS	53
ANEXO I - Rede de Estações Meteorológicas Automáticas na Ilha da Madeira	54
ANEXO II - Campos Meteorológicos e Perfis Verticais dos Modelos ECMWF e AROME	56
ANEXO III - Observação de Superfície.	61
ANEXO IV - Produtos de Satélite.	70
ANEXO V - Índices do Sistema Canadiano de Indexação do Perigo de Incêndio Florestal	72
ANEXO VI - Previsões alargadas a 4 semanas para a ilha da Madeira disseminadas pelo IPMA	74

Índice de Figuras

Figura 1 –Incêndio na Madeira de 14 a 26 de agosto de 2024: área ardida medida pelo serviço EMS do Copernicus.....	11
Figura 2 - Incêndio da Madeira 14 a 26 de agosto de 2024: Hotspots.....	12
Figura 3 - Valores normais (1971- 2000) anuais.....	13
Figura 4 – Área ardida anual de 2003 a 2024 na ilha da Madeira. Fonte: https://forest-fire.emergency.copernicus.eu/applications/data-and-services [Copernicus].....	14
Figura 5 - Imagens do satélite Meteosat, MSG, e previsão H+00 do modelo ECMWF de 20240815 1200UTC.	16
Figura 6 - Imagens do satélite Meteosat, MSG, e previsão H+00 do modelo ECMWF de 20240819 1200UTC.	18
Figura 7 - Imagens do satélite Meteosat, MSG, e previsão H+00 do modelo ECMWF de 20240823 1200UTC.	19
Figura 8 - Vento à superfície (Advanced Scatterometer, ASCAT) medido pelo satélite METOP B e C..	21
Figura 9 –Modelo AROME: (esq.) previsões H+9 da temperatura mínima a 2m nas últimas 3 horas e previsões H+15 da temperatura mínima a 2m nas últimas 3 horas.	22
Figura 10 - Modelo AROME: previsões H+6 e H+15 da temperatura a 2m e da humidade relativa a 2m.	23
Figura 11 - PrevisãoH+9 da rajada máxima a 10 m do modelo Arome dos dias 15 a 18 de agosto de 2024.....	24
Figura 12 - Sondagem do Funchal nos dias (a) às 11: 16 UTC de 16/08/ 2024, (b) às 11: 15 UTC de 19/08/ 2024, (c) às 11: 15 UTC de 22/08/ 2024. Perfil da temperatura (curva à direita), perfil temperatura do ponto de orvalho (curva à esquerda) e perfil do vento (barbelas no extremo direito). A tracejado, indicador da camada de inversão	27
Figura 13 - Estações meteorológicas operacionais da Rede IPMA na parte sueste da ilha da Madeira.	29
Figura 14 - Observação de superfície, valores horários no período de 14 a 26 de agosto em estações de baixa altitude da vertente sul (Lugar de Baixo/Ponta do Sol. (a) temperatura a 2m, temperatura do ponto de orvalho a 2m, humidade relativa a 2, (b), intensidade do vento a 10 m, rumo e rajada a 10.	30
Figura 15 - Observação de superfície, valores horários no período de 14 a 26 de agosto em estações de média altitude da vertente sul (Quinta Grande e Prazeres). (a) temperatura a 2m, temperatura do ponto de orvalho a 2m, humidade relativa a 2, (b), intensidade do vento a 10 m, rumo e rajada a 10 m.	31
Figura 16 - Índice de vegetação (<i>Enhanced Vegetation Index</i> - EVI) mensal na Madeira nos anos de 2001 a 2024.	34
Figura 17 - Energia libertada pelos incêndios na Madeira.	36
Figura 18 - Evolução diária dos índices de propagação inicial, ISI, e do índice meteorológico de incêndio, FWI no período de 10 a 20 de agosto para os anos de 2001 a 2024, calculados com base no modelo ECMWF.	38
Figura 19 - Evolução diária dos índices FMMC, ISI e FWI nas estações meteorológicas de baixa altitude (< 500 m), no período de 14 a 26 de agosto de 2024.	40
Figura 20 - Evolução diária dos índices FMMC, ISI e FWI nas estações meteorológicas de média e elevada altitude (> 500 m) , no período de 14 a 26 de agosto de 2024.	41

Índice de Tabelas

Tabela 1 Valores extremos registados nas estações meteorológicas. Temperatura a 2m, Temperatura do ponto de orvalho a 2m, Humidade relativa a 2m, Vento médio e rajada máxima a 10m no período de 14 a 26 de agosto de 2024.	32
Tabela 2 -Previsões meteorológicas de âmbito geral elaboradas para o dia seguinte, no turno da noite, correspondendo à previsão mais atual.	44
Tabela 3 - Valores da anomalia semanal da temperatura média do ar a 2 m para as semanas de 12 a 18 de agosto e de 19 a 25 de agosto de 2024.....	45
Tabela 4 - Avisos emitidos, nível e validade de avisos de tempo quente para a costa norte.....	47
Tabela 5 - Avisos emitidos, nível e validade de avisos de tempo quente para a costa sul.	47
Tabela 6 – Avisos emitidos, nível e validade de avisos de tempo quente para as regiões montanhosas	48

1. Enquadramento

No dia 14 de agosto de 2024, um foco de incêndio teve início na Serra de Água, na vertente sul da ilha da Madeira, no município de Ribeira Brava, espalhando-se à região, tendo sido dado como extinto no dia 26, depois de alguns reacendimentos nos dias 25 [1, Público, 2024].

No dia 18 de agosto, a Autoridade Nacional de Emergência e Proteção Civil e a região Autónoma da Madeira notificaram os serviços de emergência Copernicus (EMS, *Emergency Management Service*) para mapeamento da área ardida [2, Copernicus].

A 1ª avaliação do serviço EMS do Copernicus, foi no dia 19 às 11:42 UTC, avaliando uma área ardida de 3433.6 hectares (67% do total da área ardida), que abrangia uma vasta área nas encostas leste e oeste do vale entre o Lombo do Moleiro e a Ribeira Brava (Figura 1a). Nos dias 20 e 21, a área ardida aumentou, respetivamente, para 4392.7 ha e 4937.6 ha (97% do total da área ardida), tendo o incêndio expandindo-se para nordeste, para o Pico Grande e Curral das Freiras, e, um pouco para sudoeste no Município da Ponta do Sol (Figura 1b e 1c). Nos dias 22 e 23 o incêndio continuou a consumir nas pontas nordeste e sudoeste, mas com aumento da área ardida bastante menor, de 5002.4 e 5045.8 ha, respetivamente (Figura 1d e 1e). Nos dias seguintes até 26, arderam mais 58.7 ha, totalizando 5104.1 ha de área ardida (Figura 1f). Na Figura 2 apresenta-se os fogos ativos (hotspots) detetados pelos sensores VIIRS e MODIS dos satélites de órbita polar da NASA/NOAA, no período de 14 a 26 de agosto e a progressão diária do incêndio no período de 15 a 21 de agosto, dada pelo VIIRS, período de maior intensidade do incêndio [3, FIRMS].

É objetivo deste relatório, analisar as condições meteorológicas no período de 14 a 26 de agosto, a nível regional e local, de acordo com a informação disponível, e avaliar a severidade das condições meteorológicas que potencialmente favorecem a propagação dos incêndios rurais.

Pretende-se que a análise efetuada, permita fornecer alguns indicadores meteorológicos para uma previsão mais atempada e precisa da severidade das condições meteorológicas locais, assim como a implementação de produtos meteorológicos para aplicação na prevenção e combate aos incêndios rurais na ilha da Madeira.

Serão apresentadas as previsões do estado do tempo para o arquipélago da Madeira efetuadas no Centro Operacional de Previsão e Vigilância Meteorológica durante o período em que decorreram os incêndios rurais, assim como os avisos emitidos para este arquipélago.

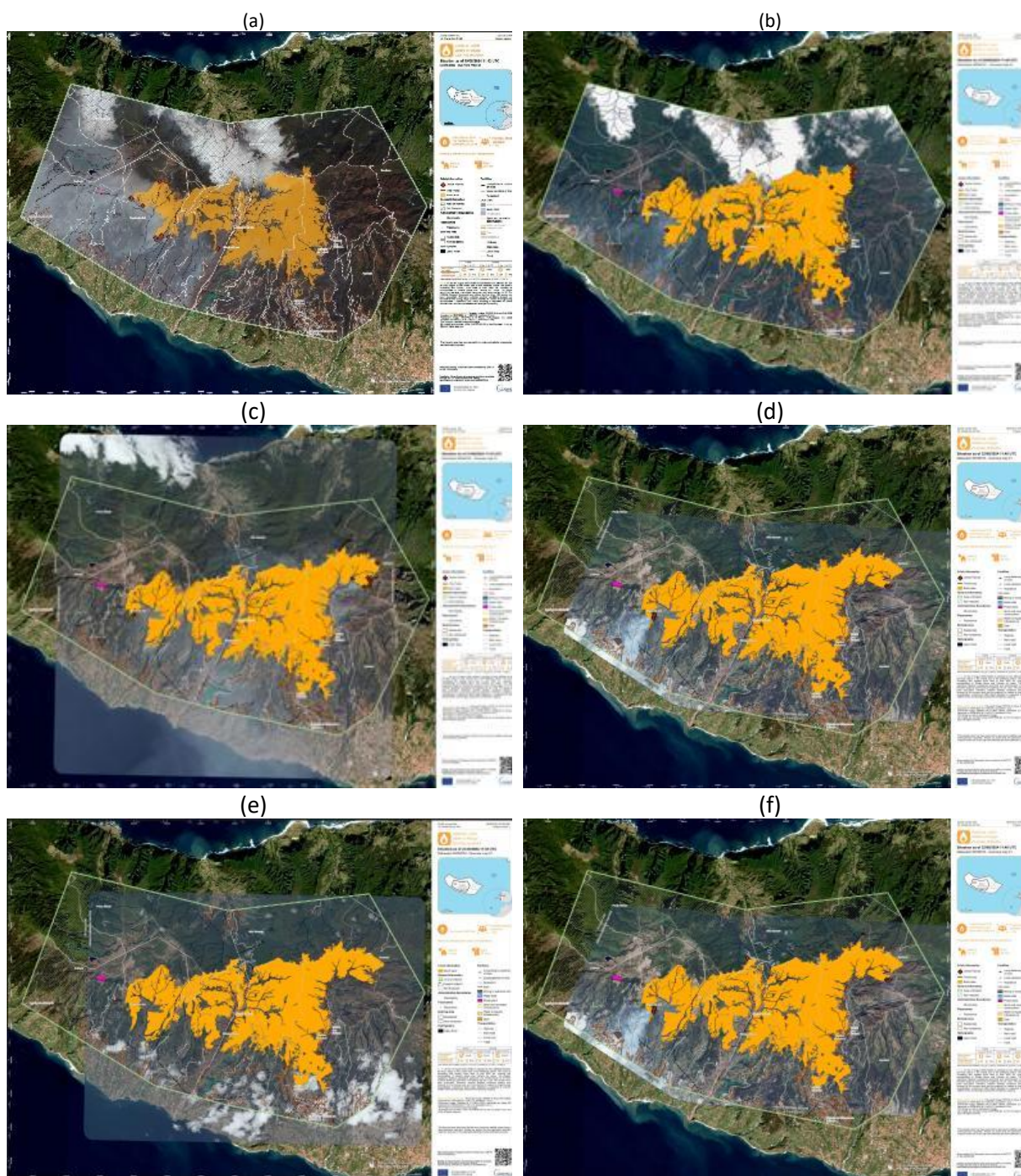


Figura 1 –Incêndio na Madeira de 14 a 26 de agosto de 2024: área ardida medida pelo serviço EMS do Copernicus.

(a) 14 a 19 às 11:42 UTC de agosto , (b) 19 às 11:42 UTC a 20 às 11:40 UTC de agosto, (c) 20 às 11:40 UTC a 21 às 11:53 UTC de agosto, (d) 21 às 11:53 UTC a 22 às 11:46 UTC de agosto, (e) 22 às 11:46 UTC a 23 às 11:38 UTC de agosto, (f) 23 às 11:38 UTC a 26 às 11:55 UTC de agosto, (g)

Fonte <https://rapidmapping.emergency.copernicus.eu/EMSR748>, nov 11.[Copernicus].

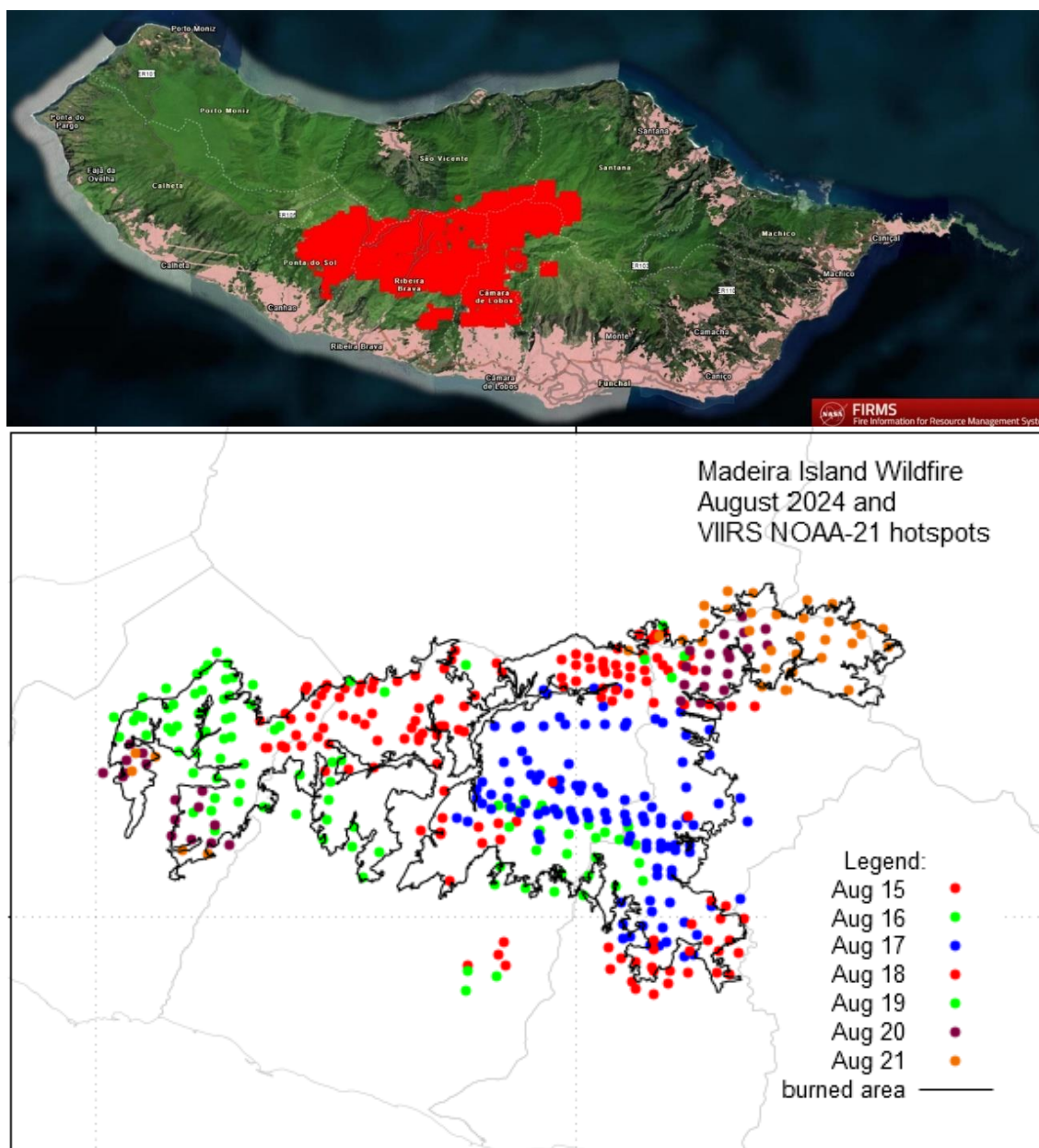


Figura 2 - Incêndio da Madeira 14 a 26 de agosto de 2024: Hotspots.

(sup.) Hotspots (VIIRS e Modis) do FIRMS (*Fire Information for Resource Management System*) no período de 14 a 26 de Agosto de 2024, (inf.) hotspots VIIRS, progressão diária de 15 a 21 de agosto de 2024.

<https://firms2.modaps.eosdis.nasa.gov/map/#d:24hrs;@0.0,0.0,3.0z>

2. Caracterização Climatológica da Ilha da Madeira e Eventos de Incêndios Rurais

A ilha da Madeira localizada na zona subtropical do hemisfério norte é fortemente influenciada pelo bordo leste do anticiclone dos Açores, especialmente no período de primavera-verão, em que há uma grande persistência de fluxo de norte ou nordeste. O clima da Madeira classifica-se segundo Koppen [4, Mestre, A. et al] nos tipos de clima temperado: i) Csb – temperado, com verão seco e temperado, predominante na ilha da Madeira, tipo Csa – temperado com verão seco e quente, nas zonas costeiras e iii) Csc – temperado com verão seco e fresco nas zonas de elevada altitude.

A orografia complexa com picos e ravinas de declive acentuado introduz perturbações significativas no fluxo e uma diversidade significativa das condições meteorológicas e climatológicas a nível local. Os valores médios da temperatura, precipitação e do vento são bastante diferentes entre a vertente norte e a vertente sul assim como entre as zonas baixas e altas (Figura 3).

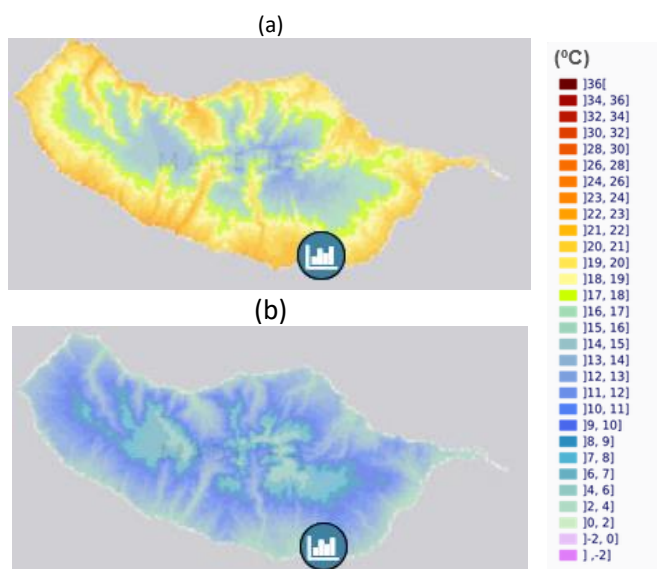


Figura 3 - Valores normais (1971- 2000) anuais
da temperatura máxima e mínima na ilha da Madeira.

Em agosto, no Funchal, a média climatológica da temperatura máxima é de 25.8 °C e o maior valor registado da temperatura máxima em agosto, foi de 38.4 °C em 1987 [5, IPMA].

A média climatológica da temperatura mínima em agosto é de 19.4 °C. Os maiores valores da precipitação ocorrem no outono e Inverno. No Funchal, em agosto, o valor médio da precipitação é muito baixo, 3.1 mm, e o número médio de dias com chuva é inferior 1 (0.8).

O padrão do vento médio na Madeira é caracterizado por vento nordeste bastante persistente, dividido em dois

ramos, com o mínimo na parte central e com dois máximos de vento localizados nos extremos oeste e leste da ilha, com jatos (vento máximo) mais intensos no período de verão.

A Figura 3 mostra a área ardida anualmente na ilha da Madeira desde 2003, evidenciando uma grande variabilidade na área ardida anual, em que ocorrem anos sem incêndios de grandes proporções e, episodicamente, anos com áreas ardidas consideráveis. Segundo os dados Copernicus, o ano com a maior área ardida anual foi o ano de 2016, seguindo-se de perto o ano de 2024.

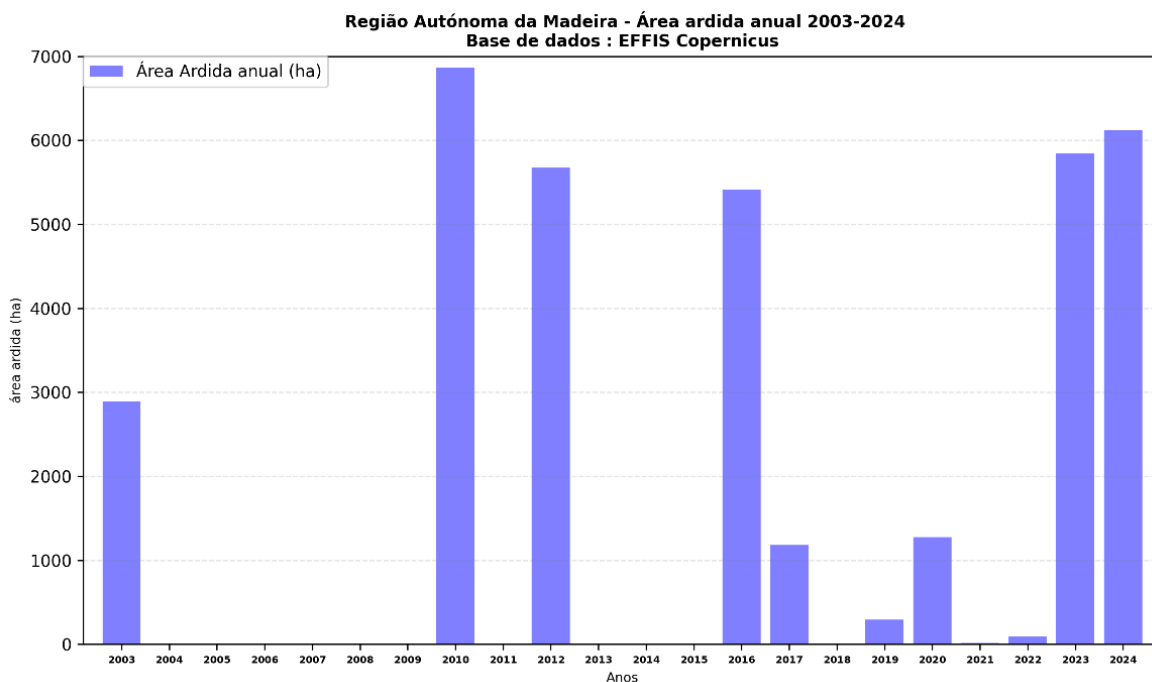


Figura 4 – Área ardida anual de 2003 a 2024 na ilha da Madeira.

Fonte: <https://forest-fire.emergency.copernicus.eu/applications/data-and-services> [Copernicus]

3. Análise da Situação Meteorológica no período de 14 a 26 de agosto de 2024

3.1 Análise Sinótica

A análise da situação meteorológica que se segue, foi baseada nos produtos de previsão do modelo de escala global do Centro Europeu de Previsão a Médio Prazo (ECMWF- *European Centre of Medium Range Forecast*), do modelo de área limitada AROME, da observação de satélite meteorológico geostacionário de segunda geração (*Meteorological Second Generation*, MSG) dos satélites de órbita polar – MetOp-B e MetOp-C (*Meteorological Operational Programme*) da EUMETSAT e das imagens do sensor MODIS do satélite Terra e AQUA da NASA (*National Aeronautics and Space Administration*) e da observação nas estações meteorológicas da rede IPMA (Anexo I).

As Figuras 5, 6, 7 e as cartas da Figura AII. 1 do ANEXO II, mostram um centro de altas pressões - anticiclone dos Açores -, sobre o Atlântico Central e Nordeste, estendendo-se zonalmente, para oeste e para leste, que se manteve quase sem alterações na sua intensidade e posição (núcleo principal localizado na região dos Açores) até ao dia 22 agosto, deslocando-se para sudoeste a partir de 23 de agosto. Este padrão de circulação sinótica, determinou um fluxo persistente de nordeste até ao dia 22, na região atlântica entre os Açores - Continente – Madeira – Canárias, tornando-se fluxo de noroeste, a partir do dia 23 (Figura 5, 6, 7 e 8).

Apesar da persistência da situação meteorológica, verificaram-se pequenas alterações no padrão sinótico que tiveram implicações nas condições meteorológicas locais na ilha da Madeira. Estas pequenas alterações determinaram períodos de maior ou menor severidade meteorológica e, conseqüentemente, na rapidez de propagação e na intensidade do incêndio que deflagrou no dia 14 de agosto de 2024 na Serra de Água, na região de Ribeira Brava.

➤ 14 a 18 de agosto: Período 1

A partir do dia 14, o anticiclónico dos Açores começou a estender-se na vertical, aos vários níveis da troposfera, com o seu núcleo principal localizado nos Açores, prolongando-se em crista para a Península Ibérica, Golfo da Biscaia, Mediterrâneo Ocidental e Norte de África. Este campo da pressão, definiu um fluxo de nordeste aos vários níveis da troposfera na região compreendida entre o Continente – Madeira – Canárias - costa Africana. Nos níveis baixos, junto à superfície, as depressões térmicas Ibéricas e de Marrocos localizavam-se, respetivamente, na Andaluzia Ocidental e na costa de Marrocos, reforçando um fluxo de nordeste nos níveis baixos da troposfera (Figuras 5, 8, 10 e Figura AII. 1 superior do ANEXO II).

