

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS  
UNIDADE ACADÊMICA DE CIÊNCIAS ATMOSFÉRICAS**

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM**

# **METEOROLOGIA**



**TESE DE DOUTORADO**

**Josenildo Ferreira Galdino**

**Estimativa da Variabilidade Interanual do Balanço  
de Umidade das Bacias Amazônica e do Prata**

**Campina Grande, Fevereiro de 2020**

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS  
UNIDADE ACADÊMICA DE CIÊNCIAS ATMOSFÉRICAS  
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM METEOROLOGIA

JOSENILDO FERREIRA GALDINO

ESTIMATIVA DA VARIABILIDADE INTERANUAL DO  
BALANÇO DE UMIDADE DAS BACIAS AMAZÔNICA E DO  
PRATA

Campina Grande - PB

Fevereiro/2020

JOSENILDO FERREIRA GALDINO

ESTIMATIVA DA VARIABILIDADE INTERANUAL DO  
BALANÇO DE UMIDADE DAS BACIAS AMAZÔNICA E DO  
PRATA

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós Graduação em Meteorologia da Universidade Federal de Campina Grande, em cumprimento às exigências para obtenção do título de Doutor em Meteorologia.

Área de concentração: Meteorologia de Meso e Grande Escalas.

Linha de pesquisa: Climatologia

Orientador: Dr. José Ivaldo Barbosa de Brito

Coorientadora: Dra. Josefina Moraes Arraut

Campina Grande – PB

Fevereiro/2020

G149e Galdino, Josenildo Ferreira.  
Estimativa da variabilidade interanual do balanço de umidade das bacias Amazônica e do Prata / Josenildo Ferreira Galdino. – Campina Grande, 2020.  
145 f. : il. color.

Tese (Doutorado em Meteorologia) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, 2020.  
"Orientação: Prof. Dr. José Ivaldo Barbosa de Brito; Coorientação: Prof.ª Dr.ª Josefina Moraes Arraut".  
Referências.

1. Fluxo de Umidade. 2. Integral Vertical. 3. Bacia Amazônica. 4. Bacia do Prata. I. Brito, José Ivaldo Barbosa de. II. Arraut, Josefina Moraes. III. Título.

CDU 551.571(043)

JOSENILDO FERREIRA GALDINO

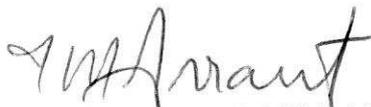
ESTIMATIVA DA VARIABILIDADE INTERANUAL DO BALANÇO DE  
UMIDADE DAS BACIAS AMAZÔNICA E DO PRATA

TESE APROVADA EM 03/02/2020

BANCA EXAMINADORA



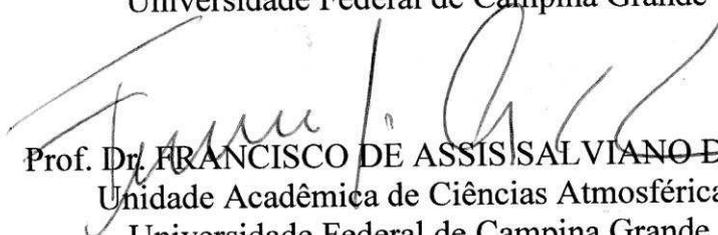
Prof. Dr. JOSÉIVALDO BARBOSA DE BRITO  
Unidade Acadêmica de Ciências Atmosféricas  
Universidade Federal de Campina Grande



Profa. Dra. JOSEFINA MORAES ARRAUT  
Unidade Acadêmica de Ciências Atmosféricas  
Universidade Federal de Campina Grande



Prof. Dr. ENILSON PALMEIRA CAVALCANTI  
Unidade Acadêmica de Ciências Atmosféricas  
Universidade Federal de Campina Grande



Prof. Dr. FRANCISCO DE ASSIS SALVIANO DE SOUSA  
Unidade Acadêmica de Ciências Atmosféricas  
Universidade Federal de Campina Grande



Prof. Dr. RANYERE SILVA NÓBREGA  
Departamento de Ciências Geográficas  
Centro de Filosofia e Ciências Humanas  
Universidade Federal de Pernambuco



Prof. Dr. FABRÍCIO DANIEL DOS SANTOS SILVA  
Instituto de Ciências Atmosféricas  
Universidade Federal de Alagoas

## RESUMO

Este trabalho apresenta uma estimativa da variabilidade interanual do balanço de umidade das Bacias Amazônica e do Prata durante o período de 1979 a 2016 utilizando dados de reanálises do ERA-Interim do *European Centre for Medium-Range Weather Forecasts* (ECMW). Para essa análise, foi utilizado um método para estimar o fluxo de umidade integrada verticalmente a partir de três volumes de controle, conhecidos como caixas, delimitadas pelas seguintes coordenadas: a) Caixa 1 (3°N a 14°S, 70°W a 50°W) representando a Bacia Amazônica (parte brasileira), b) Caixa 2 (14°S a 24°S, 65°W a 45°W) incluindo a Região Sudeste e Centro-Oeste do Brasil, Centro-Leste da Bolívia e parte Centro-Norte do Paraguai e c) Caixa 3 (24°S a 34°S, 65°W a 47°W) representando a Região Sul do Brasil, Sul do Paraguai, Norte da Argentina e Uruguai. Com relação às Bacias Amazônica e do Prata, os resultados mostraram que, na média anual, as bacias comportam-se como sumidouro de umidade atmosférica, além disso, a Bacia Amazônica é fonte de umidade para a Bacia do Prata. No tocante ao transporte de umidade, os resultados revelaram que a caixa 1 recebe 16,6% do fluxo de umidade por ventos alísios de Nordeste pela fronteira norte proveniente do Oceano Atlântico Norte e 83,4% pela fronteira leste do Oceano Atlântico Sul pelos alísios leste/Nordeste. A caixa 2 recebe umidade da Amazônia pela fronteira norte (63,2%) e oeste (27,6%) e o Oceano Atlântico Sul contribui diretamente com 9,2% (9,1% pela fronteira leste e 0,1 pela sul). No total de umidade da caixa 3, aproximadamente 88,2, 10,3, 1,1 e 0,4% são provenientes das fronteiras norte, oeste, leste e sul, respectivamente. Também foram avaliados os perfis verticais do produto da umidade específica pela componente do vento para verificar o comportamento ao longo dos 23 níveis de pressão. A análise da variabilidade do transporte de umidade sobre as regiões das Bacias Amazônica e do Prata revelaram que grande parte da umidade que chega até a Bacia do Prata é oriunda, principalmente da Amazônia. Entretanto, da contribuição da reciclagem da precipitação obteve-se as porcentagens de 54, 69 e 49% para as caixa 1, 2 e 3, respectivamente.

**Palavras-chave:** Fluxo de umidade, Integral vertical, Bacia Amazônica, Bacia do Prata.

## ABSTRACT

This paper aims at reporting the interannual variability estimate of the Amazon and Prata Basin moisture balance from 1979 to 2016. For that, it was used data from the European Center for Medium-Range Weather Forecasts (ECMW) ERA-Interim. For such an analysis, The Box Method proposed by Satyamurty et al. (2013) was used in order to estimate vertically integrated moisture flow from 3 control volumes known as boxes, delimited by the following coordinates: a) Box 1 (3°N to 14°S, 70°W to 50°W) representing the Amazon Basin (Brazilian side); b) Box 2 (14°S to 24°S, 65°W to 45°W) including Brazilian Southeast and Midwest, Central East Bolivia and Central North Paraguay, and c) Box 3 (24 ° S to 34 ° S, 65 ° W to 47 ° W) representing the Southern Region of Brazil, Southern of Paraguay, Northern Argentina, and Uruguay. Concerning, the Amazon and Prata Basins, the results revealed that, at an annual average, the basins behave as atmospheric moisture sinks, and the Amazon Basin works as a source of moisture for the Prata Basin. With respect to moisture transport, the results indicated that box 1 receives 16.6% of the moisture flow through the northern boundary from the North Atlantic Ocean and 83.4% from the eastern border of the South Atlantic Ocean. Box 2 receives moisture from the Amazon by the northern (63.2%) and west (27.6%) borders and the South Atlantic Ocean directly contributes 9.2% (9.1% by the eastern border and 0.1 by the south). In the total humidity of box 3, approximately 88.2, 10.3, 1.1 and 0.4% come from the north, west, east and south borders, respectively. The vertical profiles of the specific moisture product by the wind component were also evaluated to verify the behavior over 23 pressure levels. Analysis of the moisture transport variability over the Amazon and Prata Basin regions revealed that much of the moisture reaching Prata Basin comes mainly from the Amazon. However, concerning recycling precipitation contribution, it was obtained the percentages of 54, 69 and 49% for boxes 1, 2 and 3, respectively.

**Keywords:** Moisture flow, Vertical Integral, Amazon Basin, Prata Basin.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Bacia Amazônica. Fonte: Própria.

Figura 2: Principais rios da Bacia do Prata. Fonte: Própria.

Figura 3: Modelo conceitual de reciclagem de precipitação. Fonte: Adaptado de Brubaker et al. (1993).

Figura 4: Modelo conceitual do JBNAS à Leste dos Andes. A seta azul representa a trajetória do ar úmido vindo da região Amazônica, a seta vermelha representa a trajetória do ar úmido do oceano Atlântico Subtropical. Fonte: Adaptado de Marengo et al. (2004).

Figura 5: Diagrama esquemático para as três caixas da área de estudo. Fonte: Própria.

Figura 6: Teorema de Gauss aplicado ao Caminho L.

Figura 7: Precipitação total interanual de 1979 a 2016 nas três caixas.

Figura 8: Transporte médio de umidade anual para a caixa 1 (3°N a 14°S; 70°W a 50°W) no período de 1979 a 2016. Unidade:  $10^7 \text{ kg/s}$ .

Figura 9: Transporte médio de umidade anual para a caixa 2 (14°S a 24°S; 65°W a 45°W) no período de 1979 a 2016. Unidade:  $10^7 \text{ kg/s}$ .

Figura 10: Transporte médio de umidade anual para a caixa 3 (24°S a 34°S; 65°W a 47°W) no período de 1979 a 2016. Unidade:  $10^7 \text{ kg/s}$ .

Figura 11: Transporte de umidade interanual das fronteiras norte e sul.

Figura 12: Transporte de umidade interanual das fronteiras oeste e leste.

Figura 13: Transporte médio de umidade para a caixa 1. Unidade:  $10^7 \text{ kg/s}$ .

Figura 14: Transporte médio de umidade da caixa 2. Unidade:  $10^7 \text{ kg/s}$ .

Figura 15: Transporte médio de umidade para a caixa 3. Unidade:  $10^7 \text{ kg/s}$ .

Figura 16: Convergência de umidade interanual nas caixas 1, 2 e 3.

Figura 17: Campos de vento do período chuvoso dos 4 períodos mais chuvosos em 850 hPa.

Figura 18: Campos de vento do período chuvoso dos 4 períodos menos chuvosos em 850 hPa.

Figura 19: Campos de vento do período seco dos 4 períodos menos secos em 850 hPa.

Figura 20: Campos de vento do período seco dos 4 períodos mais secos em 850 hPa.

Figura 21: Campos de vento do período chuvoso dos 4 períodos mais chuvosos em 500 hPa.

Figura 22: Campos de vento do período chuvoso dos 4 períodos menos chuvosos em 500 hPa.

Figura 23: Campos de vento do período seco dos 4 períodos menos seco em 500 hPa.

Figura 24: Campos de vento do período seco dos 4 períodos mais seco em 500 hPa.

Figura 25: Campos de vento do período chuvoso dos 4 períodos mais chuvosos em 300 hPa.

Figura 26: Campos de vento do período chuvoso dos 4 períodos menos chuvosos em 300 hPa.

Figura 27: Campos de vento do período seco dos 4 períodos menos secos em 300 hPa.

Figura 28: Campos de vento do período seco dos 4 períodos mais secos em 300 hPa.

Figura 29: Precipitação total e convergência de umidade da caixa 1.

Figura 30: Precipitação total e convergência de umidade da caixa 2.

Figura 31: Precipitação total e convergência de umidade da caixa 3.

Figura 32: Variabilidade mensal do balanço de umidade na caixa 1.

Figura 33: Variabilidade mensal do balanço de umidade na caixa 2.

Figura 34: Variabilidade mensal do balanço de umidade na caixa 3.

Figura 35: Perfil vertical de  $q \cdot u$  (fronteiras leste e oeste) e  $q \cdot v$  (fronteiras norte e sul) para o período de 1979 a 2016 na caixa 1.

