



ESTUDO DA ÁGUA PRECIPITÁVEL SOBRE A AMÉRICA DO SUL DURANTE O ANO DE 2008

Carlos Diego de Sousa Gurjão¹, Priscilla Teles de Oliveira², Enilson Palmeira Cavalcanti³

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo obter os campos médios mensais da água precipitável e os campos mensais de anomalia de água precipitável para o ano de 2008. Estes campos foram obtidos com o uso do software GrADS, utilizando dados de reanálises do NCEP/NCAR. As anomalias foram obtidas pela diferença entre a água precipitável do mês e a média climatológica no período de 1958 a 2009. Este tipo de informação é de grande aplicabilidade no sensoriamento remoto ambiental para correções atmosféricas, na modelagem do balanço de radiação solar e terrestre, na quantificação da energia interceptada pelo vapor d'água na atmosfera, na avaliação da disponibilidade de energia solar à superfície, na avaliação de fluxos de calor latente e sensível à superfície e na própria reciclagem d'água. Os resultados revelam aspectos importantes da circulação geral da atmosfera e da atuação de sistemas meteorológicos na América do Sul.

Palavras-chave: água precipitável, anomalia de água precipitável, GrADS

STUDY OF PRECIPITABLE WATER ON SOUTH AMERICA DURING 2008

ABSTRACT

This study aimed to obtain the monthly mean fields of precipitable water and monthly fields of anomaly precipitable water for the year 2008. These fields were obtained using the software GRADS, using reanalysis data from NCEP/NCAR. The anomalies were obtained by the difference between precipitable water of the month and the climatological average for the period 1958 to 2009. This type of information has great applicability in environmental remote sensing to atmospheric correction, modeling the balance of solar radiation and land in the amount of energy intercepted by the water vapor in the atmosphere, in the assessing the availability of solar energy to the surface in evaluation of heat flows latent and sensible to the surface and in the recycling of water. The results reveal important aspects of the general circulation of the atmosphere and the action of weather systems in South America.

Keywords: precipitable water, anomaly precipitable water, GrADS

¹ Aluno do Curso de Meteorologia, U.A. de Ciências Atmosféricas, UFCA, Campina Grande, PB, E-mail: carlostdiegosousa@hotmail.com

² Aluna do Curso de Pós-graduação em Meteorologia, U.A. de Ciências Atmosféricas, UFCA, Campina Grande - PB, Brasil. priskateles@yahoo.com.br

³ Meteorologista, Prof. Doutor, U.A. de Ciências Atmosféricas, UFCA, Campina Grande, PB, E-mail: enilson@dca.ufca.edu.br

INTRODUÇÃO

A substância água é indispensável à vida na Terra e faz parte de cerca de três quartos da estrutura dos animais e vegetais. Na natureza, ela pode ser encontrada nos estados sólidos, líquidos e gasosos. As regiões glaciais do globo terrestre comportam grande volume de água na forma de gelo. Oceanos e mares são os principais reservatórios de água na forma líquida e cobrem três quartos da superfície do planeta Terra. O vapor d'água é armazenado na atmosfera e transportado pela circulação geral (CAVALCANTI, 2002).

Os primeiros cinco quilômetros mais baixos da atmosfera contêm aproximadamente 90% da massa total de vapor d'água presente na mesma. A massa de vapor de água presente na atmosfera representa aproximadamente apenas 0,001% de toda massa de água existente em nosso planeta, ou dez vezes o volume das águas contidas nos rios. Se todo o vapor de água fosse condensado, ocuparia um volume de $1,3 \times 10^{13} \text{m}^3$. Caso esse volume fosse distribuído uniformemente sobre toda a superfície da terra, formaria uma lâmina de água com aproximadamente 25 mm de espessura (Garcez & Alvarez, 1988). A formação do vapor d'água se deve ao aquecimento das superfícies cobertas por água, dos solos úmidos (evaporação) e das superfícies vegetadas (transpiração), devido à radiação solar. A figura 1 mostra um esquema do ciclo da água na natureza.