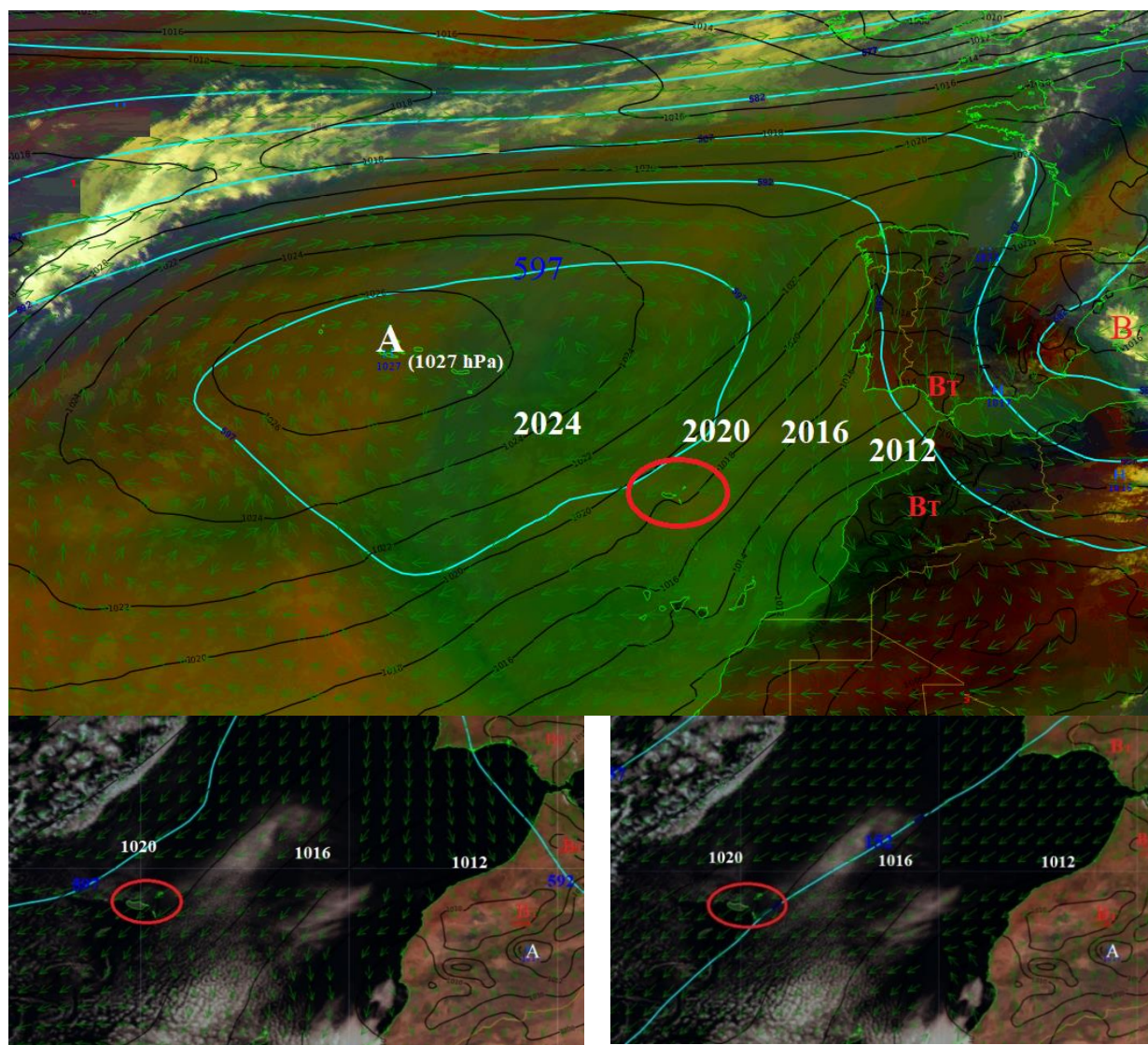


Figura 5 - Imagens do satélite Meteosat, MSG, e previsão H+00 do modelo ECMWF de 20240815 1200UTC.

(Em cima), RGB_Massa_de_Ar, geopotencial aos 500 hPa (linhas a azul, 5 em 5 damgp), pressão ao nível médio do mar (linhas a preto de 2 em 2 hPa) e vento aos 500 hPa (setas a verde); (em baixo) RGB_Natural_Dia, pressão ao nível médio do mar (linhas a preto de 2 em 2 hPa), (esq.) geopotencial 500 hPa (linhas a azul, damgp) e vento aos 500 hPa (setas a verde), (dir.) geopotencial (linhas a azul, damgp) e vento aos 850 hPa (setas a verde). **A** - Anticiclone, **B** – Depressão, **BT** - Depressão térmica, círculo a vermelho - localização da ilha da Madeira.

Este padrão de circulação sinótica do período 1, originou:

- estabelecimento de inversões de temperatura, que no período noturno e início da manhã, se estendiam desde a superfície até ao nível próximo dos 800 hPa (Figura 12 a e AII.2);
- valores elevados da temperatura a 2m e valores baixos da humidade relativa a 2m, verificando-se grande contraste das condições meteorológicas entre a vertente a norte e a vertentes sul (Figuras 9, 10 e gráficos das Figuras AIII, do Anexo III e Tabela 1);
- valores moderados ou elevados da intensidade do vento médio a 10 m, entre 30 a 40 km/h nos níveis acima dos 500 m de altitude, aproximadamente, e rajadas da ordem de 60 km/h na parte central da vertente sul da ilha e rajadas da ordem de 80 km/h nos bordos oeste e leste (Figura 11 a, Figuras AII.2, AIII.5, AIII.6, AIII.7 e AIII.8 e Tabela 1).

➤ **19 a 21/22 de agosto: Período 2**

Um dos núcleos do anticiclone nos níveis médios e altos, acima dos 750 hPa (cerca de 3000m de altitude) localizava-se no Norte de África, definindo, na região da Madeira, um fluxo de sul/sudoeste ou de oeste. Nos níveis médios e baixos, o anticiclone localizava-se a oeste dos Açores, prolongando-se para leste, para a Península Ibérica, definindo um fluxo de nordeste nos níveis baixos (Figuras 6, painel inferior direito), Figuras 8, 12 b, e Figura AII.1 centro do ANEXO II).

Este padrão de circulação sinótica no período 2, originou:

- inversões de temperatura com base mais elevada e menos acentuadas junto ao solo no período noturno e de menor espessura no período diurno (Figura 12 b, Figura AII.3);
- pequena descida da temperatura na vertente sul e aumento da humidade relativa a 2m (Figuras 9 e 10 e Tabela 1);
- diminuição da intensidade do vento e das rajadas nos locais de média altitude (Figuras 11, 15 e Figuras AIII.5 a AIII.8 e Tabela 1).

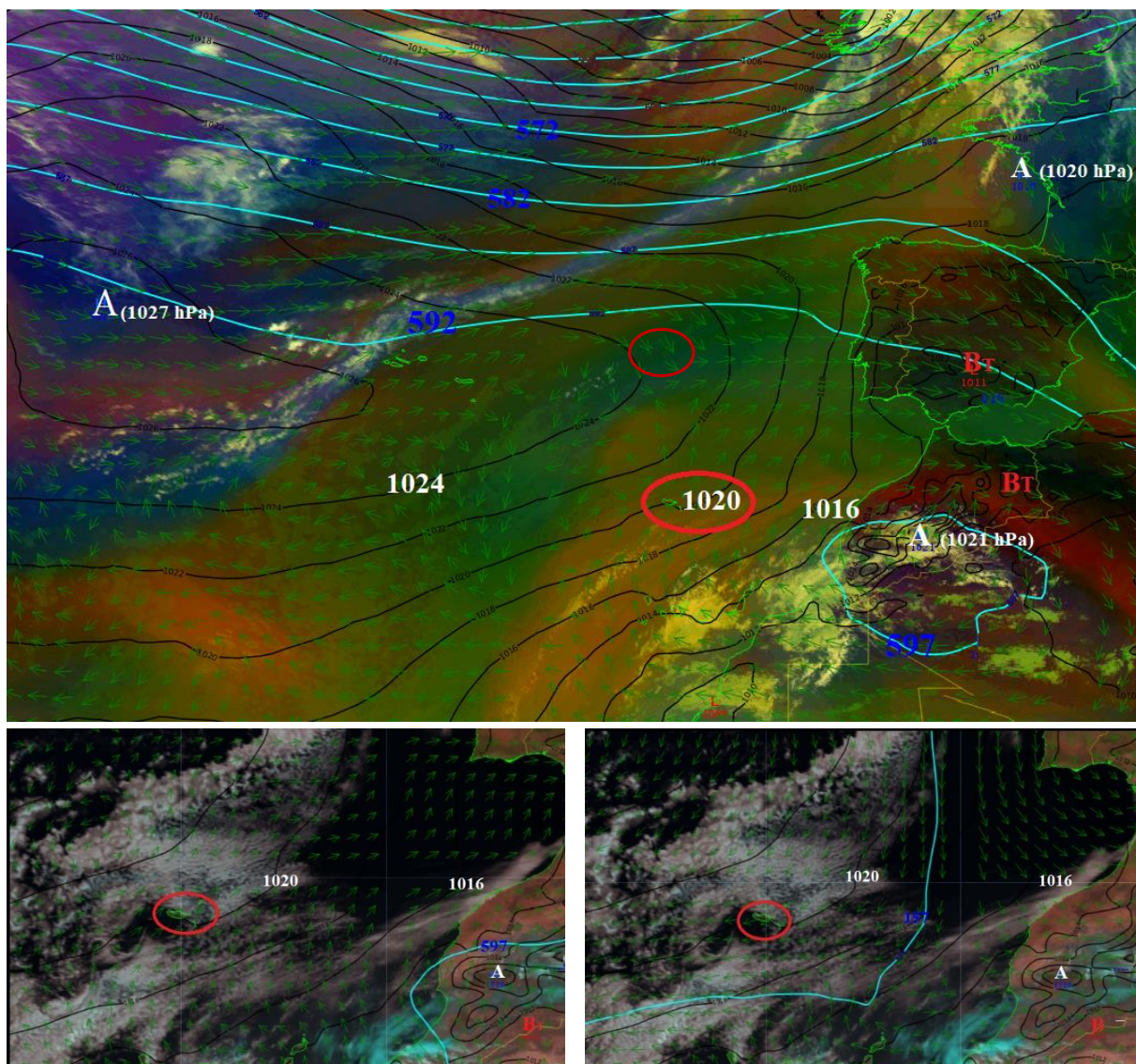


Figura 6 - Imagens do satélite Meteosat, MSG, e previsão H+00 do modelo ECMWF de 20240819 1200UTC.

(Em cima) RGB_Massa_de_Ar, geopotencial aos 500 hPa (linhas a azul, 5 em 5 damgp), pressão ao nível médio do mar (linhas a preto de 2 em 2 hPa) e vento aos 500 hPa (setas a verde); (em baixo) RGB_Natural_Dia, pressão ao nível médio do mar (linhas a preto de 2 em 2 hPa), (esq) geopotencial (linhas a azul, damgp) e vento aos 500 hPa (setas a verde), (dir) geopotencial (linhas a azul, damgp) e vento aos 850 hPa (setas a verde). A - anticiclone, B – depressão, B_T - depressão térmica, círculo a vermelho - indicador da ilha da Madeira.

➤ **22/23 a 26 de agosto: Período 3**

O anticiclone localizava-se a oeste ou a sudoeste dos Açores e, no bordo norte do anticiclone, ondulações frontais deslocavam-se para leste em aproximação ao noroeste da Península Ibérica. Na região da Madeira, verificou-se mudança na direção do fluxo, para norte ou noroeste, excetuando no dia 25, que na sequência de uma situação pós-frontal no bordo norte do anticiclone, houve intensificação temporária do campo da pressão e prolongamento em crista para o norte da Península Ibérica, determinando um fluxo de nordeste sobre a Madeira.

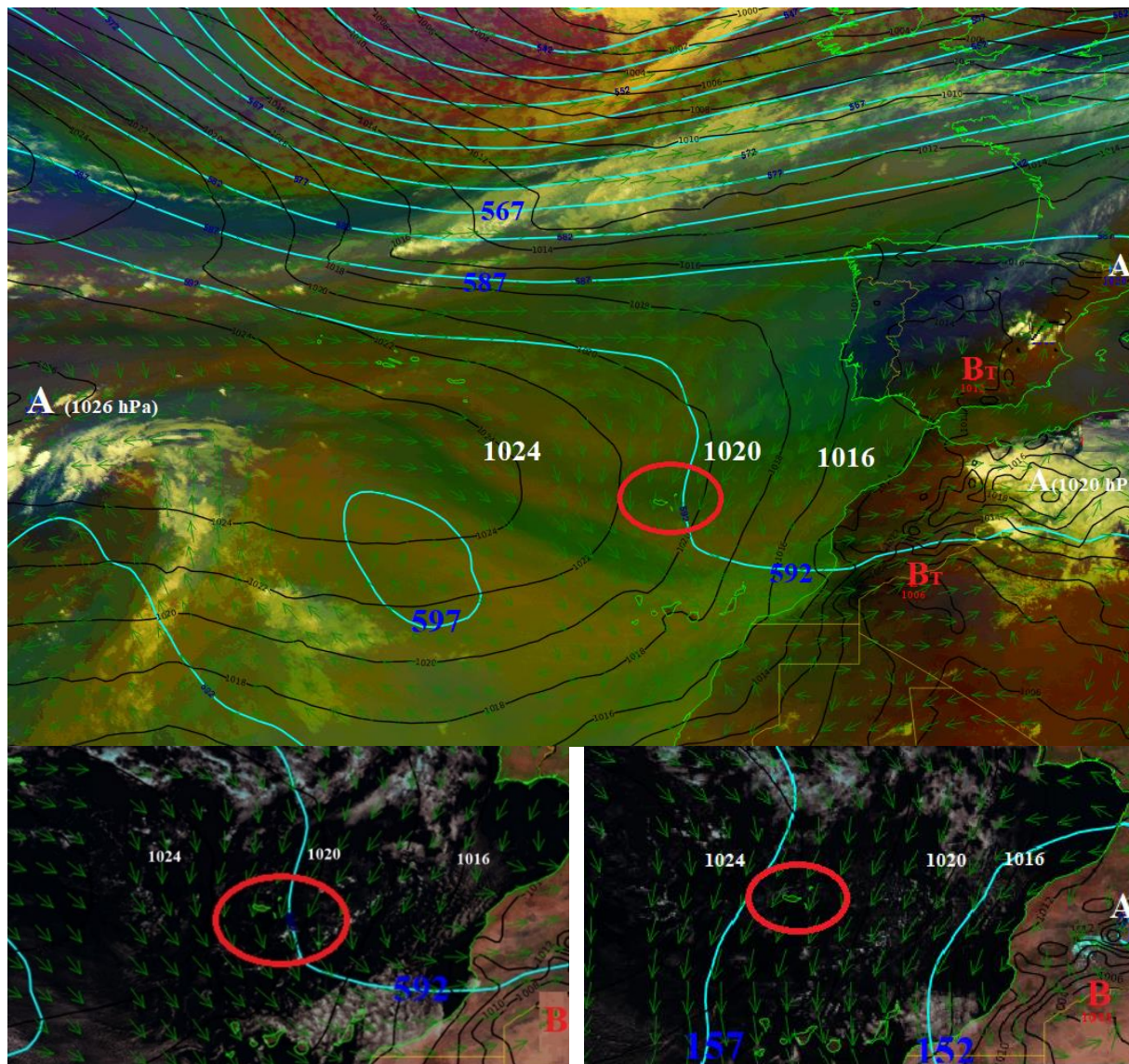


Figura 7 - Imagens do satélite Meteosat, MSG, e previsão H+00 do modelo ECMWF de 20240823 1200UTC.

(Em cima) RGB_Massa_de_Ar, geopotencial aos 500 hPa (linhas a azul, 5 em 5 damgp), pressão ao nível médio do mar (linhas a preto de 2 em 2 hPa) e vento aos 500 hPa (setas a verde); (em baixo) RGB_Natural_Diaphaneidade ao nível médio do mar (linhas a preto de 2 em 2 hPa), (esq) geopotencial (linhas a azul, damgp) e vento aos 500 hPa (setas a verde), (dir) geopotencial (linhas a azul, damgp) e vento aos 850 hPa (setas a verde). **A** - Anticiclone, **B** - depressão, **B_T** - depressão térmica, círculo a vermelho - indicador da ilha da Madeira.

Este padrão de circulação sinótica no período 3, originou:

- rotação do fluxo para norte ou noroeste (Figuras 7, 8, 12 c, Figura AII.1 inferior do ANEXO II);
- subida da base de inversão de subsidência para os 900 hPa (cerca de 1000 m de altitude), (Figura 12 c e Figura AII.4);
- diminuição da temperatura do ar a 2m, aumento da temperatura do ponto de orvalho a 2 m e da humidade relativa a 2m, exceto no dia 23 e 26 na vertente norte em que houve descida (Figuras 9 e 10, Figuras AIII.1 a AIII.4 e Tabela 1);
- aumento, em relação ao período 2, da intensidade do vento a 10 m nas terras altas e na vertente norte (Figuras AIII.4 a AIII.8);
- ocorrência de precipitação na vertente norte, terras altas e extremos oeste e leste (não mostrado).

As imagens ASCAT (*Advanced Scatterometer*) do satélite de órbita polar MetOp-B e MetOp-C da EUMETSAT na região da Madeira, nos dias 15, 17, 20 e 24 (Figura 8) confirmam:

- vento à superfície de nordeste nos dias 15, 17 e 20 e de noroeste no dia 24;
- diminuição de intensidade do fluxo no dia 24;
- máximos de vento no extremo leste e oeste da ilha da Madeira e o mínimo na parte central da ilha na vertente norte (barbelas a verde) e na vertente sul (barbelas a azul) – evidenciando o bloqueio ao fluxo pela orografia. Esta influência foi mais significativa no dia 17.

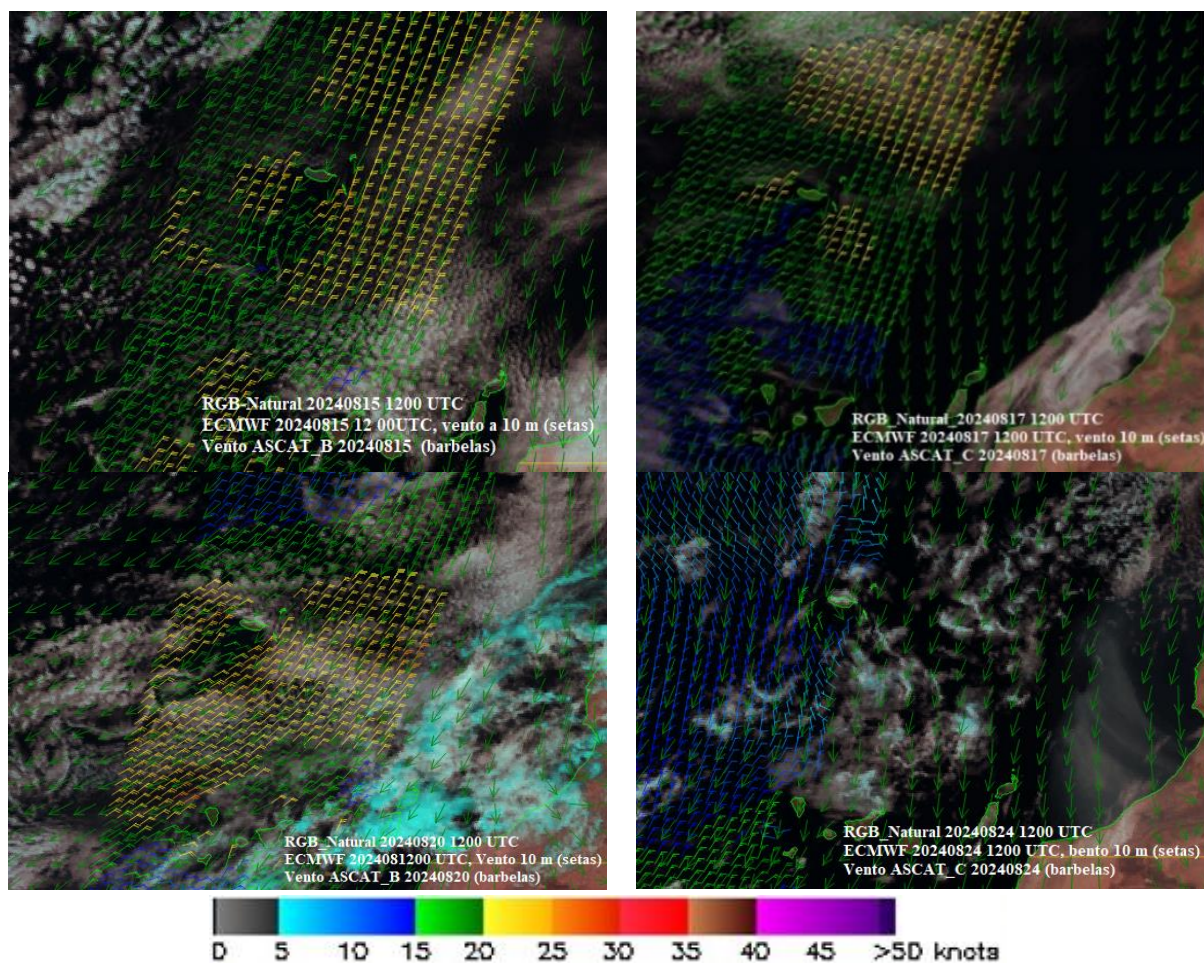


Figura 8 - Vento à superfície (Advanced Scatterometer, ASCAT) medido pelo satélite METOP B e C.

(painel superior esq) de 20240815 na passagem descendente às 11:17 UTC latitude 35 N, (painel superior dir.) 20240817 na passagem descendente às 11:28 UTC na latitude 35 N, (painel inferior esq) de 20240820 na passagem descendente às 11:12 UTC na latitude 35 N (painel inferior dir.) de 20240824 na passagem descendente às 10:43 UTC na latitude 35 N.

3.2 Análise de Mesoscala

Os modelos de previsão de área limitada, como o modelo AROME, com resolução espacial de 2,5 km e uma orografia da ilha da Madeira mais próxima do real, permite uma melhor descrição dos fenómenos meteorológicos de escala regional e local, fornecendo resultados dos parâmetros meteorológicos mais próximos dos observados. Na Figura 9, apresenta-se as previsões a 9 horas (H+9) da temperatura mínima e humidade relativa a 2m e previsões a 15 horas (H+15) da temperatura máxima a 2m, para um dia representativo dos três períodos considerados.

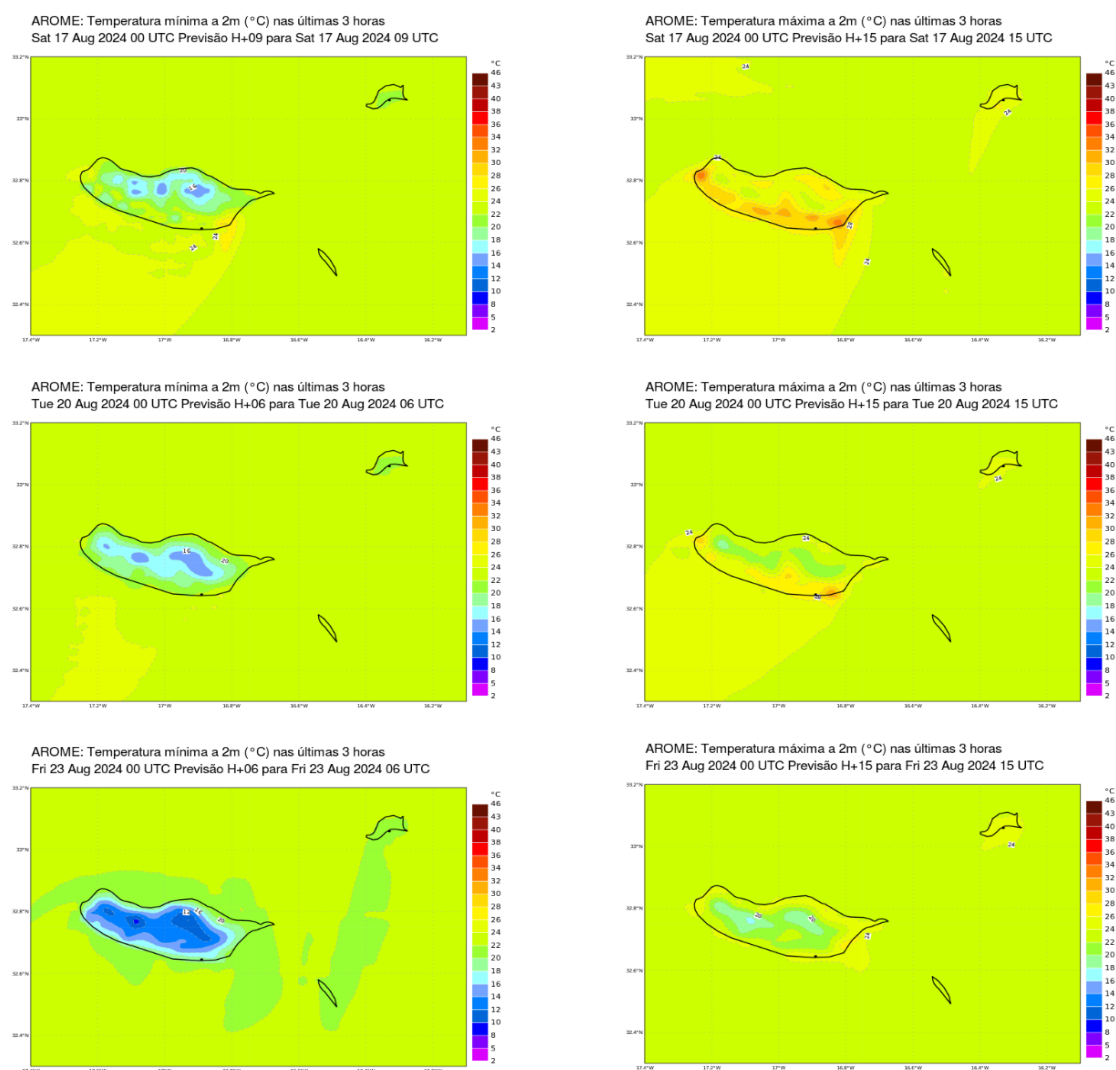


Figura 9 –Modelo AROME: (esq.) previsões H+9 da temperatura mínima a 2m nas últimas 3 horas e previsões H+15 da temperatura máxima a 2m nas últimas 3 horas.

(Esq. superior) válida para 17 agosto de 2024 às 06 UTC, (dir. superior) válida para 17 agosto de 2024 às 15 UTC; (esq. meio) válida para 20 de agosto de 2024 às 06 UTC, (dir. meio) válida para 20 de agosto de 2024 às 15 UTC; (esq. inferior) válida para 23 agosto de 2024 às 06 UTC, (dir. inferior) válida para 23 de agosto de 2024 às 15 UTC.

A Figura 10, apresenta as previsões a 6 horas (H+6) da temperatura a 2m e da humidade relativa a 2m (painel à esq.) e as previsões a 15 horas (H+15) da temperatura a 2m e da humidade relativa a 2m (painel à direita), para um dia representativo dos três períodos considerados.

