

IMPACTO DO FURACÃO CATARINA SOBRE A REGIÃO SUL CATARINENSE: MONITORAMENTO E AVALIAÇÃO PÓS-DESASTRE

Emerson Vieira MARCELINO¹

Frederico de Moraes RUDORFF¹

Isabela Pena Viana de Oliveira MARCELINO¹

Roberto Fabris GOERL¹

Masato KOBAYAMA¹

Resumo

O presente artigo teve como objetivo identificar as principais características do Furacão Catarina; levantar e analisar os danos e prejuízos; elaborar o mapa de intensidade dos danos; e classificar a intensidade do fenômeno. O monitoramento "in loco" foi realizado durante a passagem do fenômeno em Balneário Arroio do Silva. Foram visitados 22 municípios catarinenses, cobrindo um percurso de mais de 3.000 km, e aplicados 161 questionários. O mapa de intensidade foi elaborado a partir da interpolação de 260 pontos de GPS classificados de acordo com o grau de destruição. Os municípios mais afetados foram Passo de Torres, Balneário Gaivota e Balneário Arroio do Silva, todos localizados no litoral, onde milhares de edificações foram danificadas (53.728) e destruídas (2.194). As edificações menos resistentes aos ventos foram as casas de madeira pré-fabricadas e as casas de tijolos (sem vigas e colunas), cobertas com telhas de cimento-amianto. Conforme o furacão se deslocou em direção ao interior sua intensidade diminuiu, mostrando um padrão de destruição radial. Baseado nos ventos estimados "in loco" e na intensidade dos danos observados na área de impacto do furacão, a intensidade do Catarina pode ser classificado como a de um furacão classe 2 de acordo com a escala Saffir-Simpson.

Palavras-chave: Furacão Catarina; monitoramento; avaliação pós-desastre.

Abstract

Impact of Hurricane Catarina over the southern region of Santa Catarina State (Brazil): monitoring and post-disaster assessment

The objectives of this work were to identify the main characteristics of the Hurricane Catarina; to survey and analyze the damages and losses; to elaborate a damage intensity map; and to classify the hurricane's intensity. The monitoring was realized at Balneário Arroio do Silva. Both damage assessment and intensity map were carried out based on a field survey at 22 affected municipalities, covering more than 3,000 km of the landfall area, and was applied questionnaire to 161 persons. The intensity map was performed by interpolating 260 GPS-points that were classified according to the general damage scenario. Passo de Torres, Balneário Gaivota, and Balneário Arroio do Silva were the most affected municipalities. They are located along the coast, where a great number of edifications were damaged (53,728) and destroyed (2,194). These edifications were mainly non-engineering wood-framed and brick houses (not have beams and columns) with concrete-asbestos tile roofs, having a fragile structure with low wind resistance. As the hurricane displaced towards the interior its intensity diminished, showing a radial destruction pattern. According to the wind estimated "in loco" and the damage intensity observed at the landfall area, Catarina's was classified as a class 2 hurricane, based on the Saffir-Simpson scale.

Key words: Hurricane Catarina; monitoring; post-disaster assessment.

¹ Grupo de Estudos de Desastres Naturais – GEDN - Departamento de Geociências - Universidade Federal de Santa Catarina - Caixa Postal 476 – 88.040-900 – Florianópolis-SC, Brasil - marcelinoev@yahoo.com.br

INTRODUÇÃO

Nos dias 27 e 28 de março de 2004 a região sul do Estado de Santa Catarina foi afetada por um fenômeno atmosférico atípico, denominado como Furacão Catarina, que causou danos severos em diversos municípios do estado. Os tipos de danos mais comuns foram relacionados às edificações (casas, galpões, estufas, postos de gasolina, etc.), infra-estruturas urbanas (rede elétrica, telefonia, estradas, etc.), agricultura (milho, arroz, banana, etc.), flora e fauna, além de afetar dezenas de milhares de pessoas.

Basicamente, o Catarina iniciou-se como um ciclone extratropical, a aproximadamente 1.000 km da costa brasileira, e gradualmente adquiriu características de um furacão, apresentando um formato circular em seu núcleo, com um “olho” bem definido, atingindo a costa catarinense e gaúcha com ventos extremamente severos.

Em virtude de seu caráter inédito e de sua complexidade, a classificação do Catarina têm gerado grande controvérsia na comunidade científica. Muitos pesquisadores defendem que o Catarina foi um ciclone tropical (furacão), outros classificam-no como um ciclone extratropical ou mesmo um fenômeno híbrido. Para resolver tal impasse, foi realizado nos dias 28 e 29 de junho de 2005, no Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) em São José dos Campos (SP), um Workshop sobre o Catarina, que contou com a participação de pesquisadores brasileiros e de instituições internacionais especializadas no estudo e previsão de furacões. Conforme publicado no *Jornal da Ciência* nº. 2802, de 01 de julho de 2005, os pesquisadores concluíram que o Catarina foi classificado como um furacão, apesar de não ter apresentado características típicas durante o seu processo de formação.

Ressalta-se que neste artigo não se pretende realizar a classificação do Catarina enquanto fenômeno, mas sim estimar sua intensidade com base nas observações de campo e análises dos danos. Neste contexto, teve-se como objetivo principal analisar os impactos causados pelo Furacão Catarina na região sul catarinense. Como objetivos específicos buscou-se identificar as principais características do fenômeno e das comunidades afetadas; levantar e analisar os danos e prejuízos; elaborar o mapa de intensidade dos danos; e classificar a intensidade do Catarina.

ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo corresponde à planície litorânea que se estende do Oceano Atlântico Sul até as encostas íngremes da Serra Geral, que varia de 800 a 1.200 m de altitude, na região sul do Estado de Santa Catarina (Figura 1). Esta planície apresenta uma largura de 40 a 70 km, sendo formada por sedimentos quaternários marinhos e continentais. O relevo da área é composto basicamente por terrenos planos que correspondem aos baixos cursos dos rios Mampituba, Urussanga, Araranguá e Tubarão, com altitudes médias em torno de 20 m (SANTA CATARINA, 1991).

Esta região possui uma população de 505.690 habitantes, distribuídos numa área de 5.538 km², o que corresponde a uma alta densidade demográfica de 91 hab/km². As principais atividades econômicas no setor primário são os cultivos temporários de arroz irrigado, fumo, milho e feijão; e os cultivos permanentes de banana, maracujá e laranja. O setor secundário caracteriza-se pelas indústrias carbonífera, cerâmica e têxtil, enquanto que o setor terciário pelas atividades associadas ao turismo (SANTA CATARINA, 1991; IBGE, 2000).

Diversos sistemas atmosféricos constantemente afetam esta região, que se distingue entre si principalmente em relação à época de ocorrência. Durante o verão, a massa de ar tropical atua com grande intensidade e deixa o tempo quente e úmido. As altas temperaturas durante o dia intensifica a evaporação, favorecendo a formação de sistemas convectivos isolados, responsáveis pelas chuvas torrenciais que normalmente ocorrem no final de tarde. Estes sistemas também podem produzir ventos fortes, tornados e granizo (MONTEIRO, 2001; MARCELINO, 2003).

A estação da primavera é caracterizada principalmente pela atuação de Complexos Convectivos de Mesoescala (CCMs). Este sistema forma-se no Paraguai e norte da Argentina (região do Chaco) atingindo com mais frequência e intensidade à região oeste de Santa Catarina. No entanto, quando se tornam muito intensos, eles podem atingir a costa sul catarinense causando também fortes chuvas e ventos, granizo, tornados, etc. (SILVA DIAS, 1996; MARCELINO, 2003).

No inverno destaca-se a atuação dos sistemas frontais transientes. Estes sistemas podem atuar durante todo o ano, porém são mais intensos e frequentes no inverno, causando tempestades severas. Quando associados aos CCMs, podem ocasionar fenômenos atmosféricos extremos gerando grandes desastres naturais (SILVA DIAS, 1996; MARCELINO, 2003).

Outro sistema que atua frequentemente no final do outono e no inverno é o ciclone extratropical. Basicamente, este sistema é um distúrbio atmosférico que se propaga ao longo de frentes polares, sendo relativamente comum no Oceano Atlântico Sul. Quando ocorrem próximos à costa catarinense podem gerar fortes ventos, maré de tempestade (ressaca), elevados índices de precipitação e inundações costeiras (SATYAMURTY et al., 1990; GAN, 1992; VAREJÃO-SILVA, 2000).

