

## SEGURANÇA DAS CONSTRUÇÕES PARA VENTOS INTENSOS - ESTUDO DE CASO

**RODRIGO FIGUEIREDO TEREZO<sup>1</sup>, CARLOS AUGUSTO DE PAIVA SAMPAIO<sup>2</sup>,  
VERALDO LIESENBERG<sup>3</sup>, ILSON VASSEM JÚNIOR<sup>4</sup>, KENEDY DE SOUZA  
SANTOS<sup>5</sup>**

<sup>1</sup> Dr., Universidade do Estado de Santa Catarina (CAV/UDESC), rodrigo.terezo@udesc.br

<sup>2</sup> Dr., Universidade do Estado de Santa Catarina (CAV/UDESC), carlos.sampaio@udesc.br

<sup>3</sup> Dr., Universidade do Estado de Santa Catarina (CAV/UDESC), veraldoliesenberg@udesc.br

<sup>4</sup> Discente, (CAV/UDESC), jrvassem@hotmail.com

<sup>5</sup> Discente, (CAV/UDESC), kennedyssantos1402@gmail.com

Apresentado no  
LII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2023  
18 a 21 de outubro de 2023 – Ribeirão Preto - SP, Brasil

**RESUMO:** As cargas acidentais como vento são ações variáveis móveis que atuam nas construções e que devem ser consideradas com seus valores representativos, multiplicados pelos respectivos coeficientes de ponderação das ações. Informações a respeito desses eventos e causa são escassos. Objetivou-se este trabalho quantificar as ocorrências de ventos extremos nos últimos anos no Estado de Santa Catarina, sua frequência e localização mais provável, comparando com os valores indicados no gráfico das isopletas, visando o dimensionamento mais adequado das construções. De acordo com os resultados, verifica-se a predominância de vendavais e tornados na mesorregião do Oeste Catarinense, com eventos esporádicos no Planalto Catarinense. Um evento de vento com magnitude de 22m/s ocasionou colapsos de várias telhas popularmente conhecidas como telhas sanduíche. A pressão de obstrução foi de apenas 308,60 Pa. Conclui-se que o levantamento dos desastres naturais permite definir *in loco* as construções mais propensas a sofrerem colapsos, indicando que as estruturas devam ser mais bem avaliadas para um projeto seguro.

**PALAVRAS-CHAVE:** solicitações de projeto, telhado, tomada de decisão

### **BUILDINGS SAFETY FOR INTENSIVE WIND: CASE STUDY**

**ABSTRACT:** Accidental loads such as wind are mobile variable actions that act on buildings and must be considered with their representative values, multiplied by the respective weighting coefficients of the actions. Information regarding these events and cause is dearth. The objective of this work was to quantify the occurrences of extreme winds in recent years in the State of Santa Catarina, their frequency and most likely location, comparing with the values indicated in the isopleths graphic, aiming at the most adequate dimensioning of the buildings. According to the results, there is a predominance of windstorms and tornadoes in the western mesoregion of Santa Catarina, with sporadic events in the Plateau of Santa Catarina. A wind event with a magnitude of 22m/s caused collapse of several tiles popularly known as sandwich tiles. The obstruction pressure was only 308.60 Pa. It is concluded that the survey of natural disasters allows defining *in loco* the buildings most likely to suffer collapses, indicating that the structures should be better evaluated for a safe project.

**KEYWORDS:** design requirements, roof, decision-making

**INTRODUÇÃO:** A importância de considerar os eventos extremos do clima é de que, quando ocorrem, produzem severas alterações no funcionamento normal de uma sociedade e comunidade. Em situações críticas, podem desencadear um desastre ou catástrofe, produzindo importantes danos humanos, materiais, econômicas e ambientais. Um relatório redigido no evento denominado Painel Intergovernamental de Mudança Climática (IPCC, 2014) destaca que as cidades receberão as maiores catástrofes relacionadas a eventos extremos do clima. A World Meteorological Organization (WMO, 2015) indica sobre a estrutura pós-2015 para a redução do risco de desastres, numa abordagem mais ampla e centrada nas pessoas e que as ações devem estar focadas nas seguintes áreas prioritárias: (1) compreensão do risco de desastre; (2) fortalecimento da governança e instituições para gerenciar o risco de desastres; (3) investir em resiliência econômica, social, cultural e ambiental e (4) melhorar a preparação para uma resposta eficaz para reconstruir melhor. TAPAJÓS et al. (2016); MOHAMED et al. (2023) descrevem que no projeto estrutural de edifícios, o vento é fisicamente representado por um perfil de velocidade incidindo em uma edificação. Suas características e os efeitos por ele gerados em um edifício dependem da geometria da edificação, da região, do tipo de terreno e dos obstáculos entrepostos. A cobertura e paredes são as partes mais expostas de uma edificação e a mais atingida por ventos, que provocam pressões internas e externas, função do grau de aberturas da edificação. Neste contexto, em decorrência de poucas informações a respeito, objetivou-se este trabalho analisar as ocorrências de vento, caracterização, frequência e localização mais provável, visando a adequação na combinação das ações para o dimensionamento de construções.