Figura 36: Perfil Vertical de  $q \cdot u$  (fronteiras leste e oeste) e  $q \cdot v$  (fronteiras norte e sul) para o período de 1979 a 2016 na caixa 2.

Figura 37: Perfil vertical de  $q \cdot u$  (fronteiras leste e oeste) e  $q \cdot v$  (fronteiras norte e sul) para o período de 1979 a 2016 na caixa 3.

Figura 38: Perfil Vertical de  $q \cdot u$  (fronteiras leste e oeste) e  $q \cdot v$  (fronteiras norte e sul) de 1979 a 2016 para o período seco da caixa 2.

Figura 39: Perfil Vertical de  $q \cdot u$  (fronteiras leste e oeste) e  $q \cdot v$  (fronteiras norte e sul) de 1979 a 2016 para o período chuvoso da caixa 2.

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Comparativo entre o ERA-Interim e o ERA-5.

Quadro 2: Porcentagem do transporte de umidade para as entradas na caixa 1.

Quadro 3: Porcentagem do transporte de umidade para as entradas na caixa 2.

Quadro 4: Porcentagem do transporte de umidade para as entradas na caixa 3.

Quadro 5: Porcentagem do transporte de umidade nas três caixas.

Quadro 6: Porcentagem do transporte de umidade na caixa 2, janeiro a dezembro, para o período seco e chuvoso.

Quadro 7: Porcentagem da contribuição da convergência de umidade.

Quadro 8: Porcentagem da reciclagem de precipitação.

Quadro 9: Valores de precipitação para os 4 períodos do período seco e chuvoso.

Quadro 10: Comparativo entre precipitação e convergência de umidade.

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

**ANA** – Agência Nacional de Águas

**ASAS** – Alta Subtropical do Atlântico Sul

**CCM** – Complexos Convectivos de Mesoescala

**CGA** - Circulação Geral da Atmosfera

**COST** – *European Cooperation in Science & Technology*

**DJF** – Dezembro, Janeiro, Fevereiro

**ECMWF** – *European Centre for Medium-Range Weather Forecasts*

**FN** – Fronteira Norte

**FS** – Fronteira Sul

**FL** – Fronteira Leste

**FO** – Fronteira Oeste

**GPCP** – *Global Precipitation Climatology Project*

**JBN** – Jato de Baixos Níveis

**JBNAS** – Jato de Baixos Níveis da América do Sul;

**JJA** – Junho, Julho e Agosto

**NCEP** – *National Center for Environmental Prediction*

**NCAR** – *National Center for Atmospheric Research*

**PACS-SONET** – *Pan American Climate Studies- Sounding Network*

**ZCAS** – Zona de Convergência do Atlântico Sul

**ZCIT** – Zona de Convergência Intertropical

**WCRP** – *World Climate Research Programme*

## LISTA DE SÍMBOLOS

$A$ : Área de estudo

$C_T$ : Convergência total do fluxo de umidade integrado verticalmente

$E$ : Evapotranspiração

$g$ : aceleração da gravidade

$p$ : pressão atmosférica em hPa

$p_t$ : Pressão atmosférica na parte superior do domínio de integração

$p_0$ : Pressão à superfície

$P_m$ : Precipitação média devido à convergência de umidade sobre a área

$P$ : Precipitação

$q$ : umidade específica

$Q_\lambda$ : Fluxo de umidade zonal dado em  $kg/s$

$Q_\phi$ : Fluxo de umidade meridional dado em  $kg/s$

$T_N$ : Transporte de umidade que atravessa a fronteira norte

$T_S$ : Transporte de umidade que atravessa a fronteira sul

$T_L$ : Transporte de umidade que atravessa a fronteira leste

$T_O$ : Transporte de umidade que atravessa a fronteira oeste

## SUMÁRIO

1 – INTRODUÇÃO .....	8
1.1 – Justificativa .....	9
1.2 – Motivação e hipótese .....	11
1.3 – Objetivo Geral .....	12
1.3.1 – Objetivos Específicos .....	12
2 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	13
2.1 – Caracterização da Bacia Amazônica e do Prata .....	13
2.2 – Fluxo de Vapor d'água na atmosfera .....	16
2.3 – Fontes de umidade para a Bacia Amazônica e transporte de vapor d'água na América do Sul .....	17
2.4 – Jatos de Baixos Níveis .....	23
2.4.1 – Jatos de Baixos Níveis na América do Sul .....	24
3 – MATERIAL E MÉTODOS .....	29
3.1 – Área de estudo .....	29
3.2 – ECMWF e ERA-Interim .....	30
3.3 – Dados de umidade específica e componentes do vento .....	32
3.4 – Dados de precipitação .....	32
3.5 – Precipitação total interanual .....	32
3.6 – Fluxo de Vapor d'água e Convergência de Umidade .....	33
4 – RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	37
4.1 – Precipitação total .....	37
4.2 – Transporte de Umidade .....	38
4.3 – Convergência de Umidade .....	45
4.4 – Período chuvoso e seco na Bacia do Prata .....	55
4.5 – Gráficos de precipitação total e convergência interanual .....	62
4.6 – Balanço de umidade mensal .....	66
4.7 – Perfil Vertical do Produto da Umidade Específica pela componente do vento, zonal ou meridional .....	69
5 – CONCLUSÕES .....	72
6 – REFERÊNCIAS .....	74
7 – APÊNDICE .....	81
A – Transporte de umidade anual .....	81
B – Transporte de umidade mensal na caixa 1 .....	84
C – Transporte de umidade mensal na caixa 2 .....	96
D – Transporte de umidade mensal na caixa 3 .....	108
E – Convergência de umidade anual. Unidade: mm/ano .....	120
F – Convergência de umidade mensal. Unidade: mm/mês .....	121
G – Precipitação total. Unidade: mm/ano .....	133
H – Precipitação média mensal. Unidade: mm/mês .....	134

# 1 - INTRODUÇÃO

A América do Sul está localizada na faixa de 12°N a 50°S de latitude e 80°W a 34°W. Ela ocupa uma área de aproximadamente 18 milhões de quilômetros quadrados, abrangendo 12% da superfície terrestre continental, sendo banhada a leste pelo oceano Atlântico, a oeste pelo oceano Pacífico e ao norte pelo mar das Antilhas, conhecido como Mar do Caribe e abriga aproximadamente 6% da população mundial, divide-se em 12 países: Argentina, Bolívia, Brasil, Chile, Colômbia, Equador, Guiana, Paraguai, Peru, Suriname, Uruguai e Venezuela, além do território ultramarino da França, a Guiana Francesa.

Além disso, possui a maior cordilheira do mundo, os Andes, a qual apresenta uma extensão de aproximadamente 7780 km, com largura variando entre 200 a 700 km. A região dos Andes é uma vasta cadeia montanhosa que se estende desde a Patagônia (Argentina) até a Venezuela. Vale destacar a sua grande importância na circulação atmosférica, visto que ela pode atuar como uma barreira para o escoamento dos ventos de leste nas latitudes tropicais, e aos ventos de oeste nos extratropicais. Apresenta uma altitude média em torno de 4 mil metros, com ponto culminante com 6962 metros, conhecido por Pico do Aconcágua.

Outras características relevantes são a grande biodiversidade de clima e relevo, devido a sua grande extensão. Além disso, encontram-se também grandes bacias hidrográficas, por exemplo: a Bacia Amazônica, a maior do mundo e a Bacia do Prata.

A Bacia Amazônica, e grande parte da bacia do Prata, estão localizadas na Região Tropical, isto é, entre os trópicos de Câncer e Capricórnio. Nesta região as trocas de energia entre a superfície e a atmosfera são bastante intensas. Segundo Correia et al. (2006), as mudanças nos ecossistemas amazônicos podem provocar impactos na circulação atmosférica, no transporte de umidade para e da região e, conseqüentemente, no ciclo hidrológico, não somente sobre a América do Sul, mas em outras partes do mundo.

Por outro lado, a Amazônia desempenha um fundamental papel nas trocas de energia, umidade e massa entre a superfície continental e a atmosfera, essenciais para a manutenção do clima regional e global, tais como: o armazenamento e absorção do

excesso de carbono da atmosfera, o transporte de vapor d'água para regiões remotas e, principalmente, a reciclagem de precipitação, de grande importância para a dinâmica de seus ecossistemas (Nobre et al. 2009a; 2009b; Satyamurty et al. 2013). No tocante ao balanço de água, a bacia Amazônica funciona como um sumidouro de umidade da atmosfera (precipitação maior que a evapotranspiração), recebendo vapor de água tanto do transporte de origem oceânica quanto de evapotranspiração produzida pela própria floresta. Com relação à circulação regional, a Amazônia representa uma importante fonte de umidade para o Centro, Sudeste e Sul do Brasil, assim como para Paraguai e Norte da Argentina, incluindo a bacia do Prata, contribuindo para o regime de precipitação nessas regiões (Marengo, 2005; Satyamurty et al. 2013; Correia e Rocha, 2014; Rocha et al. 2016). Arraut et al. (2012) observaram que a atividade convectiva sobre o sul do Brasil e norte da Argentina é influenciada pelo transporte de umidade através da fronteira sul da bacia Amazônica, realizado pelos Jatos de Baixos Níveis (JBN) a leste dos Andes.

### 1.1 – Justificativa

Os primeiros estudos do balanço de umidade na Bacia Amazônica foram realizadas por Molion (1975) e Marques et al. (1977) que utilizaram dados de precipitação, poucas informações de ar superior (radiossondagens) e de descarga de rios de estações na Amazônia. A falta de medidas contínuas de variáveis importantes para o cálculo do transporte de umidade ao longo da bacia tem submetido o uso de técnicas indiretas para a estimativa do balanço de umidade na área de estudo. Atualmente estão sendo utilizados dados meteorológicos em pontos de grade devido a sua boa regularidade e resolução do conjunto de dados. Esses novos conjuntos de dados têm permitido estudos mais detalhados do transporte de umidade na escala da bacia. Alguns exemplos são as reanálises dos centros norte-americanos de previsão ambiental e de pesquisa atmosférica (National Center for Environmental Prediction - NCEP) e as do Centro Europeu de Previsão de Tempo de Médio Prazo (European Centre for Medium Range Weather Forecast - ECMWF).

Por desempenhar uma importante função na circulação global da atmosfera a Amazônia tem despertado um grande interesse dos meios acadêmicos e científicos. A propósito vários pesquisadores, como por exemplo, Marengo e Soares. (2002),

Nascimento et al. (2008), Satyamurty et al. (2010), Martinez e Dominguez (2014), Nascimento et al. (2016), entre outros descreveram sobre a importância do transporte de umidade da Amazônia para as regiões Sul e Sudeste do Brasil, principalmente, através do Jato de Baixos Níveis ao leste do Andes. Nicolini et al. (2004) mencionaram que o transporte de umidade da Amazônia é fundamental para a configuração de precipitação sobre a Bacia do Prata durante a primavera e verão do hemisfério sul.

Ressalta-se que as mais relevantes diferenças de resultados obtidos em vários estudos com relação ao transporte de umidade nas Bacias Amazônica e do Prata são decorrentes dos métodos utilizados para a determinação do balanço de umidade anual, período de análise, resolução do conjunto de dados e diferentes áreas nas bacias escolhidas para desenvolvimento dos estudos.

A umidade cumpre um papel relevante em vários elementos da vida humana, tais como: suprimento de água e geração de energia elétrica, dentre outros, principalmente através da precipitação. A contribuição do presente estudo estará na utilização dos dados em pontos de grade de reanálises do ERA-Interim do ECMWF para o estudo da variabilidade interanual do balanço de umidade das bacias Amazônica e do Prata no período de 1979 a 2016, com o objetivo de identificar seu comportamento como fonte ou sumidouro de umidade para a atmosfera. Além disso, contribuir na pesquisa sobre o transporte de umidade entre as Bacias Amazônica e o Prata, visto que a maioria dos trabalhos abordam, principalmente o transporte de umidade do Oceano Atlântico para a Amazônia. Alguns diferenciais desta pesquisa sobre a variabilidade interanual do balanço de umidade das Bacias Amazônica e do Prata são a melhor resolução do conjunto de dados  $1^{\circ} \times 1^{\circ}$  (latitude-longitude), período longo de 1979 a 2016 para análise do transporte de umidade e análise do perfil vertical do produto da umidade específica e componentes do vento, zonal ou meridional.