Assim, em virtude de suas características climáticas e sócio-econômicas, a região sul catarinense apresenta condições favoráveis à ocorrência de desastres naturais causados por fenômenos atmosféricos extremos, que podem causar sérios danos à sociedade como já levantados por Herrmann (2001) e Marcelino (2003).

Figura 1 – Localização da área de estudo

MATERIAIS E MÉTODO

Monitoramento "in loco" do Furacão Catarina

As observações foram realizadas durante a passagem do Catarina, nos dias 27 e 28/03/04 na faixa litorânea do município de Balneário Arroio do Silva. Objetivou-se monitorar a velocidade dos ventos utilizando a escala Beaufort e a escala Saffir-Simpson que fornecem uma estimativa da intensidade dos ventos com base nos efeitos causados pelos mesmos no ambiente a eles submetidos (COCH, 1994; SIMPSON, 1974). Estas observações realizadas durante a passagem do fenômeno foram confirmadas posteriormente com a análise dos danos e através das entrevistas realizadas nos municípios mais atingidos. Além disto, as estimativas da velocidade dos ventos foram comparadas com as mensuradas por estações meteorológicas nos municípios adjacentes (Siderópolis e Laguna), visto que não existiam tais registros na região mais impactada. Também foi monitorada a variação do nível do mar, através da medição da largura de praia em diversos horários, ou seja, da zona de varrido até as dunas frontais.

Aplicação de questionário nas comunidades mais afetadas

A primeira visita aos municípios mais afetados ocorreu logo após a passagem do furacão no dia 28/03/04, onde foram fotografados os danos e realizadas entrevistas com as autoridades locais. No período de 01 a 04/04/04 foram aplicados 161 questionários nas comunidades mais afetadas dos municípios da região sul catarinense: Passo de Torres, Balneário Gaivota, Balneário Arroio do Silva, Araranguá, Jacinto Machado, Turvo, Ermo, Morro Grande, Timbé do Sul, Meleiro, São João do Sul, Santa Rosa do Sul, Sombrio, Maracajá e Içara. Este questionário foi composto de perguntas objetivas e subjetivas, visando identificar as características sócio-econômicas dos entrevistados, a percepção sobre o fenômeno e os danos sofridos pelos mesmos.

Elaboração do mapa de intensidade do Catarina

Na saída a campo realizada de 01 a 04/04/04, também foram visitados 22 municípios catarinenses e percorridos mais de 3.000 km na área afetada. A equipe que fez a avaliação era composta por pesquisadores experientes na área de desastre naturais e contou com a participação de geógrafos, oceanógrafo, geomorfologista e engenheiro florestal.

Cerca de 260 pontos foram classificados em função da intensidade dos danos causados pela força dos ventos e georreferenciados com GPS (*Global Positioning System*). Os pontos classificados foram interpolados no *software* Surfer 8 para a geração do mapa de intensidade do Furacão Catarina.

Análise dos danos e prejuízos

Além dos dados coletados em campo (fotografias, entrevistas e mensurações), também foram obtidos dados dos relatórios de Avaliação de Danos (AVADAN) que são enviados ao Departamento Estadual de Defesa Civil de Santa Catarina (DEDC-SC) após o município ter decretado Situação de Emergência (SE) ou Estado de Calamidade Pública (ECP), em virtude de desastres de ordem natural e/ou artificial. A SE

é uma situação anormal provocada por um desastre que gera *prejuízos vultosos*, ou seja, danos suportáveis (ou superáveis) pela comunidade afetada. Já o ECP é uma situação anormal provocada por desastre, gerando *prejuízos muito vultosos*, ou seja, danos dificilmente suportáveis (ou superáveis) pela comunidade afetada (CASTRO, 1998). Ressalta-se que os prejuízos vultosos representam de 10 a 30% do Produto Interno Bruto Municipal (PIB-M), na qual a situação de anormalidade pode ser superada com recursos do município, reforçada ou suplementada por meios estaduais e/ou federais. Enquanto que, os prejuízos muito vultosos representam mais de 30% do PIB-M, cujo retorno a situação de normalidade depende de substancial ajuda externa, principalmente da União (SANTA CATARINA, 2003).

Desta forma, utilizou-se como fonte de dados somente os AVADANS homologados pelo Governo do Estado de Santa Catarina, através do Decreto n. 1.691 de 26 de abril de 2004, que atesta SE e ECP para os municípios mais afetados pelo Furacão Catarina.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observações realizadas durante a passagem do fenômeno em Bal. Arroio do Silva

No dia 27/03/04 (sábado) a equipe do GEDN chegou ao local de monitoramento em Bal. Arroio do Silva às 17:45 h. Em virtude da atuação da Defesa Civil de Santa Catarina em alertar a população sobre o furacão, observou-se que grande parte da população local já havia se deslocado para outras regiões. Este processo foi denominado como evacuação voluntária onde, através dos alertas, a população era recomendada a visitar parentes e amigos localizados nas áreas adjacentes ao provável local de impacto do Catarina. Estes alertas também forneciam informações sobre o que fazer antes, durante e depois da passagem de um furacão, que foram obtidas nos sites da FEMA (*Federal Emergency Management Agency*) e *American Red Cross*, sendo adaptados pelos membros da equipe GEDN.

As chuvas iniciaram às 19:50 h, associadas aos ventos do quadrante sul, com rajadas de aproximadamente 50 km/h (força 7 – escala Beaufort). À 01:00 h do dia 28/03/04 (domingo) os ventos constantes do quadrante sul estavam em torno de 100 km/h (força 10), com rajadas de aproximadamente 120 km/h (força 12). Este foi o momento mais crítico da primeira fase do fenômeno. Observou-se destruição generalizada das estruturas mais frágeis, como telhados, galpões, queda de árvores e postes e, conseqüentemente, queda na energia elétrica. O aumento da intensidade da precipitação acompanhou o aumento da intensidade dos ventos. O mar avançou mais de 70 metros, ultrapassando as dunas frontais e atingindo as casas que estavam situadas na orla.

A passagem do olho iniciou a 01:15 h, com isto, os ventos e as chuvas cessaram abruptamente, estrelas puderam ser vistas no céu e a temperatura aumentou consideravelmente. A queda da pressão foi tão intensa que os pesquisadores sentiram sonolência e moleza no corpo.

Às 02:48 h ocorre o fim da passagem do olho e os ventos do quadrante norte chegaram subitamente, com grande intensidade, onde as rajadas atingiam velocidades em torno de 180 km/h (escala Saffir-Simpson). O barulho do vento era semelhante ao de uma turbina de avião. Nesta fase, algumas edificações que haviam resistido à primeira fase do fenômeno, como as casas de alvenaria, também foram destruídas. A temperatura diminuiu muito em relação ao olho, a visibilidade era muito

baixa (~15 m) e a precipitação era muito forte. Neste período, o empilhamento de Ekman para leste das águas oceânicas, devido ao vento norte, não permitiu que o mar avançasse sobre as casas. Às 03:15 h a intensidade da chuva diminuiu sensivelmente e os ventos constantes do quadrante norte, diminuíram para 150 km/h. A partir deste momento, observou-se o “achatamento” das ondas e o escoamento das águas para o sul. As chuvas e os ventos continuaram a diminuir gradativamente, contudo, somente às 04:30 h os ventos atingiram força 09 (80 km/h), possibilitando o deslocamento de veículos que prestaram os primeiros socorros na região. A partir das 07:00 h os ventos diminuíram significativamente devido à dissipação do fenômeno. Em toda a região afetada pelo Catarina, este foi o horário em que os ventos acalmaram não causando mais qualquer tipo de danos.

Análise dos questionários

De forma geral, as áreas mais intensamente afetadas pelo Catarina foram as constituídas por população de baixa escolaridade e renda familiar de até dois salários mínimos (50%). Com relação à moradia, ressalta-se que 94% das casas possuíam 01 pavimento e a maioria era de madeira com banheiro e/ou cozinha de alvenaria.

Segundo moradores, as chuvas foram intensas, de longa duração e acompanhadas pelos fortes ventos. Com base nas entrevistas, também foi verificado que a partir das 07:00 h da manhã de domingo os ventos diminuíram significativamente, não causando mais danos na região que foi afetada pelo Catarina.