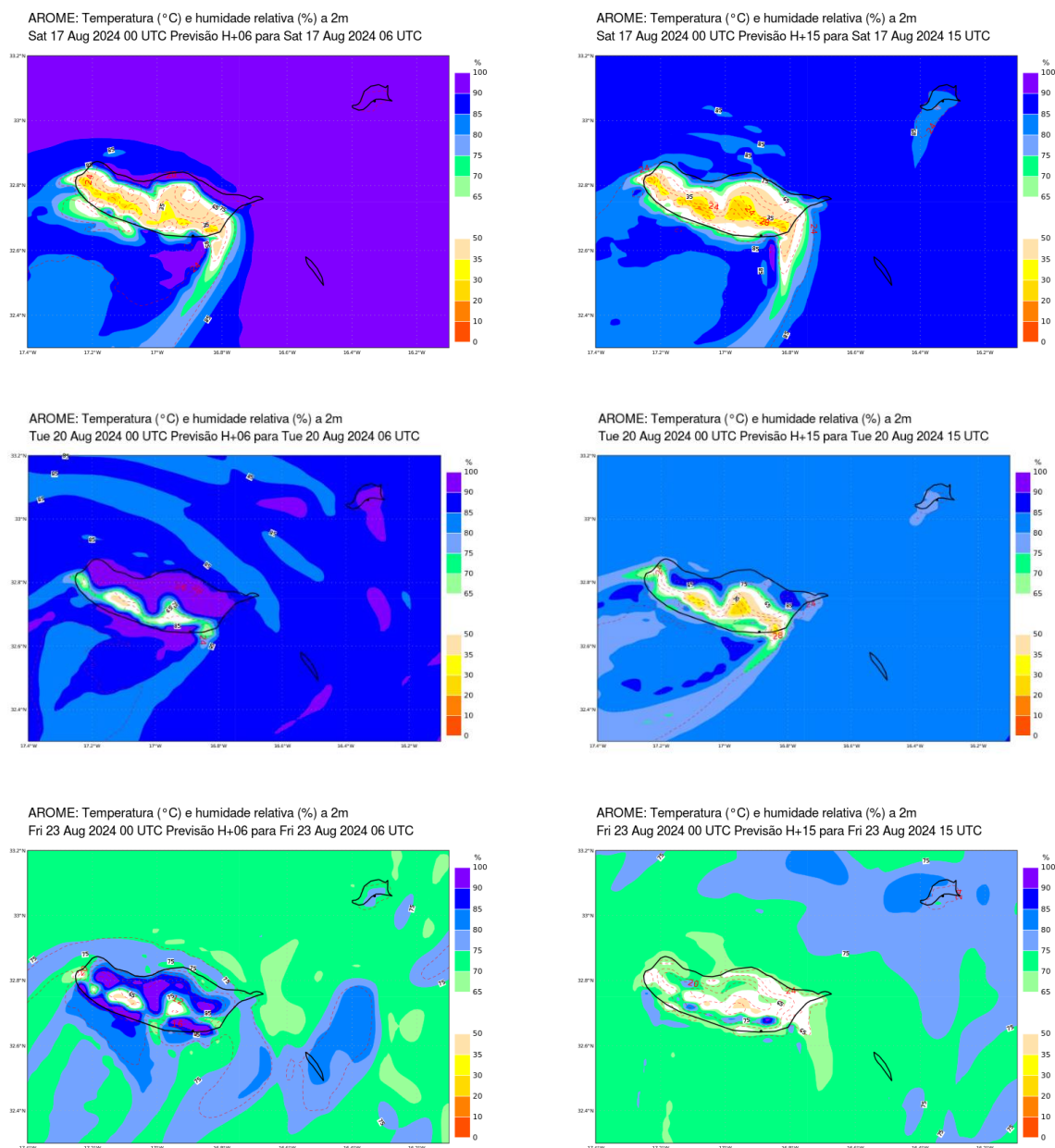


Figura 10 - Modelo AROME: previsões H+6 e H+15 da temperatura a 2m e da humidade relativa a 2m.

(Esq. superior) válida para 17 agosto de 2024 às 06 UTC, (dir. superior) válida para 17 agosto de 2024 às 15 UTC; (esq. meio) válida para 20 de agosto de 2024 às 06 UTC, (dir. meio) válida para 20 de agosto de 2024 às 15 UTC; (esq. inferior) válida para 23 agosto de 2024 às 06 UTC, (dir. inferior) válida para 23 de agosto de 2024 às 15 UTC.

A Figura 11 mostra o mapa da rajada máxima em 3 horas para dois períodos do dia, o início da manhã (6 UTC às 9 UTC) e do início da noite (18 UTC às 21 UTC).

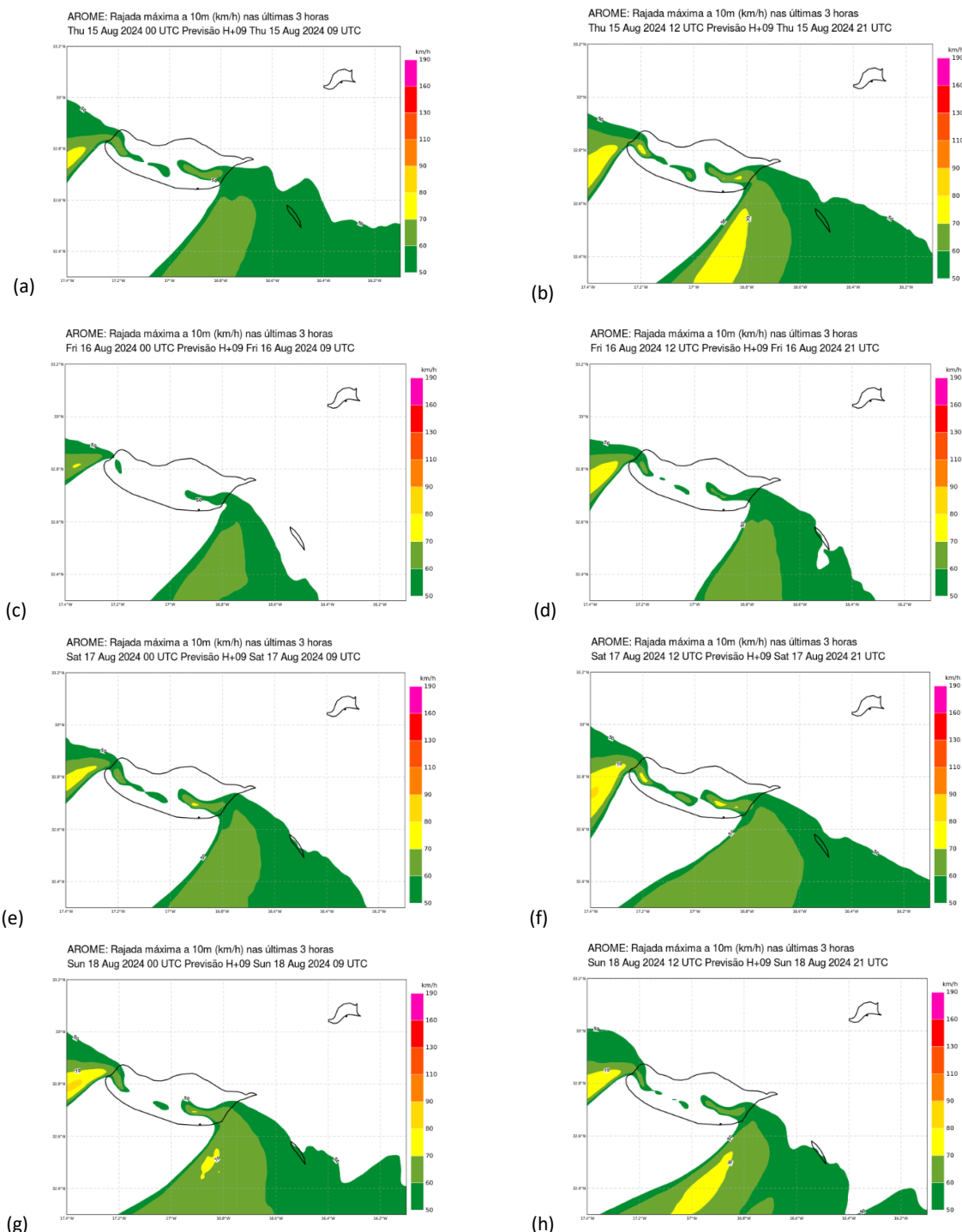


Figura 11 - PrevisãoH+9 da rajada máxima a 10 m do modelo Arome dos dias 15 a 18 de agosto de 2024.

(a), (b) válida para 15/08/2024 às 09 UTC e 21 UTC, (c), (d) válida para 16/08/2024 às 09 UTC e 21 UTC, (e), (f) válida para 17/08/2024 às 09 UTC e 21 UTC, (g), (h) válida para 18/08/2024 às 09 UTC e 21 UTC.

A análise das Figuras 9, 10 e 11, mostra:

- valores elevados da temperatura a 2m (às 06 UTC e 15 UTC) e valores baixos da humidade relativa a 2m na vertente sul, no período 1 (14 a 18 de agosto), mostrando diferenças significativas entre a vertente norte e a vertente sul;
- no período 1, os valores previstos da temperatura máxima e mínima eram superiores a 30°C e a 22 °C, respetivamente, na região do Funchal, no extremo leste e oeste da ilha e em alguns locais da parte central da ilha (Figura 9, superior). Os menores valores previstos da humidade relativa a 2m, inferiores a 35 %, foram para os dias 16, 17 e 18 (Figura 10 sup.);
- no período 2, as previsões mostravam tendência para descida da temperatura, mais significativa da temperatura mínima, para valores da ordem a 18 °C na parte central da ilha, assim como aumento da humidade relativa na vertente sul para valores da ordem de 50%, com algumas bolsas de valores inferiores, da ordem de 35% (Figura 9, centro);
- no período 3, as previsões mostravam descida da temperatura, com valores da temperatura mínima da ordem de 16 °C ou inferiores, em grande parte da ilha, e valores da temperatura máxima, inferior a 24 °C (Figura 9, inferior);
- a humidade relativa, no dia 23, com a mudança de direção do fluxo para noroeste, apresentou valores, entre 50% e 65%, às 15 UTC, na vertente norte, sendo inferiores aos do período anterior;
- máximos de vento no início da manhã e início da noite no extremo leste e oeste da ilha da Madeira, prolongando-se, por vezes, à parte central da vertente sul (Figura 11).
- nos períodos 1 e 2, foram previstos e observados máximos de vento, mais intensos no período 1 (Figuras 11, 15 e AIII.5 a AIII.8). No período 3, com um fluxo predominante de noroeste, os máximos de vento não foram significativos.
- os valores mais elevados da intensidade do vento registaram-se nos períodos 1 e 2, em especial no primeiro e nas estações de média altitude (Funchal Monte e Prazeres) assim como na Ponta do Pargo e no Funchal Aeroporto (até 21). No Pico Alto, estação a 118m, registaram-se valores elevados do vento em quase todo o período (Figuras AIII.6 a AIII.8).

A formação de máximos de vento na camada baixa junto ao solo nos extremos da ilha da Madeira, tem sido alvo de vários estudos [6, Miranda, et al, 2020], [7, Alves, et al, 2021]. Estes máximos estão associados quase exclusivamente ao fluxo constante de norte ou de nordeste sobre a ilha da Madeira, sendo mais intensos neste caso, e apresentando um ciclo diurno (noite e manhã/tarde). Estes máximos de vento são também, controlados pela camada de inversão, ou seja, pela altura da camada limite.

3.3 Análise in situ

3.3.1 Perfis Verticais

A estabilidade da atmosfera, em especial na camada baixa, condiciona a progressão e comportamento dos incêndios florestais. A situação meteorológica de larga escala no período de 14 a 26 de agosto determinava condições de estabilidade atmosférica, com provável estabelecimento de inversões de temperatura nos níveis baixo da troposfera, devido à subsidência. As características desta inversão de temperatura, como a altura da base da inversão, a espessura da camada, o ciclo diário e o grau de secura, são suscetíveis de influenciar o regime do vento e, por conseguinte, a progressão do incêndio.

Na Figura 10 apresenta-se observação aerológica (sondagem) do Funchal nos dias 16, 19 e 22 de agosto de 2024, como representativas do perfil da temperatura, humidade e vento dos três períodos considerados. Apresenta-se no ANEXO II os perfis previstos do modelo do ECMWF para os dias 17 e 19 às 06 UTC e às 18 UTC no ponto mais próximo do Funchal e os perfis do modelo AROME às 12 UTC para os dias 22 e 24 de agosto nos pontos mais próximos do Funchal e do Areeiro.

A sondagem do dia 16, cerca das 11 UTC, Figura 10 a, mostra um gradiente positivo (variação positiva da temperatura com a altitude) muito significativo na camada entre os 1000 hPa (próximo da superfície) e os 890 hPa (até cerca de 1200 m de altitude) e com descida significativa da temperatura do ponto de orvalho, tratando-se de uma camada muito seca e com vento intenso de nordeste, cerca de 40 km/h.

Na Figura AII.2 do Anexo II, apresenta-se o perfil do dia 17, às 06 UTC e às 18 UTC, como representativo do período noturno e do final da tarde. No período noturno e início da manhã, a base da inversão iniciava-se junto à superfície, verificando-se uma variação positiva da temperatura com a altitude muito significativa até cerca dos 950 hPa (500 m a 600 m de altitude), mantendo-se quase sem variação na camada 950 hPa a 900 hPa (Figura AII.2a e AII.2b). Nesta camada, havia descida muito acentuada da humidade relativa e vento forte de nordeste. Às 18 UTC, a base de inversão subia para cerca dos 950 hPa e prolongava-se até cerca dos 830 hPa (1600 m a 1700 m de altitude), verificando-se na camada 900 hPa a 850 hPa (1000 m a 1600 m de altitude) o vento mais intenso, com cerca de 40 km/h (Figura AII.2 c, d). A camada onde se verifica o máximo do vento, mostra a dependência entre a intensidade do vento e a extensão da camada de inversão, ou seja, da altura camada limite atmosférica.

Estes máximos de vento são sugestivos da existência de jato de baixa altitude nos extremos da ilha, concordante com a previsão do modelo do modelo AROME, que indicava, neste período, a ocorrência de rajadas com um valor máximo de 60 km/h na parte central da ilha e de 80 km/h nos extremos oeste e leste (Figura 9).

No dia 18 e 19, verificou-se rotação do vento para S e SW nos níveis médios e altos e entrada de ar húmido. No entanto, na camada baixa até cerca dos 750 hPa (2500 a 3000 m de altitude), o vento de NE manteve-se, mas de menor intensidade, assim como a inversão de temperatura (Figura 10 b, Figura AII.3).

Nos dias seguintes verifica-se subida da base de inversão, para o nível dos 900 hPa, aproximadamente, e rotação do vento para W/NW, tornando-se variável fraco no Funchal ou vento N ou NE no Areeiro (Figura 10 c, Figura AII.4).

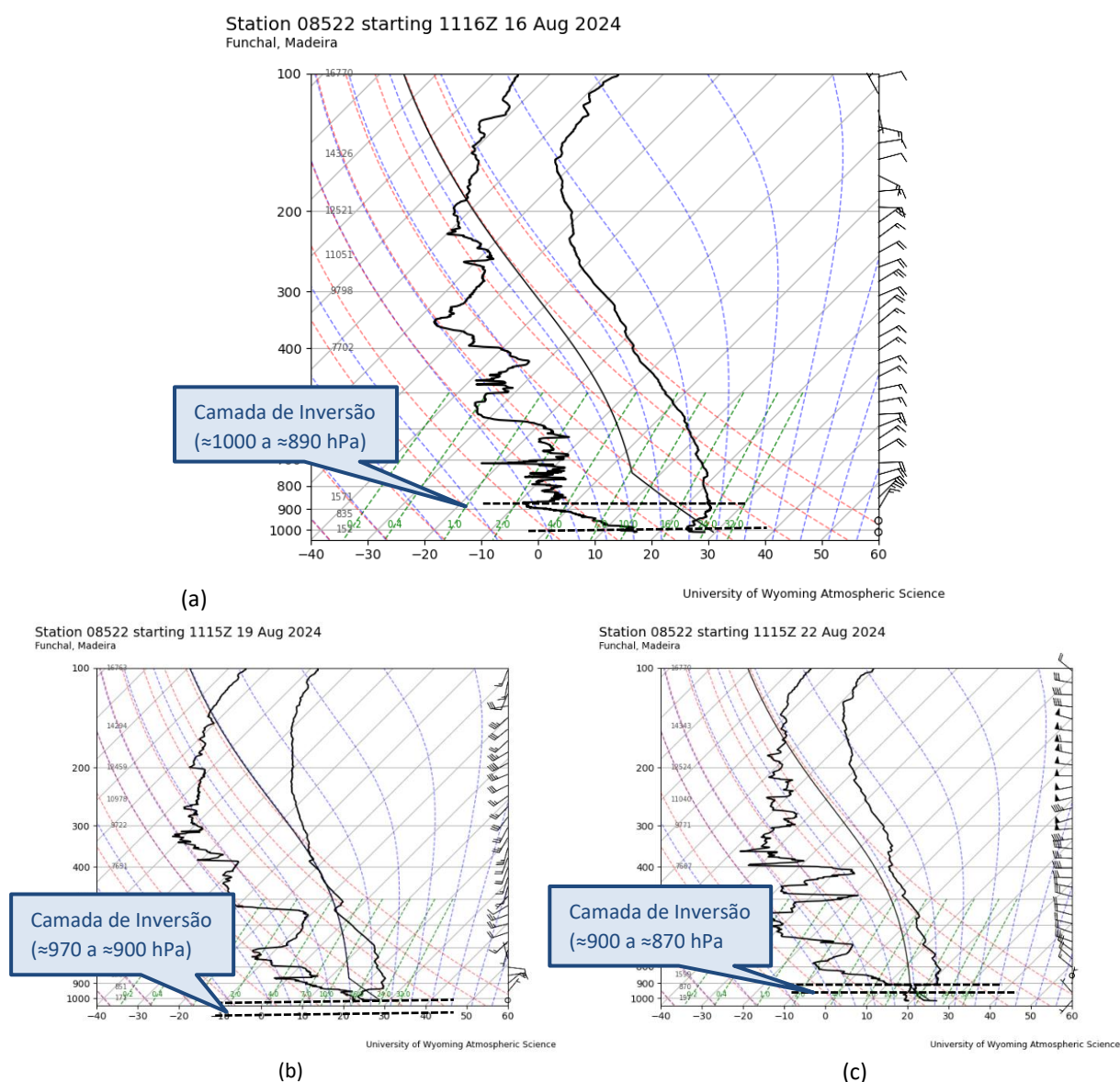


Figura 12 - Sondagem do Funchal nos dias (a) às 11: 16 UTC de 16/08/ 2024, (b) às 11: 15 UTC de 19/08/ 2024, (c) às 11: 15 UTC de 22/08/ 2024. Perfil da temperatura (curva à direita), perfil temperatura do ponto de orvalho (curva à esquerda) e perfil do vento (barbelas no extremo direito). A tracejado, indicador da camada de inversão

3.3.2 Observações nas estações

Na Tabela 1 do ANEXO I apresenta-se a lista e o mapa com as a descrição e localização das estações da rede IPMA. No ANEXO III, apresentam-se gráficos com as séries temporais das observações horárias nas estações meteorológicas da rede IPMA, no período de 14 a 26 de agosto de 2024 (Figura AIII.1 a AIII.8).

Condições meteorológicas na ilha da madeira no período de 14 a 26 de agosto de 2024

A análise dos gráficos do ANEXOS III e das Figuras 14 e 15, evidenciam diferenças significativas nas condições meteorológicas entre as vertentes norte e sul e as terras altas:

Vertente Norte (Figuras AIII.1 e AIII.5).

- HR2m > 70%, sendo < 60%, 23 de agosto associada à entrada de ar seco pós-frontal,
- Tmax ≈ 25 °C, subindo para 27 °C /28 °C nos dias 14, 23 e 24,
- Vento em geral fraco, FF10m < 15 km/h de N ou NE e rajadas entre 20 km/h e 30 km/h

Vertente Sul (Figura 14, 15 e Figuras AIII.1, AIII.3, AIII.5)

- HR2m < 70% (em geral), por vezes HR2m < 50%,
- Tmax ≈ 30 °C,
- Vento em geral fraco, FF10m < 15 km/h, de N ou NE na orla costeira e moderado ou forte 20 < FF10m <40 km/h, de NE ou E, rajadas > 60 km/h, nos locais de média altitude.

Terras Altas (média e elevada altitude) (Figuras 15 e AIII. 3, AIII.4, AIII.7 e AIII.8).

- 20% < HR2m < 50% (em especial acima dos 1500m), por vezes HR2m < 50%,
- Tmax ≈ 25 °C até ao dia 22, descendo para valores 15 °C < Tmax < 18 °C,
- Vento moderado, 20 km/h < FF10m < 30 km/h, de SE, E ou NE e rajadas de 30 km/h a 60 km/h, nas terras de média altitude; 30 km/h < FF10m < 40 km/h e rajadas de 50 km/h a 80 km/h, nas terras mais altas.

Extremo Leste e Oeste (Figuras AIII.2, AIII.6).

- HR2m < 50%, nos dias 16 e 17,
- 21 °C < Tmax ≤ 32 °C,
- Vento moderado ou forte, 20 km/h < FF10m < 40 km/h, de E ou NE e rajadas de 50 km/h a 80 km/h, de 15 a 21 de agosto no Funchal Santa Catarina; 10 a 20 km/h, de NE com rajadas de 40 km/h a 60 km/h, na Ponta do Pargo.

Na vertente norte (não mostrado) registou-se ocorrência de precipitação fraca nos dias 14, 19, 20, 24, 25 e 26, e, nos dias 20 e 24, no extremo leste e oeste da ilha. Nas estações da vertente sul, com exceção das estações de altitude acima de 1500 m, não se registou precipitação em todo o período. As condições meteorológicas aferidas pelas observações nas estações mostram concordância com as previsões dos modelos apresentada no ponto 3.2.

Condições meteorológicas na proximidade da Serra de Água entre 14 a 26 de agosto de 2024

A ilha da Madeira quando sob influência de fluxos persistentes e de condições de grande estabilidade atmosférica, verificam-se diferenças significativas nas condições meteorológicas locais.

Na região onde decorreu o episódio de incêndios de agosto de 2024, o IPMA não tinha em funcionamento nenhuma estação nessa região. As estações mais próximas são Ponta do Sol e Quinta Grande, que podem ser consideradas como estações representativas de baixa e média altitude, respetivamente. As estações de Funchal Observatório e Funchal Monte podem ser utilizadas como estações de comparação. As estações de altitude mais próximas, com observação no período de 14 a 28 de agosto de 2024, foram o Chão do Arieiro e o Pico Alto(Figura 13).

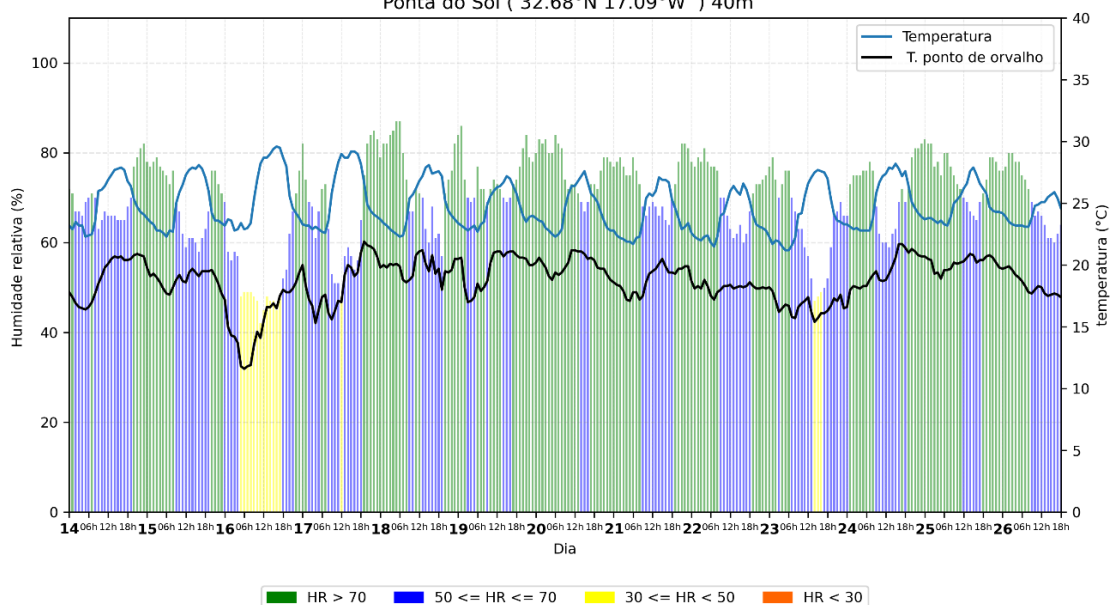


Figura 13 - Estações meteorológicas operacionais da Rede IPMA na parte sueste da ilha da Madeira.

Estações meteorológicas operacionais na proximidade dos locais onde decorreram os incêndios de 14 a 26 de agosto de 2024 (em baixo). Círculo a vermelho- local do início do incêndio a 14 de agosto de 2024.

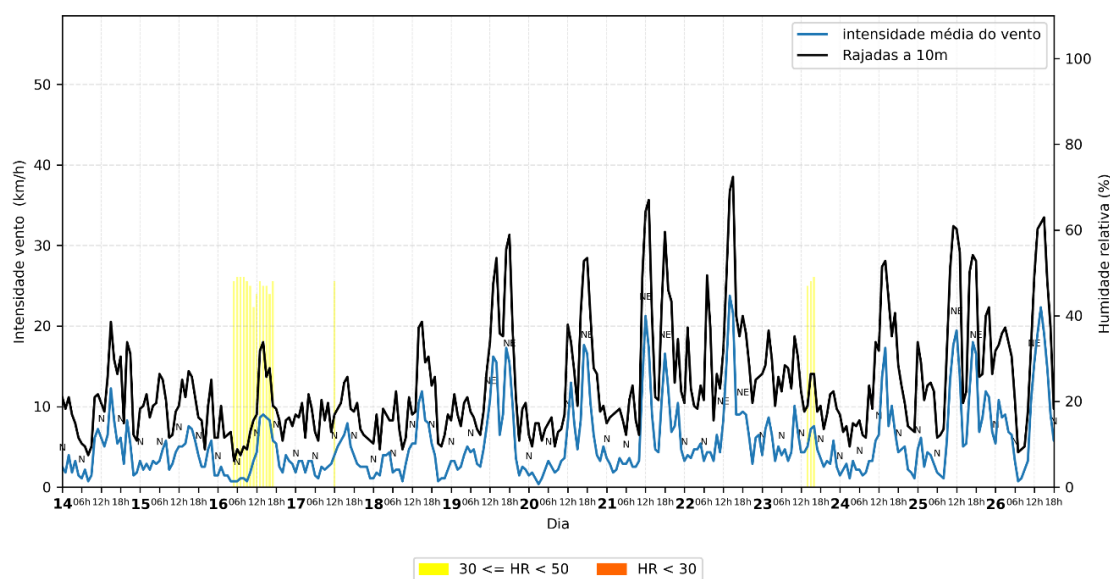
Os gráficos das Figuras 14 e 15, com os valores horários da T2m, Td2m, HR2m e FF10m, e a Tabela 1, que mostra os valores extremos da Tmin, Tmax, HRmin, HRmed, Td2m mínima e Td2m média e da intensidade do vento a 10 m e da rajada máxima em 24 h, permitem fazer uma avaliação das condições meteorológicas na região próxima onde decorreu o episódio de incêndio rural de agosto 2024.