É oportuno mencionar que Braga e Molion (2018) realizaram um estudo de caso sobre a seca no período 2013/2014 na região Sudeste do Brasil com a utilização de dados de reanálises NCEP/NCAR com resolução  $2,5^{\circ} \times 2,5^{\circ}$  (latitude x longitude) e avaliaram a convergência do fluxo de umidade na região da Amazônia, com a caixa delimitada pelas seguintes coordenadas: ( $0^{\circ}$  a  $12,5^{\circ}$ S;  $75^{\circ}$ W a  $45^{\circ}$ W), seguindo a metodologia descrita por Satyamurty et al, (2013) e considerou-se níveis entre 1000 e 300hPa. Os resultados revelaram que a seca na região Sudeste em 2013/2014 não foi causada pela falta de transporte de umidade da Amazônia, mas sim pela ausência de mecanismos dinâmicos de

escala sinótica capazes de converter a umidade em chuva. Portanto, uma investigação da variabilidade interanual do fluxo de umidade para a Amazônia e desta para outras regiões do Brasil torna-se necessária e pertinente, pois é possível verificar se a umidade recebida pela Amazônia em um determinado ano é transportada para outras áreas no mesmo ano ou nos anos seguintes.

## 1.2 – Motivação e Hipótese

A estimativa do transporte de umidade é importante para melhor entendimento do comportamento do fluxo transportado entre as bacias e avaliar o comportamento em cada fronteira por meio do fluxo de umidade integrado verticalmente. A utilização do método da caixa descrita em Satyamurty et al (2013) tem sido bastante utilizado para estimar o fluxo. No entanto, a grande maioria dos estudos analisam, principalmente, o fluxo de umidade do Oceano Atlântico para a Amazônia ou Nordeste do Brasil. Apesar das pesquisas realizadas por Nascimento (2013) e Nascimento e Herdies (2017) terem analisado os componentes do transporte de umidade nas Bacias Amazônica e do Prata, o foco da pesquisa era identificar e analisar o comportamento dos Jatos de Baixos Níveis a Leste dos Andes, os dados utilizados compreendiam o período de 1979 a 2008.

Nesta tese, foram considerados os dados de reanálises do ERA-Interim para o período de 1979 a 2016 com resolução espacial  $1^\circ \times 1^\circ$  (latitude x longitude) para três áreas que incluem as Bacias Amazônica (Caixa 1) e do Prata (Caixa 2 e 3), em território nacional, com a finalidade de investigar a variabilidade do fluxo de umidade transportado da Bacia Amazônica para a Bacia do Prata.

Como hipótese, sugere-se o seguinte questionamento: hipótese nula: *A Bacia Amazônica não supre com vapor de água a Bacia do Prata*. Em outras palavras, se a hipótese nula considerada for verdadeira, isto significa que um aumento no transporte de umidade na Bacia Amazônica, em média, não influencia a precipitação da Bacia do Prata, ou seja, a umidade da Bacia do Prata é proveniente de outras fontes. No entanto, se a hipótese nula for falsa, então, a umidade transportada pela Amazônia tem influência direta na Bacia do Prata, sendo fonte de umidade para ela mesma. Nesta pesquisa, propõe-se a testar a hipótese nula a partir da estimativa do transporte do fluxo de umidade integrada verticalmente da superfície até 200 hPa para a Bacia do Prata.

### 1.3 – Objetivo Geral

Investigar as variabilidades interanuais das contribuições provenientes da Bacia Amazônica e do Oceano Atlântico Sul para o saldo de umidade na Bacia do Prata, no período de 1979 a 2016.

#### 1.3.1 - Objetivos Específicos

Para o período analisado de 1979 a 2016:

- Quantificar a variabilidade interanual das contribuições dos fluxos de umidade oriundos do Atlântico Norte e do Atlântico Sul para a Bacia Amazônica;
- Estimar a variabilidade interanual do fluxo de umidade integrado verticalmente sobre as Bacias Amazônica e do Prata;
- Quantificar a reciclagem de precipitação nas bacias Amazônica e do Prata;
- Analisar o perfil vertical do produto da umidade específica pela componente zonal ou meridional do vento para as três áreas de estudo e especificamente para os períodos seco e chuvoso da parte norte da Bacia do Prata, região de transição entre os sistemas de latitudes tropicais e médias.



a uma altitude de aproximadamente 5.300 m, à montante do rio Apurímac, que formará o rio Ucayali. Na planície Amazônica do Peru, o Ucayali recebe, na margem esquerda, as contribuições dos rios Marañon que nasce na Cordilheira Central do Peru e os rios Tigre e Napo, que são dos Andes equatorianos. Após a confluência com o rio Marañon, ainda no Peru, passa a ser chamado de Solimões. Ao entrar no Brasil, é chamado de Solimões e recebe também, na margem esquerda, vários afluentes que nascem nos Andes da Colômbia, por exemplo, o rio Caquetá. Na margem direita, junta-se ao rio Javari que limita o Brasil e Peru, Juruá e Purus com suas nascentes no Peru. Nas redondezas de Manaus, Solimões recebe as águas dos rios Negro e Branco. Por outro lado, o rio Madeira que é um dos principais afluentes do rio Amazonas, ele drena as águas oriundas das Cordilheiras Orientais dos Andes da Bolívia e Peru. Além disso, o rio Amazonas recebe contribuições dos rios Tapajós, Xingú, Trombetas, Parú e Jari. Ele se estende por 6.992 km, dos quais 3.165 km são percorridos no território brasileiro.

A Bacia Amazônica dispõe de imenso potencial hidroelétrico concentrado nos afluentes do Rio Amazonas. Entre as Unidades Hidroelétricas de Energia (UHE) na Bacia Amazônica, destacam-se: Belo Monte; Jirau; Santo Antônio; Teles Pires e São Manoel.

A Bacia do Prata é formada por três grandes sistemas hídricos, correspondentes aos rios Paraná, Paraguai e Uruguai, e ainda, o próprio rio da Prata (estuário), todos com suas nascentes no Brasil. Na Figura 2 são apresentados os principais rios da Bacia do Prata.



Figura 2: Principais rios da Bacia do Prata.

A Bacia do rio da Prata, também conhecida como Bacia Platina é, por sua dimensão e disponibilidade hídrica, uma das maiores e importantes do mundo. Ela abrange a área de 5 países da América do Sul, são eles: Uruguai; Argentina; Paraguai; Bolívia e Brasil. É uma das mais extensas do mundo, em termos de área, ocupa o segundo lugar na América do Sul, depois da Amazônia, apresenta aproximadamente 3,1 milhões de km<sup>2</sup>, abrangendo quase todo o centro sul do Brasil, o sudeste da Bolívia, boa parte do Uruguai, todo o Paraguai e uma extensa região do centro norte da Argentina. Localizada entre 14 e 37° de latitude Sul e 43 e 67° de longitude oeste. Ela pode ser subdividida em 7 sub-bacias: Alto Paraguai; Baixo Paraguai; Alto Paraná; Baixo Paraná; Alto Uruguai e Baixo Uruguai e sub-bacia do Rio da Prata Zeni, (2018).

No extremo Norte da bacia estão o Planalto Brasileiro e a Amazônia. No Leste os limites variam das cabeceiras do rio São Francisco a Serra do Mar. No extremo Oeste, os limites são a cordilheira dos Andes e, no Sul, pequenas altitudes das coxilhas gaúchas Tucci, (2006).

A Bacia do rio da Prata, em sua parte brasileira, equivale a 45,95 % do total da área da Bacia do Prata. A parcela brasileira da Bacia do rio da Prata corresponde a aproximadamente 1.425.000 km<sup>2</sup> e congrega áreas do Distrito Federal e dos seguintes estados: Minas Gerais; Goiás; Mato Grosso; Mato Grosso do Sul; São Paulo; Paraná; Santa Catarina e Rio Grande do Sul. A precipitação anual diminui tanto de Norte para o Sul, como de Leste para Oeste. Estas precipitações variam de cerca de 1800 mm próximo à Serra do Mar no Brasil para 200 mm nos limites a oeste da bacia, onde existem regiões semiáridas e áridas.

O mais importante rio da Bacia do rio da Prata, o Paraná, cuja extensão é de aproximadamente 4.350 km, cobrindo uma área de 890.000 km<sup>2</sup>, no Brasil (excetuando a sub-bacia do Paraguai); 565.000 km<sup>2</sup>, na Argentina e 55.000 km<sup>2</sup> no Paraguai (excetuando a sub-bacia do Paraguai). Este quando conflui com o rio Uruguai, próximo à foz do rio da Prata no Oceano Atlântico recebe o nome de rio da Prata. Em seguida, o rio Uruguai é o segundo mais importante para a Bacia platina e nasce no Brasil, da mesma forma que os rios Paraná e Paraguai.

Esta bacia se destaca pela sua importância econômica e social para o continente sul americano, apresentando uma característica relevante que é a sua identidade cultural e também a construção de grandes reservatórios para a produção de eletricidade. Podemos

citar as principais usinas hidrelétricas instaladas na Bacia do Prata: Itaipu; Ilha Solteira; Governador Bento Munhoz da Rocha Neto (Foz do Areia); Jupia; Porto Primavera; Itá; Marimbondo e Salto Santiago.

## 2.2 – Fluxo de Vapor d'água na atmosfera

Com o surgimento dos equipamentos para medições de ar superior ao final da década de 1930 foi possível efetuar medições de pressão, temperatura, umidade e vento em vários níveis de altitude, por meio de radiossondagens. Estas medições de dados de ar superior são importantes na previsão do tempo, localização de massas de ar, medição da poluição atmosférica, dentre outros.

Com a disponibilidade de dados de ar superior, vários pesquisadores procuraram compreender o comportamento do vapor d'água e seu transporte, e como eles influenciavam o balanço de água na superfície, em diferentes partes do mundo.

Spar (1953) realizou um estudo na parte leste dos Estados Unidos com a proposta de uma técnica para avaliar a equação do balanço de vapor d'água integrada verticalmente com o objetivo de realizar um prognóstico da quantidade de chuva, a partir do campo de transporte e da variação diária do conteúdo de vapor d'água atmosférico. Os resultados mostraram alguma relação entre as quantidades de chuva prevista e observada, no que se refere à distribuição espacial. Entretanto, para valores locais, a metodologia parece não ser aplicável.

Benton e Estoque (1954) analisaram o balanço de vapor d'água para a atmosfera sobre o continente Norte-Americano. Através do campo da divergência do fluxo de vapor d'água e da precipitação, determinaram a evapotranspiração na região. O estudo revelou que o transporte de vapor d'água pode ser usado para estimar com precisão o balanço de água mensal de extensas áreas continentais. Os resultados mostraram que o continente Norte-Americano atua como fonte de umidade durante o verão e como sumidouro nas outras estações. Observaram ainda, que, em geral, não havia necessariamente uma alta correlação entre os valores numéricos mensais da transferência de vapor d'água e da precipitação, que, por sua vez, está mais diretamente associada à convergência do fluxo de vapor d'água do que com sua transferência. No entanto, valores excepcionalmente

altos do transporte de vapor podem estar associados a valores normais de precipitação ou um pouco abaixo do normal.

Peixoto (1959) avaliou o fluxo de vapor d'água sobre o continente Norte-Americano para o ano de 1950, pois as observações nesta região estavam mais completas. Os resultados indicaram que valores muito baixos do fluxo de vapor d'água nunca apareceram associados a valores elevados de precipitação, e que valores elevados do fluxo de vapor d'água são uma condição necessária, mas não suficiente, para a ocorrência de chuvas na região.

Hastenrath (1966) analisou o fluxo de vapor d'água sobre o Mar do Caribe e o Golfo do México com o uso de dados de radiossondagens do ano 1960 e verificou-se que, no inverno, o transporte de umidade vai para oeste e se acumula em uma faixa estreita sobre o lado sul do Mar do Caribe. Os resultados indicaram que o fluxo de vapor sobre o Golfo do México está voltado ligeiramente para leste. No verão, um intenso fluxo de umidade se estende do Mar do Caribe ao Golfo do México, adentrando no continente Norte-Americano.

Devido à escassez de dados de ar superior e limitações impostas por falhas frequentes nas séries temporais obtidas por radiossondagem e pela não regularidade na distribuição espacial dos dados, os primeiros estudos sobre conteúdo e vapor d'água sobre o Brasil foram realizados a partir dos anos 1970.

