

ANÁLISE DA ESTRUTURA DA PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA NA REGIÃO SUL DO BRASIL

MARIA CLEIDE BALDO¹

MARIA DE LOURDES ORSINI FERNANDES MARTINS²

JONAS TEIXEIRA NERY³

RESUMO: Os Estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul constituem a região Sul do Brasil. Localizam-se entre os paralelos de 23° a 34° de latitude Sul e 48° a 58° de longitude Oeste, aproximadamente. O presente trabalho tem como objetivo analisar a estrutura e a variabilidade da precipitação pluviométrica em diferentes escalas para aqueles Estados, no período compreendido entre 1960 a 1997. Os dados foram obtidos junto à Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), tendo sido utilizados 131 postos pluviométricos. Esta base de dados foi trabalhada na escala intra-sazonal, mensal, sazonal e anual. Na escala intra-sazonal foram obtidos dados acumulados a cada dez dias, ou seja, a cada mês foram gerados três dados de precipitação decenal. Nesta etapa, foram aplicados alguns parâmetros estatísticos como média, desvio padrão, anomalia e coeficiente de variação. A estrutura da precipitação pluviométrica apresenta um núcleo bem marcado, desta variável, na porção oeste da região Sul do Brasil. Pode-se observar que, não só os sistemas polares atuam nesta região, mas destaca-se também, nos meses de dezembro, janeiro e fevereiro, um padrão de sistemas convectivos atuando nos Estados do Paraná e Santa Catarina.

PALAVRAS-CHAVE: anomalia, precipitação pluviométrica, variabilidade, região Sul do Brasil.

ABSTRACT: The Paraná, Santa Catarina and Rio Grande do Sul States (Latitude 23° and 34° S, Longitude 48° and 58° W) are localized in South Brazil. The purpose of this work is to analyse the structure and rainfall variability for different timescale in Paraná, Santa Catarina and Rio Grande do Sul States. The period cover 1960 and 1997. Series of rainfall obtained from Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), were used 131 dataset. This dataset were taken from intraseasonal, month, sazonal, annual and interannual timescale. In the intraseasonal precipitation timescale were used dataset each ten day. Statistical parameters (mean, standard deviation, coefficient of variation and anomaly) were applied to each dataset. The structure presented a well marked nucleus of this variable in the portion west of the South Brazil. It can also be observed that not only the polar systems act in this region. In the December, January and February month a convection system pattern acting in the Paraná e Santa Catarina States.

KEY WORDS: anomaly, precipitation, variability, South Brazil.

INTRODUÇÃO

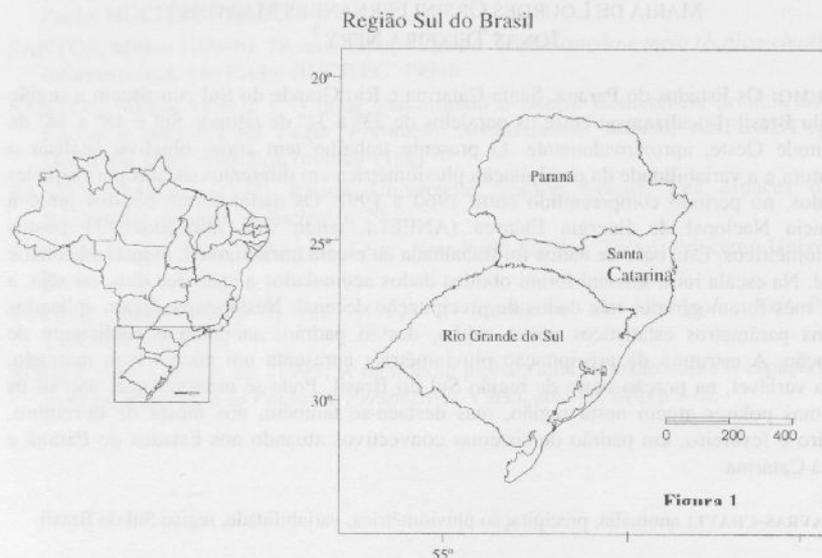
A área em estudo é a região Sul do Brasil, compreendida pelos Estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul que apresenta uma extensão territorial de 577.700

¹ Professora do Departamento de Geografia/UEM - Maringá - Paraná. - mcbaldo@uem.br

² Física (Téc. Nível Superior) do Departamento de Física/UEM - Maringá - Paraná. - mlurdes@dfi.uem.br

³ Docente do Departamento de Física/UEM - Maringá - Paraná. - jonanery@dfi.uem.br

km². É a menor das regiões brasileiras, perfazendo um total de 6.8% da superfície do país. Esta região localiza-se entre os paralelos de 23° a 34° de latitude Sul e 48° a 58° de longitude Oeste aproximadamente, como mostra a Figura 1.



As condições de tempo atmosféricas influenciam todas as atividades humanas, sendo, por exemplo, a produção agrícola substancialmente dependente das condições climáticas. Essa influência se faz sentir em todas as fases da produção, desde o plantio e crescimento até a frutificação e colheita. Todo o organismo vegetal, colocado num local o mais próximo possível de seu regime hídrico-energético, tenderá a produzir o máximo, no menor tempo possível, possibilitando o maior rendimento agrícola possível.

A ocorrência de fenômenos meteorológicos adversos contribui para grandes prejuízos na agricultura, causando, desta forma, preocupações aos agricultores e aos responsáveis pelo planejamento agrícola, assim como às atividades ligadas ao meio urbano.

A análise climatológica fornece subsídios importantes, tanto no que diz respeito ao conhecimento da realidade espacial quanto ao da organização das atividades econômicas. Cumpre destacar o zoneamento agrícola e o estudo das bacias hidrográficas com todas as suas implicações.

As variações regionais do comportamento dos elementos meteorológicos de ocorrências periódicas expõem as atividades humanas a altos riscos e insucessos, embora para longos intervalos de tempo não existam evidências de que estejam ocorrendo modificações climáticas em grande escala.

Muitos estudos têm sido realizados em várias regiões do mundo, procurando associar a ocorrência de secas com teorias sobre ciclos das manchas solares, erupções vulcânicas por exemplo, visando descobrir se os extremos apresentam uma periodicidade. Essas teorias e estudos têm apresentado aspectos polêmicos e contraditórios (MOTA E AGENDES, 1986).

Os prejuízos causados à produção de grãos no Brasil por extremos climáticos, principalmente secas, foram consideráveis nas décadas de 70 e 80, em especial nos anos de 1978, 1979 e 1985, no Centro-Sul do Brasil. No Nordeste, o período de cinco anos consecutivos de secas (1979 - 1983) causou grandes prejuízos (MOTA, 1987).

Estudos, realizados no Sul do Brasil e São Paulo, têm mostrado que o verão está dominado por sistemas convectivos oriundos do deslocamento da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), mais para o Sul da linha do Equador, intensificando a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) e originando chuvas intensas sobre esta região, além de Minas Gerais e Rio de Janeiro (NERY E VARGAS 1996). O ciclo anual de precipitação na região Sul da América do Sul tem sido estudado por PROHASKA (1976), que elaborou uma climatologia de onda anual observada em diferentes zonas e verificou diferentes regimes de chuva em função dela.

Alguns casos de anomalias de precipitação no Sul do Brasil estão associados a fenômenos externos específicos. Portanto, é importante o estudo da circulação da atmosfera nesses casos, para melhor se conhecerem os processos que atuam nesta região.

As anomalias da precipitação no Brasil foram estudadas por ALDAZ (1971) no período de 1914 a 1960. A conclusão deste estudo foi que a dinâmica da atmosfera superior exerce um predomínio sobre o regime de chuvas. Na realização desse estudo, Aldaz considerou a topografia e a insolação como importantes fatores adicionais. O estudo das anomalias revelou uma significativa mudança entre os períodos 1921-1940 e 1941-1960, para a qual não foi encontrada uma explicação.

Com relação à variabilidade de precipitação, AZEVEDO (1974) observou na região Sul do Brasil que a precipitação anual é ligeiramente superior à da região Sudeste. No Rio Grande do Sul, Santa Catarina e sul do Paraná, os coeficientes de variação de alturas anuais variam entre 20 e 30%. Para uma análise pormenorizada do regime pluviométrico, calculou-se todas as combinações possíveis de 2, 3, 4, 5 e 6 meses consecutivos, constatando que setembro é o mês mais chuvoso somente para a porção leste do Rio Grande do Sul e sudeste de Santa Catarina, mas com índices de contribuição muito baixos; outubro é o mês mais chuvoso para oeste do Paraná e oeste do Rio Grande do Sul. Com relação aos meses mais secos, considerou que, na região Sul, não existe um mês que poderíamos chamar de seco. No Rio Grande do Sul, geralmente novembro é o mês com menor parcela de contribuição (cerca de 6% da média anual). No Estado do Paraná, julho e agosto são os dois meses consecutivos mais secos, sendo os de dezembro, janeiro e fevereiro os meses mais chuvosos. No Rio Grande do Sul e Santa Catarina, a caracterização dos três meses mais chuvosos é pouco significativa, pois as chuvas se distribuem quase que igualmente durante todo o ano. Com relação aos índices de mudança mês a mês para todo o Brasil, os valores mais baixos foram observados no Rio Grande do Sul.

A transição climática observada por NIMER (1977) no noroeste do Paraná e no oeste de São Paulo é mencionada nos trabalhos de ZAVATINI (1985), BERNARDES ET AL. (1988), WREGE ET AL. (1997) e MENDONÇA (1997).

ZAVATINI (1985) analisou as causas das variações pluviais no oeste de São Paulo (Araçatuba) e norte do Paraná (Londrina), relacionando-as com as principais correntes da circulação atmosférica regionais atuantes. O centro do eixo de observação (Presidente Prudente) encontra-se numa zona transicional. Esta zona transicional é móvel devido aos fluxos tropicais e extratropicais, ligando-se às variações do ritmo pluvial na área estudada, o que explica os regimes pluviométricos contrastantes e interferentes ao longo do eixo.

NERY ET AL. (1996a) utilizaram a análise multivariada para agrupar as séries pluviométricas homogêneas no Estado do Paraná. Observaram que o regime de precipitação é altamente sazonal, verão chuvoso e inverno seco, sendo agosto o mês que apresenta a menor média dos totais mensais de precipitação. Na porção central, oeste e sul do Paraná, segundo os mesmos autores, as chuvas são bem distribuídas ao longo do ano.

NERY ET AL. (1996b) utilizaram vários parâmetros estatísticos, além da análise multivariada e análise de Fourier, para estudarem os totais mensais de precipitação pluviométrica do território paranaense. Detectaram dois regimes bem marcados, ocorrendo

maior precipitação na região leste e menor nas regiões nordeste e sudeste. Já, nas regiões oeste e central a distribuição é mais uniforme, ao longo do ano.

