

# RASTROS DE TORNADOS NO SUDOESTE DO BRASIL, LESTE DO PARAGUAI E NORDESTE DA ARGENTINA

Robert C. Dyer

BP Mineração Ltda.  
Rua Martins Ferreira, 91  
22.271 - Rio de Janeiro, RJ

## RESUMO

O presente trabalho trata do estudo de uma série de rastros de tornados que foram identificados pelo autor numa região que compreende parte do leste do Paraguai, sudoeste do Brasil e nordeste da Argentina. Os rastros são claramente observáveis sob a forma de faixas desmatadas lineares, essencialmente em fotografias aéreas tiradas em 1965 na escala 1:60.000 e em algumas imagens de Landsat do início da década de 70. A investigação multitemporal da região em consideração por meio de levantamentos aerofotográficos de diversas épocas mostrou que a maioria dos tornados atingiu a região entre junho de 1964 e julho de 1965; alguns ocorreram antes desse período e um, em época posterior. Os rastros mais longos do presente estudo, um no Paraguai e outro no Brasil, possuem 70 km de extensão, enquanto que o mais largo apresenta cerca de 2 km. O intenso desmatamento que tomou conta da região a partir de meados da década de 60, obliterou, quase que totalmente, nos produtos de sensoriamento remoto mais recentes, as marcas das passagens dos tornados. Por meio de uma varredura na literatura meteorológica pertinente à região sudoeste do Brasil e da Argentina foram encontrados alguns registros da passagem de tornados, os quais se encontram devidamente referenciados no presente trabalho.

## ABSTRACT

This paper deals with the description of a series of tornado tracks which were identified by the author in a region that encompasses part of eastern Paraguai, southwestern Brazil and northeastern Argentina. The tracks are clearly observable on 1965 black-and-white aerial photographs (1:60,000) and on some of the early 70's Landsat imagery. The multitemporal assessment of different photocoverages and Landsat imagery pertaining to the depicted region, showed that most of those tornadoes struck the region sometime between June 1964 and July 1965; a few tracks were determined to belong to tornadoes that hit the region in earlier years and one, in later years. The most extense trajectories are 70 km long, and the widest, around 2 km. The severe deforestation that took place in the region in the late 60's obliterated almost completely the tornado scars on more recent remote sensing products. A scan of the literature pertaining to the region under investigation resulted in the gathering of some interesting information on damages caused by the effect of such tornado storms.

## INTRODUÇÃO

A região abordada pelo presente trabalho abrange parte do leste do Paraguai, do sudoeste do Brasil e do nordeste da Argentina, e é aproximadamente balizada pelas seguintes coordenadas geográficas: 52° a 56° 30' W e 24° a 27° 30' Sul.

Neste trabalho são apresentados os resultados das investigações conduzidas pelo autor, que é geólogo e especialista em fotointerpretação, por meio da análise de produtos de sensoriamento remoto (fotografias aéreas e imagens de Landsat) e que permitiu a identificação de um grande número de rastros de tornados na região em epígrafe, e que são, pelo menos em relação ao território brasileiro, ainda completamente desconhecidos do público em geral.

## HISTÓRICO

Em 1979, o autor executou um programa de

fotointerpretação geológica cobrindo toda a região do Paraguai oriental, o que foi feito, essencialmente, com o emprego de fotografias aéreas na escala de 1:60.000 oriundas do levantamento efetuado pela USAF em 1965, e secundariamente por meio de imagens de Landsat oriundas no começo da década de 70.

Durante os trabalhos, o autor teve a sua atenção despertada para uma série de irregularidades da fitofisionomia regional, ocorrendo sob a forma de faixas alongadas, orientadas de NW a NNW, praticamente destituídas de vegetação arbórea, e que contrastavam fortemente com as áreas adjacentes, ainda, densamente cobertas de mata.

Na figura 1, que segue, está apresentado um estereograma ilustrando uma área com duas dessas anomalias (chamadas 10 e 11) conforme observadas nas fotografias aéreas tiradas em julho de 1965. Na faixa clara, representando a área desmatada, a observação tridimensional permite uma visão da falta de vegetação arbórea.

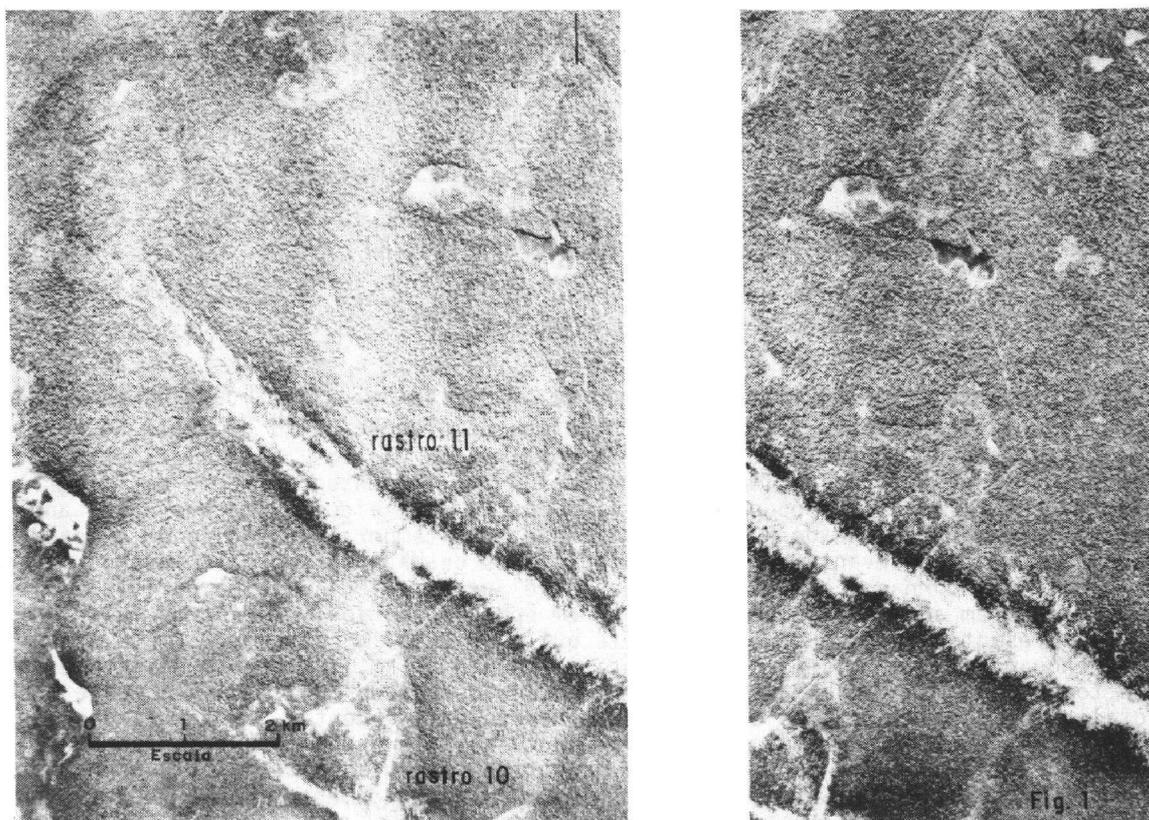


Fig. 1 - Estereograma de fotografia aérea de 1965, mostrando uma área do Paraguai oriental, aparecendo nitidamente as faixas destituídas de vegetação arbórea em forte contraste com os terrenos circunjacentes, com mata.

A vegetação original da região era representada, na época da tomada das fotografias, por mata. Assim, no oeste do Paranã, no Paraguai e na Argentina, predominava a mata pluvial subtropical, com passagens para a mata pluvial tropical, com árvores de 20-30 m de altura e troncos de 0,30 a 0,80 m de diâmetro, englobando, esporadicamente, árvores mais possantes; em altitudes acima de 500 m, tal como no planalto do Paranã (Brasil), ocorria a mata de araucárias (pinheiros).

Em meados de 1984, Júlio de Castro, da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM, Rio de Janeiro, ao se interessar pelo assunto e examinar fotos da mesma cobertura (1965), logrou detectar diversas outras feições similares jazendo em território brasileiro, no oeste do Estado do Paranã e regiões fronteiriças.

A cartografia desse conjunto de áreas botanicamente anômalas, demonstrava que as mesmas formavam uma série de faixas lineares de direção NW a NNW, e que se localizavam, indistintamente, em terrenos de diferentes parâmetros litotestratigráficos, de idades permianas a cretácicas. Ficava, assim, descaracterizada qualquer ligação das áreas anômalas com qualquer tipo litológico. Também com relação ao relevo, não havia qualquer indicação de associação com parâmetros topográficos. A única ligação com parâmetros geológicos era a coincidência de algumas das feições lineares com anomalias aeromagnetométricas que refletiam a presença de rochas vulcânicas básicas intrusivas no sistema de geoclases da Bacia do Paranã. Esta situação induziu o autor, por algum tempo, a aventar uma hipótese

de estressamento geobotânico para as faixas lineares desprovidas de cobertura arbórea.

Após a descoberta das feições anômalas em território brasileiro, procedeu-se a um verdadeiro monitoramento multitemporal daquelas áreas, por meio do exame de produtos fotográficos (fotografias aéreas e mosaicos) de levantamentos anteriores a 1965, numa tentativa de se descobrir a época aproximada da ocorrência do fenômeno que motivou a derrubada da mata das áreas anômalas em consideração.

Assim, foram examinadas: fotografias aéreas de levantamentos feitos em 1943 (USAF), durante a 2ª Guerra Mundial e representando os produtos aerofotogramétricos mais antigos do país; fotos dos levantamentos de 1952-57, 1960, 1962, e finalmente, 1964. Devido à disponibilidade mais franca de fotos de diversas épocas que cobriram a área aqui convencionada como 19 (figuras 2 e 3), foi ela a mais sistematicamente estudada.

Nas fotos tiradas em junho de 1964 (figura 2), essa área, situada entre a cidade de São Miguel do Iguazu e o Rio Paranã, ainda não se mostrava afetada pelo fenômeno. Já nas fotos tiradas em julho de 1965 (figura 3), se observava perfeitamente a faixa desmatada de 20 km de comprimento e 600 m de largura, aqui denominada área 19.