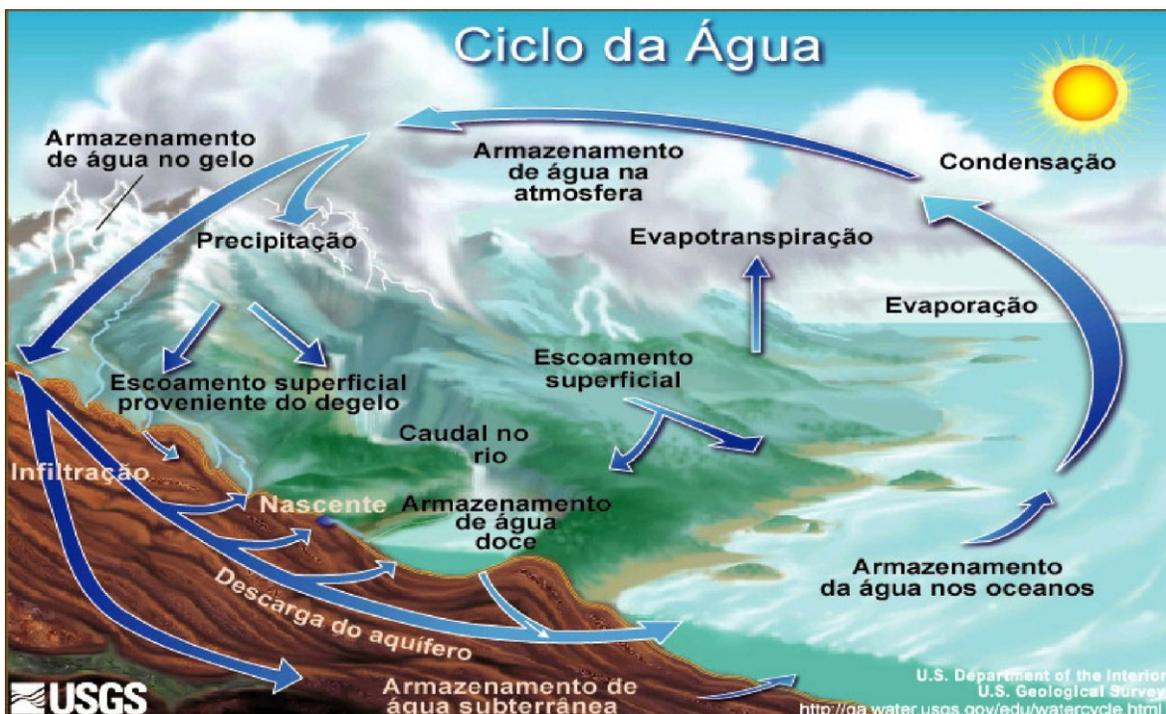


Figura 1 – Ciclo hidrológico (Fonte: http://pt.wikipedia.org/wiki/Ciclo_hidrológico)

As maiores concentrações de vapor de água na atmosfera estão presentes nas regiões tropicais, ao passo que as polares são detentoras das menores concentrações. As variações espacial e temporal da radiação solar na superfície da Terra, em consequência dos seus movimentos e de sua forma, associados ao relevo, às circulações atmosféricas e à maneira como as águas e as regiões vegetadas estão distribuídas sobre a superfície da Terra, determinam como se dá a distribuição do vapor de água em cada região da atmosfera nos diversos meses do ano.

A capacidade de retenção de vapor d'água pela atmosfera está relacionada com a temperatura do ar. Quanto maior for a temperatura do ar maior será sua capacidade de reter vapor d'água. Quando a quantidade de vapor atinge o seu valor máximo para uma determinada temperatura, diz-se que o ar está saturado. A temperatura em que ocorre a saturação é denominada de temperatura do ponto de orvalho. A formação do orvalho ocorre quando as superfícies expostas ao ar livre se resfriam por efeito radiativo e atingem temperaturas abaixo da temperatura do ponto de orvalho. Exemplos da ocorrência deste fenômeno são verificados quando um veículo é estacionado ao ar livre durante a madrugada ou quando se enche um copo

com bebida gelada. Nesses casos é verificada a formação de gotículas de água nas superfícies externas dos mesmos.