Durante a passagem do fenômeno cerca de 79% dos entrevistados protegeram-se no interior de suas casas, principalmente no banheiro ou em um cômodo seguro da casa, conforme recomendações da Defesa Civil. Já os moradores das residências mais frágeis protegeram-se nas casas de amigos (33%) ou familiares (52%).

Os danos que predominaram na região foram principalmente os relacionados à perda parcial ou total das coberturas das edificações, como destelhamentos e destruição de telhados. Cerca de 81 % dos entrevistados sofreram avarias nos telhados de suas casas, sendo que 30% tiveram perda total e 51% perda parcial do mesmo. Com relação aos tipos de telhados, aqueles cobertos com telhas de cimento e fibras de amianto (CFA) 6 mm, foram os mais susceptíveis a pressão dos ventos.

Na área rural os maiores prejuízos ocorreram nas culturas de milho, arroz, banana e horti-fruticulturas comumente cultivados na região atingida. Alguns produtores de arroz tiveram suas perdas reduzidas por já terem colhido a safra, e, em relação aos bananais, muitos foram preservados por serem cultivados em morros cujas vertentes ficaram a sotavento dos ventos mais fortes. Todavia, em alguns municípios, bananais foram completamente arrasados, por estarem expostos aos ventos mais fortes.

Um grande número de entrevistados (31%) não soube avaliar os danos sofridos e 22% calcularam seus danos em mais de R\$2.000,00. A dificuldade na apreciação dos prejuízos pode ser atribuída aos danos causados não somente nas estruturas das casas, mas também nos bens encontrados no interior das mesmas, como móveis e eletrodomésticos. Na área rural, os prejuízos também foram significativos em virtude das perdas com a produção agrícola e com a destruição de estufas e/ou galpões. Todos os municípios sofreram principalmente com a falta de energia elétrica, de comunicação e no abastecimento de água.

Apesar de nenhum morador ter contraído doenças de ordem física, a maioria dos entrevistados afirmou estar tomando algum tipo de medicamento, principalmente calmantes, devido ao grande choque emocional causado pela passagem do fenômeno.

Cerca de 96% dos entrevistados tinham sido informados sobre a ocorrência do furacão, sendo que as emissoras de rádios destacaram-se como a principal fonte de informação para a população. Entretanto, diversos moradores relataram que ficaram confusos devido à divergência nas previsões meteorológicas transmitidas principalmente pelas diferentes emissoras de televisão.

Também foi questionado se a população já tinha vivenciado e/ou ouvido falar de algum fenômeno semelhante ao Catarina. A resposta, de forma unânime, foi negativa, isto é, todos responderam que nunca tinham presenciado um fenômeno similar e de tamanha proporção. No entanto, 59% dos entrevistados acreditam que outros fenômenos com características e poder de destruição similares ao Catarina poderão ocorrer nos próximos anos.

Mapa de intensidade do Furacão Catarina

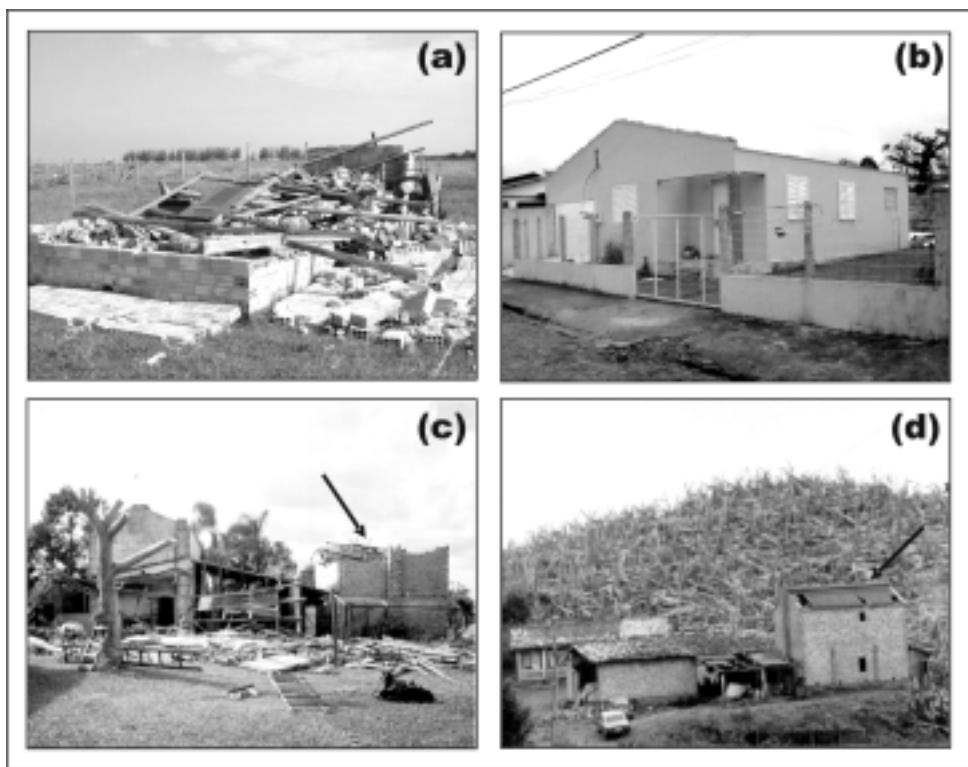
A avaliação pós-desastre realizada no dia 28/03/04 foi fundamental para a definição e caracterização das classes de intensidade dos danos, visto que estes ainda estavam bem visíveis. Na tabela 1 são apresentadas às classes e suas respectivas características, que foram elaboradas para classificar os pontos amostrais e gerar o mapa de intensidade. Ressalta-se que nesta tabela são descritos os danos mais comuns de cada classe.

Na figura 2 são exemplificados os danos nas edificações que foram mais comuns em cada classe. Na figura 2a, observam-se casas de tijolos que foram destruídas pelos ventos. Esta classe foi marcada também pela completa destruição de casas de madeira simples e algumas pré-fabricadas, principalmente as de parede única (mais frágeis). Na figura 2b, que representa a classe Alta, é possível notar que toda a estrutura do telhado de uma casa de alvenaria foi arrancada e lançada a alguns metros da casa. A figura 2c mostra uma estufa de fumo de tijolos com toda a estrutura do telhado destruída. Entretanto, este tipo de dano foi classificado como classe Média por ser uma edificação bem frágil, construída sem vigas e colunas, com telhado sem qualquer tipo de amarração. Basicamente, as telhas de CFA são pregadas sobre os caibros de árvores (eucalipto). Já na figura 2d, os danos são ainda mais leves nas edificações, causando somente alguns destelhamentos. Entretanto, nestas áreas os danos na agricultura foram intensos, principalmente sobre os cultivos de arroz, milho e banana. Este último pode ser visualizado na figura 2d.

Tabela 1 – Classes de intensidade dos danos

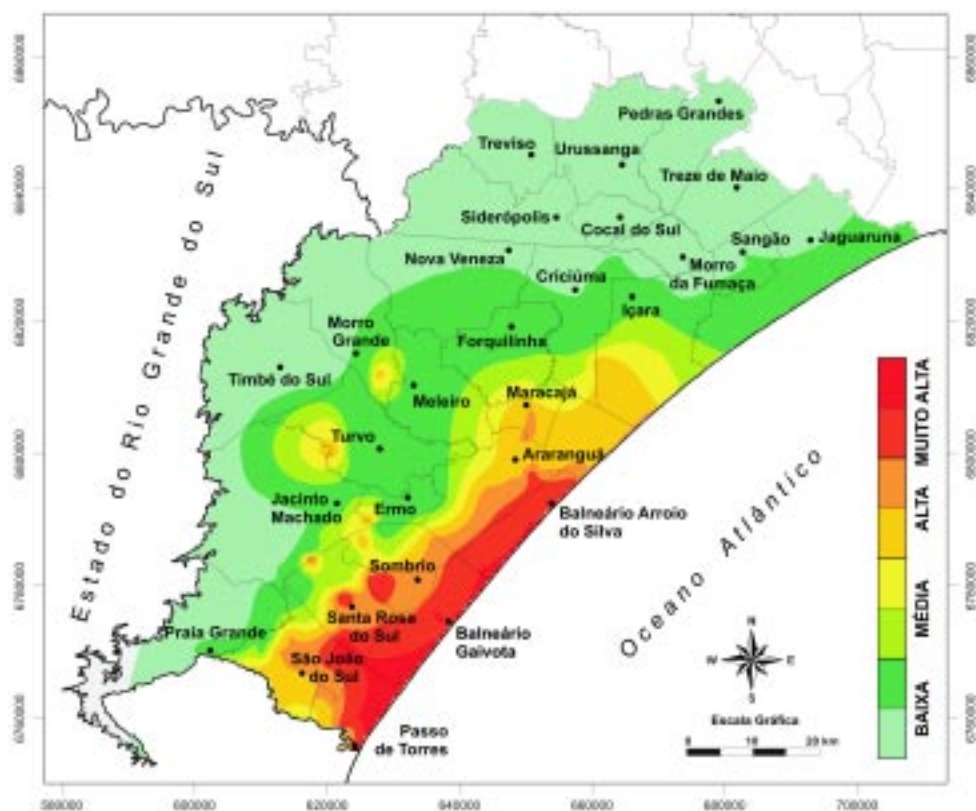
Classe	Características
Muito Alta	Danos generalizados, com destruição de muitas casas de madeira e de tijolos. Grandes árvores tombadas e quebradas. Perda total na agricultura.
Alta	Destruição de telhados, danos estruturais nas edificações. Muitas árvores tombadas e quebradas.
Média	Destelhamentos frequentes e destruição de algumas estufas e galpões. Poucas árvores tombadas. Grandes perdas na agricultura.
Baixa	Perdas de algumas telhas (destelhamento leve). Muitos galhos de árvores quebrados. As maiores perdas foram na agricultura.

