

DINÂMICA DE DESTRUIÇÃO DO VENTO NAS CIDADES DE XANXERÊ/SC E PONTE SERRADA/SC – ESTUDO DE CASO

**RODRIGO FIGUEIREDO TEREZO¹, CARLOS AUGUSTO DE PAIVA SAMPAIO²,
KARLA FUNFGELT³, PRISCILA BELLEZA MACIEL⁴, GABRIEL OLIVEIRA
ROSA⁵, GUILHERME MOTTA⁵**

¹ Dr., Universidade do Estado de Santa Catarina, 49-3289.9111, rodrigo.terezo@udesc.br

² Dr., Universidade do Estado de Santa Catarina, 49-3289.9125, carlos.sampaio@udesc.br

³ Msc., Instituto Federal Catarinense - Campus Rio do Sul, IFC/Rio do Sul. karlafunf@ifc-riodosul.edu.br

⁴ Dra., Companhia Integrada de Desenvolvimento Agrícola de Santa Catarina. pbmaciel@cidasc.sc.gov.br

⁵ Discentes. Universidade do Estado de Santa Catarina, gabrielrosa.or@hotmail.com; guilhermemottamm@gmail.com

Apresentado no
XLVIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2019
17 a 19 de setembro de 2019 - Campinas - SP, Brasil

RESUMO: Ventos fortes são eventos atmosféricos tempestuosos, causados pela instabilidade nas condições atmosféricas e que têm o potencial de causar destruição. Neste aspecto, este estudo teve como objetivos avaliar a dinâmica de destruição provocada pelo tornado, evento ocorrido em 20/04/2015, nas construções urbana e rural de Xanxerê e Ponte serrada, cidades do Oeste do Estado de Santa Catarina. Na linha do tornado, na zona rural, verificou-se tombamento e cisalhamento de árvores e destruição de silos de concreto armado. Na linha do tornado, na zona urbana, construções com coberturas de telhas de fibrocimento de 4,0 mm de espessura e as metálicas foram as mais danificadas. Pilares pré-moldados de concreto foram cisalhados a 2/3 da altura e numa linha de corte de 45°, aproximadamente. Pelos danos provocados, acredita-se que o vento pode ter alcançado velocidades entre 100 a 330 km/h. Este trabalho permitiu determinar *in loco* as estruturas e os materiais mais propensos à ruína e os mais resistentes, bem como a importância da gestão de riscos para definir ações preventiva e construtiva, frente a eventos climáticos severos.

PALAVRAS-CHAVE: clima; edificações; tomada de decisão.

WIND DESTRUCTION DYNAMICS IN THE CITIES OF XANXERÊ/SC AND PONTE SERRADA/SC – A CASE STUDY

ABSTRACT: Heavy winds are stormy atmospheric events, caused by instability in atmospheric conditions and which have the potential to cause destruction. In this aspect, the objective of this study was to evaluate the dynamics of destruction at buildings urban and rural areas of Xanxerê and Ponte serrada, cities of the West of the State of Santa Catarina, caused by the tornado, event that occurred on 04/20/2015. In the path of the tornado, at rural zone, tree tipping and shearing occurred and destruction of reinforcement concrete silos. In the path of the tornado, at urban zone, the constructions with roofs by fiber cement tiles of 4.0 mm of thickness and the metallic were the most damages. It was also found that precast concrete pillars were shear to 2/3 of their height in a 45° cut line, approximately. Due to damage caused, it was believed that the wind may have reached speeds between 100 to 330 km/h. This work allowed to determine *in situ* the structures and materials most prone to ruin and the most resistant, as well as the importance of risk management to define preventive and constructive actions, in the face of severe climatic events.

KEYWORDS: weather; buildings; decision-making.

INTRODUÇÃO: 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. Alerta semelhante foi feita pela Organização Meteorológica Mundial (WMO, 2015), que descreveu sobre nova estrutura pós-2015 para a redução do risco de desastres, numa abordagem mais ampla e centrada nas pessoas, como mostra a Figura 1. Essas ações estão 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 e “reconstruir melhor”.

