



Ministério da
Ciência e Tecnologia



INPE-15391-TDI/1408

INFLUÊNCIA DO PACÍFICO E ATLÂNTICO NA VARIABILIDADE INTERANUAL DA PRECIPITAÇÃO SOBRE AMÉRICA DO SUL

Cristiano Prestrelo de Oliveira

Dissertação de Mestrado do Curso de Pós-Graduação em Meteorologia, orientada
pela Dr^a Mary Toshie Kayano, aprovada em 20 de março de 2008

Registro do documento original:

<<http://urlib.net/sid.inpe.br/mtc-m17@80/2008/02.21.17.30>>

INPE
São José dos Campos
2008

PUBLICADO POR:

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE

Gabinete do Diretor (GB)

Serviço de Informação e Documentação (SID)

Caixa Postal 515 - CEP 12.245-970

São José dos Campos - SP - Brasil

Tel.:(012) 3945-6911/6923

Fax: (012) 3945-6919

E-mail: pubtc@sid.inpe.br

CONSELHO DE EDITORAÇÃO:

Presidente:

Dr. Gerald Jean Francis Banon - Coordenação Observação da Terra (OBT)

Membros:

Dr^a Maria do Carmo de Andrade Nono - Conselho de Pós-Graduação

Dr. Haroldo Fraga de Campos Velho - Centro de Tecnologias Especiais (CTE)

Dr^a Inez Staciarini Batista - Coordenação Ciências Espaciais e Atmosféricas (CEA)

Marciana Leite Ribeiro - Serviço de Informação e Documentação (SID)

Dr. Ralf Gielow - Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPT)

Dr. Wilson Yamaguti - Coordenação Engenharia e Tecnologia Espacial (ETE)

BIBLIOTECA DIGITAL:

Dr. Gerald Jean Francis Banon - Coordenação de Observação da Terra (OBT)

Marciana Leite Ribeiro - Serviço de Informação e Documentação (SID)

Jefferson Andrade Ancelmo - Serviço de Informação e Documentação (SID)

Simone A. Del-Ducca Barbedo - Serviço de Informação e Documentação (SID)

REVISÃO E NORMALIZAÇÃO DOCUMENTÁRIA:

Marciana Leite Ribeiro - Serviço de Informação e Documentação (SID)

Marilúcia Santos Melo Cid - Serviço de Informação e Documentação (SID)

Yolanda Ribeiro da Silva Souza - Serviço de Informação e Documentação (SID)

EDITORAÇÃO ELETRÔNICA:

Viveca Sant´Ana Lemos - Serviço de Informação e Documentação (SID)



Ministério da
Ciência e Tecnologia



INPE-15391-TDI/1408

INFLUÊNCIA DO PACÍFICO E ATLÂNTICO NA VARIABILIDADE INTERANUAL DA PRECIPITAÇÃO SOBRE AMÉRICA DO SUL

Cristiano Prestrelo de Oliveira

Dissertação de Mestrado do Curso de Pós-Graduação em Meteorologia, orientada
pela Dr^a Mary Toshie Kayano, aprovada em 20 de março de 2008

Registro do documento original:

<<http://urlib.net/sid.inpe.br/mtc-m17@80/2008/02.21.17.30>>

INPE
São José dos Campos
2008

- O4i Oliveira, Cristiano Prestrelo.
Influência do Pacífico e Atlântico na variabilidade interanual da precipitação sobre América do Sul / Cristiano Prestrelo de Oliveira. – São José dos Campos: INPE, 2008.
102p. ; (INPE-15391-TDI/1408)
- Dissertação (Meteorologia) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2008.
1. Correlação. 2. Ondaleta. 3. Oscilação Decenal do Pacífico.
4. El Niño oscilação sul. 5. Atlântico tropical. I.Título.

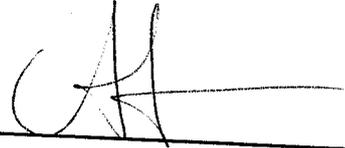
CDU 551.583

Copyright © 2008 do MCT/INPE. Nenhuma parte desta publicação pode ser reproduzida, armazenada em um sistema de recuperação, ou transmitida sob qualquer forma ou por qualquer meio, eletrônico, mecânico, fotográfico, microfílmico, reprográfico ou outros, sem a permissão escrita da Editora, com exceção de qualquer material fornecido especificamente no propósito de ser entrado e executado num sistema computacional, para o uso exclusivo do leitor da obra.

Copyright © 2008 by MCT/INPE. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, microfilming, recording or otherwise, without written permission from the Publisher, with the exception of any material supplied specifically for the purpose of being entered and executed on a computer system, for exclusive use of the reader of the work.

**Aprovado (a) pela Banca Examinadora
em cumprimento ao requisito exigido para
obtenção do Título de Mestre em
Meteorologia**

Dr. Clóvis Angeli Sansigolo



Presidente / INPE / SJCampos - SP

Dra. Mary Toshie Kayano



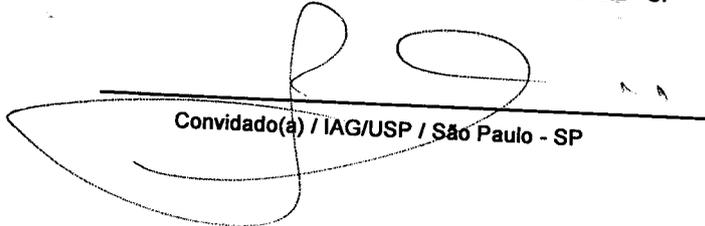
Orientador(a) / INPE / SJCampos - SP

Dr. Luciano Ponzi Pezzi



Membro da Banca / CPTEC/INPE / Cachoeira Paulista - SP

Dr. Tércio Ambrizzi



Convidado(a) / IAG/USP / São Paulo - SP

Aluno (a): Cristiano Prestrelo de Oliveira

São José dos Campos, 20 de Março de 2008

“A adversidade é um espelho que reflete o verdadeiro eu”.

Provérbio Chinês

A meu Pai que sempre sonhou com esses momentos e por ironia do destino não pode estar presente para comemorar junto comigo e a minha mãe que em momento algum permitiu que eu desistisse ou deixasse de sonhar.

Dedico

AGRADECIMENTOS

Sou e serei muito grato especialmente ao Luiz Carlos Baldicero Molion, professor, orientador e amigo sem dúvida alguma um grande mestre. Obrigado por me incentivar e por ensinar os primeiros passos de um pesquisador e ainda mais por lutar para que eu chegasse até aqui. Agradeço à Professora Dra. Mary Toshie Kayano pelos ensinamentos, apoio e principalmente pela paciência.

Quero agradecer a minha família, em especial a minha mãe Angela que sempre foi e sempre será meu alicerce. Meus irmãos Manoelito Junior, Fabiano, Manuelle e Jefferson pelo carinho e palavras de incentivo nos momentos difíceis em que me senti sozinho. A minha sobrinha Beatriz que chegou para aproximar ainda mais a nossa família.

Aos amigos que sempre me acompanharam nos momentos bons e ruins em especial ao Alan Calheiros (Pokémon) que desde a graduação vem batalhando junto comigo e sempre disposto a apoiar e aconselhar. Aos meus amigos irmãos Roger Torres (o Físico) parceiro para toda hora sempre disposto a falar e ouvir e Alex Sandro Pessoa Aguiar (o Pessoa) com sua inteligência e amizade ainda conquistaremos o mundo. Agradeço ainda àqueles amigos sem o quais esses dois anos seriam menos prazerosos: Antonio Queiroz (Zantonho), Aliana, Claudio Moises, David Lapola (Sr. Burns), Eliude Segundo, Fernanda Cerqueira (Fe), Glauber, Marília Guedes, Marília Shimizu, Michelyne Duarte, Priscila Tavares, Renato Orru, Sâmia Garcia, Sheila Santana (Sheiloka).

Ainda ao Paulo Kubota pelos ensinamentos em FORTRAN e a Rita Andreoli por compartilhar os scripts e por estar sempre disposta a ajudar. À CAPES pelos dois anos de bolsa. Aos que aqui não foram mencionados saibam que sempre lembrarei de vocês, tanto pelos bons como pelos maus momentos que passamos. De qualquer forma serei sempre grato porque esses momentos me deixaram mais fortalecido.

RESUMO

O objetivo principal deste trabalho foi investigar a importância relativa dos setores tropicais e subtropical sul do Atlântico e dos setores equatorial leste e subtropical sul do Pacífico na variabilidade interanual da precipitação considerando as fases da Oscilação Decenal do Pacífico (ODP). Foram utilizados dados mensais de precipitação e Temperatura da Superfície do Mar (TSM). Os índices de TSM foram obtidos para os setores oceânicos selecionados (Pacífico equatorial leste - PEL, Pacífico subtropical sul - PSS, Atlântico tropical norte - ATN, Atlântico tropical sul - ATS e Atlântico subtropical sul - ASS). A Transformada de Ondaleta foi a técnica usada para identificar as escalas dominantes dos índices de TSM durante o período 1948-2002, bem como para filtrar os dados na escala interanual. As análises são baseadas nos mapas de correlação, que foram obtidos dos cálculos de correlações simultâneas e defasados, totais e parciais. As análises mostraram que os dois setores do Pacífico têm uma relação inversa com a precipitação. Para os setores do Atlântico, o ATN quase não tem influência na precipitação, enquanto o ATS e o ASS afetaram consideravelmente a precipitação em áreas distintas da América do Sul. As análises mostraram também diferenças entre as duas fases da ODP nas relações dos índices de TSM e a precipitação sobre a América do Sul.

INFLUENCE OF THE PACIF AND ATLANTIC IN THE INTERANNUAL PRECIPITATION VARIABILITY OVER SOUTH AMERICA

ABSTRACT

The main objective of the present work was to investigate the relative importance of the tropical and southern subtropical sectors of the Atlantic and the eastern equatorial and southern subtropical sectors of the Pacific in the interannual precipitation variability taking into account the Pacific decadal oscillation (PDO) phases. Monthly precipitation and sea surface temperature (SST) data were used. The SST indices were obtained for selected oceanic sectors (eastern equatorial Pacific - EEP, southeastern subtropical Pacific - SSP, tropical North Atlantic -TNA, tropical South Atlantic -TSA and subtropical south Atlantic - SSA). The wavelet transform technique was used to identify the dominant scales of the SST indices during the 1948-2002 period, as well as to filter the data for the interannual scale. Analyses are based on correlation maps, which were obtained from simultaneous and lagged and total and partial correlation calculations. The analyses showed that the two Pacific sectors have inversed relationships with the precipitation. For the Atlantic sectors, the TNA almost does not have influence on the precipitation, while the TSA and SSA affect considerably the precipitation of distinct areas of South America. The analyses showed also differences between the two phases of the PDO in the relations of the SST indices and the precipitation over South America.

SUMÁRIO

	<u>Pág.</u>
LISTA DE FIGURAS.....	
LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS.....	
LISTA DE SÍMBOLOS.....	
1 INTRODUÇÃO.....	25
1.1 Objetivo Geral.....	28
1.2 Objetivo Especifico.....	28
2 REVISÃO BIBLIOGRAFICA.....	31
2.1 El-Niño/Oscilação Sul (ENOS).....	31
2.2 Oscilação Decenal do Pacífico (ODP).....	32
2.3 Variabilidade da precipitação em escala interanual e decenal para a América do Sul.....	33
3 DADOS E METODOLOGIA.....	37
3.1 Dados.....	37
3.2 Metodologia.....	37
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	41
4.1 Análise de Ondaletas.....	41
4.2 Correlação Total Simultânea e Parcial Simultânea.....	46
4.2.1 Total Simultânea 1948-2002.....	46
4.2.2 Total Simultânea 1948-1976 e 1977-2002.....	50
4.2.3 Parcial Simultânea 1948-1976 e 1977-2002.....	55
4.3 Correlação Total defasada e Parcial defasada.....	66
4.3.1 Total Defasada para 1948-2002.....	66
4.3.2 Total defasada para 1948-1976 e 1977-2002.....	69
4.3.3 Parcial Defasada para 1948-1976 e 1977-2002.....	73
4.4 Comparação entre a Correlação Total Simultânea e a Correlação Total Defasada: para as duas fases da ODP.....	84
5. CONCLUSÕES E SUGESTÕES.....	93
5.1 Trabalhos Futuros.....	94
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	95
APÊNDICE A - TRANSFORMADA DE ONDALETA.....	101

LISTA DE FIGURAS

	<u>Pág.</u>
3.1 - Localização dos índices de TSM: Índice do PEL (IPE), Índice do PSS (IPSS), Índice do ATN (IATN), Índice do ATS (IATS) e o Índice do ASS (IASS).	38
4.1 - (a) Espectro de Potência (energia) local da Ondaleta (EPO) normalizado por $1/\sigma^2 = 0,8683$, b) Potência global da Ondaleta (PGO) e c) Média por Escala da Potência (MEPO) para escala de 2 a 7 anos normalizado pelo desvio padrão. Em (a), as áreas sombreadas são de variâncias normalizadas variando de 0 a 20 com o intervalo de contorno de 5, os contornos fechados são significativos ao nível de confiança de 95% e a curva em forma de U representa o cone de influência, sob o qual o efeito de borda é importante. Em (b), à direita da curva tracejada indica que o PGO é significativo.	42
4.2 - Idem a Figura 4.1, exceto para o índice IPSS e $1/\sigma^2 = 0,4314$	43
4.3 - Idem a Figura 4.1, exceto para o índice IATN e $1/\sigma^2 = 0,6953$	44
4.4 - Idem a Figura 4.1, exceto para o índice IATS e $1/\sigma^2 = 0,7776$	44
4.5 - Idem a Figura 4.1, exceto para o índice IASS e $1/\sigma^2 = 0,4385$	45
4.9 - Padrão de Correlação parcial simultânea da precipitação sobre a AS com: a) IPSS-IATN, b) IPSS-IATS, c) IPSS-IASS, d) IPSS-IPE para o período de 1948 a 1976 e e) IPSS-IATN, f) IPSS-IATS, g) IPSS-IASS, h) IPSS-IPE para o período de 1977 a 2002. Em preto a correlação positiva e em cinza a correlação negativa ao nível de significância de 95%, o intervalo das isolinhas é de 0,2.	59
4.14 - Padrão de Correlação Total defasada da precipitação com a) IPE, b) IPSS, c) IATN, d) IATS e e) IASS para o período de 1948 a 1976 e f) IPE, g) IPSS, h) IATN, i) IATS e j) IASS para o período de 1977-2002. Em preto a correlação positiva e em cinza a correlação negativa ao nível de significância de 95%, as demais linhas correspondem a correlação não significativa.	71
4.15 - Padrão de Correlação parcial defasada da precipitação sobre a AS com: a) IPE-IPSS, b) IPE-IATN, c) IPE-IATS, d) IPE-IASS, para o período de 1948 a 1976 e e) IPE-IPSS, f) IPE-IATN, g) IPE-IATS, h) IPE-IASS para o período de 1977 a 2002. Sendo o IPE e os demais índices defasados em SON e a precipitação em DJF. Em preto a correlação positiva e em cinza a correlação negativa ao nível de significância de 95%, o intervalo das isolinhas é de 0,2.	75
4.20 - Correlações totais simultâneas da precipitação com o IPE: a) para 1948-1976 e b) para 1977-2002. Correlações totais defasadas da precipitação em DJF com IPE em SON: c) para 1948-1976 e d) para 1977-2002, o intervalo das isolinhas é de 0,2.	85

4.21 – Correlações totais simultâneas da precipitação com o IPSS: a) para 1948-1976 e b) para 1977-2002 e em c). Correlações totais defasadas da precipitação em DJF com IPSS em SON: c) para 1948-1976 e d) para 1977-2002, o intervalo das isolinhas é de 0,2.	87
4.22 - Correlações totais simultâneas da precipitação com o IATN: a) para 1948-1976 e b) para 1977-2002. Correlações totais defasadas da precipitação em DJF com IATN em SON: c) para 1948-1976 e d) para 1977-2002, o intervalo das isolinhas é de 0,2.	89
4.23 - Correlações totais simultâneas da precipitação com o IATS: a) para 1948-1976 e b) para 1977-2002. Correlações totais defasadas da precipitação em DJF com IATS em SON: c) para 1948-1976 e d) para 1977-2002, o intervalo das isolinhas é de 0,2.	90
4.24 - Correlações totais simultâneas da precipitação com o IASS: a) para 1948-1976 e b) para 1977-2002. Correlações totais defasadas da precipitação em DJF com IASS em SON: c) para 1948-1976 e d) para 1977-2002, o intervalo das isolinhas é de 0,2.	92

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

AB – Alta da Bolívia
AS - América do Sul
ASS - Atlântico subtropical sul
AT - Atlântico tropical
ATN - Atlântico Tropical Norte
ATS - Atlântico Tropical Sul
ATSM - Anomalias de TSM
DJF - Dezembro, Janeiro e fevereiro
ENOS - El Niño/Oscilação Sul
EPO - Espectro de Potência (energia) local da Ondaleta
IASS - Índice do Atlântico Subtropical Sul
IATN - Índice do ATN
IATS - Índice do ATS
IOS - Índice de Oscilação Sul
IPE - Índice do Pacífico Equatorial
IPSS - Índice do Pacífico subtropical sul
MEPO - Média por Escala da Potência
NCAR - National Center for Atmospheric Research
NCEP - National Centers for Environmental Prediction
NEB - nordeste do Brasil
ODP - Oscilação inter-Decenal do Pacífico
OS - Oscilação Sul
PEL - Pacífico equatorial leste
PGO - Potência global da Ondaleta
PNM - Pressão ao Nível do Mar
PSA - Pacific-South American
PSS - Pacífico subtropical sul
SON - Setembro, Outubro e novembro
TSM - Temperatura de Superfície do Mar
ZCAS - Zona de Convergência do Atlântico Sul
ZCIT - Zona de Convergência Intertropical

LISTA DE SÍMBOLOS

X_n – série temporal
 δt – intervalo de tempo
 $\Psi_0(\eta)$ – função Ondaleta
 η – parâmetro não-dimensional
 Ψ^* - complexo conjugado
 $N-1$ – índice de frequência
 W_K – frequência angular
 $W_n(S)$ – transformada continua de Ondaleta
 C_δ – fator de reconstrução
 δ_{j0} – fator para calculo da media escalar
 X_1, X_2 e X_3 – variáveis
 r_1, r_2 e r_3 – correlações lineares

1 INTRODUÇÃO

Sabe-se que a distribuição da precipitação sobre os trópicos pode ser modulada por variações de Temperatura de Superfície do Mar (TSM) nos oceanos tropicais. Estudos recentes forneceram evidências de que os oceanos Atlântico e Pacífico desempenham um papel significativo nas flutuações climáticas que ocorrem na América do Sul (AS) (Grimm et al., 1998; Diaz et al., 1998; Grimm, 2003). Anomalias da circulação atmosférica que atingem quase todo o globo associadas ao El Niño/Oscilação Sul (ENOS) podem ocasionar anomalias de precipitação em grandes áreas dos trópicos e sub-trópicos (Kousky et al., 1984; Ropelewski e Halpert, 1987, Kayano et al., 1988; Ropelewski e Halpert, 1989). Na AS, são três as áreas cuja precipitação pode ser modulada pelo ENOS: costa oeste (incluindo Peru e Equador), setor nordeste (Venezuela, Guiana, Suriname, Guiana Francesa, norte e nordeste do Brasil - NEB) e sudeste (sul do Brasil, Uruguai, norte da Argentina e áreas subtropicais do Chile). Dentre estas áreas, o NEB é aquela cuja variação de precipitação tem relação mais forte com o ENOS (Kousky e Ropelewski, 1989).

No entanto, a partir da década de 90 alguns pesquisadores mostraram que as anomalias de precipitação relacionadas ao ENOS podem também ser moduladas por modos de mais baixa frequência (Gershunov e Barnett, 1998). Um deles é a Oscilação Decenal do Pacífico (ODP), a escala decenal caracteriza oscilações que persistem por mais de 10 (dez) e menos que 100 (cem) anos. A ODP apresenta uma configuração de TSM do Pacífico semelhante ao El Niño, porém com prazo na escala decenal, enquanto o El Niño persiste por 6 a 18 meses. Esta oscilação é parte integrante da variabilidade decenal nos trópicos e latitudes médias do Pacífico (Mantua et al., 1997). Mantua et al. (1997), mostraram padrões de TSM e Pressão ao Nível do Mar (PNM) relacionados a oscilações com periodicidade de 50 a 70 anos. Eles notaram que o regime frio da ODP ocorreu nos períodos de 1900-1924 e 1947-1976, e o quente ocorreu nos períodos de 1925-1946 e 1977-1998. Eles mostraram que o regime quente caracteriza-se por ter o sistema de baixa

pressão das Aleutas anormalmente intensificada, anomalias de TSM (ATSM) negativas no Pacífico Norte e Oeste e ATSM positivas ao longo da costa oeste das Américas e no Pacífico tropical leste e central. O regime frio caracteriza-se por padrões de sinais opostos aos do regime quente. Embora os sinais da ODP sejam mais marcantes no Pacífico Norte, os padrões anômalos de TSM, PNM, e do cisalhamento do vento deste modo são similares aos correspondentes aos de ENOS e têm importantes teleconexões climáticas (Zhang et al., 1997; Mantua et al., 1997; Zhang et al., 1998). Porém, o padrão de ATSM no Pacífico leste para a ODP, em relação ao ENOS, é menos confinado no equador, com anomalias significativas estendendo-se sobre o Pacífico extratropical norte (Zhang et al., 1997).

No que tange à AS, embora variações decenais e tendências de longo prazo tenham sido detectadas em alguns parâmetros hidrometeorológicos tais como runoff, evapotranspiração e etc. (Dias de Paiva e Clarke, 1995; Marengo et al., 1998; Krepper e Sequeira, 1998; Zhou e Lau, 2001; Paegle e Mo, 2002), somente nos anos mais recentes estas variações foram interpretadas no contexto da ODP (Marengo, 2004; Kayano e Andreoli, 2004; Andreoli e Kayano, 2005). Alguns poucos trabalhos foram encontrados na literatura que mostram efeitos combinados do ENOS e da ODP na precipitação (Barros e Silvestri, 2002; Andreoli e Kayano, 2005). Essencialmente estes estudos mostraram que as diferenças entre El Niños (ou entre La Niñas) relativas às distribuições anômalas de precipitação em algumas áreas da AS podem estar relacionadas ao efeito da ODP. Neste contexto, Barros e Silvestri (2002) mostraram que a diferença na precipitação entre eventos El Niños (La Niñas) no sudeste da AS são mais fortemente relacionada com a variabilidade de TSM do Pacífico subtropical sul (PSS) e Atlântico subtropical sul (ASS) do que com ATSM do Pacífico equatorial leste (PEL).

Outros fatores podem competir ou agir conjuntamente com a variabilidade de TSM do PEL para modular a precipitação em várias áreas da AS. Neste contexto, o Atlântico tropical (AT) desempenha papel importante. De fato, o

papel do AT no clima do NEB tem sido ressaltado em inúmeros artigos (i.e, Hastenrath e Heller, 1977; Markham e Mclain, 1977; Moura e Shukla, 1981; Nobre e Shukla, 1996; Souza et al. 1998; Souza et al. 2000; Pezzi e Cavalcanti, 2001; Andreoli et al. 2004; Kayano e Andreoli, 2004; Souza et al. 2004, 2005; Andreoli e Kayano 2006; Kayano e Andreoli, 2006). A variabilidade de TSM no AT pode se manifestar em vários modos anômalos e que variam nas escalas interanual e decenal: equatorial (de escala predominantemente interanual), dipolo (de escala predominantemente decenal). Dentre estes modos, o caracterizado por ATSM anti-simétricas em relação ao equador, tem sido relacionado a variações interanuais de chuvas no NEB (Hastenrath e Heller, 1977; Moura e Shukla, 1981; Nobre e Shukla, 1996). Moura e Shukla (1981) sugeriram que a circulação meridional termicamente direta associada a este modo altera a posição e intensidade da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), o que explica a variabilidade interanual de chuvas no NEB. Servain (1991) mostrou que este modo varia da escala de tempo sazonal a decenal e o chamou de modo dipolo. Porém, alguns autores propuseram que tal modo representa um gradiente meridional de ATSM (Houghton e Tourre, 1992; Enfield e Mayer, 1997; Dommenges e Latif, 2000). Saravanan e Chang (2002), investigando as conexões entre a variabilidade de TSM no PEL e AT e a precipitação do NEB, mostraram que, na ausência do sinal do ENOS, as correlações entre ATSM e precipitação são significativamente mais fracas no Atlântico Tropical Norte (ATN) e mais fortes no Atlântico Tropical Sul (ATS). Isto implica que a variabilidade de TSM intrínseca do AT é mais provável de se caracterizar por um gradiente inter-hemisférico de ATSM do que por um forte modo de dipolo na ATSM.

A variabilidade de TSM no AT, em particular no seu setor norte tem forte dependência do Pacífico tropical. De fato, anomalias da circulação atmosférica relacionada ao ENOS são responsáveis por mudanças nos alísios de nordeste durante o verão austral. Estes ventos alteram o fluxo de calor na superfície que causa mudanças na TSM local durante o outono (Enfield e Mayer, 1997). Por

outro lado, a variabilidade de TSM no setor sul do AT tem menor dependência do ENOS (Enfield e Mayer, 1997; Kayano e Andreoli, 2004).

Do acima exposto, depreende-se que diversos modos de variabilidade ocorrem tanto no Pacífico como no Atlântico, e que tais modos podem modificar a precipitação na AS. Os modos mais bem estudados são os de escala interanual no Pacífico tropical (ENOS) e no AT (modo de gradiente inter-hemisférico de TSM). As questões inerentes à variabilidade de precipitação na AS na escala interanual, porém considerando a existência da ODP, ou seja, de seus regimes frios e quentes, têm sido pouco exploradas. Além disso, outro aspecto que merece mais atenção se refere à importância relativa do Atlântico e do Pacífico na variabilidade de precipitação sobre a AS em particular na escala interanual. Neste trabalho pretende-se abordar estes aspectos da variabilidade de precipitação sobre a AS. Isso poderá trazer importantes subsídios às atividades de monitoramento climático bem como aos estudos de modelagem e de previsão climática.