Marques et al. (1977) analisaram o comportamento do campo de vapor d'água e sua transferência na atmosfera, em uma faixa da Amazônia localizada entre Belém e Manaus, considerada uma das regiões com maiores valores de índices de precipitação da Terra. Os resultados revelaram que o Oceano Atlântico constitui a principal fonte de umidade para a região, sendo o suprimento do vapor d'água realizado pela costa Nordeste da América do Sul.

### 2.3 – Fontes de Umidade para a Bacia Amazônica e transporte de vapor d'água na América do Sul

O ciclo hidrológico sobre a superfície continental é relevante para o conhecimento do clima regional, pois o controle da precipitação depende também dos processos hidrológicos locais, principalmente a umidade do solo e a evapotranspiração (Silva, 2009). O método descrito por Brubaker et al. (1993) apresenta um modelo conceitual de reciclagem de precipitação que é fortemente influenciado pela precipitação total, evapotranspiração e transporte de vapor de água na região.

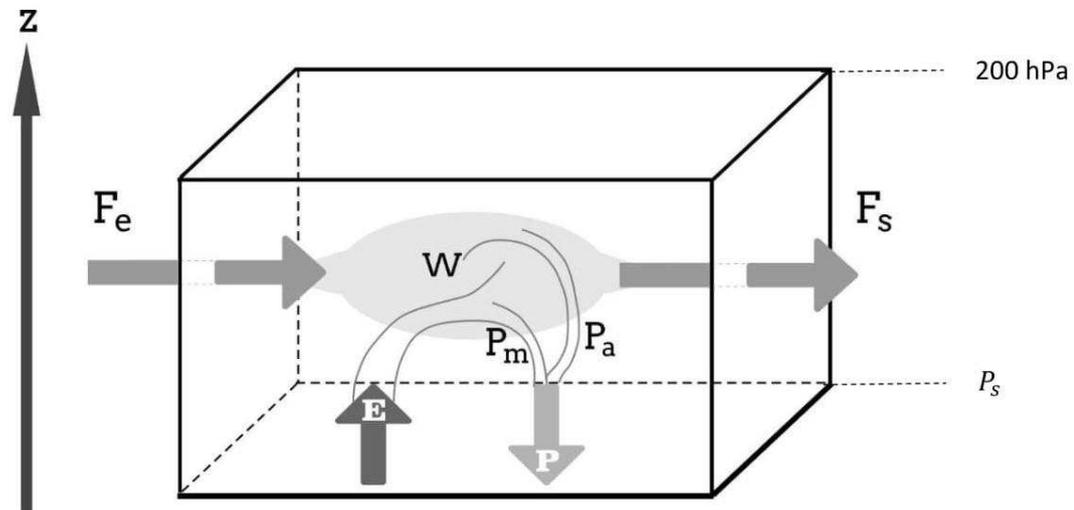


Figura 3: Modelo conceitual de reciclagem de precipitação.

Fonte: Adaptado de Brubaker et al. (1993).

A Figura 3 mostra o modelo de reciclagem de precipitação, na qual  $E$  é a evapotranspiração e  $P$  é a precipitação na área de estudo,  $P_m$  é a taxa de precipitação proveniente da evapotranspiração,  $P_a$  é a taxa de precipitação devido ao vapor d'água advectado para a região,  $W$  é o armazenamento de água na atmosfera (água precipitável),  $(F_e)$  é o fluxo de entrada de vapor de água integrado verticalmente do nível de Pressão de Superfície ( $P_s$ ) até o nível de 200 hPa,  $F_s$  é o fluxo de saída. Pelo modelo é possível observar que a precipitação em uma região pode ser delimitada em três fontes: umidade armazenada na atmosfera, convergência de umidade e umidade originada pela evapotranspiração na superfície. Vale salientar que um aumento da evapotranspiração sobre uma região não implica em aumento da precipitação, pois a advecção de umidade é responsável por parte da umidade na região, no entanto, se a parcela de evapotranspiração permanecesse na região e não fosse advectada para fora, poderia

significar um aumento da precipitação. No entanto, na Amazônia 54% da precipitação tem origem na Evapotranspiração Local (Marques et al. (1977)).

A estimativa da reciclagem de precipitação fornece uma média do potencial para interações entre superfície continental e a atmosfera regional. O papel do transporte de umidade tem sido estudado por meio da convergência do fluxo de umidade integrado verticalmente por diversos pesquisadores.

Neste contexto, é salutar mencionar outra vez o trabalho de Marques et al. (1977) que analisaram o comportamento da transferência horizontal do vapor d'água na troposfera sobre a Amazônia e observou que, em média, em grande parte da bacia Amazônica há predominância da convergência no campo do fluxo de vapor d'água, identificando-a como sumidouro de vapor d'água para a atmosfera sobre a região. Os estudos revelaram que pelo método aerológico, em média, 46% da precipitação que cai na bacia é de origem oceânica que é transportado via ventos alísios e 54% da precipitação é proveniente da evapotranspiração local.

Araújo (1982) estimou valores mensais de água precipitável, do fluxo de vapor d'água e sua divergência para o ano de 1975 sobre parte do Nordeste do Brasil, foram utilizados dados de altitude de 12 estações de radiossonda da região e valores diários observados dos campos de vento e umidade específica nos níveis padrões da atmosfera (1000, 850, 700 e 500 hPa).

Rao e Marques (1984) analisaram um estudo de caso sobre algumas características do vapor d'água sobre o Nordeste do Brasil para dois anos contrastantes: 1974 (chuvoso) e 1976 (seco). Os resultados indicam que o sentido do fluxo de vapor d'água segue para a parte leste da região em direção à parte oeste. Este resultado evidencia a importância do Oceano Atlântico no fornecimento de vapor d'água para o Nordeste do Brasil.

Rathor et al. (1987) estudaram o comportamento da água precipitável, fluxo de vapor d'água e sua divergência para a região do Nordeste do Brasil. Consideraram os meses de fevereiro e março de 1980 como chuvoso e seco, respectivamente. Os resultados revelaram que, no mês chuvoso, o Nordeste do Brasil se comporta como sumidouro de umidade atmosférica, ao passo que, no mês seco atua como fonte de umidade.

Analisando o transporte de vapor d'água e a reciclagem de precipitação na Amazônia com a utilização de dados de reanálises do *National Center for Environmental*

*Prediction/National Center for Atmospheric Research* – NCEP/NCAR (Kalnay et al. 1996), Satyamurty et al. (2013) mencionam que: as fontes de umidade para a bacia Amazônica estão localizadas no Oceano Atlântico Tropical Norte e Sul; o transporte de umidade que alimenta a bacia ocorre de leste para oeste durante todas as estações do ano; e a reciclagem de precipitação, por meio da evapotranspiração, é estimada em cerca de 33% no período chuvoso e apresenta valores menores na estação seca.

Cavalcanti (2001) analisou as características do balanço hídrico à superfície e do conteúdo e transporte de vapor d'água na atmosfera sobre o Nordeste do Brasil, através do modelo regional de mesoescala Regional Atmospheric Modeling System – RAMS para o trimestre março-abril-maio (período com maior concentração de chuvas no norte e nordeste do Brasil) de anos considerados chuvosos, secos e normais. Os resultados indicam que o suprimento de vapor d'água para a atmosfera do Nordeste do Brasil é feito pelos ventos Alísios, que transportam umidade do Oceano Atlântico Tropical para o interior da região. A água precipitável na atmosfera do Nordeste do Brasil diminui de norte para o sul e o fluxo de vapor d'água integrado verticalmente mostra uma relação da componente meridional com as chuvas no norte da região de estudo.

Marengo (2005) avaliou as características e a variabilidade espaço-temporais do balanço de umidade na bacia Amazônica usando as reanálises do NCEP/NCAR para o período de 1970-1999. Os resultados revelam uma sazonalidade e uma variabilidade interanual do balanço de umidade na bacia. Em toda a área de estudo, a precipitação excede a evapotranspiração e a bacia comporta-se como sumidouro de umidade, mas, em algumas situações extremas, a bacia pode se comportar como fonte de umidade, como no evento El Niño de 1983 que ocasionou uma diminuição das chuvas no norte da Amazônia.

Nóbrega et al. (2005) analisaram os fluxos de umidade integrado verticalmente, evapotranspiração e precipitação durante as 4 estações usando as reanálises do NCEP/NCAR no período de 1978 a 1998 em 8 níveis de pressão com a finalidade de investigar o comportamento climático da reciclagem do vapor d'água sobre a América do Sul. Os resultados revelam que a reciclagem de vapor d'água sobre a Amazônia e Nordeste do Brasil, mesmo que relativamente baixos, sugerem a importância da contribuição da evapotranspiração local no conteúdo de vapor d'água no Brasil. Uma parcela do vapor proveniente da região Nordeste se adiciona ao vapor d'água advectado do oceano e é transportado para a região Norte, que por sua vez, é adicionado ao vapor d'água originado da evapotranspiração sobre a região e parte deste vapor é transportado

para as regiões Centro-Oeste, Sudeste e Sul. Os aspectos climatológicos da reciclagem de vapor d'água sobre a América do Sul e indicam que a contribuição advectiva é mais importante para a precipitação sobre a Amazônia e Nordeste do Brasil, enquanto na região central e sudeste a contribuição local (evapotranspiração) tem importante papel na precipitação.

Drumond et al. (2008) investigaram as principais fontes de umidade para o Brasil Central e Bacia do Prata no período de 2000 a 2004 utilizando-se o método Lagrangiano que possibilita identificar as contribuições de umidade para o balanço de água na área de estudo. Os resultados revelaram a importância do Atlântico Tropical Sul, como fonte de umidade para o Brasil Central, bem como, da reciclagem de precipitação para a Bacia do Prata, sobretudo durante o verão austral.

Arraut e Satyamurty (2009) analisaram uma climatologia de precipitação para os meses de Dezembro a Março com os valores do transporte de vapor d'água integrado verticalmente da superfície até o nível de 650 hPa com a utilização de alguns dados do ERA-40 fornecidos pelo ECMWF e dados de precipitação do GPCP para o período de 1981 a 2002 com o objetivo de identificar os principais caminhos pelos quais a umidade é transportada para regiões do hemisfério sul. Os resultados revelaram que na América do Sul, a leste dos Andes, a umidade favorece a precipitação na faixa de 20°S a 30°S e é proveniente do Oceano Atlântico Tropical Sul e do Atlântico Norte.

Satyamurty et al. (2013) analisaram o fluxo de umidade integrado verticalmente com os dados de reanálises do NCEP/NCAR com resolução 2,5°x2,5° (latitude - longitude) para o período de 1978 a 2010 e os anos secos e chuvosos na bacia Amazônica. Os resultados mostraram que a Bacia Amazônica se comporta como sumidouro de umidade atmosférica em todas as estações e que existem duas regiões que atuam como fonte de umidade na bacia, uma situada no Atlântico Sul e outra no Atlântico Norte. Os cálculos obtidos pelo método da caixa revelaram que os anos chuvosos, em média, apresentam aproximadamente 55% a mais da convergência de umidade que os anos secos da bacia Amazônica. A contribuição média anual da convergência de umidade para a precipitação sobre a bacia Amazônica é estimada em 70% e nos anos secos, diminui para cerca de 50%.

Drumond et al. (2014) investigaram o papel da umidade da Bacia Amazônica no balanço hidrológico regional ao longo do ano com a utilização do modelo Lagrangiano

(FLEXPART) e as reanálises do ERA-Interim disponibilizadas pelo ECMWF para o período de 1979-2012. Os resultados mostraram que o Atlântico Tropical foi a principal fonte de umidade para a Amazônia. No verão austral, a contribuição do Atlântico Tropical Norte é mais significativa, ao passo que a contribuição do Atlântico Tropical Sul predomina no restante do ano.

Martinez e Dominguez (2014) investigaram as fontes de umidade para a Bacia do Prata com o uso dos dados do ERA-Interim do ECMWF para o período de 1980-2012 e resolução de  $0,75^\circ$  de latitude x  $0,75^\circ$  de longitude. Os resultados revelaram que 63% da precipitação anual média sobre a Bacia do Prata é proveniente da América do Sul, incluindo 23% de fontes locais na bacia, 20% do sul da Amazônia e os 37% restantes são provindos principalmente do Pacífico Sul e Oceanos Tropicais do Atlântico. A Bacia do Prata depende, em boa parte, de fontes externas durante o inverno, quando a evaporação local atinge um mínimo e a vazão de umidade aumenta. A variabilidade do transporte de umidade da Amazônia para a Bacia do Prata depende, em grande parte, das variações da circulação atmosférica do que da evapotranspiração.

