



**Análise de Veranicos Intensos na Região Sul do Brasil e Condições Sinóticas Associadas**  
Analysis of Intense Small Summers in Southern Brazil and Associated Synoptic Conditions

*William Duarte Jacondino<sup>1</sup>; Humberto Conrado<sup>1</sup> & Ana Nascimento<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, Programa de Pós-Graduação em Meteorologia,  
Centro de Pesquisas e Previsões Meteorológicas, Av. Ildefonso Simões Lopes, 2751, 96060-290, Pelotas, RS, Brasil.  
E-mails: [williamjacondino@hotmail.com](mailto:williamjacondino@hotmail.com); [hconradohc1@gmail.com](mailto:hconradohc1@gmail.com); [analuciasne@gmail.com](mailto:analuciasne@gmail.com)

Recebido em: 25/04/2018 Aprovado em: 18/07/2018

DOI: [http://dx.doi.org/10.11137/2018\\_2\\_377\\_389](http://dx.doi.org/10.11137/2018_2_377_389)

## Resumo

Os veranicos são atribuídos a situações em que o regime regular da estação fria de uma região é interrompido, sendo caracterizados por apresentar um período prolongado de temperaturas anormalmente altas para uma determinada estação do ano e precipitação insignificante (igual ou inferior a 1 mm). Este trabalho teve por objetivo aplicar uma metodologia que permite quantificar os veranicos mais intensos ocorridos no período sazonal de maio a setembro, durante o período de 1991 a 2015 na região sul do Brasil e obter um detalhamento do ambiente sinótico predominante associado aos estágios de formação e maturação destes eventos. Um total de 72 eventos foram identificados, sendo 27 considerados eventos intensos de acordo com limiares estabelecidos seguindo critérios de duração, abrangência e magnitude. Os resultados indicam que o fenômeno atua com maior magnitude no estado do Rio Grande do Sul, sendo agosto e setembro apresentam maior magnitude, enquanto que apenas agosto apresenta mais casos. Campos compostos de variáveis atmosféricas são calculados sobre os 27 casos mais intensos. As análises indicam que o fenômeno está associado a configuração de uma crista amplificada persistente sobre o centro-leste da América do Sul e favoreceu o transporte em baixos níveis de ar quente e seco da região Centro-Oeste para o Sul do Brasil. As análises também indicam que nos dias que antecederam o veranico ondas mais longas predominam sobre o Oceano Pacífico.

**Palavras-chave:** bloqueio; região sul; campos compostos; veranico

## Abstract

Small summers are assigned to situations where the regular regime of the cold season of a region is interrupted, being characterized by having a prolonged period of anomalously high temperatures for a given season of the year and insignificant precipitation (equal to or less than 1 mm). The objective of this paper was to apply a methodology that allows to quantificate the most intense small summers events that occurred in the seasonal period from may to september during the period from 1991 to 2015 in the southern region of Brazil and obtain a detailing description of the predominant synoptic environment associated with the stages of formation and maturation of these events. A total of 72 events were identified, of which 27 were considered intense events according to thresholds established according to duration, range and magnitude criteria. The results indicate that the phenomenon acts with greater magnitude in the state of Rio Grande do Sul, with August and September presenting greater magnitude, whereas only August shows more cases. Composite fields of atmospheric variables are calculated about the 27 most intense cases. The analyzes indicates that the phenomenon is associated with the configuration of a persistent amplified ridge on the center-east of South America and favored transport in low levels of hot and dry air from the Midwest region to the South of Brazil. The analyzes also indicates that in the days before the small summer longer waves predominate over the Pacific Ocean.

**Keywords:** blocking; south region; composite fields; small summer

## 1 Introdução

A região sul do Brasil (RSB) compreendida pelos estados do Rio Grande do Sul (RS), Santa Catarina (SC) e Paraná (PR) situa-se no cinturão de latitudes subtropicais, cujo clima apresenta as estações do ano bem definidas, sendo o mês de julho o período regularmente mais frio e típico do inverno. O clima da região apresenta uma distribuição uniforme de chuvas ao longo do ano, sendo determinado basicamente pela passagem regular de sistemas frontais na região. Entretanto, entre os meses de maio e setembro, estes sistemas meteorológicos sinóticos de latitudes médias atuam na região com maior frequência e intensidade, influenciando mais o regime de chuvas e ocasionando a queda nas temperaturas, com a consequente redução de dias sob a presença de massas de ar quente oriundas das latitudes baixas. Estas condições sazonais também são caracterizadas por uma intensificação da circulação atmosférica em níveis médios e superiores da troposfera, o que proporciona a condição mais transiente dos sistemas migratórios.

O regime frio da região caracterizado entre os meses de maio e setembro, pode em algumas situações ter a incursão de massas frias provenientes de latitudes mais ao sul interrompidas, deixando a região sob condições de anomalia quente e seca. Quando estas anomalias persistem por 4 ou mais dias com ausência de precipitação significativa são denominadas de veranicos. O estudo pioneiro caracterizando a ocorrência de veranicos no RS foi conduzido por Machado (1950). A metodologia utilizada por este autor para identificação da ocorrência de veranicos no RS considera um período de quatro ou mais dias somado a critérios limiares de temperatura (fixo), apresentando condições atmosféricas com temperaturas máximas superiores a 25°C e temperaturas mínimas superiores a 12°C. Entretanto, conforme mencionado por Machado (1950) e posteriormente por Jacobsen (1999), os veranicos também estão caracterizados por condições atmosféricas de vento fraco e pouca nebulosidade, indicadores que também têm sido usados para caracterizar condições de veranicos.

Adotando o critério proposto por Luz *et al.* (2012), Conrado *et al.* (2014) analisaram a

incidência de veranicos para 12 municípios do RS durante o período de 1991 a 2011 e concluíram que a incidência do veranico é comum ao inverno da região, mas de forma heterogênea na área, onde enquanto regiões a oeste do estado apresentaram ocorrência em metade dos anos, no leste a incidência é significativamente reduzida pela proximidade do mar. Os autores também concluem que a incidência é regular ao longo do período sazonal frio, mas não de todo homogênea, sendo muito maior em agosto. Adotando a mesma metodologia Conceição *et al.* (2014) estenderam o estudo para 23 municípios da região Sul do Brasil (RSB), onde constataram que o veranico atua de maneira variada na região, apresentando poucas ocorrências sobre o estado do Paraná situado ao norte da região, enquanto que, sobre os estados de Santa Catarina (centro) e Rio Grande do Sul (sul) há maior número de ocorrências sobretudo a oeste.

As condições características de veranicos de temperaturas anormalmente quentes para a estação, ausência de precipitação significativa, pouca nebulosidade e vento fraco indicam que o evento pode estar associado a massas de ar quente e seco estacionadas sobre a região, interrompendo o regime da estação fria do ano. De acordo com Satyamurty *et al.* (1998), geralmente, estas situações estão associadas à ação de sistemas de bloqueio na circulação atmosférica sobre a América do Sul (AS), que ocasionam o desvio da circulação atmosférica, com a consequente interrupção do deslocamento dos sistemas de precipitação sobre a região. Os estudos sobre bloqueios foram inicialmente realizados, para o Hemisfério Norte, sendo o estudo pioneiro realizado por Willet (1949). O autor verificou que o escoamento de oeste nas latitudes médias varia constantemente entre as circulações com alto índice zonal e com baixo índice zonal. O padrão com baixo índice zonal corresponde àquelas situações com o escoamento zonalmente bloqueado. Para o Hemisfério Sul, esses estudos iniciaram somente a partir da década de 1980. De acordo com Nascimento (1998) no Hemisfério Sul existem duas configurações principais típicas de bloqueios atmosféricos, ambas associadas com o afastamento dos jatos subtropical e polar. A situação em que a região do jato polar apresenta um escoamento anti-ciclônico em médios