1.1 Objetivo Geral

Dentro deste contexto, o objetivo do trabalho é investigar a importância relativa dos setores tropical e subtropical sul do Atlântico e setores equatorial leste e subtropical sul do Pacífico na variabilidade de precipitação sobre a AS na escala de tempo interanual, levando em consideração o regime frio e quente da ODP.

1.2 Objetivo Especifico

- a) Determinar a frequência e localização no tempo das variâncias dominantes dos índices usados para representar a variabilidade de TSM do PEL, PSS, ATN, ATS e ASS;
- b) Investigar as relações entre os índices do item a;

- c) Determinar os modos anômalos de precipitação relacionados com cada um dos índices de TSM excluindo-se o efeito de outro índice;
- d) Investigar se existem diferenças entre os padrões de correlações do índice de TSM com a precipitação sobre a AS analisados na fase fria e na fase quente da ODP.

2 REVISÃO BIBLIOGRAFICA

2.1 El-Niño/Oscilação Sul (ENOS)

Walker (1923, 1924, 1927) e Walker e Bliss (1929, 1932, 1937) estabeleceram correlações estatísticas de longo prazo entre diversas variáveis atmosféricas em todo o globo. Usando as relações em fase e fora de fase da PNM eles definiram em regime oscilatório de grande escala, que se caracteriza por um balanço leste-oeste de anomalia de PNM entre o oceano Índico leste/Indonésia e Pacífico sudeste. Este regime foi nomeado de Oscilação Sul (OS). Por outro lado, durante muitos anos, o El Niño foi considerado um fenômeno oceânico local sem conexões com o clima. Bjerkness (1966, 1969) foi o primeiro a propor uma conexão entre o El Niño e a OS. Atualmente, os trabalhos se referem ao fenômeno acoplado oceânico/atmosférico ENOS, que é um evento global de grande escala. Variações no ENOS são medidas pelo Índice de Oscilação Sul (IOS), que expressa a fase e a intensidade da OS. Atualmente, este índice é definido como a diferença normalizada da anomalia normalizada de PNM entre Taiti e Darwin.

Para IOS negativo, ou fase quente (episódio El Niño), a PNM é mais alta que o normal no Pacífico tropical oeste e mais baixa que o normal no Pacífico Tropical sudeste; as ATSM são positivas e os ventos alísios estão enfraquecidos no Pacífico equatorial central e leste, a termoclina fica mais rasa no lado leste e mais profunda no lado oeste do Pacífico tropical; a convecção se enfraquece no Pacífico oeste e aumenta no lado oposto. Para o IOS positivo, referido como fase fria ou episódio La Niña, as características anômalas de TSM, PNM, ventos, convecção e profundidade da termoclina são inversas daquelas para o IOS negativo (Rasmusson e Arkin, 1985; Rasmusson e Wallace, 1983).

Wang (2002) mostrou variações nas células Walker e Hadley associadas ao ENOS. Durante a fase quente do ENOS, a circulação de Walker zonal equatorial é enfraquecida, pois o sistema formado pela fonte de calor no

Pacífico tropical oeste, convergência em baixos níveis, divergência em altos níveis e movimento ascendente na troposfera média move-se para leste. Isso enfraquece a célula de Walker que enfraquece os alísios na troposfera inferior e então aumenta as TSM no Pacífico equatorial central e leste. Esta retroalimentação associada à célula de Walker é essencial para o desenvolvimento do El-Niño no Pacífico. A célula de Hadley anômala no Pacífico leste (oeste) mostra o ar ascendendo (subsidiando) nos trópicos, escoando para os pólos na troposfera superior (inferior), subsidiando (ascendendo) nos subtropicos e retornando para os trópicos na troposfera inferior (superior).

2.2 Oscilação Decenal do Pacífico (ODP)

Um outro tópico de abrangência do presente trabalho é a ODP (Mantua et al., 1997). O padrão da ODP é similar à variabilidade de TSM associada ao ENOS, mas a ODP possui maiores amplitudes em latitudes médias do que em latitudes baixas e uma maior extensão meridional das anomalias equatoriais do que aquelas referentes ao ENOS (Mantua *et al.*, 1997). Garreaud e Battisti (1999), repetindo a metodologia usada por Zhang *et al.* (1997) para dados de reanálise global do “National Centers for Environmental Prediction - National Center for Atmospheric Research” (NCEP/NCAR), mostraram que os padrões anômalos atmosféricos e de TSM são simétricos em relação ao equador para todos os meses do ano. No hemisfério de inverno, entretanto, os sinais atmosféricos são mais fortes.

A fase quente da ODP está associada com ar seco e inverno mais quente na região noroeste do Pacífico, com águas aquecidas no Pacífico tropical leste e na estreita banda ao longo da costa do Alasca e do oeste dos Estados Unidos e do Canadá, e com águas mais frias que o normal em uma grande área do Pacífico Norte. Assim, possuem uma configuração com ATSM positivas no Pacífico tropical e negativas no Pacífico extratropical norte e sul. A fase fria possui uma configuração contrária (Zhang et al., 1997). De acordo com Mantua

et al. (1997) a ODP apresenta uma fase fria que se estende desde 1948 até 1976 e uma fase quente de 1977 a 1998.

2.3 Variabilidade da precipitação em escala interanual e decenal para a América do Sul.

A precipitação em todo o globo está modulada por fenômenos atmosféricos que variam em escalas de tempo interanuais e decenais, sendo o ENOS e a ODP os principais de tais fenômenos, respectivamente. Como a ênfase do presente trabalho é para a AS, alguns trabalhos que analisaram as características da variabilidade da precipitação sobre essa região são discutidas.

Vários estudos têm mostrado que os padrões de ATSM sobre os oceanos Pacífico e Atlântico podem ser importantes para modular a precipitação regional na AS, principalmente no norte-nordeste e no Sul-Sudeste do Brasil (Ropelewski e Halpert, 1987; Enfield, 1996; Diaz et al., 1998). Sobre o continente sul americano, um exemplo clássico do efeito das variações de TSM do AT no clima regional é as secas extremas do NEB (Hastenrath e Heller, 1977; Moura e Shukla, 1981; Enfield, 1996). Estes autores demonstraram que a variabilidade de precipitação nessa região é altamente correlacionada com as ATSM no AT. Uma interpretação amplamente aceita é que a variabilidade de TSM do AT seja a forçante dominante das anomalias de precipitação no NEB, enquanto que a influência remota do Pacífico, em determinadas ocasiões pode reforçar estas anomalias, mas em outras ocasiões pode ter efeitos opostos, de modo que estas anomalias sejam enfraquecidas Pezzi e Cavalcanti, (2001).

Por outro lado, o ENOS é o principal fenômeno associado à variabilidade interanual da precipitação sobre grande parte do sul da AS. Durante os eventos El Niño, o movimento ascendente sobre a AS tropical é mais fraco que o normal, com anomalias negativas de precipitação sobre o leste da Amazônia e NEB (Rao *et al.*, 1986) e anomalias positivas sobre o sul do Brasil (Ropelewski e Halpert, 1987, 1989; Kayano *et al.*, 1988). Durante os eventos La Niña, as

anomalias de precipitação e circulação são opostas àquelas descritas para os eventos El Niño, algumas vezes com pequenos deslocamentos na posição das anomalias mais fortes e na magnitude das mesmas (Kousky e Ropelewski, 1989; Grimm, 2004b).

Juntamente com a variabilidade interanual, alguns estudos têm mostrado também a existência da variabilidade decenal e de longo prazo na precipitação da AS, dos quais, a maioria, relaciona a mudança na precipitação com variações regionais e globais de TSM (i.e., Nogués-Paegle e Mo, 2002; Zhou e Lau, 2001). Nogués-Paegle e Mo (2002) examinaram as bandas interanual e decenal do regime de precipitação na AS para Dezembro, Janeiro e Fevereiro (DJF) através de Funções Ortogonais Empíricas rotacionadas para o período de 1950 a 1999, e mostraram que o modo dominante é associado ao ENOS e possui padrões de correlação negativos sobre o norte da AS e positivos sobre o sul do Brasil e planícies subtropicais entre 25°S e 35°S. Já o segundo modo é influenciado pelas ATSM do Atlântico, o qual mostra padrões de correlação positivos sobre o NEB e negativos sobre a Colômbia e o Peru. Coerentemente a esse segundo modo, Moura e Shukla (1981) mostraram que a falta de precipitação no NEB, em alguns anos, pode estar associada a um dipolo meridional de ATSMs no AT, ou seja, quando ocorrem ATSMs positivas no ATN e negativas no ATS, a ZCIT encontra-se mais ao norte e o ramo descendente da célula de Walker intensifica-se, tendo como consequência forte subsidência no NEB e, assim, precipitação reduzida. Assim, variações de longo prazo da precipitação no NEB e no leste da Amazônia estão relacionadas a variações do gradiente de ATSM inter-hemisférico no AT, enquanto variações no sudeste da AS parecem estar associadas com ambas TSM do Atlântico e do Pacífico (Grimm *et al.*, 2004a).

No que se refere à resposta da atmosfera a fontes de calor influenciando regimes de precipitação, tem-se o “Pacific-South American” (PSA) que possui dois modos de variabilidade atmosférica no Hemisfério Sul que influenciam a circulação e as anomalias de chuva na AS. Um deles é relacionado as ATSMs

sobre o Pacífico central e leste em escala decenal e é a resposta ao ENOS na banda interanual. O padrão de chuva de verão associado mostra déficit de chuva sobre o NEB e aumento de chuva sobre o sudeste da AS, similar ao regime de precipitação durante o ENOS. O outro é associado com a componente quase-bienal do ENOS, com um período de 22-28 meses. O padrão de chuva associado mostra um padrão dipolo com anomalias fora de fase entre a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) estendendo-se da AS central ao Atlântico e nas planícies subtropicais centradas em 35°S (Mo e Nogués-Paegle, 2001; Marengo, 2004; Andreoli e Kayano, 2005; Kayano, 2006).

Existem também evidências de variações interanuais e decenais nos escoamentos dos rios. Robertson e Mechoso (1998) encontraram ciclos interanuais na série temporal combinada dos rios Negro e Uruguai e observaram características do padrão ENOS nos compostos das ATSMs no Pacífico para cada componente oscilatória da série, encontrando a relação de escoamento acima da média dos rios com a fase quente do Pacífico tropical leste. Eles também encontraram o ciclo quase-decenal dos rios Paraná e Paraguai, em que ATSMs negativas no ATN estão associadas com o maior escoamento desses rios nessa escala de tempo. Robertson e Mechoso (2000) encontraram uma componente interdecenal com o período de 15–17 anos presente no escoamento dos rios da Bacia La Plata e evidenciaram que os rios Paraná e Paraguai são influenciados diretamente pela ZCAS.

3 DADOS E METODOLOGIA

3.1 Dados

Os dados usados foram de campos mensais de TSM globais, de precipitação em pontos de grade. Os dados de TSM, obtidos do sítio <http://www1.ncdc.noaa.gov/pub/data/ersst-v2/> versão 2, são as séries temporais reconstruídas por Smith e Reynolds (2004) em cada ponto de grade, com uma resolução espacial de 2° por 2° em latitude e longitude disponíveis para o período de 1854 até 2006. Os dados de precipitação, obtidos do sítio <ftp://ftp.cpc.ncep.noaa.gov/precip/50yr/gauge/2.5deg> foram interpolados em uma grade de 2,5° por 2,5° em latitude e longitude a partir de observações em estações para o período de 1948-2002 (Chen et al., 2002). Estes dados apresentam valores apenas nas áreas continentais e a área para o presente estudo compreende a AS entre (45°S-10°N) e (25°W-85°W). Os dados de precipitação originalmente apresentavam valores negativos muito pequenos (próximos de zero) onde deveriam apresentar valores iguais à zero. Esta falha oriunda da reconstrução dos dados foi tratada simplesmente substituindo os valores negativos extremamente pequenos por zero. O período estudado se limitou a 1948-2002 por ser o período comum a todas às duas fontes de dados utilizadas.

3.2 Metodologia

Inicialmente, as anomalias mensais foram calculadas removendo-se o ciclo anual expresso pela climatologia mensal do período de 1948-2002 para TSM e para precipitação. As anomalias de precipitação e as ATSM foram normalizadas pelos desvios padrão das correspondentes séries de anomalias. Das séries normalizadas de ATSM em cada ponto de grade, foram também removidas as correspondentes tendências lineares do período de 1948-2002.

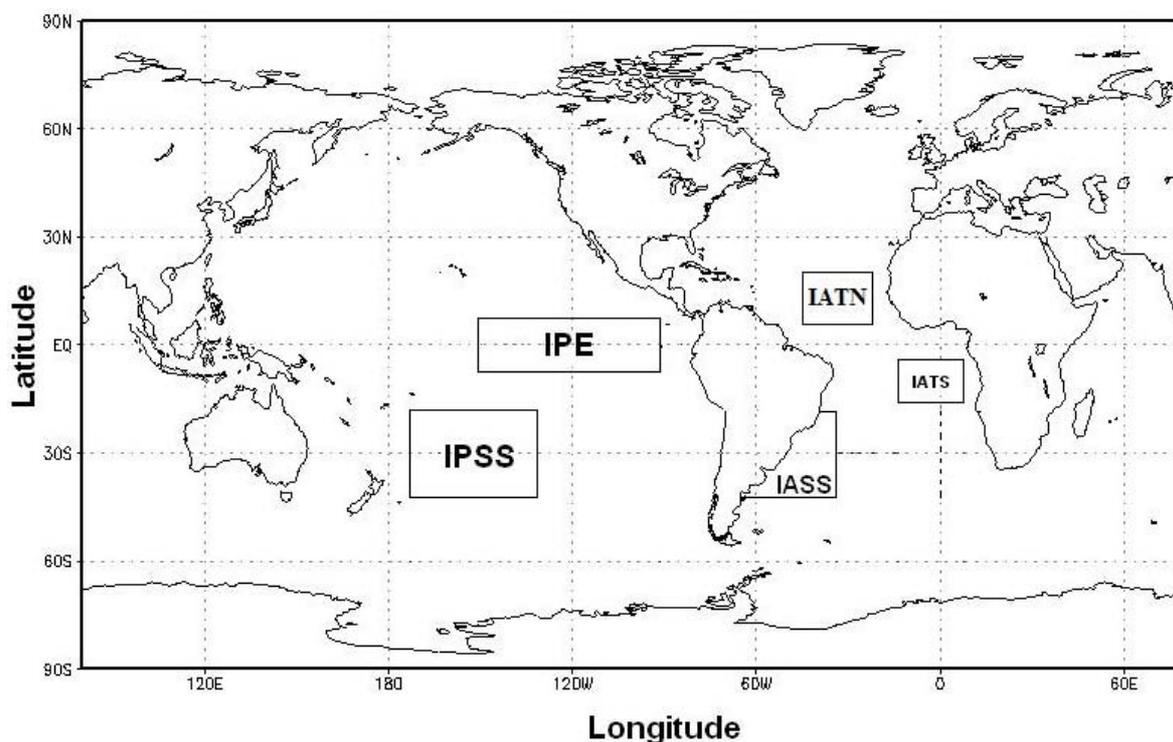


Figura 3.1 - Localização dos índices de TSM: Índice do PEL (IPE), Índice do PSS (IPSS), Índice do ATN (IATN), Índice do ATS (IATS) e o Índice do ASS (IASS).

Como o principal objetivo do projeto foi analisar a importância relativa do AT e do Pacífico tropical leste na variabilidade de precipitação da AS, foram usados alguns índices, representativos de alguns fenômenos de interesse, como ENOS e variabilidade do Atlântico. Três índices de ATSM foram definidos nos trópicos: índice na região do Niño-3, ou seja, na área entre 150°W, 90°W, 5°N e 5°S, para representar a variabilidade interanual do Pacífico tropical associado ao ENOS (IPE); índice no ATS na área entre 5°S, 15°S, 15°W e 5°E (área que contém a usada por Rajagopalan et al. (1998)) para representar a variabilidade de TSM neste setor (IATS); e na área entre (5°N-20°N, 20°W-40°W) para representar a variabilidade de TSM no ATN (IATN). Outros dois índices foram usados: um definido no Pacífico subtropical sul central (área entre 20°S, 40°S, 170°W, 130°W) (IPSS) (área que contempla a utilizada por Barros e Silvestre (2002)) e o outro, no Atlântico subtropical sudoeste (área entre costa leste da AS e longitude de 40°W e entre 20°S e 40°S) (IASS) (área com forte

correlações segundo Diaz et al., (1998)). As localizações destes índices estão ilustradas na Figura 1. Assim basicamente, foram usados 5 índices de ATSM, três tropicais (IPE, IATN e IATS) e dois subtropicais (IPSS e IASS). Os índices foram definidos como as médias espaciais de ATSM normalizadas e sem tendência linear nas respectivas áreas. Para se ter uma idéia das variações tempo-freqüência dos índices utilizados, estes foram sujeitos à transformada de Ondaleta de Morlet, para período de 1948 a 2002. A transformada de Morlet foi escolhida por que o padrão de oscilação tanto da variabilidade de TSM como da precipitação se assemelham com a da Ondaleta de Morlet. Este método envolve a transformação de uma série unidimensional em um espaço de tempo e freqüência, o que permite determinar as escalas de variabilidade dominantes e suas variações temporais (Torrence e Compo, 1998). Tal método está descrito com mais detalhes no Apêndice A.

As análises dos índices usando ondaleta serviram de base para o procedimento de filtragem e para a defasagem indicada. Os índices foram filtrados na escala interanual de 2 a 7 anos. A faixa de anos incluído na escala interanual foi definida pelas análises dos gráficos tempo-freqüência dos índices. Para retirar a tendência linear as séries de anomalias das variáveis foram filtradas nesta escala temporal usando a transformada de Ondaleta de Morlet, este filtro é essencialmente um filtro passa banda. A formulação matemática do filtro encontra-se no Apêndice A.

Foram obtidos os mapas de correlação total (simultânea e defasada) entre os índices e a precipitação para cada período de estudo (1948-2002, 1948-1976 e 1977-2002). Estes mapas foram comparados com os mapas de correlação parcial. Os mapas de correlação parcial foram obtidos calculando a correlação entre um índice de TSM com a precipitação removendo a influência de outro índice de TSM. A correlação parcial fornece a relação exclusiva entre duas variáveis (X_1 e X_3) enquanto se exclui a influência de uma terceira variável independente (X_2 , e é calculada por) (Panofsky e Brier, 1968):

$$r_{13,2} = (r_{13} - r_{12} \times r_{23}) / \sqrt{(1 - r_{12}^2)} \sqrt{(1 - r_{23}^2)} \quad (3.1)$$

onde, r_{13} , r_{12} e r_{23} são as correlações lineares entre as variáveis X_1 e X_3 , X_1 e X_2 e entre X_2 e X_3 , respectivamente.

A significância estatística dos coeficientes de correlação parcial é determinada pelo teste t de Student, com os graus de liberdade estimados pelo tempo de decorrelação de cada série. Este é estimado como a defasagem necessária para a autocorrelação da série ser quase nula. Assim, dividindo o número de total de elementos da série pelo seu tempo de decorrelação (defasagem para a qual a autocorrelação tende a zero) resulta no número de graus de liberdade. O teste t de Student aplicado a este número fornece o valor limítrofe para a correlação ser significativa para um determinado nível de confiança.

Estes cálculos consideraram correlações parciais simultâneas e defasadas (defasagem entre os índices e o campo de precipitação). A ênfase foi para o verão austral, em vista de que o período chuvoso da maior parte da AS concentra nesta estação do ano. Os mapas de correlações parciais foram obtidos para o período de 1948 a 2002, bem como separadamente para as duas fases da ODP, fase fria (1948-1976) e fase quente (1977-2002).

Diversas combinações foram aplicadas na defasagem dos índices em relação à precipitação. Inicialmente foi obtida a correlação parcial simultânea com os índices e a precipitação na estação de verão (DJF). Na correlação total defasada, o índice foi defasado de uma estação Setembro, Outubro e novembro (SON) antecedendo a precipitação (DJF). Na correlação parcial defasada os dois índices de TSM foram defasados de uma estação (SON) antecedendo a precipitação que foi da estação de verão (DJF). Para avaliar a significância estatística dos mapas de correlação foi considerado que as variáveis possuem uma distribuição normal e, assim, a hipótese nula foi assumida. Desta forma, o teste t de Student foi aplicado para se obter os valores limítrofes para que as correlações fossem significantes em um nível de confiança de 95%.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Análise de Ondaletas

As Figuras 4.1, 4.2, 4.3, 4.4 e 4.5 mostram as análises de Ondaleta para os índices IPE, IPSS, IATN, IATS e IASS. Nos painéis (a), são apresentados os espectros de energia local da transformada de Ondaleta continua. Para simplificar a discussão, a significância estatística referida neste item é para o nível de confiança de 95%.

O espectro de Potência global da Ondaleta (PGO) do IPE mostrou picos dominantes na escala interanual (3,9 e 5,1 anos) e um pico secundário (não significativo) na escala de 13,1 anos (Figura 4.1b). Esses picos concordam com os obtidos anteriormente através da análise de Ondaleta da série de TSM para o Niño-3 (Andreoli, et al., 2004). Os picos na escala interanual resultaram da variabilidade de 2-7 anos (escala do ENOS) do IPE mostrados no Espectro de Potência (energia) local da Ondaleta (EPO) significativos e acentuados que ocorreram para quase toda a banda de 2-7 anos durante 1953-1961 e 1965-1998. EPO significativo na escala do ENOS relativamente menos abrangente na banda de 2-7 anos ocorreu também no intervalo do período de 1961-1965.

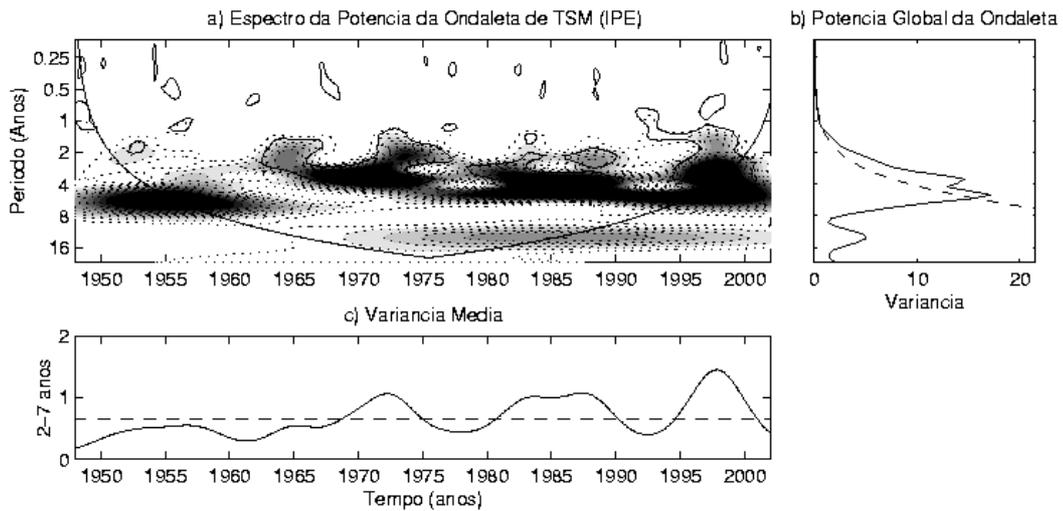


Figura 4.1 - (a) Espectro de Potência (energia) local da Ondaleta (EPO) normalizado por $1/\sigma^2 = 0,8683$, b) Potência global da Ondaleta (PGO) e c) Média por Escala da Potência (MEPO) para escala de 2 a 7 anos normalizado pelo desvio padrão. Em (a), as áreas sombreadas são de variâncias normalizadas variando de 0 a 20 com o intervalo de contorno de 5, os contornos fechados são significativos ao nível de confiança de 95% e a curva em forma de U representa o cone de influência, sob o qual o efeito de borda é importante. Em (b), à direita da curva tracejada indica que o PGO é significativo.

As maiores amplitudes da MEPO ocorreram nos intervalos de 1970-1975, 1981-1990 e 1995-2001 que correspondem a períodos com ocorrência de El Niños e La Niñas.

O espectro de PGO do IPSS apresentou um pico dominante na escala anual (0,75 anos) e picos secundários (não significativos) na escala interanual (1,06, 1,6, 2,7, 3,57, 5,6, 6 anos) e um pico na escala decenal (15,6 anos). O pico de 6 anos foi devido a maior variância interanual notada durante 1952-1960 e 1987-1996 (Figura 4.2a). Assim a TSM do PSS mostrou variabilidade na escala interanual.

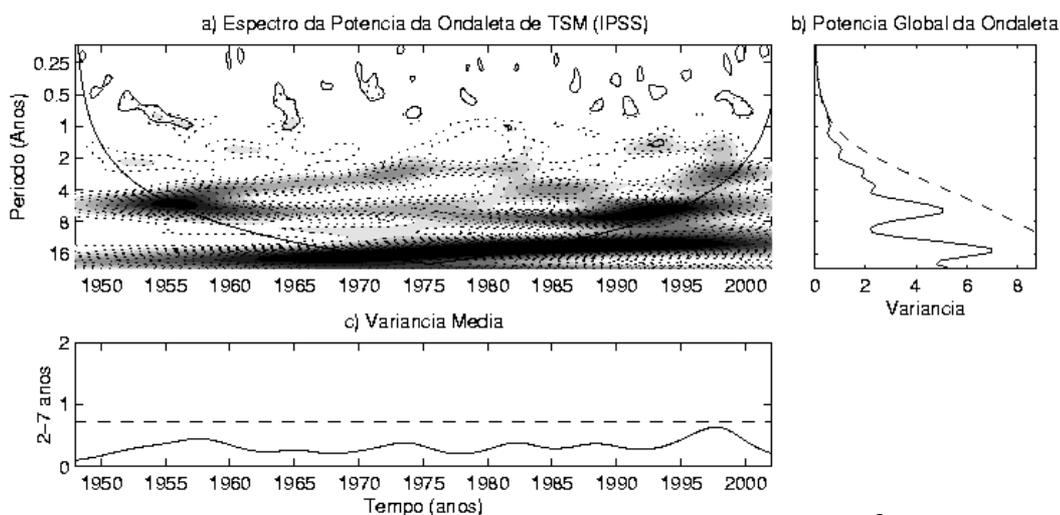


Figura 4.2 - Idem a Figura 4.1, exceto para o índice IPSS e $1/\sigma^2 = 0,4314$.

