

RELAÇÕES ENTRE OS PROCESSOS ENOS EM GRANDE ESCALA E PECULIARIDADES CLIMÁTICAS REGIONAIS NO NORTE DO BRASIL

Paulo F. Zaratini *

e-mail:zaratini@fisica.ufpr.br

Igor A. Pisnichenko**

e-mail:igor@fisica.ufpr.br

Alice M. Grimm**

e-mail:grimm@fisica.ufpr.br

*Bolsista de Iniciação Científica CNPq - Grupo de Meteorologia- UFPR

**Universidade Federal do Paraná, Departamento de Física, Curitiba, Brasil.

ABSTRACT

The correlation between the precipitation over Northern Brazil and some parameters characterizing a large-scaled circulation over this region was investigated. It is found that interannual oscillation of the precipitation in this region is connected with alternation of different monthly-mean circulation patterns.

INTRODUÇÃO

A motivação deste trabalho se fundamenta na necessidade de haver uma maior compreensão dos processos locais que caracterizam o climatologia da região Norte do Brasil, e como estes processos estão ligados com vários regimes da circulação atmosférica geral.

Para tal propósito analisamos a climatologia local, episódios secos e chuvosos associados a fenômenos ENOS na Região Amazônica central contendo os estados do Acre, Amapá, Amazonas, Pará, Rondônia e Roraima.

O estudo investiga de maneira abrangente o comportamento da precipitação no que se refere a sua variação interanual, anual, intrasazonal, sazonal, as anomalias consistentes e peculiaridades reveladas pela correlação com alguns parâmetros físicos observados: geopotencial, vento zonal, vento meridional, velocidade vertical, frequência Brunt Väisällä ,divergência dos fluxos de umidade.

Alguns autores devotaram seus esforços à análise do início e fim da estação chuvosa no Norte do Brasil por exemplo: Rao e Rada, 1990; Marengo 1995. Nestes trabalhos foram mostrados que a região Norte se caracteriza por forte chuva no noroeste desta região e praticamente inexistente estação seca. Em oposição, mais ao leste e sudeste as estações secas e chuvosas estão mais distintas. Grimm et al.,1998, através de uma análise espacial e temporal, evidenciou as fortes anomalias negativas (seca), na localidade central da Bacia Amazônica, associadas às fases opostas da Oscilação Sul. Embora não houvessem registros das magnitudes das anomalias encontradas, as anomalias se revelaram mais consistentes durante verão do ano EN e ano posterior ao evento.

Neste estudo atentamos para a evolução temporal e quantitativa, da precipitação relacionando-a com outros parâmetros meteorológicos levando em consideração sua estrutura vertical. É fato notório que a variabilidade temporal da chuva na Região Norte tem amplo espectro de oscilações, desde oscilações sinópticas (3-7 dias) até variações interdecadais (10-15 anos). Também caracteriza-se por grande flutuações em sua intensidade, por exemplo, valores de anomalias de precipitação mensal que podem ultrapassar 30% da média.

Dentro do conjunto das explicações plausíveis para estas anomalias, podemos citar a mudança do regime de circulação de larga escala. Aceituno e Montecinos (1993), dirigiram essa discussão baseados em configurações dos campos de geopotencial para eventos secos e chuvosos na região do Altiplano, durante verão austral para período de 1980 a 1987. Estes documentos revelam que a variabilidade da precipitação nesta região está conectada à magnitude e localização da Alta da Bolívia. Este anticiclônico com componente baroclínica, tem forte componente barotrópica e pode ser observada a 200 hPa e níveis mais altos.

MATERIAL E MÉTODOS

Para realização desta proposta, utilizamos um conjunto com dados de precipitação diários de 180 estações meteorológicas, de 1963 a 1992, oriundas da ANEEL, dados de geopotencial, vento zonal e meridional, umidade relativa, temperatura, derivada temporal de pressão no intervalo de 1976 a 1987, resultantes da reanálise do NCEP/NCAR. A distribuição geográfica das estações pluviométricas assim como áreas de cálculo dos outros parâmetros acima citados, podem ser visualizada através da figura 1.

O intervalo de grade de dados da reanálise é $2.5^\circ \times 2.5^\circ$, a estrutura vertical contém 17 níveis. A distribuição das estações pluviométricas em toda localidade observada é bem heterogênea, em maior quantidade no Estado do Pará e também em sua divisa com o Estado do Amazonas. Elas tornam-se mais escassas nos Estados do Acre, Amapá e Rondônia. Pelo fato de haver grande variabilidade no histórico das séries, achamos conveniente usar dados médios sobre a área inteira, porque, embora as particularidades climáticas de várias partes desta região sejam bastante diferentes, existem tendências comuns que são inerentes a sua maior parte.

Para ter certeza que a precipitação média na área de interesse não é fortemente sensível ao conjunto de estações meteorológicas, usamos também um conjunto reduzido à metade do número original. Neste caso, o comportamento das curvas de precipitação quase não se altera e os valores absolutos flutuaram não mais que 6%.