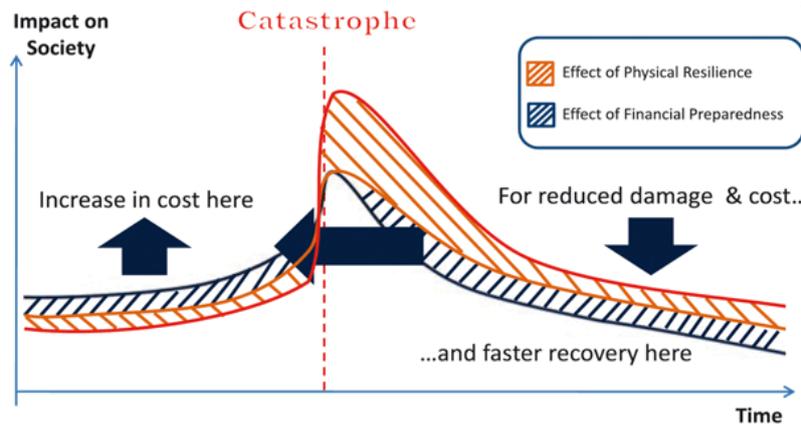


Figura 1. Estrutura pós-2015 para redução de risco de desastres (Fonte: WMO, 2015).

Muitos estudos alertam que o número de catástrofes com impactos importantes continua a crescer, impulsionado, em grande parte, pelo aumento da vulnerabilidade a desastres naturais e pelos efeitos das alterações climáticas, ameaçando as vidas e os meios de vida de milhões de pessoas (ARTAXO, 2014).

Neste contexto, objetivou-se este trabalho analisar *in loco* o percurso do tornado ocorrido em 20 de abril de 2015, em Xanxerê/SC e Ponte Serrada/SC, sua dinâmica de destruição em edificações das áreas urbana e rural, bem como identificar as estruturas e os materiais de construção mais resistentes e outros mais propensos à ruína.

MATERIAL E MÉTODOS: Este trabalho foi realizado nas cidades de Xanxerê/SC (latitude 26°52'37"S, longitude 52°24'14"W, altitude média de 800 m, população estimada de 47.679 habitantes - IBGE/2010) e Ponte Serrada/SC (latitude 26°52'19"S, longitude 52°00'57"W, altitude média de 1.067 m, população estimada de 11.452 habitantes - IBGE/2010), distantes entre si de 36,6 km, localizadas no Oeste Catarinense (mesorregião 3), onde em 20/04/2015 ocorreu um tornado, definido entre os paralelos de 25°57'41" e 29°23'55" latitude sul e entre os meridianos de 48°19'37" e 53°50'00" longitude oeste.

A mesorregião 3 apresenta as quatro estações bem definidas e predomina o clima temperado (Cfb, Cfa), de acordo com a classificação climática de KÖPPEN. Xanxerê/SC e Ponte serrada /SC apresentam clima mesotérmico úmido com verões quentes e invernos frios, sendo a temperatura média anual de 18,7 e de 17,3 °C, respectivamente. A precipitação é significativa e bem distribuída durante o ano, com média anual aproximada de 1.650 mm/ano. O relevo é variado, mas predomina o relevo forte ondulado.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: A Figura 2 mostra o percurso do tornado em Xanxerê/SC (hachura mais escura), tanto na área urbana como rural. Verificando *in loco*, pode-se perceber o grande poder de destruição causado pelo vórtice do tornado, com destelhamento e destruição total ou parcial das construções, como mostra a Figura 2. Na área urbana houve impactos significativos às construções, tanto nas indústrias como em habitações. Na área rural os danos foram menos significativos.

Foi possível notar uma logística de destruição, ou seja, as treliças de aço ficaram totalmente destruídas, predominantemente, devido à esforço de torção. As coberturas formadas por telhas leves como de fibrocimento, aço galvanizado e aluzinco foram as que mais sofreram danos, com ruína total ou parcial, enquanto que os telhados formados por telhas de concreto e cerâmicas, foram os que mais resistiram às forças de sucção e de sobrepressão, com menores danos.

