

5

Ameaça Tornádica

Ocorrências de tornados no território brasileiro têm se mostrado mais recorrentes; esse fato deve-se, principalmente, às mudanças climáticas que geram alterações ao meio ambiente e ao aumento dos casos noticiados na imprensa. Só no ano de 2009*, foram divulgados dois tornados e cinco trombas d'água no Brasil, tabela 5.1.

*Dados coletados até 8 de junho de 2009.

Tabela 5.1: Tornados no Brasil, ano de 2009.

Data	Local	Descrição
7 de março	Ceará, no município de Senador Pompeu.	Tornado com ventos suficientes para derrubar muros, uma torre de transmissão de internet e uma árvore centenária de eucalipto [9].
8 de março	Santa Catarina, no município de Ponte Alta	Tornado com ventos de até 120 km/h, duração de 15 minutos, cortou árvores ao meio, destruiu plantações e destelhou cerca de 500 casas; a força dos ventos também provocou rachaduras nas paredes, 2 pessoas ficaram feridas, 20 famílias desalojadas e 60 desabrigadas [6], [8] e [5].
28 de março	Rio Grande do Sul, no município de Rio Grande.	Tromba d'água na lagoa dos Patos, com ventos de até 55 km/h [11].
3 de abril	Rio Grande do Norte, no município de Macau	Tromba d'água na praia de Camapum [7].
21 de abril	Rio de Janeiro, no bairro de São Conrado.	Tromba d'água na praia de São Conrado [1].
27 de abril	Rio de Janeiro, no bairro de Ipanema.	Tromba d'água na praia de Ipanema, na altura do Posto 8 [12].
6 de junho	Rio de Janeiro, no bairro da Barra da Tijuca	Tromba d'água na praia da Barra da Tijuca [10].

Diversos trabalhos têm apontado que o território nacional é uma região favorável a ocorrências de tornados: Goliger [31] reproduz no mapa da figura 5.1 a estimativa de ocorrência mundial de tornados para um período de 4 anos, conforme avaliado por Theodore T. Fujita em 1973 [29]; Brooks et al. [19] identificou o sul do Brasil como sendo uma área com condições ambientais propícias para a ocorrência de tornados; Nascimento [22] reconhece, além da região sul do país, o Estado do Mato Grosso do Sul como uma região em potencial para a formação de tornados.

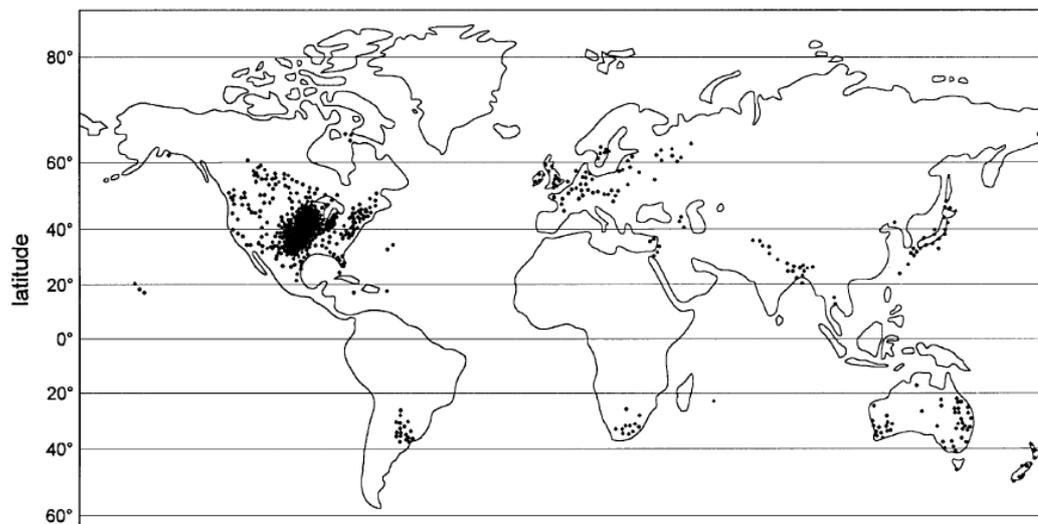


Figura 5.1: Expectativa de ocorrência de tornados no mundo num período de 4 anos.

