

RELATÓRIO TÉCNICO

Tornado de Lagameças (Palmela)

Tornado de Beja

18 de setembro 2020

Paulo Pinto
Tânia Viegas
Paula Leitão
Sandra Correia
DivMV
IPMA

2 de outubro de 2020

Instituto Português do Mar e da Atmosfera, I.P.

Rua C – Aeroporto de Lisboa
1749-077 Lisboa – Portugal

1 | 34

Índice

Lista de Siglas e Abreviaturas	3
1. Introdução.....	4
2. Situação meteorológica.....	4
3. Tornado de Lagameças (Palmela).....	7
3.1. Trajeto de destruição.....	8
3.2. Análise dos danos produzidos.....	9
3.3. Intensidade do tornado.....	11
3.4. Observações com radar Doppler.....	12
3.5 Observações da rede de descargas elétricas atmosféricas.....	13
4. Tornado de Beja.....	13
4.1. Trajeto de destruição.....	14
4.2. Análise dos danos produzidos	15
4.3. Intensidade do tornado.....	18
4.4. Observações com radar Doppler.....	18
4.5 Observações da rede de descargas elétricas atmosféricas.....	19
5 - Conclusões.....	20
Agradecimentos.....	21
Bibliografia	21
Anexo (Figuras A1 a A25).....	22

Lista de Siglas e Abreviaturas

Sigla/abreviatura	Significado
A/PG	Arouca/Pico do Gralheiro
CAPE	<i>Convectively Available Potential Energy</i>
C/CL	Coruche/Cruz do Leão
L/CC	Loulé/Cavalos do Caldeirão
DEA	Descarga Elétrica Atmosférica
ECMWF	<i>European Centre for Medium Range Weather Forecasts</i>
HRES-ECMWF	Modelo do ECMWF de alta resolução
IPMA	Instituto Português do Mar e da Atmosfera
MAXZ	Projeção de máximos de refletividade
PCAPPI	PseudoCappi
PPI	Indicador de posição plana
SRV	<i>Storm Relative Velocity</i>
TetaSW	Pseudo temperature potencial do termómetro molhado
TPW	<i>Total Precipitable Water</i>
Wind shear	Variação do rumo e /ou intensidade do vento segundo uma direção

1. Introdução

O presente relatório foi elaborado por iniciativa do IPMA tendo em vista a análise das condições meteorológicas e a caracterização dos fenómenos do tipo tornado que, no dia 18 de setembro de 2020, afetaram duas regiões no sul de Portugal continental. Um dos tornados, que se iniciou pelas 09:10 UTC (10:10, hora local) afetou a região de Lagameças (concelho de Palmela) e o outro, que se iniciou pelas 09:45 UTC (10:45, hora local) afetou uma área do sul da cidade de Beja (concelho de Beja). Ambos os fenómenos foram registados em vídeo. Segundo o conhecimento dos autores até à data de elaboração deste documento, nenhum dos tornados terá causado feridos mas a sua passagem traduziu-se por prejuízos materiais. O tornado de Lagameças produziu danos em terrenos e equipamentos agrícolas, árvores, habitações e viaturas. O tornado de Beja, no percurso sobre área urbana, produziu diversos danos com destaque para árvores, habitações, equipamentos urbanos e viaturas.

Neste relatório são identificadas as condições meteorológicas no contexto das quais estes fenómenos se desenvolveram. Para cada um dos casos em análise é identificado o trajeto de destruição, analisada a natureza dos danos identificados, caracterizada a intensidade do fenómeno com recurso à escala de Fujita clássica (F; Fujita, 1971) e de Torro (2012) e apresentadas as observações relevantes efetuadas com radar Doppler.

2. Situação meteorológica

A situação meteorológica do dia 18 de Setembro foi determinada pela presença de uma vasta região depressionária com expressão em altitude, sendo um dos núcleos principais, centrado a noroeste dos Açores, o remanescente do furacão PAULETTE (Fig 1). Outro núcleo, centrado a Oeste da Península Ibérica, com persistência de convecção moderada a profunda e progressivamente mais organizada, desenvolvia características tropicais (Fig 1), vindo a ser classificado pelo NHC (NOAA) como tempestade subtropical, designada por ALPHA, às 16:30 UTC de dia 18 de setembro, quando o seu centro atingia a pressão estimada de 999hPa e se encontrava em 39.9N,9.3W, com movimento lento para nordeste.

Durante a manhã de dia 18 a circulação desta depressão promovia sobre a região Sul de Portugal Continental o transporte de uma massa de ar quente, com elevado conteúdo em água precipitável, e instável. Os valores de TetaSW variavam entre 16 e 20°C (Fig 2), os de TPW entre 30 e 40 mm e a CAPE ascendia até 1000 J/kg. Estas características estavam refletidas nos perfis verticais previstos para as 9 UTC nas proximidades de Beja e de Setúbal (Figuras 3 e 4), que mostram uma área de instabilidade (CAPE) estreita mas disponível desde a superfície praticamente até à tropopausa, numa atmosfera húmida. Nas regiões Centro e Sul, a sobreposição de instabilidade com algum *wind shear* disponível na camada extensa (0-6 km) e na camada baixa (0-1km) favoreciam marginalmente a organização de células convectivas com potencial tornádico relativamente incipiente.

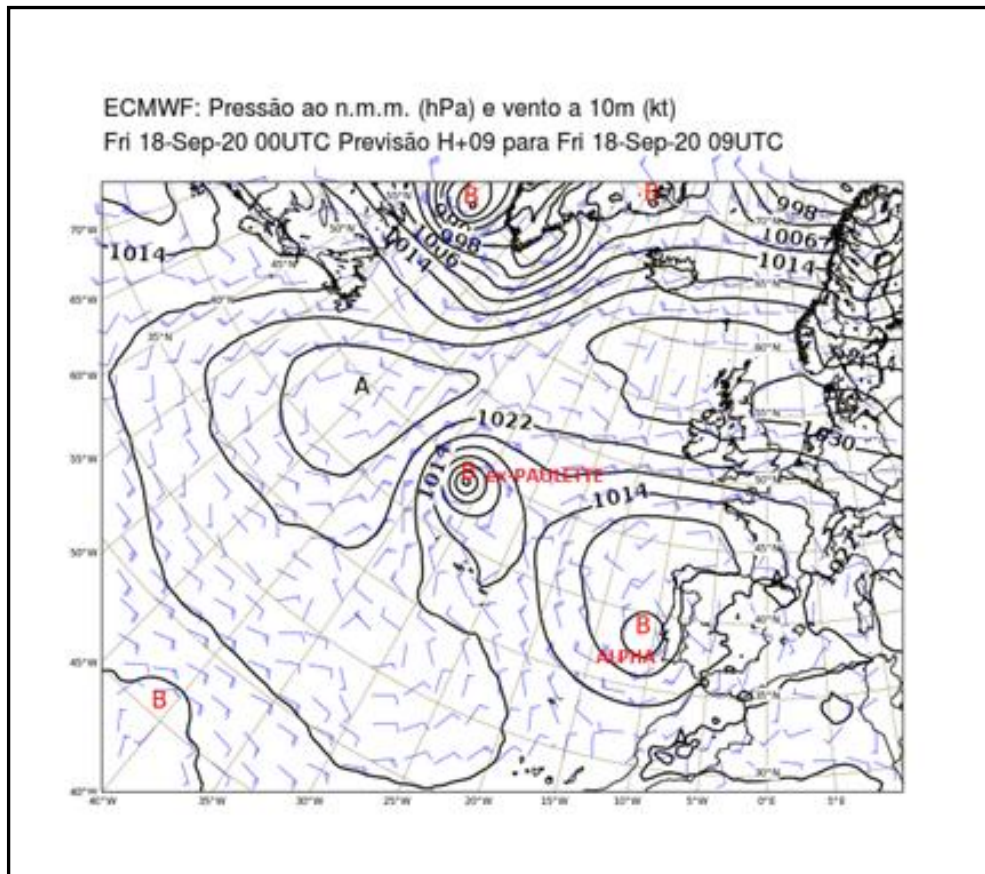


Figura 1 – Previsão H+09 para as 9 UTC De 18 de setembro de 2020 do modelo HRES-ECMWF, campo da Pnmm (isolinhas a preto em intervalos de 4 hPa) e vento a 10 m (em kt, notação de barbela).