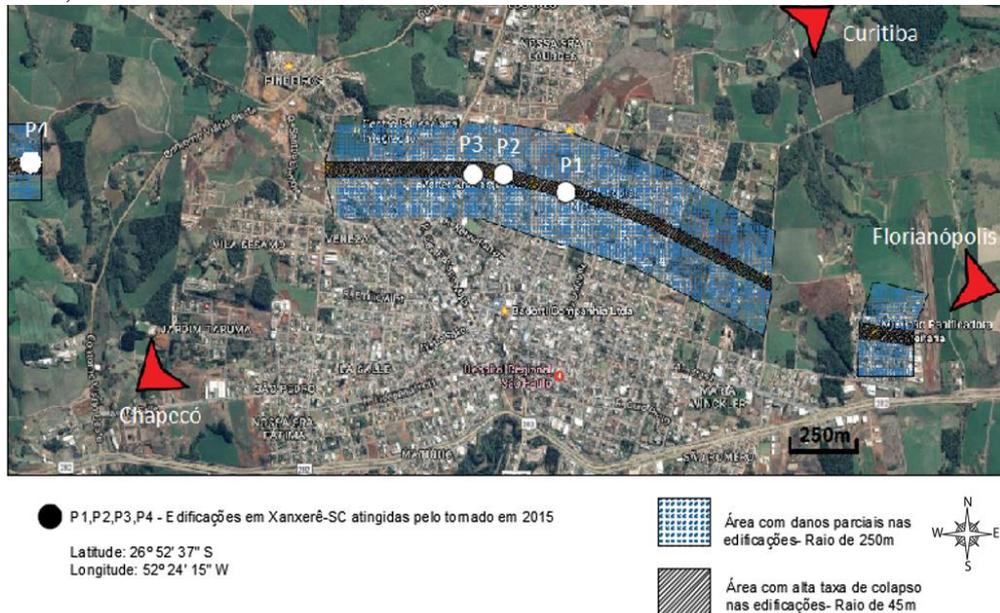


Figura 2. Áreas atingidas pelo tornado ocorrido em 20/04/2015 (Xanxerê/SC).

Percebeu-se ainda que a desintegração dos materiais de construção alcançou grandes distâncias, provocando sérios danos a outras construções próximas. No entanto, afastando cerca de 200 m da linha do vórtice principal, ou seja, da trilha central para a periferia, notou-se uma diminuição dos danos, que foi mais devido à materiais desintegrados e deslocados.

A figura 3 mostra o percurso do tornado em Ponte Serrada/SC, tanto na área urbana como rural.