Algumas características meteorológicas à base dos dados da reanálise foram calculadas para vários elementos meteorológicos em algumas sub-regiões. Estas localidades, assim como as características meteorológicas calculadas, estão indicados na figura 1.

Investigamos as séries temporais de precipitação em conjunto com outros parâmetros meteorológicos para os meses de novembro, dezembro e janeiro. Foram calculados coeficientes de correlação entre precipitação e estes parâmetros para vários anos. Foram observados também campos médios mensais dos parâmetros meteorológicos fundamentais.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O ciclo anual de precipitação na região Norte, calculado para período 1963-1992, está plotado na Figura 2. A fase chuvosa no inicia-se em novembro e apresenta sua maior amplitude em março do ano seguinte. Quantitativamente os valores de precipitações mensais oscilam entre 300 mm para o bimestre março-abril e 100 mm no intervalo de agosto-outubro de anos normais.

Também evidenciamos a variação anual das anomalias de precipitação para o mesmo período. As variações das anomalias apresentam-se de diferentes formas para distintas fases de ENOS. Estas se apresentam em contra fase para episódios El Niño e La Niña. Merecem atenção que o ciclo anual das anomalias no intervalo de 1963-1977, estão fortemente dispersas em relação as séries de 1978-1992 (figura.3). No primeiro intervalo a máxima dispersão acontece no mês de maio, enquanto para o período 1978-1992 a dispersão mostra-se em maior amplitude no mês de janeiro. Para os anos 1978-1992 há uma queda no espalhamento das curvas de anomalias para o trimestre julho, agosto e setembro comparativo com o período 1963-1977. Isso acusa presença de variabilidade interdecadal nos dados observados.

Para os meses de novembro, dezembro e janeiro, correlacionamos precipitação com os seguintes parâmetros meteorológicos: ventos zonal médio, delimitado sobre a região: (175W-85W, 10S-5N), vento meridional médio (95W-85W, 55S-0), divergência média de fluxos de umidade e velocidade vertical média, ambos sobre a área (10S-0, 65W-45W), pressão média na superfície e frequência Brunt-Väisällä sobre (25S-2,5N, 100W-35W). A variabilidade interanual do coeficiente de correlação entre a precipitação e os parâmetros anteriormente mencionados para o mês novembro, revelam a sensibilidade aos eventos El Niño e La Niña. As correlações entre chuva e divergência de fluxos de umidade média, mostraram-se positivas e pronunciadas para eventos de 1982 e 1986. O coeficiente de correlação entre chuva e vento vertical médio apresenta variabilidade semelhante, embora sua fase seja inversa.

Correlações entre pressão média e precipitação não sinalizam dependência de ENOS, uma possível explicação para tal desencontro se deve ao fato de nossa série conter apenas um evento La Niña. Mas para eventos El Niño, tanto pressão quanto precipitação possuem anomalias negativas (Figura 4).

A variação interanual dos coeficientes de correlação do vento vertical (sobre Amazônia central e oeste), com vento zonal (na sub-região de equador) e vento meridional (na sub-região ao longo de costa oeste da América Sul), se expressam em contra fase. Um valor negativo do coeficiente de correlação entre vento vertical e vento zonal equatorial, em conjunto com um alto valor positivo para vento zonal, pode significar baixa atividade convectiva. Essa relação

entre tais parâmetros concorda com as anomalias negativas de precipitação reveladas para eventos El Niño. Para anos La Niña o coeficiente de correlação possui valor negativo, embora indiquem presença de processos convectivos pelo fato do coeficiente do vento zonal ter sinal oposto. Isso pode contribuir para ocorrência de anomalias positivas de precipitação na mesma localidade (Figura 5).

A observação dos campos de geopotencial e vento horizontal, nos níveis 200h PA e 850 hPA é realizada para a série de 1976 a 1987. Na figura 6 está representado típicos padrões de circulação para três situações distintas: El Niño de 1982, La Niña em 1985 e uma fase neutra em 1980, limitando-se ao mês de novembro. Sob influência de anomalia positiva de temperatura no Pacífico, situação de El Niño, os campos de geopotencial configurados a altura de 850 hPA, revelam enfraquecimento do par ciclônico-anticiclônico, par de bloqueio na costa oeste do continente.

Isso pode ocasionar enfraquecimento dos ventos alísios no hemisfério sul (figura 7). Devido a esse fato, o ar úmido oriundo do Oceano Atlântico não penetra na região central norte do Brasil, gerando anomalias negativas de precipitação durante eventos El Niño. Ao contrário, com intensificação do par de bloqueio durante La Niña, verifica-se um acréscimo na intensidade dos ventos alísios que atingem os Andes. Durante esse período, o ar úmido do Oceano Atlântico pode produzir dias extremamente chuvosos no norte brasileiro devido à convecção. Podemos notar que o enfraquecimento do par de bloqueio durante El Niño é acompanhado por aumento do modo vertical barotrópico que se mostra como anticiclone na altura 200 Pa. Isso pode significar que “par de bloqueio” é formação baroclínica e que na realidade é resultado de intensificação da circulação ciclônica na região de Sul do Brasil. Ao mesmo tempo, nota-se tendências que para eventos El Niño a região de alta pressão esteja situada em uma maior área, se comparada a anos normais.