e altos níveis, estando associado a uma região de anomalia de alta pressão tem sido descrita de ômega invertido (HS), devido a semelhança com a letra grega  $\Omega$  invertida. Caso ocorra a formação de uma região de baixa pressão ao norte associada a uma anomalia de alta pressão ao sul, caracterizando uma curvatura ciclônica no escoamento da região do jato subtropical e uma curvatura anti-ciclônica na região do jato polar, forma-se, meridionalmente, um padrão denominado dipolo. Mendes *et al.* (2005) em levantamento climatológico de ocorrências de bloqueios para o período de 1960-2000 aponta que na região do oceano Pacífico Sul entre o leste de 180°W até 80°W (costa oeste da AS) a incidência de bloqueios é maior no inverno, sendo que os bloqueios posicionados mais próximos da AS (entre 120° - 80°W) no período do inverno estão associados a anomalias positivas de temperatura e negativas de precipitação sobre a região do Mercosul (e de sinais inversos mais ao sul sobre a Patagonia). Neste sentido, condições de veranico sobre o RS associadas a configurações de bloqueios atmosféricos tem sido identificadas por Acosta & Carvalho (2004) e Conrado *et al.* (2014) onde os autores apontam a presença de um centro de alta pressão persistente em baixos níveis sobre o Oceano Atlântico, associado a uma crista amplificada acima em níveis médios. Entretanto, os autores ressaltam também a presença de um escoamento de norte em baixos níveis responsável por transportar ar quente para a região do fenômeno.

Os dois trabalhos que tratam de estudos sinóticos sobre eventos de veranicos se restringiram a estudos de casos, que além de serem poucos, tratam de um caso em cada um. Neste contexto, o objetivo deste trabalho é apresentar um estudo mais conclusivo das condições atmosféricas envolvidas na ocorrência deste fenômeno. Inicialmente será apresentado um levantamento dos eventos de veranicos mais intensos (de maior magnitude) ocorridos durante o período de 1991 a 2015 na região sul do Brasil e posteriormente uma análise sinótica por meio de campos compostos para os dias que antecedem e para os dias iniciais de ocorrência destes eventos, visando encontrar um padrão atmosférico associado aos processos de formação e maturação dos veranicos.

## 2 Metodologia e Dados

Neste trabalho, o conjunto de dados utilizados compreende valores diários de temperatura máxima e mínima do ar e precipitação, para o período de 1961 a 2015, totalizando 55 anos de dados, gerados por 20 estações meteorológicas convencionais de superfície no RS, SC e PR, operadas pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) para as seguintes localidades: RS: Bagé, Bom Jesus, Encruzilhada do Sul, Irai, Pelotas, Passo Fundo, Porto Alegre, São Luiz Gonzaga, Santa Maria, Santa Vitória do Palmar e Torres, SC: Campos Novos, Chapecó, Florianópolis, Indaial e São Joaquim, PR: Campo Mourão, Curitiba, Maringá e Paranaguá.

A identificação de condições características do evento é feita segundo o critério proposto por Luz *et al.* (2012) e adotado posteriormente por Conceição *et al.* (2014) e Conrado *et al.* (2014), que compreende um período recorrente de, no mínimo, 04 dias consecutivos com precipitação diária inferior a 01 mm, associado com anomalias de temperaturas máxima e mínima superando valores limites definidos para cada mês do período sazonal de estudo por localidade.

A análise da incidência de veranicos é feita sobre o período de 1991 a 2015, compreendendo 25 anos de dados tomada sobre o período sazonal de maio a setembro, considerando como o segmento frio do ano por considerações subjetivas. O cálculo da normal climatológica mensal e do desvio padrão mensal das respectivas séries de temperaturas máximas e mínimas diárias, para os meses de maio a setembro, é obtido sobre o período de 1961 a 1990 (30 anos de dados).

A quantificação da magnitude de cada caso de veranico é feita a partir do cálculo de um Índice de Severidade (IS) do evento local apresentado na equação 1, seguindo o método aplicado por Padilha (2005) e Satyamurty *et al.* (2007), dado aqui pelo somatório das anomalias normalizadas das temperaturas máximas diárias e temperaturas mínima diárias com respeito a seus respectivos limiares, calculados para os dias de cada evento de veranico.

$$IS = \sum_{i=1}^n \frac{T_{xi} - T_x}{T_x} + \sum_{i=1}^n \frac{T_{mi} - T_m}{T_m} \quad (1)$$

onde:  $i$  é o dia inicial do veranico,  $n$  é o dia final do evento veranico,  $T_{xi} - T_x$  é a anomalia de temperatura máxima diária com respeito a seu limiar local  $T_x$ ,  $\bar{T}_x$  é a temperatura média máxima obtida da série 1961-1990,  $T_{mi} - T_m$  é a anomalia da temperatura mínima diária com respeito a seu limiar local  $T_m$ ,  $\bar{T}_m$  é a temperatura média mínima obtida da série 1961-1990.

O cálculo do IS de cada evento de veranico é feito sobre a média das ocorrências locais em período simultâneo. Assim, o evento veranico é contabilizado pelas ocorrências locais combinadas acusando o fenômeno em uma escala maior (regional).

O critério adotado para selecionar os eventos mais intensos considera uma magnitude mínima do IS, dado pela média dos IS de todos os eventos (ISmed) de um determinado estado, combinado com sua duração igual ou maior que cinco dias e abrangência de três ou mais cidades. Como recurso para interpretar a magnitude dos eventos, é considerado um evento moderado ou intenso quando o valor do seu IS iguala ou supera o ISmed de um estado.

O estudo sinótico é realizado através de campos compostos dos eventos mais significativos selecionados. Os dados usados para cálculo dos compostos são campos meteorológicos médios diários para diversas variáveis e sua anomalia referente ao período de 1991 a 2015, obtidos de dados de reanálise do National Centers for Environmental Prediction (NCEP II)/NCAR dos Estados Unidos (Kanamitsu *et al.*, 2002). As variáveis meteorológicas utilizadas são: pressão ao nível médio do mar (PNMM), altura geopotencial, componentes zonal e meridional do vento, temperatura do ar e umidade relativa. Os campos foram analisados para os níveis padrões de 1000 a 250 hPa.

No cálculo dos compostos, devido a quantidade de amostras diminuir significativamente para eventos mais longos, as análises durante a ocorrência de veranico foram realizadas para os cinco primeiros dias de ocorrência do evento de veranico, afim de analisar apenas os processos e sistemas associados

a formação e maturação do fenômeno e não a sua dissipação. Análises para os dias que antecedem o fenômeno foram feitas para até sete dias antes do veranico, esta somente para a variável de geopotencial.

### 3 Resultados e Discussão

#### 3.1 Ocorrência e Intensidade dos Veranicos

Durante o período sazonal de maio a setembro entre 1991 e 2015 identificou-se um total de 305 ocorrências locais de veranicos pelos critérios de limiares adotados. Foram contabilizados um total de 72 eventos de veranico indicados por ocorrências locais simultâneas.

O Índice de Severidade (IS) foi calculado sobre o período de cada ocorrência local, sendo então calculados o IS de cada evento. Verificou-se por meio do cálculo da média mensal do IS segundo o mês de ocorrência conforme apresentado na figura 1, que os veranicos apresentam magnitude mínima no início do período frio em maio, enquanto que, de forma mais clara no RS e SC, aumenta para o fim, sendo máxima em setembro no RS e em agosto em SC.

A partir do IS de cada evento foi estimada a frequência de ocorrência de eventos por mês. A contabilização de eventos por mês é apresentada na figura 2, sendo agosto o mês com maior número de ocorrências (23) e setembro o menor (10). Para os demais meses do período sazonal a ocorrência de eventos se mostrou mais homogênea, contabilizando 11 eventos em maio, 15 em junho e 13 em julho, no período de 25 anos, compreendido entre 1991 e 2015.