Os espectros de PGOs dos IATN e IATS são mostrados na Figuras 4.3b e 4.4b, respectivamente. Estas Figuras mostram picos dominantes com forte variância na escala de 8-14 anos, que foram significativos, de 8,5 anos para o IATN e de 12,01 anos para o IATS. A amplitude (em unidades de variância) dos picos decenais do espectro de PGO do IATS foi maior em comparação ao IATN (Figuras 4.3b e 4.4b). Isto é um indicativo de mais forte variabilidade decenal da TSM no ATS do que no ATN concordando com o que foi encontrado por (Mehta e Delworth, 1995). Os dois índices apresentaram picos significativos do espectro de PGO de 2-5 anos e, picos não significativos de 5,5 anos para IATS e de 3,9 anos para IATN, e também picos secundários (não significativos) na escala interanual de 1,5 anos para IATS e, de 0,7 anos para IATN.

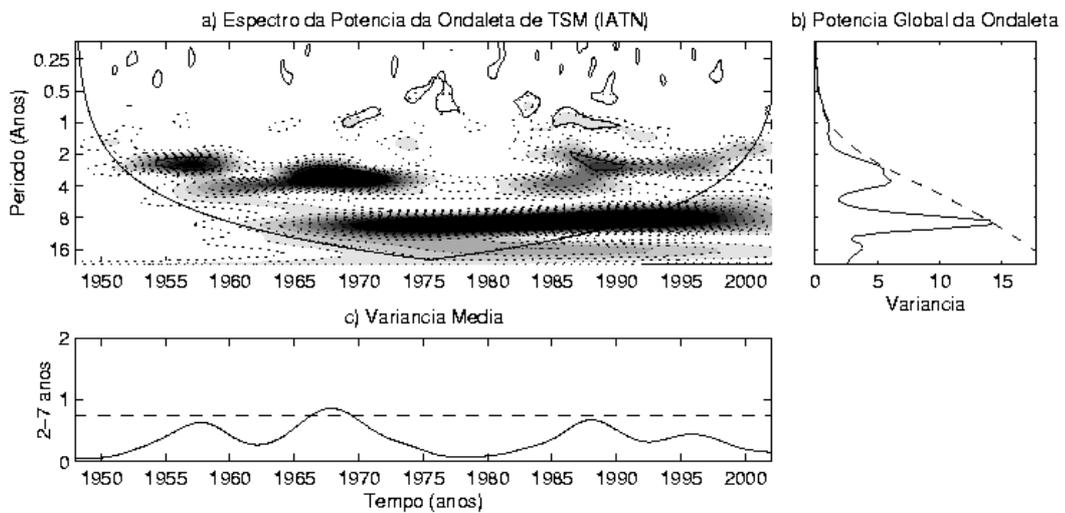


Figura 4.3 - Idem a Figura 4.1, exceto para o índice IATN e $1/\sigma^2 = 0,6953$.

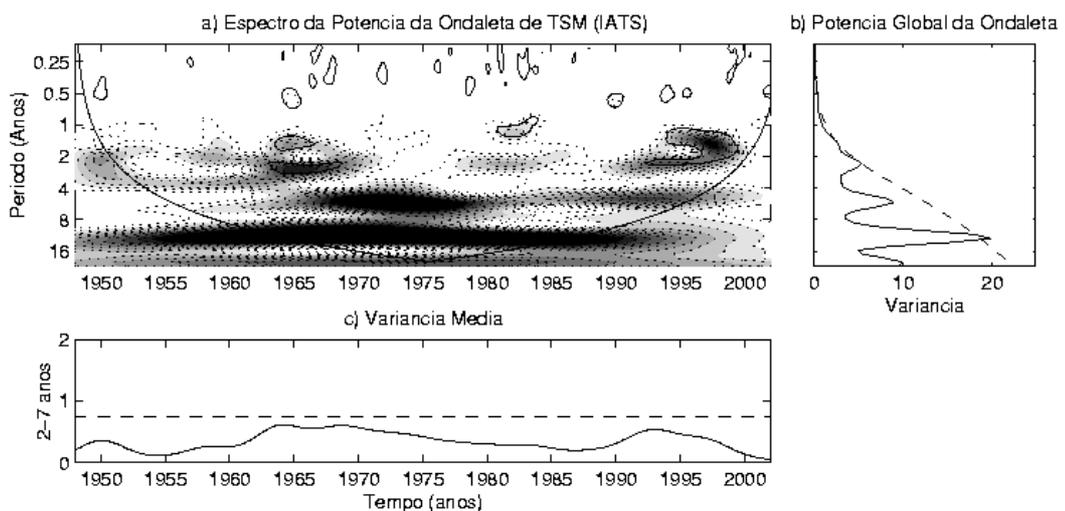


Figura 4.4 - Idem a Figura 4.1, exceto para o índice IATS e $1/\sigma^2 = 0,7776$.

O EPO para os dois índices são mostrados nas Figuras 4.3a e 4.4a. Os fortes picos decenais de 8-14 anos no espectro de PGO do IATN e IATS foram devidos a variâncias decenais significativas ocorrendo durante o período de 1970-2000 para o IATN e de 1960-1995 para o IATS (Figuras 4.3a e 4.4a). Por outro lado, a variância significativa para a escala de 1-2 anos ocorreu durante curtos intervalos de tempo notados nos anos de estudo (Figuras 4.3a e 4.4a).

As amplitudes da MEPO na escala de 2-7 anos do IATN é relativamente maior do que aquela do IATS (Figuras 4.3c e 4.4c)

Segundo Andreoli, et al., (2004) as variâncias significativas (ao nível de 5%) na escala de 1-2 anos para o IATS se manifestam aproximadamente a cada 12 anos durante o período estudado, quando estes índices possuem variâncias decenais significativas elevadas. Este resultado sugere modulações na variabilidade da escala de 1-2 anos pela variabilidade da escala decenal.

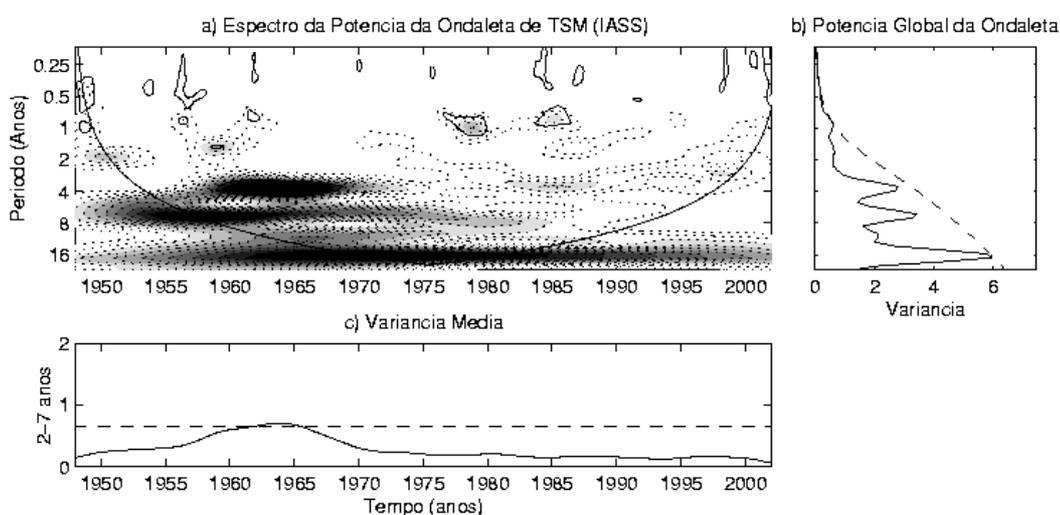


Figura 4.5 - Idem a Figura 4.1, exceto para o índice IASS e $1/\sigma^2 = 0,4385$.

Na figura 4.5a o espectro de PGO do IASS apresenta picos dominantes na escala semi-anual (0,45 anos), um pico decenal (16,7 anos) e por fim picos secundários (não significativos) na escala interanual (0,98, 1.6, 3.6 e 6.5 anos).

4.2 Correlação Total Simultânea e Parcial Simultânea

4.2.1 Total Simultânea 1948-2002

A Figura 4.6 apresenta os mapas de correlação total simultânea para DJF entre os índices de TSM e a precipitação sobre a AS no período de 1948 a 2002. O número de graus de liberdade é 54 para as análises das correlações totais simultânea. O teste t de Student para 54 graus de liberdade dá o valor limítrofe de aproximadamente 0,262, para as correlações serem significativas ao nível de confiança de 95%. O padrão de correlação para o IPE (Figura 4.6a) apresentou sinal negativo no setor nordeste da AS que inclui Venezuela, Guiana, Suriname, Guiana Francesa, e norte do NEB, com o núcleo de correlação negativa mais forte centrado em (2°N-59°W). A área de correlações positivas cobriu o setor sudeste da AS (sul e sudeste do Brasil, Uruguai, norte da Argentina e áreas subtropicais do Chile), boa parte da costa leste da AS desde 47°S até mais ou menos 13°S, e o Centro-Oeste da AS com um núcleo mais intenso centrado em (25°S-55°W). Este resultado é semelhante aos de trabalhos anteriores que mostraram que a fase quente do ENOS está relacionada com períodos de seca sobre o NEB e períodos chuvosos sobre a região subtropical da AS e que a situação se inverte na fase fria do ENOS (Zhang, 1997, Saravanan, 2000, Paegle e Mo, 2002, Wang, 2002). Outros dois núcleos de correlações positivas foram encontrados, um na costa leste do Chile, centrado em (35°S-75°W) e outro na costa noroeste da AS, mais precisamente no Peru e Equador centrado em (3°S-77°W) (Figura 4.6a). A literatura descreve este padrão de anomalias negativas de precipitação sobre o leste da Amazônia, parte do norte e sobre o NEB e ainda anomalias positivas sobre o sudeste da AS como sendo o padrão de variabilidade interanual da precipitação associado à fase quente do ENOS (Rao et al., 1986, Ropelewski e Halpert, 1987 e 1989; Kayano et al., 1988).

O padrão de correlação para o IATN foi bem mais fraco (Figura 4.6c) com valores negativos estatisticamente significativos apenas sobre leste da

Amazônia e o litoral norte e nordeste da AS. Isso indica que a redução da precipitação nessa região principalmente sobre o NEB está associada com anomalias positivas de TSM no ATN, o que faz com que a ZCIT se localize mais ao norte e apresente seu ramo descendente sobre o NEB impedindo a formação de nuvens de chuva ocasionando redução da precipitação. As correlações do IATS com a precipitação da AS apresentou um padrão mais intenso e com sinal positivo significativo se estendendo desde de 36°W até 66°W (Figura 4.6d). As anomalias positivas sobre o ATS estão associadas ao aumento da umidade na atmosfera que é advectada pelos ventos alísios de sudeste até o continente, provocando precipitação sobre esta região. O que concorda com Saravanan e Chang (2000) que mostrou que as correlações entre ATSM e a precipitação sobre Fortaleza são significativamente mais fracas no ATN e mais fortes no ATS.

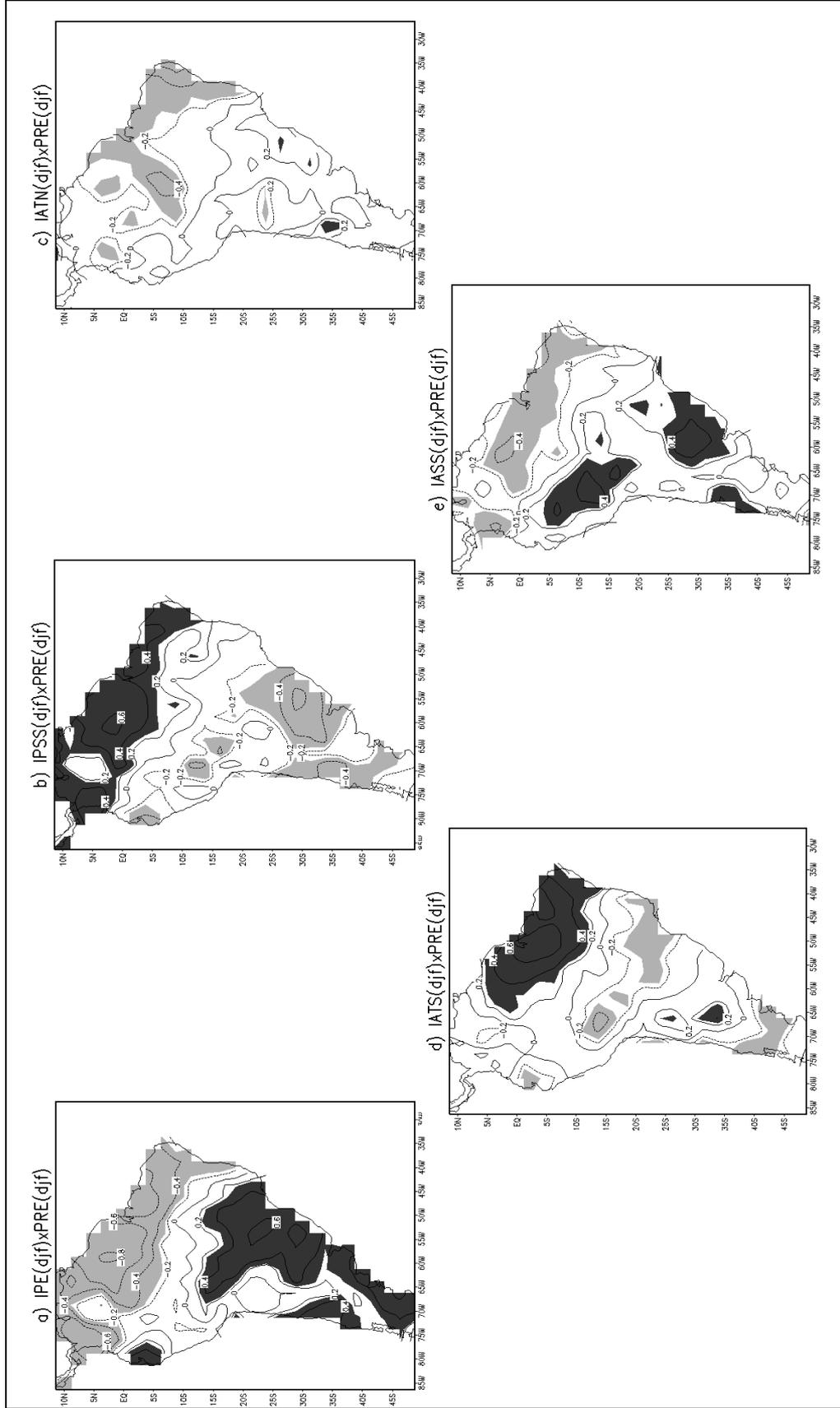


Figura 4.6 - Padrão de Correlação total simultânea da precipitação com a) IPE, b) IPSS, c) IATN, d) IATS e e) IASS para o período de 1948 a 2002. Em preto a correlação positiva e em cinza a correlação negativa ao nível de significância de 95%, o intervalo das isolinhas é de 0,2.

A Figura 4.6b mostra o padrão de correlação para o IPSS com correlações simultâneas positivas sobre a região norte e NEB. Este padrão é inverso do padrão do IPE apresentado na Figura 4.6a, mas com área de atuação menor no caso do IPSS. Na Figura 4.6b, um núcleo de correlação não significativa é observado sobre a Venezuela e centrado em (5°N-72°W), assim como na Figura 4.6a. O padrão para o IPSS se caracterizou por um dipolo, com correlações positivas centradas no Norte e Nordeste da AS em (3°N-60°W) e correlações negativas na região Sudeste, centradas em (28°S-55°W). Correlações negativas foram também encontradas na área que compreende a costa oeste do Chile e sul da Argentina, em alguns núcleos no sul da Amazônia, com um centro em (34°S-69°W).

O padrão de correlação para o IASS (Figura 4.6e) apresentou uma faixa de correlação negativa sobre parte da costa do NEB se estendendo desde Alagoas até o estado do Pará a partir de onde esta faixa se inclinou para o centro da região norte da AS atingindo o leste do Amazonas. A região onde as correlações foram positivas compreende o sul do Amazonas na área de atuação da Alta da Bolívia (AB), com um núcleo centrado em (12°S-70°W) e o sul do Brasil com um núcleo centrado em (30°S-58°W). Assim, as ATSMs do ASS tiveram forte correlação com a precipitação da região de atuação da AB sobre o sul do Amazonas e com o sul do Brasil. As correlações positivas no sul do Brasil possivelmente estão associadas à saída do Jato de Baixos Níveis e a formação de Sistemas Convectivos de Meso-escala segundo Marengo et al. (2004). As ATSMs positivas sobre o ASS fornecem umidade para atmosfera que é transportada pela circulação anticiclônica em direção ao sul do Brasil. A caracterização de dipolo também foi encontrada neste mapa sendo um pólo negativo no norte e um positivo no sudeste da AS.

4.2.2 Total Simultânea 1948-1976 e 1977-2002

Nas análises para o período de 1948-1976, o número dos graus de liberdade é 28 e para o período de 1977-2002, este número é 24. Para as correlações serem significativas ao nível de confiança de 95%, o teste t de Student para estes números de graus de liberdade apresenta um valor limítrofe de aproximadamente 0,361 para o período de 1948-1976 e de 0,389 para o período de 1977-2002. As Figuras 4.7a, 4.7b, 4.7c, 4.7d e 4.7e apresentam os mapas de correlação total simultânea para DJF entre os índices de TSM e a precipitação sobre a AS no período de 1948-1976, que corresponde à fase fria da ODP, caracterizada por apresentar maior frequência de fenômenos La Niña. As Figuras 4.7f, 4.7g, 4.7h, 4.7i e 4.7j mostram os correspondentes mapas para o período da fase quente da ODP, 1977-2002.

As Figuras 4.7a e 4.7f mostram padrões de correlação semelhantes entre si. Na fase quente (Figura 4.7f), as correlações negativas cobriram todo o nordeste da AS, NEB em um pequeno núcleo no norte do Chile, e as correlações positivas se restringiram no sudeste da AS com o centro mais intenso em (30°S-55°W), em uma pequena parte da costa leste da Argentina e em dois núcleos um sobre o Chile e outro centrado em (2,5°S-77°W). Segundo Kousky e Cavalcanti (1984) durante o fenômeno El Niño de 1982-1983, um jato subtropical bem pronunciado sobre a AS e ao leste do Pacífico Sul juntamente com várias situações de bloqueios em latitudes médias favoreceram a manutenção de sistemas frontais ativos no Sul do Brasil os quais contribuíram para o aumento da precipitação nesta região. Na fase fria da ODP (Figura 4.7a), as correlações negativas significativas apresentaram uma redução em sua extensão quando comparada com a da fase quente, cobrindo parte do nordeste da AS e uma pequena faixa do oeste do NEB com o núcleo mais intenso centrado em (Equador-61°W), e sem correlações significativas no norte do Chile, enquanto as correlações positivas foram concentradas ao sul de 30°S na AS e em dois núcleos no centro-oeste do Brasil. O padrão da fase quente da ODP teve maior semelhança com o mapa de correlação total simultânea.

Isso pode estar relacionado ao fato das ATSM dos fenômenos La Niñas apresentarem amplitudes menores que as ATSM dos El Niños.

Ao se comparar os padrões de correlação do IPSS com a precipitação nas fases fria e quente com o padrão do mapa de correlação total simultânea, observa-se que na fase fria ocorreram reduções na intensidade e na extensão da área de correlações positivas localizada no litoral das Guianas e Venezuela com o núcleo mais intenso deslocado para sul, enquanto que as áreas com valores negativos tiveram as localizações e intensidades semelhantes, porém com menor extensão. Na fase quente ocorreram reduções na intensidade e na extensão das correlações positivas localizadas no leste do NEB. Reduções de magnitudes foram observadas nas correlações negativas sobre o sul do Amazonas e sobre o sul e sudeste do Brasil.

O padrão de correlação do IATN durante a fase fria quase não apresentou correlações significativas (Figura 4.7c), exceto em pequenos núcleos, negativos no norte da AS e positivos no sul da AS. Durante a fase quente, as áreas com correlações significativas foram maiores, em particular em dois núcleos negativos, um no litoral do NEB e outro no sul do Amazonas centrado em (7°S-67°W). Assim, o ATN teve maior influência sobre a precipitação da AS durante a fase quente do que na fase fria da ODP.

As ATSMs do ATS apresentaram maior correlação com a precipitação de parte do nordeste da AS e do NEB. Durante a fase fria, as correlações positivas se restringiram ao NEB e em um núcleo sobre o Chile. As áreas com correlações negativas ficaram bastante reduzidas, sendo a mais notável centrada em (21°S-47°W) (Figura 4.7d). Durante a fase quente, a região com correlações positivas se estende para oeste cobrindo parte do nordeste da AS, e se reduziu sobre o NEB (Figura 4.7i). As regiões com valores negativos durante a fase quente foram mais intensas quando comparados as da fase fria. Portanto, durante a fase fria da ODP as ATSMs positivas no ATS podem aumentar a precipitação na região NEB enquanto que durante a fase quente a área de

aumento da precipitação se estende ao longo da costa para noroeste. As ATSMs do ATS durante a fase fria apresentaram um padrão com características de tri-pólo enquanto que durante a fase quente o padrão apresentou uma configuração de dipolo.

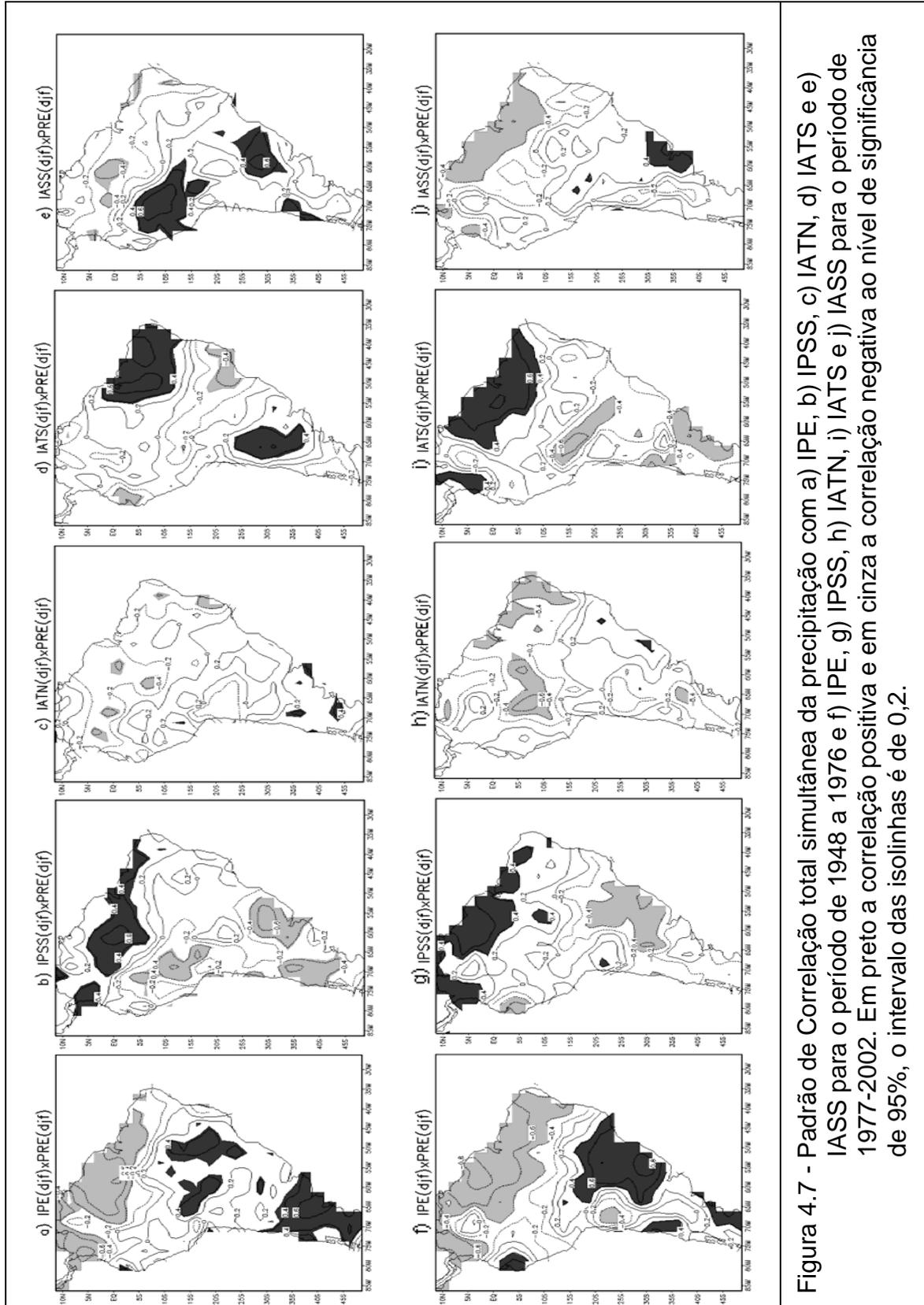


Figura 4.7 - Padrão de Correlação total simultânea da precipitação com a) IPE, b) IPSS, c) IATN, d) IATS e e) IASS para o período de 1948 a 1976 e f) IPE, g) IPSS, h) IATN, i) IATS e j) IASS para o período de 1977-2002. Em preto a correlação positiva e em cinza a correlação negativa ao nível de significância de 95%, o intervalo das isolinhas é de 0,2.