Dessa maneira, a investigação multitemporal para a determinação da data aproximada do evento, concluiu que, pelo menos para aquela área, o acontecimento se deu entre junho de 1964 e julho de 1965. Ficava provado desta maneira,

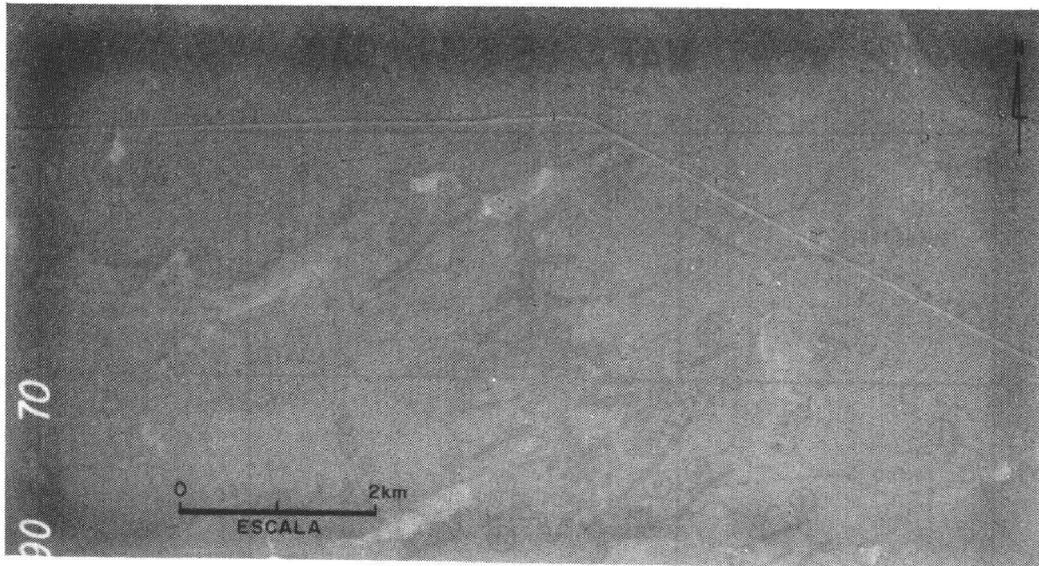


Fig. 2 - Área localizada entre a cidade de São Miguel do Iguacu e o Rio Paraná, em fotografia tirada em junho de 1964.

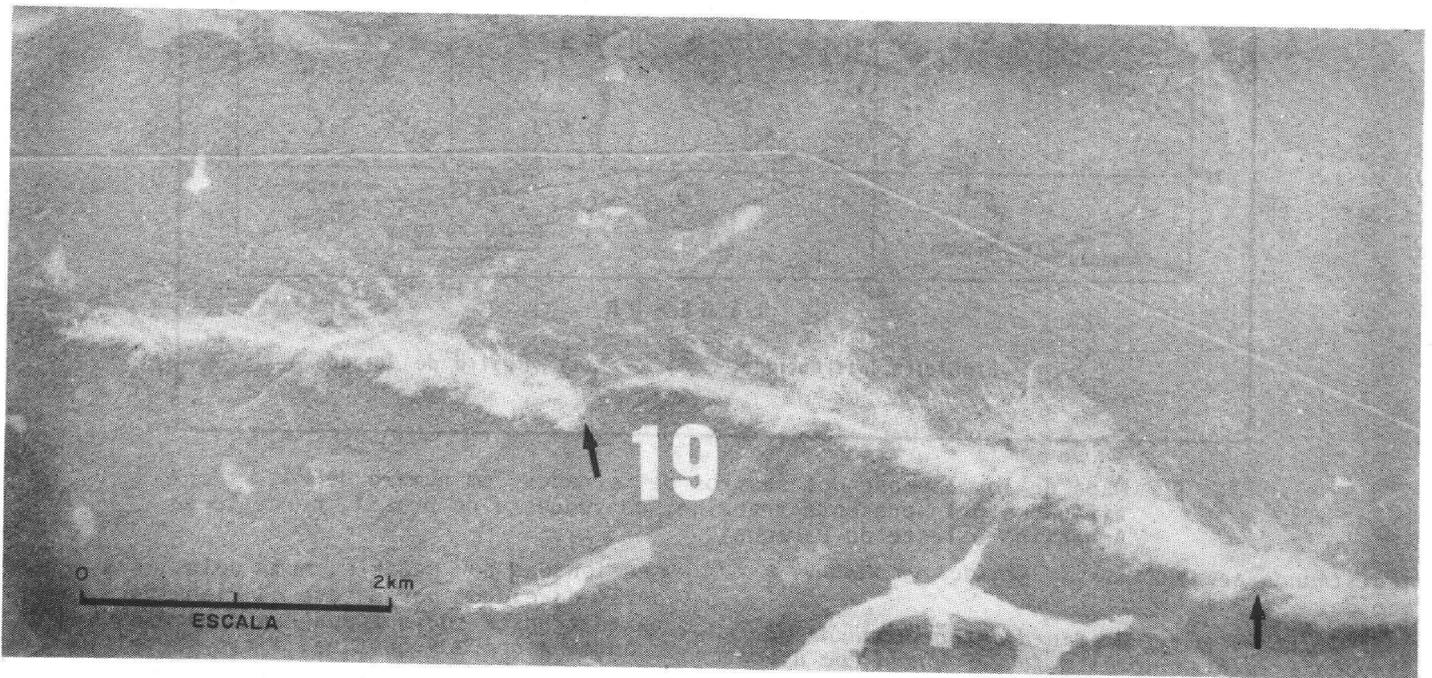


Fig. 3 - Mesma área da foto anterior, em fotografia tirada em julho de 1965, podendo se observar muito bem o desmatamento que a mesma sofreu. As setas indicam feições lineares relevantes.

que, no período em referência, alguma ação teria sido responsável, naquela área, pela destruição de extensa faixa de floresta primitiva, até então totalmente intocada pela atividade humana.

A busca incessante por evidências sobre os acontecimentos havidos na região sudoeste do Estado do Paraná, trouxe ao autor o trabalho de Reinhard Maack - Geografia Física do Estado do Paraná, 1968. Neste compêndio, o sábio geólogo e naturalista diz textualmente:

"Força considerável têm os ciclones do tipo furacão que ocorrem nos meses de abril e maio, no período de transição, durante o avanço dos anticiclones do Atlântico Sul e com o recuo das massas de ar tropical de pressão baixa. Em algumas ocasiões atingem proporções catastró-

ficas como em maio de 1957, quando a ação de um tufão de largura de 300 m a 400 m atingiu as fazendas de Guarapuava até Cascavel destruindo centenas de casas. A ventania gravou sua trilha bem delimitada nas matas onde as árvores e copas das araucárias se amontoaram umas sobre as outras.

Outro forte tufão de NW castigou os campos de Guarapuava nas proximidades de Entre Rios e Pinhão em 27 de maio de 1965, destruindo aldeias e faixas de mata além de 200 km para oeste até a cidade de Planalto. Sua força atingiu tais proporções que arrancou árvores com raízes de até 30 cm de diâmetro, bem como centenas de casas. Os troncos de araucárias ainda em pé revelaram com seus galhos a direção do vento. Sob os escombros de uma escola em Entre Rios encontravam-se os cadáveres de uma professora com seu filho,



Fig. 4 - Mapa de localização dos rastros de tornados, em número de 24, identificados pelo presente trabalho, no sudoeste do Brasil, nordeste da Argentina e leste do Paraguai.

registrando-se centenas de feridos em toda a região.

O último tufão destruidor, acompanhado de trovoadas ininterruptas e forte chuva com uma frente de 50 km, atingiu o norte do Paraná entre Apucarana e Maringá na noite de 9 de julho de 1965. Pitanga, Marialva e Manoel Ribas foram fortemente atingidas. O vendaval arrancou pés de café com raízes, destruiu florestas e centenas de casas, registrando-se oito mortos em Pitanga e Marialva e mais de oitenta feridos. O tufão foi tão forte que arremessou uma casa inteira com seus habitantes na estrada Keller a 148 m de distância, matando duas pessoas e ferindo gravemente uma criança (notícias da imprensa de 13 a 14 de julho de 1965)."

Estas informações pareciam, finalmente, indicar que as notáveis faixas desmatadas investigadas nas fotos de 1965 representavam as trajetórias devastadoras de alguns tornados ocorridos entre 1964 e 1965, conforme a perfeita descrição de R. Maack. A fim de corroborar essa nova versão, o autor, sempre coadjuvado por Júlio de Castro, reexaminou as fotografias aéreas de 1965, tiradas em algumas das áreas

mencionadas por Maack e, numa delas, nos arredores da cidade paranaense de Planalto (vide texto transcrito), situada nas proximidades da fronteira com a Argentina, ficou perfeitamente caracterizado o rastro destruidor do tornado de 27 de maio de 1965. Essa área está assinalada no mapa da figura 4, acima, com o nº 17.

#### GENERALIDADES SOBRE TORNADOS

Segundo Nalivkin (1983), tornado é uma chaminé de ar de altíssima rotação, dependurada de uma nuvem cúmulo-nimbus. A maior parte dos estudos sobre os tornados os tem considerado de uma maneira independente, isto é, desvinculados de nuvens de tempestade. Somente nos últimos anos é que alguns estudiosos passaram a dar atenção ao relacionamento direto entre tornados e a vorticidade das nuvens. O fenômeno principal é justamente esta vorticidade da chamada nuvem-mãe, sendo o tornado uma formação semelhante, secundária, dela originada e dependendo da mesma em forma de tuba ou tromba.

De acordo com o Dicionário Aurélio (1975), tornado é um fenômeno meteorológico que se manifesta por uma grande nuvem negra, donde vai



Fig. 5 - Visão artística do tornado que atingiu as proximidades de Moscou, Rússia, em 1945 (Kolobkov, 1957b, fig. 89).

Na figura acima ilustrada, tem-se uma visão de um tornado típico e a sua interligação com a nuvem-mãe.