O cálculo do IS médio por cidade revelou conforme ilustrado pelas figuras 3 e 4, que os valores de maior magnitude ocorreram no estado do RS. Entretanto, a incidência é marcadamente heterogênea entre as localidades e está muito relacionado por fatores da geografia local, tais como proximidade do oceano, relevo local de serra-vale e relação com latitude. No RS as localidades com maior índice são: Santa Maria, Encruzilhada do Sul e Bagé. Entretanto,



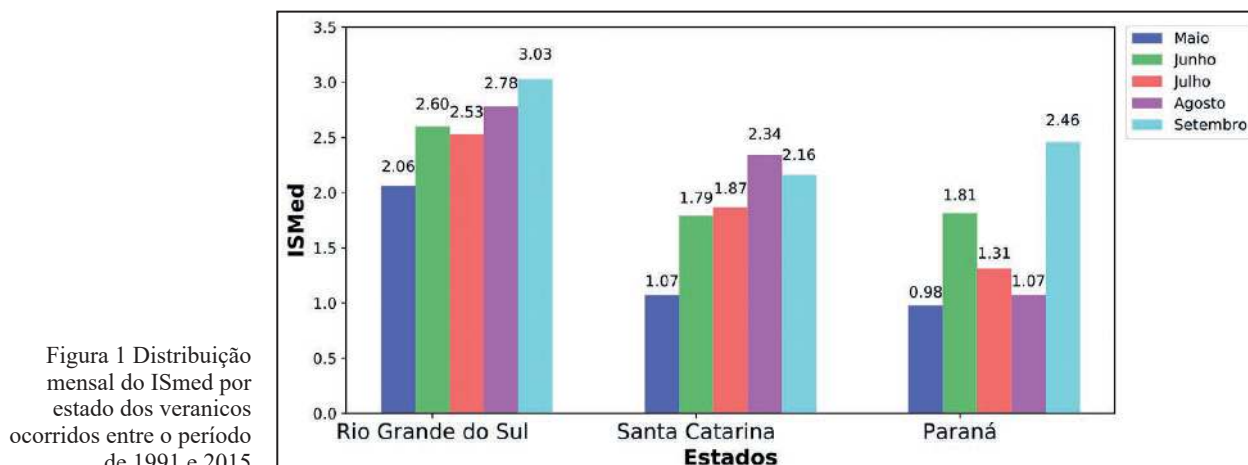


Figura 1 Distribuição mensal do ISMed por estado dos veranicos ocorridos entre o período de 1991 e 2015

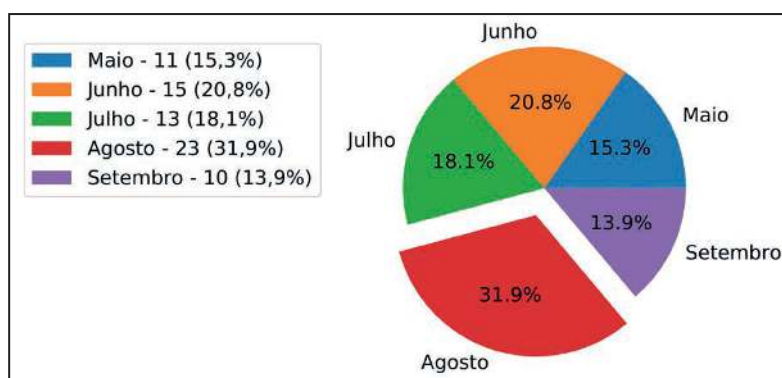


Figura 2 Contabilização mensal dos eventos de veranicos ocorridos durante o período sazonal de maio a setembro entre 1991 e 2015

cabe ressaltar que estas três localidades não são as que apresentam maior número de ocorrências de casos. Para os estados de SC e PR onde nota-se uma diminuição geral na magnitude do IS (figura 4), destacam-se as localidades de São Joaquim-SC e Campo Mourão-PR, por apresentarem magnitude do IS superior as demais localidades do seu estado. Ressalta-se que apesar dos resultados indicarem que os eventos de maior intensidade terem ocorrido no RS, há registros de casos isolados de eventos extremos ocorridos também nos estados de SC e PR, porém estes em situações mais incomuns.

Os limiares da magnitude mínima do IS (ISMed) adotado para compor o critério para seleção dos eventos mais significativos são calculados para cada estado, conforme apresentados na tabela 1.

O IS médio de cada evento é calculado por estado para aplicação do critério de seleção segundo o ISMed do estado, duração de mais de quatro dias e abrangência de pelo menos três cidades. Do total de 72

eventos registrados, cerca de 27 (37,5%) satisfizeram o critério, sendo assim, considerados eventos significativos em duração, abrangência e magnitude, sendo selecionados para compor os compostos a fim de analisar o padrão do ambiente sinótico durante os processos de formação e maturação do veranico. A distribuição temporal dos 27 eventos selecionados é apresentada na figura 5 com valores do ISMed



Figura 3 Distribuição do ISMed por cidade referente ao período sazonal de maio a setembro entre 1991 e 2015 para o estado do RS.

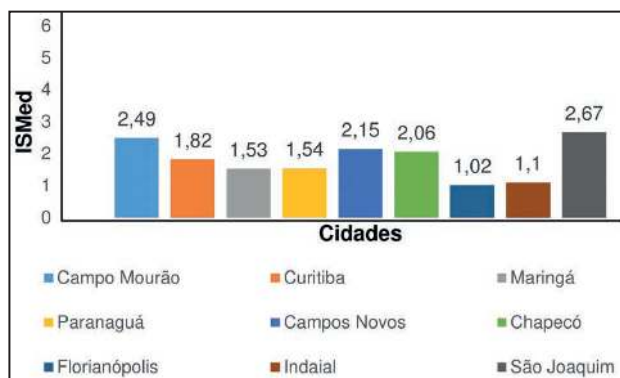


Figura 4 Distribuição do ISMed por cidade referente ao período sazonal de maio a setembro entre 1991 e 2015 para os estados de SC e PR.

Estado	ISMed
Rio Grande do Sul	≥ 2,28
Santa Catarina	≥ 1,86
Paraná	≥ 1,51

Tabela 1 Limiares para seleção dos eventos mais intensos por estado

separado por estado. Igualmente aqui observa-se que os eventos são mais intensos e frequentes no RS e mais raros e fracos no PR.

### 3.2 Compostos dos Veranicos mais Intensos

O estudo sinótico a seguir é realizado sobre os compostos dos 27 eventos destacados como mais significativos que são apresentados na figura 5, segundo critérios de duração, abrangência e magnitude estabelecidos conforme previamente discutido.

A partir do primeiro dia de veranico (Figura 6A), verifica-se uma configuração persistente de

bloqueio, do tipo crista amplificada atuando sobre o centro da AS entre (40°S; 30°W) e (60°W; 40°W). Nota-se também um cavado amplificado estacionado a oeste do continente sul americano (45°S; 75°W), marcado por uma significativa anomalia negativa de geopotencial que se intensifica entre o primeiro e o terceiro dia (Figuras 6A, 6B e 6C) e que a partir do quarto dia (Figura 6D) passa a enfraquecer.

Os compostos das linhas de corrente e magnitude do vento em 250hPa mostrados apenas para o primeiro e o quarto dia (Figura 7A e 7B) mostram o escoamento com a presença da corrente de jato posicionado ao sul no setor entre o cavado e a crista observados no campo de geopotencial. A orientação noroeste-sudeste da corrente de jato somado a sua posição mais ao sul da AS, impede que sistemas frontais avancem sobre a região de estudo, de modo que o ar mais frio fique restrito a latitudes maiores. O seu posicionamento ao sul e oeste do sul do Brasil indica também que a região sul do Brasil está sobre a atuação de uma atmosfera tropical.

