

ALTERAÇÃO DO REGIME DE CHUVAS DO PONTAL DO PARANAPANEMA NOS MESES DE JANEIRO E FEVEREIRO APÓS FORMAÇÃO DO LAGO DA UHE DE PORTO PRIMAVERA

Mauricio de Agostinho Antonio¹ & Carlos Alberto de Agostinho Antonio²

RESUMO --- Desde o início das operações com radar em Bauru, SP, foi possível identificar a formação de ecos de precipitação junto aos reservatórios de usinas hidrelétricas. Com a implantação do radar de Presidente Prudente (1994), constatou-se que esses ecos estavam presentes também junto ao reservatório da UHE de Porto Primavera. Em ocasiões após 1998, os ecos de chuva se organizavam em linhas de aguaceiros. Foram selecionados dois episódios de linha de precipitação sobre o Pontal do Paranapanema, em 23 e 31 de janeiro de 2007. Um conjunto de 94 postos pluviométricos foi utilizado para caracterizar a chuva no setor oeste paulista, dos quais 7 postos no Pontal. As médias de precipitação de janeiro e fevereiro entre 1999 e 2004, superaram os valores históricos indicando indícios de alteração no regime de precipitação. Serão investigados outros períodos do ano, além de janeiro e fevereiro.

ABSTRACT --- Since the beginning of the operations with radar in Bauru, SP, was possible to identify the formation of precipitation echoes next to the reservoirs of hydroelectric plants. With the implantation of the radar of President Prudente (1994), one evidenced that these echoes were present also next to the dam of the UHE of Porto Primavera. In occasions after 1998, the rain echoes was organized in lines of rain showers. Two episodes of squall lines had been selected on the Pontal do Paranapanema, in 23rd and 31st of January, 2007. A set of 94 rain gages was used to characterize the rain in the west sector São Paulo, of which 7 gages were installed in the Pontal. The precipitation means of January and February between 1999 and 2004, had overpassed the historical values indicating alteration in the precipitation cycle. Other periods of the year will be investigated, beyond January and February.

Palavras-chave: chuva, alterações climáticas, regime de precipitação.

1) Pesquisador do Instituto de Pesquisas Meteorológicas da Universidade Estadual Paulista – IPMet/UNESP. Av. Eng. Luis Edmundo C. Coube, s/n, Bauru, SP, 17033-360. e-mail: mauricio@ipmet.unesp.br.

2) Analista de Informática do Inst. de Pesquisas Meteorológicas da Universidade Estadual Paulista – IPMet/UNESP. e-mail: antonio@ipmet.unesp.br.

1 - INTRODUÇÃO

A partir do início do monitoramento de precipitação com radar no território paulista, em 1974, com o radar meteorológico banda-C de Bauru operado pelo Instituto de Pesquisas Meteorológicas, foi possível identificar a formação de ecos de radar de células de precipitação nas regiões próximas dos lagos formados pelos reservatórios das UHE, na área central do Estado de São Paulo, nos rios Tietê e Paranapanema.

Os ecos de radar, formados próximos às margens dos lagos, muitas vezes se transformavam em células de precipitação com núcleos de intensidades moderadas a fortes, com duração de 1-2 horas, quando se dissipavam ao serem levadas para mais longe dos corpos d'água.

Com a implantação dos sistemas de radar banda-S Doppler em Bauru (1992) e Presidente Prudente (1994), uma maior área passou a ser monitorada por esses equipamentos de maior alcance e melhor desempenho, o que permitiu constatar a presença de ecos de precipitação em formação nas proximidades daqueles lagos mais extensos, principalmente sob a forma de células de precipitação isolada.

Após a formação do lago do reservatório da UHE de Porto Primavera no Rio Paraná, no final de 1998, a região do Pontal do Paranapanema, no extremo oeste de São Paulo, passou a dispor de um espelho d'água entre 10 km e 12 km de largura e cerca de 120 km de extensão.

Com observações do radar de Presidente Prudente, pode-se verificar que em algumas situações os ecos de radar das células de chuva, se organizavam formando linhas de aguaceiros que atuavam na região do Pontal do Paranapanema no período da tarde, durando algumas horas. Quando associadas a outros sistemas meteorológicos atuantes na região, as células de precipitação formadas junto ao lago da UHE se desenvolviam mais em extensão se transformando em aglomerados de precipitação que se deslocavam para outras áreas, penetrando no Estado de São Paulo ou adentrando o Estado do Paraná.

Uma análise nos dados do radar de Presidente Prudente nos meses de janeiro e fevereiro do período 1995 a 2002 e depois, em 2007, mostrou que essas linhas de aguaceiros passaram a ocorrer a partir de 1999, coincidindo com o período posterior ao fechamento da barragem e formação do lago.

Então, buscando caracterizar o regime de precipitação no setor oeste de São Paulo, foram buscados dados de séries históricas das estações pluviométricas do DAEE – Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo, tendo sido selecionadas 94 postos. Dessas, sete das que se situavam na região do Pontal do Paranapanema possuíam séries completas de precipitação mensal entre 1972 e 2004 e foram destacadas para análise dos meses de janeiro e fevereiro.

A determinação da contribuição mensal dos meses de janeiro e fevereiro para o total médio anual precipitado foi de cerca de 26% considerando o período anterior ao enchimento do lago, isto é, até 1998. Os sete postos apresentavam valores médios de precipitação para janeiro e fevereiro, respectivamente, da ordem de 180 mm e 151 mm. Após 1998 esses postos registraram que as chuvas desses meses do verão passaram a contribuir com aproximadamente 30% do total médio anual, sendo que o mês de janeiro passou a apresentar média de cerca de 220 mm, e fevereiro um pouco mais de 176 mm, representando um aumento médio sobre o período histórico, respectivamente, de 22,6% e 16,7%.