Temperatura, ponto de orvalho e humidade relativa a 2m 14 a 26 agosto 2024
Ponta do Sol (32.68°N 17.09°W) 40m



(a)

Intensidade e rumo médios do vento a 10m e rajadas a 10m 14 a 26 agosto 2024
Ponta do Sol (32.68°N 17.09°W) 40m

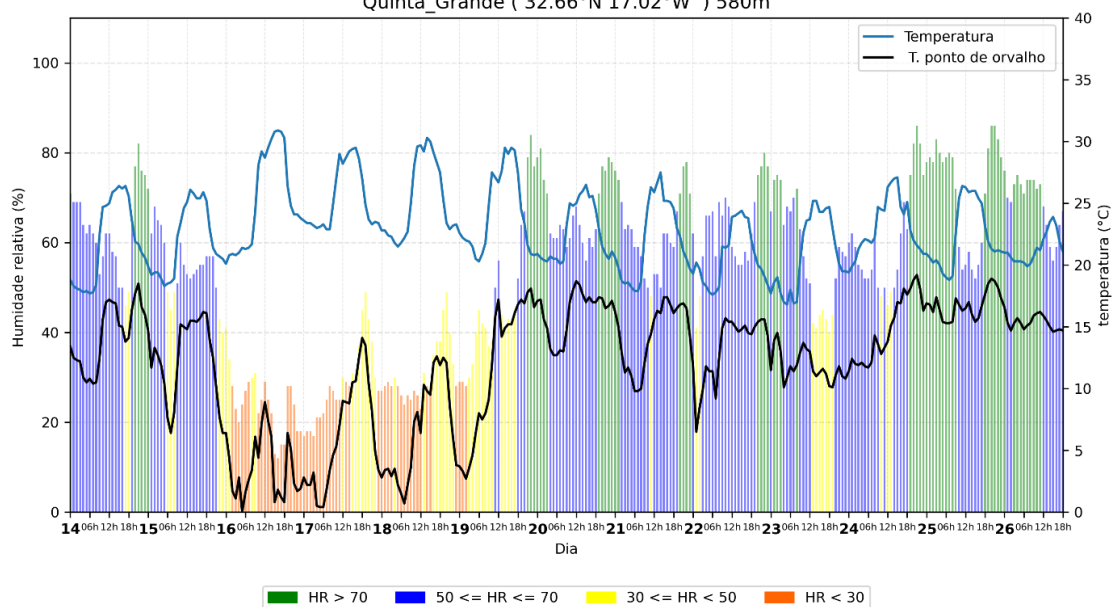


(b)

Figura 14 - Observação de superfície, valores horários no período de 14 a 26 de agosto em estações de baixa altitude da vertente sul (Lugar de Baixo/Ponta do Sol).

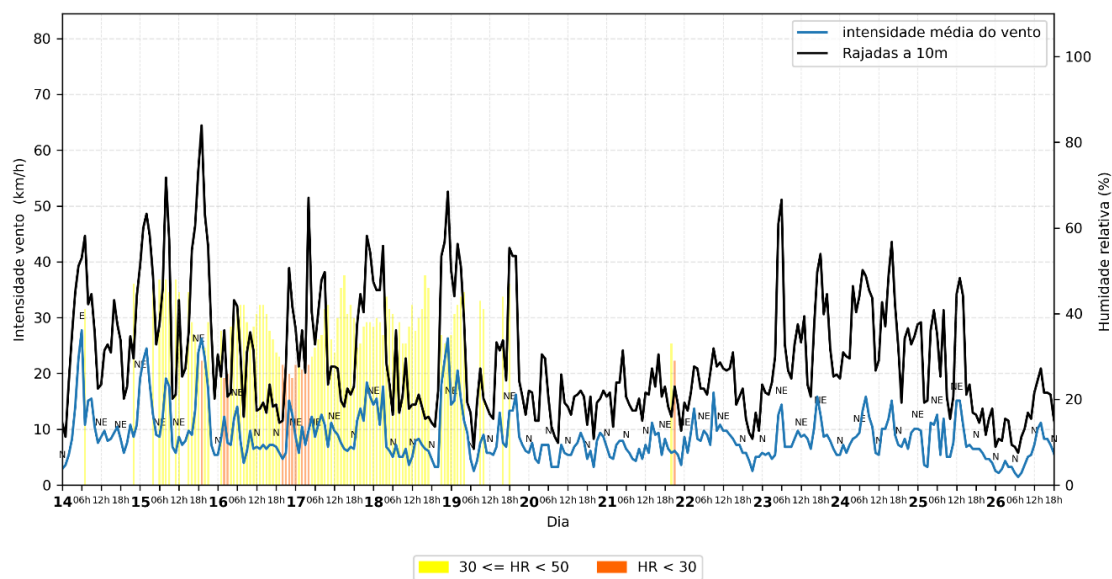
(a) temperatura a 2m, temperatura do ponto de orvalho a 2m, humidade relativa a 2, (b), intensidade do vento a 10 m, rumo e rajada a 10.

Temperatura, ponto de orvalho e humidade relativa a 2m 14 a 26 agosto 2024
Quinta_Grande (32.66°N 17.02°W) 580m



(a)

Intensidade e rumo médios do vento a 10m e rajadas a 10m 14 a 26 agosto 2024
Prazeres (32.75°N 17.2°W) 635m



(b)

Figura 15 - Observação de superfície, valores horários no período de 14 a 26 de agosto em estações de média altitude da vertente sul (Quinta Grande e Prazeres).

(a) temperatura a 2m, temperatura do ponto de orvalho a 2m, humidade relativa a 2, (b), intensidade do vento a 10 m, rumo e rajada a 10 m.

Tabela 1 Valores extremos registados nas estações meteorológicas: temperatura a 2m, temperatura do ponto de orvalho a 2m, humidade relativa a 2m, vento médio a 10m e rajada máxima a 10m no período de 14 a 26 de agosto de 2024.

Estação meteorológica		Tmin (°C) Dia	Tmax (°C) Dia	Tdmin (°C) Dia hora ddhh	Tdmed (°C) Dia dd	HRmin (%) Dia hora ddhh	HRmed (%) Dia dd	FFmed (km/h) Dia dd	Rajmax (km/h) Dia hora ddhh
Baixa altitude (< 500 m)	Funchal / Aeroporto (58 m)	24.8 <u>16</u>	32.4 <u>17</u>	8.2 <u>1706</u>	14.9 <u>16</u>	25.0 <u>1706</u>	47.5 <u>16</u>	43.8 <u>18</u>	87.5 1801
	Funchal /Observ. (58 m)	22.9 <u>25</u>	29.0 <u>24</u>	10.9 <u>16</u>	16.5 <u>16</u>	43.0 <u>16</u>	59.4 <u>16</u>	5.1 <u>23</u>	25.2 <u>2215</u>
	Ponta do Sol/ L. Baixo (40 m)	22.5 <u>16</u>	30.0 <u>16</u>	10.9 <u>1608</u>	15.5 <u>16</u>	35.0 <u>1612</u>	53.8 <u>16</u>	9.3 <u>26</u>	38.5 <u>2215</u>
	Ponta do Pargo (298 m)	20.7 <u>17</u>	31.0 <u>16</u>	7.0 <u>1706</u>	15.8 <u>17</u>	28.0 <u>1706</u>	57.5 <u>17</u>	14.8 <u>16</u>	64.1 <u>1603</u>
	Ponta S. Jorge (257 m) F*	20.4 <u>14</u>	28.2 <u>14</u>	17.9 <u>2608</u>	18.1 <u>26</u>	80.0 26/08	92.2 <u>26</u>	11.8 <u>24</u>	43.6 <u>2408</u>
Média Altitude (> 500 m)	Funchal Monte (593 m)	21.9 <u>17</u>	33.2 <u>17</u>	0.0 <u>1608</u>	10.9 <u>16</u>	14.0 <u>1623/1812</u>	39.8 <u>17</u>	8.9 <u>17</u>	50.0 <u>1708</u>
	Quinta Grande (580 m)	22.2 <u>17</u>	31.7 <u>16</u>	-	2.8 <u>16</u>	7.0 <u>1616</u>	24.2 <u>16</u>	-	-
	Prazeres (635 m)	22.9 <u>17</u>	31.4 <u>19</u>	-1.0 <u>1602</u>	9.2 <u>16</u>	17.0 <u>1720</u>	35.4 <u>16</u>	13.9 <u>15</u>	64.4 <u>1519</u>
Altitude (> 1000 m)	Pico Alto (1118 m)	20.5 <u>17</u>	27.8 <u>21</u>	-	-1.4 /0.7 <u>26 / 16</u>	10.0 <u>1615</u>	26.5 <u>16</u>	47.8 <u>17</u>	92.2 <u>1801</u>
	Chão do Areeiro (1590 m)	16.3 <u>17</u>	27.2 <u>26</u>	-24.3 <u>2612</u>	1.3/-4.5 <u>16/26</u>	4.0 <u>2623</u>	24.3 26/08	45.6 <u>15</u>	75.2 <u>1414</u>
	Pico do Areeiro (1799 m)	16.3 <u>26</u>	26.6 <u>26</u>	-	-3.5/-7.0 <u>15/26</u>	9.0 /4.0 <u>1611/2608</u>	25.8/18.2 <u>15/26</u>	-	-

Legenda: os maiores valores registados da temperatura máxima a 2m (Tmax) e da rajada máxima a 10m (Rajmax), os menores valores da temperatura mínima a 2m (Tmin), da temperatura mínima do ponto de orvalho a 2m (Tdmin), da humidade relativa mínima a 2m (HRmin). Menores valores da média diária da temperatura média do ponto de orvalho a 2m (Tdmed), da humidade relativa média a 2m (HRmed) e os maiores valores da intensidade média do vento a 10 m. Na segunda linha, dia e hh (UTC) da observação a sublinhado.

Da análise efetuada no capítulo 3 dos campos e produtos meteorológicos e dados observados, constantes nos gráficos das Figuras 14 e 15, Figuras AIII do Anexo 3 e da Tabela 1, conclui-se:

- o período de 15 a 18, foi o mais quente, mais seco e o mais ventoso na parte central da vertente sul da ilha da Madeira;
- o valor mais elevado da T_{min}, nas estações de baixa ou média altitude mais próximas da região do incêndio, ocorreu nos dias 16 ou 17, com **T_{min} = 22.5 °C**, no Lugar de Baixo/Ponta do Sol, no dia 16, T_{min}=22.2 na Quinta Grande, no dia 17;
- o valor mais elevado da T_{max}, na vertente sul em estações de baixa ou média altitude, ocorreu nos dias 16, 17 ou 19, com **T_{max} = 33.2 °C** no Funchal Monte, no dia 17;
- os valores mais elevados da T_{max}, nas estações de baixa ou média altitude mais próximas da região do incêndio, foram: T_{max} = 30.0 °C, no Lugar de Baixo (dia 16) e **T_{max} = 31.7 °C** na Quinta Grande, no dia 16;
- os valores mais baixos da T_{dmin}, na vertente sul em estações de baixa ou média altitude ocorreu nos dias 16 e 17, com **T_{dmin} = -1 °C**, nos Prazeres, no dia 16 e T_{dmin} = 10 °C no Lugar de Baixo, no dia 16
- os valores mais baixos da HR_{min}, nas estações de baixa ou média altitude mais próximas da região do incêndio, foi HR_{min} = 35%, no Lugar de Baixo, no dia 16 e **HR_{min} = 7% °C** na Quinta Grande, no dia 16;
- nas estações de altitude acima de 500 m, verificou-se intensificação do vento no período de 15 a 19 de agosto, com vento médio de N/NE entre 10 km/h e 25 km/h, e rajadas da ordem de 40 a 50 km/h, atingindo-se o valor de rajada máxima, **raj_{max} = 64.4 km/h**, nos Prazeres, no dia 15;
- os valores mais elevados da intensidade do vento médio a 10 m, entre 30 km/h a 60 km/h, e rajadas de 70 km/h a 80 km/h, registaram-se na estação do Pico Alto (1118m), no período de 15 a 20 de agosto, e com a rajada máxima, **raj_{max} = 92.2 km/h**, no dia 18.

4. Produtos de Fogos

4.1 Produtos Satélite: Enhanced Vegetation Index (EVI) e FRP

O *Enhanced Vegetation Index* (EVI) quantifica a quantidade de verde na superfície terrestre e fornece um proxy para a cobertura e condição da vegetação. O EVI inclui vários ajustes em relação ao fundo da copa e correções atmosféricas e apresenta menor saturação em copas de alta densidade em comparação com outros índices espectrais de vegetação [8, Huete et al, 2002], [9, Didan et al., 2015]. O EVI da coleção MODIS 6.1 MOD13A1 [9, Didan et al., 2015] foi aqui utilizado para monitorar a dinâmica da vegetação.

O MODIS EVI é fornecido como compósitos de 16 dias e agregados em compósito mensal com resolução espacial de 500m na sua projeção nativa. Foram utilizados valores de EVI entre 2001 e 2024, depois agregados em compósitos mensais (Figura 16 e Figura IV.1, Anexo IV).

Para analisar a área ardida pelo incêndio utilizaram-se mapas mensais de área queimada para agosto de 2024 da versão 6.1 do MODIS, MCD64A1, [10, Giglio et al., 2018]. Os dados têm resolução espacial de 500m na sua projeção nativa e são gerados utilizando as variações diárias de refletância à superfície e anomalias térmicas, permitindo a deteção da data mais provável do incêndio. Foram integradas várias melhorias na coleção mais recente do algoritmo, especialmente no que diz respeito à deteção de pequenos incêndios e à redução da incerteza na estimativa da data da queima.

A Figura 16, mostra o EVI para os anos de 2001 a 2024, verificando-se que em julho o EVI na Madeira era superior ao dos anos em que ocorreram grandes incêndios na Madeira, 2010, 2012 e 2016 e, também superior ao dos outros anos, desde 2001 (linhas a cinzento).

Na Figura AIV.1, verifica-se que na região onde ocorreu o incêndio, os valores mais baixos do EVI verificaram-se no período de inverno, com destaque para o mês de abril.

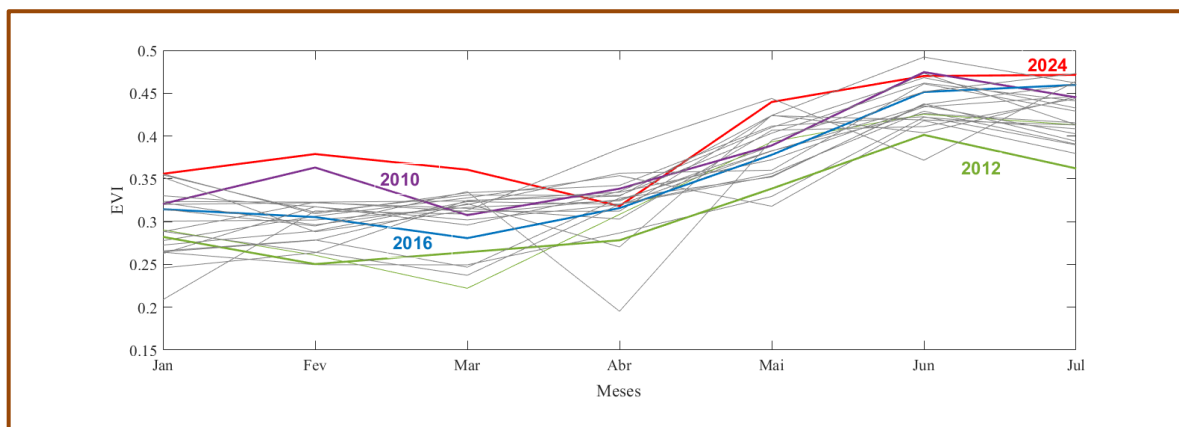


Figura 16 - Índice de vegetação (*Enhanced Vegetation Index* - EVI) mensal na Madeira nos anos de 2001 a 2024.

Na Figura 17, apresenta-se a energia libertada pelos incêndios, derivado dos instrumentos SEVIRI a bordo do satélite geoestacionário MSG, disseminado quase em tempo real, desde 2004, pela EUMETSAT (*Land Surface Analysis Satellite Applications Facility, LSA-SAF*).

O produto, *Fire Radiative Power* (FRP) da (LSA-502) está espalhado por toda a resolução espaço-temporal do sensor SEVIRI, com uma distância de amostragem espacial de 3 km no ponto subsatélite (África Ocidental), sendo de cerca 4 km na região da Madeira, e com uma resolução temporal de 15 minutos. O FRP de um pixel que apresente um forte contraste térmico com a sua vizinhança e com uma potência típica da atividade de incêndio, é um pixel de incêndio ativo, e é expresso em megawatts (MW), representando a quantidade de energia térmica radiante emitida, por unidade de tempo, pela queima de vegetação e/ou solos orgânicos presentes nesse pixel. O algoritmo FRP deteta com segurança os pixéis de incêndio ativos cujo FRP excede os 30 MW [11, Wooster et al., 2015] e pode discriminar a área de incêndios ativos, cobrindo até 10-4 pixéis, sendo, por isso, mais sensível ao fogo do que outros algoritmos utilizados em muitos produtos de fogo ativo, que são amplamente explorados (Wooster et al., 2015).

A integração do FRP obtido a partir do SEVIRI/MSG com uma resolução temporal de 15 min ao longo do tempo de vida do incêndio permite estimar a Energia Radiativa do Fogo (FRE) total libertada durante o evento. A metodologia adotada baseia-se no facto de o FRE libertado ser proporcional à quantidade de biomassa consumida, calculada através do FRP acumulado de cada evento [12, Pinto et al., 2018].

A Figura 15a, evidencia um incêndio muito intenso nos dias 16, 17 e 18, atingindo a intensidade máxima (> 40 TJ) no dia 17. A partir do dia 19, verificou-se um decaimento acentuadamente para valores nulos (detetados pelo satélite) a partir do dia 21 de agosto.

Na Figura 15 b, verifica-se que em 2024 a energia libertada pelos incêndios foi a maior desde 2004.

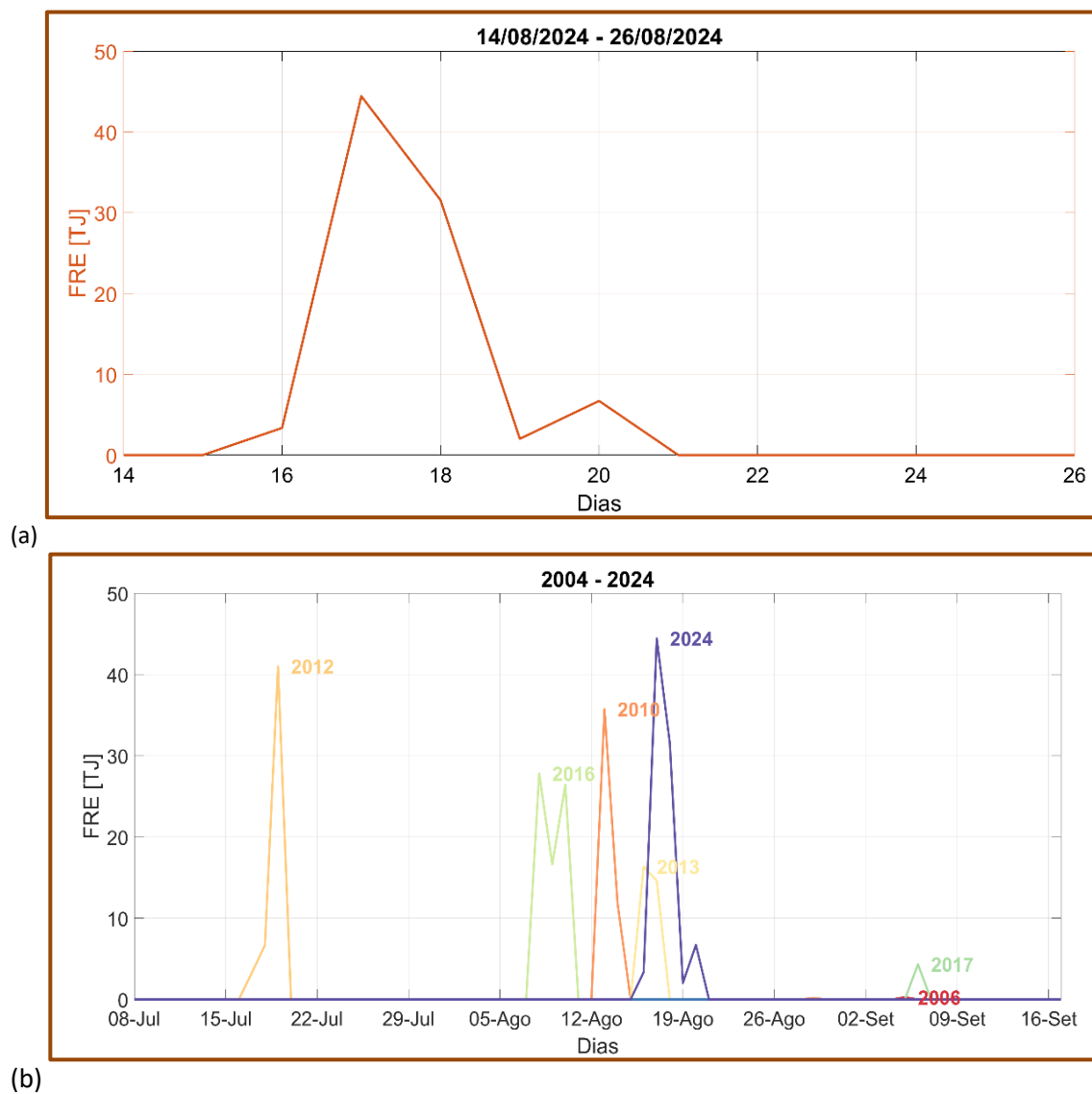


Figura 17 - Energia libertada pelos incêndios na Madeira.

(a) no período de 14 a 26 de agosto de 2024, (b) nos incêndios desde 2004 a 2024.

4.2 Índice meteorológico de incêndio do sistema canadiano - FWI: nas estações

Análise do perigo de incêndio baseou-se nos índices meteorológicos de incêndio do sistema canadiano [13, Van Wagner, 1987] – sistema FWI, calculados na área onde decorreram os incêndios, utilizando os parâmetros previstos pelo modelo do ECMWF e utilizando os dados de observação nas estações da rede do IPMA que calculam operacionalmente os índices do sistema FWI. Uma vez que não há uma base climatológica destes índices para a região da Madeira, foram utilizadas as mesmas classes de perigo e percentis utilizados para o território do Continente na época de verão, junho a setembro.

4.2.1 Índices do sistema FWI calculados com o modelo do ECMWF

A Figura 18 mostra os valores diários, calculados para as 12 UTC, do índice de propagação inicial, ISI; e do índice meteorológico de incêndio, FWI (*Fire Weather Index*) para os anos de 2001 a 2004., de 10 a 20 de agosto. Com exceção do ano de 2012, os grandes incêndios dos anos de 2010, 2013, 2016 e 2024 ocorreram, na quase totalidade, neste período do mês de agosto.

Na análise do valor dos índices do sistema FWI, faz-se comparação, embora que grosseira, com os percentis médios no Continente para o período de verão (junho a setembro).

Os valores máximos do ISI em 2024, foram moderados, entre 7 e 8, correspondendo ao percentil 50 do ISI no Continente no período de verão, sendo semelhantes aos de 2016, verificando-se um valor superior, próximo de 10, no ano de 2010.

Os valores do FWI são também moderados, correspondendo às classes de **Elevado ou Muito Elevado** nos dias 15 a 18.

No ANEXO V, Figura AV.1 apresenta-se a evolução diária do índice de Humidade dos Combustíveis Finos (FFMC), do combustível disponível (BUI), do índice de seca, DC e do índice de Húmus (DMC) calculado com os dados do modelo do ECMWF para as 12 UTC na área do incêndio. Os valores do FFMC do ano de 2024 segue os verificados nos anos de 2010 e 2016 e são valores baixos, com o máximo no ano de 2024, próximo de 87 nos dias 16, 17 e 18, correspondendo ao percentil 25 do Continente na época de verão.

Os valores do BUI, no ano de 2024 são inferiores aos dos anos de 2012 e 2016, mas são relativamente elevados, próximos de 200 a partir do dia 17. Este valor do BUI é indicativo que há um consumo muito elevado de combustível de todas as categorias. A combinação deste valor de BUI com valores elevados de ISI > 10, é indicativo de que há condições para fogos extremos [14, Fernandes, P., et al, 2015].

Os valores do índice de húmus, indicativo da humidade dos combustíveis mortos de média dimensão, apresentaram os maiores valores nos anos dos grandes incêndios sendo, os anos de 2010, 2012 e 2024 muito semelhantes e destacando-se o ano de 2016, com valores mais elevados, indicando maior secura destes combustíveis.

Os valores do Índice de Seca, DC, apresenta valores elevados nos anos dos grandes incêndios, superiores a 900, correspondendo ao percentil de 85, apresentando o valor mais elevado no ano de 2012.

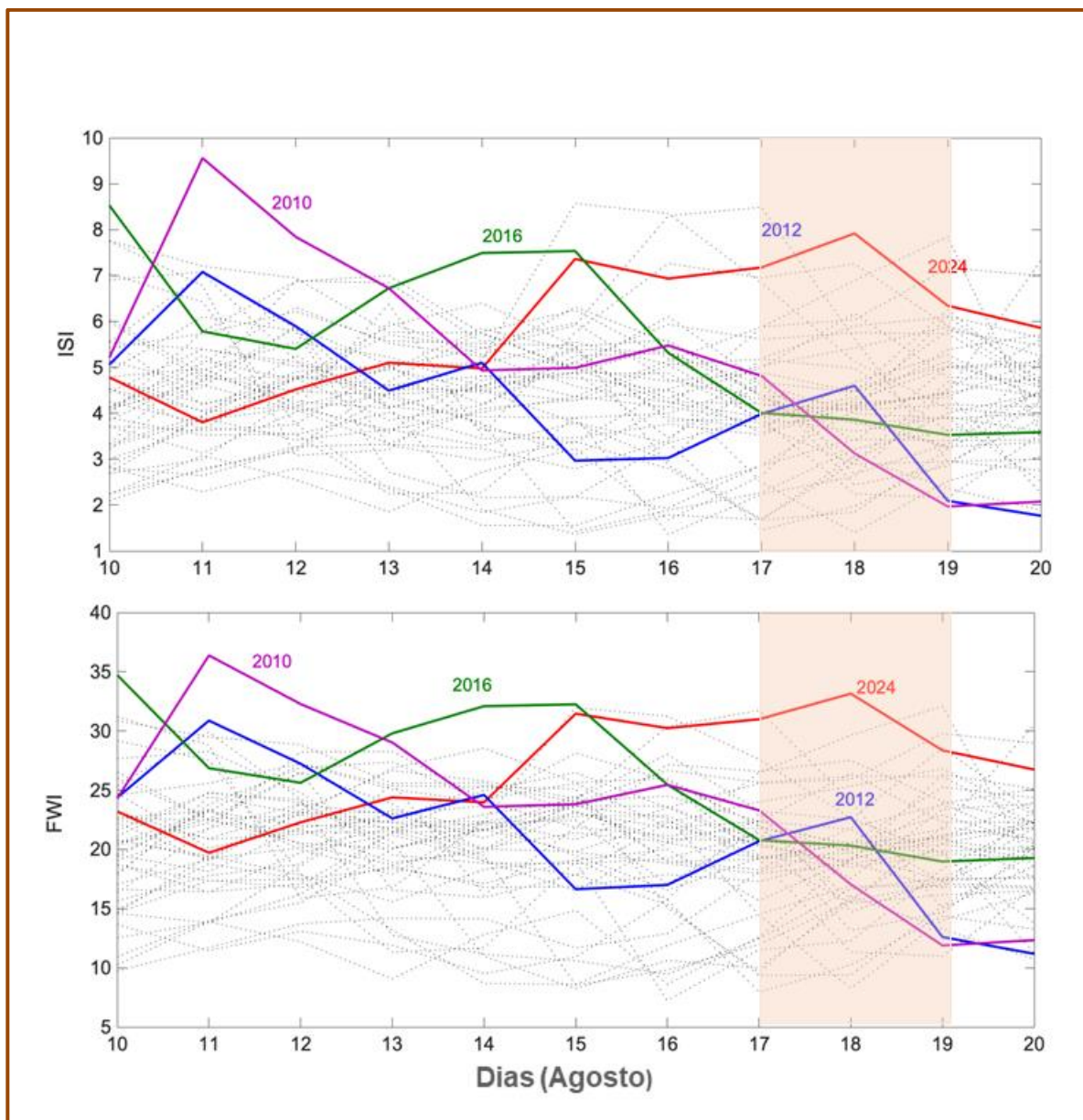


Figura 18 - Evolução diária dos índices de propagação inicial, ISI, e do índice meteorológico de incêndio, FWI no período de 10 a 20 de agosto para os anos de 2001 a 2024, calculados com base no modelo ECMWF.