Os compostos para PNMM (Figuras 8A, 8B, 8C, 8D, 8E), revelam a presença de baixas pressões sobre o Uruguai, norte da Argentina e Paraguai. Entre a região sul e nordeste do Brasil as isóbaras apresentam um sentido meridional e estão associadas a atuação de um sistema de alta pressão quente em baixos níveis sobre o Oceano Atlântico (30°S; 40°W) que se encontra em fase com a crista observada no campo de geopotencial nos níveis superiores. A partir do segundo dia (Figura 8B), a presença de uma ampla circulação anticiclônica associada ao sistema de alta pressão que se encontra sobre o Oceano Atlântico, juntamente com a circulação ciclônica de uma baixa térmica atuando no

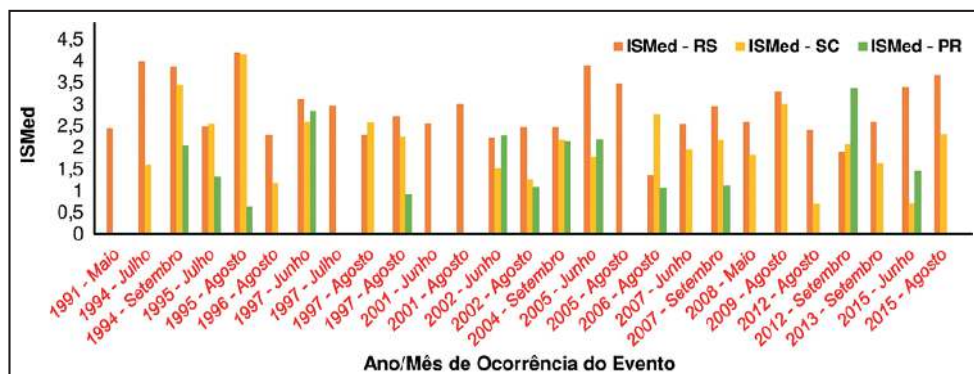


Figura 5 Distribuição temporal dos 27 eventos de veranicos mais intensos ocorridos na RSB durante o período sazonal de maio a setembro entre 1991 e 2015 com índice médio do evento separado por estado.

interior da Argentina cria um gradiente que favorece a canalização de um escoamento de nordeste para sudeste. A área sombreada na análise sobreposta ao campo de PNMM representa a anomalia com relação à média do período de 1991 a 2015 e indica que para o primeiro dia que condições de anomalia positiva persistiram sobre o Oceano Atlântico na posição onde encontra-se o núcleo da ASAS. Esta anomalia intensifica entre o segundo e terceiro dia (Figuras

8B e 8C) e começa a enfraquecer a partir do quarto dia (Figura 8D). Entre a região nordeste da Argentina e o Paraguai observa-se um núcleo de anomalia negativa de pressão persistente na localidade em que atua a baixa térmica, e que a partir do quarto dia (Figura 8D) esta anomalia expande para o RS e para oeste dos estados de SC e PR. O campo de uma maneira geral indica que existe uma situação de bloqueio e que os sistemas (frentes, ciclones) estão passando mais ao sul.

Figura 6 Compostos de altura geopotencial (contorno em mgp) e anomalia (sombreado) em 500 hPa. (A) dia 1, (B) dia 2, (C) dia 3, (D) dia 4, (E) dia 5.

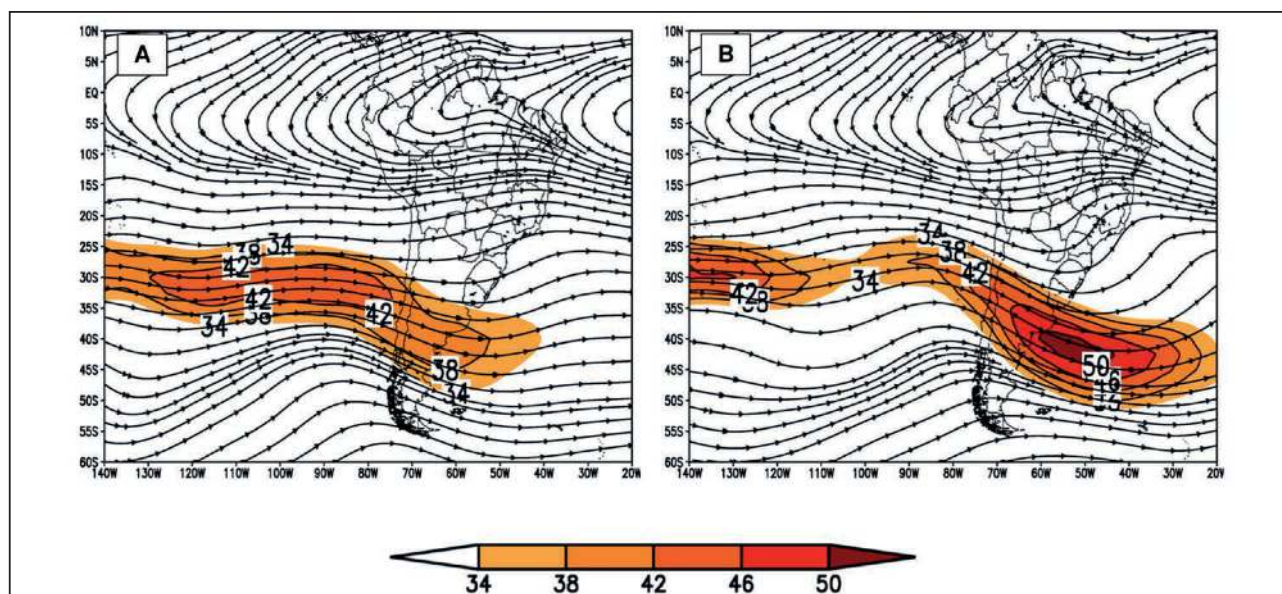
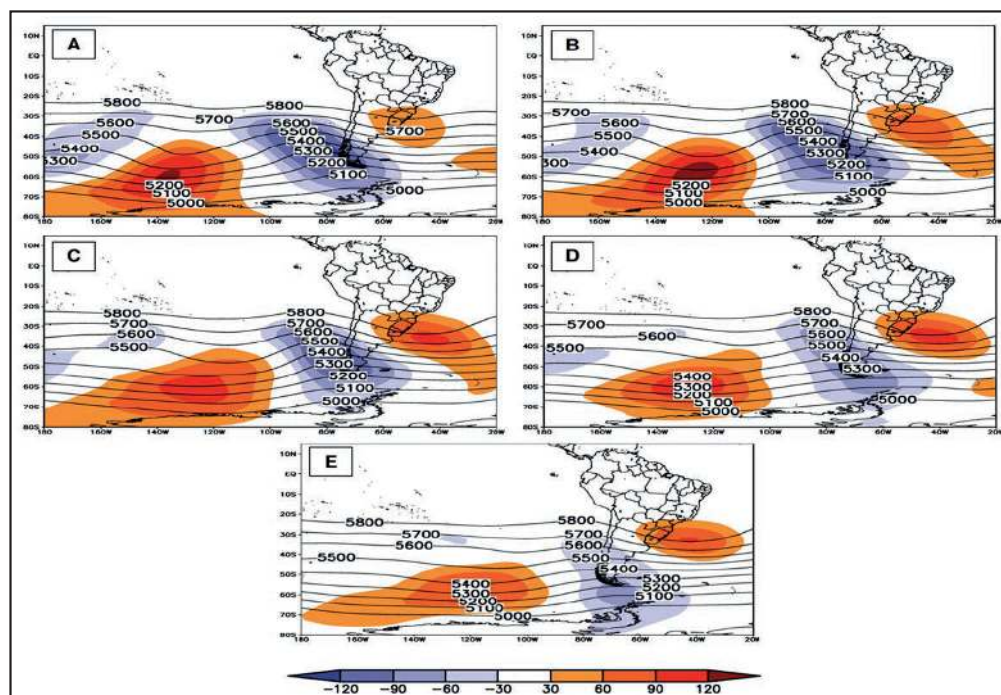


Figura 7 Compostos de linha de corrente (contorno) e magnitude do vento (sombreado em  $m \cdot s^{-1}$ ) em 250 hPa. (A) dia 1, (B) dia 4.