A figura 7 também revela em nível de 850hPA a transição dos regimes de circulação em dependência da fase ENOS. Durante El Niño, próximo ao equador, há uma intensificação do vento zonal de leste para oeste que está em concordância com a disposição da zona de convergência de vento horizontal situada no norte brasileiro. Para anos normais e La Niña o fluxo zonal na localidade do equador é mais suave e tem sentido de oeste para leste.

Embora os fluxos de umidade do Pacífico aumentem de intensidade durante um episódio El Niño, estes não contribuem para o aumento de precipitação na região norte, também devido às condições de relevo existente serem favoráveis a ocorrência de chuva na base da cordilheira. Em consequência, os fluxos de ar que penetram a região tornam-se secos e não dão suplemento em precipitação para região norte. Para eventos La Niña, os fluxos zonais de oeste na região do equador são mais amenos, se mostram como continuação dos ventos alísios de Atlântico que favorecem a ocorrência de chuva para norte brasileiro.

Por final, devotamos nossa atenção ao comportamento das curvas na figura.8 que tornam claro a variabilidade interanual dos coeficientes de correlação de pressão média na superfície, sobre a região indicada na Figura.1, com os ventos zonal e meridional para o de mês novembro. Como esperávamos, a evolução destes dois coeficientes se apresenta em contra fase. Para o período analisado também podemos ver claramente um “trend” positivo, para coeficiente de correlação entre pressão e vento meridional, aproximadamente igual 0.023. Pode-se ver também a ocorrência do “trend” negativo para coeficiente entre pressão e vento zonal de valor igual $-0,064$. Para explicar essa peculiaridade no comportamento de tais coeficientes, é preciso dar continuidade a nossas investigações ampliando o histórico das série de dados.

CONCLUSÕES

A análise dos vários parâmetros meteorológicos e coeficientes de correlação entre estes, manifestam ligações evidentes com o ciclo ENOS. Isso pode avançar as possibilidades de previsão climática para Norte. O uso das características meteorológicas integrais, dá o ensejo de reduzir grandemente a quantidade dos dados necessários para descrição das peculiaridades de circulação da região. A questão sobre a escolha preferencial das características integrais para região é muito importante. Este trabalho é um passo nesta descrição sobre as investigações das variações climáticas na região norte brasileira.