Entende-se por água precipitável a quantidade de água, em forma de vapor, contida numa coluna da atmosfera de seção horizontal unitária. Ou seja, é a quantidade de água obtida caso todo vapor contido em uma coluna vertical da atmosfera condense e precipite.

Água precipitável tem importância significativa nos processos que ocorrem tanto na atmosfera quanto na superfície da terra. A capacidade do vapor d'água em absorver e emitir radiação térmica influencia de forma direta aspectos do tempo e do clima. Características do balanço de radiação à superfície são altamente dependentes do teor de vapor d'água na atmosfera, ou seja, da água precipitável.

MATERIAL E MÉTODOS

Para visualização das figuras foi utilizado o domínio 60°S-30°N e 180°W-0°. Esta área compreende toda a América do Sul e parte dos oceanos Pacífico e Atlântico Tropicais.

Utilizando dados mensais, do período de 1958 até o presente, obtidos no National Centers for Environment Prediction/National Center for Atmospheric Research (NCEP/NCAR), espaçados em uma grade de 2,5°x2,5° de latitude e longitude, que consiste em um sistema de assimilação dos dados do projeto reanalysis (que incluem módulos de controle de qualidade, análise objetiva e interpolação), descritos com mais detalhes em Kalnay et al. (2001). As observações assimiladas são um conjunto contendo observações de satélites geostacionários; observações de avião; observações de superfície e oceânica. As variáveis utilizadas são: temperatura (K) e umidade específica (g/kg) para os níveis padrão de 925 a 300hPa e também água precipitável em (mm).

O GrADS (Grid Analysis and Display System) é uma ferramenta interativa com o propósito de análise e exibição de dados de Ciência da Terra. O GrADS trabalha com dados de modelos em quatro dimensões, onde estas usualmente são: latitude, longitude, nível de pressão e tempo.

As operações efetuadas com esses dados podem ser realizadas diretamente da linha de comandos ou chamado programas de computador (FORTRAN, C, Pascal). O GrADS já possui um rico banco de funções embutidas. Entretanto, usuários podem adicionar suas próprias funções como rotinas externas escritas em qualquer linguagem de programação.

Os scripts oferecem aos usuários a facilidade de programar operações no GrADS. Embora seja relativamente fácil ao usuário produzir gráficos sofisticados no GrADS, sem jamais ter escrito um script, há ocasiões onde a capacidade de programação faz coisas até mais simples.

Água precipitável é definida como a quantidade de vapor d'água contido numa coluna de seção horizontal unitária e que vai da superfície até o topo da atmosfera. É expressa matematicamente por:

$$W = \frac{1}{g} \int_{P_{300}}^{P_0} q dp \quad (1)$$

em que W é a água precipitável, g é a aceleração da gravidade, P_0 e P_{300} são níveis de pressão referentes à superfície de 300hPa respectivamente, ao passo que q é a umidade específica (aproximadamente igual a razão de mistura).

De forma discretizada, essa expressão pode ser avaliada a partir das informações disponíveis para os níveis de pressão, como:

$$W = \frac{1}{g} \sum_{n+1}^N \left[\frac{(q)_{n+1} + (q)_n}{2} \right] \cdot [(P)_n - (P)_{n+1}] \quad (2)$$

em que N é o número de camadas da superfície até o topo.

As anomalias de água precipitável foram obtidas por:

$$AWP_{ij} = WP_{i,j} - \overline{WP}_i \quad (3)$$

em que $WP_{i,j}$ é o valor da variável no mês $i = 1,2,3,\dots, 12$ e ano $j = 1948,1949,1950,\dots,2009$ e \overline{WP}_i é a média aritmética de todos os anos da variável para o mês i . No caso específico, a anomalia foi avaliada apenas para o ano de 2008.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram feitas análises dos campos mensais da água precipitável e da anomalia de água precipitável na América do Sul. As Figuras 2,3,4 e 5 representam os valores da água precipitável e da anomalia de água precipitável para os meses do ano de 2008.