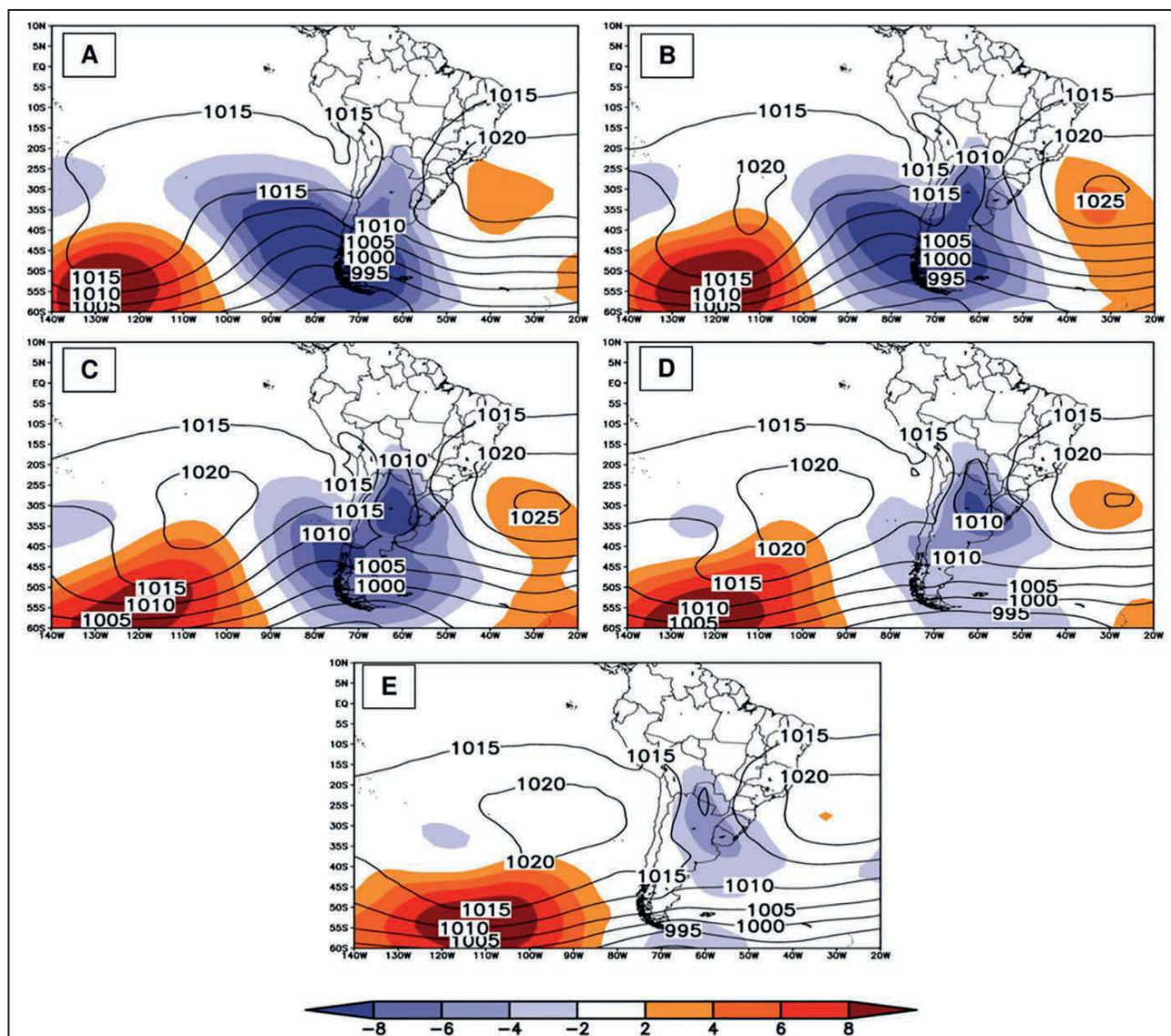


Figura 8 Compostos de PNMM (contorno em hPa) e anomalia (sombreado). (A) dia 1, (B) dia 2, (C) dia 3, (D) dia 4, (E) dia 5.

Os compostos da linha de corrente e magnitude do vento em 850hPa (Figuras 9A, 9B, 9C, 9D e 9E) indicam que há a presença em baixos níveis da atmosfera, de um vento de norte-nordeste pelo centro da AS, dirigido para o sul do Paraguai, nordeste da Argentina e RSB. Nota-se também que há uma associação deste vento com o domínio de uma circulação anticiclônica associada a ASAS, forçando o vento de norte a dirigir-se para o RS. A magnitude do vento mostra-se mais intensa a partir do segundo dia (Figuras 9B, 9C e 9D), chegando a superar os 51,8km/h entre o sul do Paraguai e oeste do RS. Ainda sobre a Argentina em aproximadamente 35°S

e 60°W entre o terceiro e o quarto dia (Figuras 9C e 9D), percebe-se uma configuração de convergência em baixos níveis. Nota-se também um cavado sobre o Oceano Pacífico (40°S; 80°W) (Figura 9A) deslocando-se para leste e que ao adentrar o continente sul Americano (Figuras 9C e 9D) tem o seu avanço bloqueado para norte-nordeste devido a configuração de bloqueio anteriormente descrita.

Para os compostos de umidade relativa, percebe-se em baixos níveis da atmosfera a presença de uma massa de ar seca dominando a região centro-oeste do Brasil, indicada por valores variando



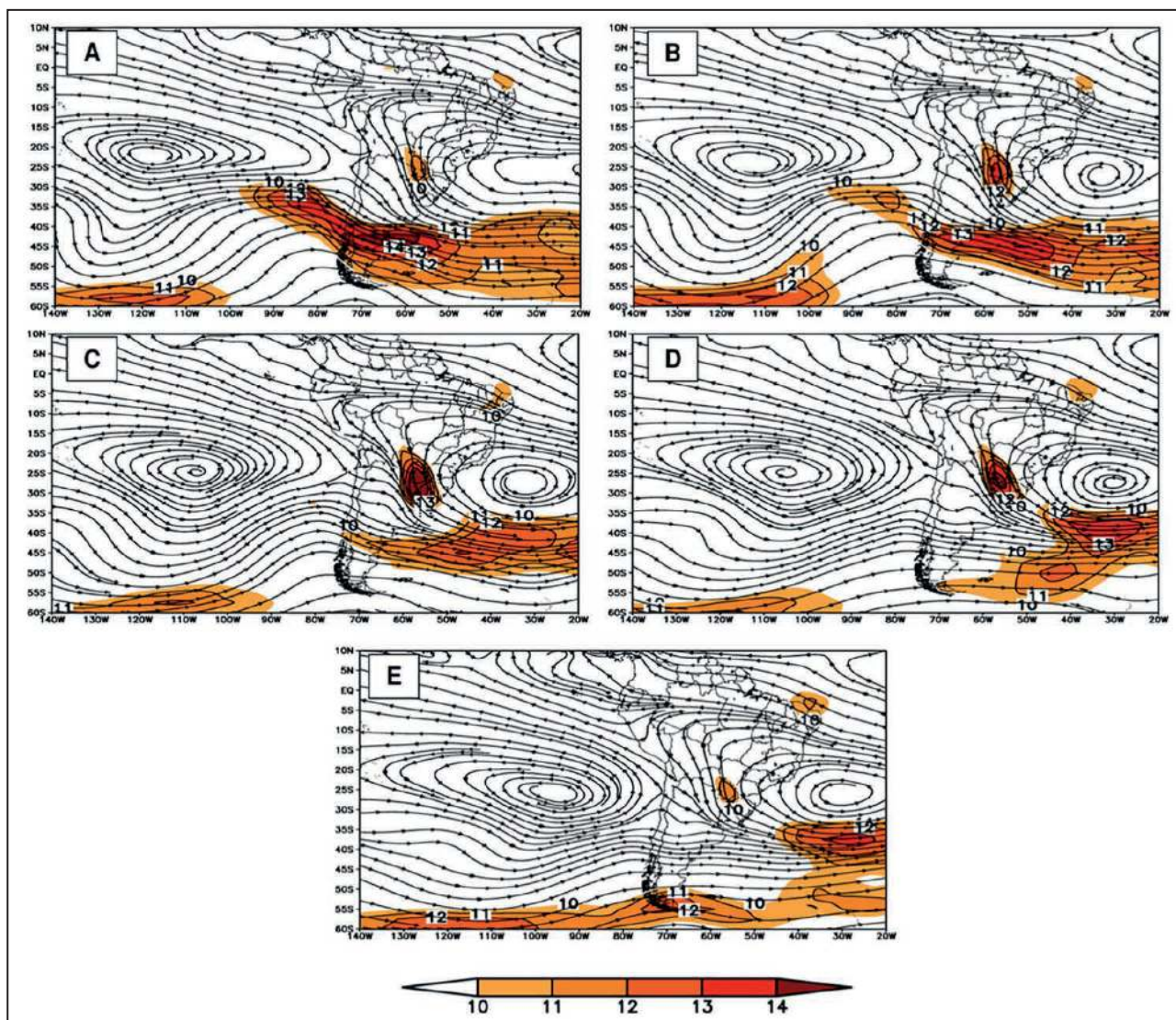


Figura 9 Compostos de linha de corrente (contorno) e magnitude do vento (sombreado em  $m.s^{-1}$ ) em 850 hPa. (A) dia 1, (B) dia 2, (C) dia 3, (D) dia 4, (E) dia 5.