O padrão de correlação para IASS (Figura 4.7e) mostrou correlações negativas em um pequeno núcleo centrado em (0° - 60° W), correlações positivas no sul do Amazonas e na região sul do Brasil. Assim, as ATSMs do ASS durante a fase fria se correlacionou positivamente com a precipitação ocorrida na região sul do Amazonas. Na fase quente, o padrão apresentou correlações negativas no nordeste da AS e um pequeno núcleo de correlações positivas centrado em (36° S- 57° W) (Figura 4.7j). Quando se comparam os mapas de correlações totais simultâneas do período total e das fases fria e quente da ODP, observa-se que a área de valores negativos no nordeste da AS é característica da fase quente da ODP (Figura 4.7j) e a área positiva no sudeste da AS e sul do Amazonas foi característica da fase fria da ODP (Figura 4.7e). Isso indica que possivelmente a frequência das ZCAS seja maior durante a fase fria da ODP. Este resultado está de acordo com (Carvalho et al., 2004) que mostra a existência de uma maior frequência de precipitação extrema sobre a parte continental da ZCAS associadas a períodos neutros e de La Niñas quando comparadas a ZCAS oceânicas. Portanto o padrão de correlação encontrado durante a fase fria foi totalmente diferente do padrão da fase quente. Durante a fase fria as correlações foram principalmente positivas e localizadas ao sul de 5° S e durante a fase quente as correlações foram principalmente negativas e restritas ao norte da AS.

4.2.3 Parcial Simultânea 1948-1976 e 1977-2002

Nas análises para o período de 1948-1976 o número dos graus é 28, para o período de 1977-2002, o número é 24. Para as correlações serem significativas ao nível de confiança de 95%, o teste t de Student para estes números de graus de liberdade apresenta um valor limítrofe de aproximadamente 0,361 para o período de 1948-1976 e de 0,389 para o período de 1977-2002. A Figura 4.8 mostra os mapas de correlação parcial simultânea do IPE com a precipitação sobre a AS para DJF retirando-se a influência do IPSS (Figura 4.8a), do IATN (Figura 4.8b), do IATS (Figura 4.8c) e do IASS (Figura 4.8d) para a fase fria da ODP. As correspondentes Figuras para da fase quente da ODP estão nas Figuras 4.8e a 4.8h.

Os mapas de correlações parciais da fase fria (Figura 4.8a a 4.8d) foram bastante similares ao correspondente mapa de correlação total simultânea (Figura 4.7a) e similares entre si. Durante a fase fria, as Figuras 4.8a, 4.8b e 4.8c mostraram um aumento na correlação positiva em parte do sudeste e centro-oeste do Brasil, unindo-se os dois núcleos de 0,4 que foram observados no mapa de correlação total simultânea. Este aumento foi mais notável com a retirada dos efeitos do ATN e ATS indica que a área de correlação positiva entre a precipitação e o IPE não bem definida no centro-oeste e sudeste do Brasil pode ser devido à atuação do Atlântico Tropical. Na região com correlações negativas, o padrão foi semelhante ao observado no mapa de correlação total simultânea, com exceção da Figura 4.8c que apresentou uma expansão na correlação negativa sobre o NEB, relacionada à retirada do efeito do ATS nesta fase da ODP. Isso indica que as ATSM do ATS podem agir para enfraquecer as correlações negativas entre o IPE e a precipitação. Na Figura 4.8d, o padrão de correlação apresentou a maior semelhança com o mapa de correlação total simultânea. Isso indica que as ATSMs do ASS podem não afetar a relação entre as ATSMs do PEL e a precipitação da AS. Os resultados indicam que a influência das ATSM do Atlântico sobre a precipitação da AS só se dá na fase fria da ODP.

Assim como na fase fria, os mapas de correlações parciais simultâneas correspondentes a fase quente (Figura 4.8g, h, i e j) também foram semelhante entre si e ao mapa de correlação total simultânea referente ao mesmo período (Figura 4.7f). Na fase quente o Atlântico não apresenta tanta influência na precipitação como observado na fase fria. Durante a fase quente, os mapas de correlação parcial simultânea apresentaram maior extensão na área de correlação negativa, correlação positiva restrita a região sudeste da AS e um núcleo de correlação negativa no norte do Chile. Quando se comparou o mapa da Figura 4.8e com o mapa de correlação total simultânea foi observada uma redução na intensidade do núcleo de correlação positiva na região sudeste da AS. Isso indica que as ATSMs do PSS para fortalecer a relação positiva das ATSMs do PEL com a precipitação sobre esta região. O mapa da Figura 4.8g em relação ao mapa de correlação total simultânea não mostrou correlação positiva no sul da AS e sim o surgimento de um pequeno núcleo de correlações negativas, e sobre o nordeste da AS e NEB apresentou uma redução latitudinal da área de correlações negativas. A variabilidade de TSM do Atlântico torna-se a forçante dominante das anomalias de precipitação sobre o NEB, enquanto que a influência remota do Pacífico, em determinadas ocasiões pode reforçar estas anomalias, mas em outras ocasiões pode ter efeitos opostos, de modo que estas anomalias sejam enfraquecidas Pezzi e Cavalcanti, (2001). Portanto as ATSMs do ATS podem fortalecer a relação negativa entre as ATSMs do PEL e a precipitação do NEB e noroeste da AS.

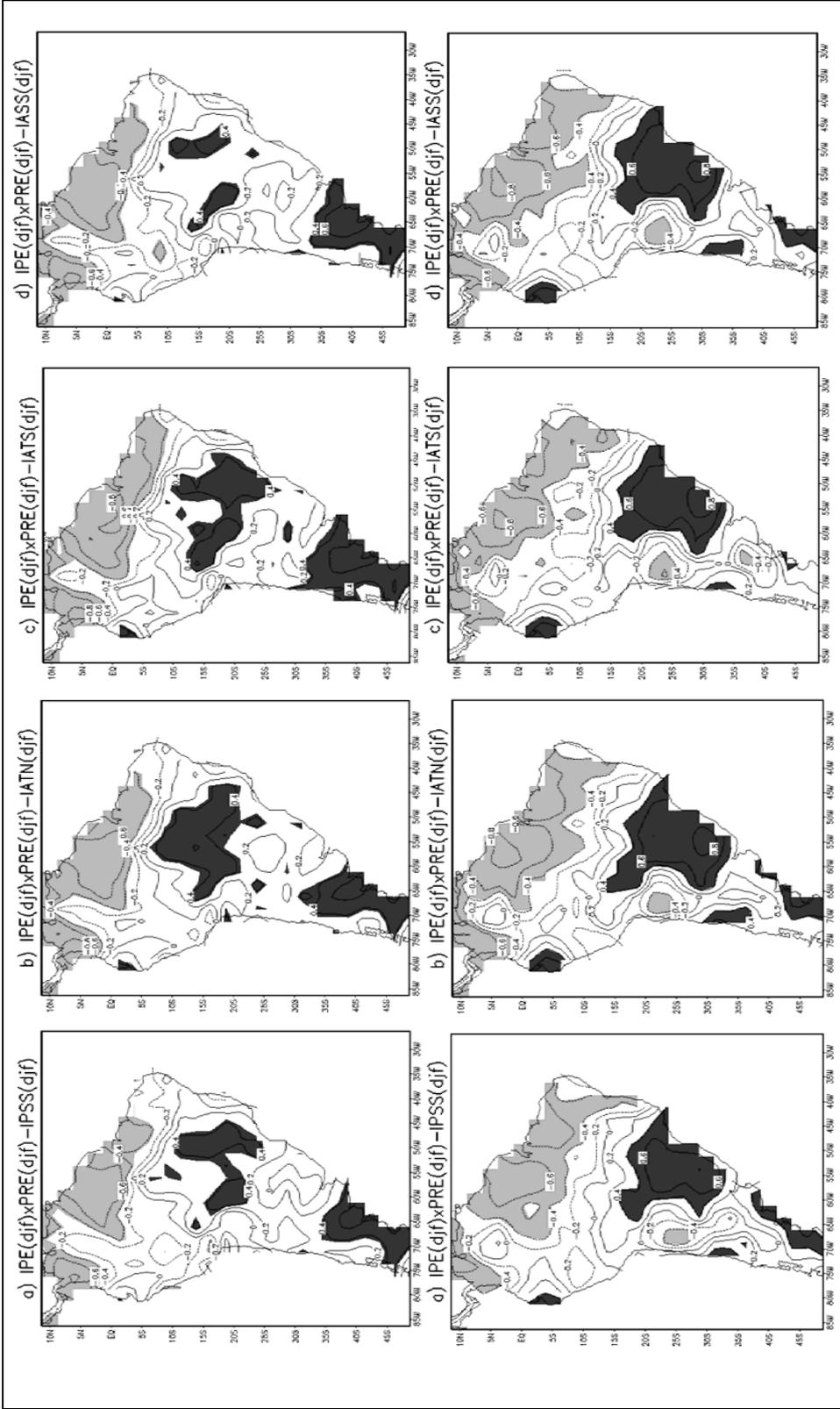


Figura 4.8 - Padrão de Correlação parcial simultânea sobre a AS com: a) IPE-IPSS, b) IPE-IATN, c) IPE-IATS, d) IPE-IASS para o período de 1948 a 1976 e e) IPE-IPSS, f) IPE-IATN, g) IPE-IATS, h) IPE-IASS para o período de 1977 a 2002. Em preto a correlação positiva e em cinza a correlação negativa ao nível de significância de 95%, o intervalo das isolinhas é de 0,2.

A Figura 4.9 mostra os mapas de correlações parciais simultâneas entre o IPSS com a precipitação sobre a AS para DJF retirando-se a influência do IATN (Figura 4.9a) do IATS (Figura 4.9b) do IASS (Figura 4.9c) e por fim do IPE (Figura 4.9d) no período de 1948-1976. Os correspondentes mapas para o período de 1977-2002 estão nas Figuras 4.9e a 4.9h. Durante a fase fria, é possível observar que nas Figuras 4.9a, 4.9b e 4.9d as áreas de correlações negativas não sofreram modificações em relação ao mapa de correlação total simultânea (Figura 4.7b). Isso indica que as ATSM do ATN e ATS e do PEL não afetaram esse padrão da fase fria da ODP. A Figura 4.9c apresentou as maiores mudanças nas correlações tanto negativas quanto positivas mostrando que ao se retirar o efeito do IASS o padrão de correlação do IPSS com a precipitação foi bastante modificado. A região de correlações positivas apresentou reduções significativas sobre o NEB, principalmente ao se retirar o efeito do IASS e IPE. Isso indica que as ATSMs do IPE e do IASS podem agir para fortalecer as correlações positivas entre o IPSS e a precipitação.

Durante a fase quente, o padrão das Figuras 4.9e a 4.9h foram bastante semelhantes ao padrão observado no mapa de correlação total simultânea. A Figura 4.9h praticamente não apresentou correlação significativa com exceção de um pequeno núcleo de correlação negativa centrado em (32°S-64°W). Isso indica que as ATSMs do PEL podem agir para fortalecer a relação das ATSMs do PSS com a precipitação sobre a AS.

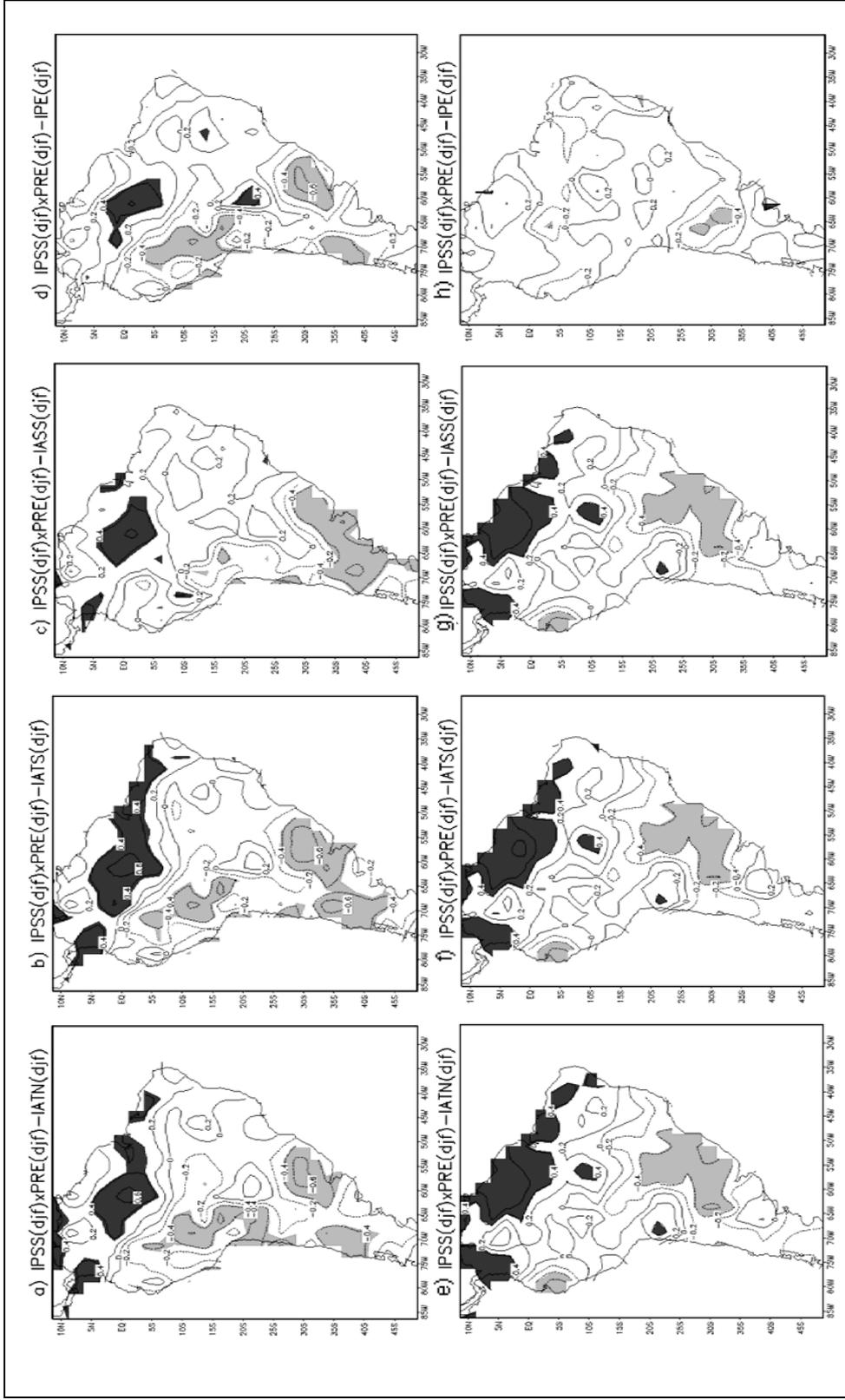


Figura 4.9 - Padrão de Correlação parcial simultânea da precipitação sobre a AS com: a) IPSS-IATN, b) IPSS-IATS, c) IPSS-IASS, d) IPSS-IPE para o período de 1948 a 1976 e e) IPSS-IATN, f) IPSS-IATS, g) IPSS-IASS, h) IPSS-IPE para o período de 1977 a 2002. Em preto a correlação positiva e em cinza a correlação negativa ao nível de significância de 95%, o intervalo das isolinhas é de 0,2.

Na fase fria, o IATN não apresentou correlações totais simultâneas significativas com a precipitação sobre a AS. Na correlação parcial simultânea (Figura 4.10), esta mesma característica prevaleceu com exceção de pequenos núcleos de correlações positivas no extremo norte da AS (norte da Colômbia e da Venezuela) presentes nos mapas 4.10c e 4.10d que não foram observados no mapa de correlação total simultânea. Na fase quente, os padrões observados nas Figuras 4.10f, 4.10g e 4.10h foram semelhantes entre si e bastante similares ao padrão do mapa de correlação total simultânea, com uma pequena redução na intensidade. Essa redução indica que as ATSMs do ASS e ATN podem fortalecer as correlações negativas no noroeste da AS. A Figura 4.10e apresentou maior extensão das correlações negativas sobre o NEB e leste do Amazonas do que o mapa de correlação total simultânea (Figura 4.7h). Isso indica que as ATSM do ATS podem enfraquecer as relações negativas entre o IATN e a precipitação sobre o nordeste da AS e NEB.

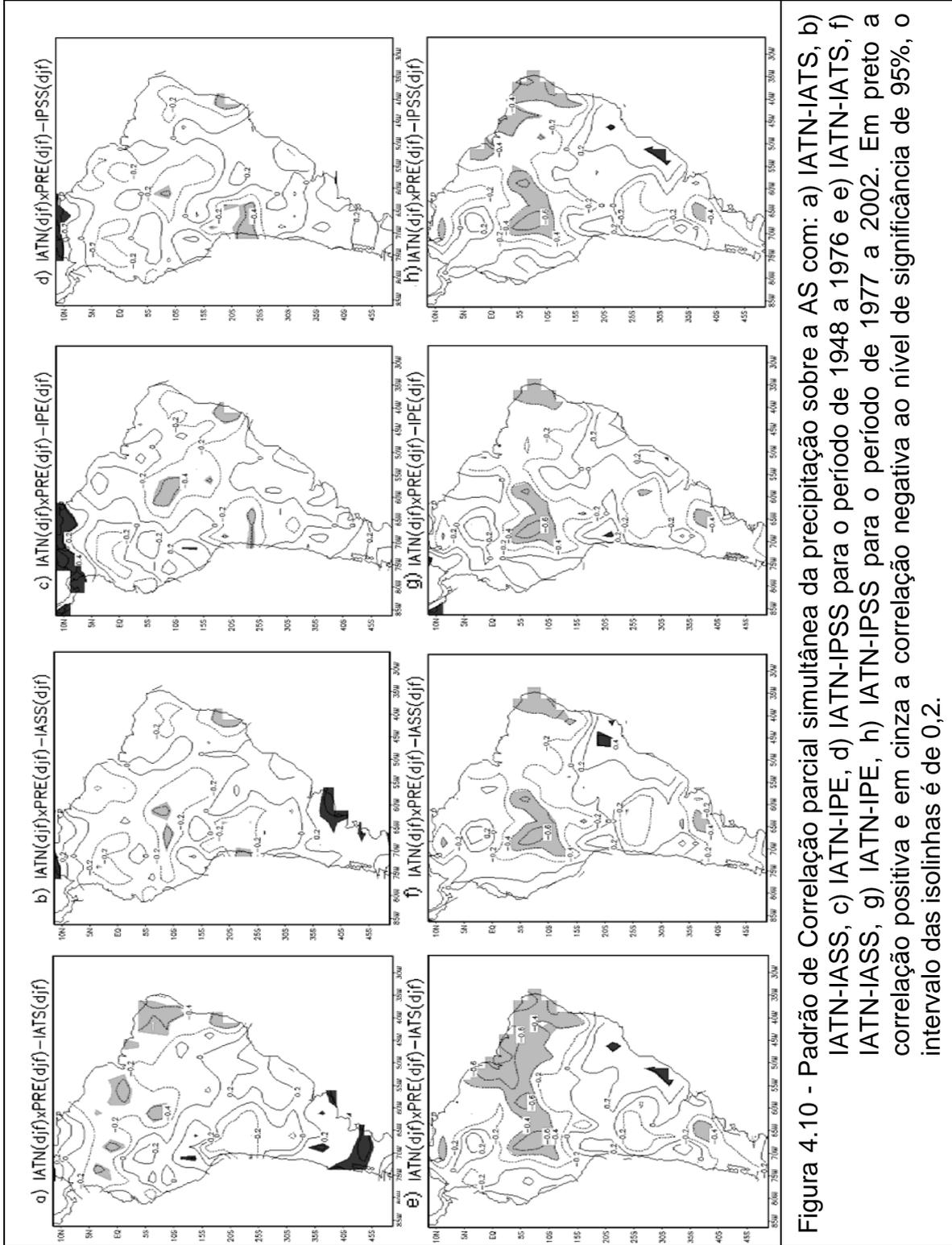


Figura 4.10 - Padrão de Correlação parcial simultânea da precipitação sobre a AS com: a) IATN-IATS, b) IATN-IASS, c) IATN-IPE, d) IATN-IPSS para o período de 1976 e e) IATN-IATS, f) IATN-IASS, g) IATN-IPE, h) IATN-IPSS para o período de 1977 a 2002. Em preto a correlação positiva e em cinza a correlação negativa ao nível de significância de 95%, o intervalo das isolinhas é de 0,2.

Na Figura 4.11 são mostrados os mapas de correlações parciais entre o IATS e a precipitação da AS para a fase fria da ODP retirando-se a influência do IASS (Figura 4.11a), do IPE (Figura 4.11b), do IPSS (Figura 4.11c), do IATN (Figura 4.11d). Nas Figuras 4.11e, f, g e h são mostrados os correspondentes mapas de correlação para o período de 1977-2002. Durante a fase fria, os padrões de correlações parciais simultâneas foram bastante semelhantes entre si e similar ao padrão de correlação total simultânea entre o IATS e a precipitação da AS (Figura 4.7d). Nas Figuras 4.11a e 4.11c, ao se retirar os efeitos do IASS e IPSS ocorreu um ligeiro aumento na extensão de correlações positivas sobre o sudeste da AS. Este aumento indica que as ATSMs da área do ASS e PSS podem agir para enfraquecer as correlações positivas entre o IATS e a precipitação.

Durante a fase quente, as Figura 4.11g e 4.11h apresentaram um padrão de correlações semelhante ao observado no mapa de correlações totais simultâneas, porém com um aumento na intensidade do núcleo positivo. Este aumento, provocado ao se retirar o efeito do IPSS e IATN indica que as ATSMs destas regiões oceânicas podem agir para enfraquecer as correlações positivas entre o IATS e a precipitação no NEB e nordeste da AS. Nas Figuras 4.11e e 4.11f notam-se reduções na extensão das áreas de correlações negativas principalmente no sul do Amazonas e nas áreas com correlações positivas sobre o nordeste da AS. Essas reduções indicam que as ATSMs do ASS e PEL podem agir para fortalecer as correlações positivas entre o ATS e a precipitação no nordeste da AS e para fortalecer as correlações negativas entre o ATS e a precipitação no sul do Amazonas.

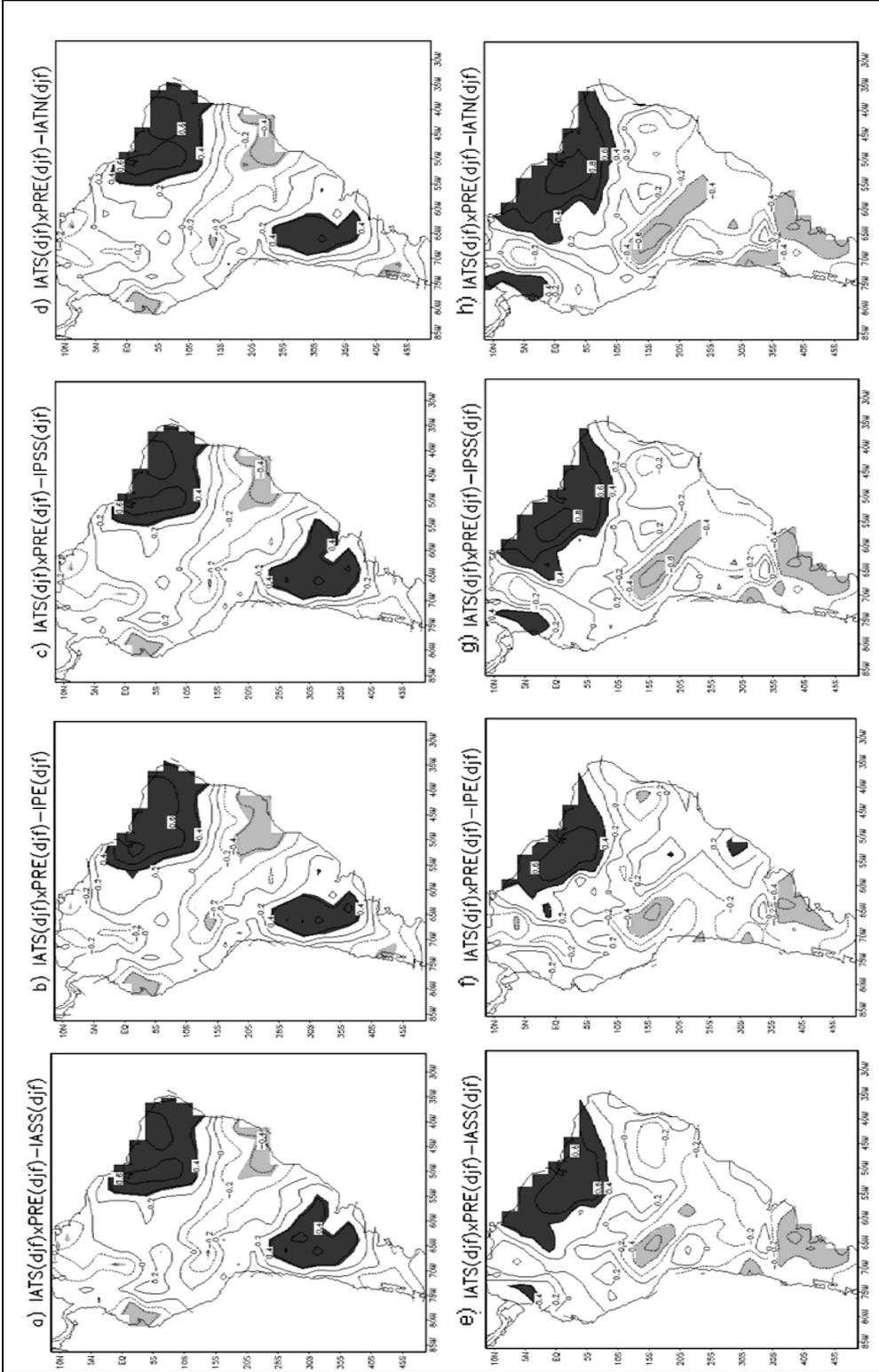


Figura 4.11 - Padrão de Correlação parcial simultânea da precipitação sobre a AS com: a) IATS-IASS, b) IATS-IPE, c) IATS-IPSS, d) IATS-IATS para o período de 1948 a 1976 e e) IATS-IASS, f) IATS-IPE, g) IATS-IPSS, h) IATS-IATS para o período de 1977 a 2002. Em preto a correlação positiva e em cinza a correlação negativa ao nível de significância de 95%, o intervalo das isolinhas é de 0.2.