A verificação da extensão dessas alterações sobre o território paulista mostrou que há uma região bem definida sobre o Pontal do Paranapanema em que as contribuições médias de janeiro e fevereiro após o enchimento do lago são positivas quando comparadas com os valores históricos, indicando os locais em que a precipitação nesses meses foi maior que os valores históricos.

Os tratamentos realizados com os valores de precipitação dos postos pluviométricos dos meses de janeiro e fevereiro serão aplicados aos outros meses do ano para avaliação de alterações no regime da chuva ao longo de todo o ano, incluindo uma visualização nos arquivos históricos de imagens do monitoramento do radar de Presidente Prudente para identificação da ocorrência de eventos de linhas de aguaceiros fora dos meses já verificados.

2 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Situações semelhantes a essas observadas em São Paulo, da formação e desenvolvimento de células de precipitação junto a lagos e reservatórios, e muitas vezes com intensidades ainda maiores, tem sido bem documentadas e registradas em vários locais.

Por exemplo, tais ocorrências são observadas junto aos Grandes Lagos, na divisa entre os Estados Unidos e o Canadá, e na região central na Florida, no sul dos Estados Unidos.

Na Florida, existem muitos estudos ligando brisas marinhas e convecção, entre eles, PIELKE, 1974; BLANCHARD e LOPES, 1985; WILSON e MEGENHARDT, 1997. Autores como CHANDIK e LYONS (1971) estudaram muitos aspectos da brisa de lago na área de Chicago, no norte dos Estados Unidos, incluindo efeitos em tempestades severas. Eles identificaram que muitas tempestades se intensificaram quando encontraram a brisa do lago, enquanto em outras, o efeito foi bem pequeno. Em um dos casos, notaram um tornado que poderia estar relacionado com a brisa do lago. SCHROEDER et al. (2005) apresentaram estudos relacionados à integração entre sistemas de precipitação de inverno com a camada limite convectiva induzida nos Grandes Lagos.

No sudeste de Ontário, no Canadá, entre os lagos Erie e Huron, a observação de imagens animadas de satélite meteorológico geoestacionário indicava que as brisas de lago podem disparar e antecipar a convecção de verão, incluindo tempo severo de verão na região. Num dos casos, uma

linha de nuvens paralela às margens dos lagos Erie e Huron se estendia terra adentro e se misturava a uma outra linha que seguia para a direção nordeste. Nessa ocasião, as tempestades nessa segunda linha ficaram estacionárias por cerca de 4 horas resultando em mais de 60 mm de chuva (KING et al., 1998). Esses mesmos autores apresentaram um projeto experimental desenvolvido em 1997, para estudar os efeitos da brisa de lago no clima do sudeste de Ontário.

Sobre a região do Pontal do Paranapanema, a ocorrência dessas linhas de aguaceiros foram documentadas por ANTONIO et al. (2007) e por ANTONIO e AMORIM (2007) para eventos de janeiro de 2007.

O clima do Pontal é predominantemente continental e, de acordo com a classificação de Köppen, possui dois tipos climáticos (SÃO PAULO, 1999):

Aw – Tropical úmido: numa faixa estreita junto ao Rio Paraná – caracteriza-se por seca no inverno e estação chuvosa no verão, com temperatura média anual entre 22° e 24° C, e precipitação pluviométrica da ordem de 1500 mm.

Cwa – Mesotérmica de Inverno Seco: abrange o restante da região – caracteriza-se por chuvas típicas de clima tropical, de maior frequência no verão, e temperaturas médias anuais pouco abaixo de 22° C.

Então, o clima apresenta uma variação entre períodos secos e frios (15° - 20° C), no inverno, e quentes e úmidos (até 40° C) no verão. A maior ocorrência de chuvas ocorre entre setembro e abril, com maior concentração de dezembro a fevereiro, com valores médios anuais de 1100 mm a 1700 mm (SÃO PAULO, 1999).

Os indícios de alteração no regime de chuvas do Pontal foram apresentados por ANTONIO e ANTONIO (2007), onde verificaram que o total de chuvas no setor oeste de São Paulo diminuiu de 10-12% após o enchimento da barragem em 1998, quando comparado com a média histórica dos postos pluviométricos da região do Pontal do Paranapanema.

3 – MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Descrição da área do Pontal do Paranapanema

O Pontal do Paranapanema, aqui no caso a área estudada, é a denominação da região do extremo oeste do Estado de São Paulo, localizada junto à confluência do Rio Paranapanema com o Rio Paraná, praticamente toda compreendida entre as latitudes 22,5° S e 23,5° S, e entre as longitudes 51° W e 53° W.

Essa região possui grandes complexos hidrelétricos, formados pelas UHE de Taquaruçu e UHE Rosana, no Rio Paranapanema, e UHE de Porto Primavera, no Rio Paraná.

O reservatório da UHE de Porto Primavera, sem dúvida, é o corpo d'água que predomina naquele setor oeste. Tem uma largura média de 10 a 12 km, com uma extensão superior a 100 km,

disponibilizando um espelho d'água na região que supera 1300 km² (a área total do reservatório é de cerca de 2250 km²). A barragem da usina fica 28 km a montante da confluência com o Rio Paranapanema, é a mais extensa do Brasil, e possui mais de 13 km de comprimento. O enchimento do reservatório deu-se entre novembro e dezembro de 1998.