MONTEIRO E FURTADO (1995) estudaram o clima do trecho Florianópolis - Porto Alegre, constatando que a precipitação é maior em Porto Alegre no trimestre de junho, julho e agosto. Tal variabilidade se deve às frentes estacionárias e ao fato do Rio Grande do Sul fazer parte de uma região denominada de frontogenética. MONTEIRO ET AL. (1971) relataram que nos invernos de 1957 e 1963 a distribuição da precipitação diminui para São Paulo, sendo o Rio Grande do Sul mais diretamente afetado pelas descontinuidades frontais.

SERRA (1969) analisou anos secos e chuvosos para o Estado do Rio Grande do Sul, utilizando dados de 14 estações. Concluiu que o ano seco apresenta frentes mais rápidas que atingem menores latitudes (12°S) sob uma orientação inicial noroeste a sudeste que, em geral, se mantém, tendendo depois a norte - sul. Já o ano chuvoso mostra frentes mais lentas, que avançam menos com a orientação inicial noroeste - sudeste tende depois a W-E. Observou que o ano seco apresenta mais longos períodos de alta pressão e céu limpo, enquanto as quedas frontais do barômetro são menos acentuadas. No chuvoso, tanto as quedas como as elevações são intensas, traduzindo maior contraste frontal de massas.

BURIOL ET AL. (1977) utilizaram dados pluviométricos para a elaboração de cartas de distribuição mensal das precipitações médias e da carta anual para o Rio Grande do Sul. Concluíram que as chuvas não são periódicas ou estacionais e que em todos os meses apresentam aproximadamente os mesmos valores. Verificaram uma pequena diminuição da precipitação no fim da primavera e no verão e que as áreas situadas ao norte do paralelo 30° apresentam maiores precipitações em todos os meses, em relação ao sul. Neste mesmo trabalho, os autores destacaram a importância dos fatores geográficos na distribuição das chuvas, mostrando regiões que apresentam maiores precipitações no Estado, como a Serra do Nordeste, Planalto, Missões, Serra do sudeste, Alto Vale do Uruguai, ficando o Baixo Vale do Uruguai, o litoral, a Campanha e a Depressão Central com valores menores de precipitação. Dentro de cada região climática, os maiores valores de precipitação pluviométrica estão atrelados às maiores cotas altimétricas e, os menores foram registradas nas regiões de vales. Nos meses de inverno, os menores valores se concentram no Baixo Vale do Rio Uruguai e vão crescendo tanto para o norte como para o nordeste e leste. Na primavera, verão e outono os menores valores registrados são encontrados no litoral, aumentando para o norte e noroeste do Estado.

No presente trabalho é feita uma análise da estrutura da precipitação pluviométrica da região Sul do Brasil em diferentes escalas: intra-sazonal, mensal, sazonal e anual.

Primeiramente foram eleitos os meses de dezembro, janeiro, fevereiro e março como o período úmido. Estabeleceu-se este período por serem mais intensos os processos convectivos, devido à predominância de massas tropical e equatorial continental gerando precipitações, principalmente convectivas sobre a região. Para o período seco elegeram-se os meses de maio, junho, julho e agosto (neste período as massas polares são mais intensas, gerando precipitação pluviométrica mais homogênea no sul do Brasil). Os parâmetros estatísticos (média, desvio padrão e coeficiente de variação) foram aplicados nas diferentes escalas para o período seco e úmido.

Na escala intra-sazonal, ou seja, a cada dez dias, gerou-se uma planilha de dados decenais somando três dados mensais, e suas flutuações em escalas temporais, variando desde oscilações interanuais até fenômenos com duração intra-sazonal.

Na menor escala de variações deste trabalho, foram documentados diversas características sazonais, utilizando-se parâmetros estatísticos tais como: média, desvio padrão e coeficiente de variação.

MATERIAL E MÉTODO

Foram utilizados dados de 131 postos pluviométricos, sendo 43 do Estado do Paraná, 42 de Santa Catarina e 46 do Rio Grande do Sul. Estes dados foram cedidos pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), correspondendo ao período de 1960 a 1997. Assim, considerando que alguns postos pluviométricos apresentaram séries mais curtas, as mesmas não foram descartadas, buscando desta forma uma melhor distribuição espacial utilizando-as com seus respectivos períodos disponíveis (Figura 2). Esta base de dados foi trabalhada dentro de diferentes escalas. Foram traçadas isolinhas a cada dez dias de valores médios, desvio padrão e coeficiente de variação. Desta forma, existem três dados de precipitação (precipitação decenal) para cada mês de informação. O primeiro valor corresponde à precipitação acumulada entre os dias 1 e 10, o segundo entre os dias 11 e 20 e o terceiro entre os dias 21 e 30 ou 31 ou 28 ou 29, de acordo com o mês e o ano em estudo. Esta análise decenal tem como objetivo estudar a estrutura da precipitação na região Sul do Brasil, para analisar fenômenos intra-sazonais de escala superior à escala sinótica.

Também foram calculados diferentes parâmetros estatísticos (média, desvio padrão, coeficiente de variação), com valores mensais e anuais e em diferentes períodos, tendo por objetivo o estudo de escala sazonal e anual.

Distribuição espacial dos Postos Pluviométricos

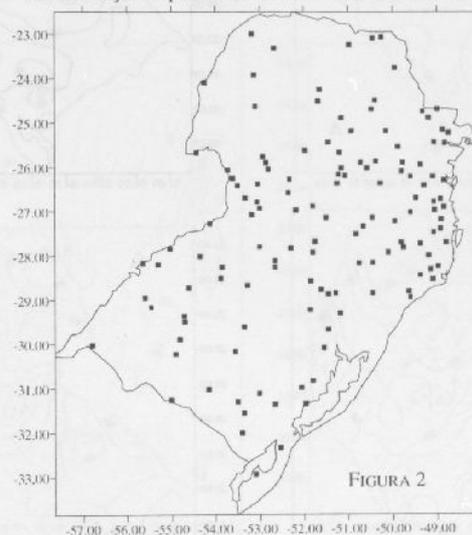


FIGURA 2

DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Dados diários acumulados são utilizados a cada dez dias de precipitação pluviométrica (escala intra-sazonal), foram construídas isolinhas de valores médios decenais para todos os postos pluviométricos selecionados para estudo na região Sul do Brasil, no período correspondente de 1960 a 1997, para o meses de dezembro, janeiro, fevereiro e março (período úmido).

Ao analisar as isolinhas deste período, observou-se que os valores médios de precipitação decenal foram maiores no Estado do Paraná e parte de Santa Catarina, nos respectivos meses de dezembro, janeiro e fevereiro, ao passo que o Rio Grande do Sul apresentou quase sempre valores menores dentro do mesmo período de análise.

Constatou-se de maneira geral que os maiores valores médios foram registrados na Serra do Mar, no Estado do Paraná, e em toda a extensão leste de Santa Catarina. Isto decorre da atuação predominante da Massa Tropical Atlântica, dotada neste período de aquecimento basal e sujeita à instabilidade fomentada pelo efeito orográfico da Serra do Mar, fazendo com que a faixa litorânea do Paraná e Santa Catarina apresente os maiores valores de precipitação pluviométrica com um regime pluviométrico bem marcado por uma concentração de chuvas em dezembro e janeiro (no período úmido) como mostram as Figuras 3(A a L).

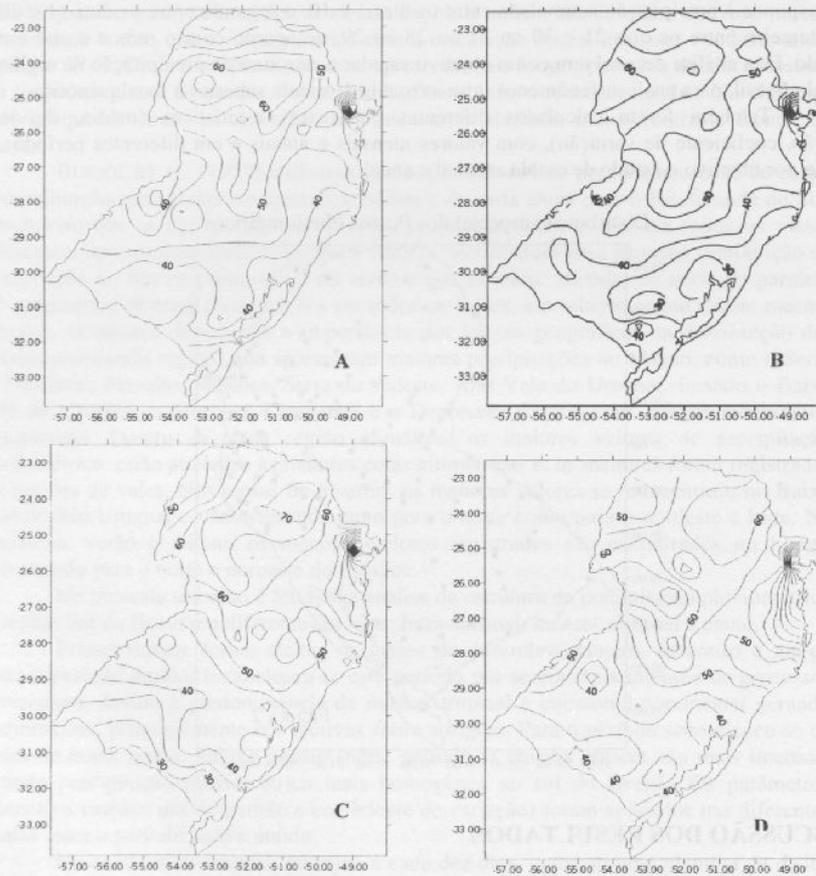


Figura 3(A, B, C, D) - Valores decenais médios de precipitação no período úmido (dezembro a março) para a região Sul do Brasil de 1960 a 1997. (A) Isolinhas dos 10 primeiros dias de precipitação no mês de dezembro, (B) dos 10 segundos dias, (C) dos 10 terceiros dias de dezembro e (D) dos 10 primeiros dias do mês de janeiro.