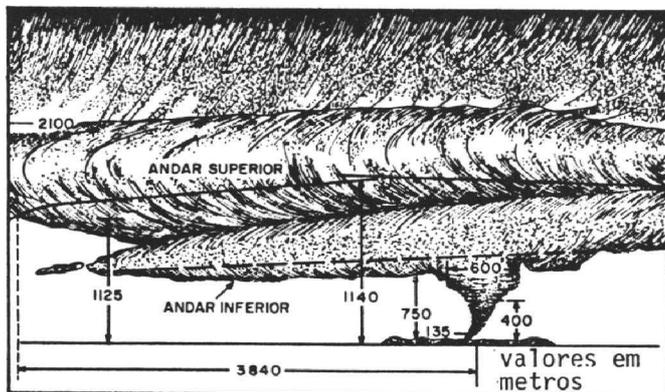


Fig. 6 - Estrutura de um tornado que atingiu Dallas, U.S.A. em 1957 (Hoecker, 1960).

saindo um prolongamento parecido a uma tromba de elefante, o qual, torneando rápido, desce até a superfície da terra, onde produz forte remoinho e eleva pó, destelha casas, arranca árvores, etc. Fenômeno semelhante, quando ocorre no mar com a aspiração de grande quantidade de água, tem o nome de tromba d'água.

Na figura acima, encontra-se uma concepção estrutural de uma tempestade com formação de um tornado na sua parte inferior. Segundo a mesma, a parte principal da tempestade tem a forma de um colarinho e foi denominado por Hoecker de andar superior; sua largura é de 3-4 km e a sua espessura cerca de 300 m. O seu nível superior encontra-se na altitude de 1.500 m. Abaixo desta formação encontra-se outra, denominada pelo mesmo autor de andar inferior, dele pendendo a tromba ou tuba do tornado de uma altura de cerca de 400 m.

A tromba é a parte principal de um tornado e apresenta um movimento rotacional extremamente rápido do ar em seu interior. Geralmente poeira e água se misturam ao ar rotacional, daí se tornando possível a sua observação; quando isto não acontece, a tromba permanece pratica-

mente invisível. A velocidade de rotação do ar é extremamente alta e tem sido noticiada como possuindo valores elevadíssimos, de até 1.200 km/h.

Ao contrário dos furacões, nos quais a cavidade interna rotacional apresenta dimensões de dezenas de quilômetros, nos tornados a mesma possui dimensões de alguns metros até algumas centenas de metros.

Da mesma forma, as dimensões dos rastros dos tornados são relativamente pequenas, se comparadas com as de furacões. A largura média, tirada de 2.000 tornados ocorrentes nos Estados Unidos, foi de 350 - 400 m, o rastro mais extenso tendo sido de 469 km, com a morte de 270 pessoas; a média, entretanto, foi de 20 km.

Morros, florestas e lagos não são obstáculos para os tornados. Após emergir por sobre os morros, frequentemente atingem uma força maior e ao passar sobre florestas, destroem árvores seculares, deixando atrás, faixas lineares de destruição. Muitas vezes, apresentam movimentos saltitantes, ora atingindo o solo, ora se erguendo do mesmo e formando, em consequência, rastros descontínuos.

É difícil determinar o peso de uma nuvem-mãe, assim como o peso da tromba do tornado propriamente dito. O tornado que passou sobre o Lago Waocana, no Canadá Ocidental, aspirou tanta água que o nível do lago abaixou de 0,6 metros. Com base na área do referido lago foi possível determinar que o peso da água aspirada pela tromba foi de cerca de 500.000 toneladas (Lowe and Mc Kay, 1962). Se o peso de uma tromba pode ser tal, pode-se assumir que o peso de uma nuvem-mãe pode chegar a centenas de milhões de toneladas.

Uma das regiões do mundo onde os tornados foram melhor estudados é a parte central dos Estados Unidos. Segundo Flora (1953), durante um período de 35 anos, de 1916 a 1950, foi registrada a passagem de 5.200 tornados, com a morte de 7.961 pessoas; segundo Spohr e Waste (1962), de 1916 a 1961, este número de tornados atingiu a casa dos 11.053 em todo o território norte-americano.

Na figura 7 estão apresentados os rastros de uma série de tornados que atingiram a parte central dos Estados Unidos em 29 e 30 de maio de 1879 e que, na sua maioria, têm direção NE.

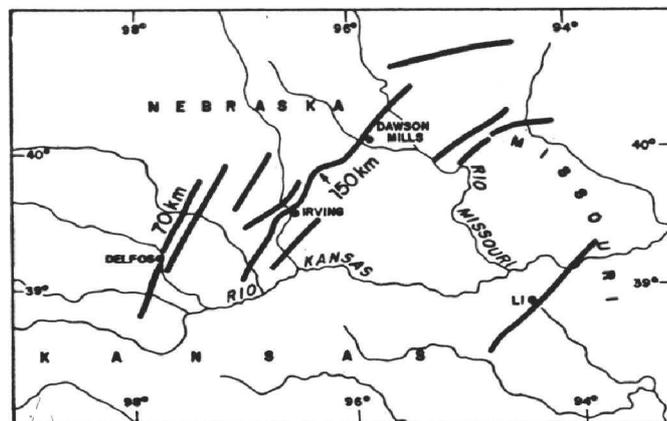


Fig. 7 - Rastros na parte central dos E. Unidos.

O mais extenso foi chamado de Irving, tendo atingido cerca de 150 km. Interessante é a comparação com o mapa da figura 4, que mostra os rastros identificados pelo autor na região coberta pelo presente trabalho.

#### OS RASTROS DOS TORNADOS

No mapa da figura 4 estão cartografados de maneira sumária, 24 dos principais rastros destruidores dos tornados ocorridos na região em epígrafe.

O exame estereoscópico das aerofotos utilizadas no presente trabalho mostra que ao longo dos mesmos quase não restou cobertura arbórea (vide estereograma da figura 1). A escala da maioria das fotos não permite, porém, uma boa definição quanto à existência de troncos de árvores, desfolhadas e desgalhadas, efetivamente de pé. Esporadicamente, são observados alguns troncos ainda de pé, provavelmente representando árvores mais robustas que ocorriam no seio da mata pluvial subtropical. Que a maioria das árvores ocorrentes ao longo das trajetórias dos tornados em consideração, foi efetivamente extinta, não há dúvida, pois o monitoramento multitemporal de algumas áreas, por meio de fotos tiradas posteriormente à passagem dos tornados e em escala mais adequada, mostrou que a vegetação arbórea primitiva foi extinta ao longo das faixas devastadas, tendo havido, após algum tempo, uma regeneração da mata atingida com o crescimento de uma mata secundária, mais baixa e de características diferentes da original.

Abaixo, encontra-se uma tabela com os parâmetros gerais dos 24 rastros evidenciados no presente trabalho. Desse total, 8 dizem respeito ao Brasil, 3 à Argentina e 15 situam-se em

território paraguaio.

Conforme se observa, a extensão e a largura dos rastros variam enormemente, sendo que as feições mais notáveis têm 70 km de comprimento e uma largura da ordem de 2 km.

Os rastros contínuos mais extensos são: o de nº 9, situado em sua maior parte em território paraguaio (pouco a oeste de Foz de Iguaçu) e que, além de se destacar muito bem nas aerofotos de 1965, pode ser perfeitamente visualizado nas imagens mais antigas de Landsat, tal como na imagem apresentada na figura 12, adiante; rastro nº 23, localizado no oeste paranaense, entre Cascavel e Guaíra, e que tem uma ótima expressão nas fotos de 1965, conforme documentado na figura 11, adiante. Nas imagens de satélite, esta feição não pôde ser evidenciada devido ao intenso desmatamento que teve lugar na região no fim da década de 60, apagando totalmente a cicatriz representativa da passagem do sinistro. O rastro mais largo é o representado pelo nº 5, e que sofreu, localmente, desmatamento de até 2 km.

A forma das trajetórias em epígrafe, apresenta-se, por vezes, bastante sinuosa, como exemplificado na figura 8, do rastro nº 8, situado no Paraguai. Outra característica muito marcante e conspicuamente observável nas aerofotos, é uma linha central, de tonalidade mais clara que o resto da área desmatada, provavelmente representando a zona mais intensamente atingida pelo tornado. Por vezes, esta linha mais clara apresenta um brusco deslocamento lateral, como o indicado pela seta na figura nº 9, do rastro nº 5, e que se encontra documentada adiante. Relevante também são os limites muito bruscos da zona desmatada (figura 3).

Rastro (n.º)	Comp. Max (km)	Larg. Max (km)	Localização (país)	Foto ou Imagem de LANDSAT
1	8	0,2	Paraguai	1965 - foto 1:60.000
2	7	0,2	Paraguai	1965 - foto 1:60.000
3	20	0,4	Paraguai	1965 - foto 1:60.000
4	30	1,0	Paraguai	1978 - imagem de LANDSAT
5	40	2,0	Paraguai	1965 - foto 1:60.000
6	13	0,5	Paraguai	1965 - foto 1:60.000
7	17	0,5	Paraguai	1965 - foto 1:60.000
8	35	1,0	Paraguai	1965 - foto 1:60.000
9	70	1,5	Paraguai/Argentina	1965 - foto 1:60.000
10	7	0,3	Paraguai	1965 - foto 1:60.000
11	17	1,0	Paraguai	1965 - foto 1:60.000
12	12	1,0	Paraguai	1965 - foto 1:60.000
13	6	0,4	Paraguai	1965 - foto 1:60.000
14	10	0,5	Paraguai	1965 - foto 1:60.000
15	24	0,7	Paraguai	1965 - foto 1:60.000
16	17	0,9	Argentina	1965 - foto 1:60.000
17	30	0,2	Brasil/Argentina	1965 - foto 1:60.000
18	9	0,3	Brasil/Argentina	1965 - foto 1:60.000
19	20	0,6	Brasil	1965 - foto 1:60.000
20	8	0,4	Brasil	1965 - foto 1:60.000
21	20	0,7	Brasil	1964 - foto 1:70.000
22	8	1,9	Brasil	1943 - foto 1:45.000
23	70	1,2	Brasil	1965 - foto 1:60.000
24	30	0,5	Brasil	1965 - foto 1:60.000

Com um total de 548 km e largura média de 0,4 km, teria-se um total de 22.000 hectares destruídos.