A superfície do Pontal do Paranapanema apresenta suaves ondulações com colinas amplas e baixas declividades (SÃO PAULO, 1999). Tem cota média próxima de 400 m, sendo a mínima da ordem de 280 m, junto às confluências dos dois rios citados, e a máxima de 600 m no Morro do Diabo.

3.2. Informações do radar meteorológico

O radar meteorológico de Presidente Prudente, operado remotamente a partir do Instituto de Pesquisas Meteorológicas – IPMet – de Bauru, da Universidade Estadual Paulista – UNESP –, faz o monitoramento da precipitação em até 450 km, e possui capacidade de quantificação da chuva em um raio estabelecido de 240 km. Esse último alcance permite que se detalhe os ecos de células de precipitação que atuam sobre o Pontal do Paranapanema, com resolução temporal de 7,5 ou 15 minutos, e resolução espacial com células de radar – *bin* – de área igual a 1 km².

O equipamento de radar, instalado junto à Escola Agrícola de Presidente Prudente (latitude 22° 07' 04" S; longitude 51° 23' 01" W), iniciou as operações em novembro de 1994. A partir de Bauru, são estabelecidas as tarefas de coleta de dados pela qual o radar opera. As informações coletadas, na forma bruta, inicialmente registradas localmente e com transmissão para Bauru de produtos gerados, presentemente são transmitidas para a sede do IPMet, onde são tratadas, armazenadas, e integradas com as informações do radar que opera em Bauru.

As mídias de registro de dados de radar foram se alterando com a evolução da tecnologia da informática. Até 2006, o meio de registro era fita magnética, a qual, eventualmente, provocava perda física dos registros, por dano na fita (quebra ou amassamento). A partir de fevereiro de 2006, com a atualização dos radares e dos sistemas de processamento de Bauru e Presidente Prudente (processo FAPESP nº 01/14095-6), os registros dos dados passaram a ser feitos em CD, praticamente eliminando as perdas.

As informações coletadas pelos radares referem-se a refletividade, que é a medida de parte da energia de microonda transmitida pelo radar quando refletida de volta pelas gotas de chuva, e velocidades de vento radial. Tais informações são coletadas de acordo com o modo de operação.

O modo de vigilância (ou monitoramento), é efetuado com alcance de 450 km, com a elevação da antena do radar sendo mantida fixa a 0,3°, a cada 15 minutos em caso de presença de precipitação. No período de inverno, ou quando não existe chuva no raio de alcance, a varredura da antena é repetida a cada 1 hora.

No modo quantificação de precipitação, com alcance de 240 km, as informações são coletadas a intervalos de 7,5 minutos, sendo tomadas com 15 varreduras sucessivas da antena, com elevações crescentes, de modo a cobrir toda a área do espaço que contém precipitação, até seu alcance útil; daí, a informação é processada e são gerados campos de informações com altitudes (quase) constantes, denominados CAPPI.

Rotineiramente, os dados dos radares de Bauru e Presidente Prudente geram CAPPIs com altura de 3,5 km, que podem ser integrados para dar um campo composto de ecos de precipitação por radar sobre quase todo o Estado de São Paulo. As informações de refletividade de radar (em dBZ) são, então, convertidas em intensidades de precipitação (mm/h) por uma equação exponencial Z-R, e cada CAPPI é considerado constante pelo intervalo de tempo entre as informações. A integração desses campos de refletividade convertidos em intensidade de precipitação durante um determinado período de tempo dá o total de chuva aí ocorrido, estimado pelo radar.

3.3. Dados de postos pluviométricos

No setor do Estado de São Paulo compreendido entre as longitudes 50° W e 53° W e latitudes 20° S e 23° S, correspondente às regiões centro-oeste, oeste e noroeste paulista, foram examinados os postos pluviométricos operados pelo DAEE – Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo, quanto à regularidade e disponibilidade de medidas e à consistência dos dados. Aqueles postos que apresentavam uma série mínima de 15 anos de dados mensais entre 1970 e 1998, sem interrupção significativa, e pelo menos 3 anos após 1998, tendo suas médias mensais condizentes com os postos mais próximos, foram selecionados para análise, perfazendo um total de 94 postos, conforme localização apresentada na Figura 1. Todos os dados consultados estavam na base mantida pelo Governo do Estado de São Paulo no endereço eletrônico: <http://www.sigrh.sp.gov.br>.

Os dados pluviométricos foram separados em dois períodos: o histórico (h), entre 1970 e 1998, e o pós-barragem (p), entre 1999 e 2003, sendo esse último correspondente à atualização séries anuais mais recente no endereço eletrônico (maio/2007).

Para o cálculo da média anual não foram considerados os anos em que um ou mais meses não tinham leitura. Para cada posto foi determinada a contribuição média (CM) dos meses de janeiro e fevereiro no total médio anual, para cada período:

$$CM = \text{média mensal} / \text{total médio anual} \quad (1)$$

Também calculou-se a variação média (VM) na contribuição média mensal (janeiro e fevereiro) sobre o total médio anual:

$$VM = [(CM_p / CM_h) - 1] \quad (2)$$

Para determinação da distribuição geoestatística foi aplicada “krigagem” pontual com adição do modelo experimental em área limitada (setor compreendido entre as longitudes 51° W e 53° W, e

latitudes 21° S e 23° S). Ao mapa resultante foi acrescido o contorno da divisa estadual, com exclusão de curvas nos Estados adjacentes, de onde não se utilizaram dados de chuva.