Coutinho et al. (2015) analisou os componentes do balanço de umidade por meio do *Regional Climate Models (RCM)* do *Project Regional Climate Change Assesments for La Plata Basin (CLARIS/LPB)* em 3 regiões da América do Sul: Amazônia, Nordeste do Brasil e Bacia do Prata, para os climas do passado (1961-1990) e do futuro (2071-2100) com a utilização dos dados do ERA-40 do ECMWF com espaçamento de grade horizontal de  $0,5^\circ$  de latitude x  $0,5^\circ$  de longitude e 7 níveis de pressão (1000, 925, 850, 700, 500, 400 e 300 hPa) foram analisados os fluxos de umidade integrados, verticalmente, da superfície até 300 hPa, para as três regiões da América do Sul nas estações do verão e inverno, utilizando diferentes simulações do RCM. Os resultados mostraram que o fluxo de umidade da Amazônia e Nordeste do Brasil fornece maior parte do vapor d'água na fronteira leste, sugerindo que as contribuições dos ventos alísios do Atlântico Norte e Sul são igualmente importantes para a entrada de umidade durante o verão e inverno, principalmente nas regiões tropicais. Constatou-se que no verão o transporte de umidade que chega à bacia do Prata deve estar associado à atuação dos JBN, pois este é responsável parcialmente em transportar umidade da bacia Amazônica para o Sul do Brasil, norte da Argentina, Paraguai e Uruguai, o que implica uma região úmida nesta estação. No inverno, observou-se menos convergência de umidade nesta região, quando comparado com o verão nos diferentes climas.

Santos, (2015) avaliou, de forma numérica, o balanço de umidade na América do Sul. Os resultados indicaram que a análise do transporte de umidade em JJA mostrou que ela entra preferencialmente na Amazônia através da borda leste pela Alta Subtropical do Atlântico Sul (ASAS). Por outro lado, em DJF, a entrada ocorreu tanto pela borda norte quanto pela leste via ventos alísios e ASAS. O balanço de umidade anual foi positivo e a floresta funcionou como sumidouro (convergência) de umidade atmosférica na estação chuvosa e fonte (divergência) na estação seca. Na média anual, a Amazônia atuou como sumidouro (convergência) de umidade atmosférica e fonte para as regiões Sul e Sudeste do Brasil e norte da Argentina sendo a umidade transportada pelo Jato de Baixos Níveis.

Rocha et al. (2017) avaliaram os componentes do balanço de umidade e apresentou os mecanismos físicos envolvidos na reciclagem de precipitação na bacia Amazônica usando as reanálises do ERA-Interim fornecidos pelo ECMWF em 8 níveis de pressão (1000; 950; 850; 700; 600; 500; 400 e 300 hPa) com resolução de 1° x 1° (latitude-longitude). Os resultados revelaram que a precipitação na Bacia Amazônica é aproximadamente 20% derivada da evapotranspiração, indicando que a contribuição local representa uma parcela significativa no ciclo da água da Amazônia. Na América do Sul, a contribuição advectiva é mais importante para a precipitação sobre a Amazônia, ao passo que, na região centro-sul, a contribuição local desempenha um papel importante na precipitação.

Alguns diferenciais desta pesquisa para a de Rocha et al. (2017) são destacados a seguir: a) Considerou-se 23 níveis de pressão: (superfície; 1000; 975; 950; 900; 875; 850; 825; 800; 775; 750; 700; 650; 600; 550; 500; 450; 400; 350; 300; 250; 225 e 200 hPa) para o cálculo do transporte de umidade, ou seja, a integral vertical é realizada do nível de superfície até 200 hPa, o que resulta em valores mais precisos; b) Estimativas do Balanço de Umidade para as três caixas: Amazônia (Caixa 1) e Bacia do Prata (Caixas 2 e 3).

A Bacia Amazônica funciona como fonte de vapor d'água para outras regiões, fornecendo umidade predominantemente para o sudeste da América do Sul, região Central e Sudeste do Brasil, Bacia do Prata, e principalmente, nos meses de primavera e verão ( Marengo, 2005; Drumond et al. 2008; Arraut e Satyamurty, 2009, Nascimento 2013, Martinez e Dominguez, 2014). A umidade fornecida a partir da evapotranspiração da Amazônia é transportada pelos ventos predominantes, e a precipitação decorrente da evapotranspiração aumenta de nordeste para sudoeste na bacia (Eltahir e Bras, 1994).

Parte da umidade é interceptada pela Cordilheira dos Andes e transportada através dos JBN, a leste da cadeia de montanhas, para a Bacia do Prata, sendo que 70% da precipitação nesta região é de origem terrestre; isto significa que, a evapotranspiração com origem na Amazônia tem uma contribuição significativa sobre os recursos hídricos na bacia do Prata ( Van der Ent et al. 2010).

#### 2.4 – Jatos de Baixos Níveis

O termo Jato de Baixos Níveis (JBN) foi denotado por Means, (1952) para descrever uma zona de forte intensidade do escoamento de Sul, abaixo de 850 hPa, no Centro-Sul da Grande Planície dos Estados Unidos ( Zhong et al. 1996; Whiteman et al. (1997)).

Os primeiros estudos sobre JBN foi realizado por Blackadar, (1957) na região central dos Estados Unidos, utilizou-se uma análise de perfis verticais de ventos médios de vento obtido por uma rede de balões piloto durante o mês de janeiro de 1953, sendo verificado que a velocidade do vento assumiu valores entre 8 m/s e 15 m/s. Além disso, observou-se uma relação entre a ocorrência do jato e a inversão térmica noturna (condição pela qual o ar próximo da superfície da Terra torna-se mais frio que acima, isto é, o inverso do normal; a temperatura aumenta com altitude por uma curta distância.), em que a altura do vento máximo coincidia com o topo da inversão. Sendo assim, foi estabelecido o primeiro critério de identificação do JBN. Segundo Blackadar, o JBN deve satisfazer as seguintes condições:

- o vento máximo teria que ocorrer entre 8h e 20h local;
- a temperatura do ar, T, deveria aumentar com a altura até a distância máxima de 1396 m acima do nível do mar;
- a velocidade máxima do vento teria que ocorrer abaixo de 1396 m;
- no início da manhã T deveria diminuir com a altura em uma distância de 2 km acima do nível do mar;
- não deveria ocorrer troca de massa de ar durante a noite ou o início da manhã.

Os resultados indicavam que a maioria das inversões térmicas noturnas satisfazem essas cinco condições, apresentando uma maior frequência no verão.

A presença de montanhas pode gerar ou alterar uma diversidade de sistemas meteorológicos, dentre eles, o Jato de Baixos Níveis (JBN). Este jato corresponde a uma região de ventos máximos localizada na baixa troposfera na faixa de 1 – 2 km. Em geral, a presença do jato está relacionada com intenso gradiente de temperatura entre o continente e o oceano e com grandes cadeias de montanhas ( Stensrud, 1996). O JBN tem sido observado em diversas regiões do planeta, por exemplo, na América do Norte ( Bonner , 1968; Douglas et al. 1993 ), na África ( Findlater, 1969; Jury e Tosen, 1989 ), na América do Sul, ( Virji, 1981; Berry e Inzunza, 1993; Paegle, 1998; Salio et al. 2002; Nicolini et al. 2004; Marengo et al. 2004 ), na Europa ( Browning e Pardoe 1973), e na Austrália ( Wilson, 1975; Gunn et al. 1989 e Keenan et al. 1989 ).

#### 2.4.1 – Jatos de Baixos Níveis na América do Sul

O transporte de umidade da Bacia Amazônica para a bacia do Prata é um tema de pesquisa que vem ganhando destaque na literatura especializada, visto que diversos pesquisadores têm sugerido a existência de um fluxo norte/noroeste a leste dos Andes, o qual é responsável por um transporte significativo de umidade para o Sudeste e Sul da América do Sul ( Nicolini e Saulo, 2000; Salio et al. 2002; Marengo e Soares, 2002; Van der Ent et al. 2010 e Drumond et al. 2014 ).

Este fluxo a leste dos Andes tem sido chamado de Jato de Baixos Níveis (JBN). Os JBN podem ser definidos como sistemas de ventos com altas velocidades (acima de 10 m/s) localizadas entre um ou dois quilômetros acima da superfície, possuindo uma extensão horizontal de aproximadamente 500 km, dimensão esta, comum de escalas subsinóticas e de mesoescala. É considerado um intenso escoamento de norte/noroeste, que ocorre a leste da Cordilheira dos Andes, o qual se estende desde a Região Amazônica até a Bacia do Rio Prata. Esta região abriga parte do território da Argentina, Brasil, Bolívia, Paraguai e Uruguai, sendo responsável por 70% do Produto Interno Bruto (PIB) destes países em conjunto (Marengo e Soares, 2002).

O efeito dos Andes sobre o escoamento é mais dinâmico do que termodinâmico e produz um escoamento médio de norte ( Byerle e Paegle, 2002; Campetella e Vera, 2006), este escoamento de norte pode ser observado ao longo do ano, frequentemente apresentando um jato de baixos níveis, ( Marengo et al. 2004 ). Estes jatos de baixos níveis Sul Americanos são caracterizados pela penetração de ar em direção ao polo, que

promove transporte de umidade e calor da região Amazônica no sul da América do Sul, ( Saulo et al. 2004 ).

Um método de identificação de jato de baixos níveis foi proposto por Bonner et al. (1968) e ficou conhecido como critério de Bonner. As condições que devem ser satisfeitas simultaneamente para caracterizar um JBN são:

- Ventos meridionais de norte em 850 hPa de pelo menos 12 m/s;
- Cisalhamento vertical de pelo menos 6 m/s entre 850 e 700 hPa;
- Componente meridional do escoamento maior do que a componente zonal e com ventos de norte suficientemente intensos para anular o escoamento de sul.

Este critério é amplamente utilizado na identificação de Jato de Baixos Níveis, vários trabalhos utilizaram este critério para identificar o JBN ( Li e Le Treut. 1999; Salio et al. 2002; Saulo et al. 2000; Marengo et al. 2002; Marengo e Soares, 2002 e Marengo et al. 2004 ).

Marengo et al. (2004) desenvolveram uma climatologia do JBN da América do Sul (Figura 4), a leste dos Andes, utilizando os campos de umidade e circulação provenientes das reanálises do NCEP-NCAR no período de 1950-2000 e observações de ar superior realizadas sobre a Bolívia e o Paraguai desde 1998 utilizando a rede de sondagem atmosférica (PACS-SONET). Os campos de circulação nos níveis alto e baixo da atmosfera foram obtidos das médias sazonais e os compostos do JBN durante as estações de verão e inverno. No que concerne às características da circulação regional, durante o verão, os compostos do JBN mostram o aumento no transporte de umidade meridional em baixos níveis proveniente da América do Sul Equatorial, bem como, um trem de ondas em altos níveis oriundo da parte oeste do Oceano Pacífico propagando-se para o continente sul americano. A intensificação do JBN no verão austral está associada ao estabelecimento de uma crista em altos níveis no sul do Brasil e um cavado sobre grande parte da Argentina. As anomalias de circulação nos níveis superior e inferior da atmosfera sugerem que a intensificação do JBN afeta a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), intensificando-a e, posteriormente, a penetração de frentes frias produz chuvas intensas na região de saída do jato, contribuindo para a formação dos Complexos Convectivos de Mesoescala (CCM).



Figura 4: Modelo conceitual do JBNAS à Leste dos Andes. A seta azul representa a trajetória do ar úmido vindo da região Amazônica, a seta vermelha representa a trajetória do ar úmido do oceano Atlântico Subtropical. Fonte: Adaptado de Marengo et al. (2004).

O mecanismo do JBNAS pode ser entendido da seguinte maneira: o fluxo de ar úmido dos ventos alísios do oceano Atlântico Tropical, ao passar sobre a região Amazônica pode adquirir maior quantidade de umidade devido à forte evapotranspiração desta região. Este ar úmido e morno então é canalizado pelos Andes adquirindo uma aceleração da componente meridional do vento de Norte ( Marengo et al. 2004 ). O JBNAS afeta o tempo e o clima nas regiões Sul/Sudeste do Brasil e Norte da Argentina, pois alimenta com umidade sistemas convectivos de meso-escala que ocorrem nestas regiões. Sendo assim, o JBN que ocorre à leste dos Andes pode ser descrito como um corredor de umidade que transporta umidade da região Amazônica até a região da Bacia do Prata. Isto ocorre especialmente durante a estação chuvosa e quente, em que os ventos alísios sobre a Amazônia e Atlântico Tropical Norte estão mais fortes; ao passo que, na estação fria, o JBN é alimentado da umidade vinda do Atlântico Sul associada com o intenso anticiclone do Atlântico Subtropical, que está mais próximo do continente durante o inverno austral ( Marengo et al. 2004; Vera et al. 2006 ). Diversos autores mostram que

grande parte da umidade disponível sobre as Regiões Sul e Sudeste do Brasil, assim como sobre a Bacia do Prata, é transportada da região Amazônica pelo JBN (Marengo et al. 2004, Nascimento et al. 2004; Herdies et al. 2012;). Desta forma, a região Amazônica se apresenta como grande fonte de umidade para essas regiões.