Durante o primeiro trimestre (Figura 2), os maiores valores da água precipitável, da ordem de 56 mm, concentram-se ao norte da América do Sul, e valores inferiores na costa do pacífico e ao leste do continente. Pode-se perceber que a anomalia de água precipitável, com valores acima da média, está presente no centro do continente, ou seja, quantidade de vapor d'água acima do normal se concentra sobre esta região.

Na Figura 3 observa-se que a água precipitável continua com maior valor ao norte e menor ao sul do continente. Anomalia de água precipitável aparece com valores positivos ainda no centro do continente durante o mês de abril e maio, e começa a ter valores negativos em junho, ficando abaixo da média durante o inverno.

Já no terceiro trimestre (Figura 4), a água precipitável abrange com quantidade menor em relação aos meses anteriores, da ordem de 20 mm. Entretanto, valores da anomalia de água precipitável fica abaixo da média durante a estação de inverno.

Analisando as imagens da Figura 5 percebe-se que a água precipitável apresenta maiores valores no sentido do centro ao norte da América do Sul, e no sul predomina menores valores. O índice de anomalia é positivo no sentido sudeste noroeste, tendo assim valores negativos ao sul e a nordeste.

No geral, observa-se o posicionamento da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) ao longo do ano, de janeiro a dezembro, ocupando sua posição mais ao sul no mês de março e mais ao norte no mês de setembro. Observa-se também concentração acentuada de água precipitável, preferencialmente nos meses de novembro; dezembro e janeiro, sobre a região Sudeste do Brasil penetrando sobre o Oceano Atlântico possivelmente associado com a ocorrência de frentes frias e a atuação da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS).

Verifica-se a existência de anomalias de água precipitável acima da média sobre o Oceano Pacífico, característica compatível com o aquecimento acima do normal das águas na área de El Niño verificada em 2008.

Destaca-se também o baixo teor de água precipitável sobre as Cordilheiras dos Andes, efeito relacionado diretamente com a altitude onde tem-se baixa temperatura e conseqüentemente baixa umidade específica do ar.

CONCLUSÕES

De acordo com os campos mensais de água precipitável e de anomalias da água precipitável analisados para a América do Sul durante o ano de 2008, de janeiro a dezembro, pode-se dizer que:

1. Os campos de água precipitável refletem com coerência a atuação da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), das frentes frias e da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS);
2. A média acima da normal de água precipitável predomina na região norte do continente devido ao aquecimento do Oceano Pacífico, na área de El Niño, verificada no ano de 2008;
3. Anomalias de água precipitável abaixo da média sobre o Nordeste do Brasil e acima da média sobre o Sudeste têm como causa a atuação do El Niño em 2008.