**MATERIAL E MÉTODOS:** A Mesorregião 3, Oeste do Estado de Santa Catarina, predomina o clima subtropical (Cfb) de acordo com a classificação climática de KÖPPEN, com verões quentes e invernos frios em algumas regiões. A Mesorregião 4, Região Serrana, predomina o clima subtropical úmido (Cfa) de acordo com a classificação climática de KÖPPEN, não apresenta estação de seca bem definida, nas regiões mais altas as temperaturas atingem facilmente 0 °C. Alguns eventos de ventos intensos atingem essa mesorregião, ocasionando danos severos às coberturas das edificações. A ocorrência dos eventos climáticos extremos foi registrada num banco de dados georreferenciado desde 2013. De acordo com FUJITA (1971), os ventos que ocorrem nessas mesorregiões geralmente pertencem as escalas F0 e F1, em que o tornado F0 predomina velocidades de vento inferiores a 117 km/h, causando poucos danos, tornado F1 predomina velocidades de vento entre 117 e 180 km/h e, nessa magnitude, pode levantar telhas, mover carros em movimento para fora da estrada, trailers podem tombar. A Norma Técnica ABNT NBR 8681 (2003) determina o uso das isopletas da ABNT NBR 6123 (1988) e que neste trabalho sugere-se o uso da escala Fujita, mais realista frente aos eventos climáticos extremos de maior ocorrência.

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** A Figura 1 mostra a distribuição de eventos climáticos extremos nas mesorregiões do Estado de Santa Catarina, onde a mesorregião 3 apresentou quase a totalidade de indicações de tornados. Entretanto, em outras mesorregiões o fenômeno acontece de forma mais rara.

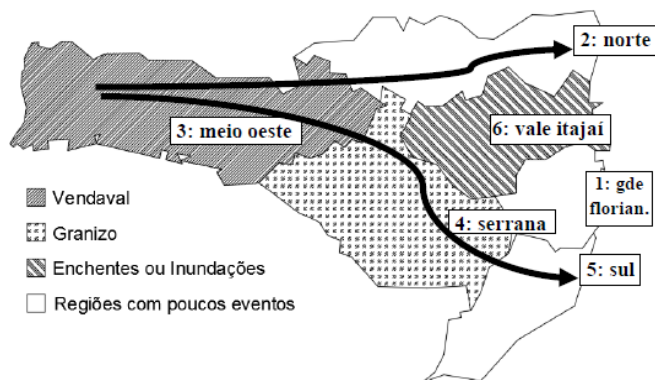
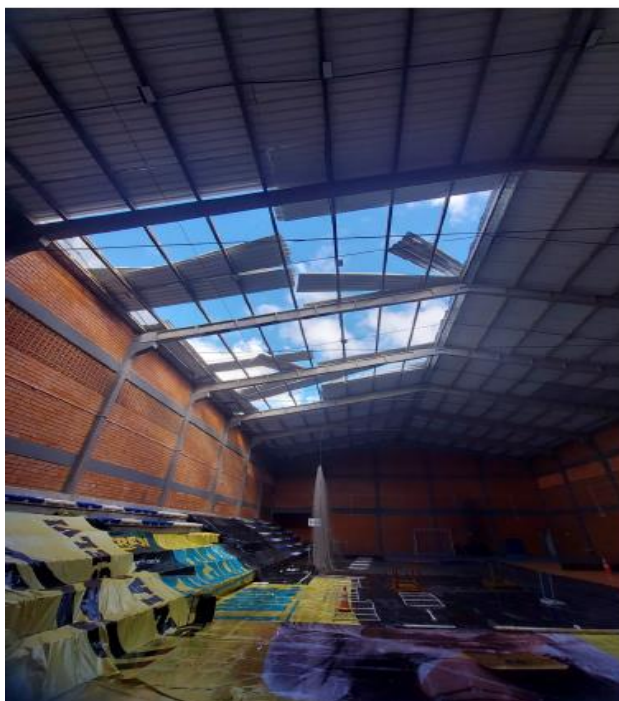


Figura 1. Tendência na formação de eventos extremos do clima no Estado de Santa Catarina/SC (2013 a 2023).