Em Nascimento (2013), realizou-se uma climatologia de 30 anos (1979 a 2008) com a utilização dos dados de reanálises do CFSR (Climate Forecasting System Reanalysis) do NCEP com o objetivo de analisar a influência do Jato de Baixos Níveis no transporte de umidade entre trópicos e extra trópicos para as regiões da Amazônia e Bacia do Prata. Além disso, analisar o impacto das mudanças nos usos e cobertura da terra e vegetação na Amazônia e em algumas partes do Brasil. Os resultados indicam que, em média, para o período de 1979 a 2008 a Amazônia e a Bacia do Prata comportaram-se como sumidouro de umidade ( $ET < P$ ). Com a atuação do JBN a Amazônia comporta-se como fonte de umidade, diferentemente do encontrado para todo o período e para a Bacia do Prata verificou-se que o norte da bacia se comporta como fonte de umidade e o sul como sumidouro.

### 3 - MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 – Área de Estudo

Para estimar a variabilidade do fluxo de umidade integrado verticalmente foi selecionado três caixas (volume de controle). A caixa 1 é delimitada pelas seguintes coordenadas 3°N a 14°S; 70°W a 50°W e representa aproximadamente 85% região da Bacia Amazônica, a caixa 2 é delimitada por 14°S a 24°S; 65°W a 45°W e representa parte norte da Bacia do Prata e engloba as regiões Sudeste e Centro-Oeste do Brasil, o Centro-Leste da Bolívia e Centro-Norte do Paraguai. Por fim, a caixa 3 delimitada por 24°S a 34°S; 65°W a 47°W representa a parte sul da Bacia do Prata e abrange a região sul do Brasil, Sul do Paraguai e Norte da Argentina. Com relação ao posicionamento das caixas 2 e 3 foi necessário um deslocamento de 5° para leste em relação a caixa 1, para possibilitar a análise do fluxo de umidade a leste da Cordilheira dos Andes. Na Figura 5 é mostrado o diagrama esquemático para as três caixas da área de estudo.

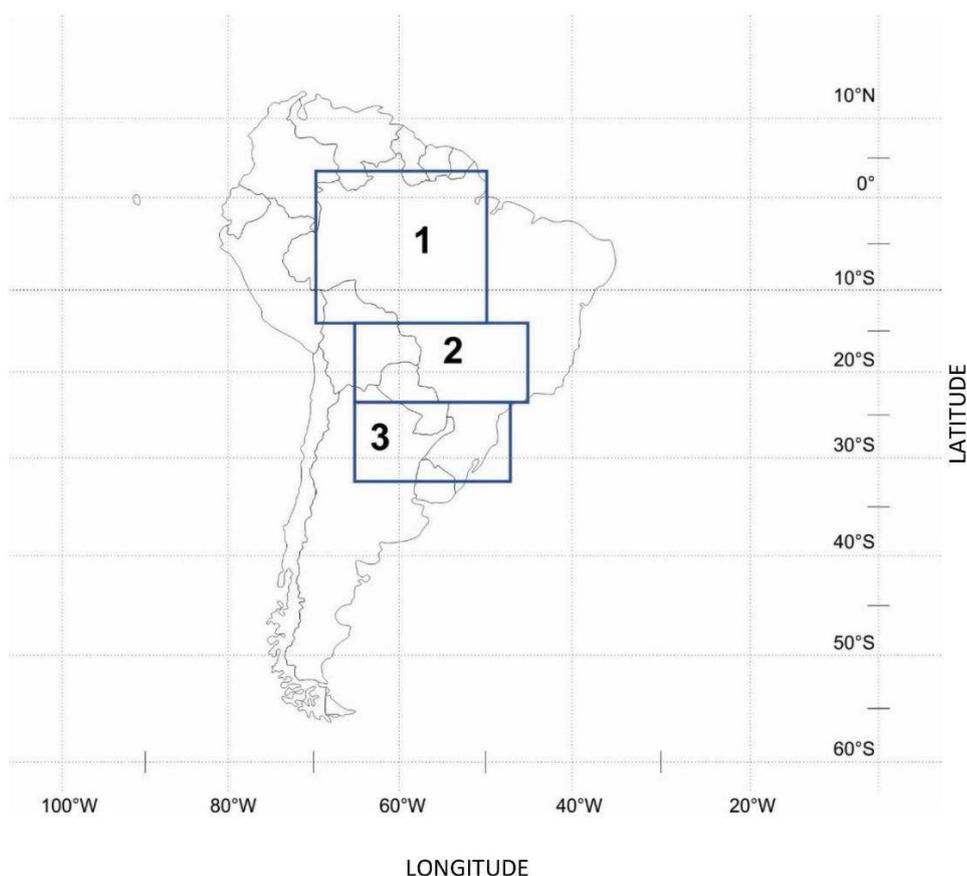


Figura 5: Diagrama esquemático para as três caixas da área de estudo.

A área das caixas 1, 2 e 3 é aproximadamente 4,14; 2,32 e  $1,93 \cdot 10^{12}m^2$ , respectivamente.

### 3.2 – ECMWF e ERA-Interim

O ECMWF foi criado em 1975 com o intuito de reunir os recursos meteorológicos da Europa para produzir dados climáticos precisos e previsões a médio prazo. O ECMWF foi custeado pela Cooperação Europeia em Ciência e Tecnologia (COST), que é uma organização financiadora para a criação de redes de pesquisa, chamada COST actions. Estas redes oferecem um espaço para colaboração entre cientistas em toda a Europa (e além) e, portanto, impulsionam avanços de pesquisa e inovação.

O ECMWF é uma organização intergovernamental independente que é custeada por 34 estados. A principal missão do ECMWF é produzir previsões de tempo numéricas, conduzir pesquisa técnica e científica para melhorar a habilidade de previsão e manter um arquivo de dados meteorológicos. Os dados meteorológicos do ECMWF passam por um processo chamado de reanálise, que será detalhado a seguir.

A reanálise é um processo pelo qual as observações passadas da atmosfera, passaram por modernos controles de qualidade de dados e reprocessamento, são reanalisados usando um modelo de previsão numérica de última geração. Este procedimento gera as melhores análises possíveis, com a melhor consistência de tempo. No entanto, como o sistema de análise e previsão está continuamente mudando, com o intuito a melhorar as previsões do tempo, o procedimento de reanálise precisa ser repetido a cada poucos anos para se beneficiar dos recentes aperfeiçoamentos no sistema.

O projeto ERA-Interim foi iniciado em 2006 para fornecer uma ponte entre a reanálise anterior do ECMWF, ERA-40 (1957-2002), e a reanálise prolongada da próxima geração prevista no ECMWF. Os principais objetivos do projeto foram melhorar alguns aspectos-chave do ERA-40, como a representação do ciclo hidrológico, a qualidade da circulação estratosférica e o tratamento de vieses e mudanças no sistema de observação. Esses objetivos foram amplamente alcançados como resultado de uma combinação de fatores, incluindo muitas melhorias no modelo, o uso de análise variacional de 4 dimensões, uma análise de umidade revisada, o uso de correção de vies

variacional para dados de satélite e outras melhorias no tratamento de dados, Berrisford et al (2011).

O ERA-Interim é uma reanálise atmosférica global de 1979, atualizada continuamente em tempo real. O sistema de assimilação de dados usado para produzir o ERA-Interim é baseado em uma versão de 2006 do Sistema Integrado de Previsão (*Integrated Forecast System – IFS, Cy31r2*). Este sistema inclui uma análise variacional em 4 dimensões com uma janela de análise de 12 horas. A resolução espacial do conjunto de dados é de aproximadamente 80 km em 60 níveis verticais a partir da superfície até 0,1 hPa.

As reanálises do ERA-Interim são geradas pela assimilação de dados observacionais em um período de tempo, para produzir condições iniciais em modelos Dee et al. (2011). O projeto ERA-Interim do ECMWF é a mais recente reanálise atmosférica global produzida por este centro de previsão, que abrange o período de 01 de janeiro de 1979 até a data atual e apresenta resolução espacial de até 0,125° de latitude e 0,125° de longitude e dados com até 37 níveis de pressão.

As reanálises do ERA-Interim deixaram de ser processadas em 31 de agosto de 2019 com o advento do novo conjunto de dados ERA-5, que combina grandes quantidades de observações históricas em estimativas globais usando sistemas avançados de modelagem e assimilação de dados. Esse conjunto de dados apresenta algumas melhorias em relação ao ERA-Interim que são apresentadas no Quadro 1.

Quadro 1: Comparativo entre o ERA-Interim e o ERA-5

	ERA-Interim	ERA-5
Período de Abrangência	1979- 2019	1950 até o presente
Resolução Espacial	79km global, 60 níveis até 0,1 hPa	31km global, 137 níveis até 0,01 hPa
Resolução Temporal	A cada 6 horas	A cada 3 horas
Parâmetros	100 na superfície	240 na superfície

### 3.3 – Dados de umidade específica e componentes do vento

Na pesquisa são utilizados os dados diários de umidade específica, componente zonal do vento ( $u$ ) e componente meridional ( $v$ ) do vento em 23 níveis de pressão: superfície; 1000; 975; 950; 900; 875; 850; 825; 800; 775; 750; 700; 650; 600; 550; 500; 450; 400; 350; 300; 250; 225 e 200 hPa com resolução espacial  $1^\circ \times 1^\circ$  (latitude-longitude) nos seguintes horários (0000, 0600, 1200 e 1800 - UTC). Estes dados são do tipo netcdf e foram obtidos a partir das reanálises do ECMWF. O período utilizado para análise corresponde aos anos de 1979 a 2016 do ERA Interim.

### 3.4 – Dados de Precipitação

Assim como os dados das componentes de ventos e umidade específica, nesta pesquisa também são usados dados diários de precipitação total da ERA-Interim no período de 1979 a 2016 com resolução espacial  $1^\circ \times 1^\circ$  (latitude-longitude). Estes dados são disponibilizados pelo ECMWF em dois horários. Os dados de precipitação total são dados da categoria superfície, portanto, são representados em três dimensões. Denota-se por  $p_t(\lambda, \phi, t)$  a precipitação total, na qual a primeira entrada é a longitude, a segunda é a latitude e a terceira é o tempo.

Com relação ao uso de dados de reanálise de precipitação, é oportuno mencionar Almeida et al (2018), que investigaram como três diferentes conjuntos de dados de precipitação de reanálise global (NCEP-2, ERA Interim e CFSR-1) representam padrões e intensidade de precipitação associados ao sistema de monção da América do Sul em comparação com a análise baseada em dados de estações meteorológicas. Concluíram que, entre os três conjuntos, o ERA-Interim foi o que simulou melhor a variabilidade observada na precipitação durante a estação de atuação do sistema de monção da América do Sul.

### 3.5 – Precipitação total interanual

Seja  $p_t(\lambda, \phi, t)$  a precipitação total, denota-se por  $\bar{P}_k(i, j)$  a precipitação média do mês  $k$  para o ponto de longitude  $\lambda$  e latitude  $\phi$  em um mês com  $n$  dias. Matematicamente, tem-se:

$$\bar{P}_k(\lambda, \phi) = \frac{1}{n_d} \sum_{t=1}^{n_d} p_t(\lambda, \phi, t) \quad (1)$$

Na qual,  $n_d$  é o número de dias do mês considerado. Agora, para obter a precipitação média basta somar todos os valores obtidos para a estrutura de dados e dividir pela quantidade de pontos da grade, que é igual ao produto  $n_\lambda \cdot n_\phi$ . Por simplicidade, denota-se  $n_p = n_\lambda \cdot n_\phi$ . Sendo assim, obtém-se:

$$\bar{P}_k = \frac{1}{n_p} \sum \bar{P}_k(\lambda, \phi) \quad (2)$$

Na qual,  $n_p$  representa o número de pontos da grade e  $\bar{P}_k$  representa a precipitação média do mês  $k$ . Por exemplo, se  $k = 1$ , tem-se  $\bar{P}_1$  que será a precipitação média do mês de janeiro,  $k = 2$ , tem-se  $\bar{P}_2$  que será a precipitação média de fevereiro e assim sucessivamente.