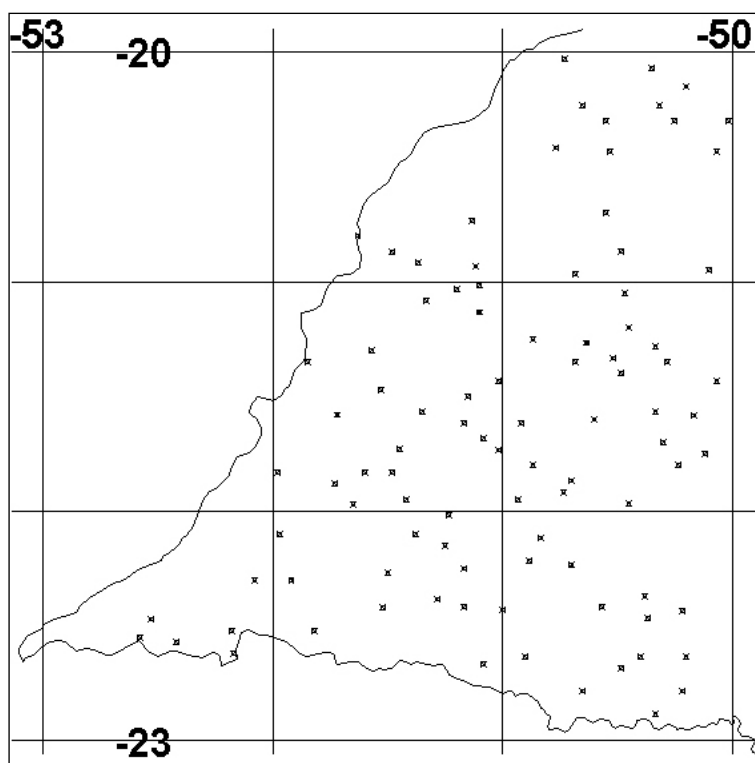


Figura 1. Disposição dos postos pluviométricos do DAEE das regiões centro-oeste, oeste e noroeste paulista, selecionados em função da série histórica (94 postos).

4 – RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. Linhas de aguaceiros – radar de Presidente Prudente

Uma avaliação detalhada das imagens de monitoramento do radar de Presidente Prudente, feita com os dados disponíveis de 15 minutos dos meses de janeiro e fevereiro de 1995 a 1998, permitiu verificar que no período, em somente uma oportunidade houve a formação de ecos quase alinhados sobre o Pontal do Paranapanema. Casos de ecos de células isoladas junto às margens do Rio Paraná, sobre os Estados de São Paulo e Mato Grosso do Sul, puderam ser identificados. Essas células convectivas, quando associadas a sistemas meteorológicos, desenvolviam e se deslocavam da região.

Depois do enchimento do lago da UHE de Porto Primavera, ao final de 1998, a avaliação dos dados de radar a cada 15 minutos, dos meses de janeiro e fevereiro, de 1999 a 2002, indicaram uma maior ocorrência de ecos de precipitação convectiva, tendo, a partir de então, se verificado a formação de ecos organizados em linha de aguaceiros junto às margens do Rio Paraná. Para melhor avaliar essas ocorrências de linhas foram tomados como exemplo dois casos de janeiro de 2007, selecionados entre os três eventos ocorridos no mês.

4.1.1. Episódio de 23 de janeiro de 2007

A partir das 13:01 h, começaram a aparecer ecos isolados de precipitação sobre o Pontal do Paranapanema. Nas informações seguintes, outros ecos de precipitação foram surgindo. Às 13:53 h, era identificado um alinhamento de ecos isolados de precipitação ao longo do lago da UHE Porto Primavera. A partir das 14:34 h, estava formada uma linha de aguaceiros sobre o Pontal, com cerca de 100 km de extensão (quase sudoeste-nordeste) e de 10-20 km de largura (oeste-leste), com pouco deslocamento de noroeste para sudeste. A partir das 14:46 h, a linha de aguaceiros se dividiu em três partes. Às 15:16 h, a porção central apresentou-se dividida em duas seções, sendo a maior delas ao sul; a porção norte da linha não apresentou alteração significativa e a do sul diminuiu. Às 15:31 h, a porção sul praticamente deixou de existir; a seção inferior da porção central permaneceu ativa, enquanto as outras células de precipitação perderam intensidades com a diminuição de suas áreas. Às 16:16 h, restavam quatro conjuntos de células de precipitação. Às 16:46 h, restavam o eco isolado sobre o lago, já em dissipação, e o conjunto mais ao norte da região do Pontal. Às 17:16 h, poucas células de precipitação ainda estavam ativas, porém, em dissipação. O último registro de eco de precipitação sobre a região foi às 17:46 h.

Verificou-se que máximos de refletividade dos ecos acima de 50 dBZ, foram encontrados a partir 13:53 h. O primeiro máximo de refletividade, de 53,8 dBZ, ocorreu às 15:46 h. O mesmo valor repetiu-se às 16:16 h. Após esse horário, as máximas refletividades dos ecos foram diminuindo, sendo o último registro às 17:46 h.

A Figura 2 mostra setores de CAPPI de 3,5 km do radar de Presidente Prudente sobre o Pontal do Paranapanema, para o dia 23/01/2007, em horários diversos.