Em diversas regiões do Brasil, as telhas popularmente conhecidas como telhas sanduíche estão sendo cada vez mais utilizadas na cobertura de edificações comerciais, industriais, rurais e ginásios. Isso se deve, principalmente, pela facilidade de montagem, peso, conforto térmico associado e baixa carga da estrutura de sustentação. Em 21 de março de 2023 um evento de vento intenso ocorrido em Lages/SC ( $27^{\circ}49'05''S$ ,  $50^{\circ}20'23''W$ , altitude média de 940m), com magnitude de 80 km/h, chamou a atenção pelos estragos provocados por se tratar de vento classificado na escala F0 e de baixa pressão de obstrução. Entretanto, em duas edificações foram produzidos efeitos danosos, causando a destruição de inúmeras telhas sanduíche, que foram arrancados e não sofreram torção (Figura 2). As telhas estavam simplesmente presas nas vigas de apoio somente por parafusos. Isso mostra a necessidade de maiores conhecimentos das combinações últimas para projetos e do entendimento de elementos de amarração e de ancoragem, principalmente quando envolve telhas leves de perfis longos.



Telha 1 (6,00m x 1,00m x 27mm): aço galvanizado, isopor (26mm), aço galvanizado.

Telha 2 ondulada (7,35m x 0,50m x 40mm): aço galvalume, poliisocianurato (20x60mm), aço galvalume.

Figura 2. Coberturas de telhas sanduíche danificadas por vento ocorrido em Lages/SC em 21/03/2023.

Os danos causados por vento ao incidir numa determinada edificação são devidos à pressão de obstrução ( $q = (V_k)^2/1,6$ ), corrigida por fatores determinados pela característica da construção, local e fator estatístico e pelo coeficiente de pressão (-1,2), função de aberturas ou por falta delas, e passa a denominar pressão de projeto (370,32 Pa). Elementos de amarração e de ancoragem permitem que as telhas fiquem travados nas vigas de apoio, entretanto, devem ser dimensionados para suportarem a pressão de projeto proporcionado pelo vento de 22,22 kN.

**CONCLUSÕES:** Para a mesorregião 3 e para a mesorregião 4 – Combinação última especial:

$$F_d = \sum_{i=1}^m \gamma_{Gi} \times F_{Gi,k} + \gamma_Q \times \left[ F_{Q1,k} + \sum_{j=2}^n \psi_{0j,ef} \times F_{Qj,k} \right], \text{ onde } F_{Gi,k} \text{ é o valor característico das}$$

ações permanentes ponderadas por  $\gamma_{Gi} = 1,3$  para a grande variabilidade;  $F_{Q1,k}$  é o valor característico da ação variável especial vento com intensidade básica de 70 m/s ( $V_o$ ) como sugestão para essa mesorregião 3;  $\psi_{0j,ef}$  pode ser tomado como correspondente a  $\psi_2$  quando a ação principal  $F_{Q1,k}$  tiver um tempo de atuação muito pequeno, como é o caso desta mesorregião com incidência de tornados; cada uma das ações variáveis são ponderadas por  $\gamma_{Qi} = 1,2$  devido a grande variabilidade dos eventos. Neste caso, pode-se empregar a escala Fujita para a determinação da velocidade básica do vento de duração instantânea, diferentemente das isopletras descritas na NBR 6123 (1988). A falta de ganchos de amarração contribuiu consideravelmente para o arranque das telhas, não ocorrendo torção das telhas. Esse tipo de amarração aumenta consideravelmente a capacidade de carga média de ruptura para 929 kgf. Sugere estudos e em diferentes regiões do país onde é recorrente eventos extremos do clima visando: revisar normas e métodos construtivos e um banco de dados para desastres naturais

**AGRADECIMENTOS:** Os autores agradecem à Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC) pelo apoio financeiro, à FAPESC e a empresas e prefeituras participantes do projeto pela receptividade e apoio.

#### **REFERÊNCIAS:**

- ABNT NBR 6123. **Forças devido ao vento em edificações.** ABNT- Associação Brasileira de Normas Técnicas. Brasil. 1988.
- ABNT NBR 8681. **Ações e segurança nas estruturas - procedimentos.** ABNT- Associação Brasileira de Normas Técnicas. Brasil. 2003.
- INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). **Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation.** Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. New York: Cambridge University Press, 2014.
- FUJITA, T.T. "**Proposed characterization of tornadoes and hurricanes by area and intensity**". Satellite Mesometeorology Research Program Research Paper Number 91, Department of Geophysical Sciences, University of Chicago. 42p. 1971.
- WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION (WMO). **Building climate resilience through disaster risk reduction.** Bulletin v.64, 2015.
- TAPAJÓS, L.S.; FERREIRA, J.A.T.; LIMA NETO, A.F.; TEIXEIRA, M.R.; FERREIRA, M.P. Efeito do vento no dimensionamento de edifícios de concreto armado. **Rev. IBRACON Estrut. Mater.** 9 (6), P. 883-910, 2016.
- MOHAMED, A.; BDELWAHAB, M.; GHAZAL, T.; NADEEM, K.; ABOSHOSHA, H.; ELSHAER, A. Performance-based wind design for tall buildings: Review and comparative study. **Journal of Building Engineering**, v.68, 2023.