

# A Primeira Onda de Frio no Brasil em 1996

Nury Oyamburo

José A. Marengo

Angel G. Comejo

Iracema F.A. Cavalcanti

Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC), INPE

Rodovia Presidente Dutra Km. 40, 12630-000 Cachoeira Paulista, São Paulo, Brasil

## Abstract

The first episode of cold surge affected southeastern Brazil on 18-19 April 1996. The synoptic situation and the dynamic mechanisms of this event are analysed.

## 1 Introdução

Geadas e temperaturas limitantes para a agricultura no sul do Brasil são causadas pela entrada de massas de ar frio provenientes das altas latitudes. Estas são observadas durante os meses de Abril a Setembro. Eventos como este se estendem muitas vezes até a Região Amazônica e são denominados de "friagem", causando um declínio brusco da temperatura sobre esta região (Marengo et al., 1996).

A frequência destes casos varia de ano para ano, sendo de zero até oito eventos, e quase sempre está associada a ocorrência de geadas amplas sobre as Regiões Sul, sul da Região Centro Oeste, São Paulo e regiões serranas de Minas Gerais. Geralmente as geadas causam grandes prejuízos para a agricultura de café no Brasil, registrados em Julho de 1975, Maio de 1979, Julho de 1981, e Junho e Julho de 1994 (Fortune and Kousky, 1983; Marengo et al., 1996). Os prejuízos estimados em 1995/96, devido às geadas de Junho e Julho de 1994, foram de até 50 e 80% em São Paulo e no Paraná, respectivamente.

No monitoramento da ocorrência de geadas, o problema é prever quais eventos vão evoluir tornando-se intensos, e que poderão causar grandes prejuízos à agricultura da região, em especial ao café e à pastagem. Uma boa previsão poderá por em prática medidas de combate às geadas para proteger os cultivos e reduzir os danos. As primeiras geadas de 1996 ocorreram entre os dias 18 e 19 de abril e seguiram o padrão caracterizado como típico (Marengo et al., 1996). Os modelos numéricos do tempo do CPTEC do dia 16 de Abril, previam a passagem de um sistema frontal pela Região Sul e na sua retaguarda a entrada de uma massa de ar frio polar continental que afetaria com geadas os Estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e regiões serranas do Paraná, nos dias 18, 19 e 20. Declínio acentuado de temperatura foi registrado na Região Centro Oeste estendendo-se no dia 20, até o sul do Estado do Amazonas. Na região do Vale do Paraíba, no Estado de São Paulo, as temperaturas chegaram a declinar até 10°C no dia 19.

## 2 Objetivos

Este trabalho tem como objetivo descrever o episódio de 18-19 de abril de 1996, tendo como base as observações recebidas pelo INMET e as análises das 12 UTC fornecidas pelo modelo numérico do National Centers for Environmental Prediction (NCEP). Nesta descrição observaremos a intensidade desta onda fria, sua extensão horizontal e alguns processos dinâmicos tais como a advecção de ar frio sobre as regiões afetadas. Esta avaliação pós-facto, será útil para o futuro monitoramento e previsão dos eventos.

## 3 Descrição do Evento

**a. Temperaturas mínimas:** A Fig. 1 mostra uma série temporal das temperaturas mínimas de algumas cidades do Brasil ocorridas entre 12 e 21 de Abril de 1996. Na localidade de Boa Vista, a temperatura não declinou muito enquanto que, na cidade de Tarauacá, a temperatura decresceu até 4°C entre os dias 18 e 19 de abril. No norte do Estado de São Paulo o dia mais frio foi 19 e nas regiões serranas do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, as temperaturas mais baixas ocorreram no dia 18, quando as temperaturas alcançaram 0°C e a queda foi de até 15°C. Houve ocorrência de geadas no dia 18, nas localidades de Bom Jesus e S. Joaquim, que registraram a temperatura mínima de 0°C e 0.3°C, respectivamente. É importante ressaltar que no sul do Brasil, neste mesmo dia, houve uma elevação da temperatura de até 12°C, que voltou a declinar no dia seguinte entre 3° a 7°C. Isto se deve possivelmente à entrada de uma nova massa de ar frio, porém menos intensa que a anterior. Este segundo resfriamento pode ser visto na série temporal das estações de São Paulo. A temperatura mínima registrada em Cuiabá, no dia 19, foi de 16.9°C e nesse mesmo dia o Estado de Minas Gerais registrou valores entre 9 e 13°C. (Informações obtidas através do INMET). Também observou-se uma queda de temperatura com ocorrência de geadas, na Região Sul, no dia 18.

**b.- Análise Sinótica:** As análises do campo de pressão do NCEP e os mapas sinóticos plotados no CPTEC para as 12 UTC do dia 14, indicaram um sistema frontal sobre o Uruguai. Este sistema deslocou-se pela Região Sul do Brasil e estava associado a um sistema de baixa pressão localizado no litoral do Uruguai, causando precipitações de 20 mm sobre o sul do Rio Grande do Sul, no Brasil. No dia 17, a frente fria encontrava-se no noroeste do Estado de São Paulo

estendendo-se pelo interior sobre o Mato Grosso e Goiás. Este sistema frontal deslocou-se até o norte do Espírito Santo, no dia 18, onde enfraqueceu, afastando-se para o Oceano Atlântico.