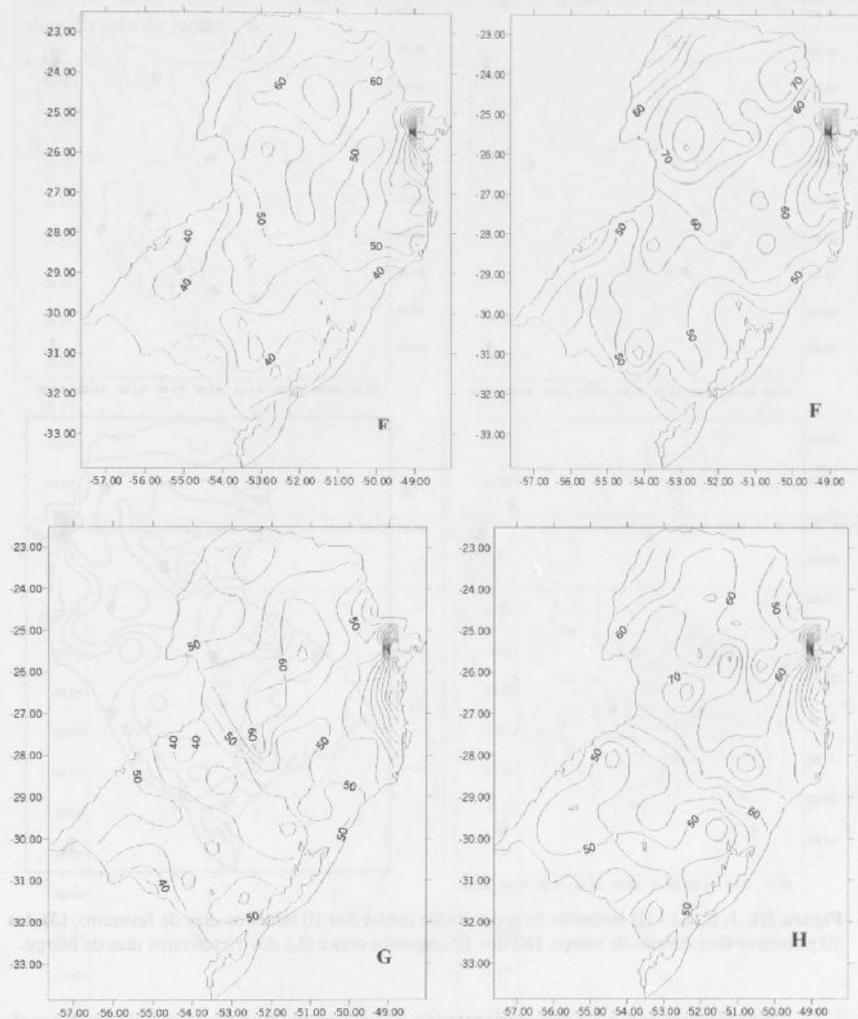


Figura 3(E, F, G, H) - (E) Precipitação média dos 10 segundos dias de janeiro, **(F)** dos 10 terceiros dias, **(G)** dos 10 primeiros dias do mês de fevereiro e **(H)** dos 10 segundos dias de fevereiro.

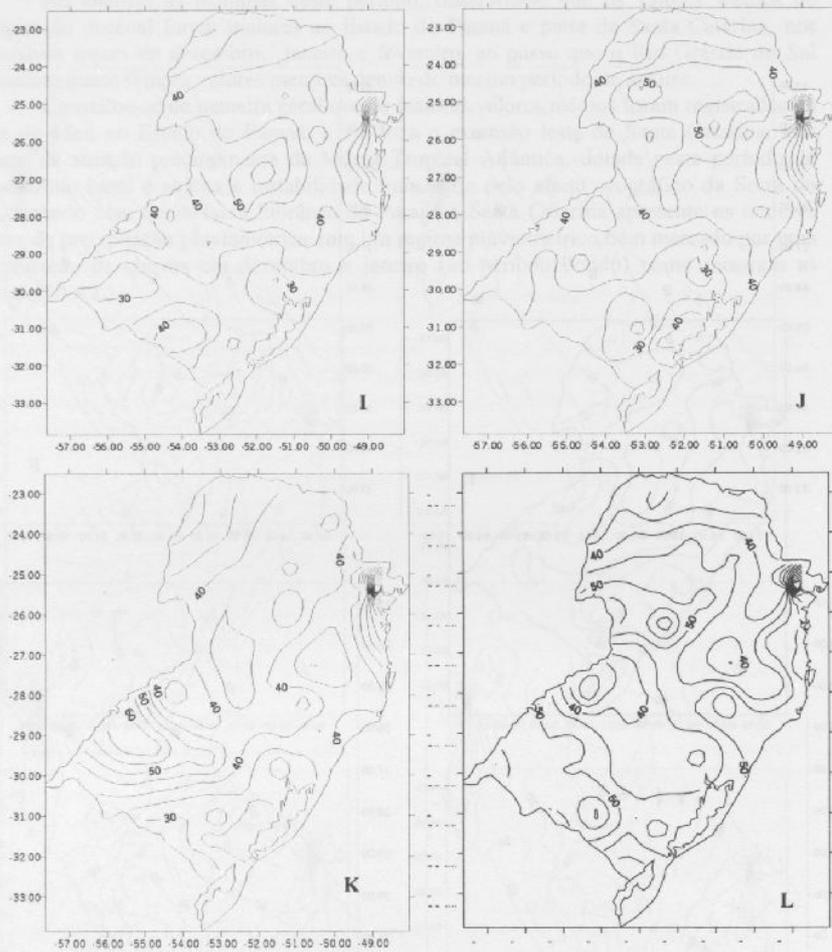


Figura 3(I, J, K, L) - (I) Isolinhas de precipitação média dos 10 terceiros dias de fevereiro, (J) dos 10 primeiros dias do mês de março, (K) dos 10 segundos dias e (L) dos 10 terceiros dias de março.

Nas Figuras 4(A a L) são apresentados os valores médios de precipitação decenal, para os meses de maio, junho, julho e agosto (período seco). Constatou-se que as distribuições decenais, dentro desse período, tendem a deslocar seus valores máximos do Estado do Paraná para a porção central de Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Este deslocamento dos valores máximos das isolinhas decenais do Estado do Paraná, nos meses de dezembro, janeiro e fevereiro, para a parte central da região Sul nos meses de junho, julho e agosto, sugere uma dinâmica de circulação diferenciada entre o verão e o inverno na referida região.

Os maiores valores da média para o período seco foram registrados no extremo oeste de Santa Catarina no terceiro dez-dias do mês de maio, no primeiro e segundo dez-dias do mês de junho.

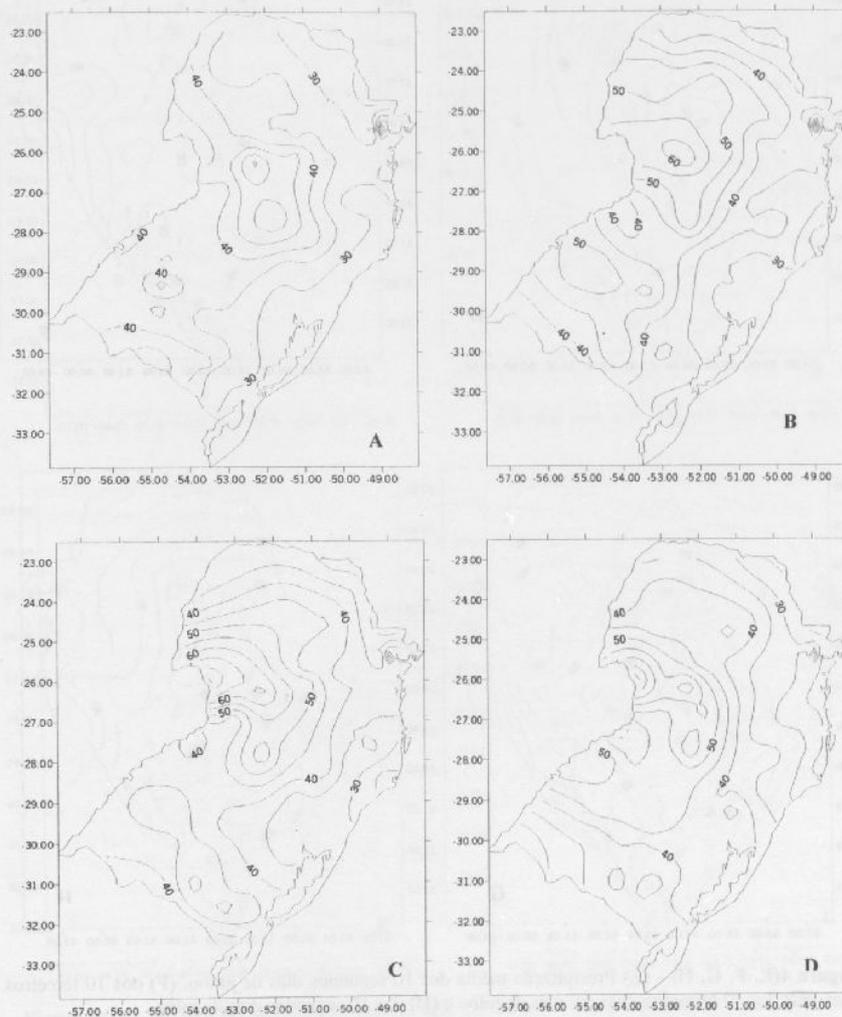


Figura 4(A , B, C, D) - Valores decenais médios de precipitação no período seco (maio a agosto) para a região Sul do Brasil de 1960 a 1997. (A) Isolinhas dos 10 primeiros dias de precipitação no mês de maio, (B) dos 10 segundos dias, (C) dos 10 terceiros dias de maio e (D) dos 10 primeiros dias do mês de junho.

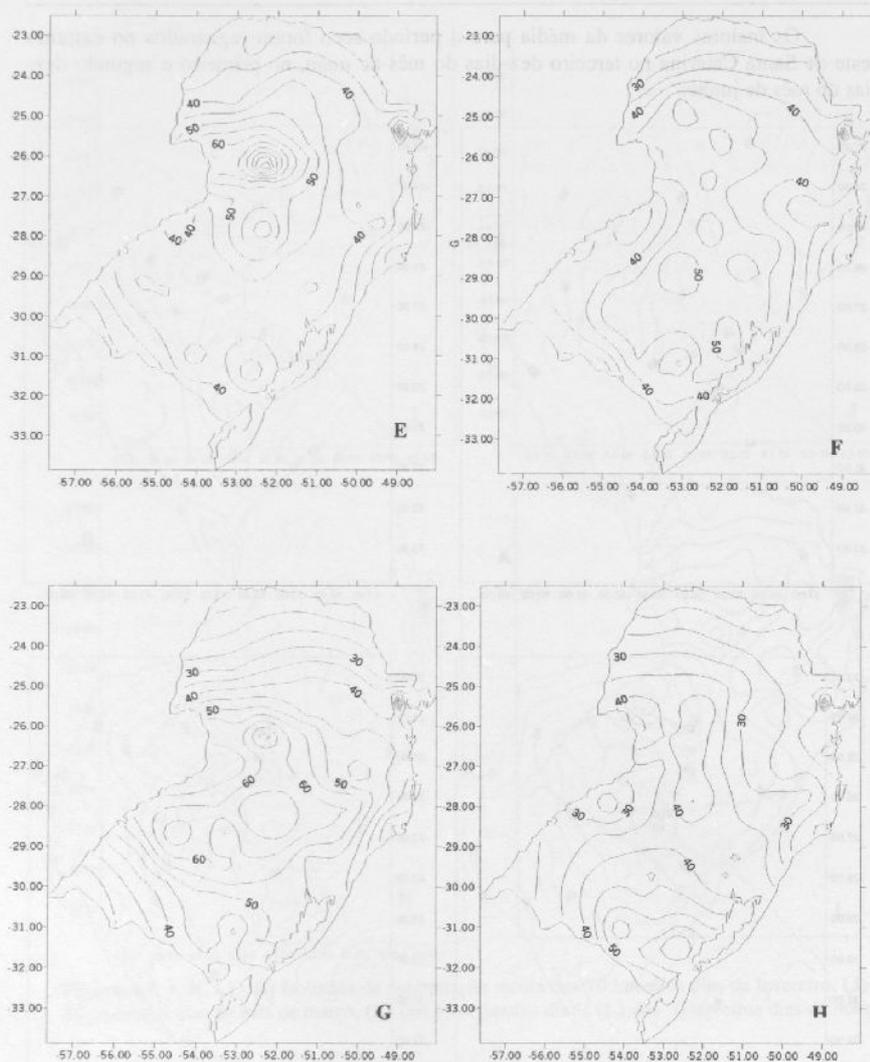


Figura 4(E, F, G, H) - (E) Precipitação média dos 10 segundos dias de junho, (F) dos 10 terceiros dias, (G) dos 10 primeiros dias do mês de julho e (H) dos 10 segundos dias de julho.