Índices do sistema FWI in situ: calculados nas estações meteorológicas

O cálculo dos índices meteorológicos dos índices do sistema FWI nas estações meteorológicas executado diariamente às 12 UTC para um conjunto de estações na ilha da Madeira, tendo-se selecionado os índices nas estações mais próximas do local do incêndio, Lugar de Baixo e Funchal observatório (Figura 19) como representativas das estações de baixa altitude, Quinta Grande e Chão do Areeiro como representativas de média e elevada altitude (Figura 20).

O índice FWI na Madeira não está calibrado em classes, pelo que se fará a análise baseada nos valores dos índices definidores das classes utilizadas no Continente assim como os percentis.

Analisando as Figura 19 e 20, verifica-se:

- o índice dos combustíveis mortos finos, FPMC, apresentou valores inferiores ao percentil 95 (FPMC= 94.7) para os meses de junho a setembro no Continente;
- os maiores valores do FPMC, ocorreram nos dias 16, 17 e 18: FPMC= 89,4 (Lugar de Baixo/Ponta do Sol, no dia 17), FPMC= 87.7 (Funchal Observatório, no dia 17), **FPMC= 93.6** (Quinta Grande, no dia 18), FPMC= 89.4 (Chão do Areeiro, nos dias 16, 17 e 18);
- O índice ISI, raramente atingiu valores iguais ou superiores ao percentil 95 (ISI= 15.8), para os meses de junho a setembro no Continente, tendo sido baixos ou moderados nas estações de baixa ou média altitude;
- os maiores valores do ISI foram: ISI= 7.2, Lugar de Baixo/Ponta do Sol, no dia 21, **ISI= 15.8**, Quinta Grande, no dia 18, ISI= 11.7, Chão do Areeiro, no dia 19, registando-se o valor mais elevado do ISI = 27.2, Funchal Santa Catarina , no dia 18;
- o índice FWI nas estações de baixa ou média altitude, atingiu, em geral, valores baixos ou moderados, inferiores ao P20 (P20= 18) referente à época de verão no Continente, correspondendo às classes de perigo de **Reduzido** ou de **Moderado** por vezes, a classe de **Elevado ou Muito Elevado**. Nas estações de baixa ou média altitude, os valores do FWI foram superiores, situando-se nas classes de **Muito Elevado** ou **Máximo**;
- os maiores valores do FWI nas estações da vertente sul, foram: FWI= 32.2, Lugar de Baixo/Ponta do Sol, no dia 21, classe de **Muito Elevado**, mantendo-se nesta classe de perigo nos dias 19, 20, 21, 24, 25 e 26 (Figura 19), FWI = 21.4, Funchal Observatório, no dia 25, classe de **Elevado**, mantendo-se nesta classe de perigo em todo o período, **FWI= 53.1**, Quinta Grande, no dia 18, classe de **Extremo**, e classe de **Máximo** nos dias 16 e 17, FWI= 33.9, Chão do Areeiro, 33.9, no dia 19, classe de **Muito Elevado**, mantendo-se nesta classe nos dias, 16, 18, 20, 21 e 22.

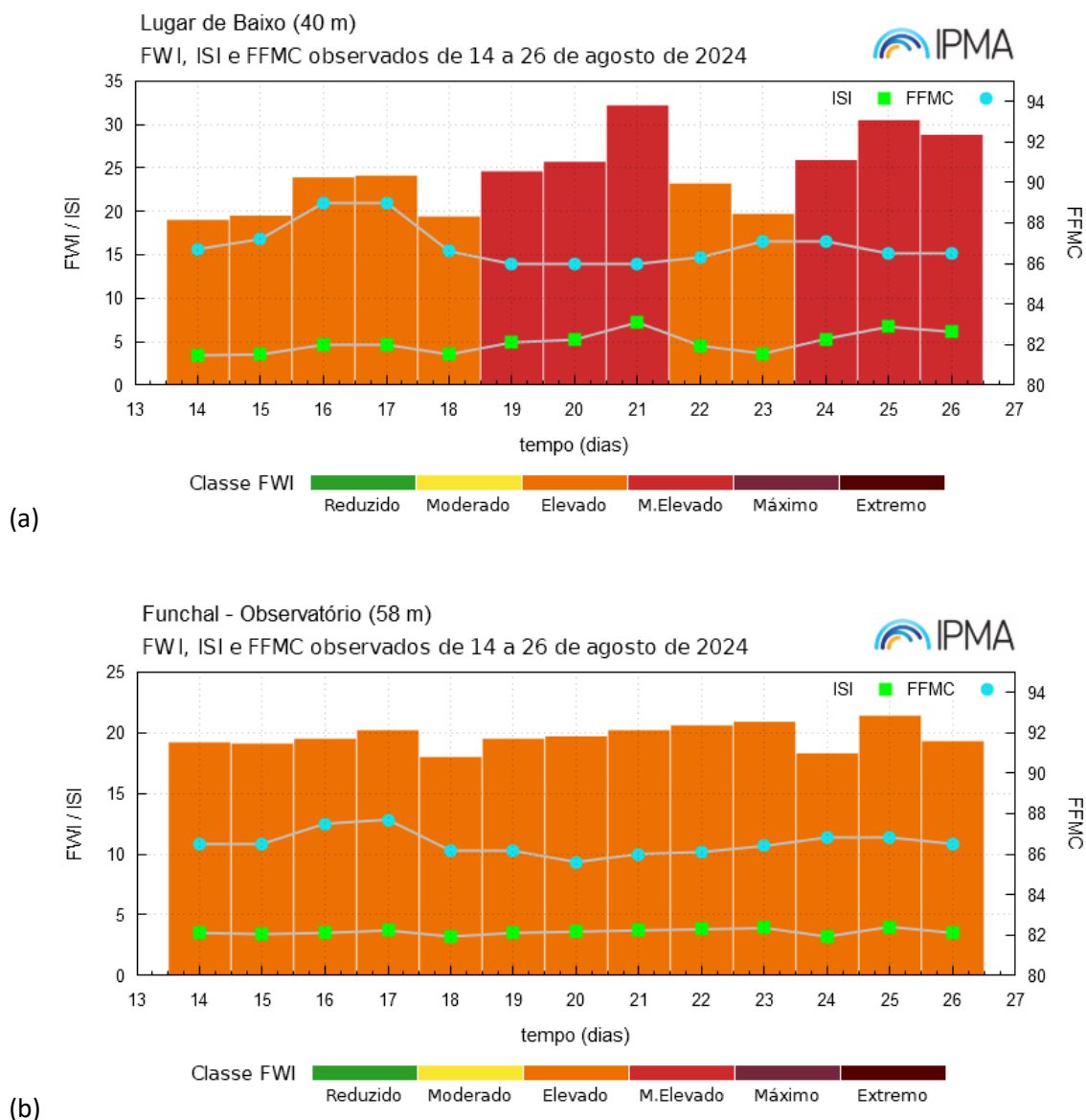


Figura 19 - Evolução diária dos índices FMMC, ISI e FWI nas estações meteorológicas de baixa altitude (< 500 m), no período de 14 a 26 de agosto de 2024.

(a) Ponta do Sol/ Lugar de Baixo, (b) Funchal Observatório

FFMC (círculos), ISI (quadrados) FWI (colunas).

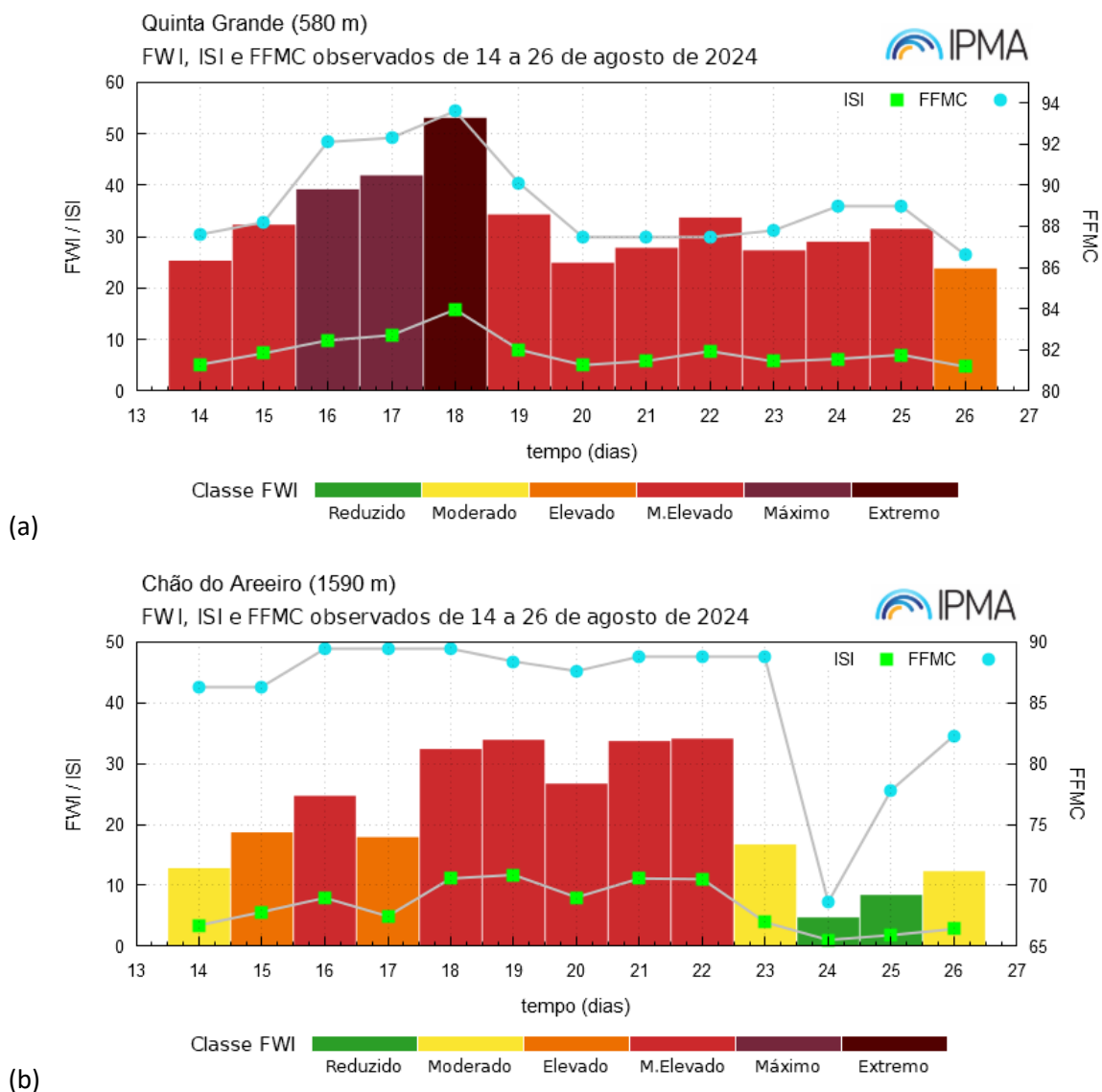


Figura 20 - Evolução diária dos índices FMMC, ISI e FWI nas estações meteorológicas de média e elevada altitude (> 500 m), no período de 14 a 26 de agosto de 2024.

(a) Quinta Grande), (b) Chão do Areeiro.

FFMC (círculos), ISI (quadrados) FWI (colunas).

A análise dos índices meteorológicos de perigo de incêndio e dos produtos de satélites, conclui-se:

- O índice de vegetação, EVI, no final de julho de 2024, de 2024 era um dos mais elevados da série de anos 2001-2024, indicando que não houve constrangimentos para o desenvolvimento da vegetação;
- O índice de seca DC, indicava para o período de 10 a 20 de agosto de 2024, um valor elevado, superior a 900, semelhante ao do ano de 2016, mas inferior ao do ano de 2012;
- O valor do BUI (índice combustível disponível) mostrava (comparativamente aos valores do Continente) um valor relativamente elevado, superior a 200, valor esse indicativo que o combustível disponível tinha condições para alimentar incêndios intensos [14, Paulo Fernandes, et al.];
- Os valores do ISI e do FWI calculados com base no modelo do ECMWF indicavam valores baixos do ISI e baixos ou moderados do FWI, inferiores aos dos anos de 2010, 2012 e 2016, aumentando no período de 15 a 18, com o máximo no dia 18;
- Os maiores valores dos índices FFMC, ISI e FWI calculados com as observações, ocorreram nas estações de média e de altitude da vertente sul, Chão do Areeiro, Quinta Grande. Este facto deve-se às condições meteorológicas nas zonas de altitude: humidade relativa muito baixa e vento forte.
- A potência do fogo, dada pelo produto FRP, apresentou um máximo nos dias 16 a 18, com um máximo absoluto, superior a 40 TJ no dia 17, decaindo acentuadamente nos dias seguintes;
- O período de 15 a 18 de agosto correspondeu também ao período de maior severidade meteorológica, ao período de maior intensidade do fogo e à maior área ardida, 67%, do total da área ardida ocorreu até cerca das 11 UTC do dia 19 (dados Copernicus).

5. Previsões do Estado do Tempo para o arquipélago da Madeira

5.1 Previsões a curto e médio Prazo

Os boletins de previsão diária, elaborados e atualizados diariamente, no Centro de Previsão Meteorológica do IPMA, apresentam um alcance de previsão de 4 dias para o arquipélago da Madeira, contemplando uma descrição textual e distinção entre as regiões montanhosas da ilha Madeira das restantes regiões. Na Tabela 2, apresentam-se as previsões diárias de âmbito geral para a ilha da Madeira e de Porto Santo, incluindo uma previsão específica para a região do Funchal. No Anexo VI, apresentam-se os boletins de previsão para o dia.

Tendo em conta a descrição sinóptica apresentada no capítulo 3 e com base na descrição textual apresentada na Tabela 2 (boletins de previsão emitidos pelo IPMA), as previsões do estado do tempo e a observação (**a negrito**) para a ilha da Madeira no período de 14 a 26 de agosto, resumem-se:

- Possibilidade de ocorrência de precipitação fraca, nomeadamente de aguaceiros fracos nos dias 14, 20 e 23 nas vertentes norte da ilha da Madeira, e a ocorrência de chuva fraca no dia 19;
- **Ocorreu precipitação fraca na madrugada e início da manhã de dia 19, no início da noite do dia 19 e na madrugada do dia 20, valor máximo de 1.1 mm**, devido à passagem de uma superfície frontal quente;
- O arquipélago foi influenciado por um fluxo de nordeste, prevendo-se uma intensificação do vento entre os dias 15 e 19, em que o vento poderia soprar forte com rajadas entre 60 e 75 km/h, em especial nas terras altas e nos extremos da ilha da Madeira. A partir de dia 20 previa-se uma pequena diminuição da intensidade do vento e da rajada. **Nos dias 14 e 15 verificaram-se rajadas até 70/75 km/h nas terras altas, nos dias 15 e 16 verificaram-se rajadas até 70-76 km/h e nos dias 17, 18, 19 e 20 rajadas até 70-88 km/h na região do aeroporto.**
- Nos dias 16 e 17, era expectável uma pequena subida de temperatura, em especial da máxima, incluindo as terras altas. No dia 22, era expectável uma pequena descida de temperatura. **Tendo ocorrido subida de temperatura nos dias 14, 17 e 19 no Funchal.**
- Após o fim dos avisos meteorológicos – nos dias 22 (regiões montanhosas) e 23 (costa norte e sul) – previa-se ocorrência de precipitação moderada ou fraca, em especial na vertente norte e nas terras altas nos dias 24 e 25. Vento NE, por vezes forte com rajadas até 60 km/h nas terras altas e no extremo leste e oeste da Madeira.
- **Ocorreu precipitação fraca na manhã de 24 e durante a tarde e início da noite de 25. Registaram-se rajadas de 72 km/h nas terras altas e de 65 km/h no extremo leste no dia 24. No dia 24, ocorreu uma pequena subida da temperatura mínima e no dia 25 uma pequena descida de temperatura na região do Funchal.**

Tabela 2 -Previsões meteorológicas de âmbito geral elaboradas para o dia seguinte, no turno da noite, correspondendo à previsão mais atual.

Dia	Previsão meteorológica para a ilha da Madeira e de Porto Santo (IPMA)
14	Céu em geral pouco nublado, apresentando períodos de muito nublado nas vertentes norte e terras altas da ilha da Madeira, onde podem ocorrer aguaceiros fracos . Vento fraco a moderado (10 a 30 km/h) de nordeste, soprando por vezes forte (até 40 km/h) nas terras altas e no extremo leste e oeste da ilha da Madeira. Região do Funchal: Céu geralmente pouco nublado. Vento fraco (inferior a 15 km/h).
15	Períodos de céu muito nublado, tornando-se gradualmente pouco nublado a partir da tarde. Vento fraco a moderado (10 a 30 km/h) de norte/nordeste, soprando moderado a forte (30 a 45 km/h), com rajadas até 65 km/h , nas terras altas e no extremo leste e oeste da ilha da Madeira. Região do Funchal: Períodos de céu muito nublado, tornando-se gradualmente pouco nublado ou limpo a partir da manhã. Vento fraco (inferior a 15 km/h).
16	Céu pouco nublado ou limpo. Vento fraco a moderado (10 a 30 km/h) de nordeste, soprando por vezes forte (até 45 km/h) nas terras altas e no extremo leste e oeste da ilha da Madeira. Pequena subida da temperatura máxima. Região do Funchal: Céu pouco nublado ou limpo. Vento fraco (inferior a 15 km/h). Pequena subida da temperatura máxima.
17	Céu pouco nublado ou limpo, apresentando temporariamente períodos de mais nebulosidade nas vertentes norte e na ilha de Porto Santo. Vento fraco a moderado (10 a 30 km/h) de nor-nordeste, soprando por vezes forte (até 45 km/h), em especial nas terras altas e no extremo leste e oeste da ilha da Madeira. Pequena subida da temperatura máxima nas terras altas. Região do Funchal: Céu pouco nublado ou limpo. Vento fraco (inferior a 15 km/h). Pequena subida da temperatura mínima.
18	Períodos de céu muito nublado, apresentando-se pouco nublado na vertente sudoeste da ilha da Madeira. Vento fraco a moderado (10 a 30 km/h) de norte/nordeste, soprando moderado a forte (30 a 45 km/h), por vezes com rajadas até 70 km/h , nas terras altas, no extremo leste e oeste da ilha da Madeira e na ilha de Porto Santo. Região do Funchal: Céu geralmente pouco nublado. Vento fraco (inferior a 15 km/h).
19	Períodos de céu muito nublado, apresentando-se geralmente pouco nublado nas vertentes sul da ilha da Madeira. Possibilidade de ocorrência de chuva fraca até ao início da manhã nas vertentes norte e terras altas. Vento fraco a moderado (até 35 km/h) de norte/nordeste, soprando moderado a forte (até 45 km/h) e por vezes com rajadas até 70 km/h nas terras altas e no extremo leste e oeste da ilha da Madeira. Região do Funchal: Céu geralmente pouco nublado. Vento fraco 5 km/h).
20	Períodos de céu muito nublado, apresentando-se geralmente pouco nublado nas vertentes sul da ilha da Madeira. Possibilidade de ocorrência de aguaceiros fracos nas vertentes norte, terras altas e ilha de Porto Santo até ao início da manhã. Vento fraco a moderado (10 a 30 km/h) de nordeste, soprando moderado a forte (30 a 40 km/h) nas terras altas e no extremo leste e oeste da ilha da Madeira, por vezes com rajadas até 60 km/h . Região do Funchal: Céu geralmente pouco nublado. Vento fraco (inferior a 15 km/h).
21	Céu pouco nublado ou limpo, apresentando períodos de muito nublado na vertente norte da ilha da Madeira e em Porto Santo até ao meio da manhã. Vento fraco a moderado (10 a 30 km/h) de nordeste, soprando por vezes forte (até 40 km/h) nas terras altas e no extremo leste e oeste da ilha da Madeira. Região do Funchal: Céu pouco nublado ou limpo. Vento fraco (inferior a 15 km/h).
22	Céu pouco nublado ou limpo, apresentando períodos de mais nebulosidade nas vertentes norte da ilha da Madeira e na ilha de Porto Santo, em especial até final da manhã e no final do dia. Vento fraco a moderado (até 30 km/h) de nordeste, por vezes forte (até 40 km/h) nas terras altas e no extremo leste e oeste da ilha da Madeira, em especial a partir da tarde. Pequena descida de temperatura. Região do Funchal: Céu pouco nublado ou limpo, apresentando períodos de mais nebulosidade até início da manhã. Vento fraco (inferior a 15 km/h).
23	Períodos de céu muito nublado, apresentando-se pouco nublado nas vertentes sul da ilha da Madeira. Possibilidade de ocorrência de aguaceiros fracos nas vertentes norte e terras altas da ilha da Madeira a partir da tarde. Vento fraco a moderado (10 a 30 km/h) de norte/nordeste, por vezes forte (até 40 km/h) nas terras altas e extremos leste e oeste da ilha da Madeira. Região do Funchal: Céu geralmente pouco nublado. Vento fraco (inferior a 15 km/h).
24	Céu em geral muito nublado, com aberturas durante a tarde. Períodos de chuva fraca ou chuveiro , por vezes moderada nas vertentes norte e terras altas da ilha da Madeira até ao fim da manhã. Vento fraco a moderado (10 a 30 km/h) de norte, rodando para nordeste a partir do fim da tarde e soprando por vezes forte (até 40 km/h) nas terras altas da ilha da Madeira. Pequena subida da temperatura mínima. Região do Funchal: Céu em geral muito nublado, diminuindo de nebulosidade a partir da tarde. Períodos de chuva fraca ou chuveiro até ao fim da manhã. Vento fraco (inferior a 15 km/h). Pequena subida da temperatura mínima.
25	Céu geralmente muito nublado. Períodos de chuva , em especial nas vertentes norte e terras altas da ilha da Madeira e até ao meio da tarde. Vento moderado (20 a 30 km/h) de nordeste, sendo moderado a forte (até 45 km/h), com rajadas até 60 km/h , nas terras altas e no extremo leste e oeste da ilha da Madeira. Pequena descida de temperatura. Região do Funchal: Períodos de céu muito nublado. Períodos de chuva mais prováveis durante a manhã, sendo em geral fraca. Vento fraco (inferior a 15 km/h).
26	Períodos de céu muito nublado, diminuindo a nebulosidade a partir da tarde. Vento fraco a moderado (10 a 30 km/h) de nordeste. Região do Funchal: Céu pouco nublado ou limpo. Vento fraco (inferior a 15 km/h).

5.2 Previsão alargada a 4 semanas

Relativamente à previsão alargada a 4 semanas elaborada 1 vez por semana (quinta-feira, com base no *run* (execução do modelo) do dia anterior, na forma de boletim, e divulgado para a Delegação Regional da Madeira (DRM, IPMA), apresenta-se na Tabela 3, um resumo da anomalia da temperatura média do ar para o período, indicado por semanas.

No Anexo VI, apresenta-se o texto descritivo da anomalia da temperatura média do ar e da anomalia da precipitação total semanal de 22 de julho a 13 de agosto, no qual se incluem as semanas de 12 a 18 e de 19 a 25 de agosto, correspondendo às previsões elaboradas todas as quintas-feiras, entre o dia 17 de julho e 13 de agosto de 2024.

Na coluna da esquerda apresenta-se a data de emissão de cada previsão para a respetiva semana. A cada valor de anomalia é atribuído uma probabilidade referente à probabilidade de se situar no tercil mais alto, coluna Prob (*).

Verificou-se que o *run* de 07 de agosto elevou o valor da anomalia de +0.25 a 1°C para +0.25 a 3°C, comparando com o *run* anterior de dia 6 de agosto. Para a semana de 12 a 18 de agosto, o valor de anomalia manteve-se entre +0.25 e 3°C com uma probabilidade elevada (superior a 90%). Para a semana de 19 a 25 de agosto, o valor de anomalia manteve-se entre +0.25 e 3°C com uma probabilidade elevada (superior a 90%), até ao *run* de 10 de agosto, baixando o valor da anomalia para +0.25 a 1°C nos *run* seguintes (Tabela 3).

Tabela 3 - Valores da anomalia semanal da temperatura média do ar a 2 m para as semanas de 12 a 18 de agosto e de 19 a 25 de agosto de 2024.

Anomalia Semanal (<i>run</i>)	Semana 12/08-18/08	Prob (*)	Semana 19/08-25/08	Prob (*)
17/07 (4ªf)	+0.25 a 1°C	50-80%	---	---
24/07 (4ªf)	+0.25 a 1°C	>80%	+0.25 a 1°C	70-90%
31/07 (4ªf)	+0.25 a 1°C	60-90%	+0.25 a 1°C	60-90%
01/08 (5ªf)	+0.25 a 1°C	70-90%	+0.25 a 1°C	80-90%
02/08 (6ªf)	+0.25 a 1°C	70-90%	+0.25 a 1°C	70-90%
03/08 (sáb.)	+0.25 a 1°C	>80%	+0.25 a 1°C	60-80%
04/08 (dom.)	+0.25 a 1°C	>90%	+0.25 a 1°C	70-90%
05/08 (2ªf)	+0.25 a 1°C	>90%	+0.25 a 1°C	>80%
06/08 (3ªf)	+0.25 a 1°C	>90%	+0.25 a 1°C	>90%
07/08 (4ªf)	+0.25 a 3°C	>90%	+0.25 a 3°C	>90%
08/08 (5ªf)	+0.25 a 3°C	>90%	+0.25 a 3°C	>90%
09/08 (6ªf)	+0.25 a 3°C	>90%	+0.25 a 3°C	>90%
10/08 (sáb.)	+0.25 a 3°C	>90%	+0.25 a 3°C	>90%
11/08 (dom.)	+0.25 a 3°C	>90%	+0.25 a 1°C	>90%
12/08 (2ªf)	+0.25 a 3°C	>90%	+0.25 a 1°C	>90%
13/08 (3ªf)	---	---	+0.25 a 1°C	>80%
14/08 (4ªf)	---	---	+0.25 a 1°C	>90%

Esta previsão baseia-se em produtos de “ensemble” (previsão de um conjunto de 50 previsões, membros, e da previsão operacional) do modelo Europeu do ECMWF com uma resolução espacial de 9 km (até 15 dias) ou 36 km (previsão alargada a 46 dias) e uma resolução vertical de 137 níveis (IFS upgrade, Cycle 48r1). [15, ECMWF, 2024 e 2023].