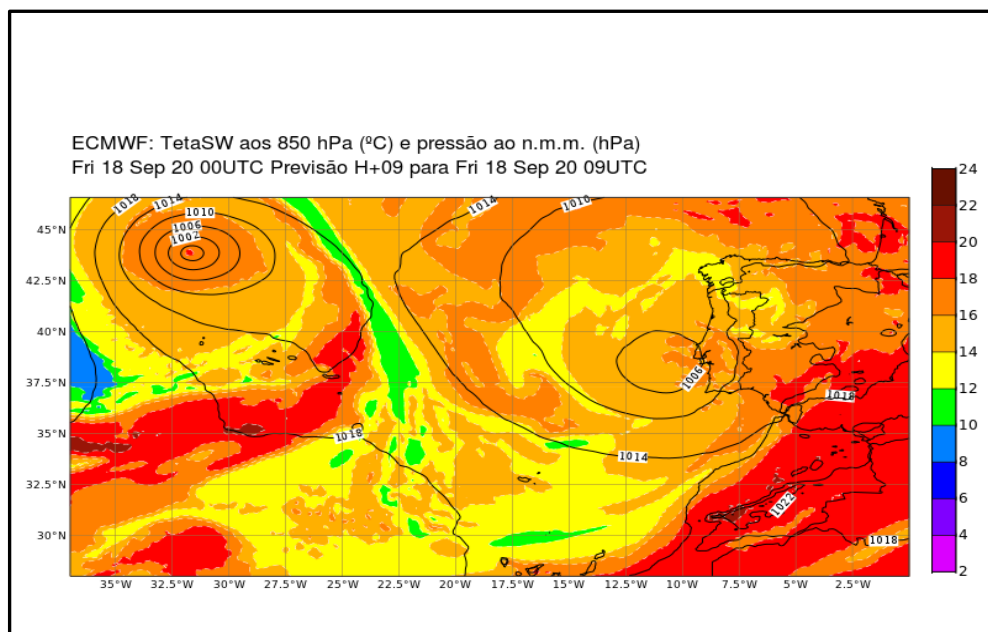


Figura 2 - Previsão H+09 para as 9 UTC De 18 de setembro de 2020 do modelo HRES-ECMWF, campo da Pnmm (isolinhas a preto em intervalos de 4 hPa) e TetaSW aos 850 hPa (escala de cor, °C).

3. Tornado de Lagameças (Palmela)

Como anteriormente referido, os ingredientes atmosféricos para o período e áreas em causa, sugeriam que a atmosfera suportaria marginalmente a formação de células convectivas organizadas, designadas como supercélulas (SC). O valor de *wind shear* para a camada 0-6km, por exemplo, era da ordem de 18 m/s segundo observações do radar de Coruche/CL. O mesmo radar observava para valor de *wind shear* na camada 0-1km, por exemplo, cerca de 11 m/s. Efetivamente, tendo em atenção o que é mais comum no nosso território, o primeiro valor pode ser considerado como marginalmente favorável à formação de SC e o segundo como marginalmente favorável ao seu potencial tornádico. No entanto, as observações efetuadas com radar comprovam claramente que este tornado foi produzido na circulação de uma SC, embebida no bordo sueste da tempestade Alpha. Detalhes desta SC serão discutidos no ponto 3.4.

Uma equipa do IPMA efetuou uma visita de campo à área afetada, cerca de 24 horas após a ocorrência do tornado, tendo entrevistado diversas testemunhas que presenciaram o fenómeno e/ou que sentiram os seus efeitos. Este tornado foi registado em vídeo, de que se apresenta uma imagem na Figura 5. Chama-se a atenção para a presença de detritos situados bem acima do nível do solo, arrastados pela forte circulação ascendente. Estes detritos não devem ser confundidos com o funil de condensação que a figura também ilustra. Este último corresponde essencialmente a matéria condensada que é um claro sinal da muito menor pressão atmosférica no interior do vórtice face às regiões circundantes.



Figura 5 – Perspetiva do funil de condensação (representado por “fc”) e detritos (indicados por setas) associados ao vórtice do tornado de Lagameças (Palmela), 18 de setembro de 2020.

3.1. Trajeto de destruição

A identificação do trajeto de destruição deste tornado resultou da inspeção efetuada pela equipa do IPMA que se deslocou ao local, complementada por relatos testemunhais. Este trajeto corresponde ao segmento (ou segmentos) formado pelo conjunto de locais em que foram observados e/ou reportados danos, ainda que em alguns dos mesmos a natureza dos estragos produzidos ou o seu conhecimento inexato não tenha contribuído para a qualificação do fenómeno. Desde já se ressalva que o facto de os danos encontrados em alguns dos locais não terem permitido alcançar a qualificação máxima que foi estimada para o tornado, não permite retirar a ilação de que o tornado tenha, nesses mesmos locais, apresentado menor intensidade. Reafirma-se, ainda, que os locais seguidamente referidos não devem ser entendidos como os únicos afetados ou onde foram produzidos estragos importantes, mas antes como aqueles que os autores tiveram a oportunidade de visitar ou dos quais tiveram acesso a relatos. Salienta-se, ainda, que locais situados nas imediações do trajeto estimado podem ter sido afetados pelo mesmo tornado.

O trajeto de destruição do tornado de Lagameças (Palmela) está representado na Figura 6. Os locais onde foram observados e/ou reportados danos encontram-se assinalados a vermelho. Representa-se a amarelo, para referência, a trajetória da SC que gerou o tornado. Esta trajetória reporta-se à sucessiva localização do mesociclone no período que incluiu a geração do tornado e imediatamente anterior e posterior ao ciclo de vida deste. Lembra-se que o mesociclone, estrutura que o radar pode observar em casos favoráveis, não corresponde ao tornado em si, mas às correntes ascendentes da SC, dotadas de movimento de rotação organizado (no presente caso com sentido ciclónico, contrário ao dos ponteiros do relógio). Frequentemente, como foi o caso, o trajeto de destruição correspondente ao tornado estabelece-se ligeiramente para a direita do trajeto da SC mãe.