As Figuras 4.12a a 4.12h mostram os mapas de correlações parciais simultâneas entre o IASS e a precipitação sobre a AS no período correspondente à fase fria da ODP. Os padrões observados nestes casos foram bastante semelhantes ao padrão de correlação total simultânea, ou seja, com correlações positivas em dois núcleos sobre a AS um no sul do Amazonas e outro no sul do Brasil. Este padrão pode ser explicado pelo Jato de Baixos Níveis caracterizado por apresentar forte convergência e fluxo de umidade sobre a Bolívia se deslocando em direção ao sul do Uruguai. Durante a fase fria, estas regiões de correlações positivas apresentaram uma pequena redução na extensão das áreas principalmente sobre o sul do Brasil removendo-se os efeitos do IPE, IPSS e IATN. Essa redução indica que as ATSMs do PEL, PSS e ATN podem agir para fortalecer as correlações positivas entre o IASS e a precipitação. ATSMs positivas do ATN estão associadas ao aumento de umidade na atmosfera que é advectada pelos ventos alísios em direção a Amazônia e daí para o sudeste da AS ocasionando o aumento na precipitação. Na correlação total simultânea, foram observados núcleos de correlações negativas na região norte da AS, porém durante a fase fria apenas a Figura 4.12d apresentou este núcleo. Isso indica que este núcleo foi estritamente relacionado com as ATSMs do ATS.

Durante a fase quente da ODP, os padrões de correlações parciais simultâneas do IASS com a precipitação (Figura 4.12f e 4.12g) apresentaram semelhanças com o padrão do mapa de correlação total simultânea. Foi notável uma redução na extensão da área com correlações negativas na Figura 4.12g. Essa redução indica que as ATSMs do ATN podem ter agido para fortalecer as correlações negativas entre o IASS com a precipitação. As Figuras 4.12e e 4.12h apresentaram reduções na extensão das correlações negativas e positivas em relação ao mapa de correlação total simultânea. Portanto as ATSMs do PEL e ATS parecem afetar a relação das ATSMs do ASS com a precipitação sobre a AS.

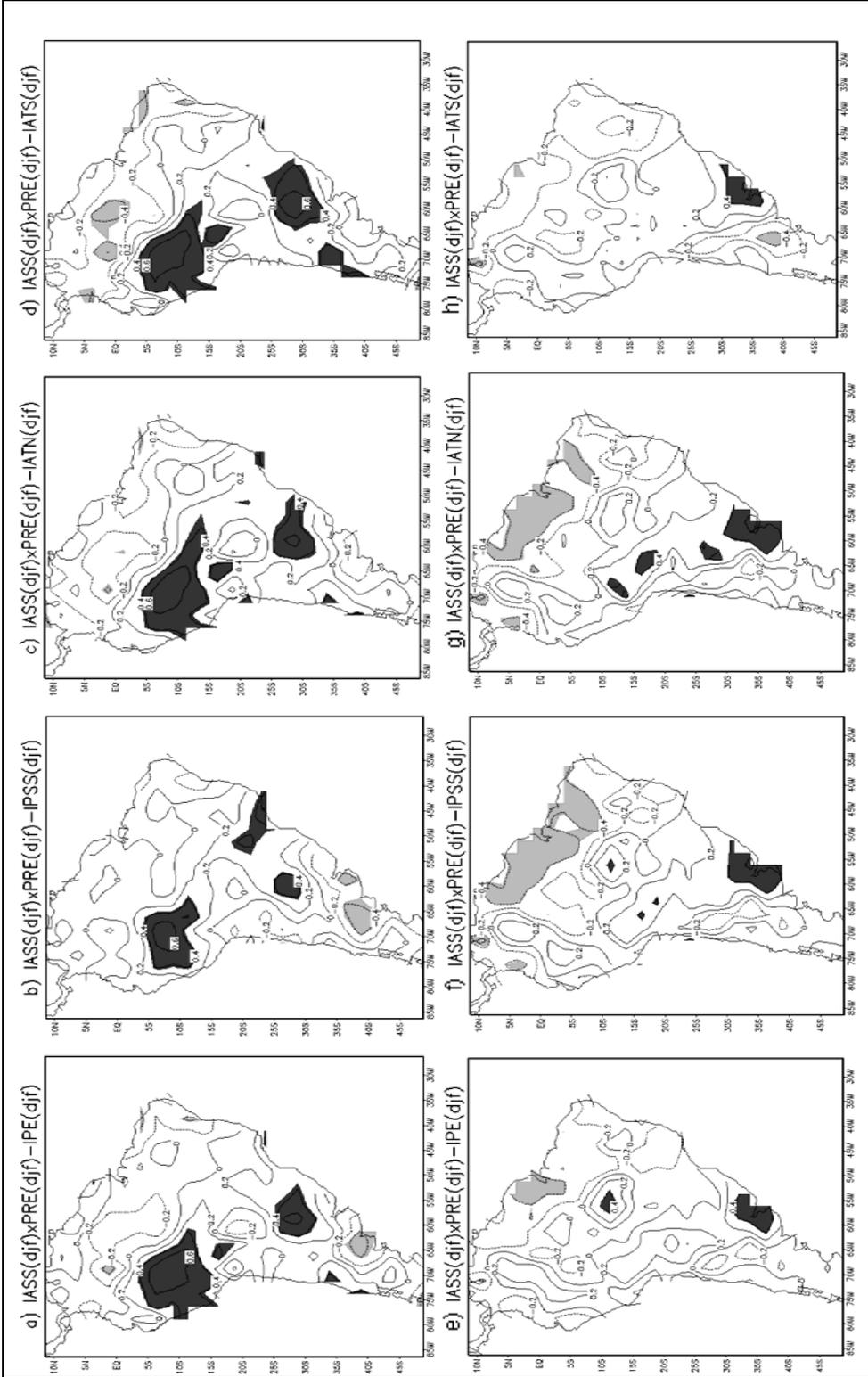


Figura 4.12 - Padrão de Correlação parcial simultânea da precipitação sobre a AS com: a) IASS-IPE, b) IASS-IPSS, c) IASS-IATN, d) IASS-IATS para o período de 1948 a 1976 e e) IASS-IPE, f) IASS-IPSS, g) IASS-IATN, h) IASS-IATS para o período de 1977 a 2002. Em preto a correlação positiva e em cinza a correlação negativa ao nível de significância de 95%, o intervalo das isolinhas é de 0,2.

4.3 Correlação Total defasada e Parcial defasada

4.3.1 Total Defasada para 1948-2002

A Figura 4.13 apresenta os mapas de correlação total defasada entre os Índices de TSM de SON e a precipitação sobre a AS de DJF. O número de graus de liberdade é 54 para as análises das correlações totais defasadas. O teste t de Student para 54 graus de liberdade dá o valor limítrofe de aproximadamente 0,262, para as correlações serem significativas ao nível de confiança de 95%. Os padrões encontrados na Figura 4.13 foram similares aos padrões observados no mapa de correlação total simultânea (Figura 4.6). O mapa de correlação total defasada para o IPE (Figura 4.13a) apresenta sinal negativo no setor nordeste da AS que inclui Venezuela, Guiana, Suriname, Guiana Francesa, norte do Brasil e Região norte do NEB, sendo o núcleo de correlação negativa mais extenso do que o núcleo encontrado no mapa de correlação total simultânea (Figura 4.6a) e centrado em (2°N-60°W). A área de correlações positivas cobriu o setor sudeste da AS (sul e sudeste do Brasil, Uruguai e norte da Argentina), e áreas subtropicais do Chile, boa parte da costa leste da AS desde 47°S até mais ou menos 12°S, e o Centro-Oeste da AS com um núcleo mais intenso centrado em (30°S-54°W). Outros dois núcleos de correlações positivas foram encontrados, um na costa leste do Chile centrado em (34°S-72°W) e o outro na costa noroeste da AS, mais precisamente no norte do Peru e Equador, centrado em (3°S-77°W) (Figura 4.13a).

A Figura 4.13b mostra o padrão de correlação para o IPSS com correlações positivas sobre a região norte da AS e NEB. Este padrão apresentou uma redução na intensidade do núcleo mais forte e na extensão da área com sinal positivo quando comparado ao padrão de correlação total simultânea. O padrão para o IPSS se caracterizou por um dipolo, com correlações positivas no norte e nordeste da AS e correlações negativas no sudeste da AS. Correlações

negativas foram também encontradas na costa oeste do Chile, em alguns núcleos sobre o Acre e Sul da Amazônia.

O padrão de correlação para o IATN (Figura 4.13c) foi bem mais fraco do que o padrão observado na correlação total simultânea (Figura 4.7c), com valores negativos estatisticamente significativos ocorrendo apenas sobre o sudeste da Amazônia e o litoral leste do NEB. Isso indica que a redução da precipitação sobre esta região principalmente sobre o litoral leste do NEB esteve associada com anomalias positivas de TSM no ATN. As correlações do IATS com a precipitação da AS apresentou um padrão mais intenso e com sinal positivo significativo se estendendo ao longo da costa norte da AS desde a longitude 35°W até 65°W, e negativo numa faixa quase zonal que se entendeu desde a Bahia até a Bolívia, e em uma pequena área no sul da AS (Figura 4.13d). Isso caracteriza um aumento da precipitação no norte da AS e NEB associado às ATSMs positivas no ATS.

O padrão de correlação para o IASS (Figura 4.13e) apresentou uma faixa de correlação negativa sobre parte da costa do NEB se estendendo desde Alagoas até o estado do Pará a partir de onde esta faixa se estende para o leste da Amazônia. A região com correlações positivas compreende parte da área de atuação da AB, com um núcleo centrado em (12°S-72°W) e, o sul da AS com um núcleo centrado em (30°S-58°W). O IASS teve forte correlação com a precipitação da região de atuação da AB sobre a Bolívia e parte do sul da Amazônia. A caracterização de dipolo também foi encontrada neste mapa sendo um pólo negativo no norte e um positivo no sudeste da AS. Este padrão foi semelhante ao padrão observado no mapa de correlação total simultânea.

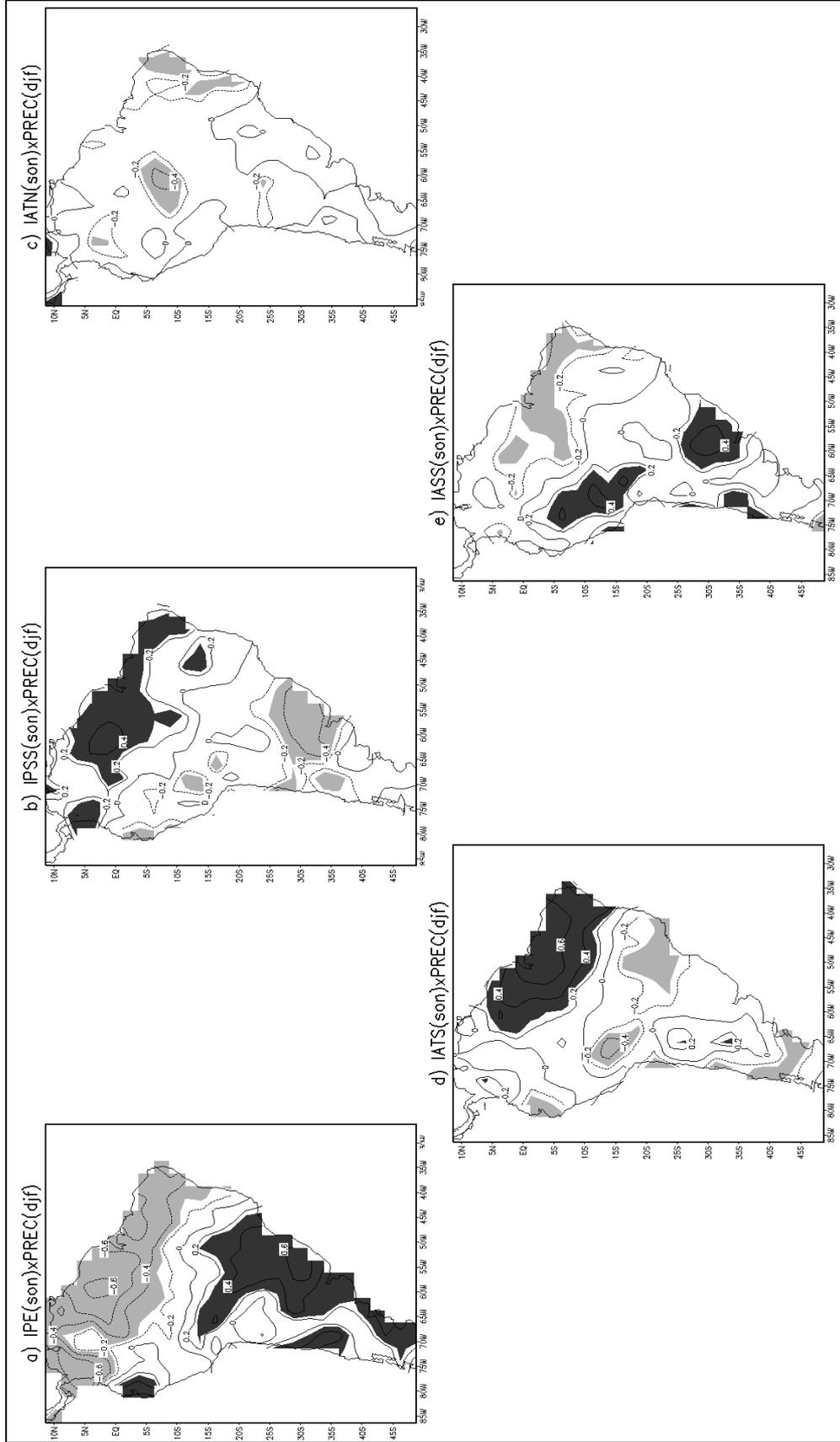


Figura 4.13 - Padrão de Correlação Total defasada da precipitação com a) IPE, b) IPSS, c) IATN, d) IATS e e) IASS para o período de 1948 a 2002. Em preto a correlação positiva e em cinza a correlação negativa ao nível de significância de 95%, o intervalo das isolinhas é de 0,2.

4.3.2 Total defasada para 1948-1976 e 1977-2002

Nas análises para o período de 1948-1976, o número de graus de liberdade é 28, enquanto para o período de 1977-2002, esse número é 24. Para as correlações serem significativas ao nível de 95%, o teste t de Student para estes números de graus de liberdade apresenta valores limítrofes de aproximadamente 0,361 e 0,389 para os períodos de 1948-1976 e de 1977-2002, respectivamente. As Figuras 4.14a, 4.14b, 4.14c, 4.14d e 4.14e apresentam os mapas de correlação total defasada entre os índices de TSM em SON e a precipitação sobre a AS em DJF no período de 1948-1976. As Figuras 4.14f, 4.14g, 4.14h, 4.14i e 4.14j mostram os correspondentes mapas para o período da fase quente da ODP, 1977-2002.

Os padrões de correlações do IPE com a precipitação nas Figuras 4.14a e 4.14f mostram diferenças. Na fase quente (Figura 4.14f), as correlações negativas cobriram todo o nordeste da AS, NEB e um pequeno núcleo ao norte do Chile, enquanto as correlações positivas se restringiram ao sudeste da AS e a um núcleo centrado em (2,5°S-77°W). Na fase fria da ODP (Figura 4.14a), as correlações negativas significativas apresentaram uma redução na extensão quando comparadas as da fase quente, cobrindo parte do nordeste da AS, com o núcleo mais intenso centrado em (2,5°N-65°W), e sem correlações significativas no norte do Chile enquanto as correlações positivas estiveram concentradas ao sul de 25°S na AS.

Ao se comparar o padrão de correlação total defasada do IPSS com a precipitação nas duas fases da ODP (Figura 4.14b e 4.14g), observa-se que na fase fria, a região com correlações positivas se restringe a um núcleo na Amazônia centrado em (2°S-67°W), enquanto as correlações negativas se apresentaram em três núcleos, um localizado ao sudeste da Amazônia cobrindo parte do Peru e Bolívia, outro centrado em (36°S-69°W) sobre o Chile e parte do oeste da Argentina e o último, mais importante centrado em (30°S-56°W) sobre o Rio Grande do Sul e o Uruguai. Durante a fase quente, as

correlações positivas se estenderam desde o litoral leste do NEB até parte do nordeste da AS e as correlações negativas estiveram em pequenos núcleos centrados em (31°S-62°W), (31°S-51°W) e (4°S-78°W). Durante a fase fria, o padrão de correlações negativas foi bem definido enquanto que durante a fase quente o padrão de correlações positivas apresentou-se melhor definido.

O padrão de correlação defasado de uma estação em relação à precipitação para o IATN quase não apresentou valores significativos (Figura 4.14c), exceto em pequenos núcleos negativos no norte da AS e um pequeno núcleo positivo no sudeste da AS. Durante a fase quente, as áreas com correlações significativas foram maiores, em particular em dois núcleos negativos, um no litoral do NEB e outro ao sul do Amazonas centrado em (7°S-67°W). Assim, o IATN teve maior influência sobre a precipitação da AS durante a fase quente do que na fase fria da ODP.

As ATSMs do ATS defasadas em uma estação com relação à precipitação apresentaram maior correlação com a precipitação em parte do nordeste da AS e do NEB. Durante a fase fria, as correlações positivas se restringiram ao NEB e a um núcleo sobre o Chile. A área com correlações negativas se restringiu a um pequeno núcleo centrado em (21°S-47°W) (Figura 4.14d). Durante a fase quente, a região com correlações positivas se estendeu para oeste cobrindo parte do nordeste da AS e NEB (Figura 4.14i). As correlações negativas durante a fase quente foram mais intensas quando comparadas às da fase fria e do período total. Portanto, durante a fase fria da ODP as ATSMs positivas no ATS podem aumentar a precipitação na região NEB enquanto que durante a fase quente, a área de aumento da precipitação se estende para noroeste ao longo da costa, desde o leste do NEB até a Venezuela. As ATSMs do ATS durante a fase fria apresentaram um padrão com características de tri-pólo, enquanto que durante a fase quente, o padrão apresentou uma configuração de dipolo.

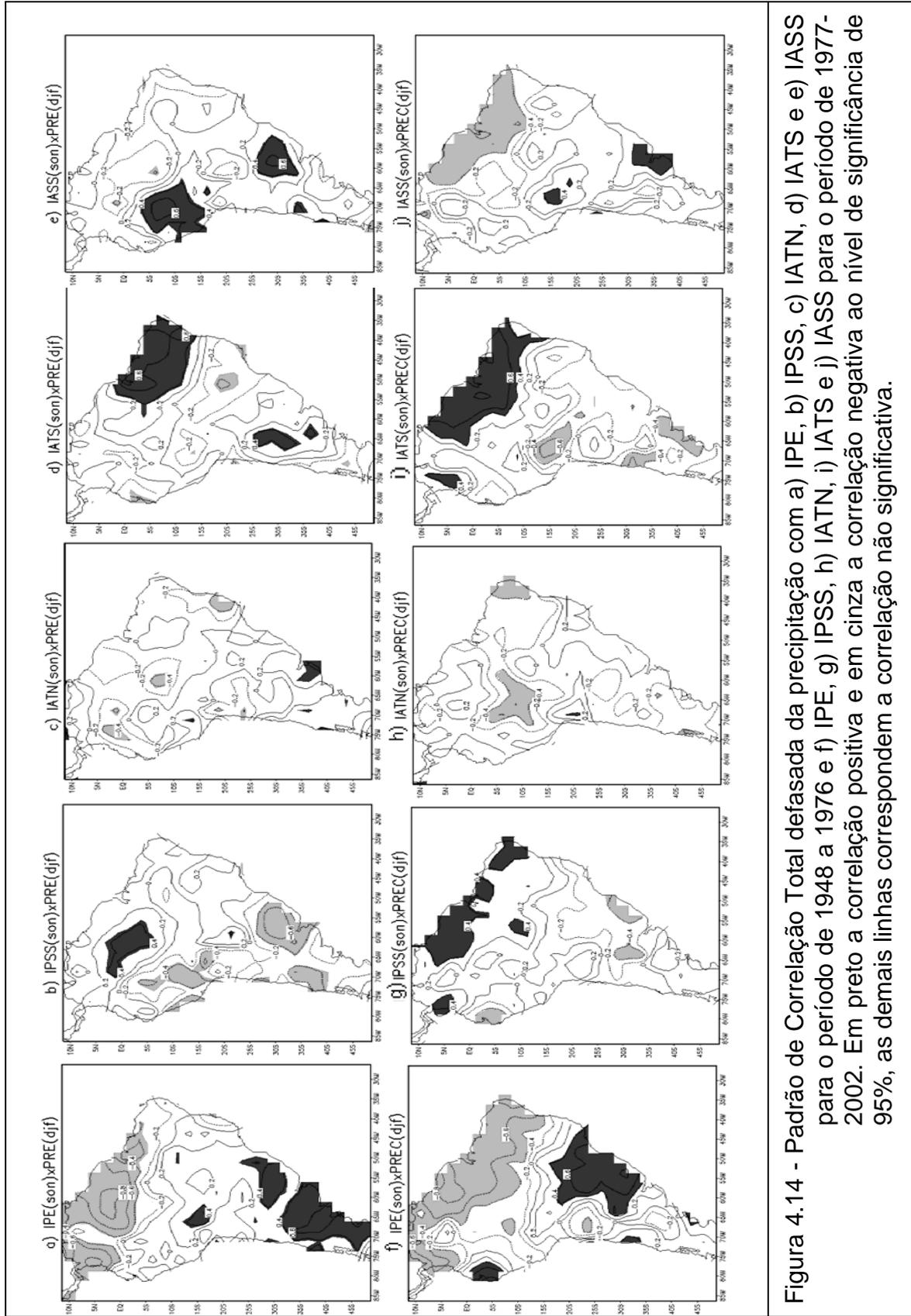


Figura 4.14 - Padrão de Correlação Total defasada da precipitação com a) IPE, b) IPSS, c) IATN, d) IATS e e) IASS para o período de 1948 a 1976 e f) IPE, g) IPSS, h) IATN, i) IATS e j) IASS para o período de 1977-2002. Em preto a correlação positiva e em cinza a correlação negativa ao nível de significância de 95%, as demais linhas correspondem a correlação não significativa.

Durante a fase fria, o padrão de correlações do IASS com a precipitação (Figura 4.14e) não apresentou valores negativos, enquanto as correlações positivas se restringiram à Bolívia e parte da região sudoeste da Amazônia e a região sul do Brasil. As ATSMs do ASS durante a fase fria da ODP se correlacionaram positivamente com a precipitação na região sul do Amazonas. Na fase quente, o padrão apresentou correlações negativas no nordeste da AS e um pequeno núcleo de correlações positivas centrado em (36°S-57°W) (Figura 4.7j). Quando se comparam os mapas de correlações das fases fria e quente da ODP observa-se que a área de valores negativos no nordeste da AS foi característica da fase quente da ODP (Figura 4.14j) e as áreas positivas no sudeste da AS e sul do Amazonas foi característica da fase fria da ODP (Figura 4.14e). Portanto, o padrão de correlação encontrado durante a fase fria foi totalmente diferente do padrão da fase quente. Pode-se dizer que durante a fase fria as correlações foram estritamente positivas e localizadas em dois núcleos centrados em (8°S-70°W) e (30°S-56°W) e durante a fase quente as correlações foram principalmente negativas e restritas ao nordeste da AS.

4.3.3 Parcial Defasada para 1948-1976 e 1977-2002

Nas análises para o período de 1948-1976, o número dos graus é 28, enquanto para o período de 1977-2002, esse número é 24. Para as correlações serem significativas ao nível de confiança de 95%, o teste t de Student para estes números de graus de liberdade apresenta um valor limítrofe de aproximadamente 0,361 para o período de 1948-1976 e de 0,389 para o período de 1977-2002. A Figura 4.15 mostra os mapas de correlação parcial defasada com o IPE em SON e a com a precipitação sobre a AS em DJF retirando-se a influência do IPSS (Figura 4.15a), do IATN (Figura 4.15b), do IATS (Figura 4.15c) e do IASS (Figura 4.15d) para fase fria. Os correspondentes mapas da fase quente são mostrados nas Figuras (Figura 4.15e) a (Figura 4.15h).

Os mapas de correlações parciais da fase fria (Figura 4.15a a 4.15d) são bastante similares entre si e similares ao correspondente mapa de correlação total defasada (Figura 4.14a). Durante a fase fria, em relação ao mapa de correlação total defasada as Figuras 4.15b e 4.15c mostraram um aumento na área da correlação positiva em parte do sudeste do Brasil. Este aumento, que foi devido a retirada dos efeitos do ATN e ATS indica que a área de correlação positiva entre a precipitação e o IPE no sudeste do Brasil pode não ser bem definida devido à atuação do AT. Na região com correlações negativas, o padrão foi semelhante ao observado no mapa de correlação total defasada, com exceção da Figura 4.15c que apresentou uma expansão na correlação negativa sobre o NEB relacionada à retirada do efeito do IATS nesta fase da ODP. Isso indica que as ATSM do ATS podem agir para enfraquecer as correlações negativas entre o IPE e a precipitação. Na Figura 4.15d, o padrão de correlação apresentou redução na extensão das áreas de correlação negativa e positiva. Isso indica que as ATSMs do ASS podem agir para fortalecer as correlações positivas e negativas entre o IPE e a precipitação da AS.