Figura 2 – Exemplo dos danos causados pelo Furacão Catarina sobre as edificações e suas respectivas classes de impacto: (a) Muito Alta; (b) Alta; (c) Média; e (d) Baixa



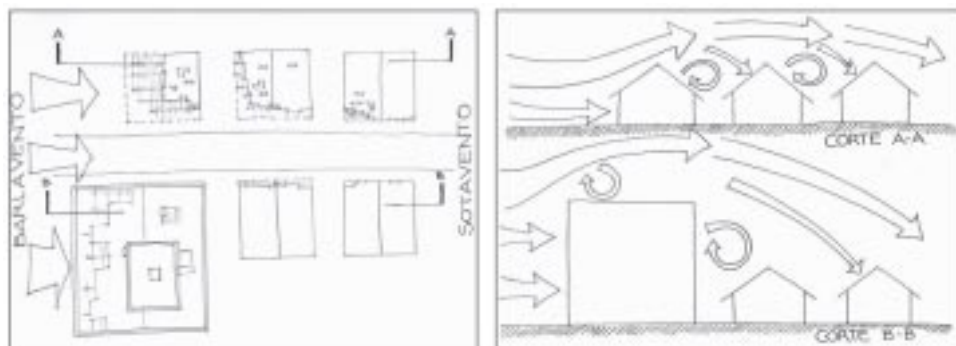
Com base nesta classificação, a figura 3 apresenta o mapa de intensidade dos danos ocasionados pelo Catarina, destacando as áreas mais afetadas pelos mesmos. Os danos mais intensos ocorreram nas áreas com tonalidades de vermelho, que corresponde aos municípios de Passos de Torres, Bal. Gaivota, Bal. Arroio do Silva e Araranguá, todos localizados no litoral. Isto ocorreu devido à inexistência de obstáculos topográficos, permitindo que os ventos entrassem com grande força e velocidade (POWELL; HOUSTON, 1998). Entretanto, algumas casas e comércios localizados bem próximos ao mar não foram tão afetados ou mesmo destruídos pelos ventos devido à presença das dunas frontais que serviram como bloqueio a ação dos ventos.

Figura 3 – Mapa de intensidade dos danos causados pelo Furacão Catarina



Este mesmo tipo de bloqueio também foi ocasionado pelas casas e prédios (rugosidade urbana), em relação às casas situadas a sotavento. Entretanto, conforme a figura 4, os vórtices de sucção gerados pelos ventos ainda causaram destelhamentos e, em casos mais extremos, o arrancamento do telhado tanto de prédios quanto de casas (COCH, 1994; PETERSEN et al., 1998; FEMA, 2000).

Figura 4 – Comportamento dos ventos do Catarina nas áreas urbanas



Nota-se também que existem áreas bem impactadas inseridas na área de domínio da classe Baixa. Isto se deve a influência do relevo (morros e pequenos vales), principalmente onde houve uma canalização do vento. Davenport et al. (1985), analisando o comportamento dos furacões, comenta que o vento aumenta consideravelmente quando atinge uma encosta de uma montanha, alcançando seu pico máximo de velocidade na crista da mesma. Na figura 5, pode-se entender melhor este comportamento com relação à topografia do terreno. O vento que atinge à costa a 80 km/h (medido a 10 m de altura), ao atingir os primeiros obstáculos na planície (árvores, casas, etc.), perde significativamente sua velocidade, à medida que se desloca para o interior. Entretanto, a 500 m de altura os ventos permanecem com velocidade de deslocamento relativamente constante (100 km/h). Ao atingir a encosta (barlavento), os ventos são comprimidos sobre a barreira topográfica forçando a ascensão violenta dos mesmos que, ao atingir o topo da montanha, alcançam sua velocidade máxima a 10 m de altura (120 km/h). Após a crista, em virtude da expansão do ar e diminuição da pressão, os ventos diminuem drasticamente (sotavento). Além disso, este comportamento pode ser ainda mais intenso quando associado a vales, causando a canalização dos ventos a barlavento. Assim, a sotavento, após vencer a barreira topográfica (sob a forma de “garganta”), o poder de destruição aumenta severamente, conforme verificado no Hawaii durante a passagem do Furacão Iniki em 1992 (COCH, 1994).

Analisando a influência da topografia na velocidade dos ventos de um furacão, Powel e Houston (1998) comentam que ventos de categoria 1 (119-153 km/h) podem atingir a categoria 3 (178-209 km/h) no topo das encostas e no final dos vales. Acredita-se que esta relação de intensidade também foi verificada na área de estudo. Tanto que estes pontos localizados no interior foram classificados com a mesma intensidade do litoral (classe Alta e Muito Alta), ou seja, associado a ventos de 180 km/h, em uma área onde foram registrados ventos de 146 km/h (estação meteorológica localizada no município de Siderópolis) (Figura 3). Para exemplificar, nota-se na Figura 6a, no município de Jacinto Machado, que uma grande árvore (eucalipto – cerca de 40 m) foi derrubada pelos fortes ventos canalizados em um vale (barlavento). Enquanto que na Figura 6b, a sotavento, logo após a crista do mesmo vale, uma plantação de eucaliptos foi dizimada pelos ventos intensos. A pressão produzida pelos ventos foi tão intensa que os eucaliptos não foram derrubados como ocorre normalmente, mas sim, quebrados ao meio. Para causar este efeito sobre o eucalipto, que é conhecida pela sua flexibilidade, os ventos podem ter atingido velocidades próximas a 200 km/h, conforme relação proposta por Powel e Houston (1998).

Figura 5 – Comportamento dos ventos típicos de um furacão em relação à topografia