### 3.6 – Fluxo de Vapor d'água e Convergência

Para a determinação do fluxo de vapor d'água entre a superfície e um determinado nível da atmosfera, sobre uma região, é necessário obter a contribuição na camada das componentes do fluxo zonal  $Q_\lambda$  e meridional  $Q_\phi$ . O fluxo de umidade integrado verticalmente foi realizado utilizando a metodologia de Rao et al. (1998); Satyamurty et al. (2013); Coutinho et al. (2013). Sendo dado pelas seguintes equações:

$$Q_\lambda = \frac{1}{g} \int_{p_s}^p qu \, dp \quad (3)$$

$$Q_\phi = \frac{1}{g} \int_{p_s}^p qv \, dp \quad (4)$$

Na qual  $Q_\lambda$  e  $Q_\phi$  e representam o fluxo de umidade zonal e meridional,  $g$  é a aceleração devida à gravidade,  $q$  é a umidade específica,  $u$  e  $v$  são as componentes do vento zonal e meridional e  $p$  representa a pressão na parte superior no domínio de integração (200 hPa) e  $p_s$  é a pressão à superfície. A integral vertical é realizada entre  $p_s$  e 200 hPa, pois a quantidade de vapor de água acima desse nível de pressão é praticamente nula e pode ser desconsiderada.

Para avaliar a convergência do fluxo de umidade foi considerada uma caixa de umidade e calculada a divergência do fluxo de umidade utilizando a integral de linha fechada (Teorema de Gauss) na qual  $l$  é a distância ao longo da fronteira fechada  $L$  em volta da área,  $\vec{n}$  é o vetor unitário normal a fronteira,  $A$  é o valor da área de estudo em  $\text{km}^2$ ,  $\vec{Q}$  é o vetor do fluxo de umidade. Matematicamente, tem-se:

$$\oint_L \vec{Q} \cdot \vec{n} dl = \iint_S \nabla \cdot \vec{Q} dA$$

$$\overline{\nabla \cdot \vec{Q}} = \frac{1}{A} \oint_L \vec{Q} \cdot \vec{n} dl \quad (5)$$

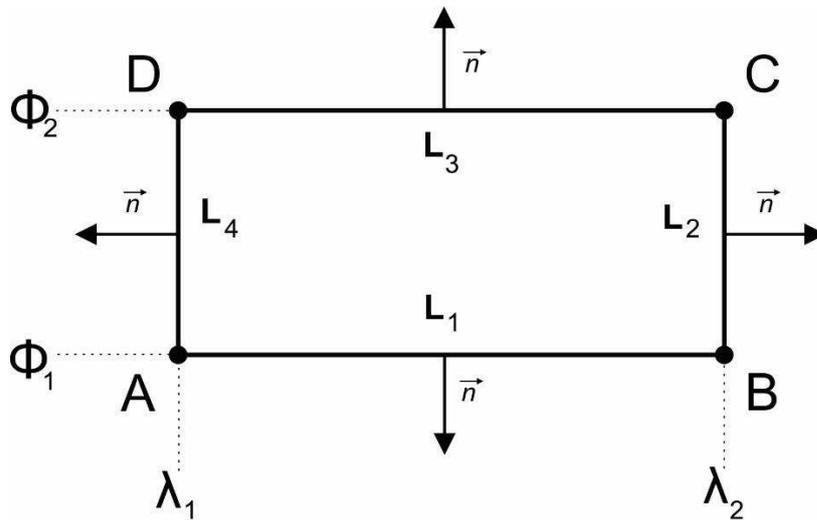


Figura 7: Teorema de Gauss aplicado ao Caminho L.

A integral de linha da equação (5) pode ser calculada em uma região retangular a partir do cálculo da integral definida em cada fronteira da caixa, percorrendo o sentido de circulação anti-horário, conforme mostrado na Figura 7.

$$\oint_L \vec{Q} \cdot \vec{n} dl = - \int_{L_1} Q_\phi dx + \int_{L_2} Q_\lambda dy + \int_{L_3} Q_\phi dx - \int_{L_4} Q_\lambda dy \quad (6)$$

Por simplicidade, iremos denotar os fluxos de umidade integrado verticalmente em cada uma das fronteiras sul, leste, norte e oeste pelas seguintes expressões:

$$T_S = - \int_{L_1} Q_\phi dx \quad (7)$$

$$T_L = \int_{L_2} Q_\lambda dy \quad (8)$$

$$T_N = \int_{L_3} Q_\phi dx \quad (9)$$

$$T_O = - \int_{L_4} Q_\lambda dy \quad (10)$$

Os valores positivos obtidos na equação (6) representa a divergência do fluxo de umidade, ou seja, o fluxo está saindo da região. Em outras palavras, a região é considerada uma fonte de umidade atmosférica. Por outro lado, os valores negativos de divergência do fluxo de umidade significa que o fluxo está entrando na região, ou seja, temos um sumidouro de umidade atmosférica.

A convergência total do fluxo de vapor de água integrado verticalmente,  $C_T$ , sobre a área de estudo é dada por

$$C_T = T_N + T_S + T_L + T_O \quad (11)$$

O cálculo da contribuição da convergência de umidade para a precipitação nas áreas destacadas da Figura 6 é feita com base nos estudos de Satyamurty et al., (2013) a partir da seguinte equação

$$P_m = \frac{C_T}{A} \quad (12)$$

na qual  $A$  é a área de estudo e  $P_m$  representa a precipitação devido a convergência de umidade sobre a área.

A convergência de umidade, um dos componentes do balanço hidrológico, apresenta forte relação com a precipitação, e esta por sua vez, também é determinante para os níveis dos rios (Satyamurty et al. 2013). Silveira (2015) destaca que a convergência de umidade é um componente que tem influência direta na precipitação total.

Recentemente, Coutinho et al. (2018) investigaram a convergência de umidade como apoio na previsão de tempo, quando há atuação de sistemas meteorológicos no Nordeste do Brasil a partir de um estudo de caso. Os resultados indicam que analisar a convergência e os fluxos de umidade podem dar suporte ao previsor, não descartando obviamente outras variáveis cabíveis para uma previsão do tempo.

## CAPÍTULO 4

### RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 4.1 – Precipitação total

A partir dos dados de precipitação total do ERA-Interim fornecidos pelo ECMWF foram obtidos os valores médios de precipitação interanual com o objetivo de apresentar sua variabilidade nas bacias Amazônica e do Prata. Na Figura 7, as linhas sólidas representam os valores de precipitação em cada ano do período de 1979 a 2016, já as linhas tracejadas indicam a tendência ao longo do período.

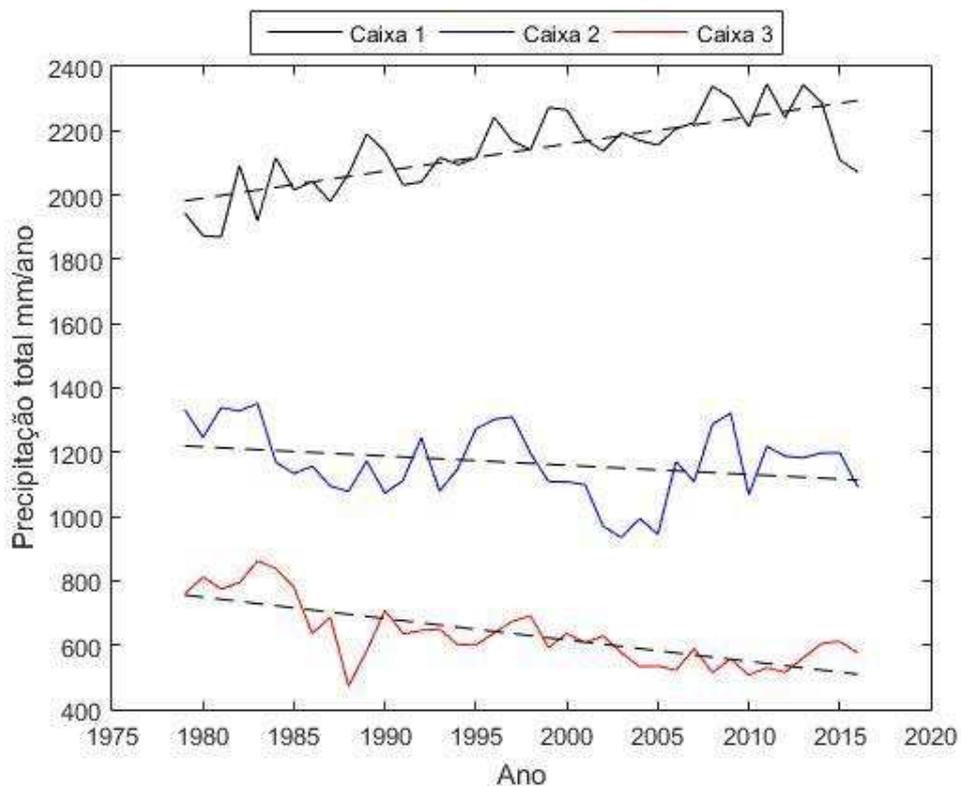


Figura 7: Precipitação total interanual de 1979 a 2016 nas três caixas.

Com relação ao gráfico da Figura 7, tem-se uma precipitação média na bacia Amazônica (caixa 1) de 2.138,10 mm/ano com valor máximo de 2.345,65 ocorrido no ano 2011 e valor mínimo 1.869,53 ocorrido no ano de 1981. Na Bacia do Prata (caixa 2) a precipitação média foi de 1.166,60 mm/ano com valor máximo de 1.352,04 em 1983 e mínimo 934,69 em 2003. Por fim, na Bacia do Prata (caixa 3) tem-se um valor de 632,60 mm/ano com máximo de 862 em 1983 (El Niño) e mínimo 473,11 em 1988.

Com relação as tendências, observou-se que as caixas 1, 2 e 3 são descritas por retas de equações dadas por  $y = 8,44x + 1973,45$ ;  $y = -2,86x + 1222,47$  e  $y = -6,66x + 762,48$  respectivamente, na qual  $x$  representa o ano e  $y$  o valor de precipitação total. Além disso, as retas possuem coeficiente de determinação iguais a 0,57; 0,08 e 0,56 para as equações das retas respectivamente das caixas 1, 2 e 3. O coeficiente angular positivo da equação da reta para a caixa 1 indica uma variação da precipitação na quantidade de precipitação. Enquanto que, o coeficiente angular negativo obtido para as caixas 2 e 3 indicam uma redução na quantidade de precipitação. Em outras palavras, verificou-se que a caixa 1 possui tendência positiva, devido ao coeficiente angular da equação ser positivo e as caixas 2 e 3 tendência negativa, por apresentar coeficientes angulares negativos.

Na Figura 7, observa-se que, de um modo geral, os anos com chuvas mais elevadas na Bacia Amazônica tendem a ser anos menos chuvosos na região da Bacia do Prata, principalmente na parte sul, vice-versa, como, por exemplo, no ano de 1983, ano de evento El-Niño, menos chuvas na Amazônia e mais na parte sul da Bacia do Prata, em 1989, ano de La Niña, observou-se o inverso de 1983. Entretanto, existem anos que ocorre uma concordância de sinal, por exemplo, nos de 2005, 2010 e 2016, verifica-se uma diminuição da precipitação em relação ao ano anterior. Ressalta-se que 2005 foi um ano neutro no Pacífico Equatorial, houve uma ocorrência de La Niña na segunda metade de 2010 e de um evento El Niño em 2016. A propósito, Grimm e Tedeschi (2009) descreveram sobre eventos de precipitação elevada no norte e seca no sul da América do Sul durante períodos de La Niña. Assim como o inverso nos períodos de El Niño.

#### 4.2 - Transporte de umidade

A partir dos dados do ERA-Interim, estimou-se o transporte de umidade anual para o período de 1979 a 2016 nas caixas 1, 2 e 3. Nas Figuras 8, 9 e 10, são apresentadas o transporte médio de umidade para as caixas 1, 2 e 3, respectivamente. Na Figura 8, verifica-se que a entrada do fluxo de umidade na caixa 1 ocorre pelas fronteiras leste e norte, a saída acontece pelas fronteiras sul e oeste. A entrada do fluxo de umidade pela fronteira leste é bem maior do que pela fronteira norte, ou seja, a maior parte do fluxo de umidade que entra na caixa 1 é proveniente da umidade do Oceano Atlântico. Em

concordância, Satyamurty et al (2010, 2013) destaca que grande parte da precipitação regional da Amazônia é devido à convergência de umidade proveniente do Oceano Atlântico. O balanço médio de umidade na caixa 1 é  $12,7784 \cdot 10^7$  kg/s, o que corresponde a 974,09 mm/ano, que corresponde a 46% da precipitação total anual média da bacia Amazônica.