Assim como na fase fria, os mapas de correlações parciais defasadas correspondentes a fase quente (Figura 4.15e a 4.15h) também foram semelhantes entre si e ao mapa de correlação total defasada referente ao mesmo período (Figura 4.14f). Durante a fase quente, os mapas de correlação parcial defasada apresentaram uma extensão espacial maior da área de correlação negativa no nordeste da AS e NEB quando comparado com o mapa de correlação parcial defasada da fase fria, um núcleo negativo ao norte do Chile e correlações positivas restritas a região sudeste da AS. Quando se compara o mapa da Figura 4.15g com o mapa de correlação total defasada, foi observada uma redução na intensidade do núcleo de correlação positiva na região sudeste da AS, onde apareceram dois núcleos. Isso indica que o ATS pode fortalecer a relação positiva das ATSMs do PEL com a precipitação sobre esta região. O mapa da Figura 4.15e em relação ao mapa de correlação total defasada apresentou uma redução significativa de 0,2 na magnitude da correlação negativa no nordeste e noroeste da AS. Isso significa que as ATSMs do PEL defasados de uma estação apresentam um efeito menor sobre a precipitação da AS principalmente ao retirar o efeito do PSS. Portanto, as ATSMs do PSS podem fortalecer a relação negativa entre as ATSMs do PEL e a precipitação no nordeste e noroeste da AS.

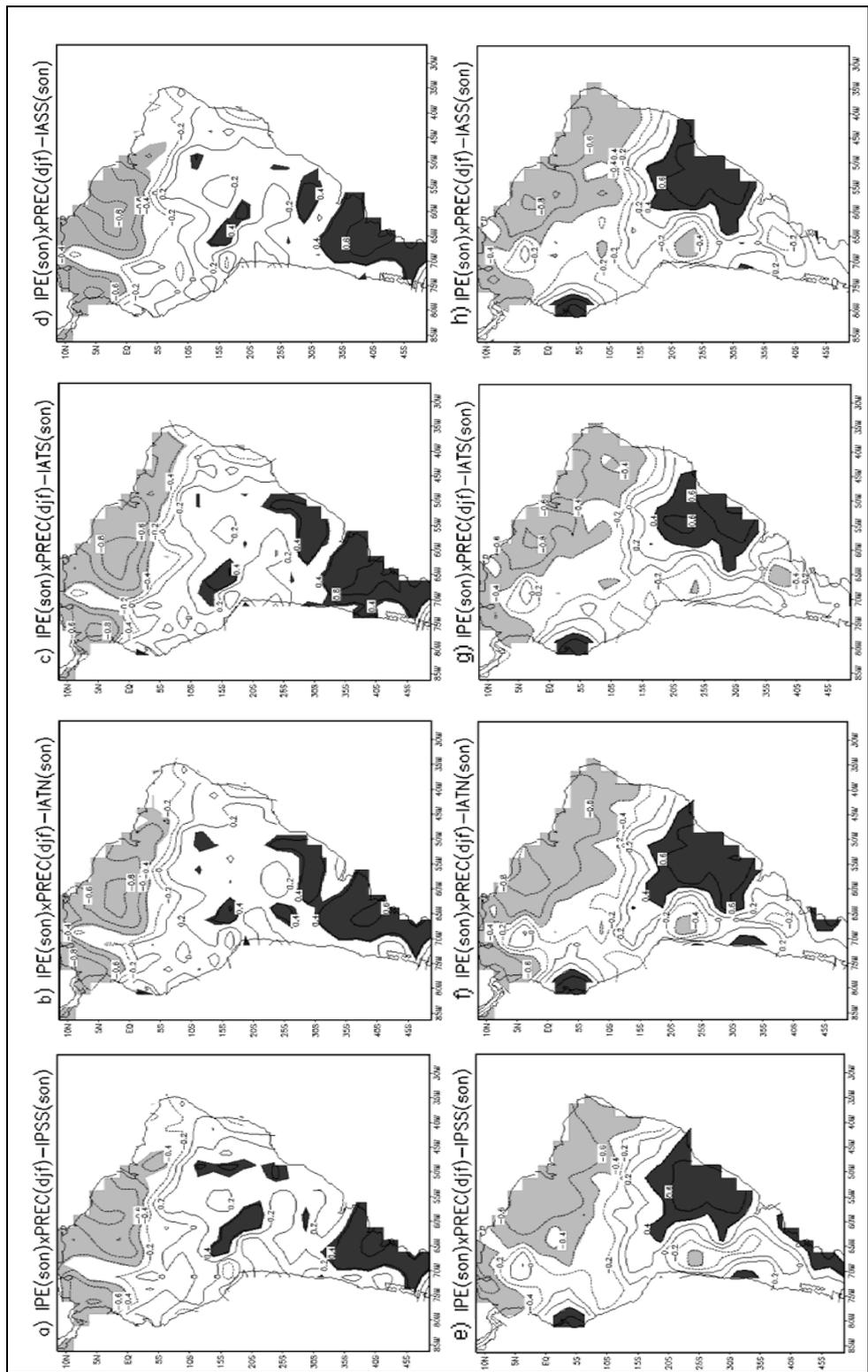


Figura 4.15 - Padrão de Correlação parcial defasada da precipitação sobre a AS com: a) IPE-IPSS, b) IPE-IATN, c) IPE-IATS, d) IPE-IASS, para o período de 1948 a 1976 e e) IPE-IPSS, f) IPE-IATN, g) IPE-IATS, h) IPE-IASS para o período de 1977 a 2002. Sendo o IPE e os demais índices defasados em SON e a precipitação em DJF. Em preto a correlação positiva e em cinza a correlação negativa ao nível de significância de 95%, o intervalo das isolinhas é de 0,2.

A Figura 4.16 mostra os mapas de correlações parciais defasadas com o IPSS em SON e a precipitação sobre a AS em DJF, retirando-se a influência do IATN (Figura 4.16a), do IATS (Figura 4.16b), do IASS (Figura 4.16c) e por fim do IPE (Figura 4.16d) no período de 1948-1976. Os correspondentes mapas para o período de 1977-2002 estão nas Figuras 4.16e, 4.16f, 4.16g e 4.16h.

Durante a fase fria, é possível observar que nas Figuras 4.9a e 4.9b as áreas de correlações negativas e positivas não sofreram modificações em relação ao mapa de correlação total simultânea (Figura 4.7b). Isso indica que as ATSM do ATN e ATS não afetaram esse padrão da fase fria da ODP. A Figura 4.16d apresentou as maiores mudanças nas correlações positivas. Isso mostra que ao se retirar o efeito do ASS, o padrão de correlação do IPSS com a precipitação foi bastante modificado. Isso indica que as ATSMs do ASS podem agir para fortalecer as correlações positivas entre o IPSS e a precipitação no núcleo centrado em (20°S-58°W). A Figura 4.16d mostrou um núcleo de correlações negativas no litoral norte da AS e uma redução no núcleo encontrado sobre o Chile. Este mapa apresentou as maiores reduções das correlações positivas quando comparado ao mapa de correlação total defasada. Isso indica que as ATSMs do PEL podem agir para fortalecer as correlações positivas entre o IPSS e a precipitação sobre o nordeste da AS.

Durante a fase quente, o padrão das Figuras 4.16e, 4.16f e 4.16g foram bastante semelhantes ao padrão observado no mapa de correlação total defasada. A Figura 4.16h praticamente não apresentou correlação significativa. Isso indica que as ATSMs do PEL podem fortalecer a relação das ATSMs do PSS com a precipitação sobre a AS.

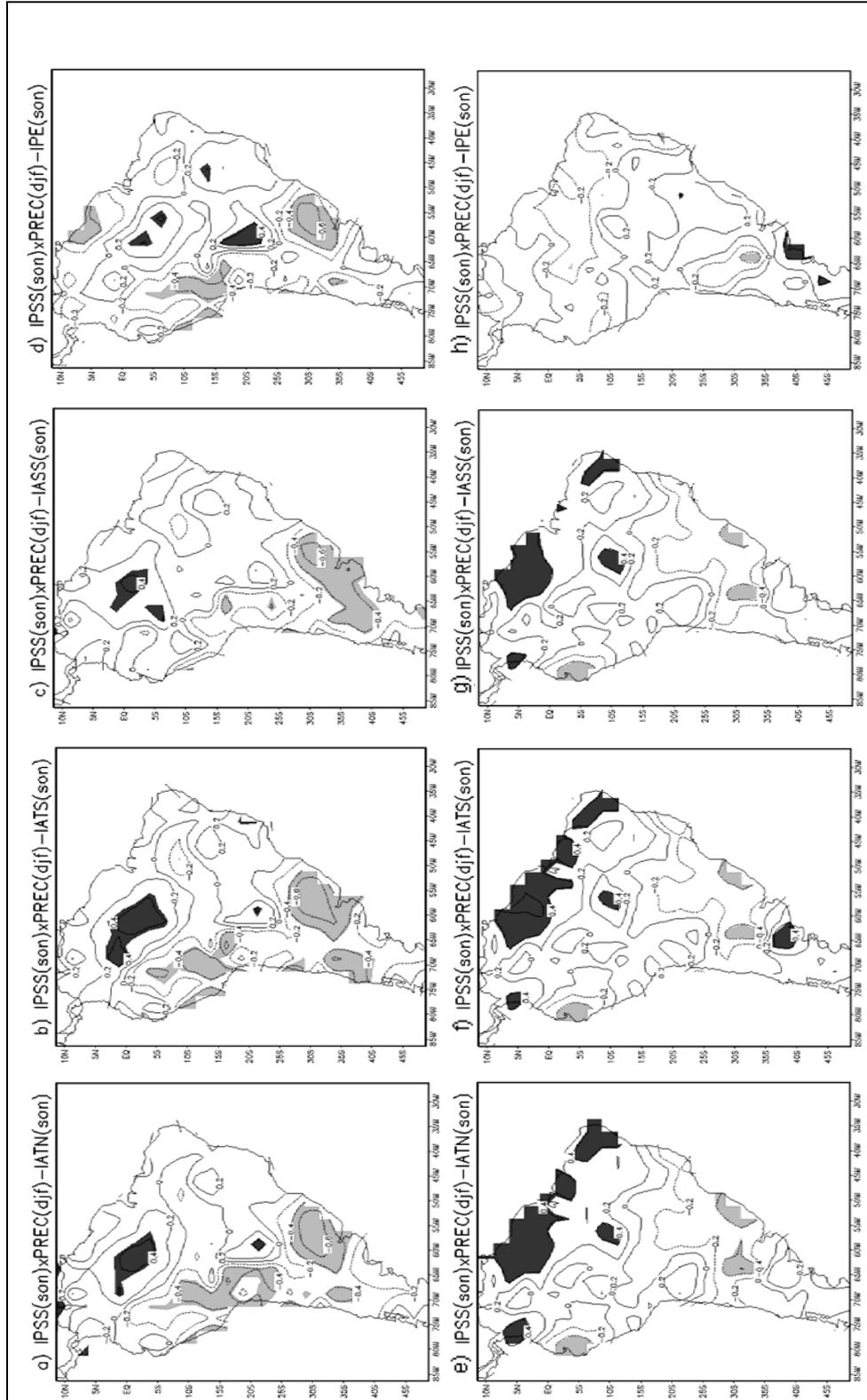


Figura 4.16 - Padrão de Correlação parcial defasada da precipitação sobre a AS com: a) IPSS-IATN, b) IPSS-IATS, c) IPSS-IASS, d) IPSS-IPE para o período de 1948 a 1976 e e) IPSS-IATN, f) IPSS-IATS, g) IPSS-IASS, h) IPSS-IPE para o período de 1977 a 2002. Sendo o IPSS e os demais índices defasados em SON e a precipitação em DJF. Em preto a correlação positiva e em cinza a correlação negativa ao nível de significância de 95%, o intervalo das isolinhas é de 0,2.

A Figura 4.17 mostra os mapas de correlação parcial defasada com IATN em SON e a precipitação sobre a AS em DJF retirando-se a influência do IATS (Figura 4.17a), do IASS (Figura 4.17b), do IPE (Figura 4.17c) e do IPSS (Figura 4.17d) para a fase fria. Os correspondentes mapas para a fase quente estão mostrados nas Figuras (Figura 4.17e) a (Figura 4.17h). Durante a fase fria, o IATN não apresentou correlações totais defasadas significativas com a precipitação sobre a AS (Figura 4.14c). Na correlação parcial defasada, esta mesma característica prevaleceu com exceção de pequenos núcleos de correlações positivas no extremo norte da AS (norte da Colômbia e da Venezuela) presentes nos mapas 4.17c e 4.17d que não foram observados no mapa de correlação total defasada. Na fase quente, os padrões observados nas Figuras 4.17e, 4.17f e 4.17h foram semelhantes entre si e bastante similares ao padrão do mapa de correlação total defasada (Figura 4.14h), apresentando um núcleo centrado em (10°S-65°W) e um pequeno núcleo na costa leste do NEB. A Figura 4.17g apresentou um núcleo de correlações positivas sobre o oeste da Amazônia centrado em (1°N-57°W). Isso indica que as ASTMs positivas do PEL responsáveis pela formação do fenômeno El Niño favorecem o deslocamento do ramo descendente da célula de Walker para sobre a AS podendo agir para enfraquecer as correlações positivas entre o ATN e a precipitação sobre o oeste da Amazônia.

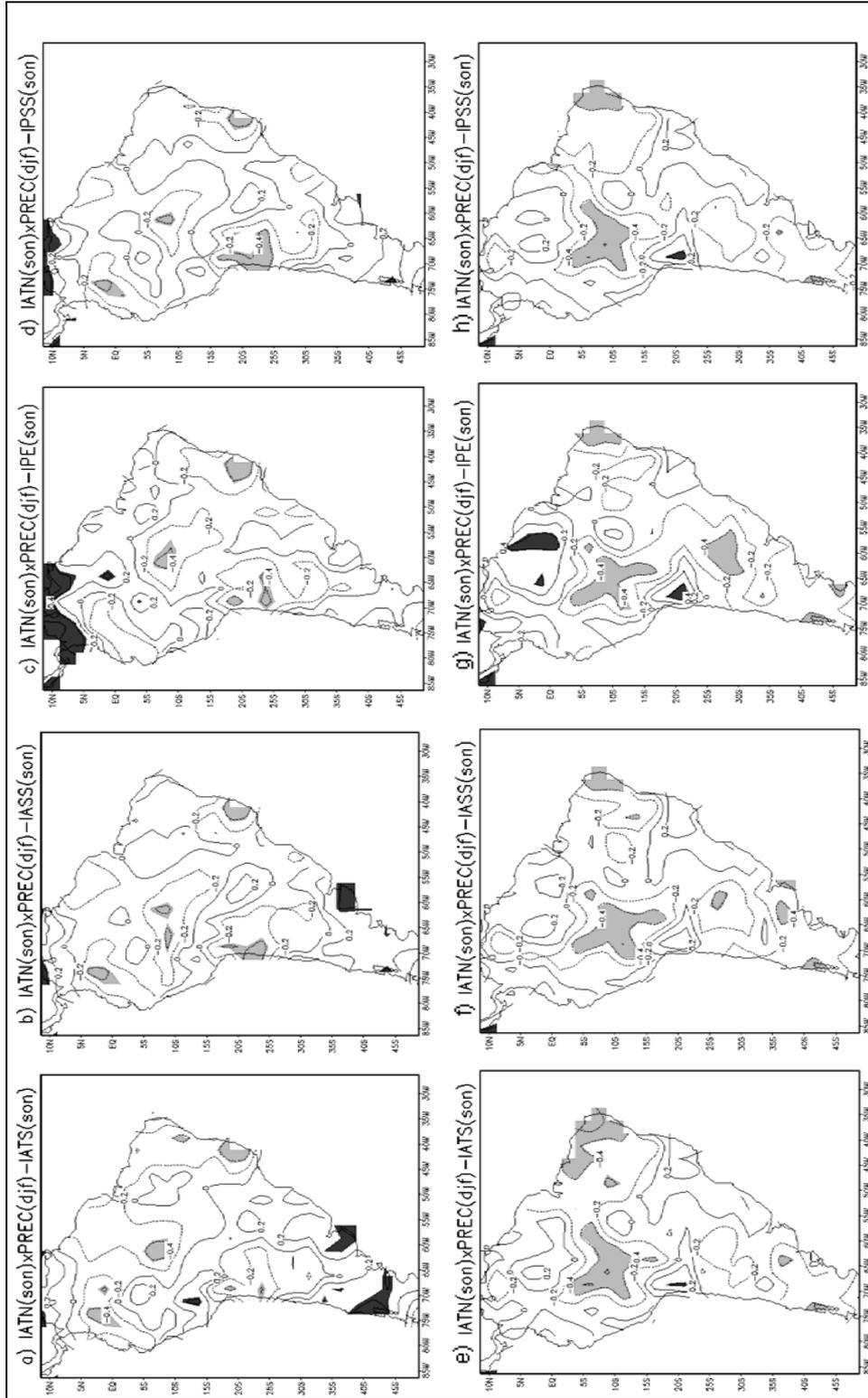


Figura 4.17 - Padrão de Correlação parcial defasada da precipitação sobre a AS com: a) IATN-IATS, b) IATN-IASS, c) IATN-IPE, d) IATN-IPSS para o período de 1948 a 1976 e e) IATN-IATS, f) IATN-IASS, g) IATN-IPE, h) IATN-IPSS para o período de 1977 a 2002. Sendo o IATN e os demais índices defasados em SON e a precipitação em DJF. Em preto a correlação positiva e em cinza a correlação negativa ao nível de significância de 95%, o intervalo das isolinhas é de 0,2.

Na Figura 4.18 são mostrados os mapas de correlações parciais com o IATS em SON e a precipitação da AS em DJF para a fase fria da ODP, retirando-se a influência do IASS (Figura 4.18a), do IPE (Figura 4.18b), do IPSS (Figura 4.18c), do IATN (Figura 4.18d). Nas Figuras 4.18e, 4.18f, 4.18g e 4.18h são mostrados os correspondentes mapas de correlação para o período de 1977-2002. Durante a fase fria, os padrões de correlações parciais defasadas foram bastante semelhantes entre si e ao padrão de correlação total defasada do IATS com a precipitação da AS (Figura 4.14d). Nas Figuras 4.18a e 4.18c, ao se retirar os efeitos do ASS e PSS ocorreu um ligeiro aumento na extensão de correlações positivas sobre o centro sul da AS. Este aumento indica que as ATSMs da área do ASS e PSS podem agir para enfraquecer as correlações positivas entre o IATS e a precipitação sobre o centro sudeste da AS. Na Figura 4.18b ocorreu um aumento na extensão da área de correlações positivas a oeste do NEB. Isso indica que sob condições de ATSMs positivas (negativas) no PEL ocorre subsidência (ascensão) sobre o NEB (favorecendo) impedindo que a umidade do ATS seja advectada pelos ventos alísios em direção ao leste da Amazônia ocasionando redução na precipitação.

Durante a fase quente, as Figuras 4.18g e 4.18h apresentaram um padrão de correlações semelhante ao padrão observado no mapa de correlações totais defasadas, porém, ocorreu um ligeiro aumento na extensão da área do núcleo positivo, presente na região nordeste da AS. Este aumento, provocado ao se retirar o efeito do IPSS e IATN indica que as ATSMs destas regiões oceânicas podem agir para enfraquecer as correlações positivas entre o ATS e a precipitação. Em todos os mapas nota-se que as áreas de correlações negativas principalmente sobre a Bolívia (região de ação das AB) não apresentou mudanças significativas, apenas uma ligeira redução na intensidade deste mesmo núcleo foi apresentada na Figura 4.18e.

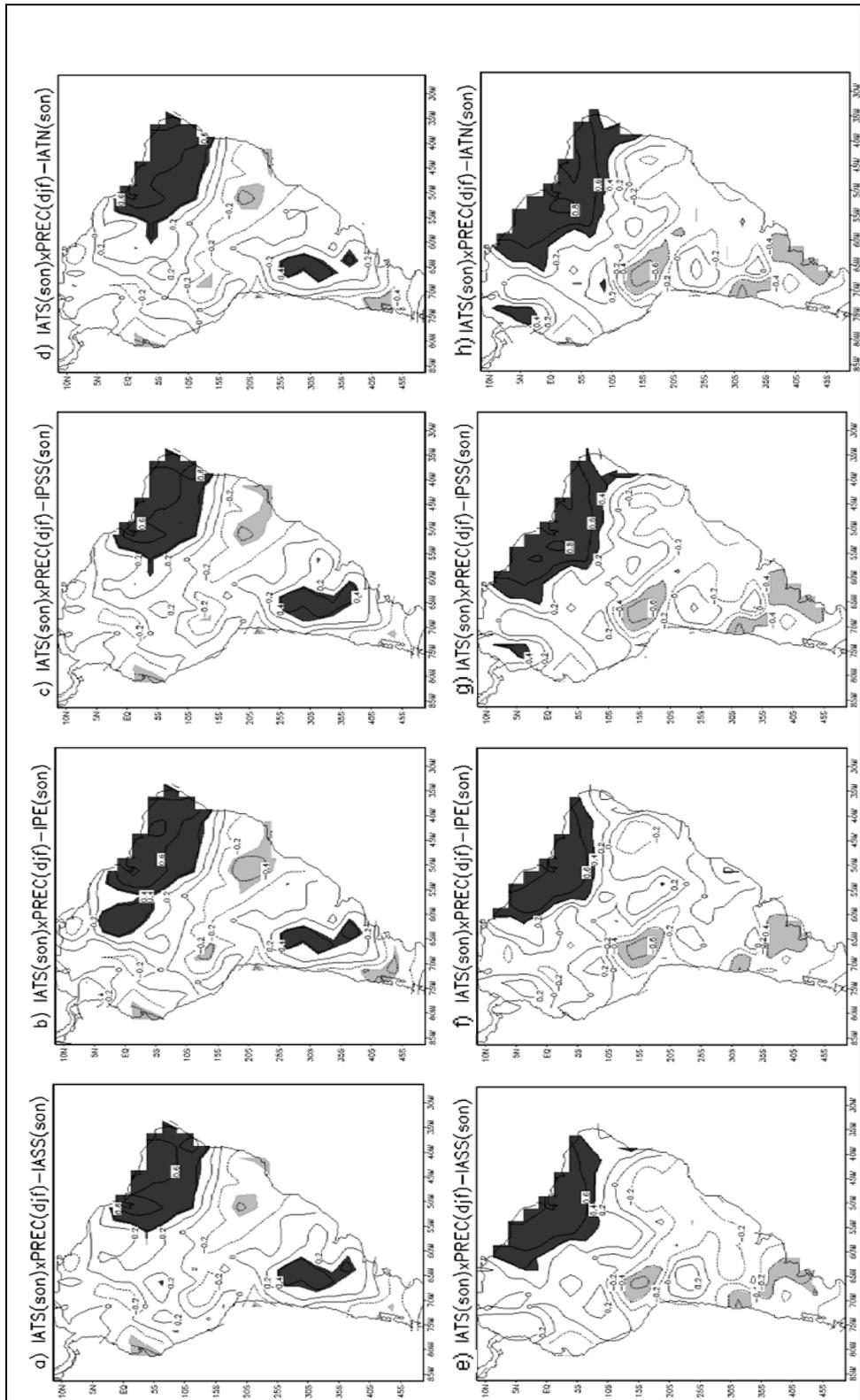


Figura 4.18 - Padrão de Correlação parcial defasada da precipitação sobre a AS com: a) IATS-IASS, b) IATS-IPE, c) IATS-IPSS, d) IATS-IATS para o período de 1948 a 1976 e e) IATS-IASS, f) IATS-IPE, g) IATS-IPSS, h) IATS-IATS para o período de 1977 a 2002. Sendo o IATS e os demais índices defasados em SON e a precipitação em DJF. Em preto a correlação positiva e em cinza a correlação negativa ao nível de significância de 95%, o intervalo das isolinhas é de 0,2.

As Figuras 4.19a a 4.19d mostram os mapas de correlações parciais defasadas com o IASS em SON e a precipitação sobre a AS em DJF no período correspondente a fase fria da ODP. Os padrões observados nas Figuras 4.19a, 4.19c e 4.19d, nestes casos, foram bastante semelhantes ao padrão de correlação total defasada, ou seja, correlações positivas em dois núcleos sobre a AS um na região sul do Amazonas e outro no sul do Brasil. Durante a fase fria, estas regiões de correlações positivas apresentaram uma pequena redução na extensão das áreas principalmente sobre o sul do Brasil. Na Figura 4.19b não ocorreram correlações positivas durante a fase fria sobre o sul do Brasil. Essa redução indica que as ATSMs do PEL, ATN e ATS e principalmente do PSS, podem agir para fortalecer as correlações positivas entre o IASS e a precipitação sobre o sul do Brasil. Na correlação total defasada (Figura 4.14e) não foram observadas áreas com correlações negativas sobre o norte da AS. Porém, nas Figuras 4.19a e 4.19b observou-se um pequeno núcleo na região sul da AS. Isso indica que este núcleo esteve estritamente relacionado às ATSMs do PEL e PSS.

Durante a fase quente da ODP, os padrões de correlações parciais defasadas do IASS com a precipitação encontrada nas Figuras 4.19f e 4.19g apresentaram semelhanças com o padrão do mapa de correlação total defasada (Figura 4.14j). Um aumento na extensão das áreas com correlações positivas pode ser observado nas Figuras 4.19f e 4.19g. Isso indica que as ATSMs do PSS e do ATN podem agir para enfraquecer as correlações positivas entre o IASS e a precipitação no núcleo centrado em (16°S-66°W). Na Figura 4.19f observou-se ainda uma redução na extensão da área com correlações negativas. Essa redução indica que as ATSMs do PSS podem agir para fortalecer as correlações negativas entre o IASS com a precipitação sobre a região nordeste da AS. As Figuras 4.19e e 4.19h apresentaram reduções na extensão das correlações negativas e positivas em relação ao mapa de correlação total defasada. Portanto as ATSMs do PEL e ATS parecem afetar a relação das ATSMs do ASS com a precipitação sobre a AS.