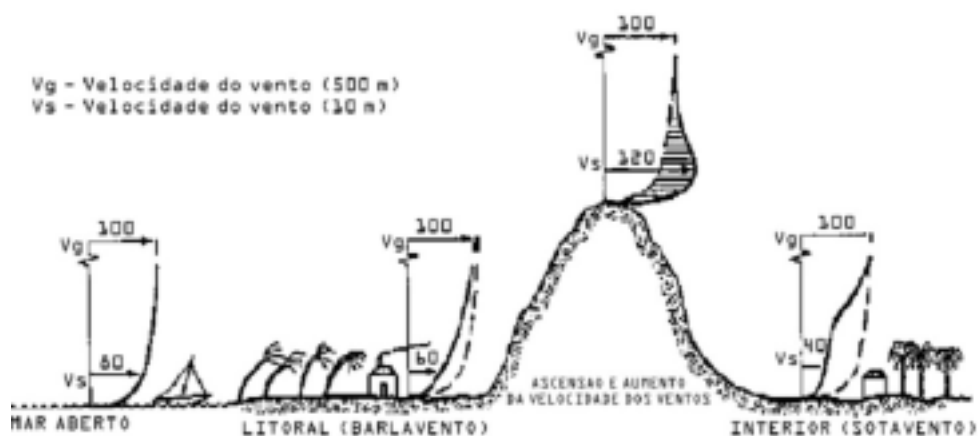
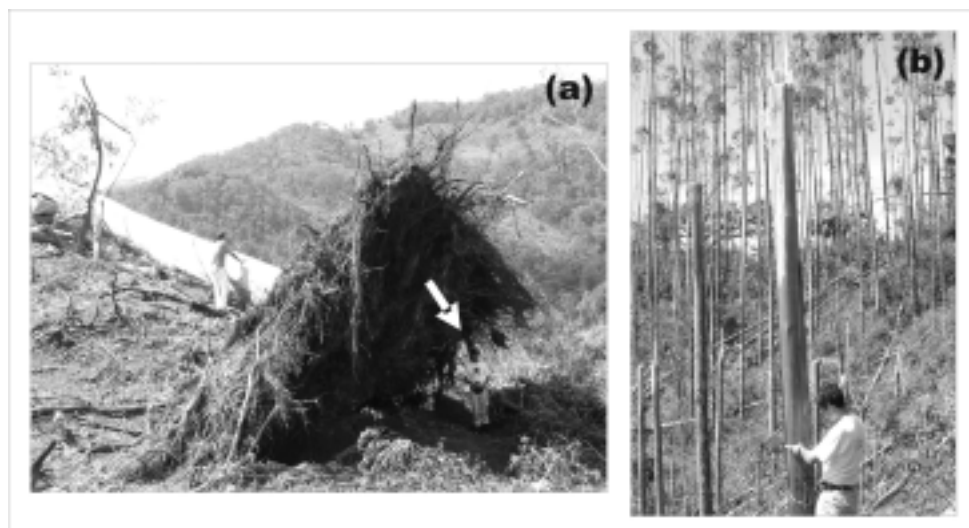


Figura 6 – Comportamento dos ventos canalizados em um vale sobre a vegetação: (a) nas encostas, a barlavento; e (b) próximo à crista, a sotavento

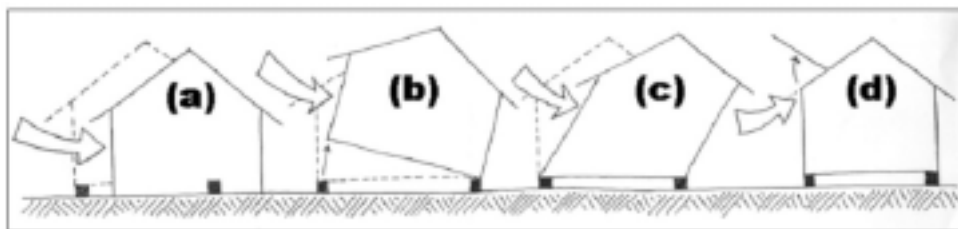


A intensidade do furacão foi diminuindo à medida que se deslocava em direção da Serra Geral através da planície costeira, apresentando um padrão de destruição radial. Esta diminuição do impacto deve estar relacionada principalmente à diminuição de umidade e calor presente na atmosfera em virtude do distanciamento do oceano; e a rugosidade e topografia do terreno (COCH, 1994; NOAA, 1999).

Avaliação dos tipos de danos causados nas edificações

A ação dos ventos sobre as edificações causou sérios danos, principalmente sobre as residências. Dentre os tipos de danos mais comuns verificados na área de estudo, destaca-se os deslocamentos laterais, ou seja, as casas saíam de cima dos pilotis (Figura 7a); tombamentos e rolamentos (Figura 7b); colapsos laterais, que afeta a estrutura de toda a residência (Figura 7c); e a destruição parcial e total de telhados, considerado o mais freqüente (Figura 7d).

Figura 7 – Ação dos ventos sobre as edificações: (a) deslocamento lateral; (b) tombamento; (c) colapso lateral; e (d) destruição parcial e total.



Fonte: adaptada de FEMA (2000)

Com relação ao tipo de material, as casas de madeira simples, com tábuas verticais, foram as mais susceptíveis a ação dos ventos. A fragilidade destas casas está associada à falta de amarração interna, com pontos de baixa resistência entre o telhado e as paredes, e entre estas e o assoalho das edificações (LIU et al., 1990). Também se destaca o grande número de casas de tijolos destruídas. Isto se deve à ausência de argamassa (reboco) sobre a parede de tijolos (6 furos) e a inexistência de colunas e vigas, o que diminui a resistência da amarração das edificações, principalmente entre o telhado e as paredes. Estes tipos de edificações geralmente não apresentam projetos de engenharia (*non-engineered and marginally engineering wood/brick house*) e são construídas valendo-se da mão de obra local. Este padrão de construção foi amplamente encontrada nas comunidades mais carentes dos municípios mais afetados. Já a casa de madeira pré-fabricada (*wood-framed house*), com parede dupla, foi a terceira mais resistente, perdendo somente para as casas de alvenaria (*masonry house*), que se mostraram as mais resistentes.

Entretanto, ressalta-se que nas áreas onde os ventos foram mais fortes (litoral) houve destruição total e parcial para todos os tipos de residências analisadas, como mostra a figura 8. Além disso, as janelas e portas também forneceram pontos de fragilidade devido à pressão exercida pelo vento e ao impacto de projéteis. Com o rompimento das mesmas, o vento entrava nas construções, causando grande pressões internas, o que ocasionou a queda das paredes das casas e perda de todo o telhado. É bom frisar que as casas que possuíam janelas com veneziana foram pouco avariadas em virtude da proteção fornecida pela madeira da mesma.

Figura 8 – Exemplo dos danos causados pelo Catarina em diferentes tipos de edificações: (a) casa de madeira; (b) casa de tijolo; (c) casa pré-fabricada; e (d) casa de alvenaria



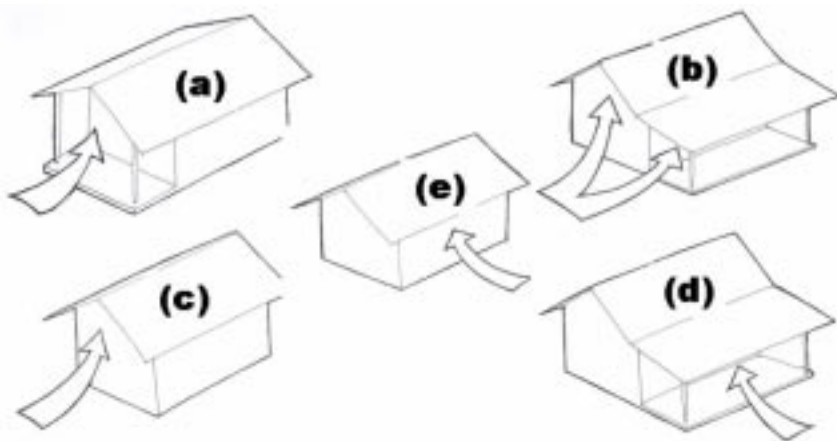
A perda de material da cobertura, como o destelhamento, está diretamente associado com a estrutura e forma dos telhados em relação à direção dos ventos (LIU et al., 1990; FEMA, 2000). Os telhados mais susceptíveis a ação dos ventos foram àqueles cobertos com telhas de cimento e fibras de amianto (CFA) de 6 mm, fixados na estrutura do telhado com pregos. Além disso, quando arrancadas pelos ventos, estas telhas partiram-se em diversos pedaços menores gerando uma grande quantidade de projéteis. Estes projéteis podem causar lesões e ferimentos (podendo ser fatais) nas pessoas e animais, como também causar danos nas residências próximas, como o rompimento de janelas e portas, o que acarreta na destruição total das edificações (LIU et al., 1990; FEMA, 2000).

A resistência foi maior nos telhados com CFA de 8 mm, também chamado de “Canaletão” ou “Canaleta”, fixados com parafusos e braceletes. Enquanto que nas casas cobertas com telhas de cerâmica (barro e/ou argila) os danos foram significativamente inferiores. A respeito da resistência das edificações, Liu et al. (1990) comenta que os telhados leves (telhas CFA) são muito mais susceptíveis aos ventos do que os telhados pesados (telhas de cerâmica).

A forma dos telhados também condiciona os tipos de danos, isto é, a parte que serve de barreira ao vento é a que também sofre as maiores pressões, tornando-se

um ponto de grande fragilidade. Assim, levando este fato em consideração, a forma de telhado mais susceptível verificado na área de estudo foi à que apresentava uma varanda frontal (2 a 4 m) (Figura 9a) a barlavento. Os ventos ao incidirem sobre a parede exerciam forte pressão e ascendiam com grande força e velocidade destruindo a varanda e causando sérios danos na estrutura do telhado. Já as casas com beirado lateral (70 a 80 cm) de frente para os ventos foram as que sofreram os menores impactos (Figura 9e).