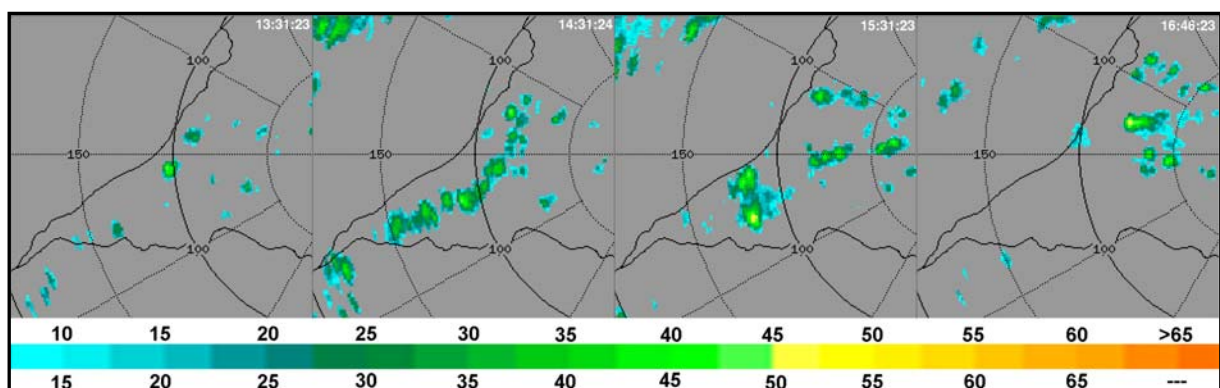


Figura 2. Setores de CAPPI de 3,5 km do radar de Presidente Prudente sobre o Pontal do Paranapanema em 23/01/2007 (hora local). Valores de intensidade em dBZ.

As alturas de topos de ecos de 20 dBZ, sobre o Pontal, indicaram que os máximos atingiram valor superior a 11,0 km às 13:53 h. As alturas atingiram o máximo de 12,8 km às 14:38 h. Após, os topos foram diminuindo de altura, até 17:46 h.

Em 23/01/2007, as áreas de precipitação horária maiores que 0,1 mm no período 13-19 horas superaram 3.500 km². Embora tenham sido estimados totais superiores a 100 mm de precipitação em três núcleos distintos, estações meteorológicas automáticas de superfície com resolução horária instaladas pela FCT-UNESP (FAPESP – Processo 2005/55505-3) em Rosana, Euclides da Cunha Paulista, Teodoro Sampaio, e na Sede do Parque Estadual do Morro do Diabo, não indicaram precipitação nesse dia 23/01. A estação de Mirante do Paranapanema (IAC-SAA), também não registrou precipitação no dia 23.

4.1.2. *Episódio de 31 de janeiro de 2007*

Quando a informação de CAPPI das 14:01 h foi obtida, já indicava ecos de precipitação organizados sobre o Pontal do Paranapanema, numa extensão de quase 40 km, à distância de 5-7 km da margem do lago. Verificações posteriores indicavam que os primeiros ecos haviam surgido entre 13:30 h e 15:45 h. Às 14:46 h, as células de chuva se estendiam numa faixa de cerca de 90 km, com largura entre 10 e 20 km. Mesmo organizada como uma linha de aguaceiros, era possível identificar três aglomerados de precipitação: um ao sul, um no centro, e o terceiro mais ao norte. Esses conjuntos foram se expandindo individualmente, sendo cada um composto por um grupo de células, de forma que às 15:31 h, os conjuntos ainda estavam separados em grupos distintos. A partir desse horário, o conjunto do sul começou a dissipar e os outros dois se aproximaram, quase se fundindo em um único aglomerado. Às 16:01 h, o conjunto do sul se resumia a pequenos ecos, o do norte entrava em dissipação, com diminuição de área e intensidade, e o aglomerado do centro permanecia ativo, com altas intensidades de precipitação. Às 16:31 h, pouco restava do aglomerado norte, e o aglomerado do centro, bastante diminuído em área e intensidade, se dissipava; o do sul, já não existia. Às 17:01 h ocorreu o último registro da linha de aguaceiros formada, restando um eco isolado junto à margem do lago, que permaneceu até 17:16 h.

Os valores de máxima refletividade dos ecos de precipitação permaneceram com intensidade não superior a 46 dBZ até 15:38 h, quando elevou-se para o máximo de 51,2 dBZ às 15:46 h. Depois, as intensidades foram gradativamente diminuindo, e após 16:38 h permaneceram abaixo de 40 dBZ, até desaparecerem às 17:16 h.

A Figura 3 mostra setores de CAPPI de 3,5 km do radar de Presidente Prudente com ecos de precipitação sobre o Pontal do Paranapanema, para o dia 31/01/2007, em horários diversos.

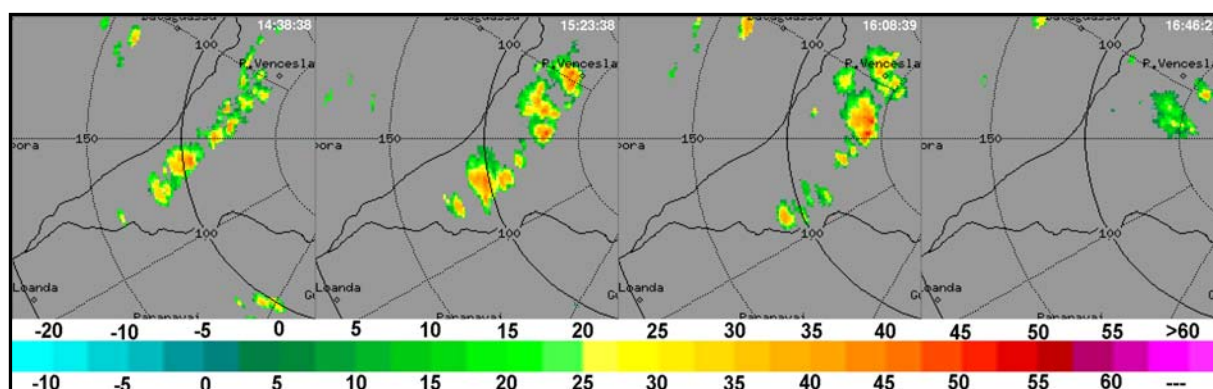


Figura 3. Setores de CAPPI de 3,5 km do radar de Presidente Prudente sobre o Pontal do Paranapanema em 31/01/2007 (hora local). Valores de intensidade em dBZ.