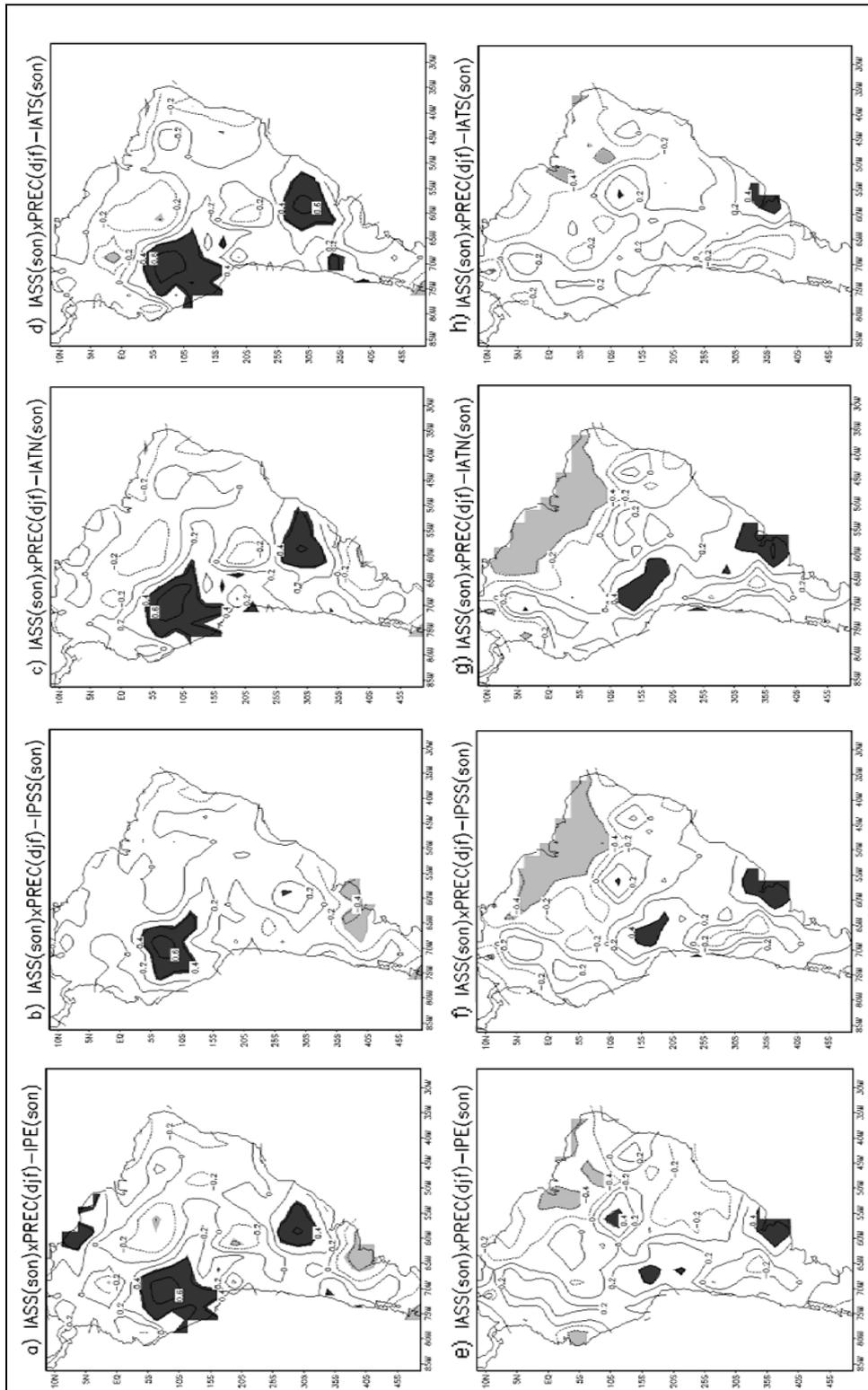


Figura 4.19 - Padrão de Correlação parcial defasada da precipitação sobre a AS com: a) IASS-IPE, b) IASS-IPSS, c) IASS-IATN, d) IASS-IATS para o período de 1948 a 1976 e e) IASS-IPE, f) IASS-IPSS, g) IASS-IATN, h) IASS-IATS para o período de 1977 a 2002. Sendo o IASS e os demais índices defasados em SON e a precipitação em DJF. Em preto a correlação positiva e em cinza a correlação negativa ao nível de significância de 95%, o intervalo das isolinhas é de 0,2.

4.4 Comparação entre a Correlação Total Simultânea e a Correlação Total Defasada: para as duas fases da ODP.

Neste tópico foi feita uma análise de comparação entre os mapas de correlações totais simultâneas e defasadas para o período correspondente a fase fria (1948-1976) e quente (1977-20020) da ODP. Comparações similares não foram feitas com as correlações parciais pelo fato das diferenças serem uma característica da fase da ODP e mais notáveis nas correlações totais.

As Figuras 4.20a e 4.20b ilustram mapas de correlação total simultânea do IPE com a precipitação sobre a AS para as fases fria e quente, respectivamente. As Figuras 4.20c e 4.20d mostram os mapas de correlação total defasada do IPE em SON com a precipitação em DJF para o período de 1948-1976 e 1977-2002, respectivamente. Na fase fria, ocorreu uma intensificação das correlações negativas sobre o noroeste e norte da AS para a correlação defasada. Isso indica que as ATSMs do PEL, com três meses de antecedência, podem influenciar estas regiões. No mapa de correlação total simultânea (Figura 4.20a) observam-se dois núcleos de correlações positivas sobre o centro-oeste do Brasil, enquanto que no mapa de correlação total defasada (Figura 4.20c) ocorre uma redução da extensão destes núcleos e apareceu um núcleo de correlação positiva deslocada para o sul do Brasil.

Durante a fase quente, as Figuras 4.20b e 4.20d não apresentaram modificações nas áreas de correlações negativas sobre o norte da AS. Entretanto, uma redução das correlações positivas na região sudeste da AS centrado em (30°S-55°W) pode ser observada no mapa de correlação total defasada (Figura 4.20d) em relação à correlação total simultânea.

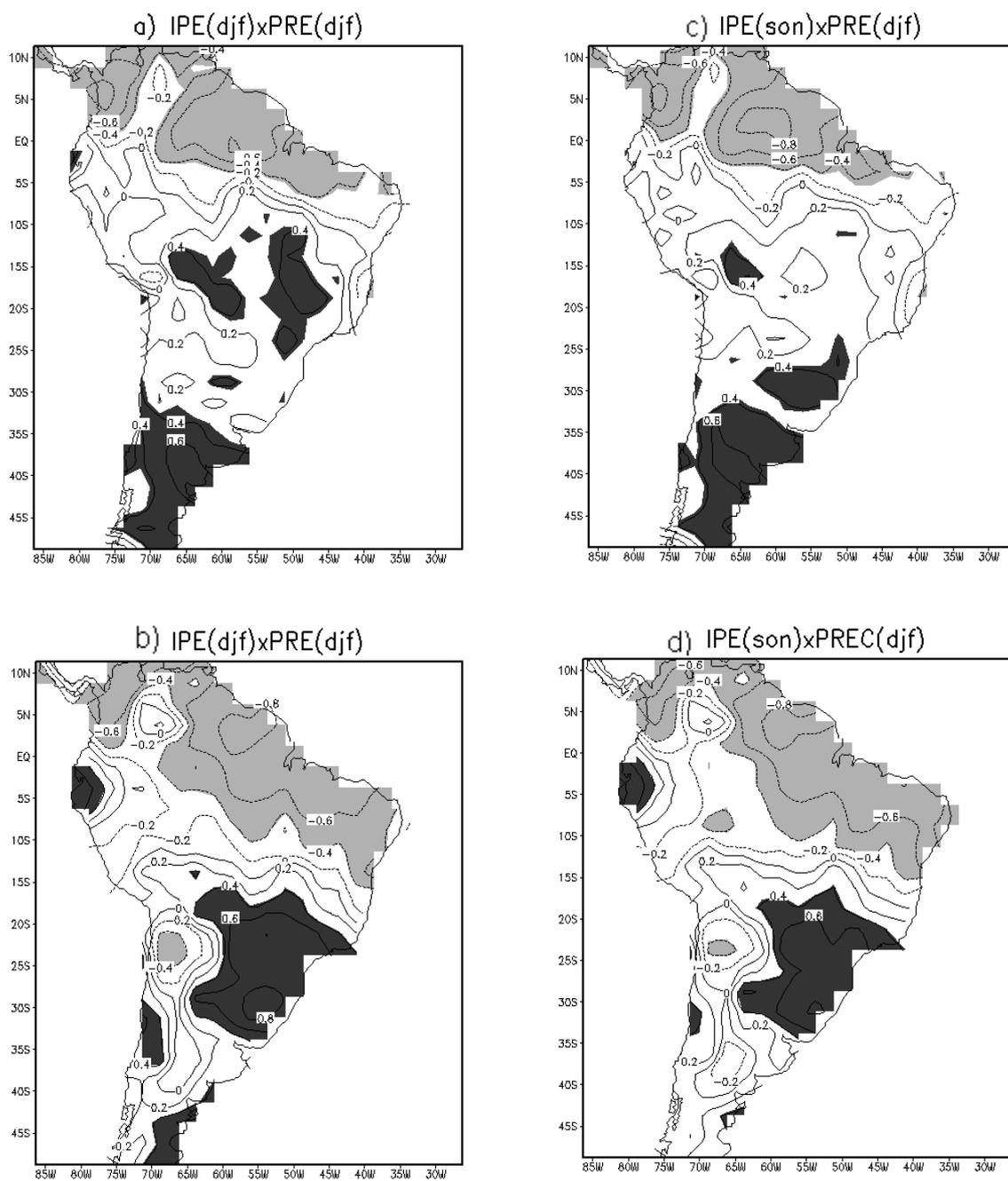


Figura 4.20 - Correlações totais simultâneas da precipitação com o IPE: a) para 1948-1976 e b) para 1977-2002. Correlações totais defasadas da precipitação em DJF com IPE em SON: c) para 1948-1976 e d) para 1977-2002, o intervalo das isolinhas é de 0,2.

A Figura 4.21a mostra o mapa de correlação total simultânea do IPSS com a precipitação sobre a AS para a fase fria, e a Figura 4.21b o correspondente mapa para a fase quente da ODP. As Figuras 4.21c e 4.21d mostram os mapas de correlação defasada do IPSS em SON com a precipitação em DJF para os períodos correspondentes às fases fria e quente da ODP, respectivamente.

Durante a fase fria (Figuras 4.21a e 4.21c), os padrões de correlações negativas sobre o sul da Amazônia, sul do Brasil e sul da AS foram bastante semelhantes. Entretanto, no mapa de correlação total defasada ocorreu uma redução na extensão e magnitude do núcleo de correlações positivas sobre a Amazônia. Durante a fase quente (Figuras 4.21c e 4.42d), no mapa de correlação total defasada ocorreu uma redução na extensão da área com correlações negativas sobre o sul e sudeste do Brasil e sudeste da AS quando comparada com a do mapa de correlação total simultânea. As correlações positivas sobre o nordeste da AS, no mapa de correlação defasada tiveram extensão e magnitude menores do que as do mapa de correlação total simultânea (Figura 4.21b). Assim, nas duas fases da ODP a correlação total simultânea apresentou magnitude e extensão das correlações superiores ao padrão da correlação total defasada.

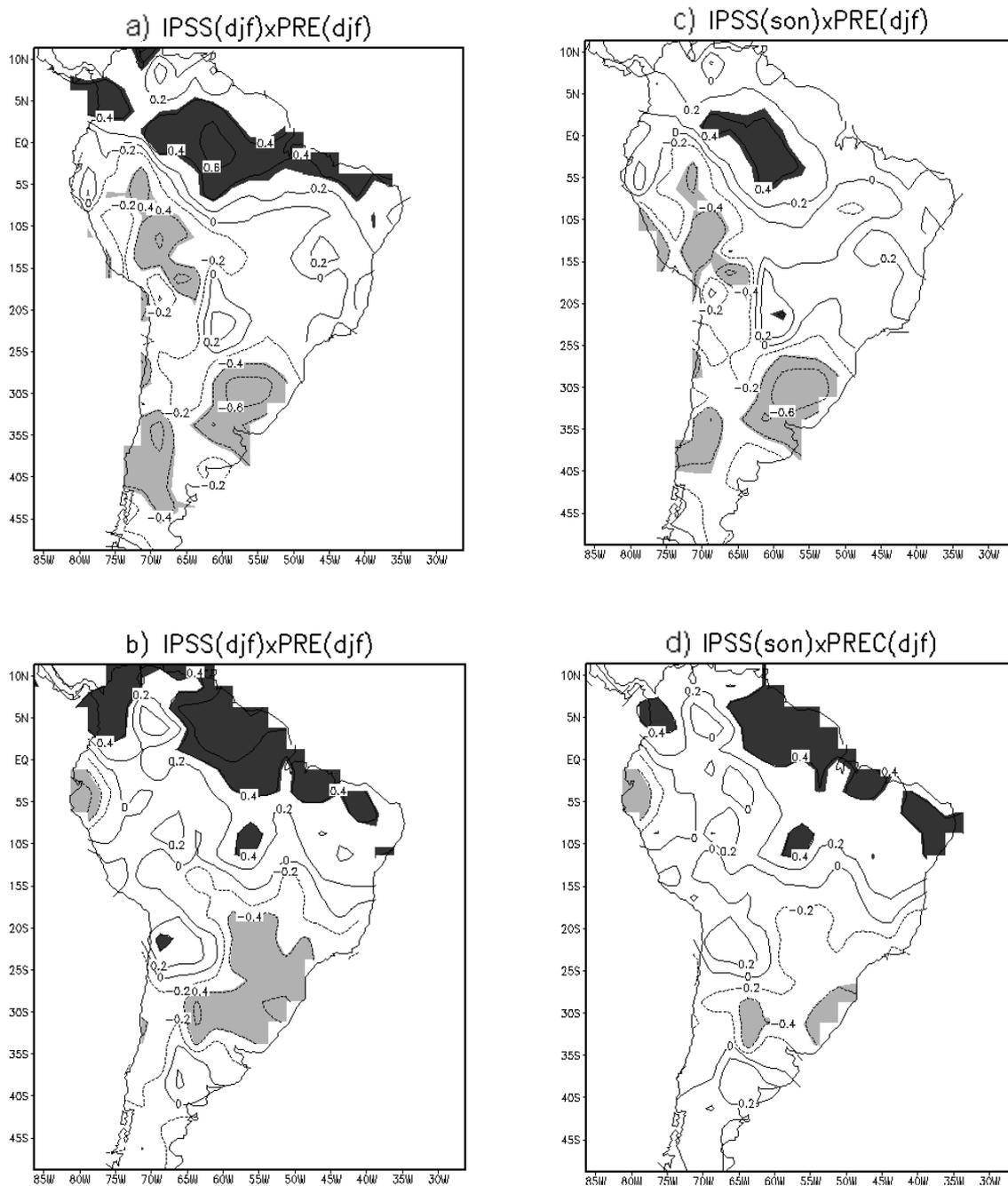


Figura 4.21 – Correlações totais simultâneas da precipitação com o IPSS: a) para 1948-1976 e b) para 1977-2002 e em c). Correlações totais defasadas da precipitação em DJF com IPSS em SON: c) para 1948-1976 e d) para 1977-2002, o intervalo das isolinhas é de 0,2.

As Figuras 4.22a e 4.22b mostram mapas de correlações totais simultâneas do IATN com a precipitação para as fases fria e quente, respectivamente. As Figuras 4.22c e 4.22d ilustram os mapas de correlação total defasada do IATN em SON com a precipitação em DJF para 1948-1976 e 1977-2002, respectivamente.

Durante a fase fria, os mapas de correlação total simultânea e total defasada praticamente não apresentaram correlações significativas. Durante a fase quente, dois núcleos de correlações negativas foram observados, um sobre o leste do NEB e outro sobre o centro sul da Amazônia. Quando se compara as Figuras 4.22b e 4.22d, o mapa de correlação total defasada mostrou uma redução na extensão do núcleo sobre o leste do NEB e reduções na extensão e magnitude do núcleo sobre o centro sul da Amazônia. Assim, na fase quente da ODP, as correlações simultâneas e defasadas foram maiores.

A Figura 4.23a mostrou o mapa de correlação total simultânea do IATS com a precipitação sobre a AS para a fase fria, e a Figura 4.23b, o correspondente mapa para a fase quente da ODP. As Figuras 4.23c e 4.23d mostram os mapas de correlação defasada do IATS em SON com a precipitação em DJF para os períodos correspondentes às fases fria e quente da ODP, respectivamente.

Durante a fase fria (Figura 4.23a e 4.23c), o mapa de correlação total defasada mostrou uma redução nas correlações positivas sobre sudoeste da AS e no núcleo de correlações negativas centrado em (22°S-45°W) enquanto a área com correlação positiva sobre o NEB não apresenta mudanças significativas. Durante a fase quente, ocorreram na correlação total defasada (Figura 4.23d) uma pequena expansão para leste da área de correlações positivas sobre o norte da AS e uma redução no núcleo de correlações negativas sobre a Bolívia e uma pequena parte do sul da Amazônia. Isso indica que durante a fase quente as correlações positivas simultâneas e defasadas são maiores.

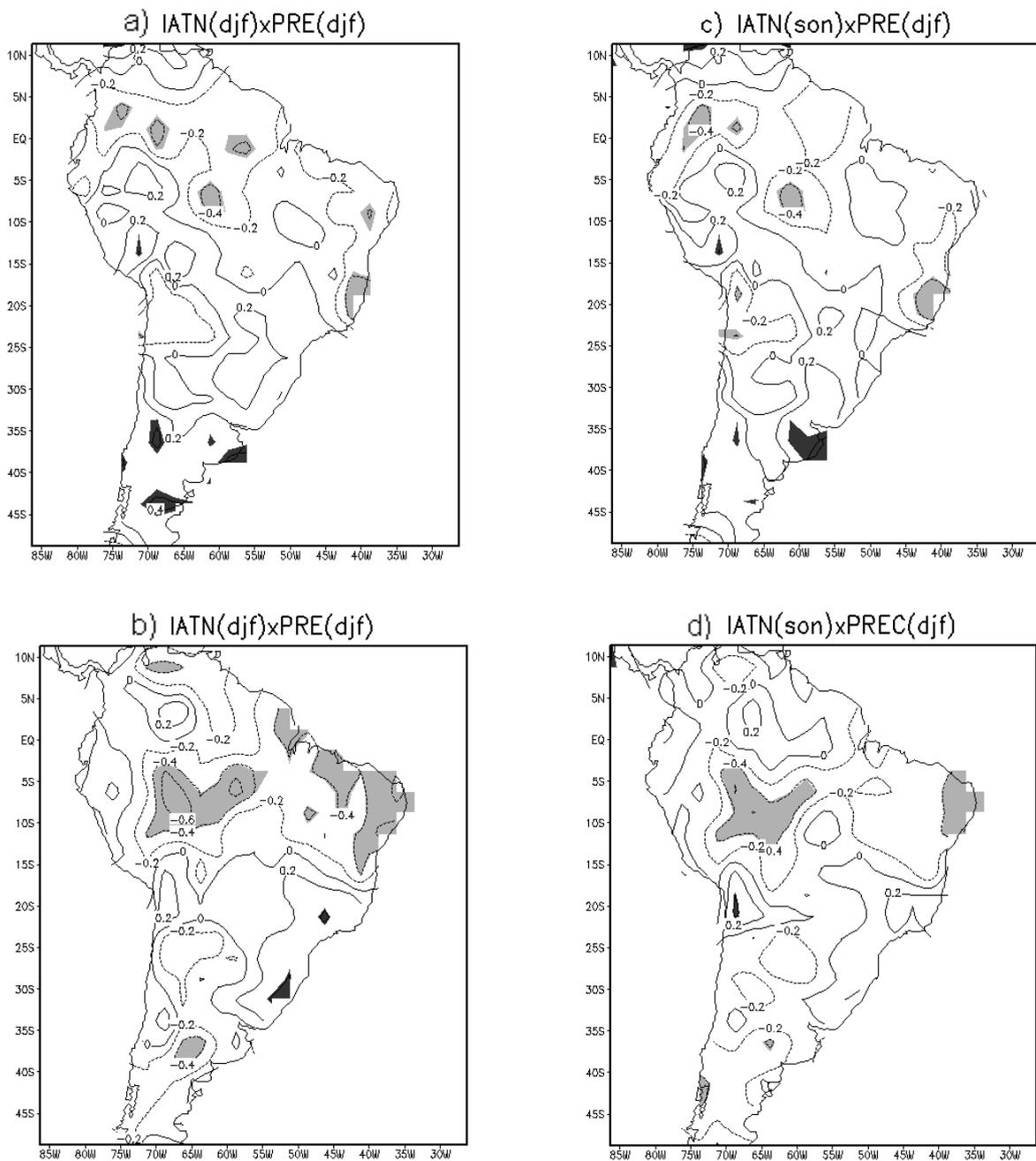


Figura 4.22 - Correlações totais simultâneas da precipitação com o IATN: a) para 1948-1976 e b) para 1977-2002. Correlações totais defasadas da precipitação em DJF com IATN em SON: c) para 1948-1976 e d) para 1977-2002, o intervalo das isolinhas é de 0,2.

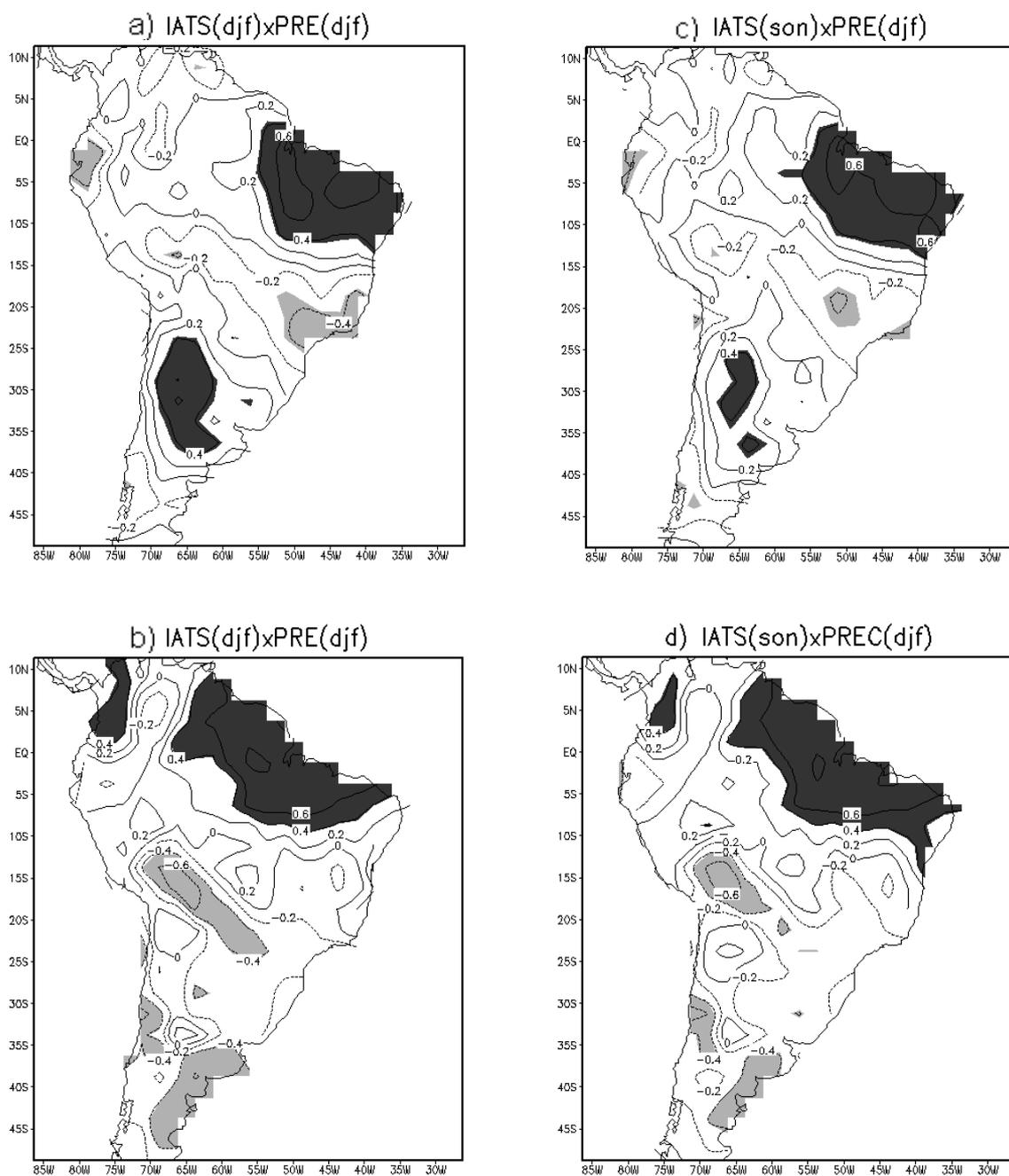


Figura 4.23 - Correlações totais simultâneas da precipitação com o IATS: a) para 1948-1976 e b) para 1977-2002. Correlações totais defasadas da precipitação em DJF com IATS em SON: c) para 1948-1976 e d) para 1977-2002, o intervalo das isolinhas é de 0,2.

As Figuras 4.24a e 4.24b mostram mapas de correlações totais simultâneas do IASS com a precipitação sobre a AS para a fase fria e quente, respectivamente. Nas Figuras 4.24c e 4.24d observam-se os mapas de correlação total defasada do IASS em SON com a precipitação em DJF para o período de 1948-1976 e 1977-2002, respectivamente.