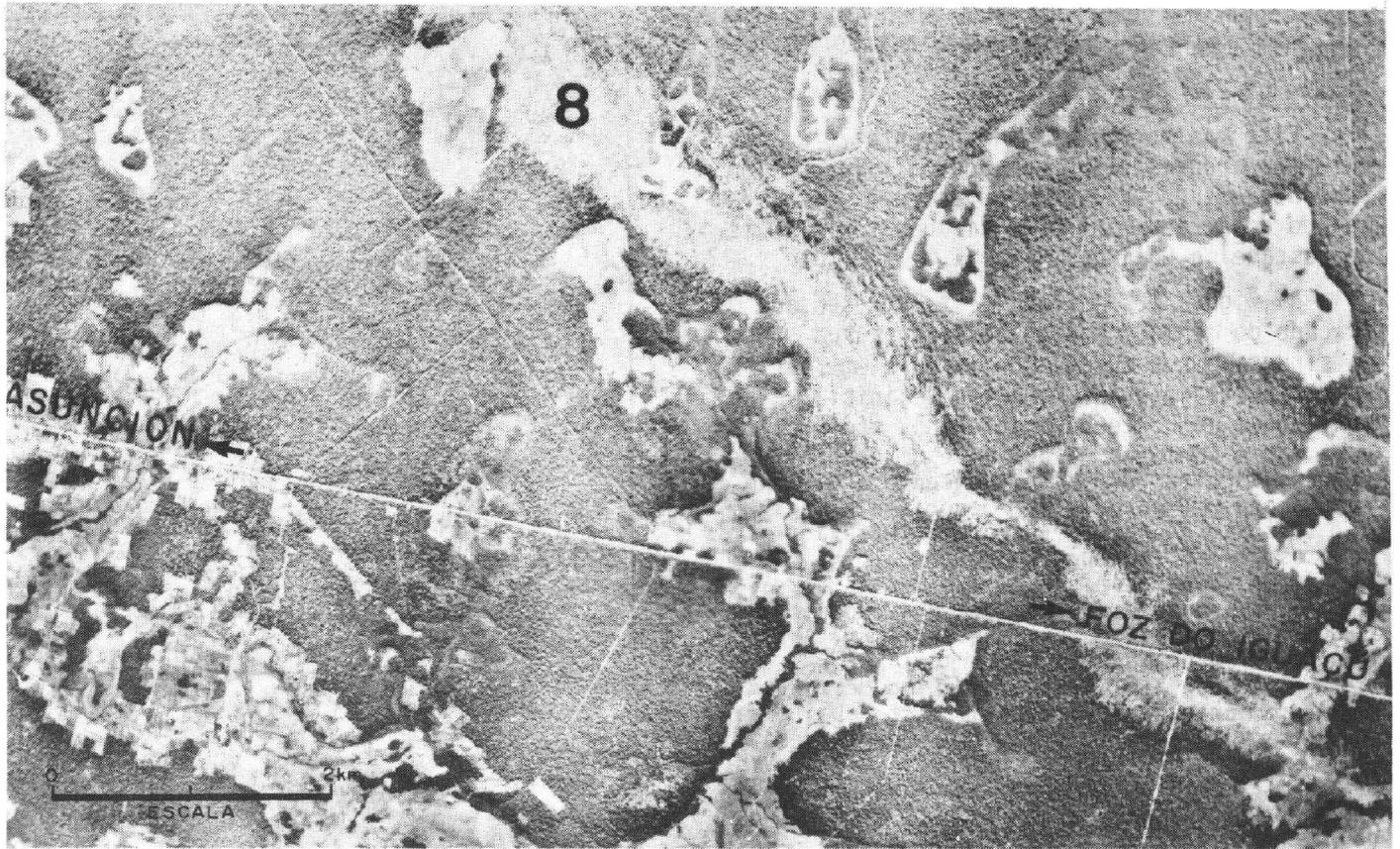


Fig. 8 - Fotografia aérea de 1965, mostrando a forma sinuosa e a grande mudança de largura deste rastro (nº 8) situado no Paraguai oriental, e que na foto atravessa a rodovia para Assunção.

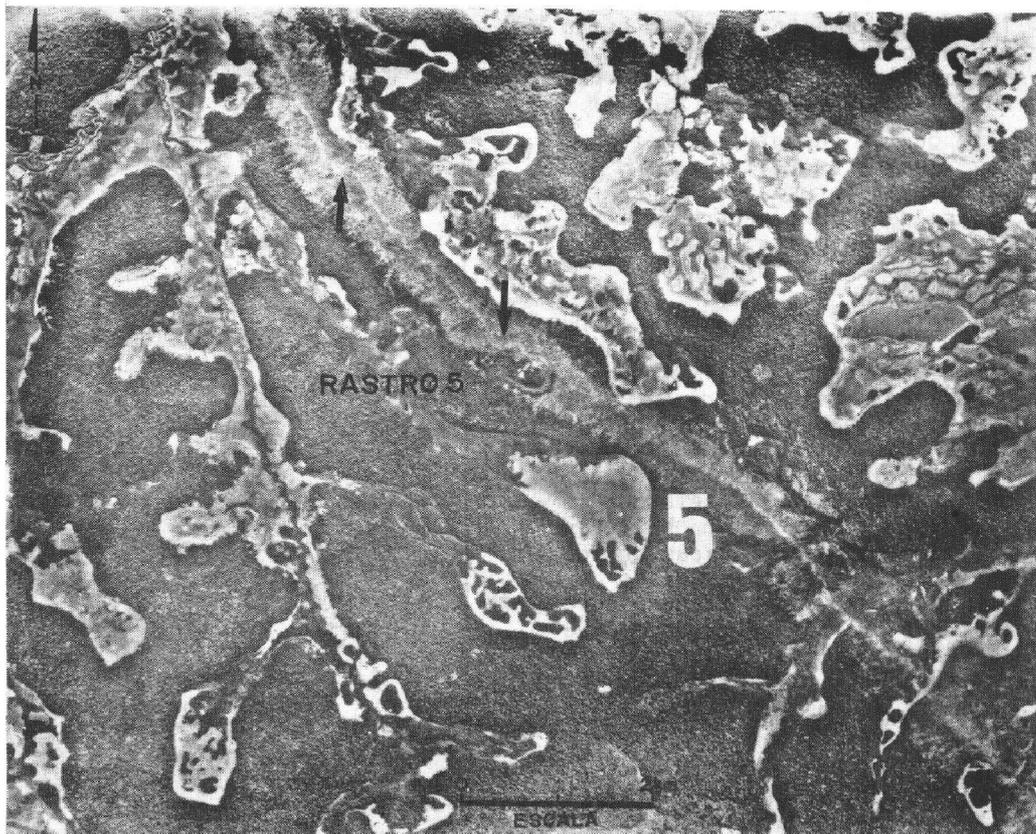


Fig. 9 - Foto de 1965 apresentando o rastro nº 5, Paraguai, que possui uma linha central de tonalidade mais clara que o resto da faixa.

Segue uma descrição de alguns dos rastros identificados pelo autor no seu estudo.

#### Rastro nº 23

Este rastro, de aproximadamente 70 km de extensão e representando um dos mais longos do presente estudo, situa-se no extremo oeste do Estado do Paraná, entre as cidades principais de Cascavél e Guaíra.

Na figura 10, ao lado, está apresentado o traçado do mesmo, podendo-se notar a sua forma sinuosa e sua mudança de largura em vários pontos da trajetória. O rastro se inicia, ao sul, pouco ao norte de Bragantina, com uma largura média em torno de 400 m, e direção noroeste. Passa entre Pérola Independente e Vila Nova, já com uma largura bem menor. Ao atingir o Rio Dezoito de Abril sofre uma inflexão para a esquerda acompanhando, por alguns quilômetros, o vale desse rio. Pouco depois de passar pelas proximidades de Nova Sta. Rosa, na altura da foz do Rio Dezoito de Abril no Arroyo Guaçu, sofre um incremento de sua largura, que vai aumentando até atingir o máximo de 1,2 km, pouco ao norte de Sta. Rita do Oeste. Daí para a frente sua largura vai diminuindo até desaparecer em cunha, nas proximidades de Bela Vista do Oeste, cerca de 10 km do Rio Paranã. A intensa atividade agrícola nesta área situada nas proximidades do Rio Paranã impede, nas fotografias aéreas em questão (1965), uma melhor avaliação sobre a continuidade do rastro nº 23 para oeste. Do outro lado da fronteira, já no Paraguai, ocorre um outro rastro, aqui denominado nº 15, perfeitamente alinhado com o primeiro, sendo bem possível se assumir que os dois constituem uma única trajetória de tornado, com cerca de 120 km de extensão (fig. 4).

Na figura 11, que se encontra adiante, tem-se uma magnífica ilustração deste rastro abrangendo a área onde se apresenta com a sua maior largura, cerca de 1,2 km: entre Bela Vista do Oeste e Sta. Rita do Oeste.

#### Rastro nº 19

Este rastro, de 20 km de extensão e largura máxima de 600 m, ilustrado na figura 3, apresenta como feições marcantes os limites extremamente bruscos e retilíneos entre a zona com mata e aquela desmatada, o que levou o autor a aventar, no início dos estudos, uma origem geológica para o evento. Estes limites tão bruscos, como os assinalados pelas setas da foto da figura 3, são, de acordo com Malivkin (1983), uma das características típicas de tornados. Para exemplificar, aquele estudioso de tais fenômenos, cita o caso de um tornado que destruiu completamente uma árvore de 30 cm de diâmetro, mas deixou completamente intacta uma casa de abelhas situada a 1 m da mesma.

A área 19 foi monitorada por meio de fotografias aéreas mais recentes, tais como as fotos infravermelhas, falsa cor, tiradas em 1974 para o estudo de Itaipu, e nelas foi possível constatar que a faixa desmatada, em zonas ainda não atingidas pela atividade agrícola, ainda conservava as características evidenciadas nas fotos de 1965, sem que houvesse sido regenerada qualquer vegetação arbórea mais posante.