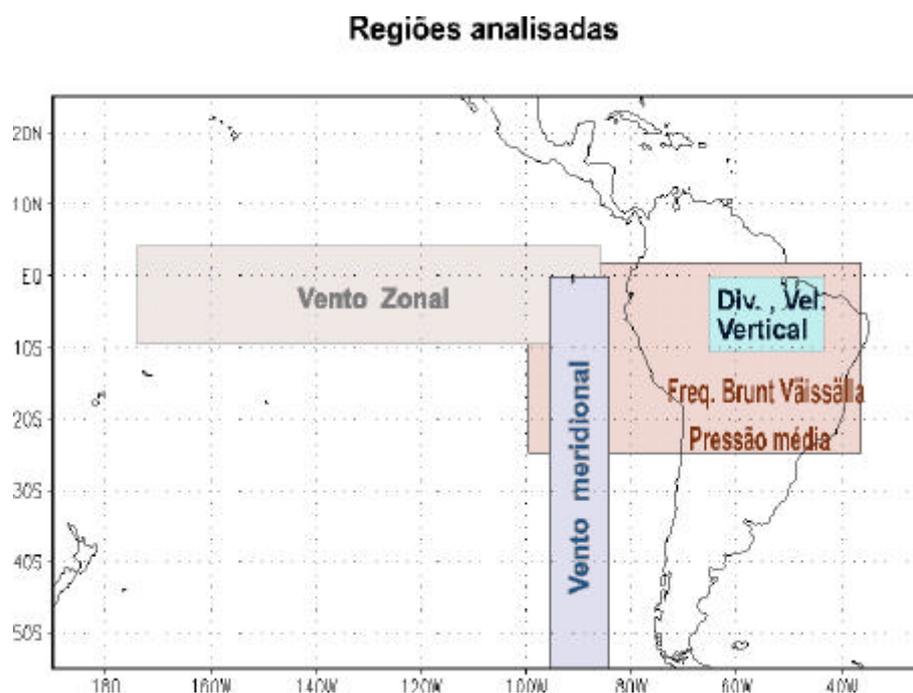


Figura 1. Localização das sub-regiões analisadas

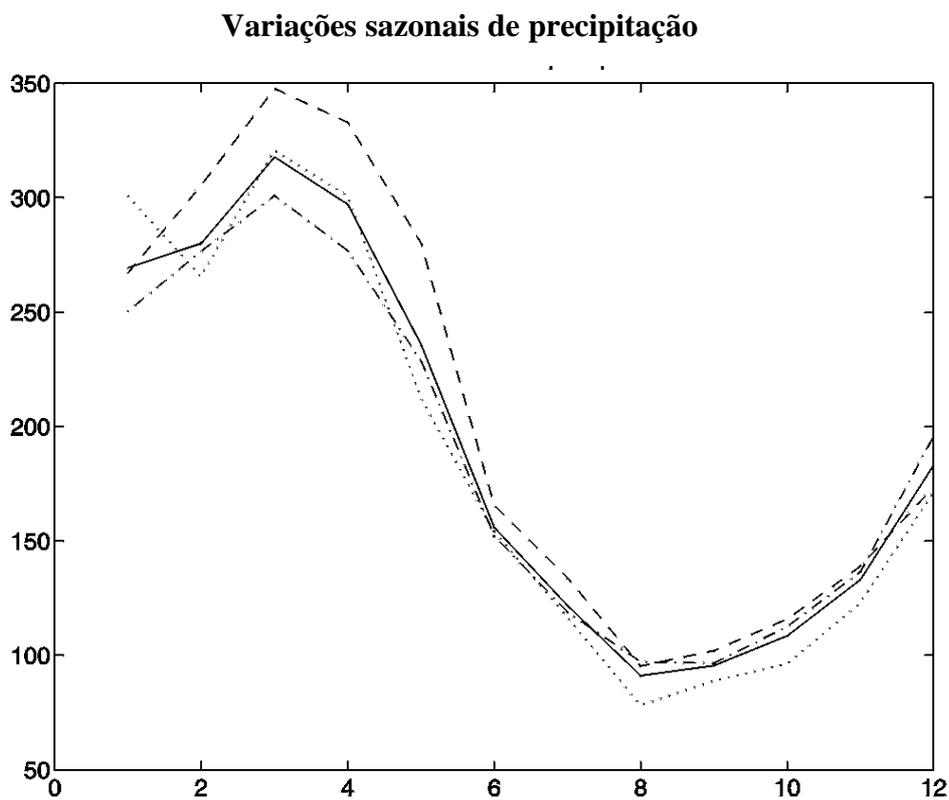
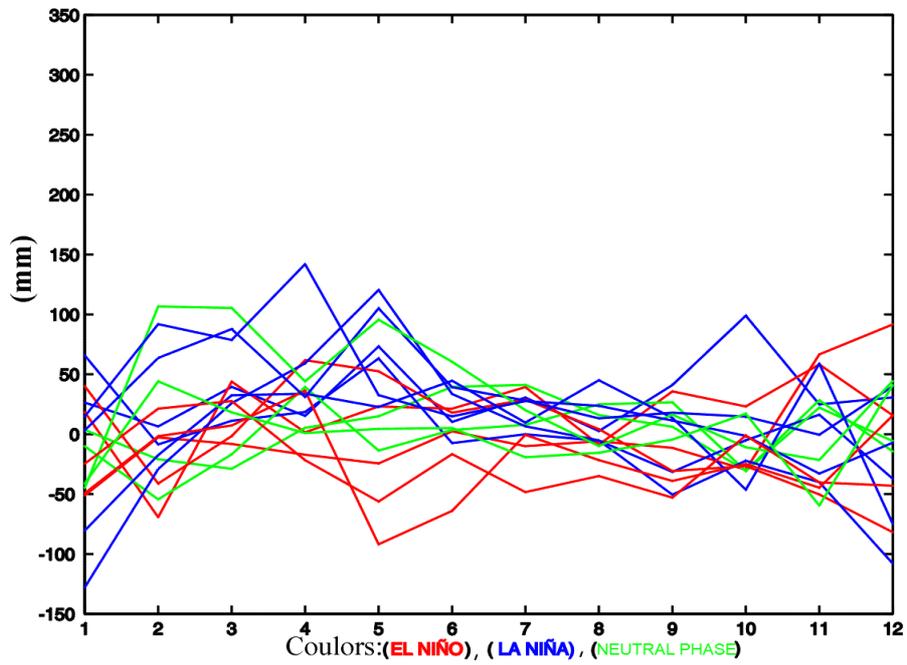


Figura 2. Ciclo anual para anos normais(---), anos El Niño(...), La Niña(-.-) e ciclo anual médio(-).