No período, os topos de ecos de 20 dBZ, atingiram 10,0 km às 14:46 h, e gradativamente se elevaram até atingir 14 km às 15:53 h. Depois disso, os topos foram gradativamente diminuindo de altura, até 17:16 h.

A chuva total integrada sobre a área, estimada pelo radar, cobriu áreas maiores que 4.200 km², para valores maiores que 0,1 mm. Três núcleos distintos no campo de chuva acumulada, no período 14-18 h, indicaram valores acima de 50 mm. As estações de superfície da FCT-UNESP e do IAC-SAA, entretanto, também não indicaram precipitação nesse dia 31/01/2007.

4.2. Distribuição espacial da precipitação – meses de janeiro e fevereiro

Os dados pluviométricos do período antecedente (29 anos) ao enchimento do lago da UHE de Porto Primavera, considerando os 94 postos selecionados, apresentaram um Desvio Padrão, em relação à média do período, da ordem de 10% nos meses de janeiro e fevereiro, o que demonstra uma significativa homogeneidade na distribuição mensal da precipitação para esses meses, na região. Considerando o período entre 1999 e 2003 as médias mensais apresentaram um acréscimo da ordem de 13% para o mês de janeiro e de 25% para fevereiro quando comparadas as médias antes do enchimento do reservatório. Somente o Desvio Padrão da média dos meses de fevereiro sofreu um acréscimo, passando a cerca de 16% no período pós-1998.

Para delimitar o efeito da alteração provocada pelo lago na região fez-se uso de programa geoestatístico, utilizando as variações nas contribuições anuais dos meses de janeiro e fevereiro para cada posto. Após ensaios iniciais, a área de estudo foi limitada entre as longitudes 51° W e 53° W, e entre as latitudes 21° S e 23° S, onde foram identificadas áreas de transição tendendo a zero entre as variações da contribuição mensal dos postos, nos meses analisados.

Para elaboração de mapas contendo as variações médias das contribuições mensais foi aplicado “krigagem” pontual com adição de modelo exponencial (LANDIM, 1998) nos dados dos meses de janeiro e fevereiro, cujos resultados são apresentados pelas Figuras 4 e 5, respectivamente.

Na avaliação da variação do mês de janeiro, é possível observar que as áreas de valores tendentes a zero estão mais afastadas, para leste, da região do Pontal, sendo o setor norte dessas áreas posicionado no vale do Rio Aguapeí, afluente esquerdo do Rio Paraná. As áreas com maior variação, que atingem valores da ordem de 0,7, estão situadas paralelamente a sudoeste das áreas de mínimos.

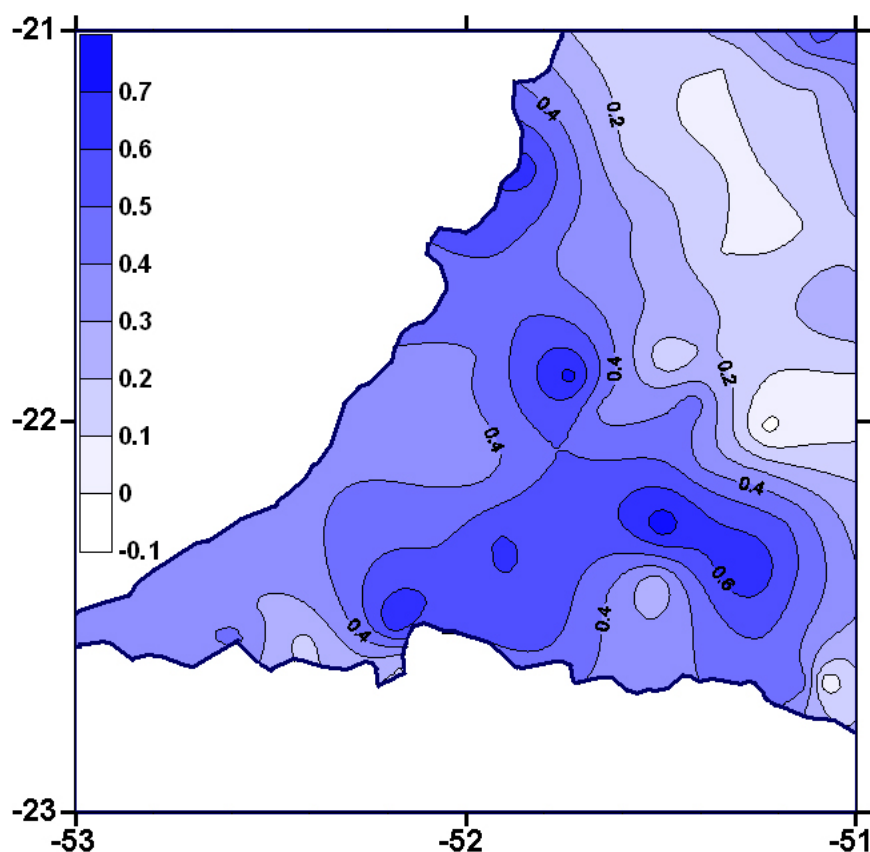


Figura 4. Distribuição geoestatística das variações das contribuições mensais para o mês de janeiro.