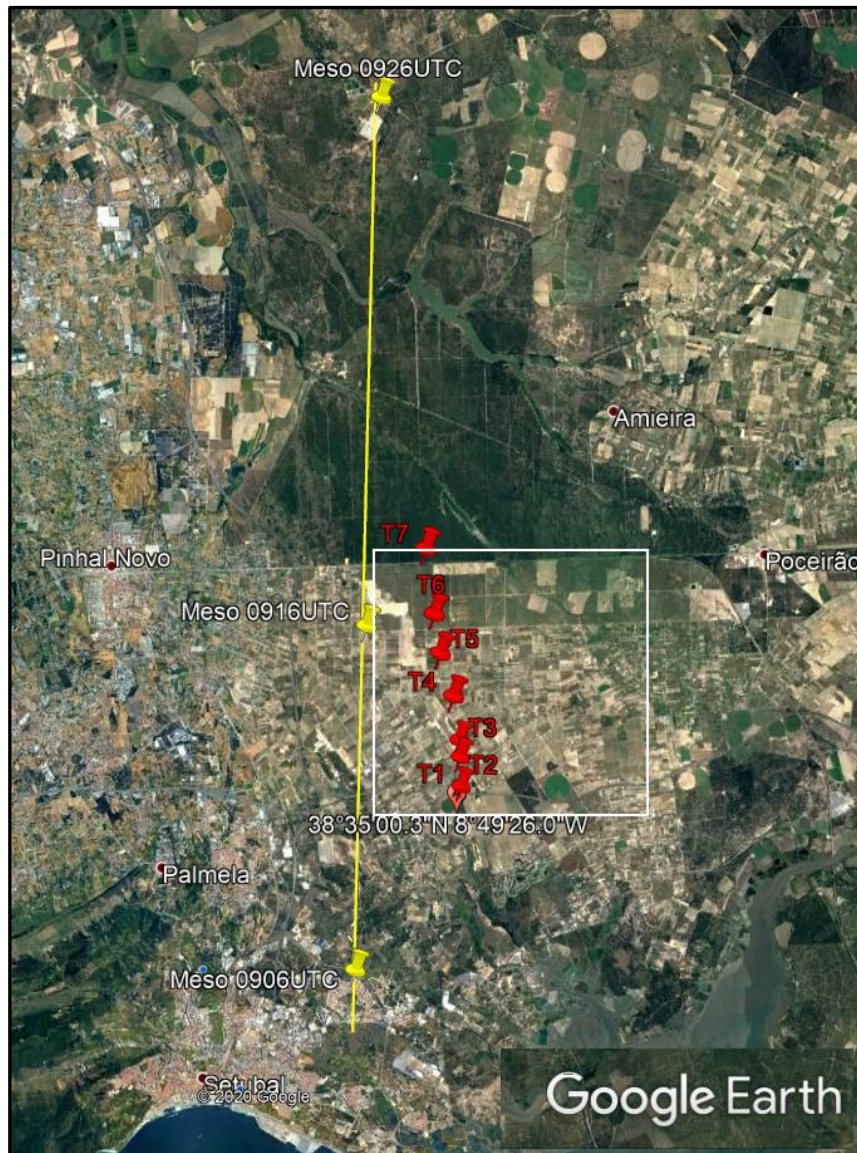


Figura 6 - Trajeto de destruição do tornado de Lagameças (Palmela) assinalado sobre mapa Google Earth (2020), com pontos a vermelho. Representada trajetória, a amarelo, da Supercélula que produziu o tornado (indicada hora UTC em que a SC se localizava sobre cada ponto). O quadrado a branco delimita a área do trajeto de destruição, detalhada na Figura 7.

3.2. Análise dos danos produzidos

Dadas as características da área afetada por este tornado, os danos observados foram de diversa natureza, na sua maioria em habitações isoladas, equipamentos e instalações agrícolas e industriais, bem como em campos cultivados.

Em Anexo são apresentadas fotos selecionadas para ilustrar alguma da destruição verificada (Figuras A1 a A18). Na figura 7 são assinalados diversos pontos em que ocorreu destruição, designadamente:

Ponto T1 - primeiros danos relatados, tendo-se verificado:

- porta de um pavilhão industrial arrancada.

Ponto T2 – tendo-se verificado:

- telhas de uma instalação agrícola levantadas.

Ponto T3 – tendo-se verificado:

- Estacas de uma vinha partidas.

Ponto T4 - propriedade de habitação com danos de vária ordem, tendo-se verificado:

- telhas levantadas em vários locais da casa principal (Figura A1, Figura A2), detalhando-se os danos sofridos num dos setores (Figura A3);
- muro de separação da propriedade derrubado em grande parte da sua extensão (Figura A4, Figura A5 e Figura A6);
- portão principal torcido e parcialmente arrancado (Figura A7);
- árvores de grande porte desenraizadas, partidas e/ ou severamente danificadas (Figura A8); a queda/quebra destas árvores provocou danos em viaturas estacionadas no interior da propriedade assim como danos nas estruturas da propriedade;
- queda da vedação confinante com a estrada, numa larga extensão; outros danos não inventariados poderão ter ocorrido (Figura A9).

Ponto T5 - propriedade de habitação com danos de vária ordem, tendo-se verificado:

- arrancamento da chaminé principal da casa (Figura A10);
- desenraizamento e queda de um pinheiro de grande porte (Figura A11);
- arrancamento de uma estrutura de telheiro, com placas do tipo sanduiche projetadas a grande distância (Figura A12, Figura A13);
- quebra de várias árvores de fruto mostrando-se o detalhe num dos casos (Figura A14); os detritos resultantes foram projetados a grande distância;
- na mesma zona, na propriedade vizinha, foi constatado o derrube de um pivot de rega (Figura A15, Figura A16) e o destelhamento completo de anexos de apoio à atividade agrícola (Figura A17).

Ponto T6 – danos em culturas, tendo-se verificado:

- arrancamento, torção ou quebra de numerosas vinhas, mostrando-se o detalhe num dos casos (Figura A18) e danificadas outras culturas.

Ponto T7 – limite norte dos danos visíveis no terreno.