Os tornados, assim como sismos e furacões, são caracterizados como ações ambientais intensas e, por isso, precisam ser estudados detalhadamente, pois uma região atingida por tais fenômenos pode sofrer conseqüências imensas que englobam desde a população até o meio ambiente. Desse modo, para determinar a ameaça tornádica de uma região está sendo adotado o trabalho desenvolvido por Almeida [17], que é dividido em dois objetivos principais:

1. Determinar os passos para a avaliação probabilística da ocorrência de tempestades com formação de tornados;
 - (a) Modelar e estudar o fenômeno físico tornado identificando as variáveis a serem consideradas para delinear o comportamento do mesmo — Item discutido na seção 3.2);
 - (b) Reunir os dados existentes sobre a atividade de tornados no Brasil e organizar um catálogo de ocorrências oferecendo sua descrição e, quando possível, a classificação baseada na escala de Fujita, tabela 3.2. Identificar as regiões do território nacional sensíveis ao tornado;

- (c) Definir uma sistemática de avaliação das curvas de ameaça referentes a tornados, que expressem a probabilidade anual da velocidade do vento superar um nível especificado.
2. Avaliar as curvas de ameaça de tornados para as regiões sensíveis do território nacional.

A figura 5.2 adaptada de Almeida apresenta um mapa da América do Sul destacando as bacias hidrográficas nacionais e com as ocorrências de tornado no período de 1923 a 2008. Conforme o item 1.(b) está identificado no mapa as regiões sensíveis ao tornado: Província da Bacia Amazônica – PBA e Província da Bacia Paraná-Paraguai-Uruguai (do Prata) – PBP (ambas representadas por poligonais), Província da Bacia do Atlântico Sul-Sudeste – PBASSE (representada pela área laranja e amarela).

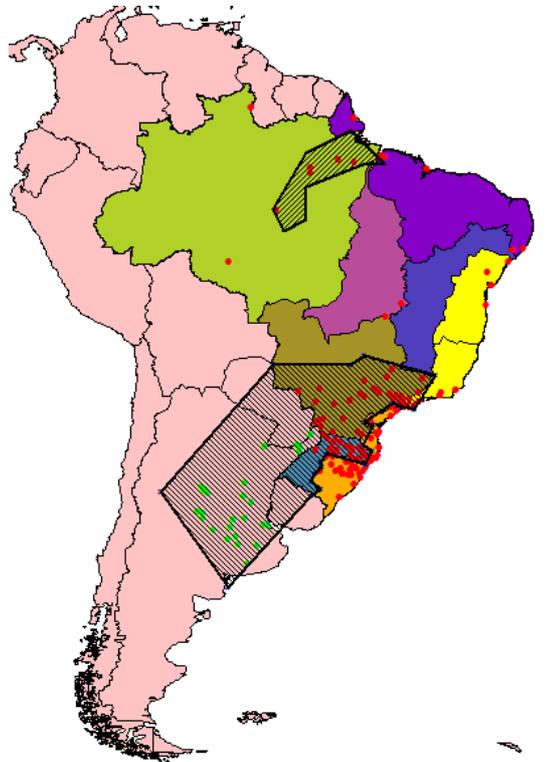


Figura 5.2: Ocorrências de tornados sobre conformação das bacias hidrográficas.

Para a avaliação das curvas de ameaça, Almeida fundamenta-se na metodologia proposta por McDonald [41], que destaca os seguintes aspectos como mais relevantes à análise:

- Relação entre largura da trilha do tornado, comprimento da trilha, área da trilha e intensidade;

- Relação entre intensidade e ocorrência;
- Gradação dos danos através da largura e do comprimento da trilha de dano;
- Erros devidos à falta de clareza na identificação da trilha do tornado;
- Erro devido à avaliação incorreta da intensidade.

Dessa forma, Almeida calcula as curvas de ameaça, figura 5.3, para as províncias da Bacia Atlântico Sul Sudeste (PBASSE) e Bacia do Prata (PBP), considerando o catálogo de registros definidos pela tabela 5.2.

Tabela 5.2: Registros de tornados nas províncias tornádicas.