Ciclo anual de anomalias de precipitação no norte do Brasil-1963-1977



Ciclo anual de anomalias de precipitação no norte do Brasil-1978-1992

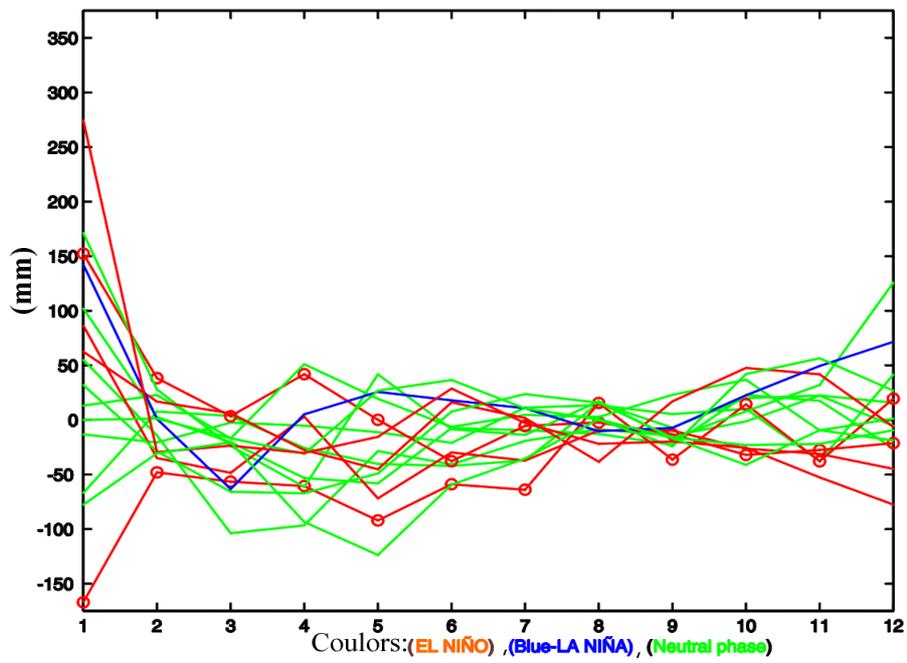


Figura 3.Evolução das anomalias de precipitação-1963-1992.

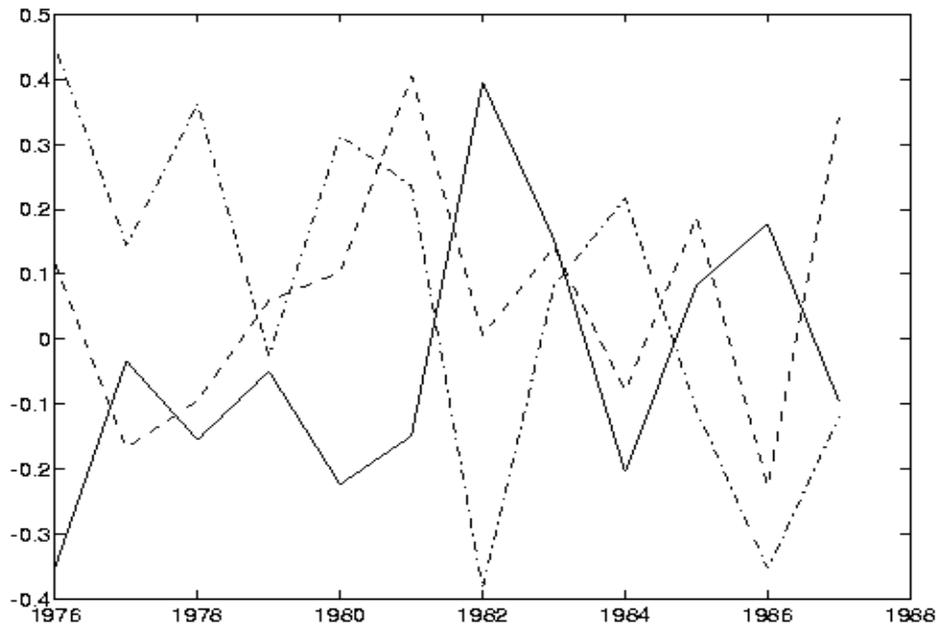


Figura 4. Variações dos coeficientes de correlação entre precipitação e velocidade vertical média (—), precipitação e divergência dos fluxos de umidade média (----), precipitação e pressão média na superfície (·-·-·-·).