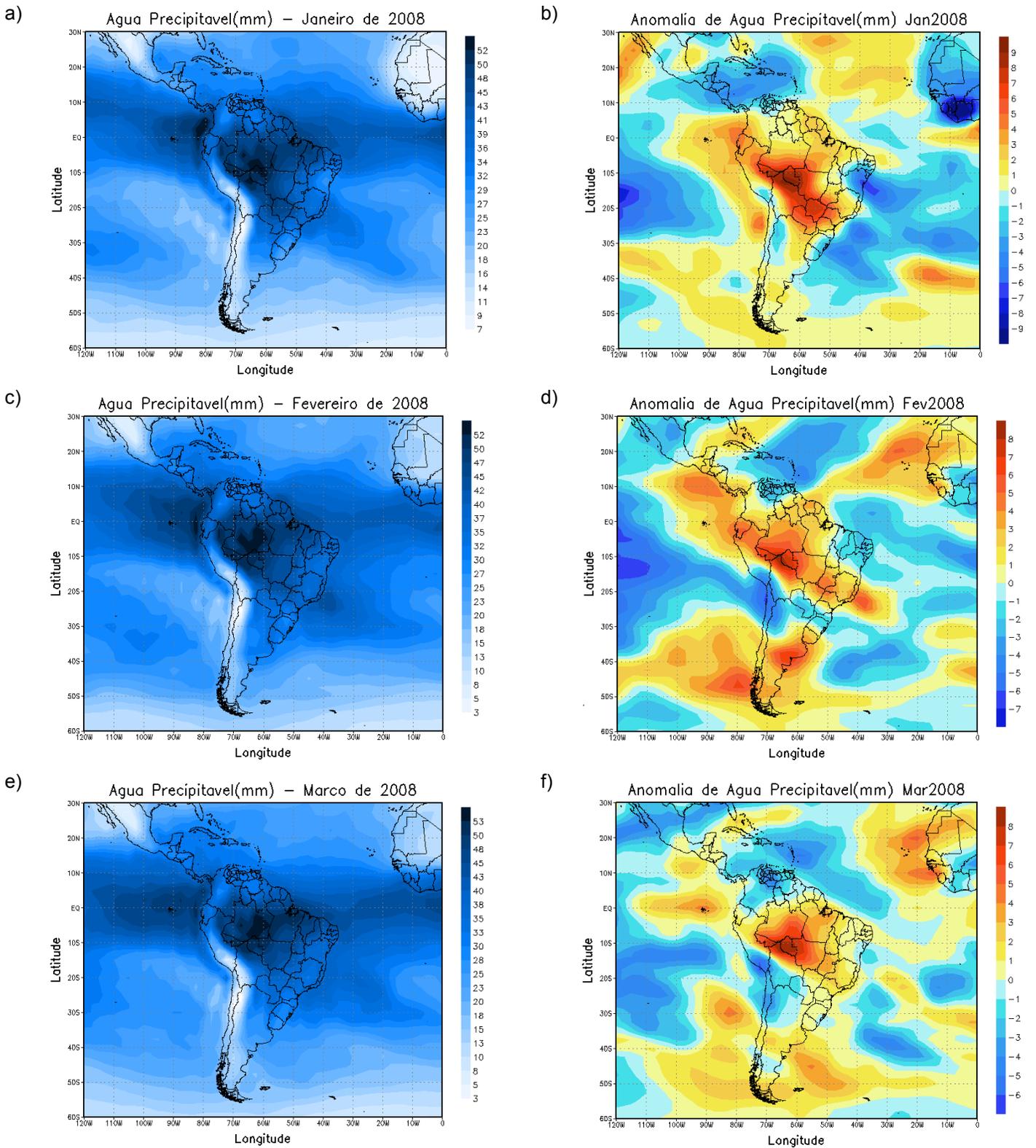


Figura 2 – Representa os valores de W e AWP, em que: a) W do mês de janeiro, b) AWP do mês de janeiro, c) W do mês de fevereiro, d) AWP do mês de fevereiro, e) W do mês de março, f) AWP do mês de março