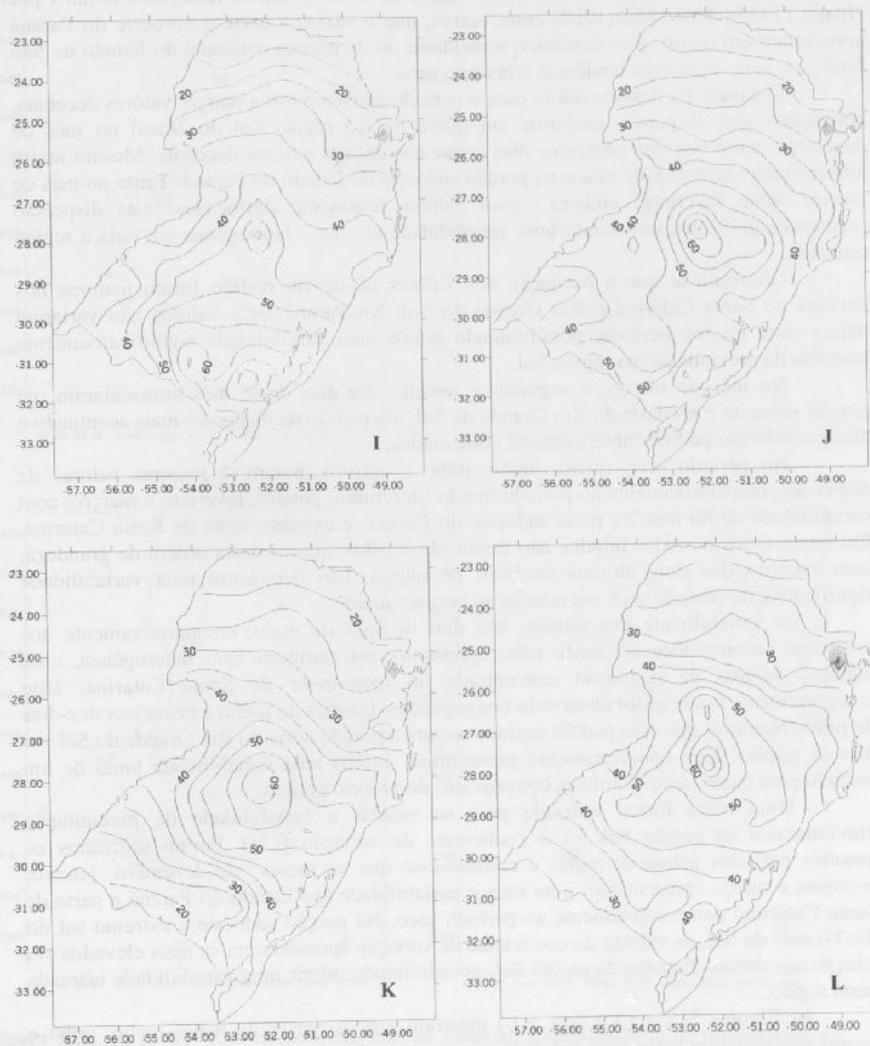


Figura 4(I, J, K, L) - (I) Isolinhas de precipitação média dos 10 terceiros dias de julho, (J) dos 10 primeiros dias do mês de agosto, (K) dos 10 segundos dias e, (L) dos 10 terceiros dias de agosto.

Constatou-se, no período seco, que o norte do Paraná apresentou a menor média em relação à região Sul do Brasil, confirmando-se desta forma os resultados obtidos por NIMER (1977), MONTEIRO(1968) entre outros, que o extremo norte e noroeste do Paraná apresentam um regime pluviométrico semelhante ao da porção ocidental do Estado de São Paulo, ou seja, apresenta tendência a inverno seco.

O campo de desvio padrão para o período de dezembro a março, valores decenais, apresentou uma dispersão uniforme em quase toda a região Sul do Brasil no mês de dezembro, tanto nos dez primeiros dias como nos demais valores decenais. Mesmo assim aparece uma variabilidade maior na porção sudoeste do Estado do Paraná. Tanto no mês de janeiro como fevereiro, embora com valores levemente deslocados, esta dispersão permanece uniforme, mostrando uma variabilidade absoluta homogênea em toda a região estudada.

Observou-se que a oscilação dos valores de desvio padrão foram maiores nos Estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul. No Paraná estes valores não variaram muito neste mesmo período, possibilitando inferir uma variabilidade significativamente marcada da precipitação na região Sul.

No mês de março, o segundo e terceiro dez-dias deste mês apresentaram, na porção sudoeste e nordeste do Rio Grande do Sul, um padrão de dispersão mais acentuado e diferenciado dos padrões anteriormente comentados.

No período seco (maio, junho, julho e agosto), notam-se maiores valores de dispersão comparativamente ao período úmido (dezembro, janeiro, fevereiro e março), com variabilidade de 80 mm, na parte sudoeste do Paraná e extremo oeste de Santa Catarina. Em quase todos períodos úmidos não foram observados valores desta ordem de grandeza, com exceção dos dois últimos decênios de março. Isto demonstra uma variabilidade significativa do período seco em relação ao período úmido.

A variabilidade dos últimos dez dias do mês de maio, comparativamente aos primeiros valores decenais deste mês, apresenta uma estrutura bem heterogênea, com maiores valores de dispersão concentrada no meio-oeste de Santa Catarina. Este comportamento também foi observado nos segundos dez-dias de junho e primeiros dez-dias de julho. Notou-se que esse padrão desloca-se para a porção norte do Rio Grande do Sul, no mês de agosto. Este comportamento possibilitou inferir uma variabilidade tanto de um período para outro (seco e úmido), como dentro do próprio período.

Uma outra forma utilizada para se estudar a variabilidade da precipitação pluviométrica na região Sul foi o coeficiente de variação (CV). Foram utilizados os mesmos períodos acima definidos e constatou-se que os meses de dezembro, janeiro, fevereiro e março apresentaram uma menor variabilidade (no Estado do Paraná e parte de Santa Catarina) comparativamente ao período seco. Na porção sudoeste e extremo sul do Rio Grande do Sul, os valores do coeficiente de variação apresentaram-se mais elevados em relação aos demais Estados da região Sul, possibilitando inferir uma variabilidade marcada nesta região.

As Figuras 5(A a L) e 6(A a L) mostram que os meses de maio, junho, julho e agosto apresentaram maior variabilidade, em comparação com o período úmido na área de estudo. No Rio Grande do Sul, o coeficiente de variação apresentou alguns núcleos com valores mais elevados. Isto demonstra que a região Sul do Brasil, embora considerada uniforme em sua distribuição da precipitação, constatada por diversos autores a partir de sua amplitude pluviométrica, apresenta, mesmo assim, um padrão bem definido, considerando-se dois períodos distintos.

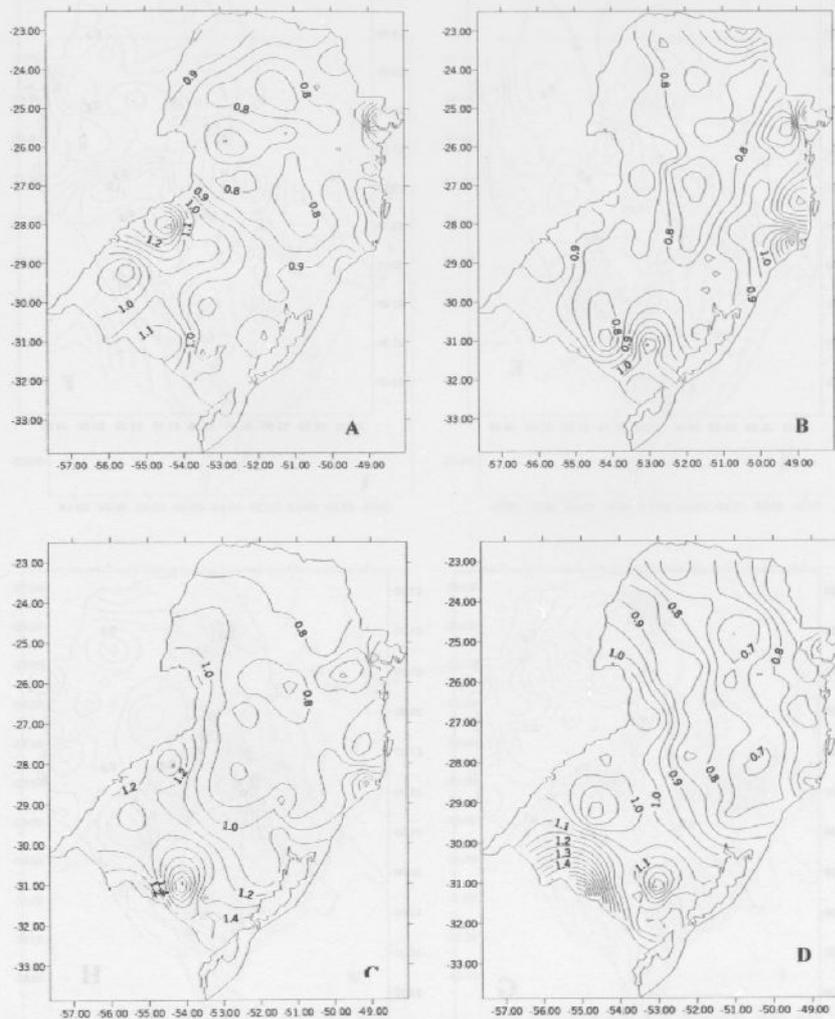


Figura 5(A , B, C, D) - Cálculo do coeficiente de variação, valores decenais de precipitação, no período úmido (dezembro a março) para a região Sul do Brasil de 1960 a 1997. (A) Isolinhas dos 10 primeiros dias do mês de dezembro, (B) dos 10 segundos dias, (C) dos 10 terceiros dias de dezembro e (D) dos 10 primeiros dias do mês de janeiro.