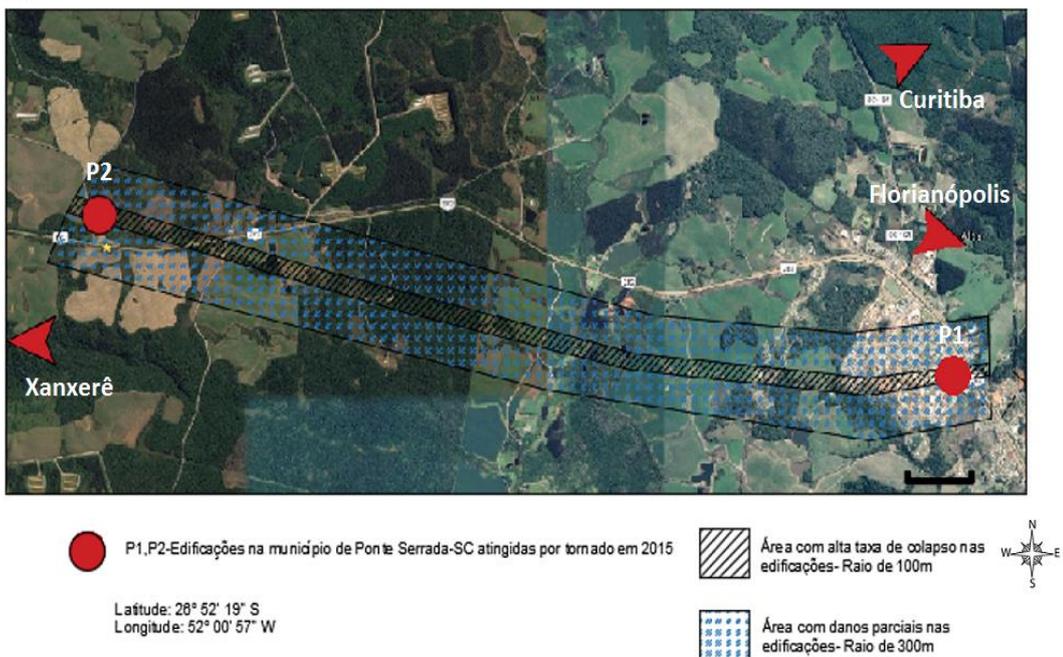


Figura 3. Áreas atingidas pelo tornado ocorrido em 20/04/2015 (Ponte Serrada/SC).

De forma semelhante ao ocorrido em Xanxerê/SC, verificou-se danos tanto na área urbana como rural, entretanto, nesta última foi onde ocorreram as maiores destruições. Foi possível perceber também uma logística de destruição das construções similar ao ocorrido em Xanxerê/SC, ou seja, umas mais propensas que outras, de acordo com os materiais utilizados.

Na zona rural e na linha do tornado, plantios de eucaliptos e de pinus foram destruídos (tombamento, arranque e cisalhamento), o mesmo ocorrendo com instalações para animais (aves) e com galpões e silos. Com relação ao silo de concreto armado, o poder de destruição foi surpreendente, com ruína total das estruturas da cobertura dos silos e das torres de elevação, todas de aço. Cabos de aço ancorados, ligados a essas estruturas foram rompidos. O galpão de armazenamento em sacarias também foi totalmente destruído, ou seja, suas paredes laterais bem como sua cobertura em telha leve. A Figura 4 mostra as destruições ocorridas.



Figura 4. Fotos de edificações destruídas.

CONCLUSÕES: A visita *in loco* permitiu avaliar a dimensão real dos danos, as estruturas e materiais de construção mais vulneráveis, bem como as consequências no setor produtivo. A NBR 7190/97 (projeto de estruturas de madeira) cita que o vento deve ser considerado carga acidental com ação variável. A NBR 6123/88 (forças devidas ao vento em edificações) mostra as isopletras da velocidade básica do vento. Para algumas regiões do país, pode ser necessária a correção dos coeficientes e da combinação das ações em função da escala Fujita, até mesmo da atualização das isopletras. O conhecimento de eventos extremos do clima nas diversas regiões do país torna-se importante, com vistas a identificar os materiais de construção mais adequados e o dimensionamento de edificações mais resistentes, com minimização dos impactos econômicos e com salvaguarda de vidas humanas. Também a análise de sistemas e técnicas construtivas mais adaptadas, em túnel de vento.

AGRADECIMENTOS: À UDESC, CIDASC e FAPESC, pelo aporte financeiro da pesquisa.

REFERÊNCIAS:

ABNT - NBR 6123. **Forças devido ao vento em edificações.** ABNT- Associação Brasileira de Normas Técnicas. Brasil. 1988.

ABNT - NBR 7190. **Projeto de estruturas de madeira.** ABNT- Associação Brasileira de Normas Técnicas. Brasil. 1997.

ARTAXO, P. Revista USP: **Mudanças climáticas e o Brasil.** São Paulo. n. 103, p. 8-12. 2014.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). **Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability.** Part A: Global and sectoral Aspects. Working Group II Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge/New York: Cambridge University Press, 2014.

INMET - **Instituto Nacional de Meteorologia.** <http://www.inmet.gov.br/portal/>. Acesso em 2015.

WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION (WMO). **Building climate resilience through disaster risk reduction.** Bulletin v.64 (1) – 2015. Disponível em: <https://public.wmo.int/en/resources/bulletin/building-climate-resilience-through-disaster-risk-reduction-0>. Acesso em: out. 2015.