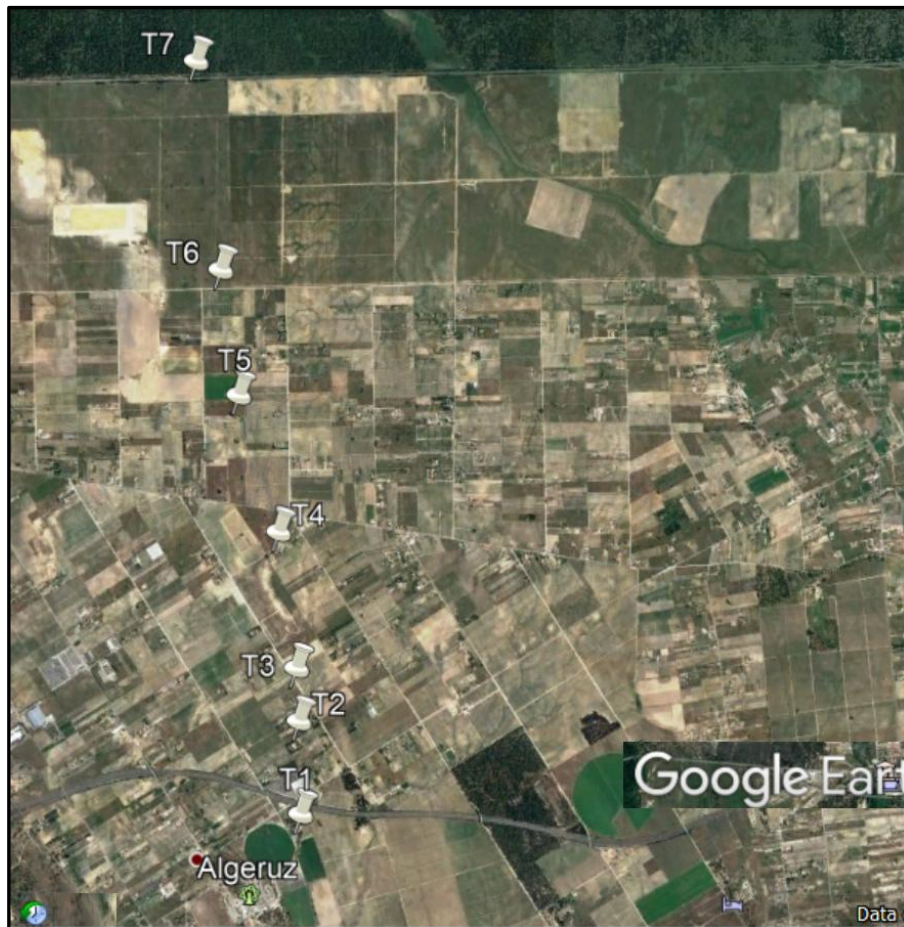


Figura 7 - Trajeto de destruição do tornado de Lagameças (Palmela) assinalado sobre mapa Google Earth (2020). Representados pontos T1 (sul) a T7 (norte) numa extensão de cerca de 5500 m.

3.3. Intensidade do tornado

A aplicação das escalas de Fujita (F) e Torro (T) foi considerada para a categorização quantitativa do tornado de Lagameças (Palmela). A aplicação dos procedimentos de categorização de um tornado envolve uma criteriosa catalogação dos danos produzidos, tendo em vista uma correta aplicação das escalas, já que estas se fundamentam na inferência da intensidade do vento (rajada, 3 s) a partir da natureza e grau dos danos verificados. Foram documentados danos de diversos tipos, sendo selecionadas algumas das fotos e apresentadas em Anexo, a título ilustrativo. As fotos apresentadas não pretendem reproduzir todos os danos avaliados nos procedimentos de classificação seguidos.

A utilização conjunta das duas escalas destina-se a retirar o máximo partido que for possível da descrição verbal dos danos descritos por ambas, a fim de procurar minimizar as incertezas que decorrem, necessariamente, da sua aplicação. Por outro lado, a escala de T corresponde, na prática, a uma subdivisão dos níveis da escala de F, o que permite estabelecer uma categorização mais gradativa da intensidade. A escala de Fujita melhorada (EF) já não é adotada na Europa para efetuar a categorização de tornados por questões relacionadas com diferenças importantes entre os tipos de construção dos edifícios

e outras estruturas fabricadas pelo Homem nos EUA e continente europeu. No entanto, a qualificação que a escala EF compreende para o caso das árvores, poderá ser utilizada com vantagem, para vegetação igual nos EUA e Europa, pelo que foi utilizada, no presente relatório, para quantificar a intensidade do vento compatível com os danos verificados em árvores (neste caso foi considerado o valor médio da gama de valores indicada pela escala).

De acordo com a aplicação dos procedimentos técnicos recomendados aos elementos recolhidos pelos autores, foi possível qualificar o tornado à sua passagem por alguns dos pontos referenciados na Figura 6, Pontos T1 a T7. Da aplicação dos referidos procedimentos **os autores são de parecer que o tornado de Lagameças (Palmela) merece a classificação de F1/T3, situando-se na metade superior do nível F1. Estima-se que o valor do vento máximo instantâneo (rajada, 3s) se tenha situado numa gama compreendida entre 42 m/s (151 km/h) e 51 m/s (184 km/h).**

3.4. Observações com radar Doppler

Com as observações do radar de Coruche/CL foi possível identificar a SC que viria a produzir o tornado de Lagameças (Palmela). A assinatura do correspondente mesociclone, observada a cerca de 2000 m de altitude pelas 09:07 UTC, é apresentada na Figura 8. O mesmo radar permitiu estimar em cerca de 59 km/h a velocidade de propagação da SC, de sul para norte. Este aspeto é relevante e frequentemente ignorado pela população em geral: é que para além de um tornado gerar um escoamento extremamente forte e com características particulares (efeito de sucção), o fenómeno em si pode deslocar-se a uma velocidade bastante elevada, em harmonia com a respetiva célula-mãe. Este facto, aliado ao de que o tornado segue, em geral, uma trajetória aproximadamente linear, pode tornar muito difícil (mesmo com deslocação em automóvel) escapar aos seus efeitos, pelo que se recomenda que se mantenha o máximo afastamento que for possível deste tipo de fenómeno.

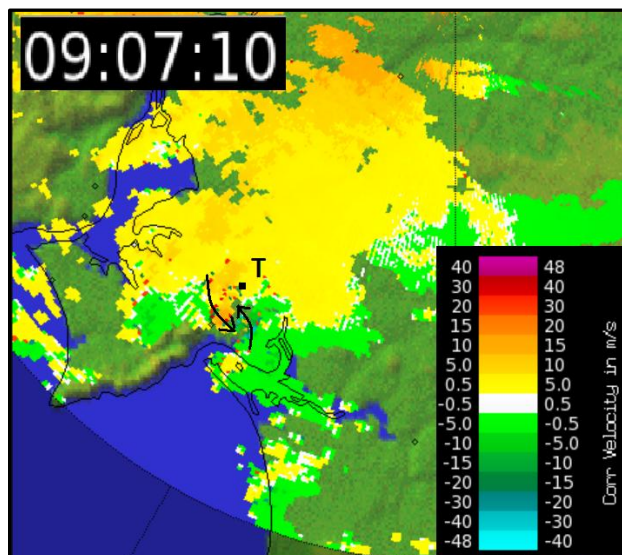


Figura 8 – Imagem de PPI de SRV (m/s) 0907 UTC, 1.5° elevação, 18/09/2020, Radar de Coruche/CL. Movimento de rotação promovido pelo mesociclone da SC representado com setas a preto. Esta SC viria a produzir o tornado identificado com “T”, pouco após esta observação.

3.5 Observações com a rede de deteção de descargas elétricas atmosféricas

Segundo os registos da rede de deteção de descargas elétricas atmosféricas (DEA) do IPMA foram detetadas DEA (Figura 8A) ao longo do trajeto da SC que gerou o tornado de Lagameças (Palmela). Restringindo a análise a um raio de 50km em torno do primeiro local onde foram reportados danos causados pelo tornado (local T1, na Figura 7), verificou-se atividade elétrica atmosférica do tipo nuvem-solo entre as 09:00 e 09:50 UTC. As primeiras DEA foram registadas entre as 09:00 e 09:23 UTC ao longo do trajeto do mesociclone identificado na Figura 6 e posteriormente foram observados outros registos a Este dos locais identificados com danos (T1 a T7), com atividade elétrica no período compreendido entre as 09:35 e 09:46 UTC (Figura 8A). Um confronto com as observações de refletividade radar sugere que estes últimos registos terão estado associados a uma outra célula convectiva embebida na mesma linha de instabilidade, que se propagou posteriormente à da SC tornádica, mas mais para o interior do território.