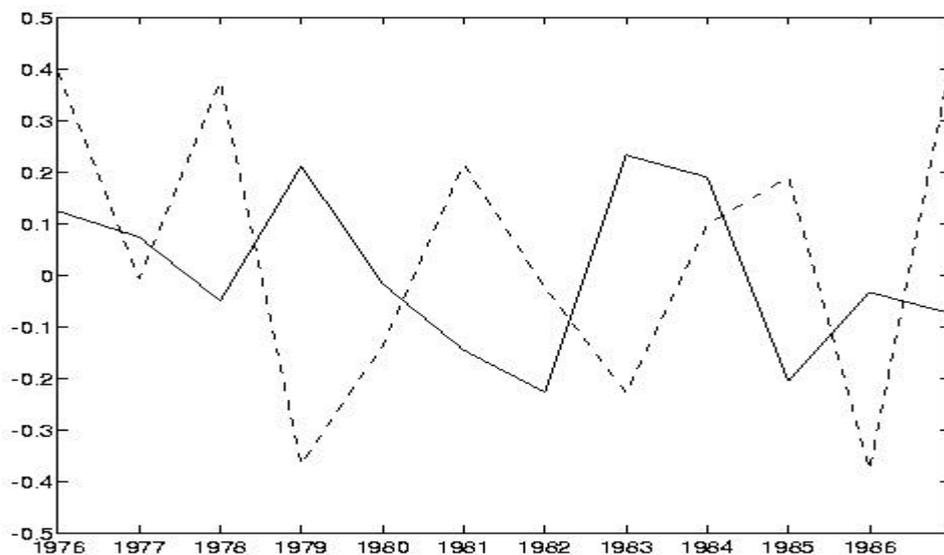
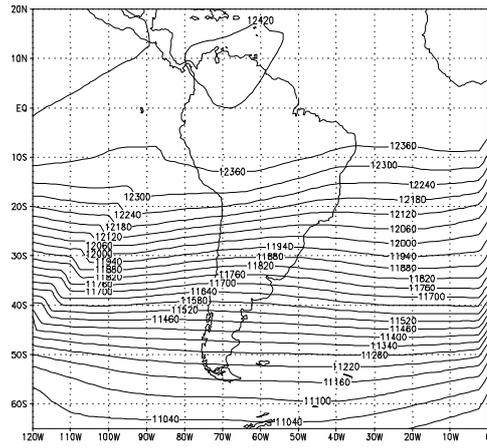
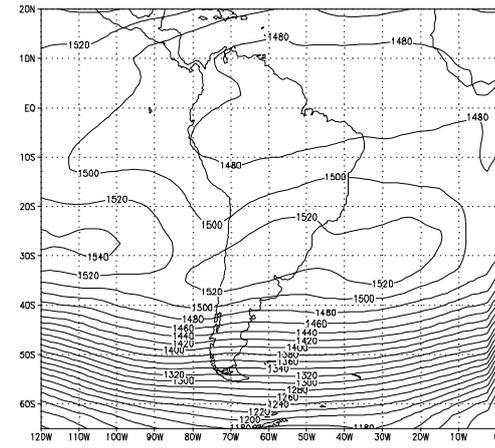


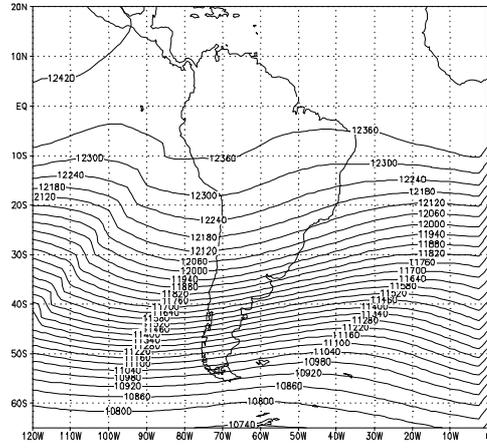
Figura 5. Evolução temporal do coeficiente de correlação entre a) vento vertical, (média sobre a localidade norte do Brasil), vento zonal (média sobre 175W-85W), 10S-5N (linha sólida); b) vento vertical e vento meridional, (média sobre 95W-85W, 55S-0) (linha pontilhada).