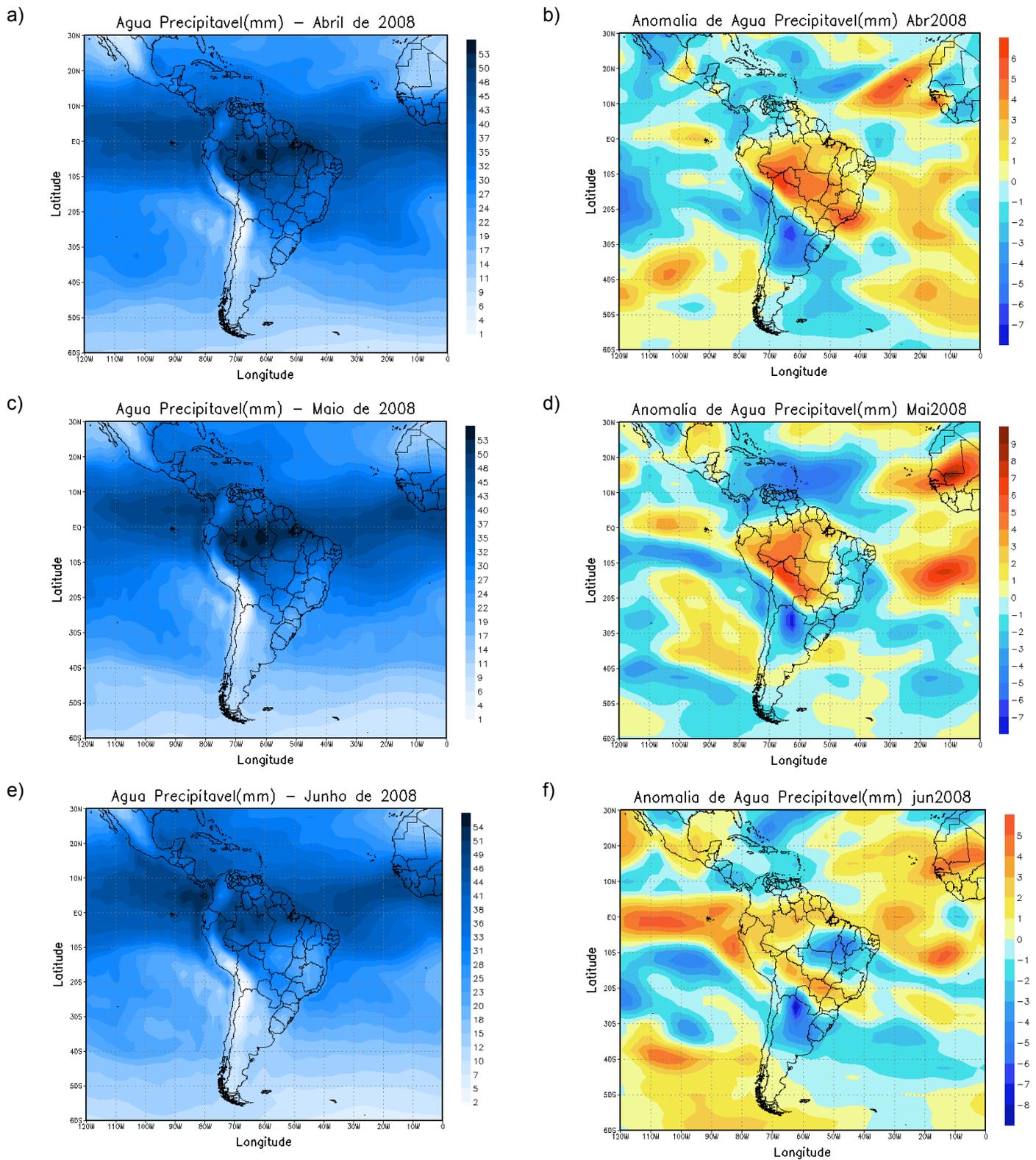


Figura 3 – Representa os valores de W e AWP, em que: a) W do mês de abril, b) AWP do mês de abril, c) W do mês de maio, d) AWP do mês de maio, e) W do mês de junho, f) AWP do mês de junho