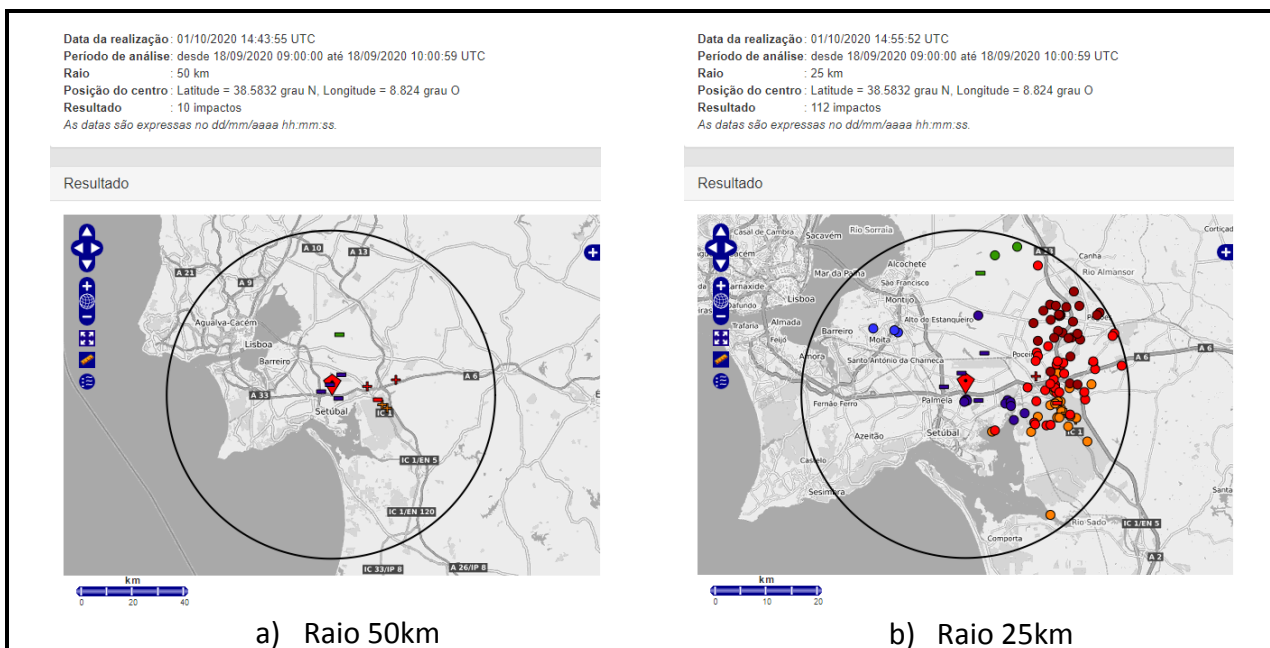


Figura 8A – DEA do tipo nuvem-solo assinaladas à esquerda (a) e adicionadas das DEA do tipo intra-nuvem assinaladas, em forma de círculo, à direita (b) centradas no local T1 (Figura 7).

Foram reportados um ou mais trovões por testemunhas da passagem do tornado pelo local assinalado como T5 (Figura 7), o que é compatível com 3 registos de DEA às 09:03:18 UTC na proximidade dos locais com danos reportados.

4. Tornado de Beja (Beja)

Este tornado ocorreu menos de 1 hora após o primeiro e cerca de 100 km a sueste deste, tendo igualmente sido gerado a partir de uma nuvem-mãe de tipo supercelular, conforme comprovado por observações com radar (detalhes em 4.4). Esta nuvem-mãe, à semelhança da associada ao tornado de Lagameças, desenvolveu-se no bordo sueste da tempestade Alpha. Há que frisar, uma vez mais, que os ingredientes atmosféricos para o período e áreas em que a convecção primordial se organizava,

designadamente quanto ao *wind shear*, apresentam valores no limiar inferior ou mesmo abaixo do que é considerado favorável à formação de SC. De facto, o valor de *wind shear* para a camada 0-6km era da ordem de 12 m/s, segundo observações do radar de Loulé/CC; o valor de *wind shear* para a camada 0-1km era da ordem de 5 m/s com base em observações do mesmo radar. Ambos apresentavam magnitudes abaixo, respetivamente, do limiar inferior da gama considerada mais favorável à formação de supercélulas e do seu potencial tornádico.

Este tornado foi registado em vídeo, de que se apresenta uma imagem na Figura 9.



Figura 9 - Perspetiva do funil de condensação associado ao vórtice do tornado de Beja, 18 de setembro de 2020.

4.1 Trajeto de destruição

A identificação do trajeto de destruição deste tornado resultou de entrevistas conduzidas por telefone, uma vez que não foi possível fazer deslocar uma equipa ao local em tempo útil. Foi igualmente colecionado material documental proveniente de diversas fontes, incluindo as autoridades locais. Este trajeto corresponde ao segmento (ou segmentos) formado pelo conjunto de locais em que foram reportados danos. Os comentários efetuados em 3.1 mantêm-se válidos para o caso do presente tornado. Reafirma-se que o facto de os danos identificados através de documentos (fotos, vídeos) em alguns dos locais não terem permitido alcançar a qualificação máxima que foi estimada para o tornado, não permite retirar a ilação de que o tornado tenha, nesses mesmos locais, apresentado menor intensidade do que noutros. Igualmente se esclarece que os locais seguidamente mencionados não devem ser entendidos como os únicos onde foram produzidos e/ou reportados estragos importantes, mas antes aqueles que os autores tiveram a oportunidade de conhecer através das entrevistas recolhidas e/ou de relatos considerados fidedignos. Locais situados nas imediações do trajeto estimado podem ter sido afetados pelo mesmo tornado.

O trajeto de destruição identificado (Figura 10, pontos assinalados a vermelho) manteve proximidade com o trajeto da respetiva nuvem-mãe, uma perturbação do tipo SC (Figura 10, trajeto identificado a amarelo). Uma vez mais, o trajeto da SC é referenciado pelo da assinatura do centróide do respetivo mesociclone observado a baixa altitude (indicado como “Meso”, Figura 10), neste caso a cerca de 1000 m. Este mesociclone propagou-se praticamente de Sudoeste para Nordeste (rumo de 222°) com uma velocidade aproximada de 14.8 m/s (53.4 km/h) referindo-se ao período compreendido entre as 09:36 UTC e as 09:56 UTC, que enquadra aquele durante o qual o tornado ocorreu. À semelhança do caso de Lagameças atrás discutido, tratou-se de um tornado mesociclónico no sentido em que resultou diretamente de um aumento da vorticidade vertical junto ao solo, induzida pela presença do mesociclone. Atendendo à velocidade a que a SC se propagava sobre as imediações do trajeto de destruição do tornado e à extensão deste trajeto (cerca de 4,2 km, Figura 10 e Figura 11), estima-se que o tornado possa ter afetado o solo entre os pontos T0 e T8 no período aproximadamente compreendido entre as 09:45 e as 09:49 UTC (10:45-10:49, hora local) do dia 18 de setembro de 2020.