Províncias	F_0	F_1	F_2	F_3	F_4
PBP	53	18	14	9	1
PBASSE	38	10	7	2	0
PBA	5	3	0	0	0

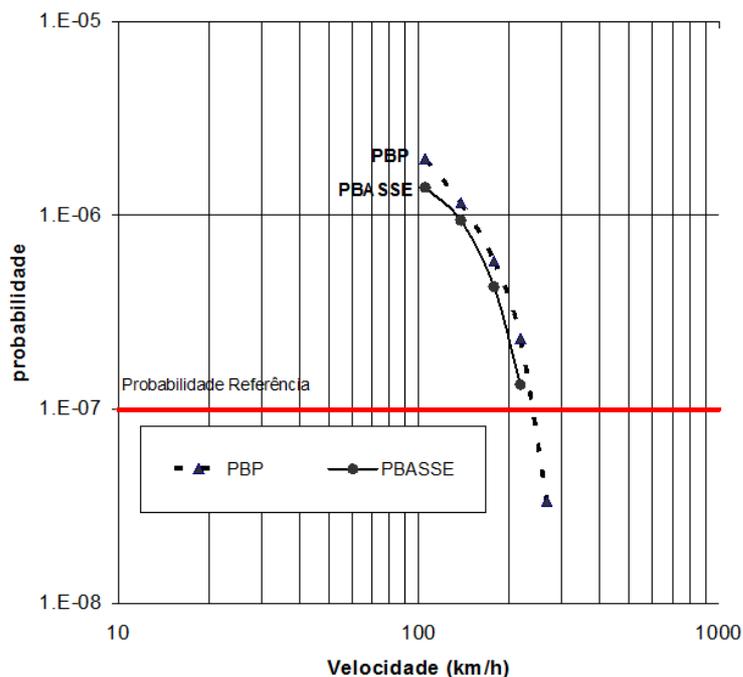
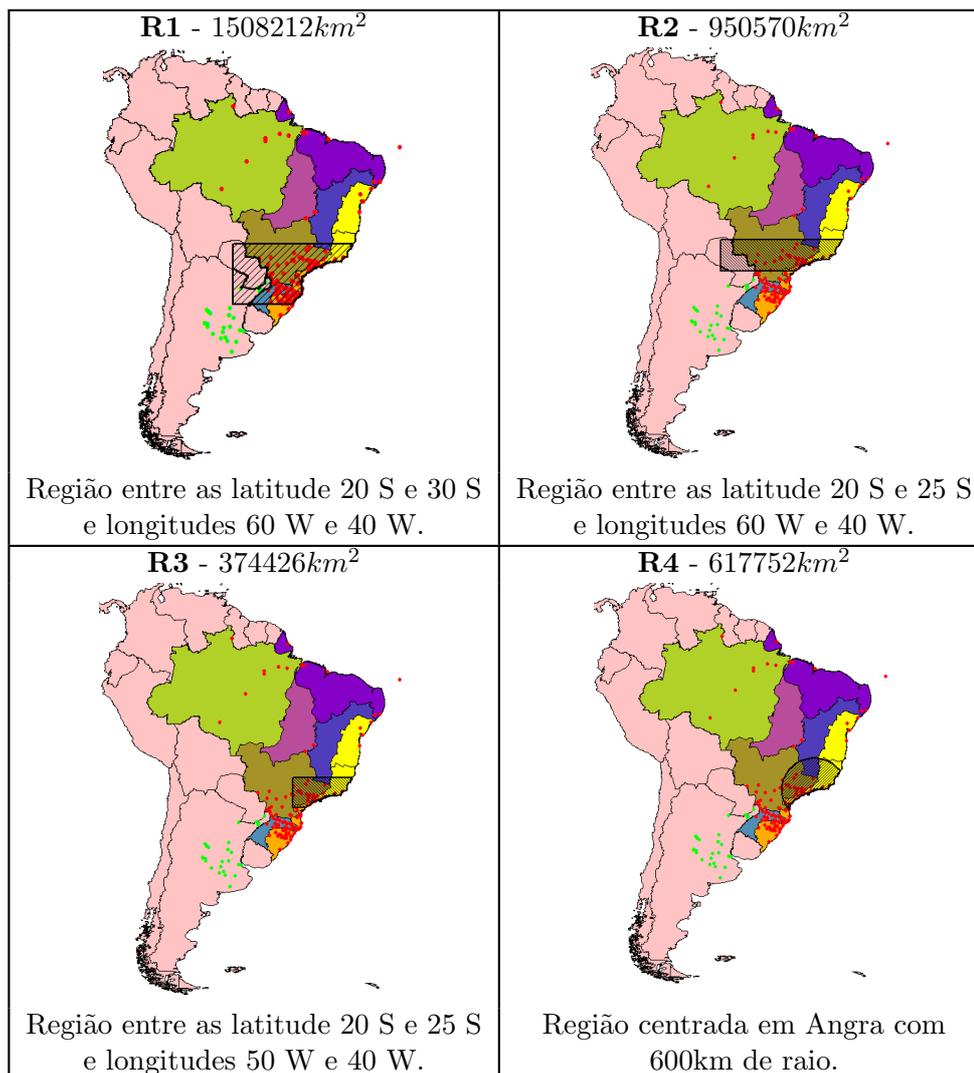