Durante a fase fria, observaram-se no mapa de correlação total defasada (Figura 4.24c) pequenas reduções na extensão da área com correlações positivas no norte da Bolívia e sul da Amazônia e no núcleo no sul do Brasil. Na Figura 4.24a observou-se um pequeno núcleo de correlação negativa centrado em (equador-58°W) característico da correlação total simultânea durante a fase fria. Durante a fase quente, os padrões são semelhantes entre si, o que indica que estes padrões são independentes da fase da ODP. Isso indica que durante a fase fria as áreas com correlações positivas simultâneas e defasadas são maiores e durante a fase quente as áreas com correlações negativas são maiores.

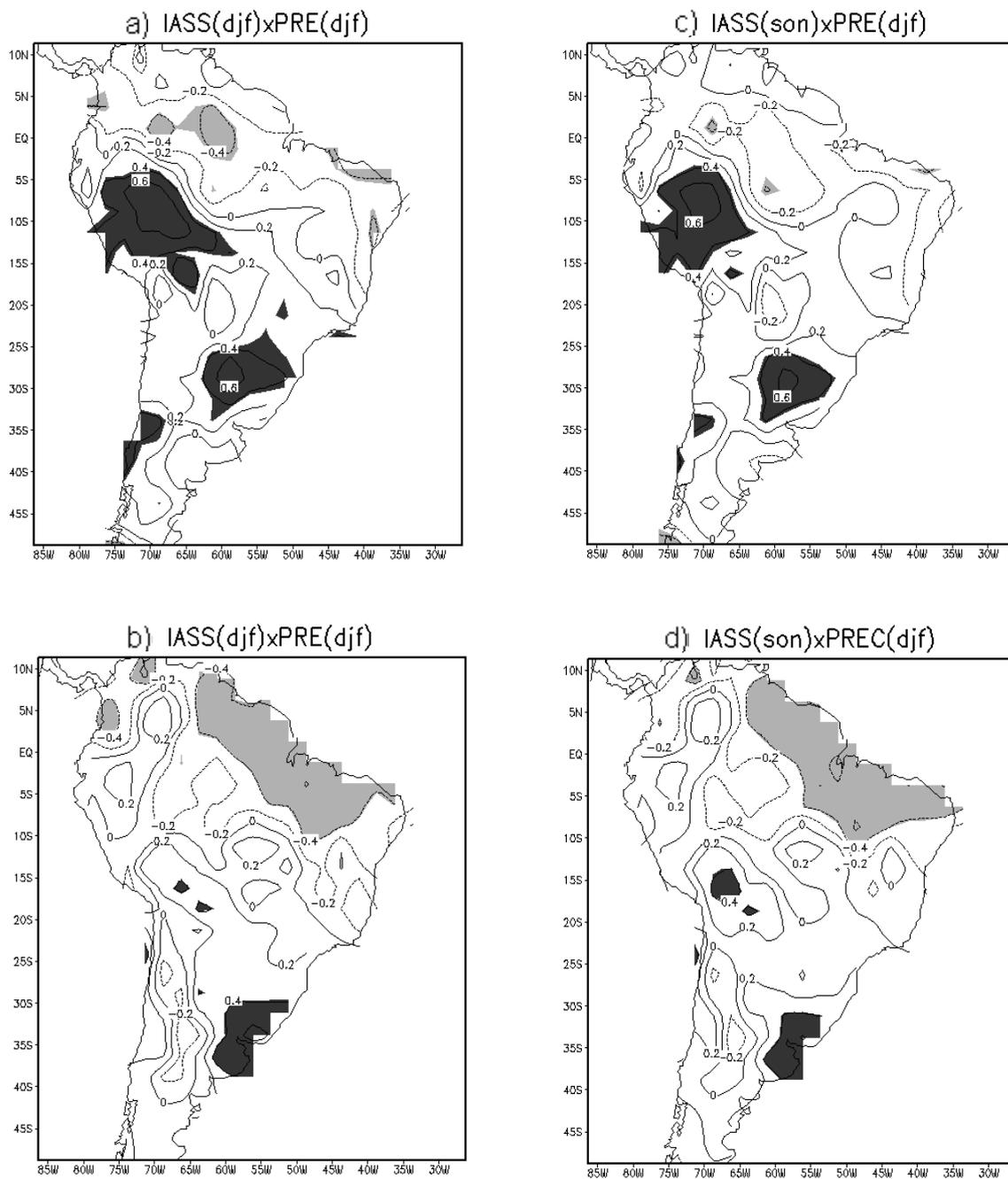


Figura 4.24 - Correlações totais simultâneas da precipitação com o IASS: a) para 1948-1976 e b) para 1977-2002. Correlações totais defasadas da precipitação em DJF com IASS em SON: c) para 1948-1976 e d) para 1977-2002, o intervalo das isolinhas é de 0,2.

5. CONCLUSÕES E SUGESTÕES

O objetivo principal deste trabalho foi analisar a importância relativa dos setores equatorial e subtropical sul do Pacífico e dos setores tropical norte e sul e subtropical sul do Atlântico sobre a precipitação da AS na escala de tempo interanual, levando em consideração os regimes da ODP, durante o período de 1948 a 2002. Foram usadas as técnicas da Transformada de Ondaleta e Correlação Total e Parcial, simultânea e defasada.

As análises das correlações totais simultâneas mostraram que existem diferenças significativas entre os padrões nas fases fria e quente principalmente do PEL, ATS e ASS, sendo estas três regiões as que mais influenciam a precipitação da AS. O IPE e o IPSS apresentaram diferenças nas localizações das áreas de correlação no sul e sudeste da AS. Os mapas de correlação do IATN mostraram diferenças na intensidade, enquanto que os mapas do IATS mostraram padrões de tripolo na fase fria e dipolo na fase quente. Finalmente, os mapas do IASS mostraram padrões de correlação predominantemente positiva na fase fria e negativa na fase quente.

No caso das correlações parciais simultâneas destacam-se alguns resultados relevantes. As correlações parciais simultâneas mostraram que o padrão de correlação positiva do IPE na fase fria, que não é bem definido no centro-oeste do Brasil, pode ser devido à atuação do AT. O padrão do IPSS foi praticamente o inverso do padrão do IPE, isso pode ser observado na correlação parcial do IPSS excluindo-se a influência do IPE. No padrão do IATN ocorreu uma intensificação na área de correlação negativa sobre o nordeste da AS ao se retirar o efeito do IATS, durante a fase quente. Isso indica que as ATSMs do ATS podem agir no enfraquecimento da relação do IATN com a precipitação sobre esta região. Durante a fase fria, o IATS apresentou correlação positiva ao norte da Argentina. Este é um aspecto novo não discutido anteriormente. Consistente com Andreoli et. al. (2007), que re-examinaram as anomalias de precipitação do NEB considerando os efeitos do ENOS e do Atlântico tropical,

os resultados mostram que o padrão do IATS na ausência do ENOS não apresenta modificações. Para o IASS, uma desintensificação sobre o nordeste da AS foi observada ao se retirar o efeito do IPE e IATS. Isso indica que as ATSMs do PEL e ATS podem agir no fortalecimento da relação do IASS com a precipitação.

A correlação parcial defasada foi utilizada também para encontrar um potencial preditor nas séries temporais de TSM com uma antecedência de três meses em relação à precipitação e para determinar o papel do Atlântico durante a fase fria e quente da ODP. A influência do Atlântico só se deu durante a fase fria da ODP.

5.1 Trabalhos Futuros

Investigar a condição atmosférica para o mesmo período estudado a fim de estabelecer explicações físicas para os padrões encontrados.

Investigar a relação das áreas oceânicas do ASS, ATS e PEL com a precipitação sobre a AS utilizando outras técnicas como Funções Ortogonais Empíricas por exemplo.

Utilizar outros conjuntos de Dados para verificar se apresentam diferenças nos resultados.

Analisar a frequência e posicionamento da ZCAS durante a fase fria e quente da ODP.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Andreoli, R.V., Kayano, M.T., Guedes, R.L., Oyama, M.D., Alves, M.A.S., A influência da temperatura da superfície do mar dos oceanos Pacífico e Atlântico na variabilidade de precipitação em Fortaleza. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.19, n.2, p.337-344, 2004.

Andreoli, R.V., Kayano, M.T., ENSO-related rainfall anomalies in South America and associated circulation features during warm and cold Pacific decadal oscillation regimes. **International Journal of Climatology**, v.25, n.15, p.2017-2030, 2005.

Andreoli, R.V., Kayano, M.T., Tropical Pacific and South Atlantic effects on rainfall variability over northeastern Brazil. **International Journal of Climatology**, v.26, n.13, p.1895-1912, 2006.

Andreoli, R.V., Kayano, M.T., A importância relativa do Atlântico tropical sul e Pacífico leste na variabilidade de precipitação do Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.22, n.1, 63-74, 2007.

Barros, V.R., Silvestri, G.E., The relation between sea surface temperature at the subtropical south-central Pacific and precipitation in southeastern South America. **Journal of Climate**, v.15, n.3, p.251-267, 2002.

Bjerknes, J. A. A possible response of the atmospheric Hadley circulation to equatorial anomalies of ocean temperature. **Tellus**, v.18, n.4, p.820-829, 1966.

Bjerknes, J. A. Atmospheric teleconnections from the equatorial Pacific. **Monthly Weather Review**, v.97, n.3, p.163-172, 1969.

Carvalho, L.M.V., Jones, C., Liebmann, B. The South Atlantic Convergence Zone: Intensity, form, persistence, relationship with intraseasonal to interannual activity and extreme rainfall. **Journal of Climate**, v.17, p. 88-108, July, 2004.

Chen, M., Xie P., Janowiak, J.E., Arkin, P.A., Global land precipitation: a 50-yr monthly analysis based on gauge observations. **Journal Hydrometeorology**, v.3, n.3, p.249-266, 2002.

Dias DEPAIVA EMC., Clarke, R.T., Time trends in rainfall records in Amazonia. **Bulletin American Meteorological Society**, v.76, n.11, p.2203-2209, 1995.

Diaz, A. F.; Studzinski, C. D.; Mechoso, C. R. Relationships between precipitation anomalies in Uruguay and Southern Brazil and sea surface temperature in the Pacific and Atlantic Oceans. **Journal of Climate**, v.11, n.2, p.251-271, 1998.

- Dommenges, D., Latif, M., Interannual to decadal variability in the Tropical Atlantic. **Journal of Climate**, v.13, n.4, p.777-792, 2000.
- Enfield, D.B. Relationships of inter-American rainfall to tropical Atlantic and Pacific SST variability. **Geophysical of Research Letters**, v.23, n.23, p.3305-3308, 1996.
- Enfield, D.B., Mayer, D.A., Tropical Atlantic SST variability and its relation to El Niño-Southern Oscillation. **Journal Geophysical. Research**, v.102, n.C1, p.929-945, 1997.
- Garreaud, R. D.; Battist D. S. Interannual (ENSO) and interdecadal (ENSO-like) variability in the Southern Hemisphere tropospheric circulation. **Journal of Climate**, v.12, n.7, p.2113-2123, 1999.
- Gershunov, A., Barnett, T.P., Interdecadal modulation of ENSO teleconnections. **Bulletin American Meteorological Society**, v.79, n.12, p.2715-2725, 1998.
- Grimm, A. M.; Ferraz, S. E. T.; Gomes, J. Precipitation anomalies in Southern Brazil associated with El Niño and La Niña events. **Journal of Climate**, v.11, n.11, p.2863-2880, 1998.
- Grimm, A. M. The El Niño Impact on the Summer Monsoon in Brazil: Regional Processes versus Remote Influences. **Journal of Climate**, v.16, n.2, p.263–280, 2003.
- Grimm, A. M.; Vera, C. S.; Mechoso, C, R. The South American Monsoon System. In: International Workshop on Monsoons, 3., 2004 Hangzhou, China. **Proceedings...**Hangzhou: World Meteorological Organization. p.111-129, 2004a.
- Grimm, A. M. How do La-Niña events disturb the summer monsoon system in Brazil. **Climate Dynamics**, v.22, n.2-3, p.123-138, 2004b.
- Hastenrath, S., Heller, L., Dynamics of climate hazards in northeast Brazil. **Quarterly Journal Research Meteorological Society**, v.103, p.77-92, 1977.
- Houghton, R.W., Tourre, Y.M., Characteristics of low-frequency sea surface temperature fluctuations in the tropical Atlantic. **Journal of Climate**, v.5, n.7, p.765-771, 1992.
- Kayano, M.T., Rao, V.B, Moura, A.D., Tropical circulations and the associated rainfall anomalies during two contrasting years. **Journal of Climatology**, v.8, p.477-488, 1988.

Kayano, M.T., Andreoli, R.V., Decadal variability of northern northeast Brazil rainfall and its relation to tropical sea surface temperature and global sea level pressure anomalies. **Journal Geophysical Research**, v.109, C11011, doi: 10.1029/2004JC002429, 2004.

Kayano, M.T., Andreoli, R.V., Relationships between rainfall anomalies over northeastern Brazil and El Niño-Southern Oscillation. **Journal Geophysical Research**, v.111, D13101, doi:10.1029/2005JD006142, 2006, 2006.

Kousky, V.E., Cavalcanti, I.F.A., Evento El Niño Oscilação Sul: características, evolução e anomalias de precipitação. *Ciência e Cultura*, v.36, n. 11, p. 1888-1899. 1984.

Kousky, V.E., Kayano, M.T., Cavalcanti, I.F.A., A review of the Southern Oscillation: oceanic-atmospheric circulation changes and related rainfall anomalies. **Tellus**, v.36A, p.490-504, 1984.

Kousky, V.E., Ropelewski, C.F., Extremes in the Southern Oscillation and their relationship to precipitation anomalies with emphasis on the South American region. **Revista Brasileira Meteorologia**, v.4, n.2, p.351-363, 1989.

Krepper, C.M., Sequeira, M.E., Low frequency variability of rainfall in southeastern South America. **Theoretical Applied Climatology**, v.61, n.1-2, p.19-28, 1998.

Mantua, N.J., Hare, S.R., Zhang, Y., Wallace, J.M., Francis, R.C., A Pacific interdecadal climate oscillation with impacts on salmon production. **Bulletin American Meteorological Society**, v.78, p.1069-1079, 1997.

Markham, C.G., Mclain, D.R., Sea surface temperature related to rain in Ceará, Northeastern Brazil. **Nature**, v.265, p.320-323, 1977.

Marengo, J.A., Tomasella, J., Uvo, C.R.B., Trends in streamflow and rainfall in tropical South America: Amazonia and eastern Brazil, and northwestern Peru. **Journal Geophysical. Research**, v.103, n. D2, p.1775-1783, 1998.

Marengo, J.A., Soares, W.R., Nicolini, M. Saulo, C. Climatology of the Low-level Jet East of the Andes as derived from the NCEP-NCAR reanalyses: Characteristics and Temporal Variability. **Journal of Climate**, v. 17, n. 12, p. 2261-2280, 2004.

Marengo, J.A., Interdecadal variability and trends of rainfall across the Amazon basin. **Theoretical Applied Climatology**, doi: 10.1007/s00704-004-0045-8, 2004.

- MEHTA, V.; DELWORTH, T. Decadal variability of the Tropical Atlantic ocean surface temperature in shipboard measurements and in a global ocean-atmosphere model, **Journal of Climate**, v.8, n.3, p.172-190, 1995.
- Mo, K. C.; Nogués-Paegle, J. The Pacific-South American modes and their downstream effects. **International Journal of Climatology**, v.21, n.10, p.1211-1229, Aug 2001.
- Mo, K. C.; Hakkinen, S. Decadal variations in the Tropical South Atlantic and linkages to the Pacific, **Geophysical Research Letter**, v.28, n.10, p.2065-2068, 2001.
- Moura, A.D., Shukla, J., On the dynamics of droughts in Northeast Brazil: observations, theory, and numerical experiments with a general circulation model. **Journal Atmospheric Science**, v.38, n. 12, p.2653-2675, 1981.
- Nobre, P., Shukla, J., Variations of sea surface temperature, wind stress, and rainfall over the tropical Atlantic and South America. **Journal of Climate**, v.9, n.10, p.2464-2479, 1996.
- Nogués-Paegle, J.; Mo, K. C. Linkages between summer rainfall variability over South America and sea surface temperature anomalies. **Journal of Climate**, v.15, n.12, p.1389–1407, 2002.
- Paegle, J. N.; Mo, K. C. Linkages between summer rainfall variability over South America and sea surface temperature anomalies. **Journal of Climate**, v.15, n.12, p.1389-1407, 2002.
- Panofsky H. A.; Brier, G. W. Some Applications of Statistical to Meteorology, Pennsylvania State University, 224p, 1968.
- Pezzi, L.P.; Cavalcanti, I.F.A. The relative importance of ENSO and tropical Atlantic sea surface temperature anomalies for seasonal precipitation over South America: a numerical study. **Climate Dynamics**, v.17, p.205-212, 2001.
- Rao, V. B.; Satyamurty, P.; De Brito, J. I. B. On the 1983 drought in Northeast Brazil. **International Journal of Climatology**, v.6, n.1, p.43-51, 1986.
- Rasmusson, E. M.; Wallace, J. M. Meteorological aspects of the El Niño/Southern Oscillation. **Science**, v.222, n.4629, p.1195-1202, 1983.
- Rasmusson, E. M.; Arkin, P. A. Interannual climate variability associated with the El Niño/southern oscillation. Coupled Ocean-Atmosphere Models. **Elsevier Science Publishers B.V.**, Amsterdam, p.697-725, 1985.
- Rajagopalan, B., Kushnir, Y., Tourre, Y.M., Observed decadal midlatitude and tropical Atlantic climate variability. **Geophysical Research Letter**, v.25, n.21, p.3967-3970, 1998.

Ropelewski, C.H., Halpert, S., Global and regional scale precipitation patterns associated with the El Niño/Southern Oscillation. **Monthly Weather Review**, v.115, n.8, p.1606-1626, 1987.

Ropelewski, C.H., Halpert, S., Precipitation patterns associated with the high index phase of Southern Oscillation. **Journal of Climate**, v.2, n.3, p.268-284, 1989.

Robertson, A. W.; Mechoso, C. R. Interannual and Decadal cycles in river flows of Southeastern South America. **Journal of Climate**, v.11, n.10, p.2570-2581, 1998.

Robertson, A. W.; Mechoso, C. R. Interannual and interdecadal variability of the South Atlantic Convergence Zone. **Journal of Climate**, v.128, n.8, p.2947-2957, Aug 2000.

Saravanan, R.; Chang, P. Interaction between Tropical Atlantic variability and El Niño-Southern Oscillation, **Journal of Climate**, v.13, n.13, p.2177-2194, 2000.

Servain, J., Simple climatic indices for the tropical Atlantic Ocean and some applications. **Journal Geophysical Research**, v.96, p.15137-15146, 1991.

Smith, T.M., Reynolds, R.W., Improved extended reconstruction of SST (1854-1997). **Journal of Climate**, v.17, n.12, p.2466-2477, 2004.

Souza, E.B., Alves, J.M.B., Nobre, P., Anomalias de precipitação nos setores norte e leste do Nordeste Brasileiro em associação aos eventos do Padrão de Dipolo observados sobre o Atlântico Tropical. **Revista Brasileira Meteorologia**, v. 13, n.12, p.45-56, 1998.

Souza, E. B.; Kayano, M. T.; Tota, J.; Pezzi, L.; Fisch, G.; Nobre, C. On the influences of the El Niño, La Niña and Atlantic dipole pattern on the Amazonian rainfall during 1960-1998. **Acta Amazonica**, v.30, n.2, p.305-318, 2000.

Souza, E.B., Kayano, M.T., Ambrizzi, T., The eastern Amazon/northeast Brazil regional precipitation in a weekly timescale modulated by tropical Pacific and Atlantic SST anomalies during austral autumn. **Revista Brasileira Meteorologia**, v. 19, n.3, p.325-336, 2004.

Souza, E.B., Kayano, M.T., Ambrizzi, T., Intraseasonal and submonthly variability within autumn rainy regime over the eastern Amazon/Northeast Brazil and associated mechanisms. **Theoretical Applied Climatology**, v.81, p.177-191, 2005.

Torrence, C., Compo, G.P., A practical guide to wavelet analysis. **Bulletin American Meteorological Society**, v.79, n.1, p.61-78, 1998.

Walker, G. T., Correlations in seasonal variations of weather, VIII. Men. **India Meteorological Department**, v.24, p.75-131, 1923.

Walker, G. T., Correlations in seasonal variations of weather, IX. Men. **India Meteorological Department**, v.24, p.333-345, 1924.

Walker, G. T.,: World weather II. **Royal Meteorological Society**, v.11, n.17, p.97-106, 1927.

Walker, G., T., and E. W. Bliss,: World weather IV. **Royal Meteorological Society**, n.3, p. 81-95, 1929.

Walker, G., T., and E. W. Bliss,: World weather V. **Royal Meteorological Society** v.4, n.36, p.53-84, 1932.

Walker, G., T., and E. W. Bliss,: World weather VI. **Royal Meteorological Society**, v.4, n.39, p.119-139, 1937.

Wang, C. Atmospheric circulation cells associated with the El-Niño/Southern Oscillation. **Journal of Climate**, v.15, n.4, p.399-419, 2002.

Zhang, Y., Wallace, J.M., Battisti, D., ENSO-like interdecadal variability: 1900-93. **Journal of Climate**, v.10, n.5, p.1004-1020, 1997.

Zhang, Y., Norris, J., Wallace, J.M., Seasonality of large-scale atmosphere-ocean interaction over the North Pacific. **Journal of Climate**, v.11, n. 10, p.2473-2481, 1998.

Zhou, J., Lau, K.M.. Principal modes of interannual and decadal variability of summer rainfall over South America. **International Journal of Climatology**, v.21, n.13, p.16-23-1644, 2001.

APÊNDICE A

TRANSFORMADA DE ONDALETA

A transformada de wavelet é uma técnica que permite decompor uma série temporal em espaço tempo-freqüência, de modo a ser possível determinar os modos dominantes de variabilidade e como estes variam no tempo. Seja x_n , uma série com espaçamento igual, δt , e $n=0, \dots, N-1$. Supor que temos uma função wavelet $\Psi_0(\eta)$, que depende de um parâmetro temporal não-dimensional η . Para ser admissível como uma wavelet, esta função precisa ter média zero e ser localizada no tempo e no espaço de freqüência. Para a wavelet de Morlet que consiste de uma onda plana modulada por uma Gaussiana:

$$\psi_0(\eta) = \pi^{-1/4} e^{i\omega_0\eta} e^{-\eta^2/2} \quad (\text{A.1})$$

, onde ω_0 é a freqüência não-dimensional, cujo valor é 6 para satisfazer a condição de admissibilidade. A transformada contínua de wavelet para uma seqüência discreta x_n é definida pela convolução de x_n com uma versão de $\psi_0(\eta)$ escalada e transladada, ou seja:

$$W_n(S) = \sum_{n'=0}^{N-1} x_{n'} \psi^* \left[\frac{(n' - n)\delta t}{S} \right] \quad (\text{A.2})$$

, onde $(^*)$ é o complexo conjugado. A transformada de wavelet é a transformada de Fourier inversa do produto, dada por:

$$W_n(S) = \sum_{k=0}^{N-1} \hat{x}_k \hat{\psi}(S\omega_k) e^{i\omega_k n \delta t} \quad (\text{A.3})$$

, onde, a freqüência angular ω_k é definida por $\omega_k = \frac{2\pi k}{N\delta t}$ se $k \leq \frac{N}{2}$ e

$$\omega_k = \frac{-2\pi k}{N\delta t} \text{ se } k > \frac{N}{2}.$$

A transformada de wavelet é essencialmente um filtro passa banda de forma uniforme e variando na localização e largura. Assim, pode ser construída uma série temporal filtrada dada por:

$$\chi_n = \frac{\delta_j \delta_t^{1/2}}{C_\delta \psi_0(0)} \sum_{j=j_1}^{j_2} \frac{\Re\{W_n(S_j)\}}{S_j^{1/2}} \quad (\text{A.4})$$

, onde, $\psi_0(0) = \pi^{-1/4}$. O filtro tem função resposta dada pela soma das funções wavelet entre as escalas j_1 e j_2 . Maiores detalhes do uso de wavelet podem ser encontrados em Torrence e Compo (1998).

PUBLICAÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS EDITADAS PELO INPE

Teses e Dissertações (TDI)

Teses e Dissertações apresentadas nos Cursos de Pós-Graduação do INPE.

Manuais Técnicos (MAN)

São publicações de caráter técnico que incluem normas, procedimentos, instruções e orientações.

Notas Técnico-Científicas (NTC)

Incluem resultados preliminares de pesquisa, descrição de equipamentos, descrição e ou documentação de programa de computador, descrição de sistemas e experimentos, apresentação de testes, dados, atlas, e documentação de projetos de engenharia.

Relatórios de Pesquisa (RPQ)

Reportam resultados ou progressos de pesquisas tanto de natureza técnica quanto científica, cujo nível seja compatível com o de uma publicação em periódico nacional ou internacional.

Propostas e Relatórios de Projetos (PRP)

São propostas de projetos técnico-científicos e relatórios de acompanhamento de projetos, atividades e convênios.

Publicações Didáticas (PUD)

Incluem apostilas, notas de aula e manuais didáticos.

Publicações Seriadas

São os seriados técnico-científicos: boletins, periódicos, anuários e anais de eventos (simpósios e congressos). Constam destas publicações o Internacional Standard Serial Number (ISSN), que é um código único e definitivo para identificação de títulos de seriados.

Programas de Computador (PDC)

São a seqüência de instruções ou códigos, expressos em uma linguagem de programação compilada ou interpretada, a ser executada por um computador para alcançar um determinado objetivo. São aceitos tanto programas fonte quanto executáveis.

Pré-publicações (PRE)

Todos os artigos publicados em periódicos, anais e como capítulos de livros.