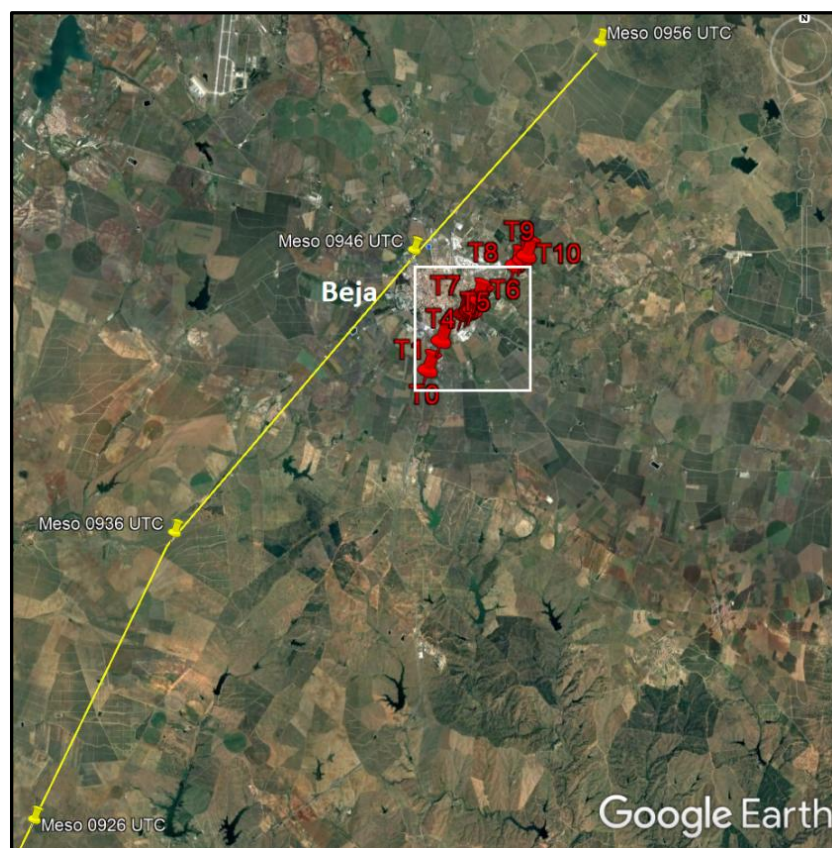


Figura 10 - Trajeto de destruição do tornado de Beja assinalado sobre mapa Google Earth (2020), com pontos a vermelho. Representada a amarelo a trajetória da Supercélula que produziu o tornado (indicada hora UTC em que a SC se localizava sobre cada ponto). O quadrado a branco delimita a área do trajeto de destruição, detalhada na Figura 11.

4.2 Natureza dos danos produzidos

Danos de diversa natureza foram identificados na documentação a que o IPMA teve acesso, consistentes com os relatórios produzidos pela Câmara Municipal de Beja e pelo CODIS de Beja.

Em Anexo são apresentadas fotos selecionadas para ilustrar alguma da destruição verificada (Figuras A19 a A25). Na figura 11 são assinalados diversos pontos em que ocorreu destruição, designadamente:

Ponto T0 – primeiro local de onde foram reportados danos, horto a sudoeste do ponto T1, tendo-se verificado:

- danos em estufas e queda de poste de rede de comunicações junto à estrada IP2.

Ponto T1 – quartel do regimento de infantaria de Beja, tendo-se verificado:

- destruição de algumas árvores de grande porte;
- queda de um muro que ruuiu para cima da via férrea (a ponto de interromper a circulação ferroviária);
- danos em telhados de fibrocimento;
- algumas viaturas danificadas;
- queda da estrutura metálica do estacionamento;
- viga deslocada.

Ponto T2 – Parque de Feiras e Exposições, tendo-se verificado:

- queda de árvores causadoras de danos em viaturas;
- queda de estruturas metálicas e danos em coberturas (Figura A19).

Ponto T3 - Escola Mário Beirão, tendo-se verificado:

- coberturas levantadas;
- lonas de ensombramento arrancadas (Figura A20);
- janelas, vidros e persianas partidos e arrancados (Figura A21).

Ponto T4 – Rua Cidade de São Paulo e Rua Bernardo Santareno, tendo-se verificado:

- queda de ramos de árvores (Figura A22 e Figura A23, respetivamente).

Ponto T5 – Bairro Mira-Serra, jardim, tendo-se verificado:

- desenraizamento de 2 pinheiros de grande porte;

Ponto T6 – Bairro Mira-Serra, R. Julião Quintinha, tendo-se verificado:

- marquises danificadas e árvores desenraizadas (Figura A24);

Ponto T7 – Bairro Mira-Serra, R. Sousa Porto, tendo-se verificado:

- desenraizamento e queda de árvores (Figura A25).

Ponto T8 – Bairro das Saibreiras, tendo-se verificado:

- destruição parcial da cobertura de telhados incluindo vigas partidas e danos em cobertura de habitação pela projeção de vigas de cimento;

- danos em equipamentos agrícolas e suinícolas e queda de um poste da rede de comunicações.

Ponto T9 – Monte do Venceslau, tendo-se verificado:

- a queda de árvores e projeção de placas metálicas da cobertura de um casão agrícola.

Ponto T10 – Último ponto com danos reportados, via IP8/estrada EN 260, cruzamento para o Bairro das Saibreiras, tendo-se verificado:

- a queda de árvores para as faixas de rodagem.

A sudoeste do ponto T0 e a nordeste do ponto T10 o terreno apresenta vegetação baixa, pouco propícia a revelar vestígios, pelo que se desconhece se a extensão total do trajeto de destruição foi superior ao indicado.



Figura 11 –Trajeto de destruição do tornado de Beja assinalado sobre mapa Google Earth (2020). Representados pontos T0 (sudoeste) a T10 (nordeste) numa extensão de cerca de 4200 m.

4.3 Intensidade do tornado

A aplicação das escalas de Fujita (F) e Torro (T) foi igualmente considerada para a categorização quantitativa do tornado de Beja. Lembra-se que a aplicação dos procedimentos de categorização de um tornado envolve uma criteriosa catalogação dos danos produzidos, tendo em vista uma correta aplicação das escalas, já que estas se fundamentam na inferência da intensidade do vento (rajada, 3 s) a partir da natureza e grau dos danos verificados. Também para este episódio de tornado foram documentados danos de diversos tipos, sendo selecionadas algumas das fotos e apresentadas em Anexo, a título ilustrativo. Reforça-se a ideia de que as fotos apresentadas não pretendem reproduzir todos os danos avaliados nos procedimentos de classificação seguidos.

Tal como no caso do tornado de Lagameças, a utilização conjunta das escalas F e T destina-se a retirar o máximo partido que for possível da descrição verbal dos danos descritos por ambas, a fim de procurar minimizar as incertezas que decorrem, necessariamente, da sua aplicação. Como anteriormente se referiu, a escala de Fujita melhorada (EF) já não é utilizada na Europa para categorizar tornados. No entanto, a qualificação que a escala EF compreende para o caso das árvores poderá ser utilizada com vantagem, para vegetação igual nos EUA e Europa pelo que, no presente relatório, foi utilizada apenas para quantificar a intensidade do vento compatível com danos verificados em árvores (tendo sido considerado o valor médio da gama de valores indicada pela escala).

De acordo com a aplicação dos procedimentos técnicos recomendados aos elementos recolhidos pelos autores, foi possível qualificar o tornado à sua passagem por alguns dos pontos referenciados na Figura 9, Pontos T0 a T10. Da aplicação dos referidos procedimentos **os autores são de parecer que o tornado de Beja merece a classificação F1/T3, situando-se na metade superior do nível F1. Estima-se que o valor do vento máximo instantâneo (rajada, 3s) se tenha situado numa gama compreendida entre 42 m/s (151 km/h) e 51 m/s (184 km/h).**

4.4 Observações com radar Doppler

Com as observações do radar de Loulé/CC foi possível identificar a SC que viria a produzir o tornado de Beja. A assinatura do correspondente mesociclone, observada a cerca de 1000 m de altitude pelas 09:46 UTC, é apresentada na Figura 12. O mesmo radar permitiu estimar em cerca de 53.4 km/h a velocidade de propagação da SC, de Sudoeste para Nordeste.