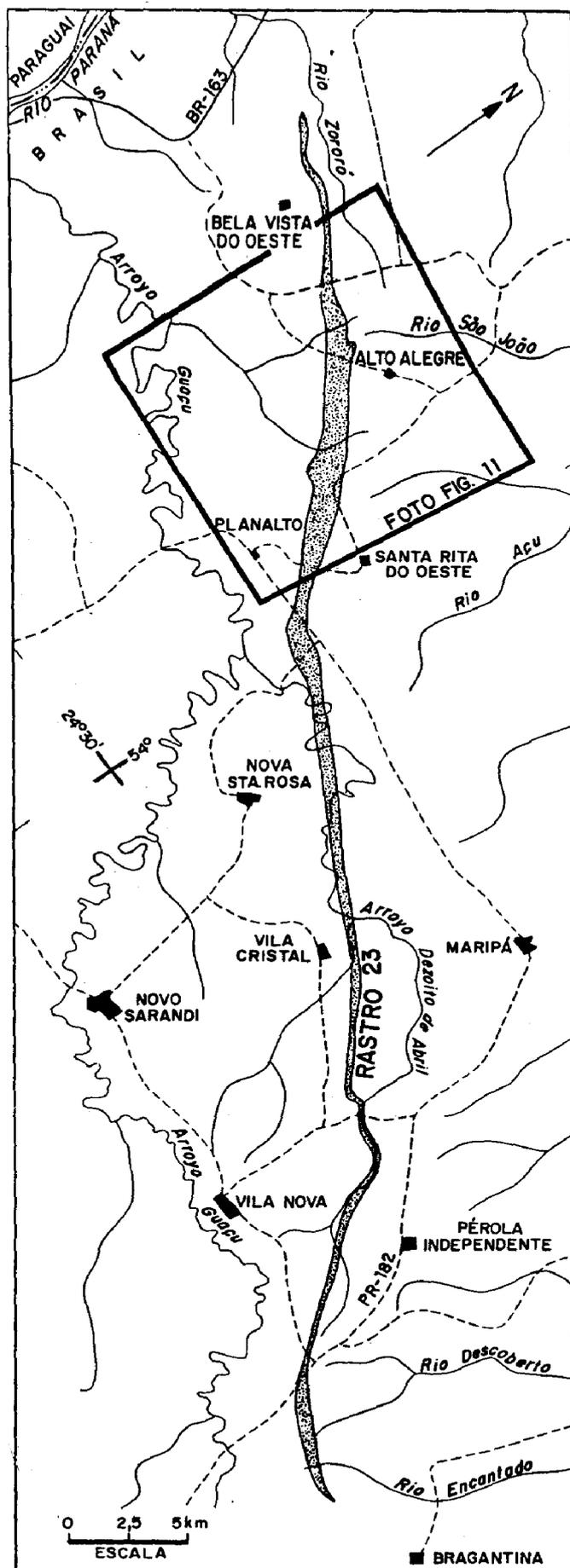


Fig. 10 - Rastro 23, tirado de aerofotos (1965).

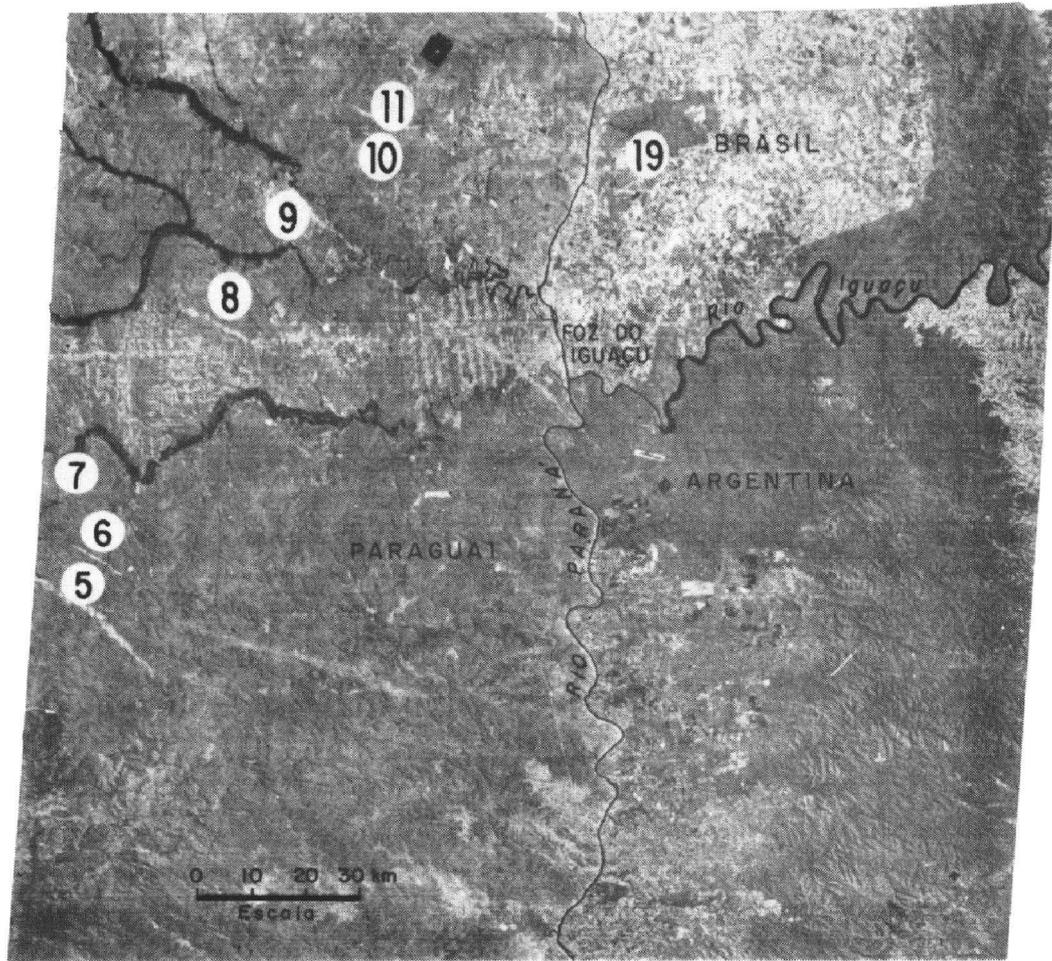


Fig. 11 - Aerofoto de 1965, ilustrando a trajetória destruidora do tornado nº 23, de 70 km de extensão e até 1,2 km de largura, situada entre as cidades de Cascavél e Guaíra, no oeste paranaense. A área coberta pela fotografia acima, encontra-se devidamente locada no mapa da figura 10 e abrange justamente o segmento do rastro que tem maior largura.

#### Rastro nº 9

Este rastro de 70 km de extensão representa um dos mais notáveis exemplos de destruição produzida pelos tornados na região da Bacia do Paran, e sua identificao se faz tanto nas aerofotos da USAF, 1965, quanto nas primeiras imagens de Landsat, do início da década de 70. Na imagem apresentada na figura 12, adiante, está ilustrado este imponente rastro, assim como alguns outros que se fazem presente no Paraguai, onde a atividade humana ainda não havia provocado grandes desmatamentos.

Considerando-se o sentido sudeste para no roeste, o rastro nº 9 se inicia em território argentino, cerca de 7 km para oeste do aeroporto portenho do Parque de Foz do Iguaçu. Alguns quilmetros adiante, atravessa o Rio Paran, adentrando no Paraguai com uma largura aproximada de 700 m. No trecho de cerca de 30 km que vai do Rio Paran até a rodovia Foz do Iguaçu-Assuno, apresenta maior largura, chegando a atingir dimensões de até 1.500 m, como acontece  altura do Rio Monday. Nas proximidades da rodovia supracitada, sua largura diminui consideravelmente para cerca de 500 m. Continuando



23FEB73 14055.30 14055.00 14054.30  
 S25-47-4054.43 N S25-49-4054.37 W55 E P SUN EL47 R2075 189-2995-R-1-N-D-2L NASA EPTS E-215-13040-E 02

Fig. 12 - Imagem de Landsat, de 23 de fevereiro de 1973, MSS, canal 6, apresentando uma série de rastros de tornados abordados pelo presente trabalho; o rastro nº 9, de 70 km, aparece conspicuamente nesta imagem. No Brasil o desmatamento apagou a maioria dos rastros, com exceção do nº 19, que se situa em área ainda com bastante mata.

no rumo noroeste, segue uma distância de cerca de 20 km com uma retilinidade muito grande e largura média de 500 m. Ao atingir o Rio Acaray, novamente se espessa e passa a apresentar uma forma bem mais sinuosa, até desaparecer cerca de 20 km depois.

Na figura 12, acima, tanto o rastro nº 9 quanto os de nºs 5, 6, 7, 8, 10 e 11, todos no Paraguai, são bem observáveis, ocupando sempre uma posição subparalela entre si. Já em território brasileiro, o intenso desmatamento que tomou conta daquela região fronteira em fins da década de 60, apagou quase que completamente todos os vestígios da passagem dos tornados. Somente o rastro nº 19, já ilustrado em fotografia aérea na figura 3, ainda se mantinha relativamente visível, conforme se pode atestar na imagem de satélite em foco.