Figura 5(E, F, G, H) - (E) Coeficiente de variação da precipitação dos 10 segundos dias de janeiro, (F) dos 10 terceiros dias, (G) dos 10 primeiros dias do mês de fevereiro e (H) dos 10 segundos dias de fevereiro.

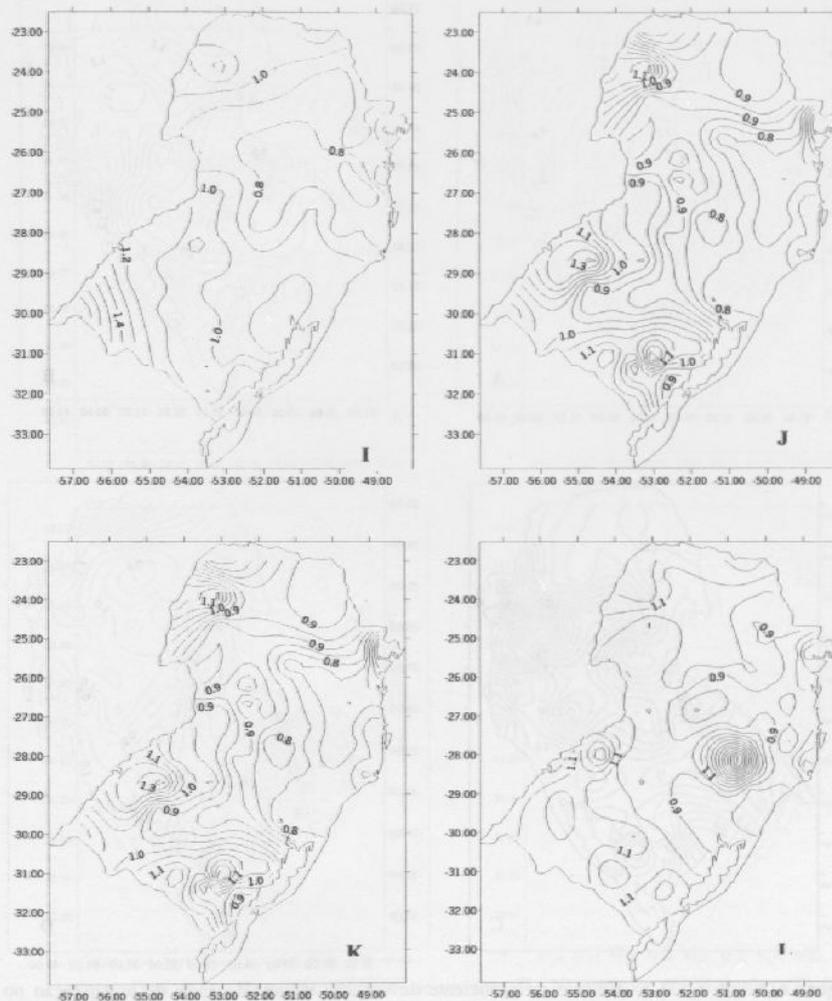


Figura 5(I, J, K, L) - (I) Isolinhas do coeficiente de variação da precipitação dos 10 primeiros dias de fevereiro, (J) dos 10 primeiros dias do mês de março, (K) dos 10 segundos dias e (L) dos 10 terceiros dias de março.

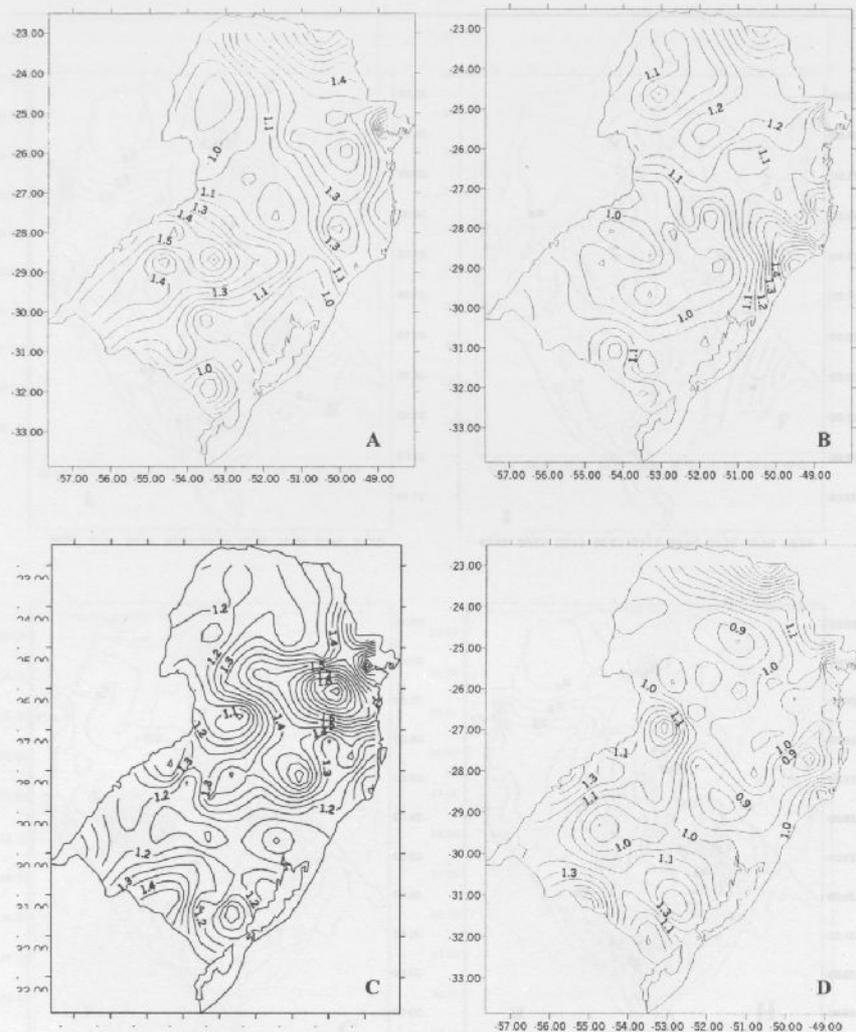


Figura 6(A , B, C, D) - Cálculo do coeficiente de variação valores decenais de precipitação no período seco (maio a agosto) para a região Sul do Brasil de 1960 a 1997. (A) Isolinhas dos 10 primeiros dias de precipitação no mês de maio, (B) dos 10 segundos dias, (C) dos 10 terceiros dias de maio e (D) dos 10 primeiros dias do mês de junho.

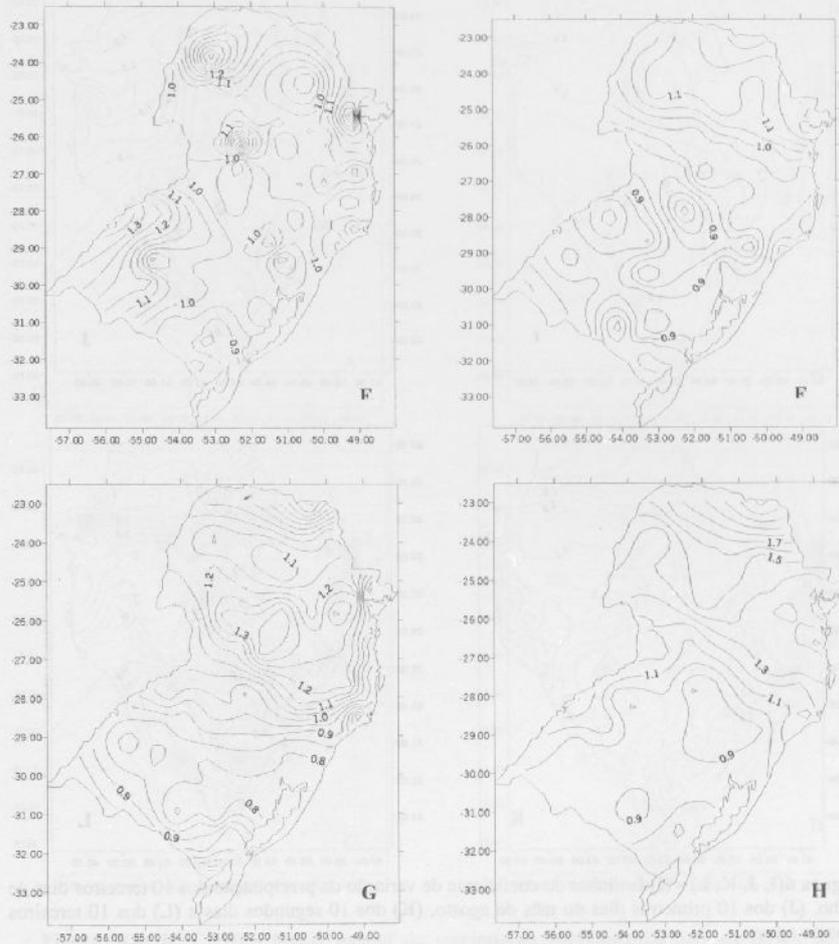


Figura 6(E, F, G, H) - (E) Coeficiente de variação dos 10 segundos dias de junho, (F) dos 10 terceiros dias, (G) dos 10 primeiros dias do mês de julho e (H) dos 10 segundos dias de julho.