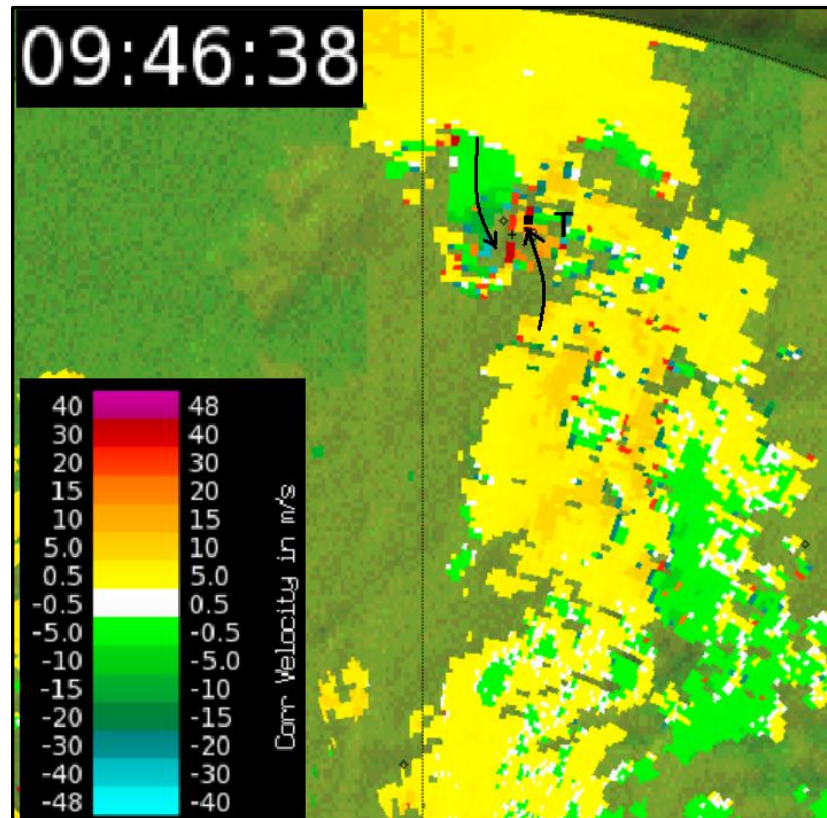


Figura 12 - Imagem de PPI de SRV (m/s) 0946 UTC, 0.1° elevação, 18/09/2020, Radar de Loulé/CC. Movimento de rotação promovido pelo mesociclone da SC representado com setas a preto. Esta SC iniciava a geração do tornado identificado com "T", pelo instante desta observação.

4.5 Observações com a rede de deteção de descargas elétricas atmosféricas

Segundo os registos da rede de deteção de DEA do IPMA (ver figura 12A), foram detetadas DEA ao longo do trajeto da SC que gerou o tornado de Beja. Restringindo a análise a um raio de 50km em torno do local T1 onde foram reportados danos pelo tornado (Figura 11), verificou-se atividade elétrica atmosférica do tipo nuvem-solo entre as 09:18 e 09:56 UTC. Neste caso, a atividade elétrica mais frequente foi registada a oeste ou a norte da cidade de Beja e, portanto, dos locais em que foram identificados os danos (T0 a T8) na Figura 11.

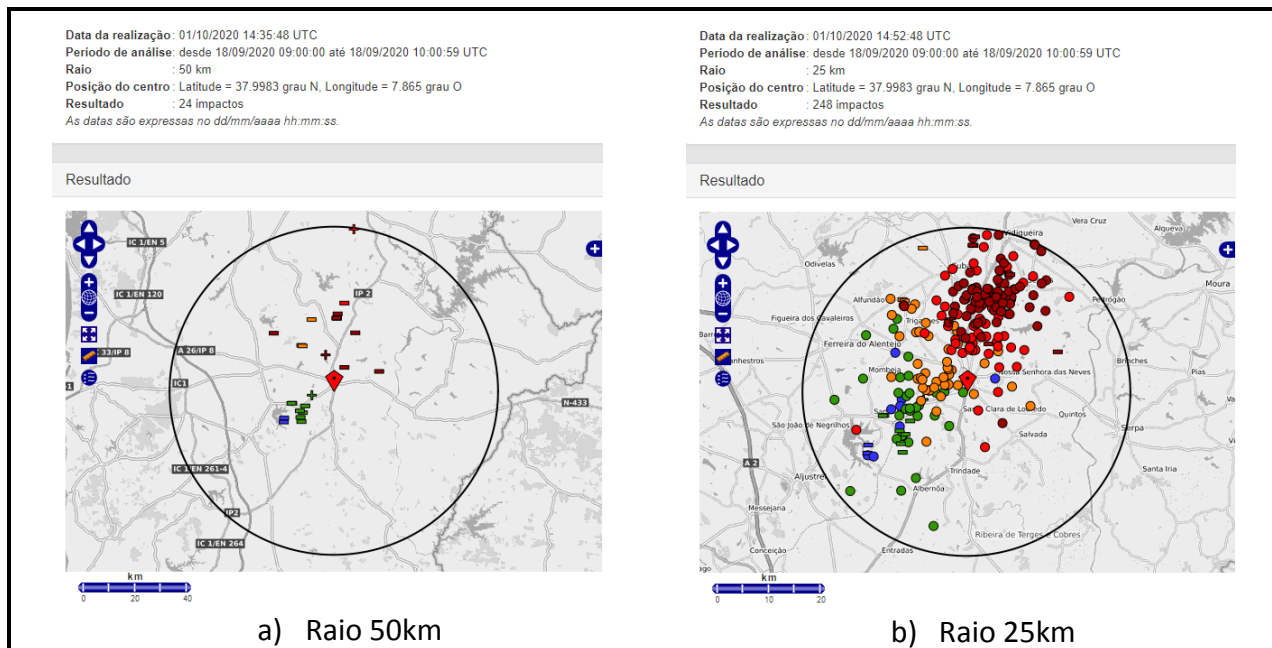


Figura 12A – DEA do tipo nuvem-solo assinaladas à esquerda (a) e adicionadas das DEA do tipo intra-nuvem assinaladas, em forma de círculo, à direita (b) centradas no local T1 (Figura 11).

5 Conclusões

No dia 18 de setembro de 2020 foi comprovada a ocorrência de dois tornados em Portugal continental, um dos quais afetou a região de Lagameças (Palmela), denominado por tornado de Lagameças (Palmela) e o outro o sul da cidade de Beja, denominado por tornado de Beja.

O tornado de Lagameças (Palmela) foi classificado como F1/T3 (intensidade do vento, rajada de 3s, com valor compreendido no intervalo 42-51 m/s ou 151-184 km/h), tendo provavelmente ocorrido no período 09:11-09:17 UTC e produzido um rasto de destruição numa extensão aproximada de 5500 m, no sentido Sul-Norte.

O tornado de Beja foi igualmente classificado como F1/T3 (intensidade do vento, rajada de 3s, com valor compreendido no intervalo 42-51 m/s ou 151-184 km/h), tendo provavelmente ocorrido no período 09:46-09:50 UTC e gerado um rasto de destruição numa extensão aproximada de 4200 m, no sentido Sudoeste-Nordeste.