entre 56% e 48% de umidade relativa. Nota-se no primeiro dia (Figura 10A) que a circulação da Alta Subtropical (ASAS) transporta ar relativamente mais úmido para a RSB, mostrando valores variando entre 60% na parte oeste da região, chegando até 72% de umidade relativa em localidades mais a leste. A partir do segundo dia (Figura 10B), a circulação de noroeste passa a advectar a massa de ar seca que se encontra na região centro-oeste do país para a RSB, indicada por valores de umidade relativa de 65% no RS e variando entre 60% na porção leste e 70% na faixa oeste de SC e PR respectivamente.

A magnitude da diminuição da umidade nos baixos níveis da atmosfera pode ser comprovada ao analisar a parte sombreado que representa a anomalia de umidade relativa. As análises deste campo para o primeiro dia (Figura 10A) revelam condições de anomalia negativa sobre a RSB, indicada por valores variando de -3% no interior do RS, chegando até -9% no noroeste do estado do PR. A partir do segundo dia (Figura 10B), nota-se que esta anomalia seca na fase madura expande para o sul e atinge a RSB, indicando que esta área é a mais afetada pelo veranico. Sobre o nordeste da Argentina, percebe-se



núcleos de anomalia positiva de umidade relativa, isto indica possivelmente que as frentes avançam até este ponto e estacionam nesta região, onde a partir dele, devido a configuração de bloqueio persistente que atua acima sobre a RSB impede o avanço destas frentes e faz com que a umidade sobre esta localidade se eleve. Para o quinto e último dia (Figura 10E), a configuração de bloqueio acima encontra-se deslocada mais a leste e permite que as frentes avancem com mais umidade do que o normal.

As análises dos compostos de temperaturas médias diárias (Figuras 11A e 11B) revelam o domínio de uma massa de ar quente sobre a região central do Brasil, indicada por núcleos de

temperatura com valores acima de 27°C e que em sua fase madura estende a sua influência até o sul do País (Figura 11B). Sobre a região sul do Brasil as temperaturas médias diárias para o primeiro dia (Figura 11A) situam-se acima dos 18°C e superam os 21°C no noroeste do RS e oeste de SC, chegando até 24°C no extremo noroeste do PR na fronteira com o Mato Grosso do Sul. Para o quarto dia (Figura 11B), percebe-se que a massa de ar quente situada no centro-oeste do país passa a exercer maior influência sobre a RSB, que passa a apresentar temperaturas médias diárias com valores acima de 21°C e que chegam a superar os 24°C na região noroeste de cada estado. A anomalia das temperaturas médias diárias