#### Rastro nº 4

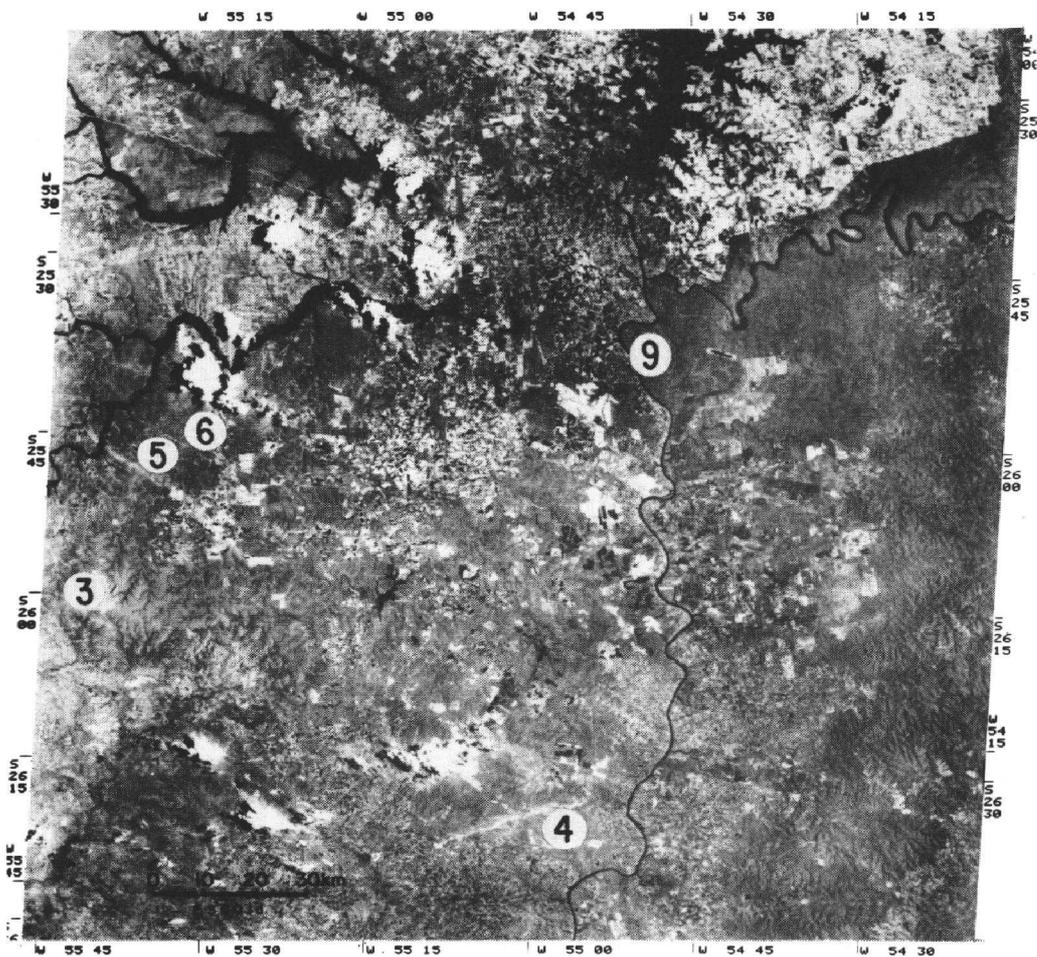
Este rastro, ocorrente no Paraguai, foi detectado meramente por meio do monitoramento de imagens de Landsat tiradas em diversas épocas. Assim, nas imagens geradas em fins de 1978, sur-

giu pela primeira vez esta feição de 30 km de extensão, de forma ondulante e muito similar a todas as outras aqui referenciadas. A única divergência se refere à sua direção, ENE, diante do restante de rastros aqui considerados e que se encontram devidamente assinalados no mapa da figura 4.

Na figura 13, que se encontra adiante, está exposta outra imagem de Landsat, desta vez uma gerada em dezembro de 1982 e na qual se apresenta muito nitidamente este rastro mais novo, surgido em fins de 1978. Os outros rastros, referidos na imagem anterior, de 1973, já não se apresentam na imagem de 1982 tão nitidamente, isto se devendo, essencialmente, ao desmatamento que tomou conta também do Paraguai, em fins da década de 70. Outra feição nova apresentada pela imagem de 1982 é a colossal represa de Itaipu (limite superior da imagem), que se situa em área de ocorrência franca de tornados.

#### Rastro nº 16

Esta feição desmatada, perfeitamente observável nas fotos de 1965, também apresenta -



WRS 224 - 78

28DE282 WRS: 224/78 N: 525-56/W054-52 MSS 6 SOL: EL54 A2094 BB 189 LC N CNPO/INPE/LANDSAT 482362-130429-6  
PEF C=2 LANDSAT 4 4-02400 R01 =BRASIL= 22SET83 CENA 001

Fig. 13 - Imagem de Lansat, MSS, canal 6, de 28 de dezembro de 1982, na qual está bem ilustrado o aparecimento do rastro nº 4, inexistente na imagem de 1973. O desmatamento então ocorrente no Paraguai, apagou grande parte dos rastros vistos naquela imagem.

se de maneira bastante destacada na imagem de satélite Landsat, gerada em 1972, tipo MSS, no canal 5, assim como em fotografias aéreas mais recentes, tiradas em 1978. Trata-se de rastro situado em parque florestal da Argentina, Província de Misiones, próximo à fronteira do Brasil. Em território brasileiro a passagem do sistema não mais seria visível nesta época, devido ao profundo desmatamento aí ocorrido (tons claros na imagem em foco, figura 14, ao lado).

Na figura 15, adiante, o mesmo rastro pode ser observado em aerofoto tirada em 1965. Como se pode observar, mesmo decorridos 7 anos não houve regeneração da floresta devastada. O exame de fotografias tiradas em 1978, outros 6 anos depois, mostrou que havia crescido uma vegetação secundária na faixa destruída pelo tornado, de características completamente distintas da mata original.

#### Rastro nº 22

O monitoramento multitemporal da região, durante o estudo em apresentação, incluiu o e-

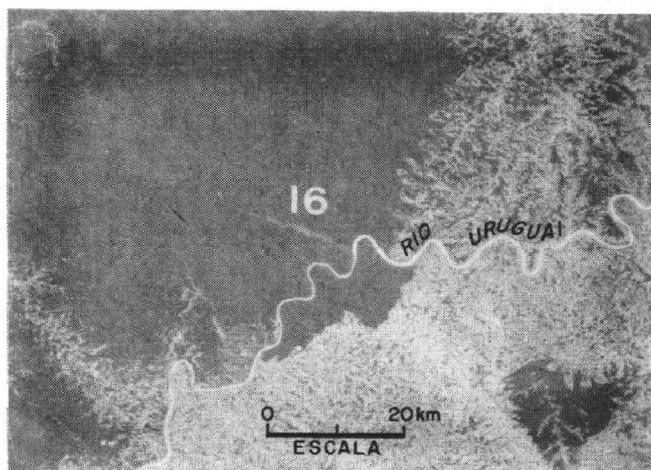


Fig. 14 - Imagem de Landsat, de novembro de 1972, MSS, canal 5, apresentando o rastro nº 16, situado em parque florestal da Argentina (prov. Misiones).

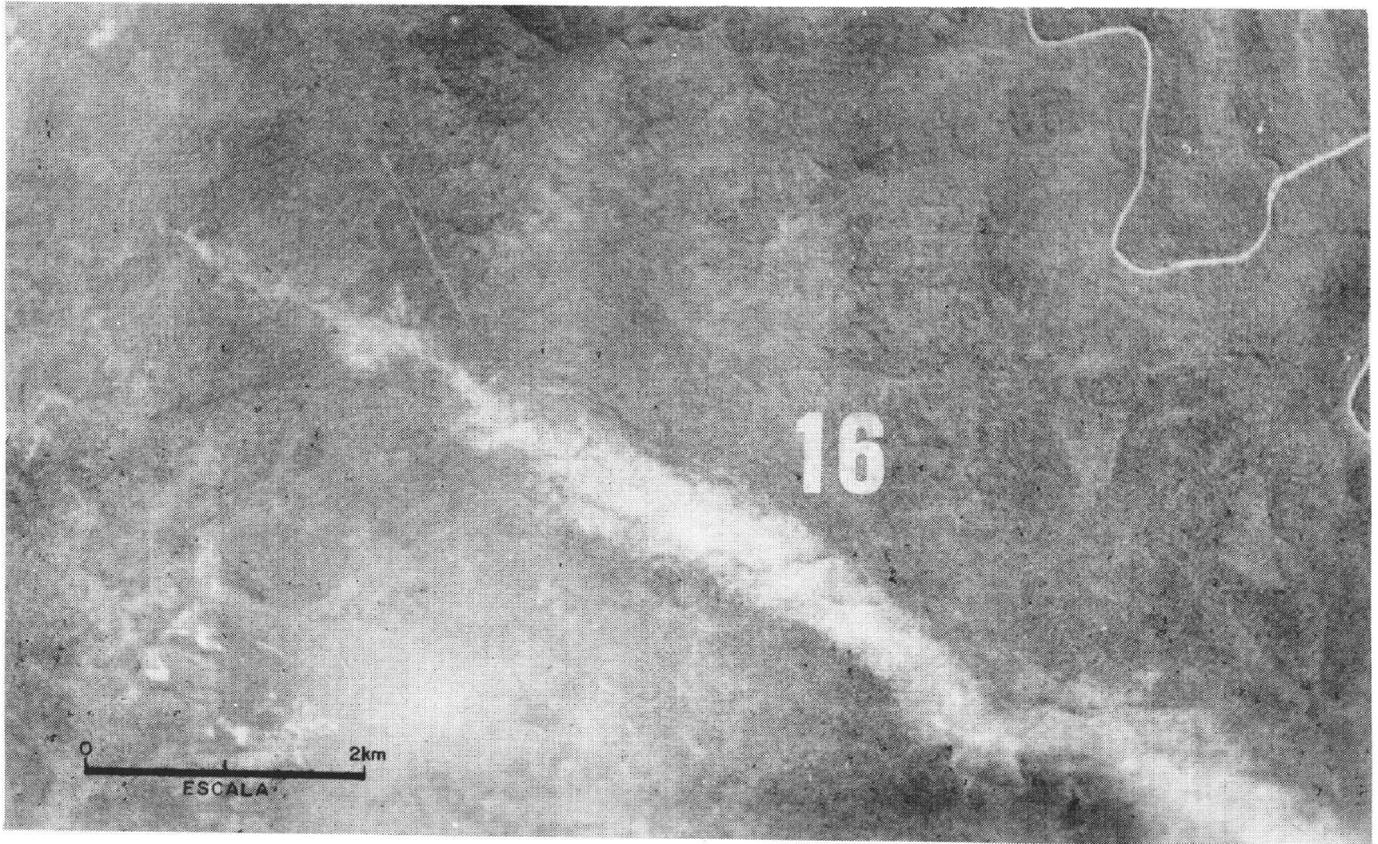


Fig. 15 - Fotografia aérea de 1965, na qual aparece muito contrastadamente a faixa florestal situada em Misiones, Argentina, destruída por um tornado. O rastro (nº 16) tem 17 km de extensão, largura máxima de 900 m e representa o mesmo ilustrado na imagem da fig. 14.