Ambos os tornados foram produzidos por Supercélulas - as perturbações convectivas de subescala dotadas de maior grau de organização na atmosfera. Estas perturbações desenvolveram-se em linhas de instabilidade que se organizaram na circulação do bordo Este da tempestade sub-tropical Alpha. Não obstante se ter verificado a geração destes 2 tornados, o correspondente ambiente atmosférico apresentava um conjunto de ingredientes considerado como apenas marginalmente favorável à formação de Supercélulas e ainda mais incipiente quanto ao potencial tornádico destas. Este facto mostra, uma vez mais, as dificuldades inerentes à previsão de condições meteorológicas favoráveis a fenómenos de tempo

severo e acentua a necessidade estratégica de o IPMA prosseguir os esforços que se encontra a desenvolver no âmbito do *Nowcasting* (previsão a prazo imediato e muito curto prazo).

Agradecimentos

Para a elaboração deste relatório foi fundamental a colaboração prestada pela Câmara Municipal de Beja (Serviço Municipal de Proteção Civil), pelo CODIS Beja, assim como a de todas as testemunhas contactadas direta ou indiretamente e a quem publicamente se agradece.

Bibliografia

A Recommendation for an Enhanced Fujita-Scale (EF-Scale), Wind Science and Engineering Research Center, Texas Tech University, June 2004

An illustrated verbal description of the TORRO-and Fujita-Scales adapted for central Europe considering building structure and vegetation characteristics, Feuerstein B., Dirksen E., Dotzek N., Groenemeijer P., Holzer A., Hubrig M., Rauch E., 5th European Conference on Severe Storms, October 2009, Germany

Relatório técnico “Tornado de Silves, 16 de novembro de 2012”, Paulo Pinto/DORE, Paula Leitão/DVIP, IM, I.P., novembro 2012

<http://www.torro.org.uk/site/index.php>

ANEXO

Figuras de danos: Tornado de Lagameças (Palmela)



Figura A1 - Telhas levantadas em diversas áreas do telhado expondo as vigotas (ponto T4 do trajeto de destruição).



Figura A2 - Telhas levantadas noutra área do telhado expondo as vigotas (ponto T4).



Figura A3 – Telhas levantadas (detalhe da Fig A1).



Figura A4 - Muro de separação da propriedade (em tijolo) derrubado em grande parte da sua extensão (ponto T4).



Figura A5 – Idem à Fig A4, noutro setor do muro (ponto T4).



Figura A6 - Idem às Fig A4 e FigA5, noutro setor do muro (ponto T4).



Figura A7 – Portão principal torcido e parcialmente arrancado (ponto T4).



Figura A8 – Árvores de grande porte (eucaliptos) desenraizadas, partidas e/ou severamente danificadas (ponto T4).



Figura A9 - Vedação confinante com a estrada derrubada numa larga extensão (ponto T4).



Figura A10 - Chaminé principal da casa arrancada (Ponto T5).



Figura A11 – Pinheiro de grande porte desenraizado e caído (Ponto T5).



Figura A12 –Estruturas de telheiro metálico arrancadas (Ponto T5).



Figura A13 – Placas de tipo sanduiche de telheiro metálico (ref. Fig A12) projetadas a grande distância (Ponto T5).



Figura A14 – Detalhe da destruição de uma das muitas árvores de fruto partidas e projetadas a grande distância (Ponto T5).



Figura A15 – Pivot de rega derrubado (Ponto T5).



Figura A16 – Pivot e sistema de rega danificado, sob outra perspetiva (Ponto T5).



Figura A17 – Destelhamento total de anexos de apoio à atividade agrícola (Ponto T5).



Figura A18 – Detalhe de destruição de uma das numerosas vinhas (e outras culturas) arrancadas, torcidas ou partidas (Ponto T6).

Figuras de danos: Tornado de Beja



Figura A19 – Queda de estruturas metálicas e danos em coberturas, Pavilhão dos Sabores (Ponto do trajeto de destruição T2).



Figura A20 – Lonas de ensombramento arrancadas, Escola Mário Beirão (Ponto T3).

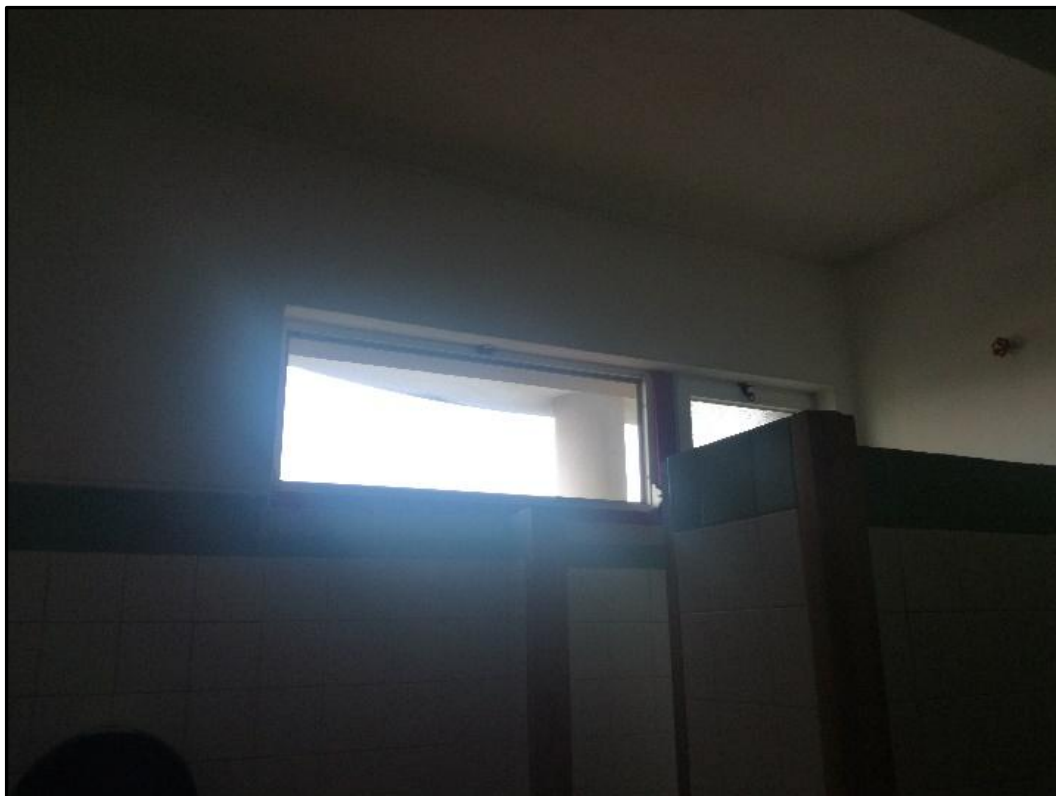


Figura A21 – Janela sem vidro, Escola Mário Beirão (Ponto T3).



Figura A22 – Ramos de grande dimensão partidos, R. cidade de S. Paulo (Ponto T4).



Figura A23 –Árvores partidas junto à R. Bernardo Santareno (Ponto T4).



Figura A24 – Pinheiro de grande porte desenraizado na R. Julião Quintinha/Bairro Mira Serra (Ponto T6).



Figura A25 – Árvores de grande porte desenraizadas na R. Sousa Porto/Bairro Mira Serra (Ponto T7).