Figura 9 – Susceptibilidade das residências associadas à forma dos telhados e direção dos ventos



Esta relação pode ser melhor exemplificada usando a figura 10 como exemplo. Ambas as casas apresentam o mesmo tipo de telha (CFA – 5 mm), mas devido à posição das mesmas em relação aos ventos predominantes os danos foram significativamente diferentes. A casa destacada com o círculo cinza escuro, que corresponde ao exemplo da figura 9e, teve somente parte de seu telhado danificado. Entretanto, a casa ao lado, associada ao exemplo da figura 9a, teve toda a estrutura do telhado arrancada e lançada a aproximadamente 15 metros de distância, devido à presença da varanda. Assim, verificou-se que os telhados de quatro águas/faces (*hip roof*) foram os mais resistentes, ou seja, comporta-se como o caso da Figura 7e, independentemente da direção dos ventos. Liu et al. (1990) e FEMA (2000) comentam que, este tipo de telhado é menos susceptível do que o telhado plano (*flat roof*) e o de duas águas/faces (*gable roof*) porque apresenta cumeeiras (*corners*) não tão acentuadas ou angulares, o que reduz a sucção sobre os beirados e sobre as faces do telhado. Além disso, em virtude do próprio processo de construção, a resistência entre o telhado de quatro águas e a parede aumenta consideravelmente.

Figura 10 – Exemplo de residências danificadas relacionadas à forma dos telhados



Muitos galpões também sofreram danos severos, como desabamentos e destelhamentos (Figura 11a e Figura 11b). Na área rural, as edificações mais afetadas foram as estufas de fumo (Figura 11c), que apresentam uma estrutura similar as casas de tijolos, como já citado. No município Passos de Torres, alguns estaleiros foram completamente destruídos devido à elevada altura (6 a 8 m) e a frágil estrutura de madeira (Figura 11d). Neste município foram observados danos generalizados em 90% das edificações (Figura 12a e 12b), com destaque para a destruição de uma casa de madeira (Figura 12c), as margens do rio Mampituba que separa os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. Esta casa foi arrancada pelos ventos da margem gaúcha e lançada para o lado catarinense por cima do rio, o que equivale a um trecho de 50 m, destruindo-a totalmente.

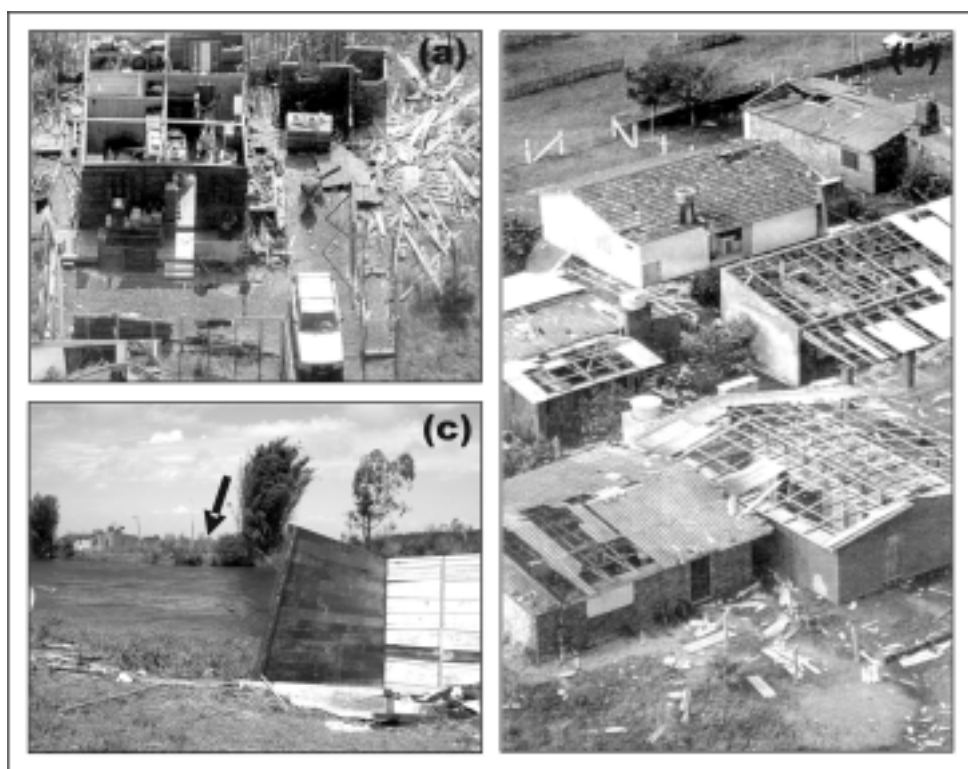
Toda a região sofreu com a falta de energia elétrica que afetou a distribuição de água potável e a comunicação. A queda na energia ocorreu em função da queda dos postes que sustentam as linhas de transmissão. Somente em um pequeno trecho da rodovia estadual SC-485 que conecta os municípios de Balneário Gaivota e Sombrio foram contabilizados cerca de 40 postes derrubados pelos ventos.

Outros danos significativos foram verificados na flora e fauna local. Com respeito à flora, diversas árvores foram derrubadas, quebradas e desgalhadas. Plantações inteiras de eucaliptos foram fortemente danificadas nos municípios litorâneos. Centenas de árvores caíram sobre a BR-101 deixando os municípios catarinenses isolados em relação a demais áreas do estado. Também se observou no litoral o efeito “paliteiro” nos eucaliptos, ou seja, a maioria dos galhos foram arrancados, restando somente o tronco da árvore. Entretanto, apesar da mata nativa mostrar-se mais resistente do que os eucaliptos à ação dos ventos, muitas destas também foram derrubadas. Além disso, as folhas da cobertura vegetal secaram em virtude da elevada salinidade e presença de areia na água da chuva, conforme reportado pelos moradores e autoridades locais. Algumas áreas cobertas de Mata Atlântica nas encostas próximas a Serra Geral também foram bem afetadas.

Figura 11 – Tipos de danos causados em galpões: (a e b) destruição parcial e total de galpões de estrutura metálica; (c) destelhamento e colapso de estufas de fumo; e (d) destruição total de estaleiros



Figura 12 – Tipos de danos causados pela força dos ventos: (a e b) destelhamentos e destruição de generalizada de telhados; e (c) casa destruída, lançada pelos ventos sobre o rio Mampituba, divisor que separa os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina



A fauna, em especial os pássaros, foi seriamente impactada o que resultou em grande mortalidade. Os pássaros foram levados pelos ventos, indo de encontro às encostas da Serra Geral a cerca de 40 km do litoral. Os que não morreram no trajeto em função de choque com projéteis, edificações e árvores, sofreram com a falta de alimentos e doenças. Muitos pereceram nos dias seguintes a passagem do furacão, pois os pássaros não conseguiam voltar para o seu hábitat natural devido à falta de senso de direção. Tanto que, conforme reportado pelos moradores locais, nos primeiros dias os pássaros haviam sumido do litoral. Também foi relatado que aumentou o número e agressividade dos mosquitos. É conveniente destacar que nos municípios próximos a Serra Geral, os animais comportaram-se estranhamente horas antes do evento atingir a região. Por exemplo, no município de Jacinto Machado, o gado mugiu assustadoramente e deslocou-se sozinho para as cocheiras, buscando proteção. Somente na manhã do dia 28/03/04, após o fenômeno ter dissipado, o gado saiu e voltou para o pasto.

Registros oficiais da DEDC-SC

Tendo como base os dados dos AVADANs, que foram homologados pelo Decreto Estadual n. 1.691 de 26 de abril de 2004, verificou-se que cerca de 55.922 edificações foram impactadas (Tabela 2). Isto corresponde a 36,4% de todas as edificações existentes na região (153.611). O tipo de edificação mais afetada foram as residências, com 44.815 danificadas e 653 destruídas, correspondendo a 81,3% das edificações afetadas. Também se destaca o grande número de edificações comerciais danificadas (8.451) e destruídas (1.535), que correspondem aos estabelecimentos comerciais, industriais e rurais, como lojas, indústrias, galpões, silos, estufas, etc. Enquanto que, os danos mais frequentes nas edificações públicas foram os destelhamentos e a destruição de telhados.