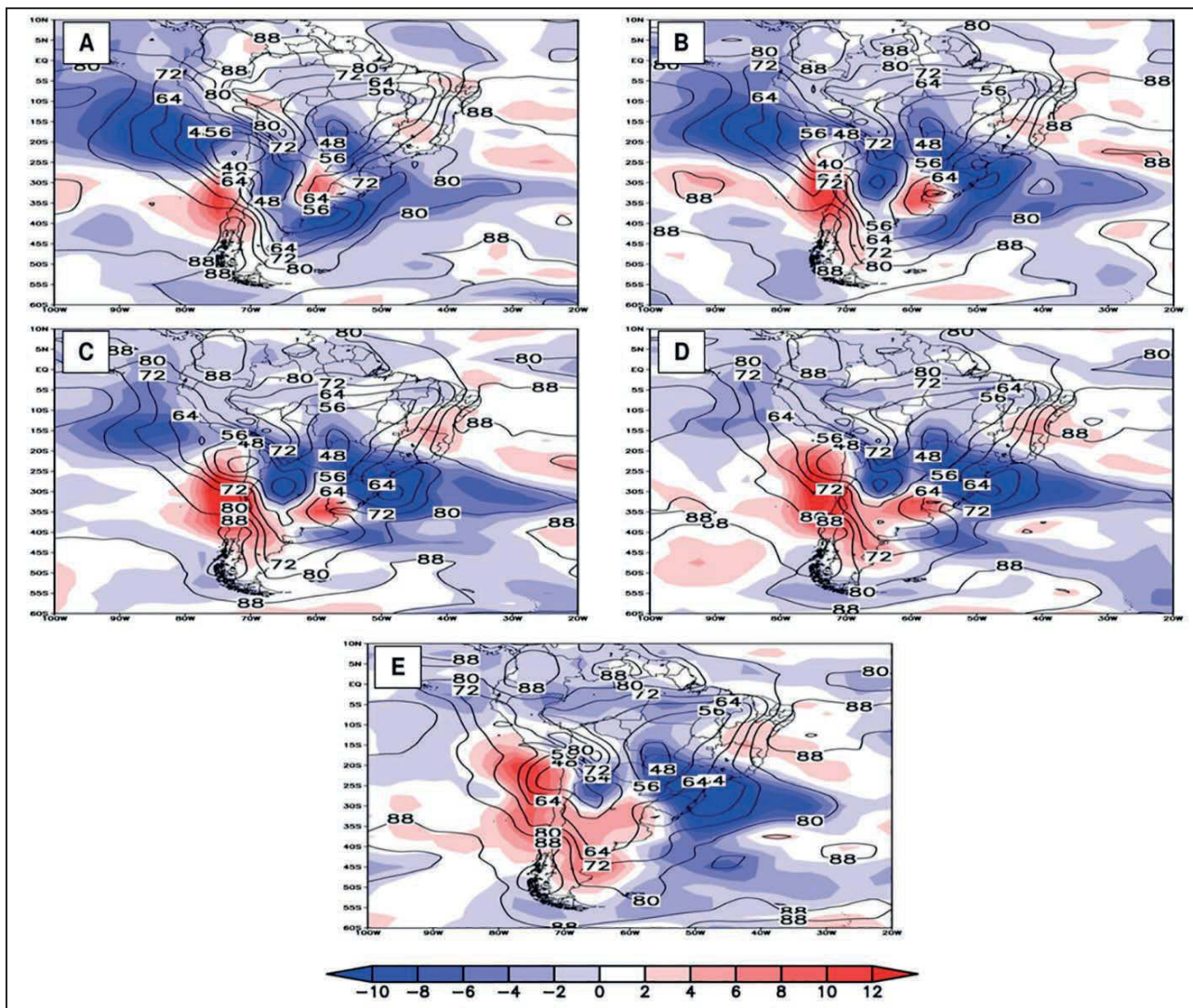


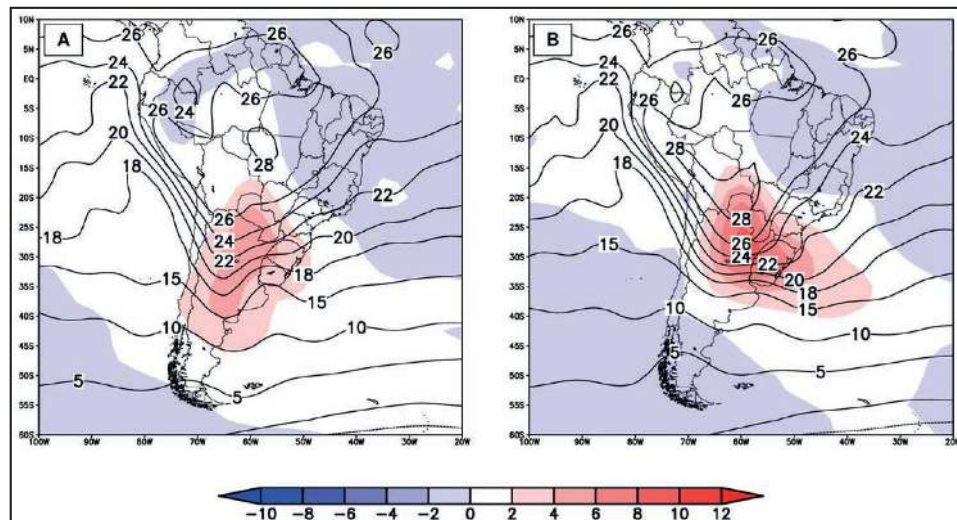
Figura 10 Compostos de umidade relativa (contorno em %) e anomalia (sombreado) em 925 hPa. (A) dia 1, (B) dia 2, (C) dia 3, (D) dia 4, (E) dia 5.

para o primeiro e o quarto dia (Figuras 11A e 11B) evidenciam a região que mais sobreaqueceu em relação ao normal, indicada através de núcleos de anomalia positiva de temperatura, estão posicionadas mais ao sul em relação ao núcleo da massa quente. Inicialmente encontram-se no centro da Argentina e posteriormente estende a sua influência sobre a RSB. Sobre o RS para o primeiro dia (Figura 11A) a anomalia de temperatura mantém-se acima de  $+2,5^{\circ}\text{C}$  e chega a superar  $+4,5^{\circ}\text{C}$  no extremo oeste do estado. Para o estado de SC a anomalia mostra-se mais significativa com valores acima de  $+3,5^{\circ}\text{C}$  na porção oeste do estado, enquanto que no extremo leste os valores são de  $+1^{\circ}\text{C}$  e evidenciam um decaimento na magnitude da anomalia. Para o estado do PR a configuração é semelhante à de SC, com

valores de anomalia maiores no extremo oeste do estado de  $+3,5^{\circ}\text{C}$ , enquanto que na parte leste a anomalia fica em torno de  $+1^{\circ}\text{C}$ . No quarto dia (Figura 11B) o núcleo desta anomalia encontra-se em estágio mais intenso e avança para RSB, tendo maior influência sobre a região oeste do estado do RS onde valores de anomalia acima de  $+8^{\circ}\text{C}$  são observados.

Os compostos da componente meridional do vento em 850hPa para o quarto dia (Figuras 12A) revelam a persistência de um escoamento de norte canalizado para a RSB, indicado pelos valores negativos presentes sobre a região centro-oeste do Brasil, sul do Paraguai e nordeste da Argentina, mostrando que existe advecção meridional de calor direcionada para a RSB.

Figura 11 Compostos de temperatura média diária (contorno em  $^{\circ}\text{C}$ ) e anomalia (sombreado) em 1000 hPa. (A) dia 1, (B) dia 4.



### 3.3 Compostos dos Dias Antecedentes aos Veranicos

Os compostos para sete dias que antecedem os veranicos mais intensos são calculados para as variáveis de altura geopotencial e anomalia de geopotencial no nível de 500hPa (Figuras 13A, 13B, 13C, 13D, 13E, 13F e 13G).

Para sete dias antes do veranico (Figura 13A), nota-se em geral um comportamento zonal nas isolinhas de altura geopotencial entre  $30^{\circ}\text{S}$  e  $40^{\circ}\text{S}$ , enquanto que ao sul da AS uma configuração de cavado ( $55^{\circ}\text{S}$ ;  $95^{\circ}\text{W}$ ) e crista ( $55^{\circ}\text{S}$ ;  $75^{\circ}\text{W}$ ) é observada. Entre cinco e quatro dias antes do veranico uma crista forma sobre o Oceano Pacífico

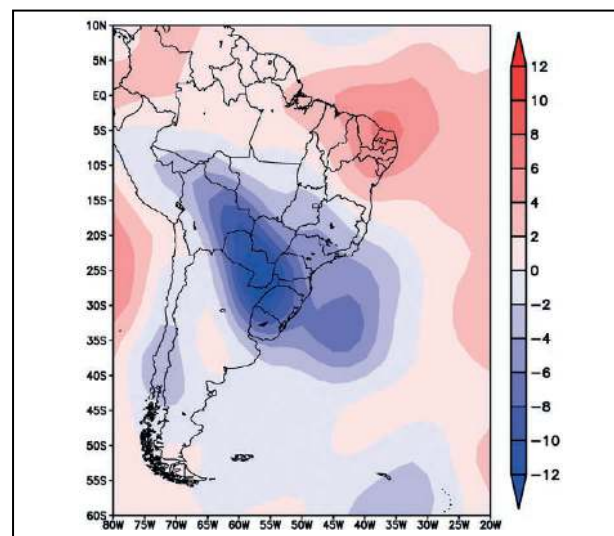


Figura 12 Compostos da componente meridional do vento (sombreado em  $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ) em 850 hPa para o quarto dia.



(60°S; 150°W) (Figura 13C) e amplifica (Figura 13D), passando a apresentar uma significativa e persistente anomalia positiva de geopotencial até um dia antes do veranico (Figura 13G). Entre quatro e dois dias antes do veranico (Figuras 13D, 13E e 13F) a presença e persistência de uma anomalia negativa de geopotencial esteve associado a formação e posteriormente à amplificação de um cavado em 40°S e 95°W. Um dia antes do veranico esta anomalia intensifica e o cavado alcança a sua amplificação

máxima (Figura 13G). No dia que antecede o veranico uma anomalia positiva de geopotencial se estabelece sobre o sul do Brasil e indica a formação de uma crista sobre o centro da AS (35°S; 55°W) que amplifica na medida que esta anomalia se intensifica. Os campos indicam que nos dias que antecedem a formação do veranico configurações de ondas intermediárias amplificadas predominam nos níveis médios da atmosfera sobre o Oceano Pacífico.