5.3 Avisos emitidos pelo IPMA

Os avisos em vigor para a persistência de tempo quente emitidos pelo IPMA, contemplam 4 níveis: verde, amarelo (A), laranja (L) e vermelho (V), para um período superior a 48 horas. Este aviso tem em conta o parâmetro da temperatura máxima respeitando os limiares em vigor à data de emissão dos avisos de tempo quente para esta situação em particular. As regiões da ilha da Madeira são diferenciadas entre: costa norte, costa sul e regiões montanhosas. Também são emitidos avisos de tempo quente para a ilha de Porto Santo. Os limiares do aviso de tempo quente podem ser consultados na página do IPMA [16].

No período em análise, de 14 a 26 de agosto, apresentam-se nas tabelas seguintes (Tabelas 4 a 6), os avisos emitidos para cada região.

A emissão de avisos de tempo quente iniciou-se no dia 14, para as 3 regiões, e em articulação com a Direção Regional da Madeira DRM do IPMA, foi divulgada a seguinte informação:

“O Serviço Regional de Proteção Civil alerta para as condições meteorológicas adversas, nomeadamente o aviso amarelo emitido pelo IPMA para tempo quente, o qual sofrerá um incremento para aviso laranja a partir das 00h00 de 16 de agosto até às 18h00 do dia 17 de agosto complementado com ocorrência de vento forte e percentagem de humidade relativa baixa, cujas condições são propícias à ocorrência de incêndios.”

Foram emitidos no dia 14, avisos de nível amarelo para tempo quente nos dias 14 e 15, prevendo-se um agravamento para o nível laranja nos dias 16, 17 e 18. Os avisos de nível laranja foram ainda emitidos no final de dia 14 para a costa sul e regiões montanhosas, tendo sido elevado para nível laranja na costa norte no final de dia 15.

O nível laranja de aviso de tempo quente manteve-se ativo entre:

- Costa norte: 15/08 (21UTC) e 18/08 (21UTC)
- Costa sul: 16/08 (00UTC) e 19/08 (18UTC)
- Regiões montanhosas: 16/08 (00UTC) e 19/08 (18UTC)

O nível amarelo de aviso de tempo quente manteve-se em vigor entre:

- Costa norte: 14/08 (10:30UTC) e 23/08 (18UTC)
- Costa sul: 14/08 (10:30UTC) e 24/08 (18UTC)
- Regiões montanhosas: 14/08 (10:30UTC) e 22/08 (18UTC)

Tabela 4 - Avisos emitidos, nível e validade de avisos de tempo quente para a costa norte.

Emissão		Nível	Validade			
Dia	Hora		Dia	Hora início	Dia	Hora fim
14	10:28:00	A	14	10:29:00	16	18:00:00
14	18:06:00	A	14	18:07:00	17	18:00:00
15	16:18:00	A	15	16:19:00	18	16:00:00
15	20:51:00	A	15	20:52:00	15	21:00:00
15	20:51:00	L	15	21:00:00	18	18:00:00
16	12:07:00	L	16	12:08:00	18	21:00:00
16	12:07:00	A	18	21:00:00	19	12:00:00
16	18:11:00	L	16	18:12:00	18	21:00:00
16	18:11:00	A	18	21:00:00	19	18:00:00
17	18:32:00	L	17	18:33:00	18	21:00:00
17	18:32:00	A	18	21:00:00	20	18:00:00
20	11:35:00	A	20	11:36:00	22	00:00:00
21	21:31:00	A	21	21:32:00	22	18:00:00
22	16:19:00	A	22	16:20:00	22	18:00:00
23	18:07:00	A	23	18:08:00	24	18:00:00

Legenda: Aviso amarelo, L- Aviso Laranja

Tabela 5 - Avisos emitidos, nível e validade de avisos de tempo quente para a costa sul.

Emissão		Nível	Validade			
Dia	Hora		Dia	Hora início	Dia	Hora fim
14	10:28:00	A	14	10:29:00	16	18:00:00
14	18:06:00	A	14	18:07:00	16	0:00:00
14	18:06:00	L	16	0:00:00	17	18:00:00
15	16:18:00	A	15	16:19:00	16	0:00:00
15	16:18:00	L	16	0:00:00	18	16:00:00
15	20:51:00	A	15	20:52:00	15	21:00:00
15	20:51:00	L	15	21:00:00	18	18:00:00
16	12:07:00	L	16	12:08:00	19	12:00:00
16	18:11:00	L	16	18:12:00	19	18:00:00
17	18:32:00	L	17	18:33:00	19	18:00:00
17	18:32:00	A	19	18:00:00	20	18:00:00
20	11:35:00	A	20	11:36:00	22	0:00:00
21	21:31:00	A	21	21:32:00	22	18:00:00
22	16:19:00	A	22	16:20:00	23	18:00:00
23	18:07:00	A	23	18:08:00	24	18:00:00

Legenda: Aviso amarelo, L- Aviso Laranja

Tabela 6 – Avisos emitidos, nível e validade de avisos de tempo quente para as regiões montanhosas

Emissão		Nível	Validade			
Dia	Hora		Dia	Hora início	Dia	Hora fim
14	10:28:00	A	14	10:29:00	16	18:00:00
14	18:06:00	A	14	18:07:00	16	0:00:00
14	18:06:00	L	16	0:00:00	17	18:00:00
15	16:18:00	A	15	16:19:00	16	0:00:00
15	16:18:00	L	16	0:00:00	18	16:00:00
15	20:51:00	A	15	20:52:00	15	21:00:00
15	20:51:00	L	15	21:00:00	18	18:00:00
16	12:07:00	L	16	12:08:00	19	12:00:00
16	18:11:00	L	16	18:12:00	19	18:00:00
17	18:32:00	L	17	18:33:00	19	18:00:00
17	18:32:00	A	19	18:00:00	20	18:00:00
20	11:35:00	A	20	11:36:00	22	0:00:00
21	21:31:00	A	21	21:32:00	22	18:00:00
22	16:19:00	A	22	16:20:00	22	18:00:00

Legenda: Aviso amarelo, L- Aviso Laranja

5.4 Informação fornecida à Proteção Civil da Madeira: Briefings

No site do Serviço Regional de Proteção Civil, IP, RAM, pode ser encontrada informação oficial sobre os comunicados divulgados relativo ao fogo que deflagrou no dia 14 de agosto na zona da Serra de Água e evoluiu, durante o período noturno, para a zona do Espigão e Trompica, na Ribeira Brava.

A evolução do fogo nos dias seguintes pode ser consultada nos comunicados do SRPC-RAM [17].

6. Considerações Finais

Situações meteorológicas de fluxo persistente de norte ou nordeste sobre a ilha da Madeira, que é predominante no verão, origina temperatura significativamente mais elevada e humidade relativa mais baixa na vertente sul do que na vertente norte, devido ao efeito orográfico. Este contraste é ainda maior se houver condições de grande estabilidade com o estabelecimento de inversões de subsidência junto à superfície.

O padrão de circulação no período de 14 a 26 de agosto, embora não tenha tido grandes alterações na escala larga (escala sinótica), as pequenas alterações verificadas em conjugação com a orografia, refletiram-se em alterações nas condições meteorológicas locais, como se mostrou na análise da situação meteorológica.

O período de 15 a 18 de agosto de 2024, com o sistema de altas pressões a desenvolver-se na vertical e com prolongamento em crista para o norte da Península Ibérica-Golfo da Biscaia, definindo um fluxo intenso de nordeste na região Atlântica entre o Continente - Madeira – Canárias- Costa Ocidental Africana (Marrocos/Mauritânia), originou as condições meteorológicas mais severas (valores elevados de temperatura, superiores a 30 °C, valores baixos de humidade relativa, inferiores a 20%, e vento forte, com rajadas de 50 km/h a 60 km/h) na vertente sul e na região central da ilha da Madeira, em especial nos locais acima de 500 m de altitude.

Devido à interação do fluxo de nordeste com a topografia da ilha da Madeira e ao estabelecimento de inversões de temperatura que, de 16 a 18 de agosto, se estendiam da camada junto ao solo (no período noturno) até ao nível acima dos 850 hPa, registaram-se os valores mais elevados da intensidade do vento e das rajadas e os menores valores da humidade relativa – fenómeno de compressão adiabática -, nas estações de média a elevada altitude, até aos 1000 m aproximadamente, da vertente sul.

Os índices de perigo do sistema FWI, tanto os calculados com base nos valores previstos pelo modelo do ECMWF, valores utilizados pelo sistema Europeu de informação dos Incêndios Florestais (EFFIS), como os calculados diariamente nas estações da rede de observação do IPMA, não evidenciaram valores elevados de perigo, exceto nas estações de elevada altitude e de média altitude, onde se verificaram valores extremos ou máximos do FWI de 16 a 18.

Devido à forte influência da orográfica nas condições meteorológicas na ilha da Madeira, os índices de perigo do sistema FWI calculados com base no modelo do ECMWF, devido à baixa resolução horizontal do modelo (9 km), não são apropriados para a avaliação do perigo meteorológico de incêndio na ilha da Madeira. Por outro lado, os índices calculados nas estações do IPMA, também não permitem avaliação rigorosa da variação local do perigo meteorológico de incêndio, devido a uma cobertura observacional insuficiente para o efeito.

A previsão das condições meteorológicas a nível local num terreno de orografia tão complexa como a da Madeira requer modelos de previsão de elevada resolução capazes de parametrizar os fenómenos de pequena escala que são induzidos pela orografia.

Contudo, as previsões e os avisos emitidos pelo IPMA, evidenciaram uma situação meteorológica com um algum perigo meteorológico para a propagação dos incêndios na vertente sul. Mas as limitações dos modelos de previsão e cobertura observacional insuficiente não permite previsões com maior detalhe.

A Madeira tem no seu passado recente anos em que ocorreram grandes incêndios, que provavelmente, num cenário de alterações climática, se agravará no futuro. Esta circunstância, reforça a necessidade de elaborar previsões do estado tempo que diferenciem com mais detalhe as diferentes regiões da ilha, assim como uma melhor avaliação do perigo meteorológico de incêndio rural, recomendando-se:

- previsões mais detalhadas, baseando-se preferencialmente nos produtos meteorológicos de mesoscala do modelo AROME;
- disponibilizar operacionalmente os índices do sistema FWI calculados com o modelo AROME e calcular a climatologia dos índices;
- aumentar a rede de estações para o cálculo do FWI e calcular por rotina o FWI horário;
- utilizar produtos de satélite para avaliar o estado da vegetação;

7. Referências

- [1] Público, 27/08/ 2024. Área ardida no incêndio da Madeira ultrapassou os 5100 hectares” <https://www.publico.pt/2024/08/27/sociedade/noticia/area-ardida-incendio-madeira-ultrapassou-5100-hectares-2101964>. Acesso em 3/10/2024
- [2] Copernicus, Wildfire in Central Madeira, Portugal, EMSR748-Situcional reporting, Copernicus Emergency Management Service, 3 Setembro 2024.
<https://rapidmapping.emergency.copernicus.eu/EMSR748>
<https://rapidmapping.emergency.copernicus.eu/EMSR748/reporting>
<https://forest-fire.emergency.copernicus.eu/applications/data-and-services>
- [3] FIRMS, Fire Information for Resource Management System, NASA
<https://firms2.modaps.eosdis.nasa.gov/map/#d:24hrs:@0.0,0.0,3.0z>
- [4] Mestre, A., Pires, V. C., Silva, A. P., Marques, J., 2011, Atlas climático dos arquipélagos das Canárias, da Madeira e dos Açores – Climate Atlas of the Archipelagos of the Canary Islands, Madeira and Azores, IPMA, AEMET
- [5] IPMA, <https://www.ipma.pt/pt/oclima/normais.clima/1971-2000/#535>
- [6] P.M.A. Miranda, R.Tomé, L.Frois, M.Nogueira, J.M.R. Alves, V. Prior, R. Caldeira, E. Dutra (2020), Speed- up of the Madeira tip jets in the ERA5 climate highlights the decadal variability of the Atlantic subtropics, Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, doi:10.1002/qj.3940, 2020.
- [7] José M. R. Alves, Ricardo Tomé, Rui M. A. Caldeira, Pedro, M.A. Miranda (2021), Asymmetric Ocean Response to Atmospheric Forcing in an Island Wake: A 35-Year High-Resolution Study, frontiers in Marine Science, doi:10.33389/ fmars 2021.624392
- [8] Huete, A., Didan, K., Miura, T., Rodriguez, E. P., Gao, X., & Ferreira, L. G. (2002). Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation indices. Remote sensing of environment, 83(1-2), 195-213
- [9] Didan, K., Munoz, A. B., Solano, R., & Huete, A. (2015). MODIS vegetation index user’s guide (MOD13 series). University of Arizona: Vegetation Index and Phenology Lab, 35, 2-33.
- [10] Giglio, L., Boschetti, L., Roy, D. P., Humber, M. L., & Justice, C. O. (2018). The Collection 6 MODIS burned area mapping algorithm and product. Remote sensing of environment, 217, 72-85.
- [11] Wooster, M.J.; Roberts, G.; Freeborn, P.H.; Xu, W.; Govaerts, Y.; Beeby, R.; He, J.; Lattanzio, A.; Fisher, D.; Mullen, R. LSA SAF Meteosat FRP Products—Part 1: Algorithms, Product Contents, and Analysis. Atmos. Chem. Phys. 2015, 15, 13217–13239.
- [12] Pinto, M.M.; DaCamara, C.C.; Trigo, I.F.; Trigo, R.M.; Turkman, K.F. Fire Danger Rating over Mediterranean Europe Based on Fire Radiative Power Derived from Meteosat. Nat. Hazards Earth Syst. Sci. 2018, 18, 515–529.

- [13] Van Wagner C. E. (1987), Development and structure of Canadian Forest Fire Weather Index. Canadian Forestry Service, Forestry Technical Report 35, Ottawa.
- [14] Fernandes, P., Palheiro, P., (2015) Interpretação dos índices do Sistema Canadano de Indexação do Perigo de Incêndio Florestal, ResearchGate, DOI:10.13140/RG.1.3683.8568
- [15] ECMWF, 2023 e 2024, <https://www.ecmwf.int/en/about/media-centre/focus/2024/plans-high-resolution-forecast-hres-and-ensemble-forecast-ens>
<https://confluence.ecmwf.int/display/FCST/Implementation+of+IFS+Cycle+49r1>
- [16] IPMA, Critérios de emissão de Aviso meteorológico
<https://www.ipma.pt/pt/enciclopedia/otempo/sam/index.html?page=criterios.xml>.
- [17] Comunicados sobre a evolução do incêndio de 14 a 26 de agosto de 2024 do Serviço Regional de Proteção Civil da Região Autónoma da Madeira
<https://www.procivmadeira.pt/pt/mapa-do-site.html>

ANEXOS

ANEXO I - Rede de Estações Meteorológicas Automáticas na Ilha da Madeira

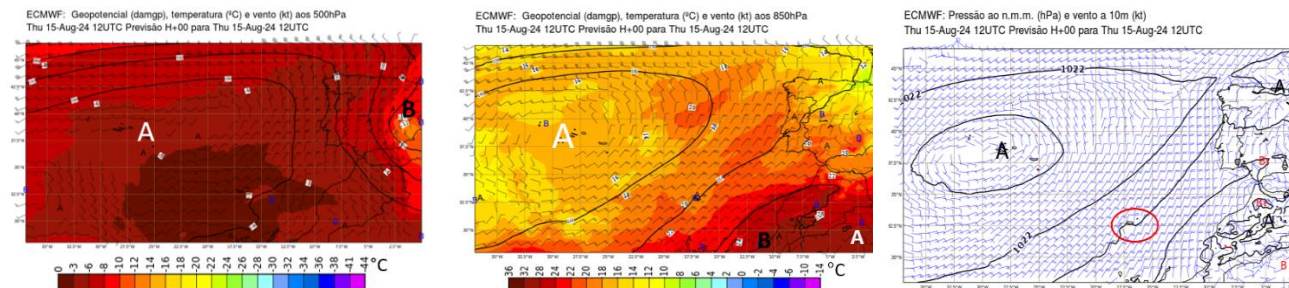
Tabela AI.1

EMA	NOME	ENTIDADE	LAT	LONG	ALT (m)
01210978	Canical/são Lourenço	IPMA	32.7484°	-16.7066°	133
01210975	Santo da Serra	IPMA	32.7259°	-16.8168°	660
01210965	Santana	IPMA	32.8082°	-16.8864°	257
01210960	Ponta de S. Jorge	IPMA	32.8345°	-16.9062°	257
01210967	São Vicente	IPMA	32.8002°	-17.0447°	97
01210906	Porto Moniz/Porto	IPMA	32.8664°	-17.1660°	4
01210990	Ponta do Pargo	IPMA	32.8138°	-17.2632°	68
01210987	Prazeres	IPMA	32.7520°	-17.2047°	171
01210986	Lugar de Baixo/Ponta do Sol	IPMA	32.6812°	-17.0928°	40
01210984	Quinta Grande	IPMA	32.6630°	-17.0150°	580
01240971	Funchal/Lido	IPMA	32.6366°	-16.9356°	25
01200522	Funchal/Observatório	IPMA	32.6475°	-16.8925°	58
01210965	Funchal/Sta Catarina_Aeroporto	IPMA	32.69°	-16.78°	58
01210976	Funchal/Monte	IPMA	32.6758°	-16.9069°	593
01210972	Pico Alto	IPMA	32.6944°	-16.9039°	1118
01210973	Chão do Areeiro	IPMA	32.7221°	-16.9162°	1590
01210974	Pico do Areeiro	IPMA	32.7352°	-16.9283°	1799

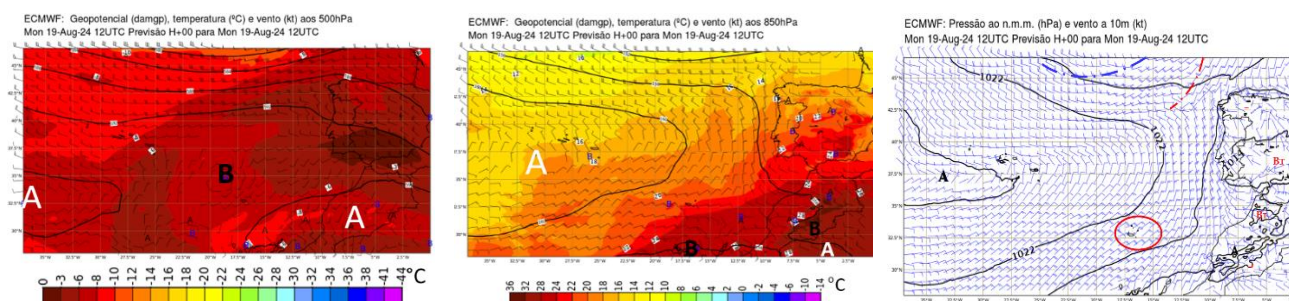


Figura AI.1 - Estações meteorológicas automáticas (EMAs) operacionais da rede IPMA

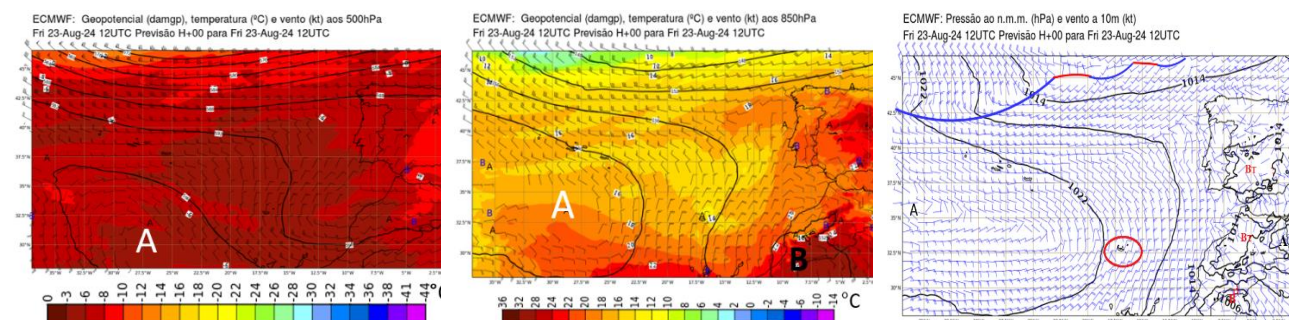
ANEXO II - Campos Meteorológicos e Perfis Verticais dos Modelos ECMWF e AROME



Dia 15 de agosto de 2024



Dia 19 de agosto de 2024



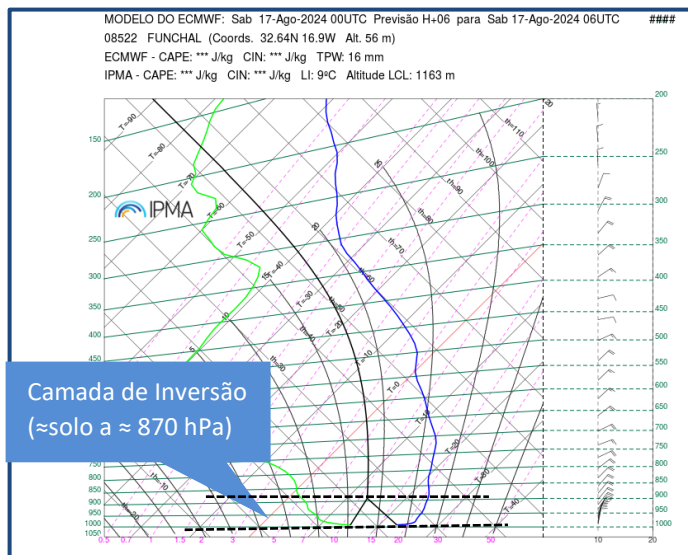
Dia 23 de agosto de 2024

Figura AII.1 – Previsão H+00 do ECMWF, geopotencial, temperatura, vento e pressão ao nível médio do mar. Previsão válida para 15 agosto de 2024 às 12 UTC (linha superior); previsão válida para 19 agosto de 2024 às 12 UTC (linha central); previsão válida para 23 agosto de 2024 às 12 UTC (linha inferior).

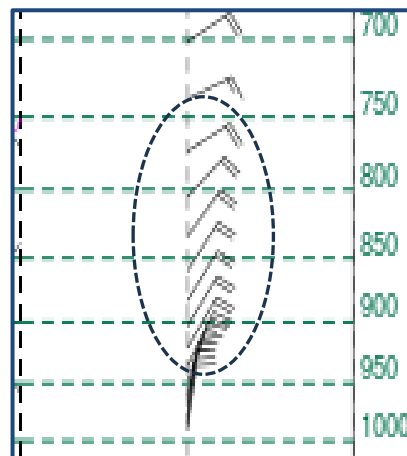
Geopotencial (linhas a preto, 4 em 4 damgp), temperatura (sombreado a cores, °C) e vento (barbelas, nós) aos 500 hPa (esquerda), aos 850 hPa (centro), pressão ao nível médio do mar (4 em 4 hPa, linhas a preto) e vento a 10 m (barbelas), traçado frontal (direita).

A- Anticiclone, B- Depressão BT - Depressão Térmica.

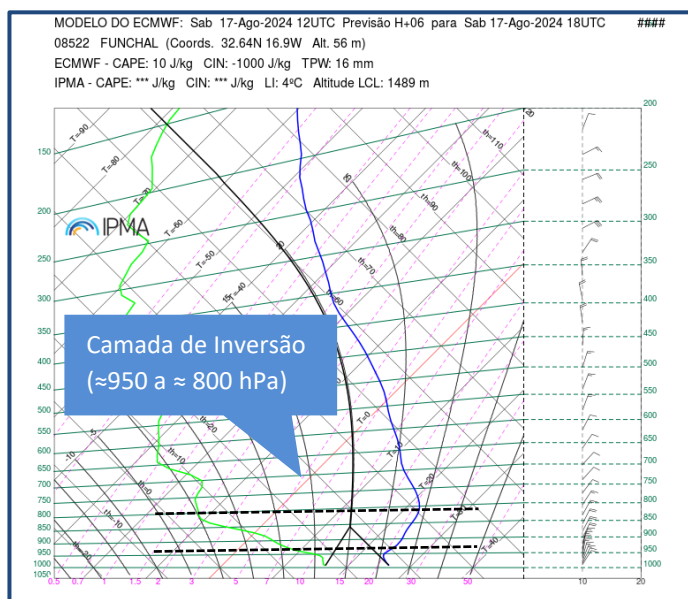
— Frente Fria — . — (frente de intensidade fraca) — Frente Quente — . — (frente de intensidade fraca).



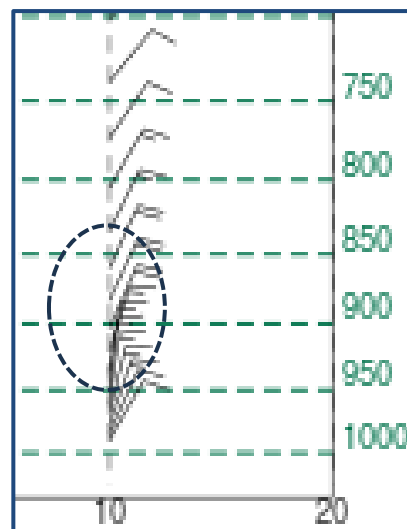
(a)



(b)



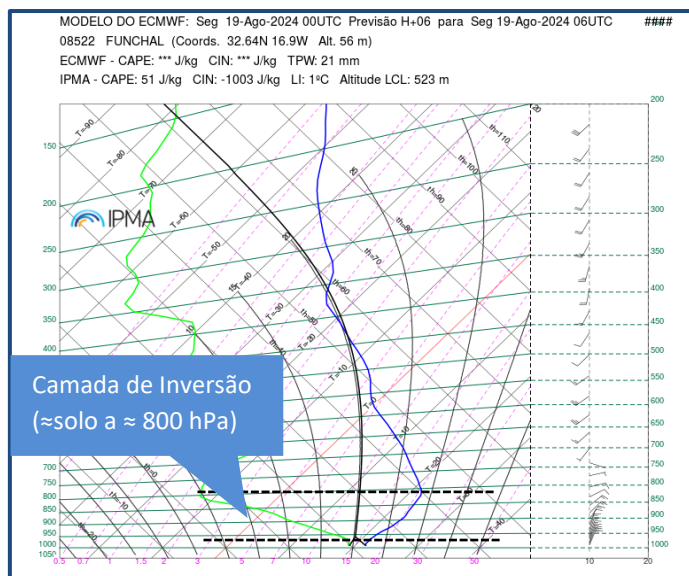
(c)



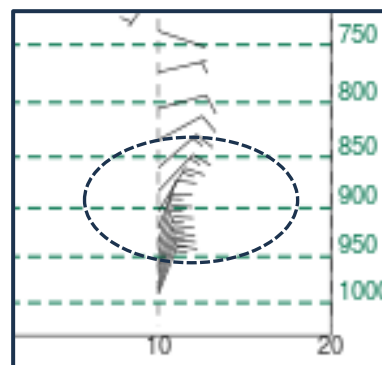
(d)

Figura AII.2 – Previsão H+6 do perfil vertical do modelo do ECMWF válida para 17/08/2024 no ponto do modelo mais próximo do Funchal.

