

1 Introdução

O tornado é um fenômeno meteorológico de ocorrência pontual que possui um poder de destruição como poucos fenômenos da natureza. Apesar de ser mais comum nas zonas temperadas do hemisfério norte, várias ocorrências têm sido registradas em outros locais do planeta, incluindo-se o Brasil. Em território nacional, acontece principalmente na região correspondente às bacias hidrográficas do Sul e Sudeste. Do ponto de vista da engenharia estrutural, atenção especial deve ser destinada a instalações industriais sensíveis, nas quais eventuais danos resultariam em sérias conseqüências à vida humana e ao meio-ambiente, como centrais nucleares. Torres de transmissão de energia elétrica são também estruturas de destaque a tais efeitos, pois interrupções de fornecimento são freqüentemente relatadas como conseqüência da queda desses suportes da linha, por vezes decorrentes de tempestades de pequena escala para as quais não foram projetadas, como tornados.

A maioria dos trabalhos existentes na literatura trata da questão sob enfoques meteorológico e estatístico. Poucos estudos discorrem sobre os efeitos mecânicos da incidência de tornados sobre estruturas, provavelmente por conta do pouco conhecimento desenvolvido sobre os campos de vento e pressão tornádicos. Wen (1975) adapta o modelo de Kuo (1971) e apresenta uma análise dinâmica de um edifício alto em estrutura de aço, incluindo efeitos convectivos. Eberline et al (1991) reportam a resposta estrutural não-linear de um sistema condutor de carvão, mostrando grande sensibilidade da estrutura à velocidade de translação do tornado incidente. Dutta et al (2002) mostram que o efeito combinado do carregamento lateral de vento com a componente vertical é mais danoso do que o primeiro tomado isoladamente. Uma análise numérica da ruptura de uma torre de transmissão de energia elétrica por conta de um tornado é realizada por Savory et al (2001). Estudos brasileiros dessa natureza são incipientes.

Neste contexto, objetiva-se o aprofundamento do estudo dos efeitos mecânicos advindos da incidência de tornados em torres de transmissão de energia elétrica. Em termos mais estritos, as principais metas são:

- Estudo da resposta mecânica de torres de transmissão representativas do território nacional submetidas a tornados factíveis nesse território;
- Proposta de metodologia para avaliação dos efeitos mecânicos globais de tornados no projeto de torres de transmissão;
- Proposta de metodologia para avaliação da probabilidade de falha de torres de transmissão a tornados.

Com foco em tais metas, o trabalho é organizado. No capítulo 2, apresenta-se a revisão bibliográfica, onde se descreve o fenômeno sob ótica meteorológica e comenta-se sobre as metodologias existentes para a avaliação de efeitos mecânicos. O território brasileiro é, por vezes, tratado em particular. No capítulo 3, introduz-se o modelo de campo de vento tornádico utilizado neste estudo, proposto por Wen (1975) a partir do trabalho de Kuo (1971). Os modelos de torres são descritos e mostrados no capítulo 4.

Transcorridas as ponderações iniciais, passa-se às análises estruturais no capítulo 5. Estudam-se modelos simples e de torres representativas da região brasileira crítica à ocorrência de tornados, com enfoque sobre ações mecânicas globais. Comparações com valores de projeto são realizadas e elegem-se aspectos relevantes e simplificações importantes para o problema em questão. A partir das inferências dessa abordagem, sugere-se e ilustra-se, no capítulo 6, a metodologia para estimativa do carregamento a ser considerado no projeto de torres de transmissão a tornados. Por fim, no capítulo 7, a ferramenta para avaliação da probabilidade anual de falha é proposta e exemplificada.