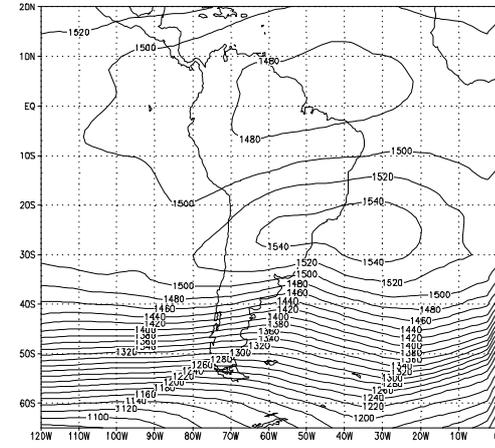
©ADS. COLA/IGES



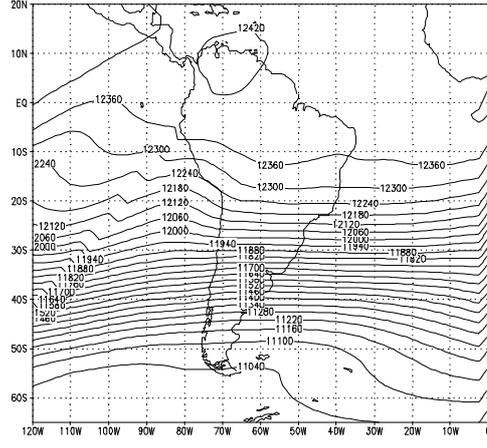
©ADS. COLA/IGES



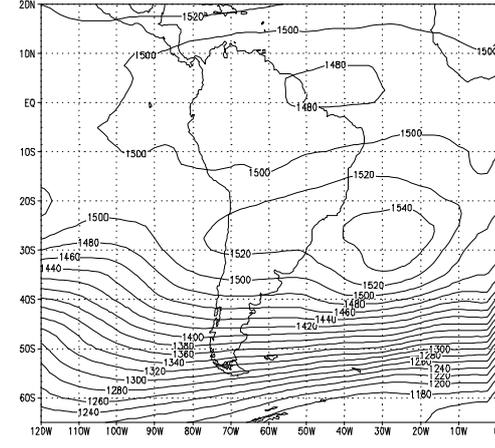
©ADS. COLA/IGES



©ADS. COLA/IGES



©ADS. COLA/IGES



©ADS. COLA/IGES

Figura 6. Campos de geopotencial para novembro para anos de: 1982, 1985 e 1980. A coluna da esquerda representa os campos no nível de 200hPA, a coluna da direita, no nível de 850hPA.

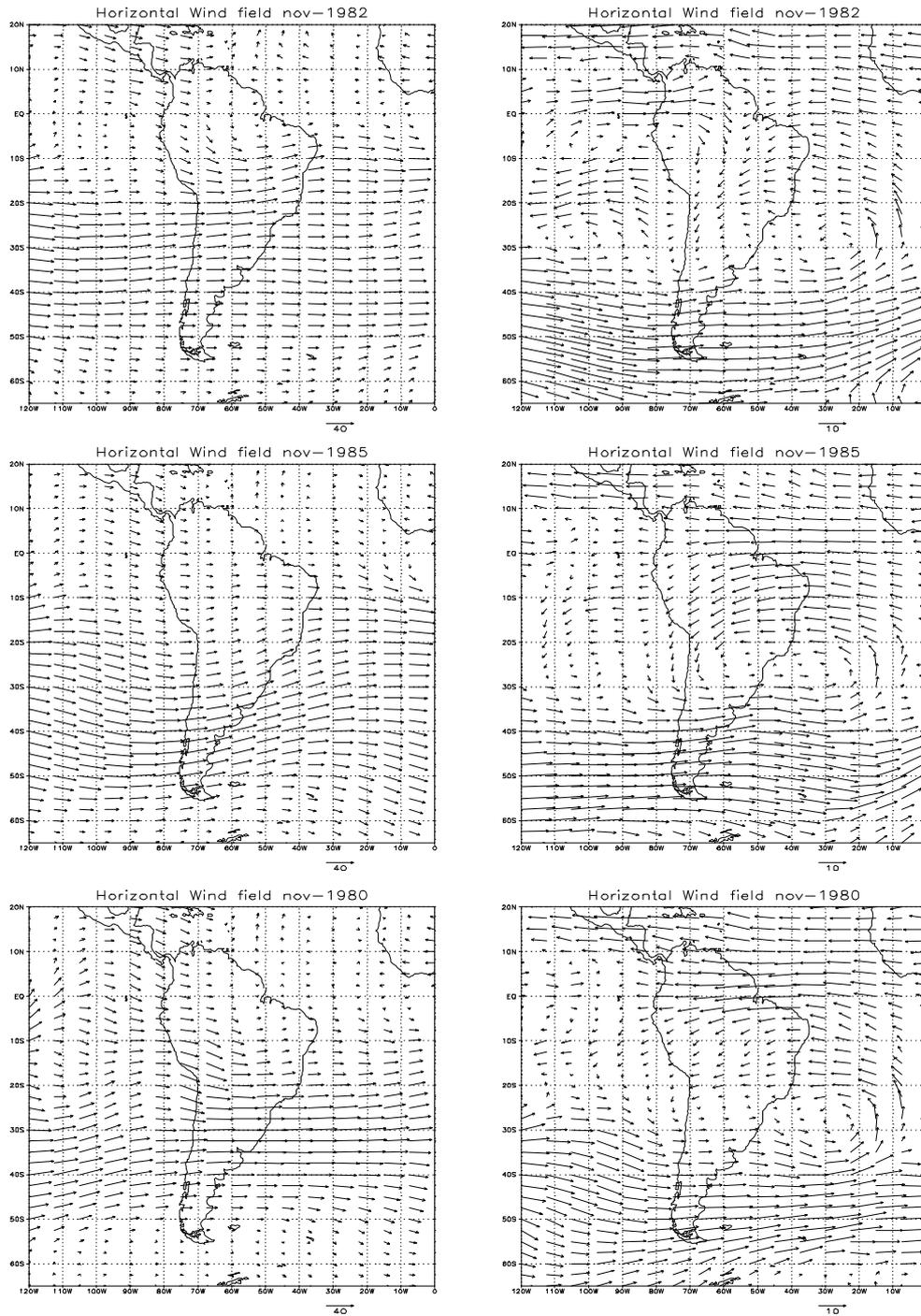


Figura 7. Campos de vento horizontal para novembro nos anos de: 1982, 1985 e 1980. A coluna esquerda, representa os campos no nível de 200hPA, a coluna da direita, nível de 850hPA.