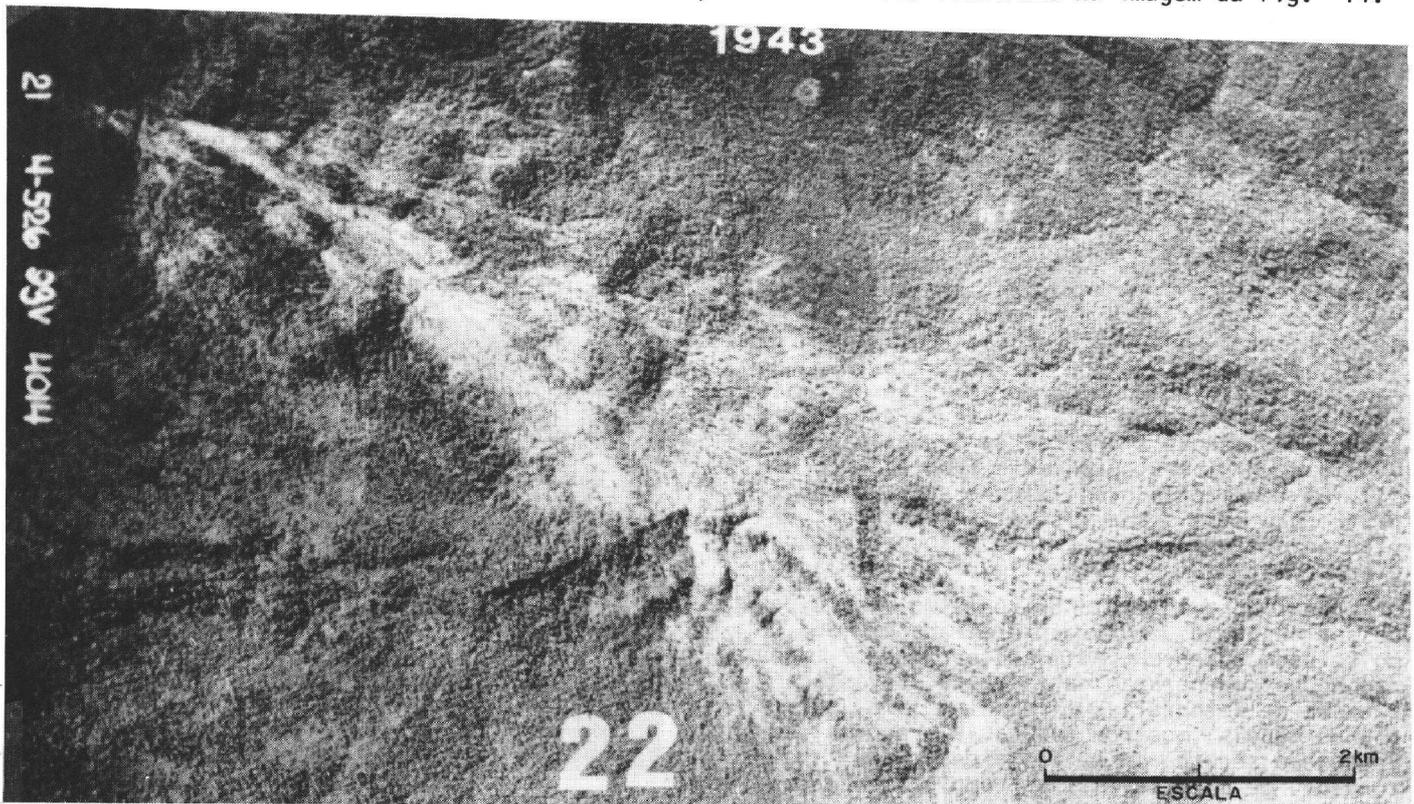


Fig. 16 - Aerofoto tirada em 1943, em levantamento do tipo trimetrogon e que representa o mais antigo executado no Brasil, mostrando um provável rastro de tornado (nº 22) situado no oeste do Estado do Paraná.

xame de fotografias aéreas oriundas do levantamento trimetrogon efetuado pela USAF durante a 2ª Guerra Mundial (1943).

Este levantamento originou os produtos fotográficos mais antigos da história aerofotogramétrica do Brasil, sendo, portanto, de inestimável valor. Neste tipo de levantamento são feitas tomadas simultaneamente por 3 câmeras, uma verticalmente e outras duas obliquamente à linha de vôo; as faixas verticais se situam, geralmente, de 40 a 50 km uma das outras. Algumas destas faixas pertinentes à região oeste do Estado do Paraná, foram examinadas e, desta maneira, foi identificada a feição nº 22, (fig. 16) provavelmente representando um rastro de tornado anterior a 1943. Maack (1968) descreve ventos fortíssimos na região, ocorridos em 1935, com força de até Beaufort 11 (o máximo na tabela de velocidade de ventos, que foi elaborada em 1806). Esta mesma área, examinada em fotos de 1964, mostrou-se parcialmente restaurada por vegetação secundária.

O rastro mais oriental, detectado no presente trabalho, é aquele cartografado no mapa da figura 4, com o nº 24. Possui direção essencialmente E-W, ao contrário da grande maioria que é NW. É bem possível que este rastro represente o efeito destruidor do tornado referido por Maack como tendo ocorrido em 9 de julho de 1965, pois que a área indicada no mapa encontra-se perfeitamente alinhada com a região onde se situam as cidades de Pitanga e Manoel Ribas, Estado do Paraná, referenciadas no texto aqui reproduzido no começo deste trabalho.

#### NOTÍCIAS DE TORNADOS NO BRASIL E NA ARGENTINA

Uma varredura da bibliografia pertinente a tornados e afins, nos arquivos do Serviço Nacional de Meteorologia, Rio de Janeiro, não evidenciou grandes contribuições aos assuntos.

Uma única exceção foi o relatório SUNAB/DEAL, de 5/10/67 - Furacão sobre o município de Lajeado, Rio Grande do Sul - que diz textualmente:

*"A 19 de setembro de 1967, às 6.00 da manhã, forte tormenta ocorreu sobre o município de Lajeado, situado na margem direita do Rio Taquari. Segundo informações meteorológicas a carta do tempo das 9.00 horas do dia 31 de agosto mostrava uma frente semiestacionária sobre Tubarão, Lajes, norte de Erechim e norte de São Borja. No dia 19 de setembro pela madrugada, esta frente retrocedeu para o sul como frente quente, passando sobre Lajeado, achar-se às 9.00 horas sobre Pelotas, Tramandaí e leste de Alegrete. O regresso dessas frentes, geralmente dão origem a grande cúmulo-nimbus, na região serrana. Assim sendo, o fenômeno ocorrido no município de Lajeado foi a presença de um enorme cúmulo-nimbus com a base muito próxima do solo. Dai fortes correntes de vento com movimento rotacional e as grandes pedras de granizo que se precipitaram sobre aquela área, abrindo uma faixa de devastação de 20 km de comprimento por 1 km de largura, de oeste para leste, de Santa Clara até Lajeado. Em Lajeado, a duração da tormenta não foi supe-*

*rior a 3 minutos. Houve inúmeros desabamentos tais como o Pavilhão da Feira Nacional de Laticínios e a Casa Paroquial. Morreram 8 pessoas e 56 ficaram feridas. Fenômenos como esses têm ocorrido, talvez com menos intensidade, em outras localidades da região serrana do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina, por ocasião de situações meteorológicas semelhantes."*

Uma forte tormenta, possivelmente um tornado, foi presenciada pelo autor, em companhia de alguns colegas, em 1/2/84, nas proximidades de Ribeirão Preto, Estado de São Paulo. Ao se dirigir de carro, de Passos, Estado de Minas Gerais, para aquela cidade, chamou a atenção uma enorme nuvem muito escura no horizonte e, pendendo da mesma, uma espécie de tuba, também muito escura, que se locomovia em companhia com a nuvem-mãe. Horas depois, ao atingir a rodovia São Paulo-Ribeirão Preto, nas proximidades desta cidade, foi possível se avaliar a calamidade ocasionada pela tormenta: árvores haviam sido destruídas, e o que é o mais incrível, os postes de transmissão de energia elétrica, de ferro, haviam sido dobrados pela força do vento!

Para os leitores atentos ao assunto, notícias dos efeitos catastróficos de temporais acompanhados de fortes ventos (possivelmente do tipo tornados) são constantemente divulgadas pela imprensa, principalmente no que diz respeito à região sudoeste do Brasil. Normalmente tais danos são noticiados quando são atingidas as cidades, com maiores perdas materiais e humanas. Em meados de 1984, por exemplo, a cidade de Londrina, Estado do Paraná, foi atingida por forte tormenta, assim descrita por um órgão da imprensa: "*Desabamento de várias casas e prédios em construção, destelhamento de centenas de residências; destruição de milhares de árvores; duas crianças feridas, além da interrupção do fornecimento de energia elétrica na maior parte da cidade, que provocou, em função da queda de fios de alta tensão, oito princípios de incêndio. Estas foram as consequências do temporal, com ventos de até 120 km/h, que atingiu no início da noite, a cidade de Londrina*".

Enquanto que no Brasil as referências bibliográficas são muito restritas no que diz respeito a tornados, na Argentina, ao contrário, já se encontram vários trabalhos tratando do tema e divulgando seus efeitos catastróficos.

Muito embora notícias de tornados tenham sido registradas há longo tempo nos órgãos de imprensa da Argentina (uma notícia, publicada no diário *La Gazeta*, data de 1816 e trata de um tornado que atingiu o povoado de Rojas), somente a partir de 1971 tais sinistros começaram a ser sistematicamente estudados. Atualmente está sendo publicado um boletim semestral denominado *Estudio de los tornados en la Republica Argentina*, de autoria do Departamento de Meteorologia da Universidad de Buenos Aires, e sob a responsabilidade de Maria Luisa Altinger de Schwarzkopf.