No mês de fevereiro as áreas de mínima variação estão posicionadas mais próximas do Pontal, em relação ao mês de janeiro, sendo a área com menor variação localizada no vale do Rio do Peixe, também afluente esquerdo do Rio Paraná. As áreas com valores de máxima variação positiva que superam 0,8 em fevereiro localizam-se sobre o Pontal do Paranapanema.

Os valores médios e respectivos desvios encontrados para os valores de precipitação dos meses de janeiro e fevereiro, foram determinados para a sequência de 94 postos selecionados. Verifica-se que apesar dos valores médios históricos serem menores que os valores médios pós-1998, os Desvios Padrões para o conjunto de postos obtidos se superpõe parcialmente, significando que as diferenças não são tão significativas. Esses valores podem ser observados na Figura 6.

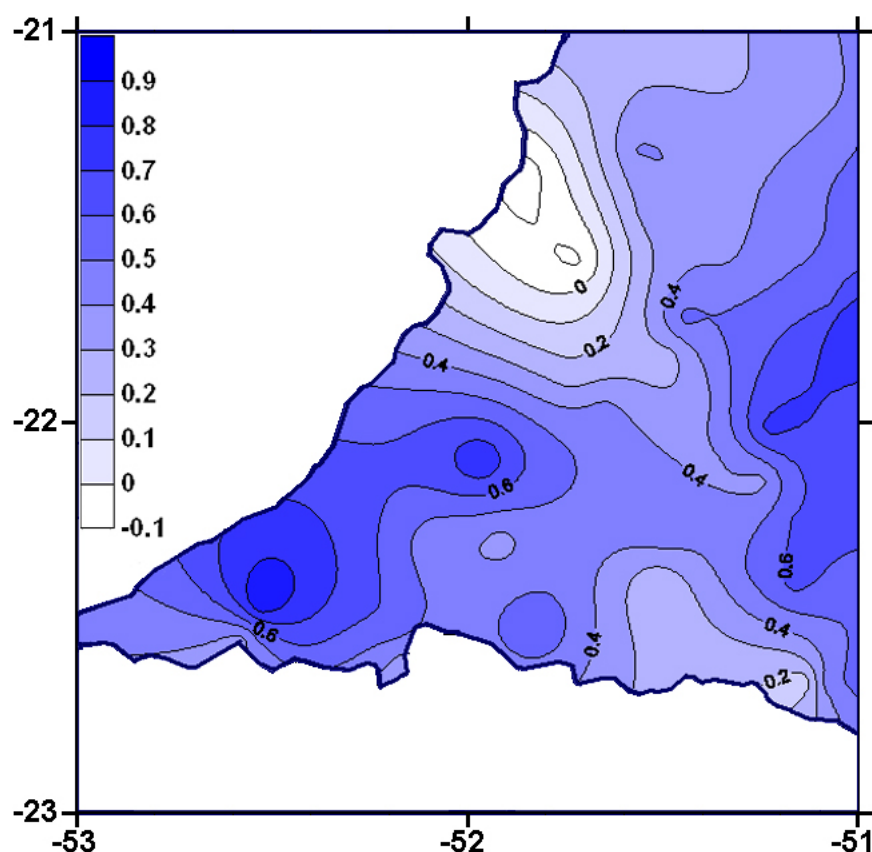


Figura 5. Distribuição geoespacial das variações das contribuições mensais para o mês de fevereiro.

O mesmo tratamento foi dado aos valores de precipitação de janeiro e fevereiro para os sete postos localizados no Pontal do Paranapanema. Aí se verifica um maior distanciamento entre os valores médios mensais, considerados os valores históricos e os pós-1998. No mês de janeiro, há uma efetiva diferenciação entre os valores médios e respectivos desvios, não havendo intersecção entre os valores, o que significa que os valores médios de precipitação correspondentes ao período pós-1998 são efetivamente maiores que os valores históricos. No mês de fevereiro, entretanto, apesar da média obtida com os sete postos na série pós-1998 ser maior que a média histórica, os desvios se superpõe parcialmente, o que implica que os valores não são significativamente diferentes. Os valores médios e os respectivos desvios para o mês de fevereiro podem ser também observados na Figura 6.

5 – CONCLUSÕES

A expansão da agricultura em direção ao extremo oeste paulista, que ocorreu, principalmente, na segunda metade do século XX, teve parcela significativa na alteração da paisagem daquela região. Seguramente, os desmatamentos ocorridos para implantação das diversas

culturas, e após, com o predomínio da agropecuária, com a apropriação de áreas florestadas, nem sempre de forma legal, levou a uma primeira alteração climática da região.

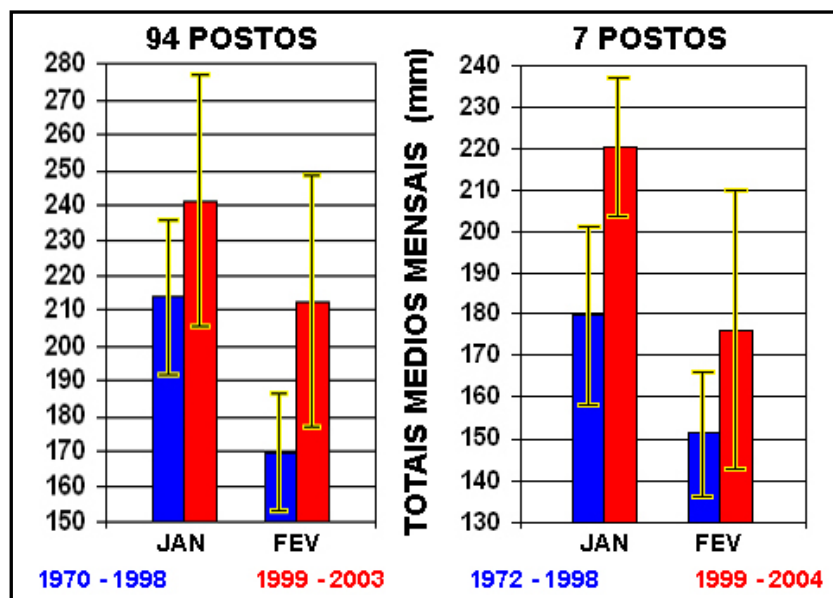


Figura 6. Valores totais médios mensais de janeiro e fevereiro para os 94 postos pluviométricos selecionados, e para os 7 postos do Pontal do Paranapanema, com os respectivos Desvios Padrões.