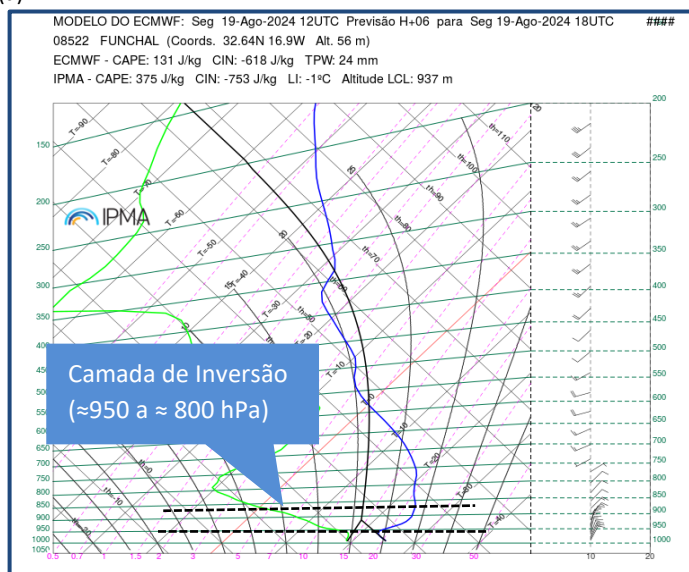
- (a) Perfil às 06 UTC da temperatura (curva a azul), da temperatura do ponto de orvalho (curva a verde) e vento (barbelas, nós), (b) vento na camada média - baixa, (c) Perfil às 18 UTC da temperatura (curva a azul), da temperatura do ponto de orvalho (curva a verde) e vento (barbelas, nós), (d) vento na camada média – baixa.



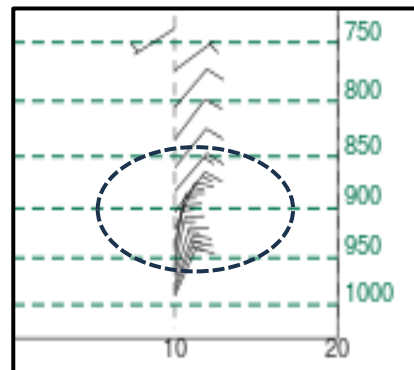
(a)



(b)



(c)



(d)

Figura AII.3 – Previsão H+6 do perfil vertical do modelo do ECMWF válida para 19/08/2024 no ponto do modelo mais próximo do Funchal.

Perfil às 06 UTC da temperatura (curva a azul), da temperatura do ponto de orvalho (curva a verde) e vento (barbelas, nós), (b) vento na camada média - baixa, (c) Perfil às 18 UTC da temperatura (curva a azul), da temperatura do ponto de orvalho (curva a verde) e vento (barbelas, nós), (b) vento na camada média – baixa.

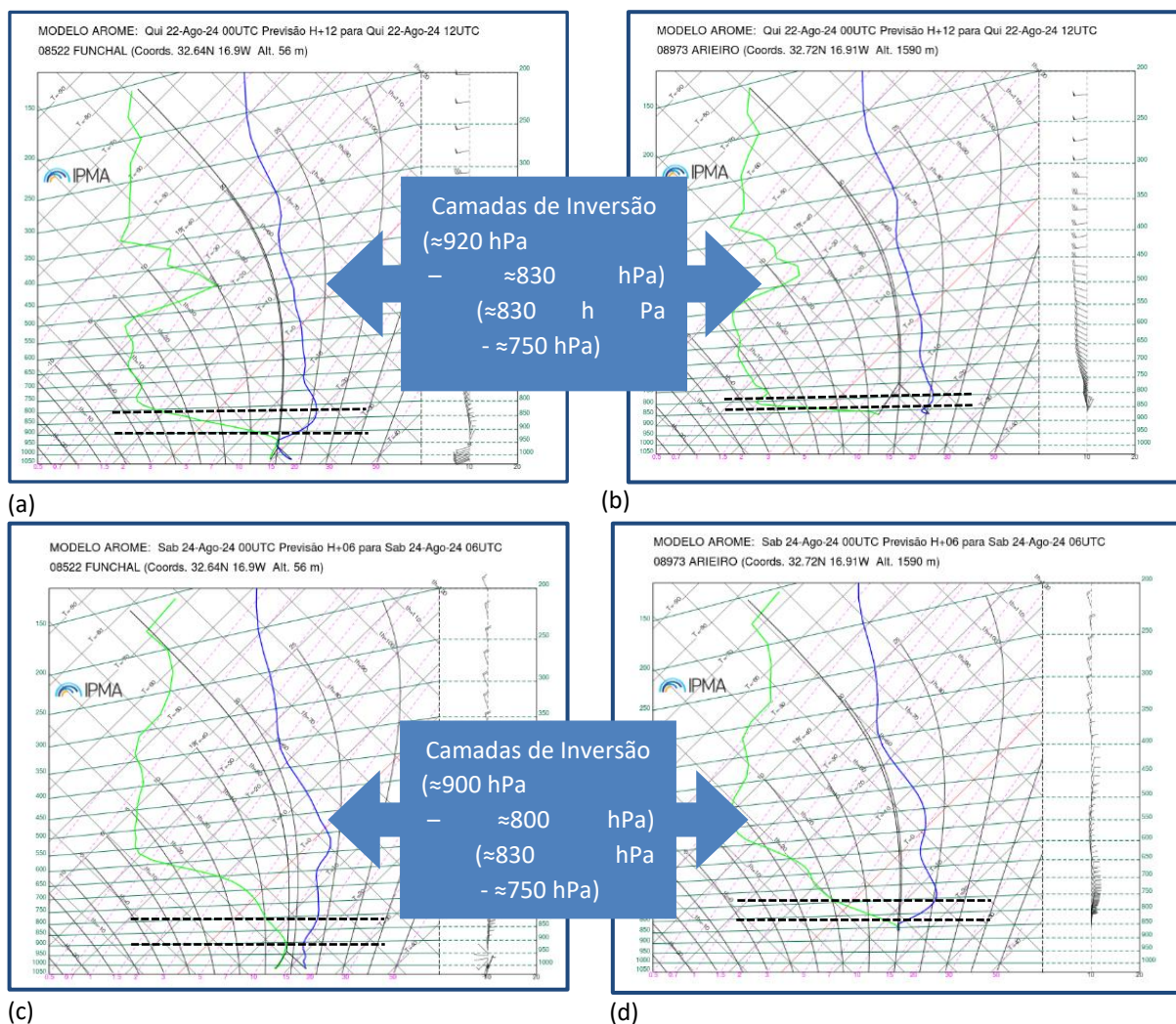


Figura AII.4 - Previsão H+6 e H+12 do modelo do AROME do perfil da temperatura, temperatura do ponto de orvalho e vento.

Perfil no ponto mais próximo do Funchal, (a) válido para 22/08/2024 12 UTC, (c) válido para 24/08/ 06 UTC.

Perfil no ponto mais próximo do Areeiro, (b) válido para 22/08/2024 12 UTC e (d) válido para 24/08/ 06 UTC.

ANEXO III - Observação de Superfície.

➤ Estações de Baixa Altitude (< 500 m)

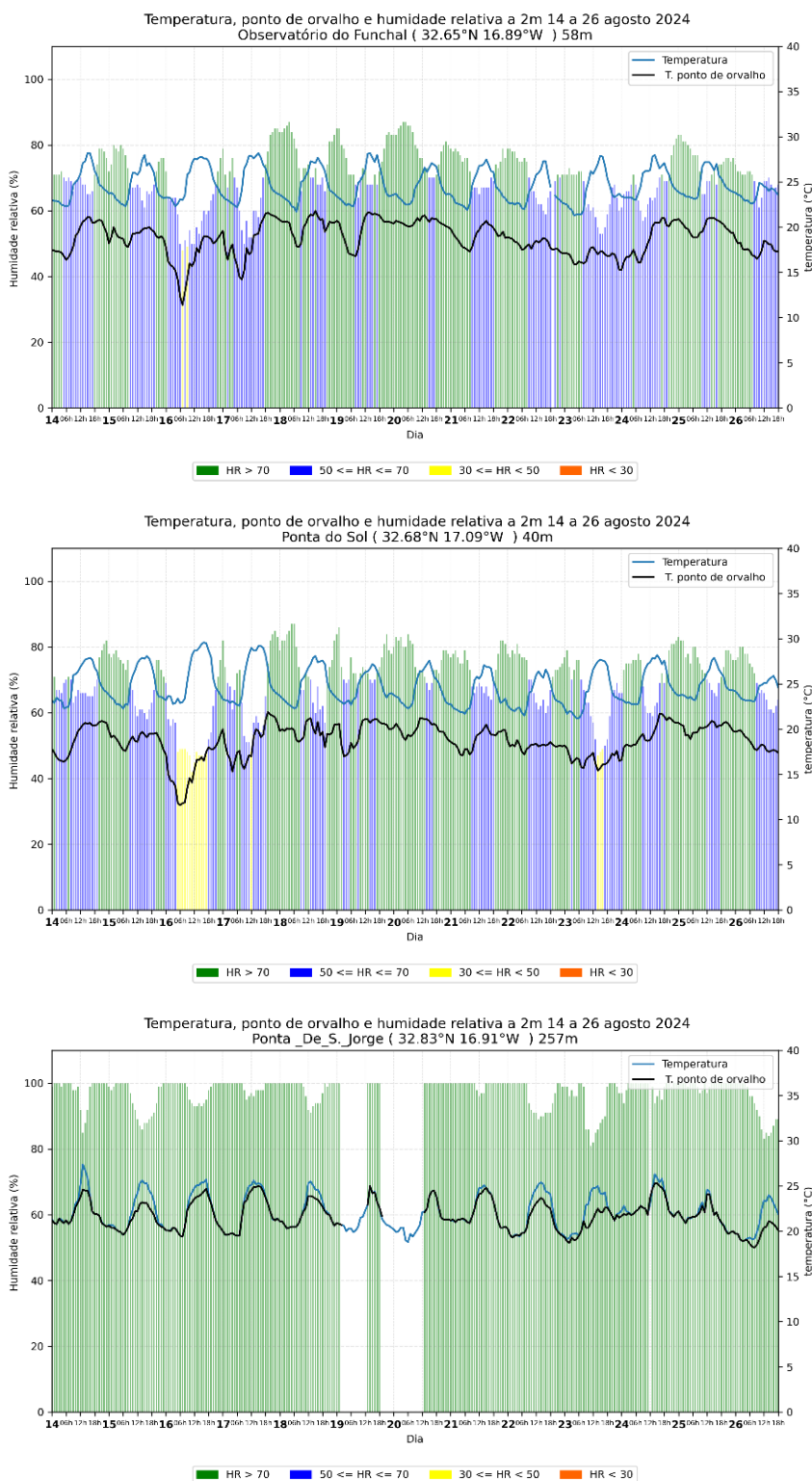


Figura AIII.1 - Estações em locais de altitude inferior a 500 m. Valores horários da temperatura a 2m, temperatura do ponto orvalho a 2m e da humidade relativa a 2m no período 14 a 26 de agosto de 2024.

➤ Estações de Baixa Altitude nos extremos Leste e Oeste (< 500 m)

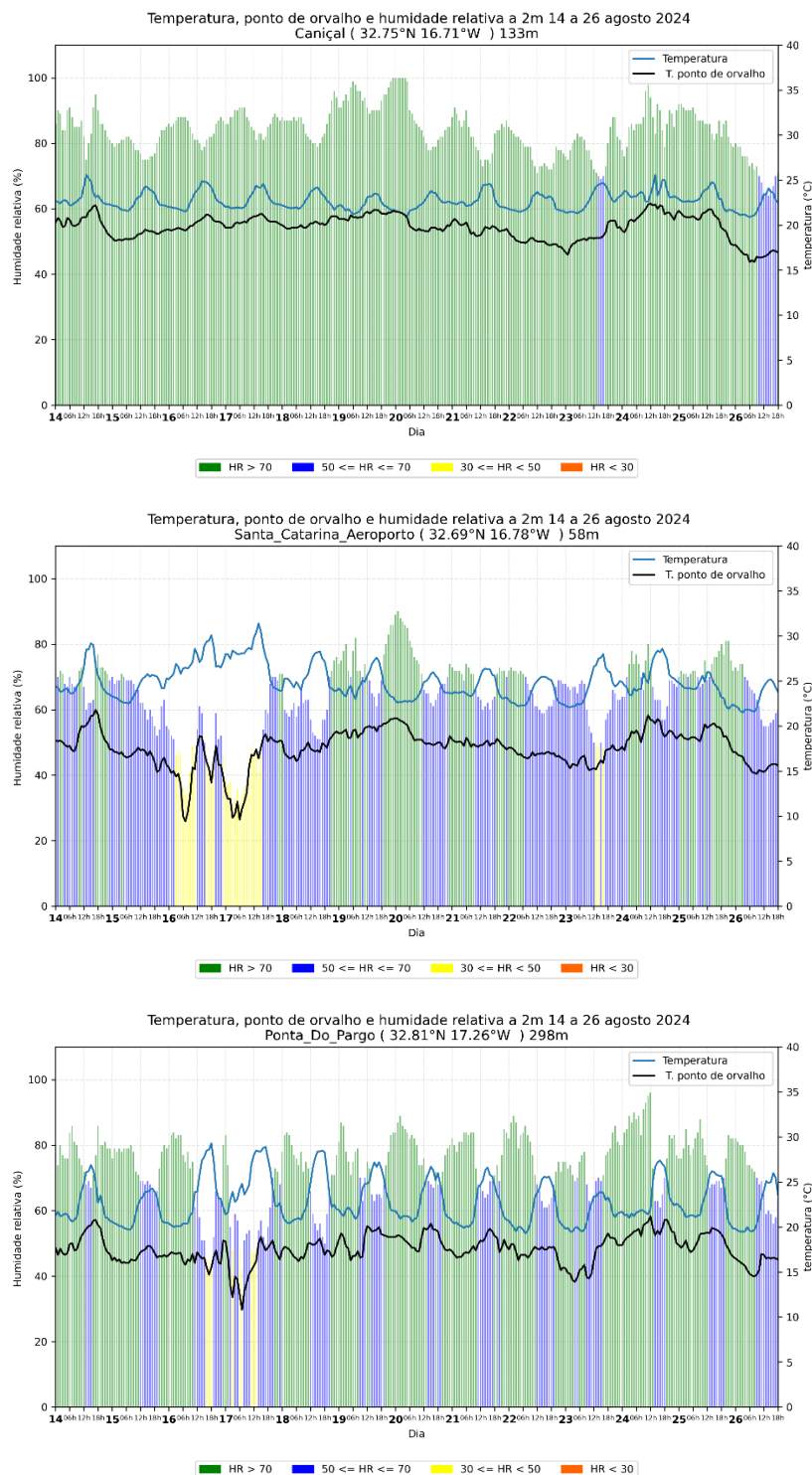


Figura AIII.2 - Estações em locais de altitude inferior a 500 m, nas pontas Leste e Oeste. Valores horários da temperatura a 2m, temperatura do ponto orvalho a 2m e da humidade relativa a 2m no período 14 a 26 de agosto de 2024.

➤ Estações de média Altitude (> 500 m)

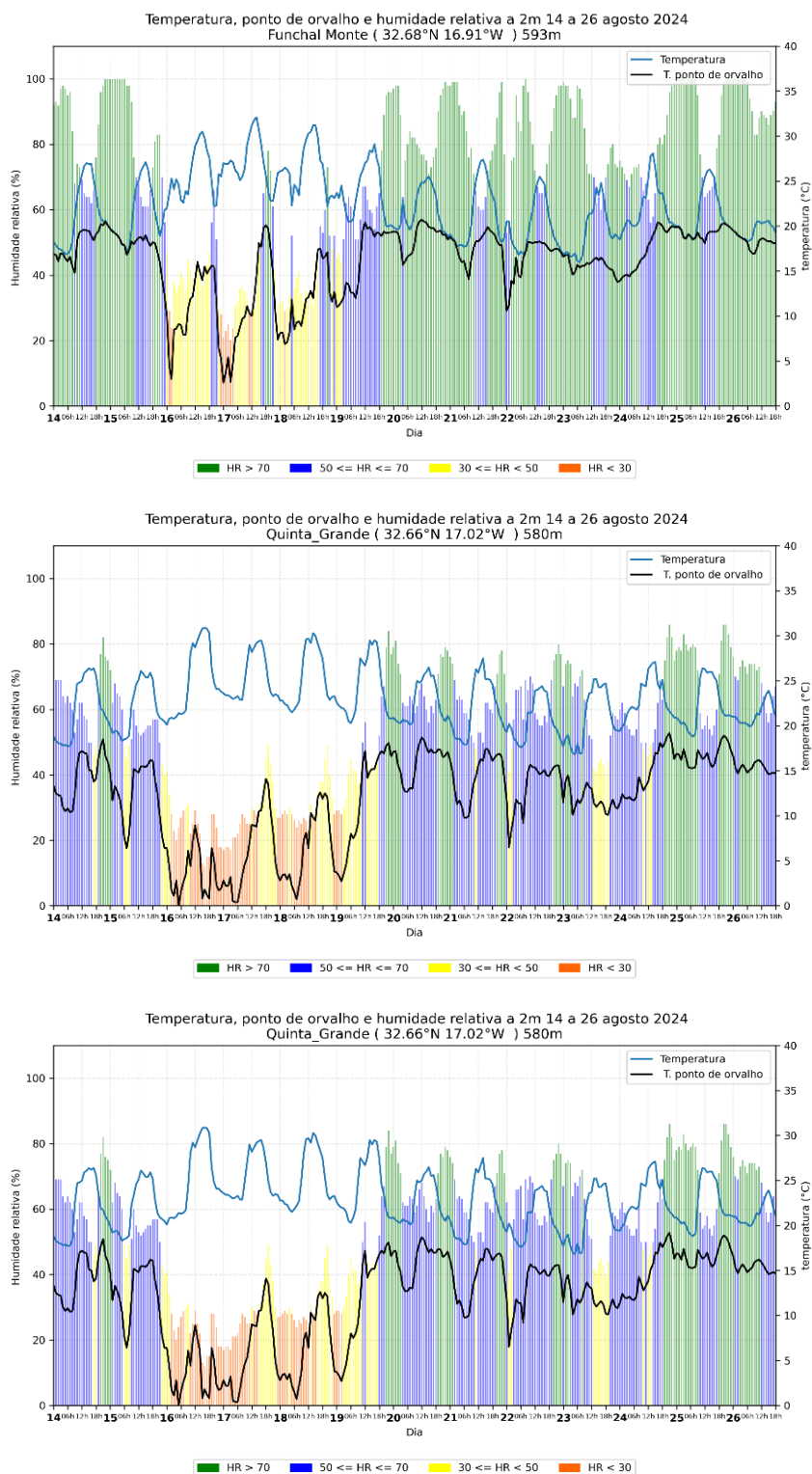


Figura AIII.3 - Estações em locais de altitude inferior a 1000 m e superior a 500 m. Valores horários da temperatura a 2m, temperatura do ponto orvalho a 2m e da humidade relativa a 2m no período 14 a 26 de agosto de 2024.

➤ Estações de Altitude (> 1000 m)

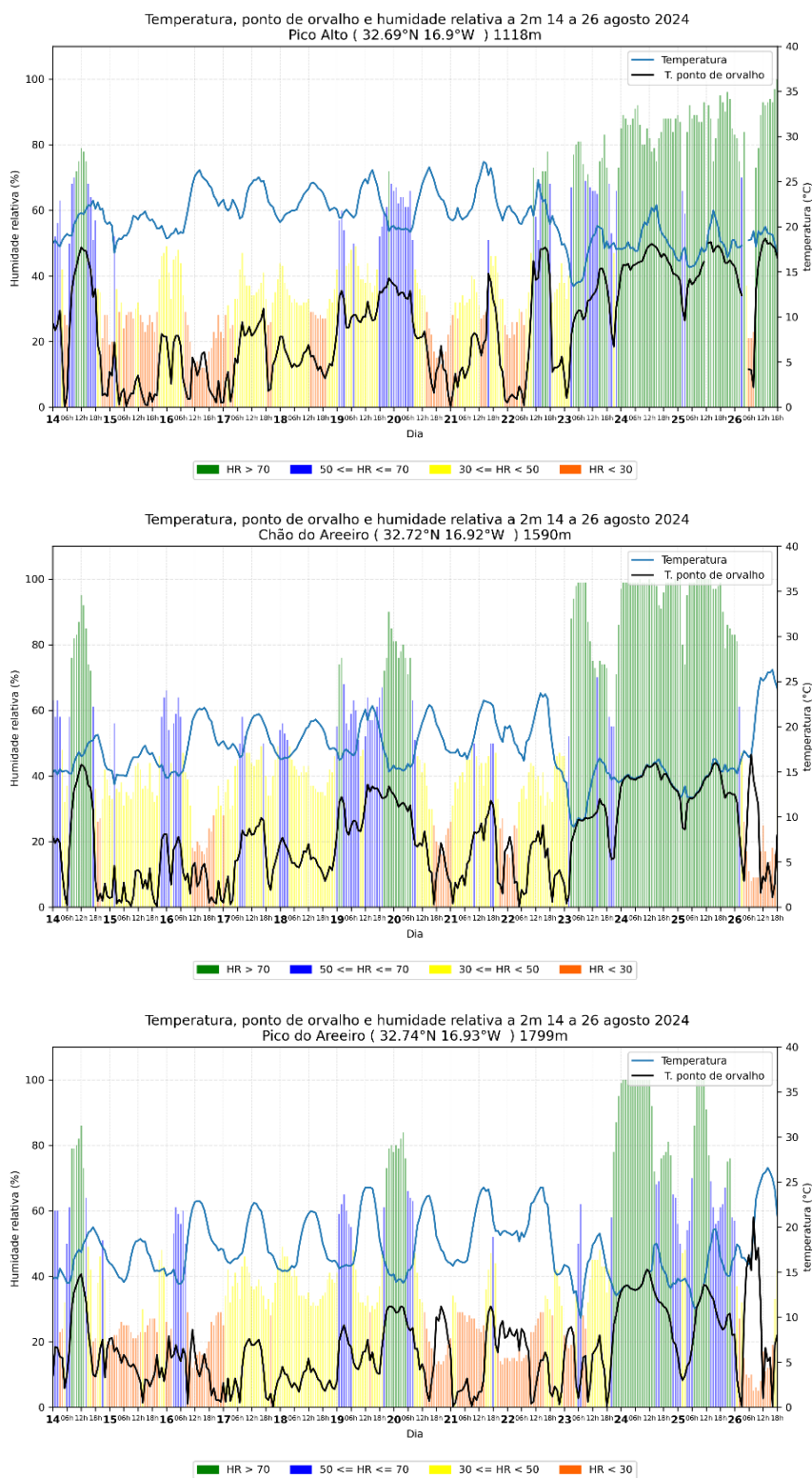
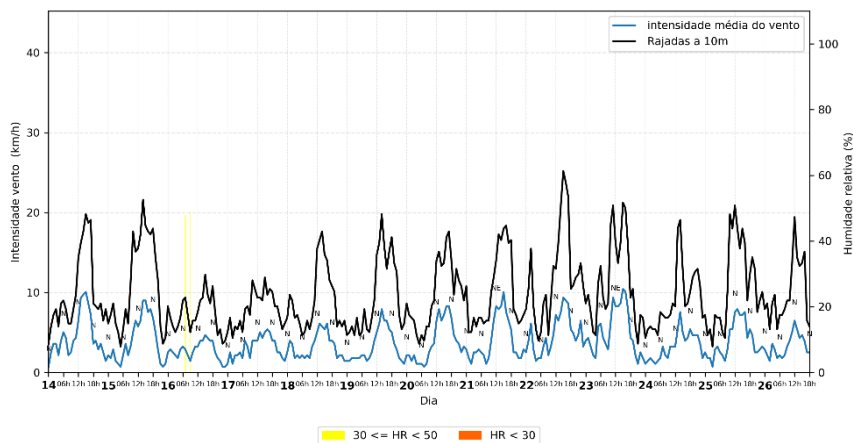


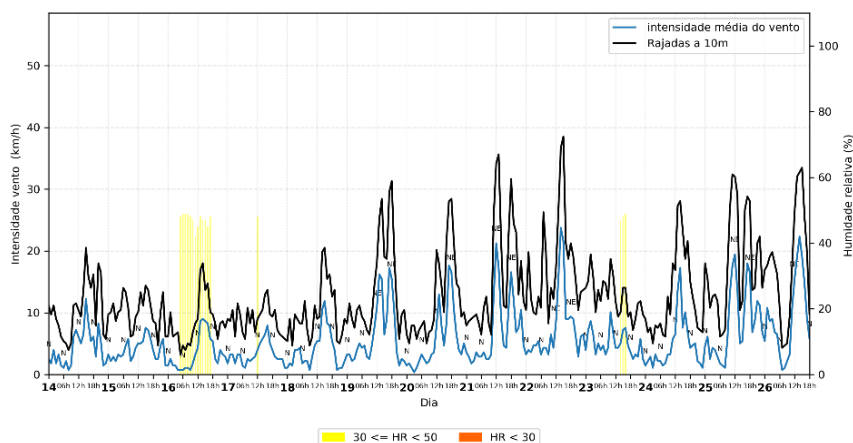
Figura AIII.4 - Estações em locais de altitude superior a 1000 m. Valores horários da temperatura a 2m, temperatura do ponto orvalho a 2m e da humidade relativa a 2m no período 14 a 26 de agosto de 2024.