O anticiclone frio na retaguarda do sistema frontal encontrava-se no dia 14 próximo à costa do Chile, deslocando-se no dia seguinte para leste em latitudes entre 35 e 42°S. No dia 17, a massa de ar frio deslocou-se para o norte, seguindo uma trajetória meridional ao longo do lado leste da Cordilheira dos Andes no Chile, com centro de 1026 hPa em 30°S. No dia 18, o anticiclone localizava-se sobre o sul/sudoeste do Brasil, com um centro de 1024 hPa, entre 27 e 40°S. Nas Regiões Sul e Centro Oeste o vento predominante era do quadrante sul, enquanto que no litoral da Região Sudeste os ventos predominantes eram do quadrante sudeste. Pela posição das isóbaras e da componente sul/sudeste do vento, pode-se inferir a penetração do ar frio sobre esta região. No dia 19, o centro do anticiclone encontrava-se no Oceano Atlântico. A massa de ar frio não foi tão intensa, comparado com os outros eventos frios intensos identificados na literatura (Marengo et al. 1996). O anticiclone frio levou tres dias desde a costa chilena até alcançar a Região Sul no Brasil e mais um dia para alcançar a Região Sudeste.

As figuras 3 e 4 mostram os campos de pressão superpostos às imagens de satélite no canal infravermelho do satélite GOES 8, para os dias 17 e 18, às 12 UTC. Nota-se a área de pressão alta entre dois sistemas frontais, indicando o domínio e extensão da massa de ar frio, com subsidência, deixando o céu sem nebulosidade e causando forte declínio de temperatura.

No dia 14 observou-se um cavado na média troposfera, paralelo à costa do Chile, nas longitudes de 75/80°W, com um deslocamento para o leste. No dia 15, o cavado se posicionou sobre a Argentina em 70°W e alcançou, no dia seguinte, os estados do Sul e Sudeste do Brasil, ao longo de 55°W. Neste mesmo dia, uma crista orientada de noroeste para sudeste estava sobre o extremo sul da América do Sul. Ambos sistemas, (cavado e crista) deslocaram-se para leste, no dia 17. No dia 18, o cavado teve um lento deslocamento, enquanto a crista deslocou-se rapidamente. Um novo cavado apareceu na costa chilena em 85°W, favorecendo a entrada de uma nova massa de ar frio mais fraca, observada no dia 20, sobre o sul do Brasil.

#### 4 Índices Associados ao Evento

O campo da altura geopotencial em 300 hPa (linhas sólidas) e o campo de PNM (regiões escuras representando o Anticiclone-AP e regiões mais claras representando as Baixas Pressões -BP) são mostrados na Fig. 4a, para o dia mais frio no sudeste do Brasil. A presença destes sistemas crista/cavado, com deslocamento para leste, é típico de todas as entradas de massa de ar frio. A localização destes sistemas indica que o vento geostrofico de sudoeste adveceu ar frio proveniente das latitudes altas para o sudeste do Brasil. Esta hipótese pode ser comprovada na Fig. 4e, que mostra a série temporal do índice TSB definido como a temperatura média na área denominada SB situada no sudeste do Brasil, e do índice Z85H-Z85L, sendo Z85H (Z85L) a média da altura geopotencial de 850 hPa na região de Alta Pressão AP (Baixa Pressão-BP). Assim definidos, Z85H-Z85L representa o gradiente de pressão, que é um índice do vento geostrofico. Pode-se ver que os maiores declínios da TSB ocorrem simultaneamente com os valores de Z85H-Z85L, supondo-se que o vento geostrofico do sudoeste que advece ar frio seria ao menos parcialmente responsável pela queda das temperaturas.

Em relação à alta pressão, definimos os índices TADH como a advecção de temperatura no campo de 700 hPa e Z85HCH como a variação em 6 horas da altura geopotencial (AG) no campo de 850 hPa. O último índice é um indicador, se for positivo (negativo) de que a AG está aumentando (diminuindo). A Fig. 4c mostra as séries temporais dos índices TADH e Z85HCH, os quais apresentam uma defasagem de 180 graus, isto é, quando um deles está crescendo o outro decresce. Isto significa que quando o índice Z85HCH tem valores positivos como aconteceu no dia 16 Abril, a alta pressão AP estava aumentando e a advecção térmica nos 700 mb era negativa. Este comportamento sugere que movimentos descendentes, associados com advecção negativa na média troposfera, poderia haver produzido divergência nos níveis mais baixos (perto de 850 mb). Isto resultaria em um incremento de pressão nos níveis próximos da superfície.