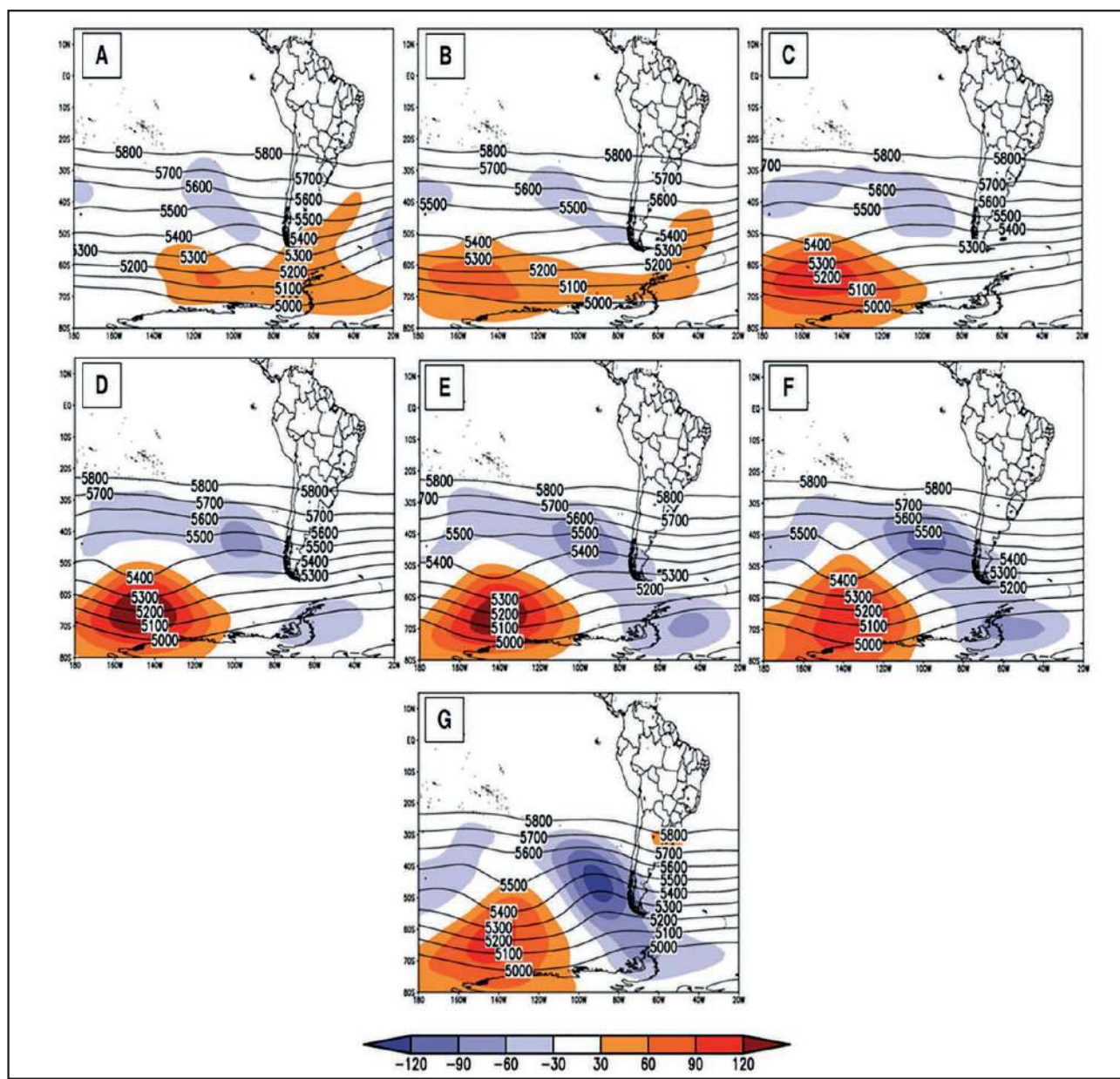


Figura 13 Compostos de altura geopotencial (contorno em mgp) e anomalia (sombreado) em 500hPa. (A) sete dias antes, (B) seis dias antes, (C) cinco dias antes, (D) quatro dias antes, (E) três dias antes, (F) dois dias antes, (G) um dia antes.

#### 4 Conclusões

Com a análise feita com um Índice de Severidade foi possível constatar que os veranicos incidentes sobre a região sul do Brasil apresentaram magnitude diferenciada ao longo do período sazonal frio (maio a setembro). A magnitude média é mínima em maio e maior em agosto e setembro no RS e SC. A incidência local também não é homogênea na magnitude, onde localidades no RS com maior magnitude média estão fora da região oeste de maior frequência de ocorrência. Há um claro padrão variável de sul para norte na magnitude do fenômeno sobre a região, com eventos mais intensos sobre o RS, diminuindo para intermediários sobre SC e mínimos no PR.

A análise por campos compostos para eventos mais intensos permitiu identificar que para que ocorra a anomalia quente necessária para a caracterização do fenômeno em ocorrência mais ampla na região é necessário a presença de uma crista em níveis médios sobre a região sudeste da AS, sendo a persistência e amplitude desta responsável pela ocorrência de veranicos mais fracos ou mais intensos. Os veranicos mais intensos são caracterizados por uma presença associada entre crista amplificada em níveis médios e um anticiclone persistente em baixos níveis sobre o Oceano Atlântico a leste da região.

Nos campos de pressão em baixos níveis, a presença simultânea do centro de altas pressões a leste sobre o Oceano Atlântico e de uma área de baixas pressões sobre o norte da Argentina e Paraguai configurou um vento de norte dirigido para a região, proporcionando o deslocamento do ar quente da região centro-oeste para o sul do Brasil. O escoamento mais dirigido para o RS esclarece o fato do fenômeno apresentar maior magnitude nesta parte da região Sul do Brasil.

A situação de estagnação de uma massa de ar quente e seca sobre a região central do Brasil e a presença em baixos níveis da atmosfera de um vento de norte direcionado para a região foi um fator importante para a caracterização do veranico como fenômeno climático na região.

A ocorrência do fenômeno com a configuração de uma crista amplificada sobre o sudeste da AS está associado a formação em dias anteriores a padrões de

ondas mais longas, de comprimento intermediário, em níveis médios da atmosfera sobre o Oceano Pacífico.

Segundo a literatura, a formação de cristas de bloqueio de acordo com Elliott & Smith (1949), estaria relacionada ao acúmulo de calor em baixas latitudes e à necessidade de reajuste na circulação geral para a redistribuição de calor, o que possivelmente esteja associado a ocorrência de veranicos na região estudada neste trabalho.

#### 5 Referências

- Acosta, J.F. & Carvalho, M.H. 2004. Estudo de um caso de veranico observado em Pelotas-RS. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 13, *Anais*. Fortaleza, 2004, CD-ROM.
- Conceição, L.F.C.; Conrado, H.; Mariano, G.L. 2014. Identificação de Veranicos na Região Sul do Brasil. In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS, 23, *Anais*. Pelotas, 2014.
- Conrado, H.; Mariano, G.L. & Conceição, L.F.C. 2014. Veranicos no Rio Grande do Sul - Nova metodologia para quantificação de eventos. *Ciência e Natura*, 36: 445-455.
- Elliott, R.D & Smith, T.B. 1949. A study on the effect of large blocking highs on the general circulation in the Northern Hemisphere westerlies. *Journal of the Atmospheric Sciences*, 6: 68-85.
- Jacóbsen, L.O. 1999. Estudo de casos de veranico em Porto Alegre/RS de 1961 à 1985. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 11, Florianópolis, 1999. *Resumos expandidos*, p. 1462-1466.
- Luz, L.; Schild, G.T.; Mariano, G.L. & Conrado, H. 2012. Metodologia de Identificação de Veranicos em Passo Fundo-RS. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 17, *Anais*. Gramado, 2012, CD-ROM.
- Machado, F.P. 1950. Contribuição ao estudo do clima do Rio Grande do Sul. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 91 p.
- Mendes, M.C.D; Trigo, R.M; Cavalcanti, I.F.A & Dacamara, C.C. 2005. Bloqueios atmosféricos de 1960 a 2000 sobre o oceano pacífico sul: Impactos climáticos e mecanismos físicos associados. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 20: 175-190.
- Nascimento, E.L. 1998. Influência dos bloqueios atmosféricos na propagação de ondas de Rossby em escoamentos de inverno no Hemisfério Sul. Instituto Astronômico Geofísico e de Ciências Atmosféricas, São Paulo, Dissertação de Mestrado, 100 p.
- Padilha, C.K. 2008. Estagnação de uma massa de ar quente e seco sobre a região central do Brasil. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, Dissertação de Mestrado, 143 p.
- Kanamitsu, M.; Ebisuzaki, W.; Wollen, J.; Yang, S.K.; Hnilo, J.J.; Fiorino, M.; Potter, G.L. 2002. Ncep-doe amip-ii Reanalysis (r-2). *Bulletin of the American Meteorological Society*, 83: 1631-1643.
- Satyamurty, P.; Nobre, C.A & Silva Dias, P.L. 1998. Meteorology of the tropics: South America. In: KAROLY, D.J. & VINCENT, D.G (eds.). Meteorology of Southern Hemisphere. Meteorological Monographs, 27(49): chapter 3A.
- Satyamurty, P.; Teixeira, M.S & Padilha, C.K. 2007. Warm and Dry Spells In Austral Winter over Central South American. *Annales Geophysicae*, 25: 1049-1069.
- Willet, H.C. 1949. Long period fluctuations of the general circulation of the Atmosphere. *Journal of Meteorology*, 6: 34-50.