➤ Estações de Baixa Altitude (<500 m)

Intensidade e rumo médios do vento a 10m e rajadas a 10m 14 a 26 agosto 2024
Observatório do Funchal (32.65°N 16.89°W) 58m



Intensidade e rumo médios do vento a 10m e rajadas a 10m 14 a 26 agosto 2024
Ponta do Sol (32.68°N 17.09°W) 40m



Intensidade e rumo médios do vento a 10m e rajadas a 10m 14 a 26 agosto 2024
Ponta_De_S_Jorge (32.83°N 16.91°W) 257m

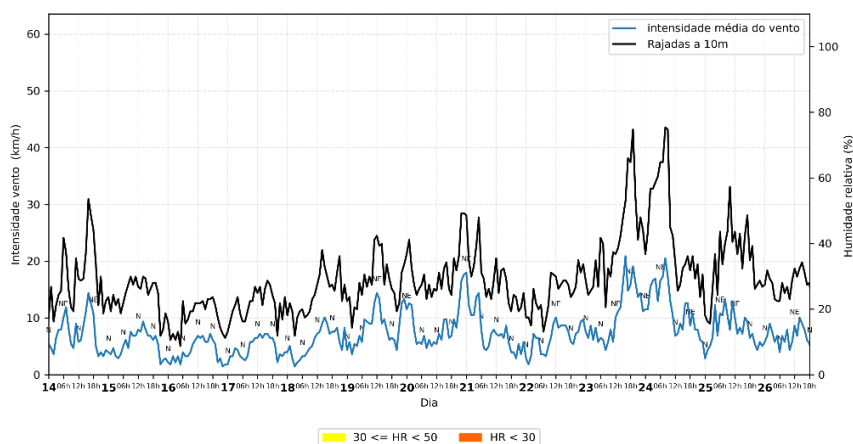
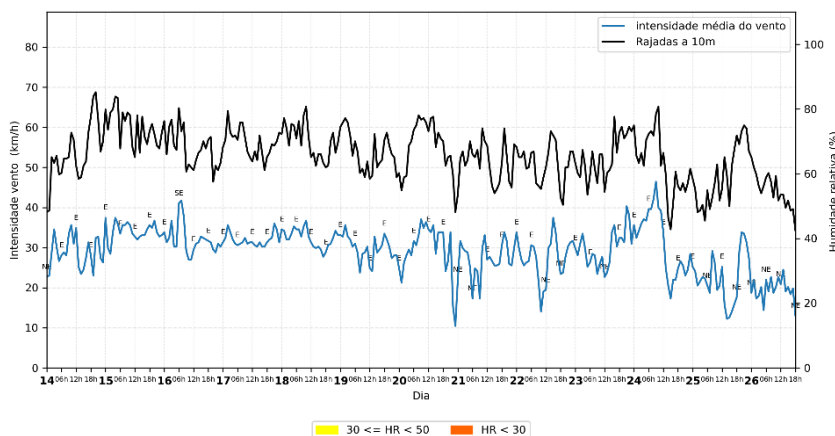


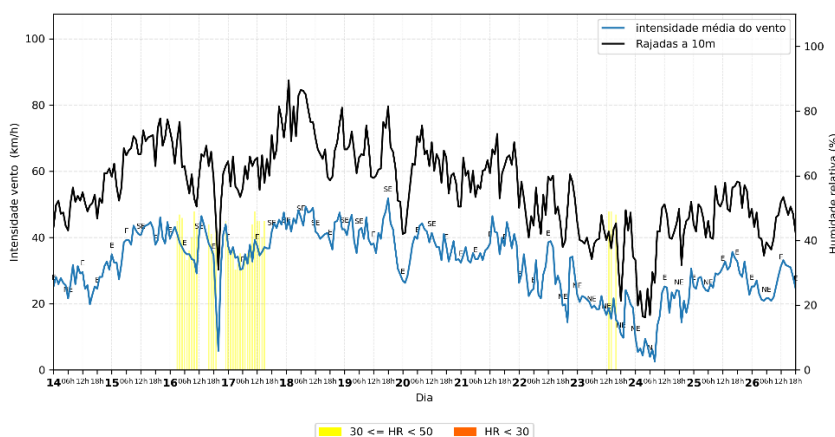
Figura AIII.5 - Estações em locais de altitude inferior a 500 m. Valores horários do vento médio a 10 m, rajada a 10m e rumo do vento médio, em 8 rumos, no período 14 a 26 de agosto de 2024.

➤ Estações de Baixa Altitude (<500 m) nos extremos Leste e Oeste

Intensidade e rumo médios do vento a 10m e rajadas a 10m 14 a 26 agosto 2024
Canical (32.75°N 16.71°W) 133m



Intensidade e rumo médios do vento a 10m e rajadas a 10m 14 a 26 agosto 2024
Santa_Catarina_Aeroporto (32.69°N 16.78°W) 58m



Intensidade e rumo médios do vento a 10m e rajadas a 10m 14 a 26 agosto 2024
Ponta_Do_Pargo (32.81°N 17.26°W) 298m

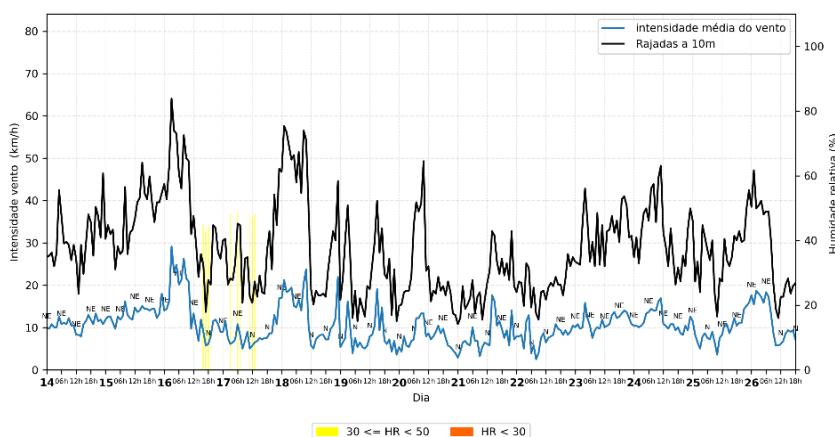
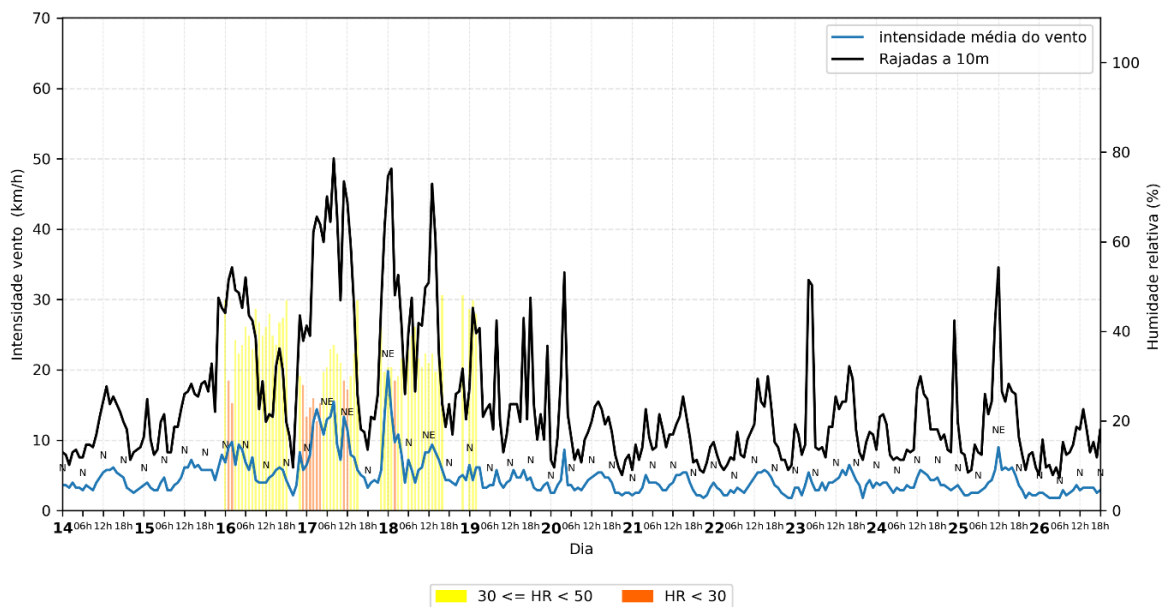


Figura AIII.6 - Estações em locais de altitude inferior a 500 m, nas pontas Leste e Oeste da ilha. Valores horários do vento médio a 10m, rajada a 10m e rumo do vento médio, em 8 rumos, no período 14 a 26 de agosto de 2024.

➤ Estações de Média Altitude (>500 m)

Intensidade e rumo médios do vento a 10m e rajadas a 10m 14 a 26 agosto 2024
Funchal Monte (32.68°N 16.91°W) 593m



Intensidade e rumo médios do vento a 10m e rajadas a 10m 14 a 26 agosto 2024
Prazeres (32.75°N 17.2°W) 635m

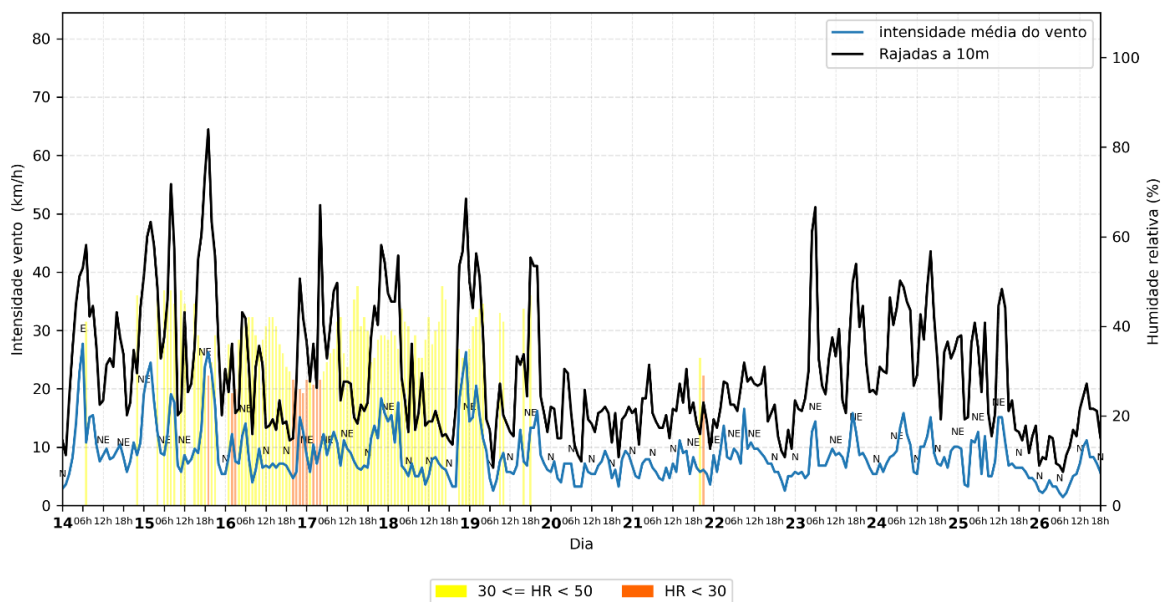
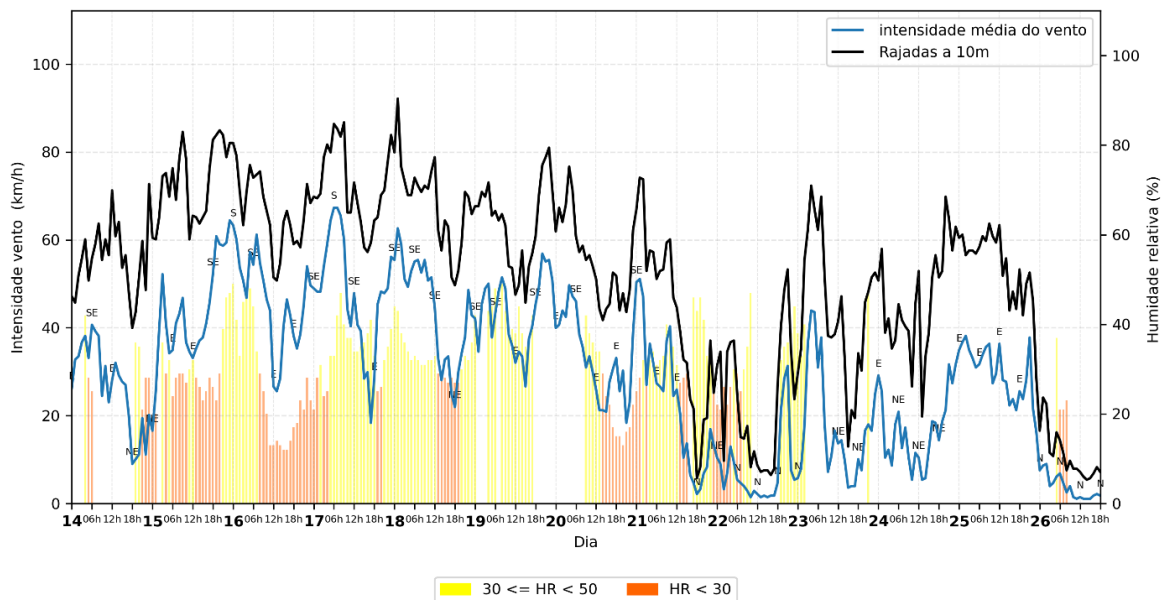


Figura AIII.7 - Estações em locais de altitude inferior a 1000 m e superior a 500 m. Valores horários do vento médio a 10m, rajada a 10m e rumo do vento médio, em 8 rumos, no período 14 a 26 de agosto de 2024.

➤ Estações de Altitude (>1000 m)

Intensidade e rumo médios do vento a 10m e rajadas a 10m 14 a 26 agosto 2024
Pico Alto (32.69°N 16.9°W) 1118m



Intensidade e rumo médios do vento a 10m e rajadas a 10m 14 a 26 agosto 2024
Chão do Areiro (32.72°N 16.92°W) 1590m

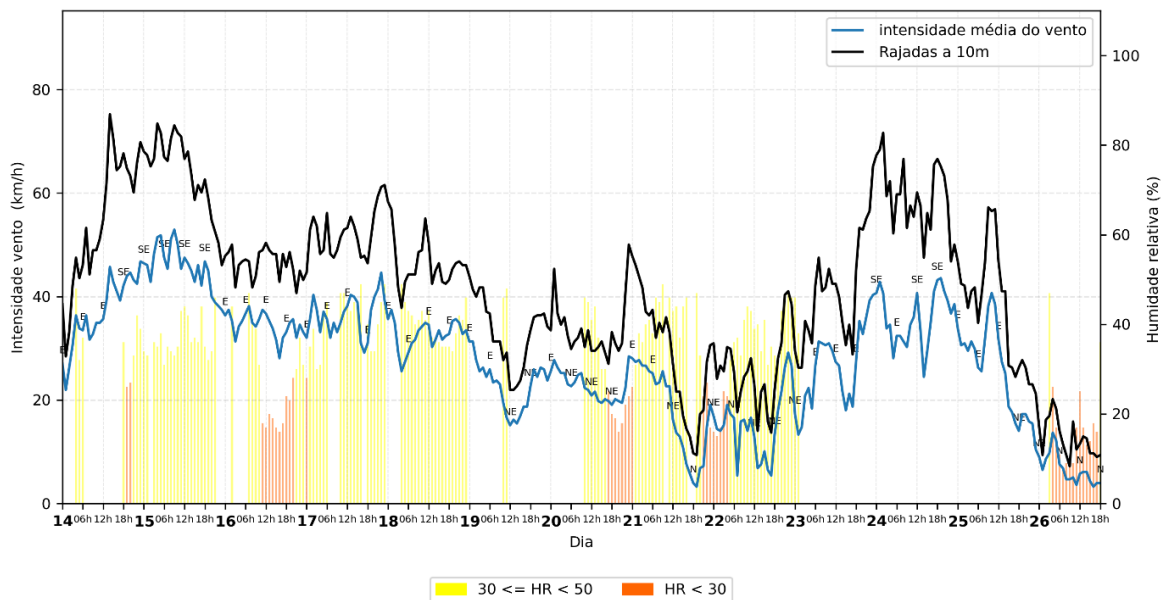


Figura AIII.8 - Estações em altitude superior a 1000 m. Valores horários do vento médio e rajada a 10m e rumo do vento médio, em 8 rumos, no período 14 a 26 de agosto de 2024.

ANEXO IV - Produtos de Satélite.

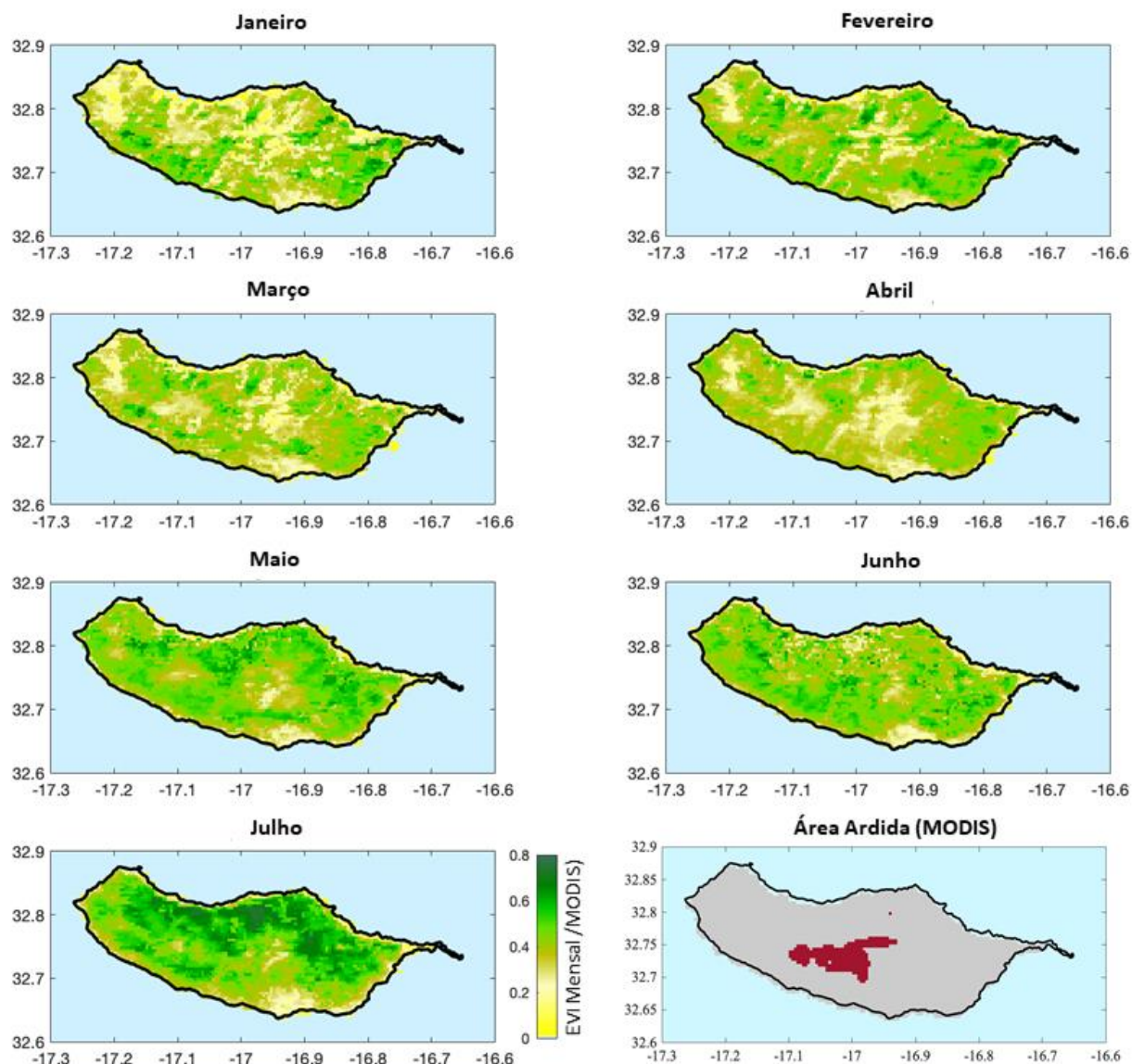


Figura AIV.1 –Valores mensais, janeiro a julho, do índice de vegetação (*Enhanced Vegetation Index*) – produto MODIS 6.1 MOD13A1 e área ardida (canto direito inferior), MODIS 6.1, MCD64A1.

Os valores mensais de EVI foram calculados com os compósitos de 16 dias de resolução espacial de 500 m na projeção nativa e com valores de EVI de 2001 a 2024. Área ardida foi calculada utilizando os mapas de agosto de 2024 na versão 6.1 do MODIS, das variações diárias da refletância à superfície e anomalias térmicas permitindo a localização do incêndio, resolução espacial 500 m, na projeção nativa.

ANEXO V - Índices do Sistema Canadano de Indexação do Perigo de Incêndio Florestal

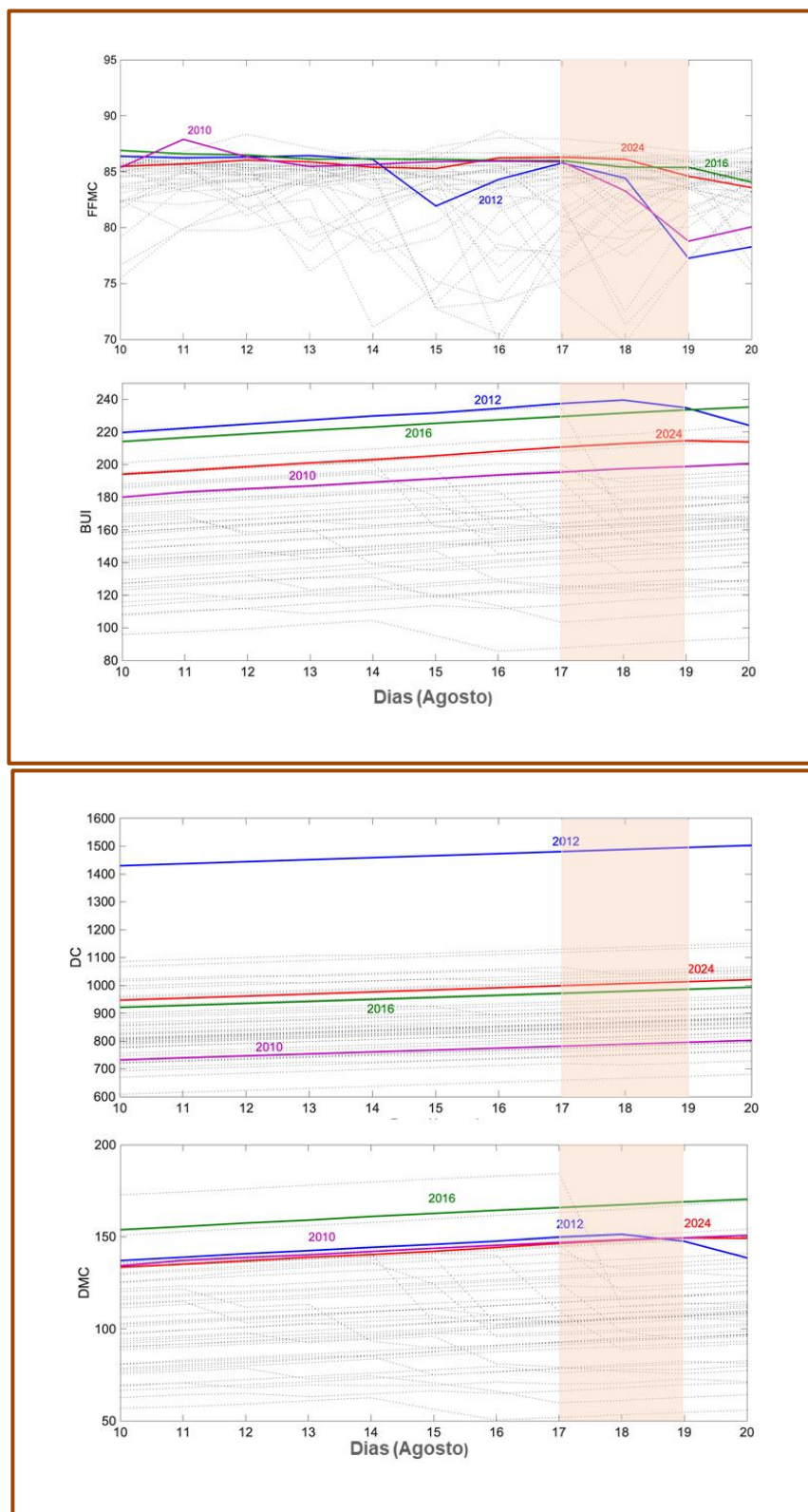


Figura AV.1 – Previsão do modelo ECMWF dos índices do sistema FWI: FFMC, BUI, DMC e DC no período de 10 a 20 de agosto de 2001 a 2024.

ANEXO VI - Previsões alargadas a 4 semanas para a ilha da Madeira disseminadas pelo IPMA

**Previsão alargada a 4 semanas
elaborada nos meses de julho e agosto de 2024
para as semanas de 22/07 a 15/09
(incluindo as semanas de 12-18/08 e 19-25/08)**

Resumo – run 17/07/2024:

- Na **precipitação total semanal**, não é possível identificar a existência de sinal estatisticamente significativo para todo o arquipélago em qualquer das semanas (de 22/07 a 28/07, de 29/07 a 04/08, de 05/08 a 11/08 e de 12/08 a 18/08).
- Na **temperatura média semanal**, prevêem-se valores **acima** do normal (+0.25 a 1°C, probabilidade superior a 90% na 1ª semana e entre 50-80% nas seguintes) para todo o arquipélago em todas as semanas (de 22/07 a 28/07, de 29/07 a 04/08, de 05/08 a 11/08 e de 12/08 a 18/08).

Resumo – run 31/07/2024:

- Na **precipitação total semanal**, não é possível identificar a existência de sinal estatisticamente significativo para todo o arquipélago em qualquer das semanas (de 05/08 a 11/08, de 12/08 a 18/08, de 19/08 a 25/08 e de 26/08 a 01/09).
- Na **temperatura média semanal**, prevêem-se valores acima do normal (+0.25 a 1°C, probabilidade superior a 90% na 1ª semana e entre 60-90% nas seguintes) para todo o arquipélago em todas as semanas (de 05/08 a 11/08, de 12/08 a 18/08, de 19/08 a 25/08 e de 26/08 a 01/09).

Resumo – run 07/08/2024:

- Na **precipitação total semanal**, não é possível identificar a existência de sinal estatisticamente significativo para todo o arquipélago em qualquer das semanas (de 12/08 a 18/08, de 19/08 a 25/08, de 26/08 a 01/09 e de 02/09 a 08/09).
- Na **temperatura média semanal**, prevêem-se valores acima do normal para todo o arquipélago em todas as semanas, de 12/08 a 18/08 e de 19/08 a 25/08 com o valor de +0.25 a 3°C (probabilidade superior a 90%) e de 26/08 a 01/09 e de 02/09 a 08/09 com o valor de +0.25 a 1°C (probabilidade superior a 70%).

Resumo – run 13/08/2024 (feriado dia 15):

- Na **precipitação total semanal**, não é possível identificar a existência de sinal estatisticamente significativo para todo o arquipélago em qualquer das semanas (de 19/08 a 25/08, de 26/08 a 01/09, de 02/09 a 08/09 e de 09/09 a 15/09).
- Na **temperatura média semanal**, prevêem-se valores acima do normal (+0.25 a 1°C) para todo o arquipélago em todas as semanas (de 19/08 a 25/08, de 26/08 a 01/09, de 02/09 a 08/09 e de 09/09 a 15/09 (probabilidade superior a 80% na 1ª e 2ª semanas e entre 70-90% na 3ª e 4ª semanas).