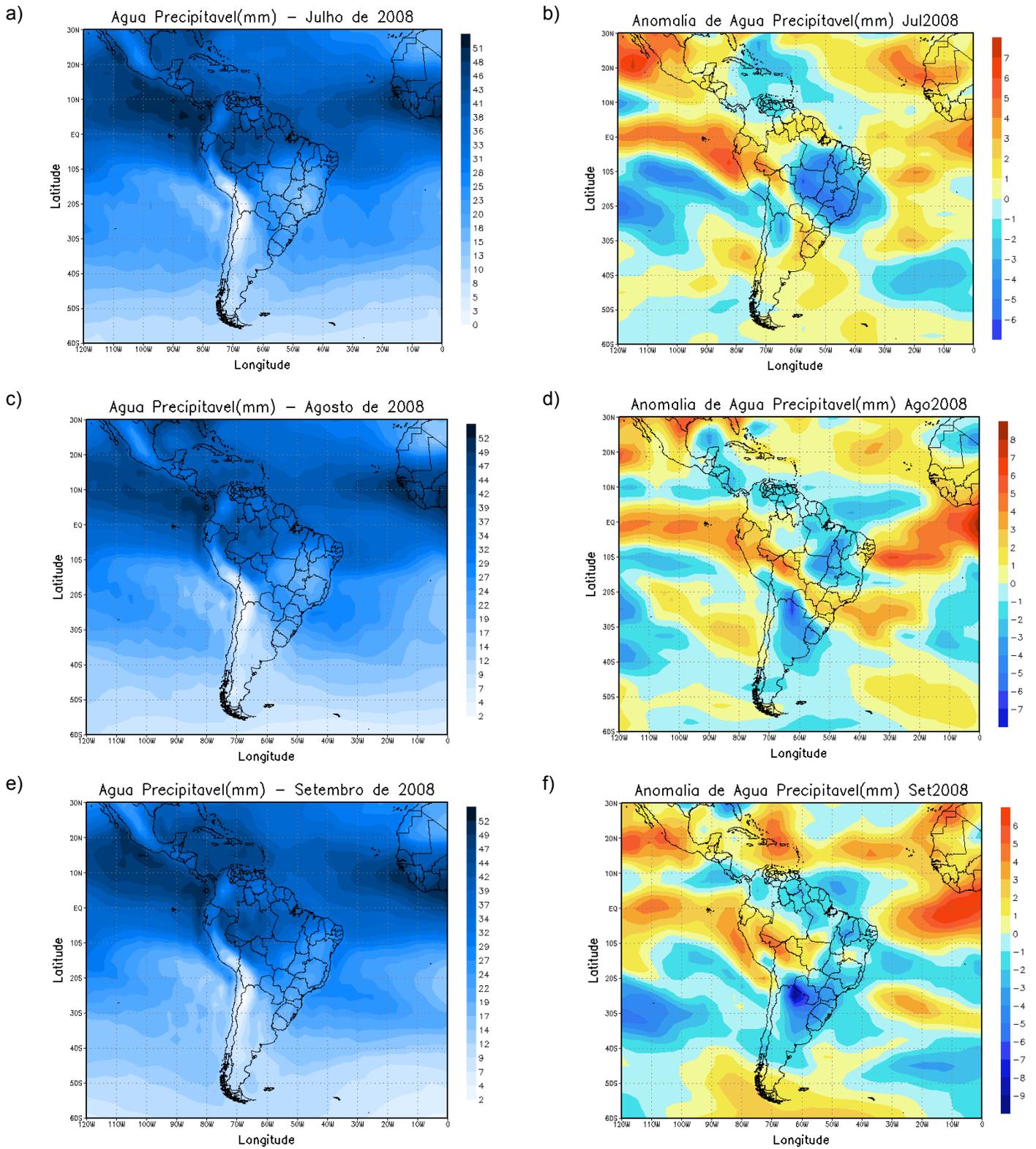


Figura 4 – Representa os valores de W e AWP, em que: a) W do mês de julho, b) AWP do mês de julho, c) W do mês de agosto, d) AWP do mês de agosto, e) W do mês de setembro, f) AWP do mês de setembro