A formação da baixa pressão (BP), (sombreado claro na Fig. 4a), pode estar associada a movimentos ascendentes relacionados à presença de valores significativos de advecção de vortacidade nos altos níveis. A baixa pressão é observada na parte dianteira do cavado em altos níveis. Para confirmar esta hipótese, define-se o índice VORTAD5 que é uma média de advecção de vortacidade no campo de 500 hPa em uma região próxima à BP. Definiu-se também Z85LCH que é a variação em 6 horas da altura geopotencial na mesma região. Quando este índice indica valores positivos (negativos), significa que a BP está enfraquecendo (aumentando). A Fig. 4f mostra que os índices VORTAD5 e Z85LCH têm um comportamento semelhante. Por exemplo quando VORTAD5 tem valores negativos associados à advecção de vortacidade ciclônica (AVC), o índice Z85LCH também tende a ter valores negativos. Isso implica na diminuição de pressão próxima à superfície, relacionada com a AVC, convergência e aumento de vortacidade ciclônica nos baixos níveis.

A Fig. 4b mostra a série temporal de TSB e de outro índice, Z5CAR, definido como a média da altura geopotencial em 500 hPa em uma região denominada CAR (Centro da Argentina). Pode-se ver que Z5CAR alcança um valor mínimo aproximadamente 48 horas antes de que a TSB o faça, sugerindo que isto seria um indicador de previsão de temperaturas baixas no SB. A advecção de temperatura em 700 hPa (TADCAR) e a altura geopotencial em 500 hPa (Z5CAR), na região CAR, têm um comportamento semelhante, (Fig. 4d), mostrando a passagem do cavado e a advecção negativa de temperatura.



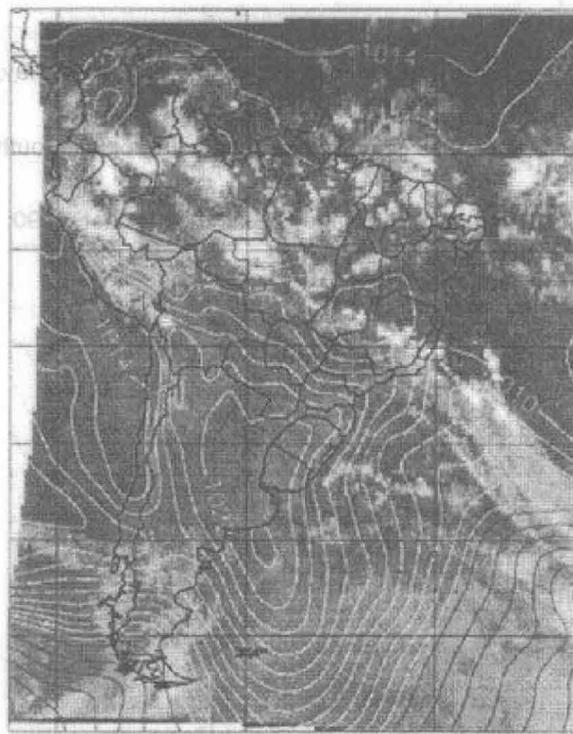


fig 1 Imagem do Satélite 18/04/96 00:UTC

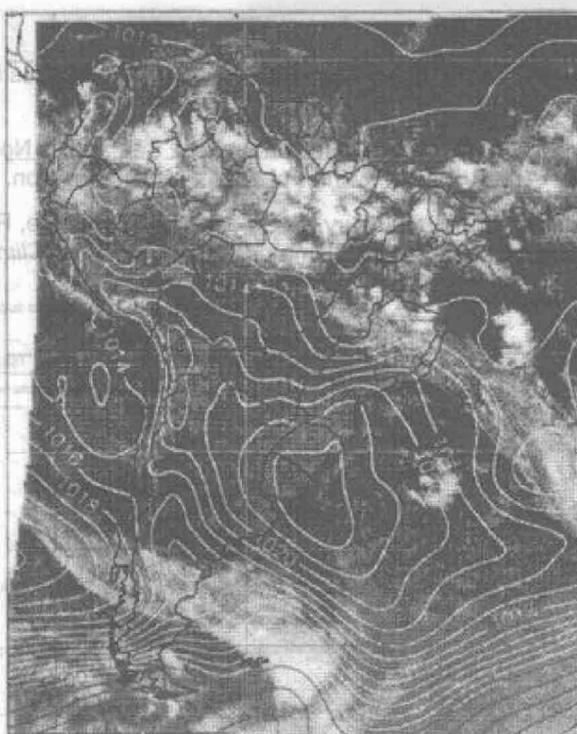


fig 2 Imagem do Satélite 19/04/96 00:UTC

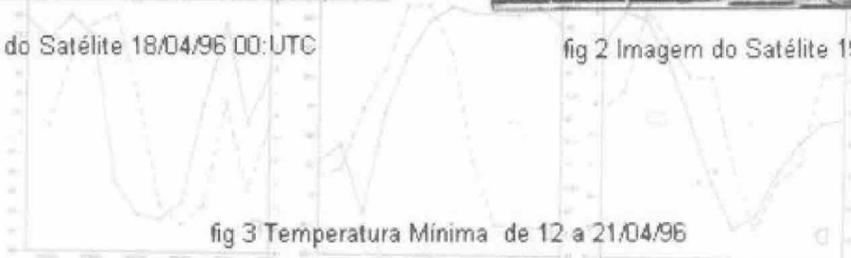


fig 3 Temperatura Mínima de 12 a 21/04/96