De acordo com estes estudos, que se basearam em dados coletados desde 1930, os tornados registrados até 1979 foram em número de

134. Várias das conclusões tiradas foram as seguintes:

- A ocorrência dos tornados na Argentina se dá ao norte do paralelo de 40° S e a leste do meridiano de 65° W.
- A província de Córdoba concentra o maior número de ocorrências, praticamente um terço do total registrado.
- 85% dos tornados ocorrem entre outubro e março. Não há ocorrência de tornados entre 6 e 12 horas, a maioria ocorrendo às 14 horas ou depois.
- Com relação à direção de deslocamento dos tornados, a maioria (44%) se deu de sudeste para noroeste.
- A área média atingida pelos tornados é de 10 km<sup>2</sup>, com 68% possuindo um rastro com comprimento entre 5 e 20 km e uma largura de 50 a 700 m.

Um caso sobressaente foi o tornado do dia 10 de janeiro de 1973, em San Justo, Província de Santa Fé, com o doloroso saldo de 65 mortos. De acordo com os danos produzidos, se estimou, com a escala F (Fujita), que a velocidade máxima que o vento chegou a alcançar foi de 500 km/hora. Dentre os efeitos causados pelo sinistro, deve ser citado o caso de um carro pequeno que foi carregado por um quarteirão e jogado no primeiro andar de um prédio. Considera-se que o tornado em referência foi o pior tornado registrado no mundo fora das fronteiras dos Estados Unidos.

Outro sinistro de monta ocorreu no dia 4 de janeiro de 1974, em Bolívar, e provocou a queda das torres de linhas de alta tensão provenientes de El Chocón, com a consequente falta de energia elétrica em uma vasta região do país.

Na figura abaixo, encontra-se assinalada a região de ocorrência principal de tornados na Bacia do Prata, com apresentação dos locais dos tornados registrados pelo Serviço Meteorológico da Argentina, com destaque para San Justo.

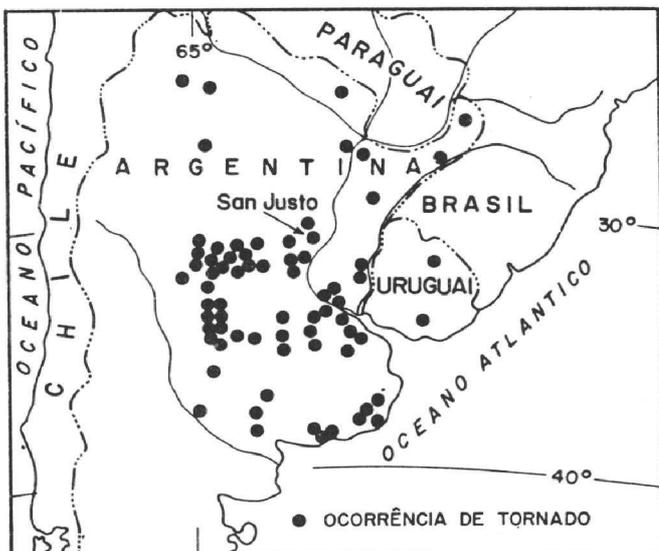
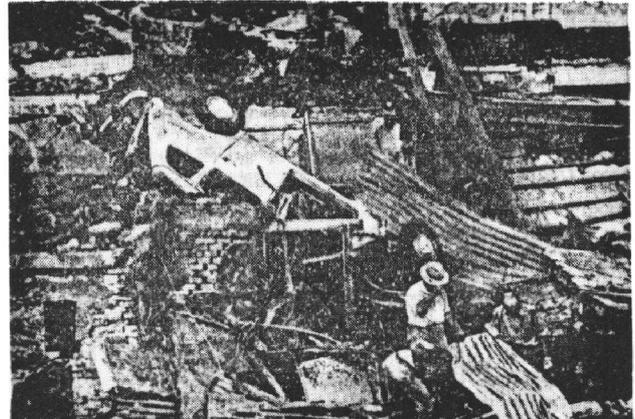


Fig. 17 - Mapa da região de ocorrência principal de tornados.

Na figura 18, abaixo estão reproduzidas algumas fotos do efeito do tornado de San Justo, publicadas no Boletim Informativo nº 5, do Serviço Meteorológico da Argentina.



Daños ocasionados en la localidad de San Justo (Província de Santa Fé) por el tornado ocurrido el día 10 de enero de 1973

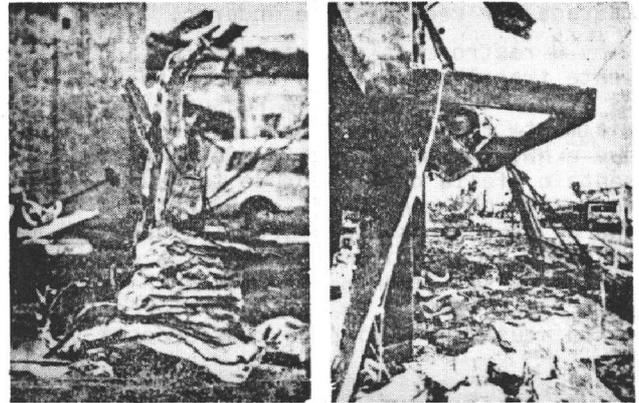


Fig. 18 - Fotos mostrando a destruição causada pelo tornado de San Justo, que causou a morte de 65 pessoas;

#### CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pelo que foi apresentado no trabalho em pauta, depreende-se que a região da Bacia do Paraná (Bacia do Prata) é propensa à ocorrência de tornados, os quais podem se fazer presente de maneira fraca até catastrófica. Os seus efeitos, de um modo geral, só se fazem sentir quando suas trajetórias passam por alguma cidade ou aglomerado urbano, resultando então perdas materiais e humanas dignas de menção.

O exame da figura 4, onde estão plotados os 24 rastros de tornados identificados pelo autor, mostra que a colossal represa de Itaipu encontra-se encravada em área de ocorrência de um grande número desses sinistros, alguns dos quais, tal como o de nº 9, com rastro de 70 km e largura de 1,5 km, certamente teriam causado grandes estragos caso suas trajetórias tivessem atingido sítios mais urbanizados. A exemplo do que aconteceu em Bolívar, Argentina, em 1974, os tornados devem ser considerados como uma constante ameaça à rede elétrica de transmissão ligada à usina de Itaipu.

Uma incógnita que surgiu em razão do presente estudo, está ligada à estranha coincidência de alguns rastros de tornados com anomali-

as magnéticas lineares regionais (que refletem a presença de diques básicos preenchendo o sistema NW de geoclases da Bacia do Paraná). Assim, o rastro nº 9 tem sua trajetória de 70 km perfeitamente alinhada com uma anomalia magnética linear de cerca de 200 km de extensão. O rastro nº 1, que a exemplo dos demais foi originalmente tomado como uma zona de estressamento geobotânico, foi palco de trabalhos de pesquisa geológica por parte da empresa *The Anschutz Corporation* e, em decorrência, foi verificada a coincidência desta faixa desmatada com uma anomalia magnética discriminada por meio de levantamento geofísico terrestre.

Outrossim, para a dúvida: seriam essas superposições dos rastros dos tornados com anomalias magnéticas lineares regionais uma simples coincidência, ou será que os tornados, supercarregados eletricamente, não estariam tendo suas trajetórias algo influenciadas pelos efeitos magnéticos do campo terrestre local?

#### AGRADECIMENTOS

A coletânea de produtos fotográficos provenientes de um grande número de aerolevantamentos, e de imagens de Landsat, são possíveis graças à atenção recebida de diversos órgãos públicos e privados, aos quais o autor manifesta seus melhores agradecimentos:

- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, Rio, pelo fornecimento de fotografias aéreas trimetrogon, de 1943, a partir de negativos cuidadosa e eficientemente conservados.
- Instituto de Terras e Cartografia do Paraná - ITC, Curitiba, pela cessão de produtos fotográficos de levantamentos de 1952-57, e de 1962-64.
- Divisão de Fotointerpretação do Instituto Brasileiro do Café - IBC, Rio, pelo fornecimento e facilidades de consulta de produtos fotográficos de levantamentos de 1970-72.
- Centro de Cartografia da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM, Rio, pela cooperação e facilidades de consulta de produtos fotográficos do levantamento de 1965.
- Aerofoto-Cruzeiro, Rio, pelo fornecimento e facilidades de consulta dos produtos dos levantamentos de 1959-60 e de 1974.
- Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE, São José dos Campos, pelo fornecimento de imagens de Landsat.
- 5a. Divisão de Levantamentos da Diretoria do Serviço Geográfico, Rio, pelo fornecimento de fotografias aéreas do levantamento de 1965.
- Estado Maior das Forças Armadas - EMFA, Brasília, pelo deferimento da solicitação para a aquisição e publicação dos produtos fotográficos pertinentes ao território brasileiro, aqui referenciados.
- Departamento de Meteorologia da Universidad de Buenos Aires, Argentina, pela cessão de trabalhos relativos aos estudos dos tornados na Argentina.
- BP Mineração Ltda, Rio de Janeiro, pelas facilidades postas à disposição do autor para a preparação deste trabalho.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Maack, R. - Geografia Física do Estado do Paraná, Curitiba, 350 p., 1968.
- Nalivkin, D.V. - Hurricanes, Storms and Tornadoes, Rotterdam, A.A.Balkema, 597 p., 1983.
- Servicio Meteorologico Nacional - Tornados, Boletín Informativo nº 5, Buenos Aires, 1984.
- Tenan, L.C. - Furacão sobre o município de Lajeado, Rio Grande do Sul, relatório Sunab/Deal, Rio, 1967.
- Schwarzkopf, M.L.; Rosso, L.C. - Severe Storms and Tornadoes in Argentina, 12th Conference on Severe Local Storms, San Antonio, Texas, 1982.
- Wiens, F. et al. - Mapa geológico do Paraguai Oriental, 1:500.000, Primer simposio sobre recursos minerales del Paraguai, Asunción, 1982.