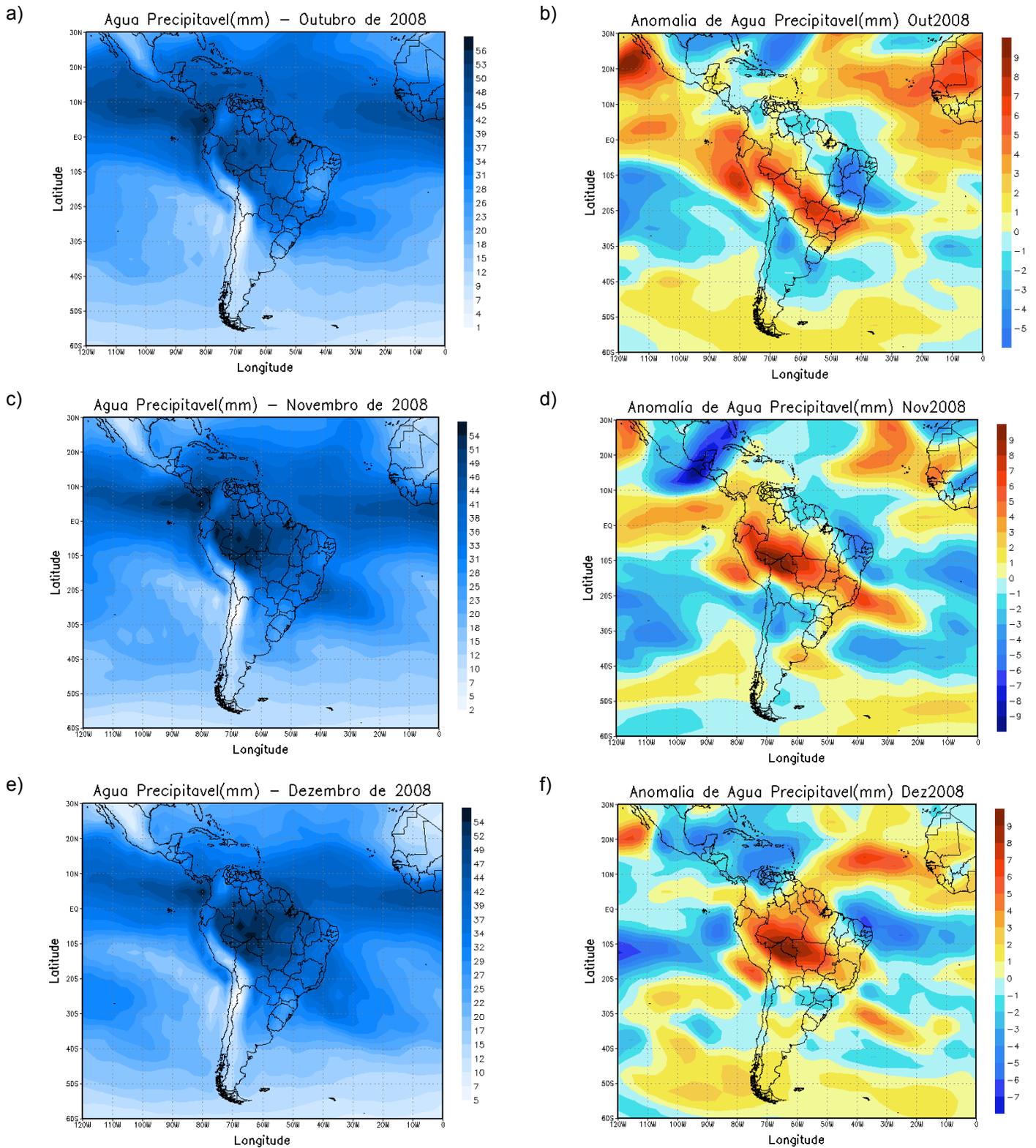


Figura 5 – Representa os valores de W e AWP, em que: a) W do mês de outubro, b) AWP do mês de outubro, c) W do mês de novembro, d) AWP do mês de novembro, e) W do mês de dezembro, f) AWP do mês de dezembro

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BESERRA, E.A; CAVALCANTI, E.P. Correlação entre anomalias de TSM e teor d'água na atmosfera sobre a América do Sul. In: XV congresso Brasileiro de Meteorologia, 2008, São Paulo. Anais, v.15, 2008.

CAVALCANTI, E.P. Teor e transporte de vapor d'água na atmosfera do Nordeste do Brasil. Tese (Doutorado em Recursos Naturais) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2001.

GARCEZ, L.N e ALVAREZ, G.A. – Hidrologia, Editora Edgard Blucher. S.Paulo, 1988.

KALNAY, EUGENIA, et al. The NCEP/NCAR 50 year reanalysis: Monthly means CD-ROM and documentation, Bull. Am. Meteorol. Soc. v.82, n.2, pp. 247-267, 2001.

NÓBREGA, R.S; CAVALCANTI, E.P.; SOUZA, E.P. Reciclagem de vapor d'água sobre a América do Sul utilizando reanálises do NCEP-NCAR. Revista Brasileira de Meteorologia, 20,253-262, 2005.

VIANELLO, R.L., ALVES, A.R. Meteorologia Básica e Aplicações. 1. ed. Viçosa: UFV, P.58 e 72, 2004.

WIKIPÉDIA – a enciclopédia livre. Ciclo Hidrológico. Disponível em: http://pt.wikipedia.org/wiki/Ciclo_hidrologico. Acesso em: 11 nov. 2006.