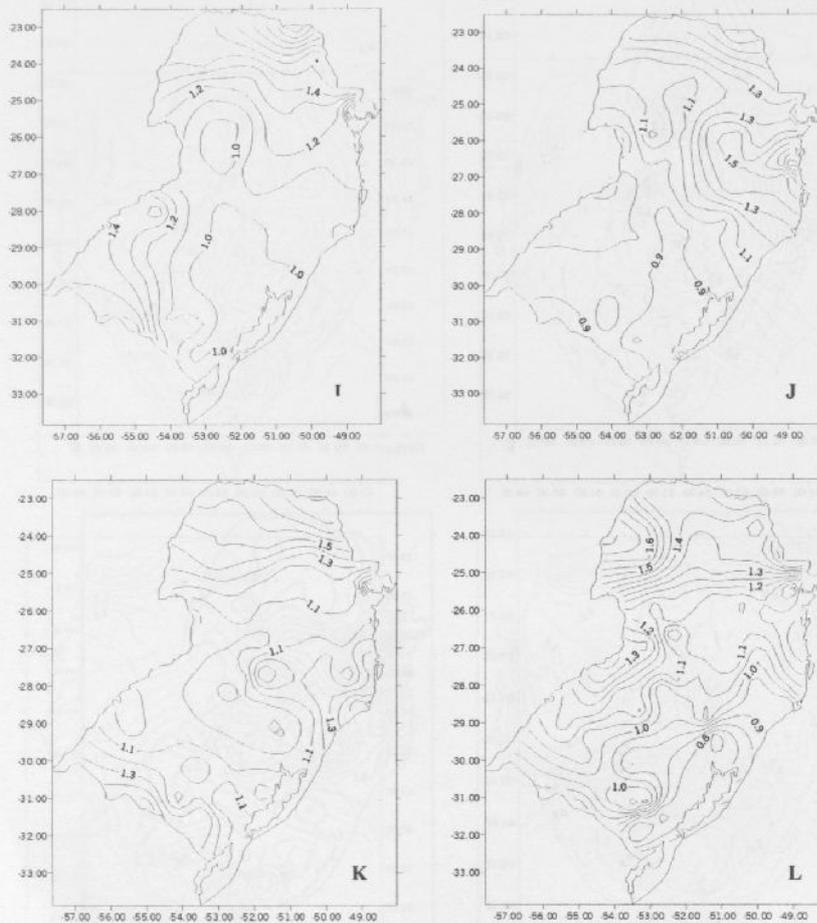


Figura 6(I, J, K, L) - (I) Isolinhas do coeficiente de variação da precipitação dos 10 terceiros dias de julho, (J) dos 10 primeiros dias do mês de agosto, (K) dos 10 segundos dias e (L) dos 10 terceiros dias de agosto.

No estudo de valores mensais observou-se um mesmo padrão de variabilidade apresentado na escala intra-sazonal, notando-se, nos meses de dezembro e janeiro, valores médios de precipitação pluviométrica maiores na porção noroeste da região Sul do Brasil com 160 mm (Figuras 7A e 7B). Nos meses de fevereiro e março, os maiores valores de precipitação foram registrados no leste do Estado do Paraná e extremo oeste e leste de Santa Catarina (Figuras 7C e 7D).

Com relação aos valores médios mensais nos meses de maio e junho, como mostram as Figuras 7E e 7F, pode-se observar um núcleo com valores aproximados de 190 mm no meio oeste e extremo oeste de Santa Catarina. Este núcleo se desloca, gradativamente, no decorrer dos meses de julho e agosto para a porção norte do Rio Grande do Sul (Figuras 7G e 7H).

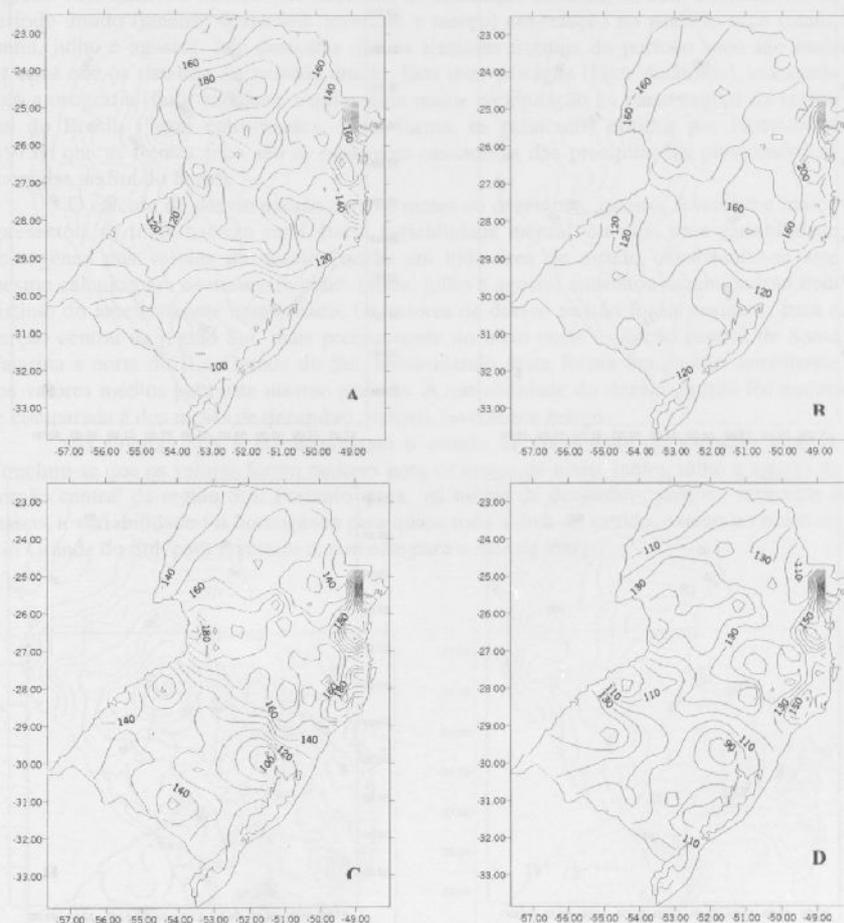


Figura 7(A, B, C, D) - Média mensal de precipitação pluviométrica para os meses de A (dezembro), B (janeiro), C (fevereiro) e D (março), no período de 1960 a 1997.

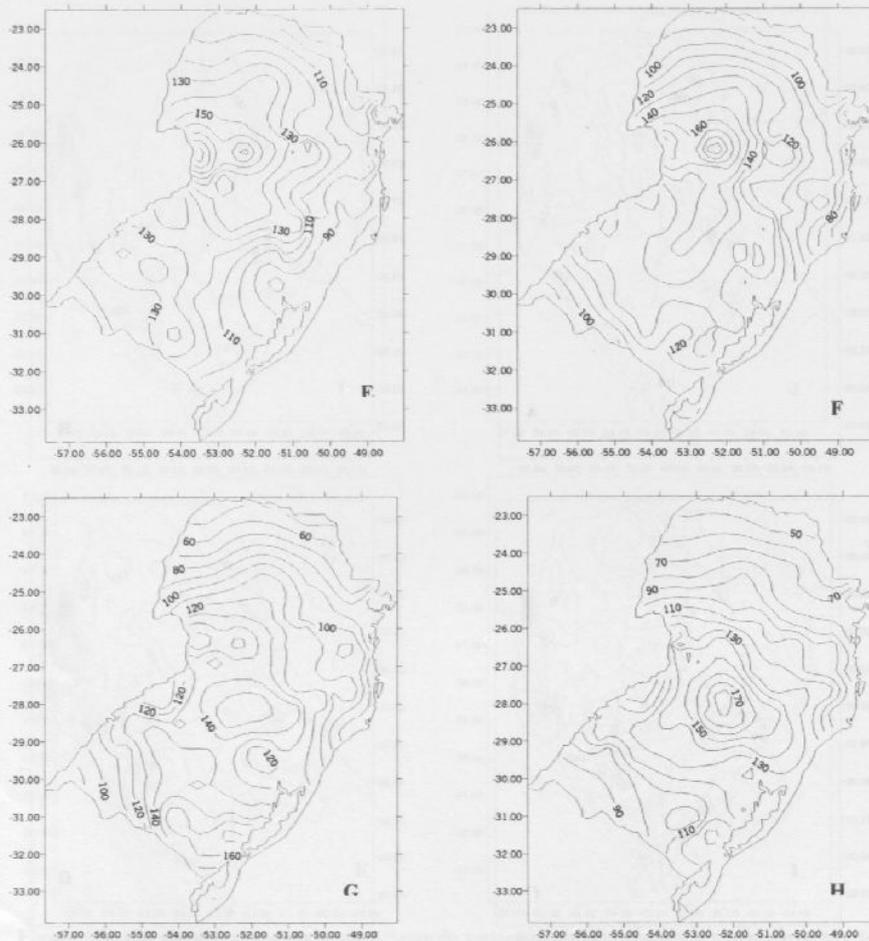


Figura 7(E, F, G, H) - Média mensal de precipitação pluviométrica para os meses de E (maio), F (junho), G (julho) e H (agosto), no período de 1960 a 1997.

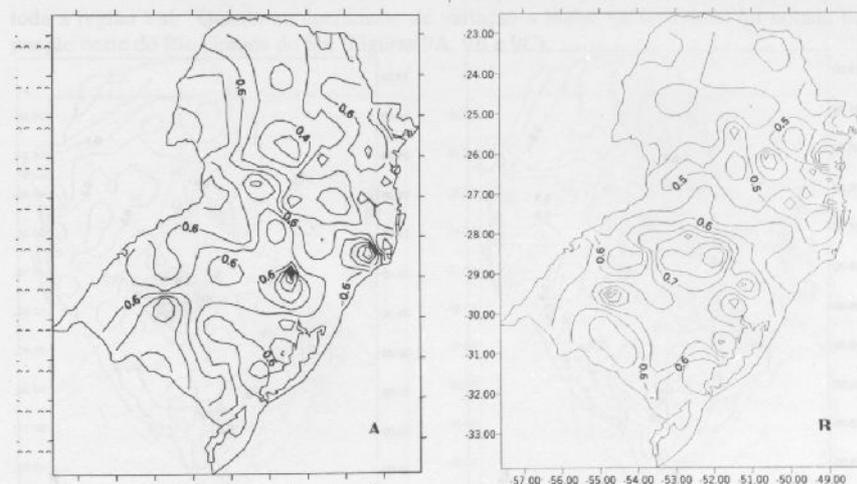
Outra inferência que se pode fazer é que nos meses de dezembro, janeiro e fevereiro, principalmente, a precipitação pluviométrica nos Estados do Paraná e Santa Catarina está influenciada pela dinâmica da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), associada com os sistemas frontais que acabam se intensificando nesta região devido à grande umidade oriunda dos complexos convectivos também denominados de ZCAS. Geralmente, os sistemas frontais começam sua desintensificação a partir dos trópicos, entretanto ao encontrar umidade sobre esta região adquirem "energia", provocando mais chuvas, nestes meses, sobre o Paraná e Santa Catarina.

Deve-se observar que, tanto para a variabilidade de precipitação intra-sazonal como para a mensal, os meses do período seco apresentaram um núcleo bem marcado na porção central da região Sul, com valores significativamente maiores do que nas demais

regiões. Esta estrutura mostra uma dinâmica de circulação atmosférica bem diferenciada do período úmido (janeiro, dezembro, fevereiro e março) em relação ao período seco (maio, junho, julho e agosto). Isto demonstra que os sistemas frontais do período seco são mais intensos que os sistemas do período úmido. Esta intensificação (fator dinâmico), associada com a orografia (fator estático), explica uma maior precipitação na parte central da região Sul do Brasil. Ficam confirmados, desta forma, os resultados obtidos por HOFFMANN (1975): que as frentes frias são as principais causadoras das precipitações pluviométricas ocorridas no Sul do Brasil.