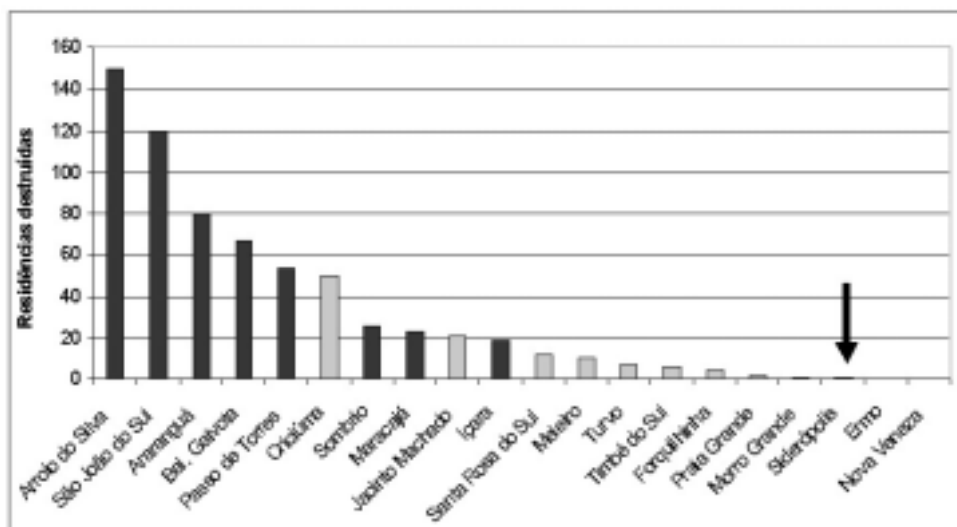
Tabela 2 – Danos nas edificações causados pelo Catarina

Tipo	Unidade	%
Residências danificadas	44.815	80,1
Residências destruídas	653	1,2
Comerciais danificadas	8.451	15,1
Comerciais destruídas	1.535	2,7
Públicas danificadas	492	0,9
Públicas destruídas	6	---
Edificações danificadas	53.728	35,0
Edificações destruídas	2.194	1,4
Total edificações afetadas	55.922	36,4

Ressalta-se que os municípios que apresentaram o maior número de edificações afetadas localizavam-se no litoral, confirmando as observações realizadas em campo e apresentadas na figura 3. Para efeito de comparação, utilizou-se como referência as residências, pois estas apresentam grande similaridade (forma e estrutura) em

toda a região afetada pelo Catarina. Assim, conforme figura 13, pode-se observar que dentre os 10 municípios com maior número de casas destruídas, 8 estão incluídos nas áreas de maior impacto do Catarina que correspondem as classes Muito Alta e Alta (Figura 3). Ressalta-se que parte do município de Criciúma e Jacinto Machado estão inseridos na classe Média. Os danos em Criciúma devem-se a proximidade com o litoral, enquanto que em Jacinto Machado foram decorrentes da influência do relevo que intensificou o poder de destruição dos ventos. Além disso, os municípios que estão inseridos na classe Baixa, como Siderópolis, por exemplo, foram os que apresentaram não só a menor quantidade de casas destruídas (Figura 13), mas também danificadas.

Figura 13 – Municípios impactados pelo Catarina



Em Passo de Torres cerca de 2.933 edificações foram danificadas e outras 94 destruídas. O prejuízo com estes danos foi de R\$ 4.635.000,00, o que corresponde a 40% do prejuízo total do município (R\$ 11.545.000,00). Além dos danos materiais, cerca de 2.000 pessoas foram desalojadas, 100 desabrigadas e 30 feridas. No município de Bal. Gaivota, em torno de 7.000 casas foram danificadas e 67 destruídas, além dos danos em 437 edificações comerciais e 19 públicas. No total foram 500 pessoas desalojadas, 70 desabrigadas, 500 deslocadas e 10 feridas. Os prejuízos com as edificações alcançaram a quantia de R\$ 10.385.900,00, que representa 45% do total de perdas sofridas pelo município (R\$ 23.249.956,00). Por último, em Bal. Arroio do Silva, 1.450 casas foram danificadas e 150 foram totalmente destruídas. Neste município os danos mais intensos não foram verificados na área urbana central, mas sim nas comunidades mais pobres localizadas na periferia, onde havia edificações menos resistentes. Além disso, 9 estabelecimentos comerciais e 13 públicos foram severamente danificados. As perdas com edificações foram de R\$ 1.687.000,00, cerca de 77% das perdas totais do município (R\$ 2.203.600,00). Entretanto, o número de pessoas afetadas (550) foi relativamente baixo se comparado aos danos nas edificações.

Na maioria dos municípios os prejuízos foram significativos, variando de 2 a 37 milhões de reais, totalizando R\$ 211.474.277,30 que corresponde a US\$ 67.337.773,38 (cotação de 16/06/2004 – R\$ 3,1405). Dentre os setores mais afetados destaca-se a agricultura, os serviços essenciais e os danos materiais. Com relação ao número de pessoas afetadas, foram 24.181 desalojadas, 2.262 desabrigadas, 1.174 deslocadas, 435 feridas e 2 vítimas fatais. Salienta-se que o número de pessoas feridas durante a passagem do Catarina foi bem inferior aos das vítimas pós-desastre. A maior quantidade de feridos ocorreu no momento de reconstrução das casas, ou seja, a maioria dos moradores subia nos telhados das casas para fazer os reparos e acabavam caindo. Outras feriram-se durante a retirada de móveis e utensílios domésticos dos destroços das casas. Já o baixo número de vítimas fatais em terra deve-se as recomendações da Defesa Civil que alertaram os moradores em como se protegerem em suas casas, de preferência em um cômodo seguro (banheiro). As demais vítimas fatais (2 mortos e 8 desaparecidos) morreram em alto mar em decorrência do naufrágio de barcos pesqueiros.

Classificação da intensidade do Furacão Catarina

Segundo Martins et al. (2004), a velocidade do vento e a pressão atmosférica oficialmente medida foi de 146,7 km/h e 993 hPa, respectivamente, em uma estação meteorológica localizada no município de Siderópolis. Os autores também apresentaram outras medições realizadas em Torres (RS), Laguna (SC), entre outras. Entretanto, ressalta-se que a estação de Siderópolis está distante cerca de 50 km do local de maior impacto, ou seja, do local de passagem do olho (Figura 3). Nas entrevistas com os moradores da região, houve unanimidade em relação à não passagem do mesmo sobre Torres e Siderópolis, onde estão as estações mais próximas da área de maior impacto. Coch (1994) afirma que a velocidade dos ventos e os danos mais intensos sempre estão associados à passagem e a proximidade do olho, além do que as pressões mais baixas são registradas no interior do mesmo. Esta mesma observação é feita por Walton (1976), que também menciona que a aproximadamente 25 km do olho ocorre normalmente uma queda acentuada da velocidade do vento. Além disso, esta diminuição dos ventos na área de estudo pôde ser confirmada pelo número de edificações danificadas e destruídas.

De acordo com a escala Saffir-Simpson, que é utilizada pela NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration*) para classificar os furacões com base nos danos e na intensidade dos ventos, os danos referentes à classe 1 (ventos de 119 a 153 km/h), correspondem aos destelhamentos, árvores derrubadas e galhos quebrados. Estas foram às características da classe Baixa do Mapa de Intensidade (Tabela 1), onde está instalada a estação de Siderópolis. Entretanto, a intensidade dos ventos no litoral foi radicalmente diferente desta que foi mensurada próximo aos paredões da Serra Geral. Por exemplo, enquanto no litoral milhares de casas foram danificadas e destruídas, no município de Siderópolis houve somente 50 casas danificadas e 1 destruída (Figura 13). Dias et al. (2004) comenta que devido à intensidade dos danos do litoral os ventos podem ter atingido 50 m/s, que equivale a aproximadamente 178 km/h. Segundo Calearo et al. (2004), esta intensidade dos ventos também foi registrada por um barco pesqueiro no dia 27/03/04 a cerca de 100 km da costa (29,30°S e 49,30°N). Neste dia, às 23:40 h, quando os ventos mais intensos começavam a atingir a costa, em alto mar foram registradas rajadas com força 14, que podem chegar a 178 km/h.