Figura 5.3: Curvas de ameaça de tornado. Velocidade máxima (escala Fujita Melhorada) x Probabilidade anual.

5.1 Exemplo de Angra

A importância do cálculo da ameaça tornádica na região de Angra dos Reis deve-se à presença das Usinas Nucleares, como título, Almeida [17] opta por fazer um estudo de sensibilidade da curva de ameaça para diferentes arranjos de área, tabela 5.3 – áreas hachuradas, baseado: em McDonald [41] que divide o sítio de interesse dentro de uma região com condições topográficas e meteorológicas comuns, geralmente variando de um-grau-quadrado a cinco-graus-quadrados; em Fujita [26], que trabalha com raios superiores a 100km, provavelmente já considerando regiões com condições climáticas distintas; e no Regulatory Guide [42], onde a avaliação da ameaça tornádica para o território é feita tomando como base uma malha de 2° x 2°. Assim, são consideradas quatro regiões (R1,R2,R3,R4) definidas na tabela 5.3 [17] e suas respectivas curvas de ameaça são apresentadas na figura 5.4.

Tabela 5.3: Regiões selecionadas para avaliação da ameaça tornádica.



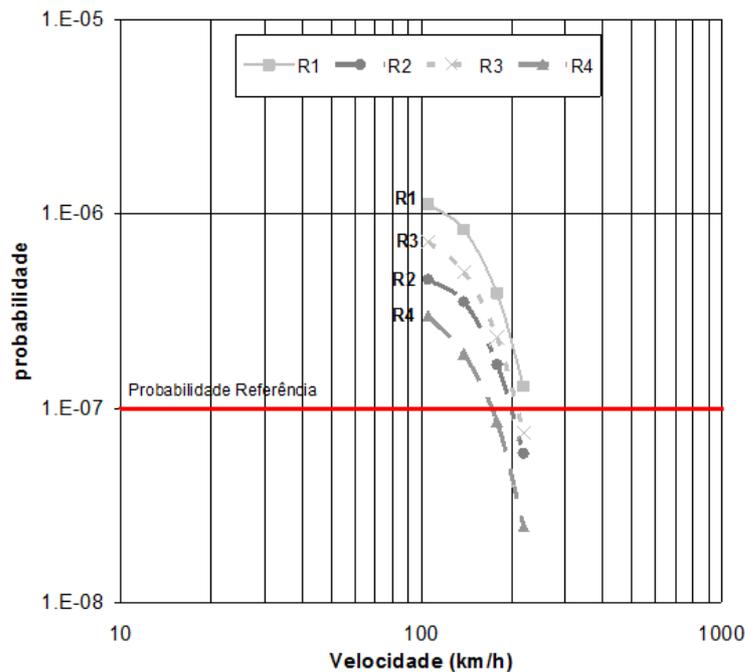


Figura 5.4: Curvas de ameaça tornádica para a região de Angra dos Reis. Velocidade máxima (escala Fujita Melhorada) x Probabilidade anual.

Com base na figura 5.4 retirada de Almeida, os valores para a velocidade máxima do tornado, com um tempo de recorrência de dez milhões de anos são:

- Curva R1 - 218 km/h
- Curva R2 - 200 km/h
- Curva R3 - 208 km/h
- Curva R4 - 171 km/h

Almeida sugere, em atitude conservativa, descartar a curva R4 e chega ao valor médio, 209 km/h, como proposta para a velocidade máxima do tornado para a região de Angra dos Reis.