E agora, mais recentemente, nos anos finais do século XX, com a implantação das UHE na região do Pontal do Paranapanema, com destaque para a UHE de Porto Primavera em fins de 1998, há fortes indícios da promoção de uma nova mudança nas características climáticas da região, em particular no regime de precipitação dos meses de janeiro e fevereiro.

A observação com radar da formação de linhas de aguaceiros junto ao lago da UHE de Porto Primavera em determinados períodos motivou a investigação sobre o regime de chuvas dessa região do extremo oeste paulista.

Como a quantificação de precipitação com radar sobre o Pontal do Paranapanema para os dois eventos de linhas de aguaceiros foi efetuada com uso de uma relação Z-R desenvolvido para outra região de São Paulo e outro sistema de radar, os resultados obtidos poderão estar superestimados. Entretanto, ficou claro que mesmo para um sistema precipitante de mais de 3000 km² de área, com valores significativos de chuva precipitada, e duração de cerca de 4 horas, estações de superfície podem não registrar a ocorrência do evento na região.

Dado ao ainda pouco tempo decorrido desde a implantação da UHE de Porto Primavera e a pouca extensão dos dados pluviométricos disponíveis, há de se tomar com cautela os resultados obtidos no presente trabalho, tratando-os como “indícios de alteração”, muito embora o valor médio

obtido para o mês de janeiro para os sete postos do Pontal superem o valor histórico. Além disso, a frequência de ocorrência dessas linhas de aguaceiros poderá ser a causa dos “indícios de alteração” do regime de chuvas da região, e também nas características da precipitação.

Dever-se-á buscar ampliar as séries de dados de chuva pós-1988, ampliando também a área sob análise procurando mapear a real extensão espacial da interferência do lago da barragem da UHE de Porto Primavera para dentro do território paulista em todos os meses do ano. Essa tarefa poderá ser muito mais facilitada com o uso do radar de tempo instalado em Presidente Prudente e que pode quantificar a precipitação ocorrida com muito detalhe na distribuição horizontal da chuva, bastando, para tanto, utilizar uma equação Z-R adequada, desenvolvida especificamente para aquela região de São Paulo.

BIBLIOGRAFIA

ANTONIO, M. de A., AMORIM, M. C. C. T. Monitoramento por radar de linhas de chuvas organizadas no Pontal do Paranapanema. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 15., 2007, Aracaju. *Anais...*Piracicaba: SBA, 2007. 1 CD-ROM.

ANTONIO, M. de A., AMORIM, M. C. C. T., CORREIA, A. A. Análise por radar do ciclo de sistema convectivo organizado sobre o Pontal do Paranapanema. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 14., 2007, Natal. *Anais...*São Paulo: SBGFA, 2007. 1 CD-ROM.

ANTONIO, M. de A., ANDRADE, J. P. M. Inundações em São Carlos, SP: avaliação de chuvas com radar. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13., 2007, Florianópolis. *Anais...* SBSR: São José dos Campos, 2007. 1 CD-ROM.

ANTONIO, M. de A., ANTONIO, C. A. A. O lago de Porto Primavera alterando o regime de chuvas no Pontal do Paranapanema, SP. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 15., 2007, Aracaju. *Anais...*Piracicaba: SBA, 2007. 1 CD-ROM.

BLANCHARD, D. O., LOPES, R.E. Spatial patterns of convection in south Florida. *Monthly Weather Review*, n. 113, p. 1282-1299, 1985.

CHANDIK, J. F., LYONS, W. A. Thunderstorms and lake breeze front. In: CONFERENCE ON SEVERE LOCAL STORMS, 7., 1971, San Francisco. *Proceedings...*AMS: Boston, p. 764-767, 1971.

KING, P. et al. ELBOW: an experiment to study the effects of lake breezes on weather in Southern Ontario. *CMOS Bulletin*, v. 36, n. 7, p. 28-34.1998.

LANDIM, P. M. B. *Análise estatística de dados geológicos*. São Paulo: UNESP, 1998. 226p.

PIELKE, R. A. A three dimensional numerical mode of the sea breezes over south Florida. *Monthly Weather Review*, n. 102, p. 115-139. 1974.

SÃO PAULO. *Pontal do Paranapanema*. Zoneamento Ecológico-Econômico. São Paulo. Secretaria de Estado de Meio Ambiente. 100 p. 1999.

SCHROEDER, J. J., KRISTOVICH, D. A. R., HJELMFELT, M. R. The effects of a precipitating wintertime synoptic system on a lake-induced convective boundary layer. In: CONFERENCE ON RADAR METEOROLOGY, 32., 2005, Albuquerque. *Proceedings...*AMS: Boston, p. 8.2. 2005. 1 CD-ROM.

WILSON, J. A., MEGENHARDT, D. L. Thunderstorm initiation, organization, and lifetime associated with Florida boundary layer convergence lines. *Monthly Weather Review*, n. 125, p. 1507-1525. 1997.