Desta forma, na classe 2 da escala Saffir-Simpson, com ventos que variam de 154 a 177 km/h, os principais danos observados são: grandes árvores tombadas, danos estruturais em telhados, casas de madeira destruídas e presença de muitos

projéteis (SIMPSON, 1974; COCH, 1994; FEMA, 2000). Estes danos foram amplamente observados na área de maior impacto que corresponde aos municípios de Bal. Arroio do Silva, Bal. Gaivota, Passo de Torres, São João do Sul, Santa Rosa do Sul e Sombrio. Outro exemplo que confirma tais observações foram os danos verificados nas estufas de fumo. Em Bal. Arroio do Silva este tipo de edificação foi completamente destruída. Já em Siderópolis foram identificados somente alguns destelhamentos. Isto também vem confirmar que a intensidade do vento em Bal. Arroio do Silva foi bem superior ao medido em Siderópolis, o que indica que a intensidade do fenômeno pode ser classificada como de classe 2. Além do que, as características da classe 2 da escala Saffir-Simpson são extremamente similares ao da classe Muito Alta do Mapa de Intensidade (Tabela 1). Assim, com base nos dados e informações levantadas, o Furacão Catarina foi classificado como classe 2 devido a grande quantidade de edificações danificadas e destruídas, que confirmam que a velocidade dos ventos podem ter atingido aproximadamente 180 km/h conforme estimada “in loco”.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O fenômeno apresentou três fases distintas em Bal. Arroio do Silva, sendo que a primeira fase foi marcada pelos fortes ventos do quadrante sul. A segunda fase, durante a passagem do olho, foi caracterizada pela calmaria, ausência de precipitação, baixa pressão e elevada temperatura. Na última fase, os ventos do quadrante norte foram os mais intensos, apresentando alto poder de destruição, fortes chuvas e baixa temperatura em relação ao olho. Conforme relatos dos moradores locais, a partir das 7 horas não houve danos significativos nas residências associados ao Catarina, pois o mesmo já havia se dissipado.

O efeito dos ventos sobre as edificações está condicionado principalmente à resistência estrutural das mesmas frente à pressão exercida pelos violentos fluxos de ar. De fato, a maioria dos danos severos na área de estudo foi associada à baixa qualidade das edificações, em função do emprego de técnicas inadequadas durante o processo de construção e a utilização de material de baixa resistência. As edificações que apresentaram maior resistência foram as de alvenaria, cobertas com telhas de cerâmica e telhado quatro águas. Outro fato importante é que as residências que possuíam janelas com venezianas protegiam a casa da entrada de projéteis.

Os danos mais intensos causados pelo Furacão Catarina foram observados principalmente nos municípios localizados na orla marítima. Entretanto, o número de desabrigados e desalojados não refletiu tamanha destruição. Conforme o furacão se deslocou em direção ao interior sua intensidade diminuiu significativamente, demonstrando um padrão de destruição radial. Baseado nos ventos estimados “in loco” e na intensidade dos danos observados na área de impacto do furacão, o Catarina foi classificado como um furacão classe 2 de acordo com a escala Saffir-Simpson.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem aos pesquisadores do GEDN pelas informações e dados fornecidos que tanto contribuíram para a realização deste artigo. A pesquisa realizada também contou com o apoio e auxílio, de forma significativa, do Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres – CEPED e da Diretoria Estadual de Defesa Civil de Santa Catarina – DEDC/SC.

REFERÊNCIAS

- CALEARO, D. S.; ARAUJO, G.; CORREA, C.; MORAES, M.; RODRIGUES, M. L.; MONTEIRO, M.; MARTINS, M.; VICTORIA, R.; ARAUJO, C. E. de. Monitoramento do Catarina no centro operacional da EPAGRI/CLIMERH. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 13., 2004, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: 2004. 1 CD-ROM.
- CASTRO, A. L. C. **Glossário de Defesa Civil**: estudos de riscos e medicina de desastres. Brasília: MPO, 1998. 283 p.
- COCH, N. K. Geologic effects of hurricanes. **Geomorphology**, Amsterdam, v. 10, n. 1-2, p. 37-63, Aug. 1994.
- DAVENPORT, A. G.; GEORGIOU, P. N.; SURRY, D. **A hurricane wind risk study for the Eastern Caribbean, Jamaica and Belize with special consideration to the influence of topography**. London: Boundary Layer Wind Tunnel Laboratory, University of Western Ontario, 1985.
- DIAS, P. L. S.; DIAS, M. A. S.; SELUCHI, M.; DINIZ, F. A. O Ciclone Catarina: análise preliminar da estrutura, dinâmica e previsibilidade. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 13, 2004, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: 2004. 1 CD-ROM.
- FEMA - Federal Emergency Management Agency. **Design and construction guidance for community shelters**. Washington: FEMA, 2000. (FEMA 361).
- GAN, M. A. **Ciclogêneses e ciclones sobre a América do Sul**. 1992. 195 f. Tese (Doutorado em Meteorologia) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 1992. (INPE/5400-TDI/479).
- HERRMANN, M. L. P. **Levantamento dos desastres naturais ocorridos em Santa Catarina no período de 1980 a 2000**. Florianópolis: IOESC, 2001. 89 p.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico - 2000**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/>>. Acesso em: 31 maio 2004.
- LIU, H.; GOPALARATNAM, V. S.; NATEGHI, F. Improving Wind Resistance of Wood-Frame Houses. **Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics**, v. 36, n. 2, p. 699-707, Mar. 1990.
- MARCELINO, I. P. V. O. **Análise de episódios de tornados em Santa Catarina: caracterização sinótica e mineração de dados**. 2003. 220 f. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2004.
- MARTINS, M.; VICTÓRIA, R.; MONTEIRO, M.; MORAES, M.; CALEARO, D.; ARAUJO, G.; CORREA, C.; RODRIGUES, M. L. Comportamento da pressão atmosférica e do vento máximo no episódio Catarina: resultados preliminares. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 13., 2004, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: 2004. 1 CD-ROM.
- MONTEIRO, M. A. Caracterização climática do estado de Santa Catarina: uma abordagem dos principais sistemas atmosféricos que atuam durante o ano. **Geosul**, Florianópolis, v. 16, n. 31, p. 69-78, jan./jun. 2001.
- NOAA - National Oceanic and Atmospheric Administration. **Hurricane basics**. [S.l.]: NOAA, 1999. Disponível em: <<http://hurricanes.noaa.gov/pdf/hurricanebook.pdf>>. Acesso em: 20 jun. 2004.
- PETERSEN, E. L.; MORTENSEN, N. G.; LANDBERG, L.; HØJSTRUP, J.; FRANK, H. P. Wind Power Meteorology. Part I: climate and turbulence. **Wind Energy**, v. 1, n. 1, p. 25-45, Jan.1998.

POWELL, M. D.; HOUSTON, S. H. Surface wind fields of 1995 Hurricanes Erin, Opal, Luis, Marilyn, and Roxanne at Landfall. **Monthly Weather Review**, v. 126, n. 5, p.1259-1273, 1998.

SANTA CATARINA. Secretaria de Estado de Coordenação Geral e Planejamento. Subsecretaria de Estudos Geográficos e Estatísticos. **Atlas Escolar de Santa Catarina**. Florianópolis: IOESC, 1991. 135 p.

SANTA CATARINA. Secretaria de Segurança Pública. Departamento Estadual de Defesa Civil. **Capacitação em Defesa Civil**: prevenção e redução de desastres. Blumenau: Nova Letra Gráfica e Editora, 2003. 125 p.

SATYAMURTY, P.; Ferreira, C. C.; Gan, M. A. Cyclonic vortices over South America. **Tellus (A)**, v. 42, n. 1, p. 194-201, Jan. 1990.

SILVA DIAS, M. A. F. Complexos convectivos de mesoescala. In: **Climanálise Especial**: edição comemorativa de 10 anos. Cachoeira Paulista: INPE/CPTEC, 1996. p. 173-182.

SIMPSON, R. H. The hurricane potential scale. **Weatherwise**, v. 27, p. 179-186, 1974.

VAREJÃO-SILVA, M. A. **Meteorologia e Climatologia**. Brasília: INMET, 2000.

WALTON, T. L. **Hurricane**: resistant construction for home. Florida: Florida Sea Grant Publication/NOAA, 1976. 32 p. (FLSGP-T1-76-003 C2)

Recebido em abril de 2005

Aceito em junho de 2005