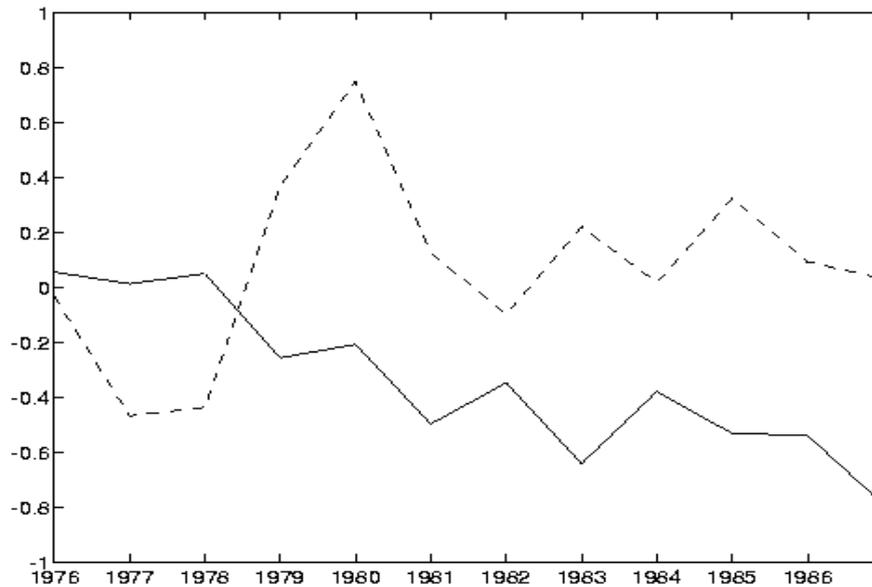


Figura 8. Evolução temporal do coeficiente de correlação entre a) pressão na superfície, (média sobre a localidade norte do Brasil), vento zonal, (média sobre 175W-85W, 10S-5 (linha sólida); b) pressão na superfície e vento meridional, média sobre 95W-85W, 55S-0 (linha pontilhada).

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq, pelo suporte à pesquisa. A Josef Stanislaw F. Magalhães e Raphael Balbinot, pelo suporte técnico. A Hellen M. D. Justina, Ieda Pscheidt e Simone E. T. Ferraz no processamento das figuras. A ANEEL pela cessão dos dados.

REFERÊNCIAS

- Grimm, A. M., P. Zaratini e J. Marengo, 1998b: Sinais de El Niño na precipitação da Amazônia. Anais do X Congresso Brasileiro de Meteorologia. Sociedade Brasileira de Meteorologia.
- Grimm, A. M., P. Zaratini e J. Marengo, 1998c: Sinais de La Niña na precipitação da Amazônia. Anais do X Congresso Brasileiro de Meteorologia. Sociedade Brasileira de Meteorologia.
- Rao, V.B., Hada, K., 1990: Characteristics of rainfall over Brazil: Annual variations and connections with the Southern Oscillation, *Theor. Appl. Climatol.*, **42**, 81-91.
- Lenters, J. D., and Cook K.H. 1999: Summertime variability over South America: Role of large-Scale circulation.
- Aceituno, P., 1998: On the functioning of Southern Oscillation in the South American sector. Part I: Surface climate. *Mon. Wea. Rev.*, **116**, 505-524.
- , and A Montecinos, 1993: Circulation anomalies associated with dry and wet periods in the South America Altiplano. Pre-prints, Fourth Int. Conf. on Southern Hemisphere Meteorology and Oceanography, Hobart, Australia, Amer. Meteor. Soc., 330-331.
- Lenters, J. D., 1997a: Climate dynamics of South America during summer: Connections between the large-scale circulation and region precipitation. Ph.D. dissertation, Cornell University, 268pp. [Available from J. D. Lenters, Center of Climate Research, Institute for Environmental Studies, University of Wisconsin -Madison, 1225 W. Dayton St., Madison, WI 53706-1695.]
- , 1997b: Interannual variability of summertime precipitation on the South American Altiplano: Connections with the large-scale circulation. Preprints, 22d Conf. on Hurricanes and Tropical Meteorology, Fort Collins, CO, Amer. Soc., 457-458.
- , and K.H. Cook, 1995: Simulation and diagnosis of the regional summertime precipitations climatology of South America. *Climate*, **8**, 2988-3005.
- , and ---, 1997: On the origin of the bolivian high and related circulation features of the South American climate. *J. Atmos. Sci.*, **54**, 656-677 .
- Marengo, J. 1995: Interannual variability of Deep convection in the tropical South American sector as deduced from ISCCP C2 data. *Int J. Climatol*, **15**, 995-1010.