O cálculo do desvio padrão para os meses de dezembro, janeiro, fevereiro e março apresentou, de uma maneira geral, baixa variabilidade mensal, ou seja, uma variabilidade homogênea nos valores de desvio padrão em toda área de estudo. Analisando-se este mesmo cálculo para os meses de maio, junho, julho e agosto, constatou-se um padrão bem distinto do anteriormente apresentado. Os valores de desvio padrão foram maiores para a porção central da região Sul, mais precisamente no meio oeste e porção central de Santa Catarina e norte do Rio Grande do Sul, apresentando desta forma um padrão semelhante aos valores médios para este mesmo período. A variabilidade do desvio padrão foi maior, se comparada à dos meses de dezembro, janeiro, fevereiro e março.

As Figuras 8(A a H) apresentam o estudo de coeficiente de variação mensal. Concluiu-se que os valores foram maiores para os meses de maio, junho, julho e agosto na porção central da região Sul. Portanto, para os meses de dezembro, janeiro, fevereiro e março, a variabilidade foi homogênea para quase toda a área de estudo, exceto no norte do Rio Grande do Sul, para fevereiro e, noroeste para o mês de março.



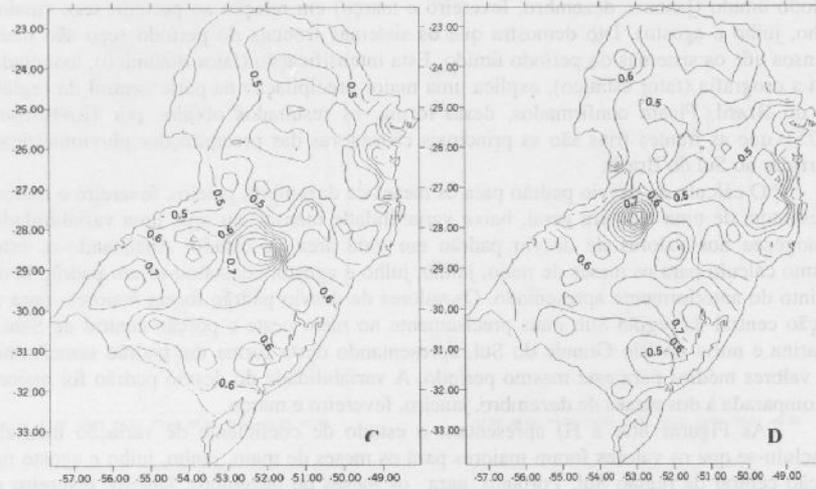
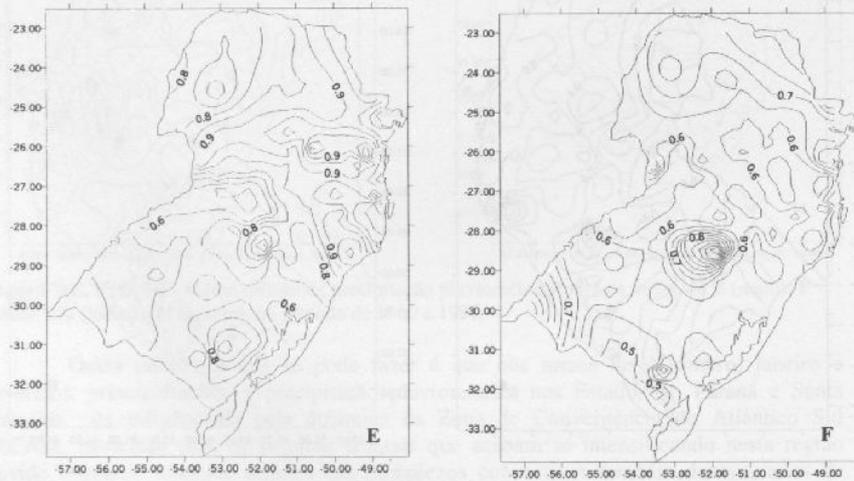


Figura 8(A, B, C, D) - Coeficiente de variação da precipitação pluviométrica mensal para os meses de A (dezembro), B (janeiro), C (fevereiro) e D (março), no período de 1960 a 1997.



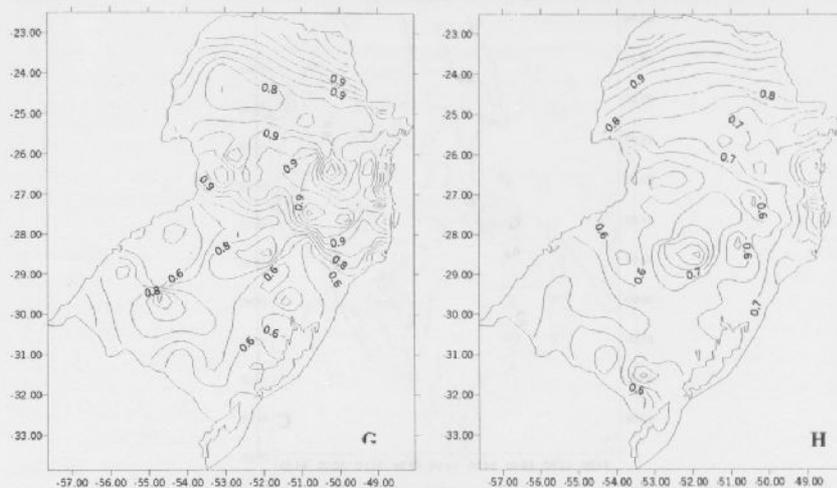
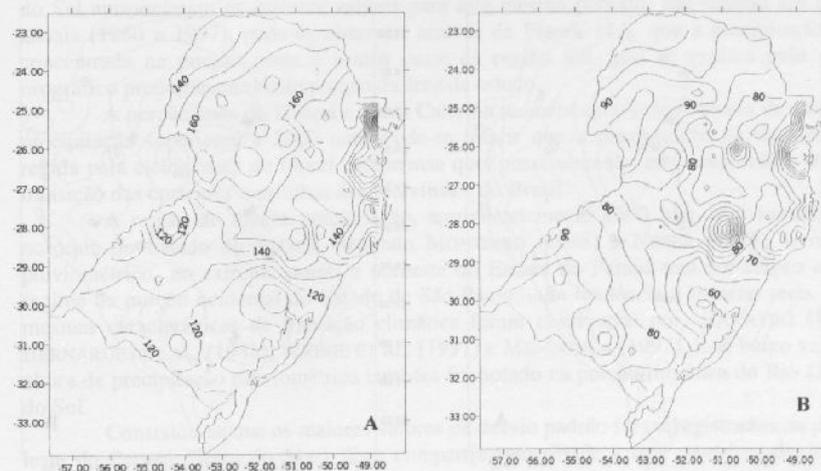


Figura 8(E, F, G, H) - Coeficiente de variação da precipitação pluviométrica mensal para os meses de E (maio), F (junho), G (julho) e H (agosto), no período de 1960 a 1997.

No cálculo das médias para o período úmido (dezembro, janeiro, fevereiro e março) os maiores valores foram registrados na porção leste do Paraná e Santa Catarina e nordeste e oeste do Rio Grande do Sul. O desvio padrão apresentou-se homogêneo para toda a região Sul. Quanto ao coeficiente de variação a maior variabilidade foi notada na porção oeste do Rio Grande do Sul (Figuras 9A, 9B e 9C).



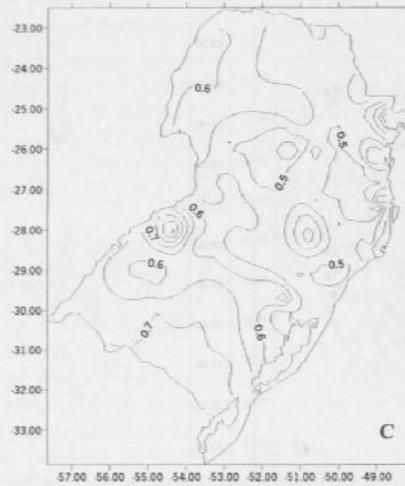
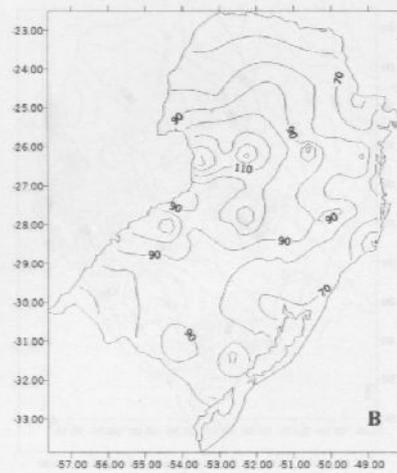
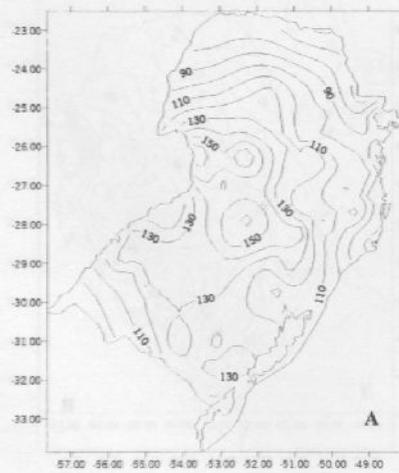


Figura 9(A, B, C) - (A) Média da precipitação pluviométrica mensal para o período úmido (dezembro a março) de 1960 a 1997, (B) desvio padrão e (C) coeficiente de variação.

Foram eleitos os meses de maio, junho, julho e agosto como período seco (Figuras 10A, 10B e 10C) e observou-se que os maiores valores da média foram registrados no sudoeste do Paraná, meio oeste e extremo oeste de Santa Catarina e norte e noroeste do Rio Grande do Sul.



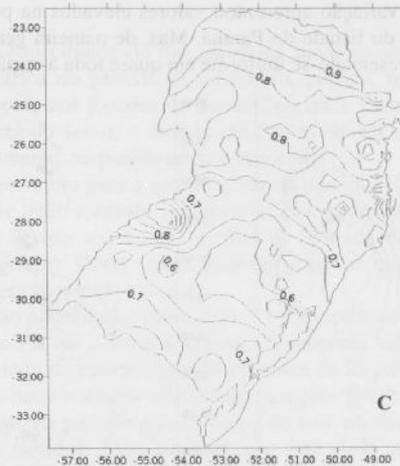


Figura 10(A, B, C) - (A) Média da precipitação pluviométrica mensal em (mm) para o período seco (maio a agosto) de 1960 a 1997, (B) desvio padrão e (C) coeficiente de variação.

Com relação ao desvio padrão, na porção oeste de Santa Catarina e oeste do Rio Grande do Sul, os valores apresentados foram significativamente maiores, se comparados com toda a região.

Quanto ao coeficiente de variação, a porção norte do Paraná e oeste do Rio Grande do Sul apresentaram os maiores valores para este mesmo período. Em relação aos dados anuais (1960 a 1997), pode-se observar, através da Figura 11A, que a precipitação está concentrada na porção oeste e centro oeste da região Sul. Isto se explica pelo efeito orográfico predominante nesta porção da área de estudo.

A porção leste do Paraná e Santa Catarina também apresentou valores de altura de precipitação superiores a 2000 mm. Pode-se inferir que a precipitação pluviométrica é regida pela ciclogênese do litoral catarinense que, possivelmente, está associada à área de transição das correntes marítimas das Malvinas e do Brasil.

A região de menor precipitação, aproximadamente 1300 mm, está localizada a noroeste do Estado do Paraná. Segundo MONTEIRO (1968) e NIMER (1977), o regime pluviométrico no extremo norte e noroeste do Estado do Paraná tem correlação com o regime da porção ocidental do Estado de São Paulo, com tendência a inverno seco. Estas mesmas características de transição climática foram observadas por ZAVATINI (1985), BERNARDES ET AL. (1988), WREGE ET AL. (1997) e MENDONÇA (1997). Este baixo valor da altura de precipitação pluviométrica também foi notado na porção litorânea do Rio Grande do Sul.

Constatou-se que os maiores valores de desvio padrão foram registrados na porção leste do Paraná (Serra do Mar). Este compartimento divide a orla marítima do interior planáltico e apresenta elevadas altitudes, formando assim desta forma uma barreira, que dificulta a entrada das massas de ar. As massas de ar, ao transpor as montanhas num movimento ascendente, conseqüentemente geram as chuvas orográficas a barlavento da mesma.

O sudoeste do Paraná e oeste de Santa Catarina e Rio Grande do Sul também apresentaram desvio padrão com altos valores (Figura 11B).

O coeficiente de variação apresentou valores elevados na porção leste e oeste do Rio Grande do Sul e leste do Estado do Paraná. Mas, de maneira geral a variabilidade não foi muito significativa, apresentado-se uniforme em quase toda a região Sul (Figura 11C).

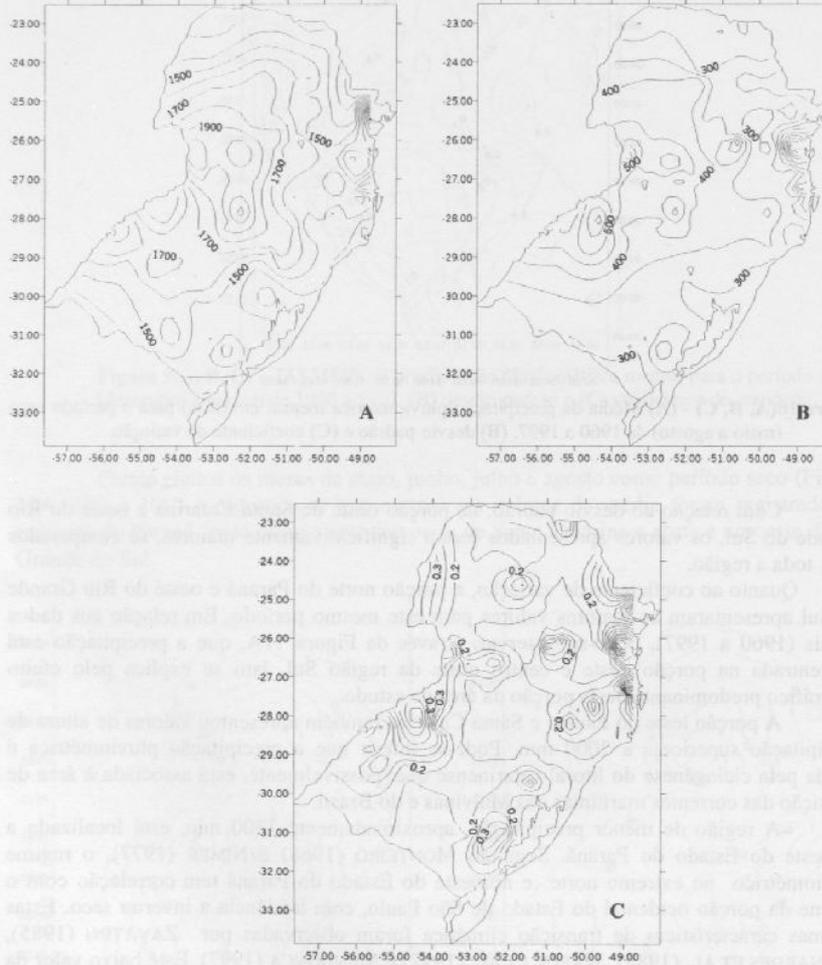


Figura 11(A, B, C) - (A) Média da precipitação pluviométrica anual (em mm) para todo o período de 1960 a 1997, (B) desvio padrão e (C) coeficiente de variação.

CONCLUSÕES

O Estado do Rio Grande do Sul apresenta menores valores médios decenais de precipitação pluviométrica no período de dezembro, janeiro, fevereiro e março (período úmido) comparativamente aos Estados de Santa Catarina e Paraná. Em relação aos meses de maio a agosto (período seco), o Estado do Paraná apresenta os menores valores de precipitação, principalmente na porção norte e noroeste.

Constata-se que tanto para a variabilidade da precipitação intra-sazonal como para a mensal, o período de maio a agosto apresenta as precipitações mais elevadas na porção central da região Sul devido aos fatores dinâmicos (entrada de sistemas frontais) e aos fatores estáticos (orografia). Desta forma pode-se observar uma dinâmica de circulação diferenciada entre o período úmido e o seco.

A precipitação anual está concentrada, com maiores valores, na porção central da região Sul e a leste do Paraná e Santa Catarina. Os menores valores foram registrados no norte e noroeste do Estado do Paraná e porção litorânea do Rio Grande do Sul.

Os resultados deste trabalho indicam que a região Sul do Brasil, mesmo tendo uma significativa distribuição da precipitação ao longo do ano, possui variabilidades em relação aos períodos secos e úmidos. Esta variabilidade está dada por padrões de circulação diferenciados entre os dois períodos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALDAZ, L., 1971. Caracterização Parcial do Regime de Chuvas do Brasil. Rio de Janeiro. DEMET/SUDENE/OMM. Relatório n. 4, p.1-42.
- AZEVEDO, D.C., 1974. Chuvas no Brasil: regime, variabilidade e probabilidades de alturas mensais e anuais. (Dissertação de Mestrado). Porto Alegre-UFRGS.
- BERNARDES, R.M.; AGUILAR, A.P.; ABE, S., 1988. Frequência de Ocorrência de Veranicos no Estado do Paraná. Boletim de Geografia, Maringá, ano 6, n.9, p.83-108.
- BURIOL, G.A.; ESTEFANEL, V.; FERREIRA, M., 1977. Cartas mensais e anual das chuvas do Estado do Rio Grande do Sul. R. Centros Ci. Rurais, 7(1): 55-82.
- HOFFMANN, J.A. 1975. Atlas climático de America del Sur. Primeira parte. OMM, Genebra.
- MENDONÇA, F.A., 1997. Contribuição do zoneamento climático na elaboração do diagnóstico ambiental de bacias hidrográficas: o exemplo da bacia do Rio Tibagi. Boletim Climatológico, FCT/UNESP, Presidente Prudente, 2(3): 118-121.
- MENDONÇA, M.; MONTEIRO, M.A., 1997. Precipitações anômalas concentradas e localizadas ocorridas na costa centro-sul do estado de Santa Catarina no período de 1990-1995. Boletim Climatológico, FCT/UNESP, Presidente Prudente, 2(3): 77-180.
- MONTEIRO, C.A.F., 1968. Clima. In: Geografia do Brasil: Grande Região Sul. 2 ed. v.4, Tomo I. Rio de Janeiro, IBGE, p.114-166.
- MONTEIRO, C.A.F.; MARKUS, E.; GOMES, K.M.F., 1971. Comparação da pluviosidade nos Estados de São Paulo e Rio Grande do Sul nos invernos de 1957 e 1963. In: Climatologia (3), IG-USP, 10p.
- MONTEIRO, M.A.; FURTADO, S.M.A., 1995. O Clima do Trecho Florianópolis-Porto Alegre: uma abordagem dinâmica. Geosul, n.19/20, ano10, p.117-133.
- MOTA, F.S., 1987. Estratégias e Tecnologias para Minimizar os Efeitos das secas sobre a produção de alimentos no Brasil. Boletim Técnico, 7:19.

- MOTA, F.S.; AGENDES, M. O. O., 1986. Clima e Agricultura no Brasil. Porto Alegre, Sagra, 151p.
- NERY, J.T.; SILVA, W.C.; MARTINS, M.L.O.F., 1996a. Aspectos Geográficos e Estatísticos da Precipitação do Estado do Paraná. Revista Unimar, 18(4): 777-789.
- NERY, J.T.; VARGAS, W.M.; MARTINS, M.L.O.F., 1996b. Caracterização da Precipitação no Estado do Paraná. Revista Brasileira de Agrometeorologia, 4(2): 81-89.
- NERY, T.J.; VARGAS, M.W., 1996. Estudio Climático de la Precipitación del Brasil Meridional Asociados con Extremos Extrarregionales. (Tesis Doctoral). Buenos Aires - Argentina.
- NIMER, E., 1977. Clima In: Geografia do Brasil: Região Sul. Rio de Janeiro, Sergraf/IBGE, 5, 35-79.
- PROHASKA, F.J., 1976. Climates of Central and South America. World Survey of Climatology, Elsevier Cientific Publihing Company, Amesterdan.
- SERRA, A., 1969. Anos Secos e Chuvosos no Rio Grande do Sul. Boletim Geográfico, IBGE, Rio de Janeiro, n.212, ano 28.
- WREGE, M.S.; GONÇALVES, S.L.; CARAMORI P.H. et al., 1997. Risco de deficiência hídrica na cultura do feijoeiro durante a safra das águas no estado do Paraná. Revista Brasileira de Agrometeorologia, 5(1): 51-59.
- ZAVATINI, J.A., 1985. Dinâmica Atmosférica e Variações Pluviais no Oeste de São Paulo e Norte do Paraná: uma análise temporo-espacial ao longo do eixo Araçatuba- Presidente Prudente – Londrina. Boletim de Geografia Teorética, 15(29-30): 372-387.