Em concordância, Costa (2015) destaca que as principais entradas de umidade para a bacia Amazônica ocorrem pelas fronteiras norte e leste da bacia, através dos rios aéreos (fluxos de umidade na atmosfera). As fontes para a bacia Amazônica estão nas saídas das altas subtropicais no Atlântico Norte e no Atlântico Sul.

Na Figura 9 observa-se que a entrada do fluxo de umidade na caixa 2 ocorre pelas fronteiras norte, leste e oeste, sendo que pelo norte é mais significativo do que pelas outras fronteiras. A saída do fluxo de umidade acontece pela fronteira sul. O transporte médio da fronteira sul da caixa 1 tem influência direta no fluxo de entrada ao norte da caixa 2. O balanço médio da caixa 2 é  $1,2861 \cdot 10^7$  kg/s o que corresponde a 174,83 mm/ano, que representa 31% da precipitação da parte norte da Bacia do Prata.

Na Figura 10, nota-se que a entrada do fluxo de umidade na caixa 3 é devido às fronteiras norte e oeste, sendo que, pelo norte, é mais significativo do que pelo oeste. Por outro lado, a saída do fluxo de umidade ocorre pelas fronteiras sul e leste. O balanço médio da caixa 3 é  $1,907 \cdot 10^7$  kg/s o que corresponde a 309,26 mm/ano, que equivale a 51% da precipitação da parte sul da Bacia do Prata.

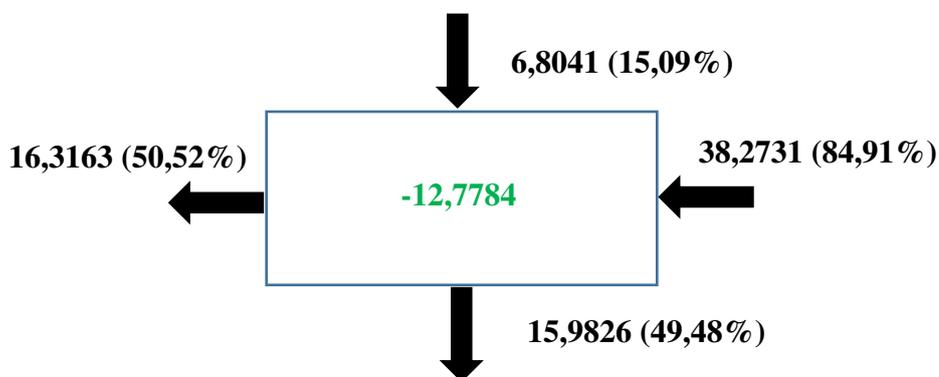


Figura 8: Transporte médio de umidade anual para a caixa 1 ( 3°N a 14°S;70°W a 50°W) no período de 1979 a 2016, Unidade:  $10^7$  kg/s.

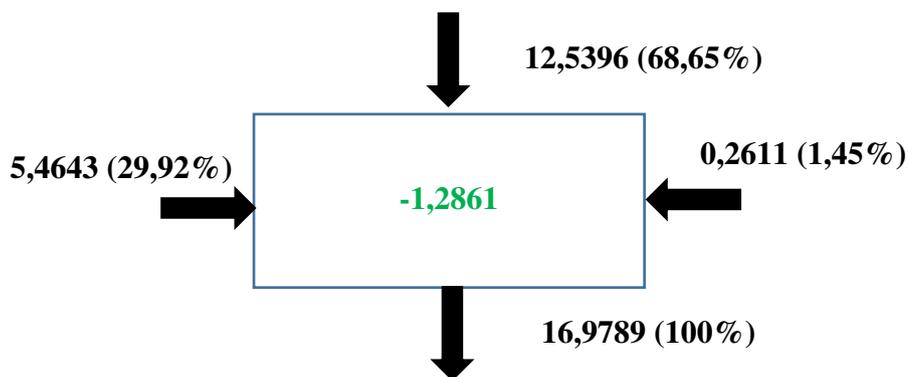


Figura 9: Transporte médio de umidade anual para a caixa 2 (14°S a 24°S;65°W a 45°W) no período de 1979 a 2016, Unidade:  $10^7$  kg/s.

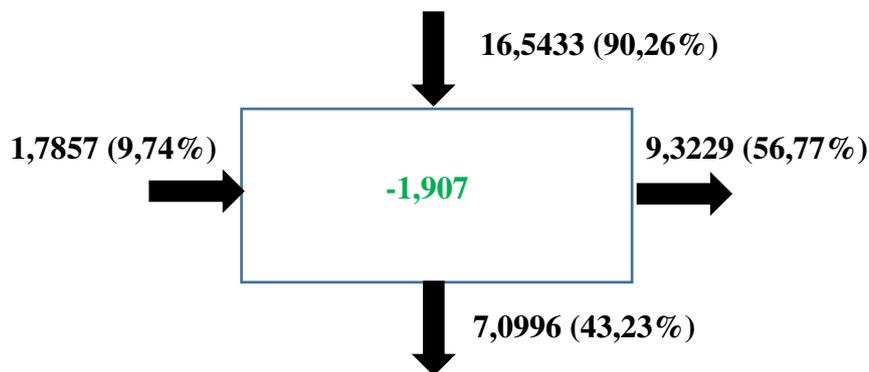


Figura 10: Transporte médio de umidade anual para a caixa 3 (24°S a 34°S;65°W a 47°W) no período de 1979 a 2016, Unidade:  $10^7$  kg/s.

A Bacia Amazônica recebe do Oceano Atlântico (FN e FL)  $45,08 \cdot 10^7$  kg/s e contribui com aproximadamente  $36,07 \cdot 10^7$  kg/s no transporte de umidade para a Bacia do Prata, o que corresponde à, aproximadamente, 90% do saldo do transporte de umidade para a Bacia do Prata. Em outras palavras, grande parte da umidade disponível na Bacia do Prata é proveniente da Bacia Amazônica.

A partir dos valores de transporte de umidade foram obtidas as porcentagens mensais para as entradas nas caixas 1, 2 e 3. O Quadro 2 mostra o transporte de umidade ao longo dos meses nas quatro fronteiras, observa-se que a umidade proveniente do Oceano Atlântico pela (FN) contribui com aproximadamente 16,5%, ao passo que, na

(FL), a umidade oriunda do Oceano Atlântico Sul representa 83,50% na entrada de umidade na Amazônia (caixa 1).

Quadro 2: Porcentagem do Transporte de umidade para as entradas na caixa 1.

<b>Meses</b>	<b>FN</b>	<b>FL</b>	<b>FS</b>	<b>FO</b>
Janeiro	41,2	58,8	0,0	0,0
Fevereiro	35,5	64,5	0,0	0,0
Março	51,6	48,4	0,0	0,0
Abril	21,0	78,9	0,1	0,0
Mai	9,9	90,0	0,1	0,0
Junho	1,2	98,8	0,0	0,0
Julho	0,1	99,9	0,0	0,0
Agosto	0,0	100,0	0,0	0,0
Setembro	0,1	99,9	0,0	0,0
Outubro	3,8	96,2	0,0	0,0
Novembro	15,0	85,0	0,0	0,0
Dezembro	32,1	67,2	0,0	0,7

Vale destacar, que Correia et al. (2007) descreve que, no período da estação chuvosa na Amazônia, a taxa de precipitação é geralmente maior que o dobro da taxa de evapotranspiração, o que significa que a maior parte da umidade disponibilizada para gerar as chuvas é transportada de fora da região, no caso do Oceano Atlântico, pelos ventos alísios que sopram predominantemente de leste. Em concordância, Pesquero (2009), Satyamurty et al. (2013), Nascimento (2013), Costa (2015) analisaram o transporte de umidade na Amazônia e verificaram a importância da entrada de umidade na Amazônia pelas fronteiras norte e leste.

O Quadro 3 apresenta a distribuição do transporte de umidade ao longo das quatro entradas (fronteiras norte, sul, leste e oeste) em termos de porcentagem ao longo dos meses para o período de 1979 a 2016. A Bacia do Prata (caixa 2) recebe umidade através das fronteiras norte (63,2%), oeste (27,6%), leste (9,1%) e sul (0,1%). Os dados mostram que a caixa 2 recebe 90,8% da umidade pelas fronteiras norte e oeste, ambas oriundas da Bacia Amazônica destacando a importância do fluxo de umidade que sai pela fronteira sul da caixa 1 e a parte do fluxo que entra pela fronteira oeste que é favorecida pela presença dos Andes, contribuindo com a umidade para a caixa 2.

Quadro 3: Porcentagem do transporte de umidade para as entradas na caixa 2.

<b>Meses</b>	<b>FN</b>	<b>FL</b>	<b>FO</b>	<b>FS</b>
Janeiro	76,9	7,6	15,1	0,4
Fevereiro	66,9	20,9	12,2	0,0
Março	69,5	17,9	12,6	0,0
Abril	51,2	20,5	28,3	0,0
Mai	60,4	5,3	34,3	0,0
Junho	52,1	6,5	41,5	0,0
Julho	48,9	9,2	41,9	0,0
Agosto	47,0	12,4	40,6	0,0
Setembro	56,7	5,4	37,9	0,0
Outubro	64,5	4,5	30,9	0,0
Novembro	73,5	2,4	24,1	0,0
Dezembro	78,2	0,8	20,7	0,3

O Quadro 4 apresenta a distribuição do transporte de umidade nas quatro entradas (fronteiras norte, oeste, leste e sul) em termos de porcentagem ao longo dos meses para o período de 1979 a 2016. A parte sul da Bacia do Prata, (caixa 3) recebe umidade principalmente, através das FN (88,2%), FO (10,3%), FL (1,1%) e FS (0,4%). Os resultados indicam que a caixa 3 recebe 98,5% do fluxo de umidade proveniente da Amazônia e 1,5% da umidade vinda do Oceano Atlântico Sul.

Quadro 4: Porcentagem do transporte de umidade para as entradas na caixa 3.

<b>Meses</b>	<b>FN</b>	<b>FS</b>	<b>FL</b>	<b>FO</b>
Janeiro	93,2	0,0	6,2	0,7
Fevereiro	97,7	0,1	1,3	0,9
Março	93,6	0,0	3,7	2,7
Abril	88,1	0,1	0,4	11,4
Mai	79,9	2,2	0,0	17,9
Junho	82,5	0,1	0,0	17,4
Julho	84,2	0,3	0,0	15,5
Agosto	84,3	0,0	0,0	15,7
Setembro	85,4	0,1	0,0	14,6
Outubro	88,3	0,1	0	11,6
Novembro	87,9	0,5	1,1	10,5
Dezembro	93,7	1,1	0,7	4,5

Ao contabilizar a contribuição da umidade proveniente da Bacia Amazônica para a do Prata obtém-se um percentual de 93,3%, ou seja, 93,3% da umidade recebida pela

bacia do Prata por meio da atmosfera é proveniente da Amazônia, ao passo que, diretamente do Oceano Atlântico Sul o transporte de umidade para a bacia do Prata é de apenas 7,6%. Estes valores mostram que a Amazônia tem um papel fundamental na distribuição da umidade para a América do Sul. Portanto, os resultados obtidos mostram que a principal fonte de umidade para a bacia do Prata é a Amazônia. No Quadro 5 são apresentados os dados para os totais médios anuais.

Quadro 5: Porcentagem do Transporte de umidade para as 3 caixas.

	Contribuição			
	Atlântico Norte		Atlântico Sul	
Caixa 1	FN		FL	
	16,6		83,4	
	Amazônia		Atlântico Sul	
Caixa 2	FN	FO	FL	FS
	63,2	27,6	9,1	0,1
	Amazônia		Atlântico Sul	
Caixa 3	FN	FO	FL	FS
	86,3	10,1	2,1	1,5

Os resultados revelam que a Área 2 que compreende a Região Sudeste e Centro-Oeste, Centro-leste da Bolívia e Centro-norte do Paraguai recebe umidade, principalmente da Amazônia (90,8 %), como mostra o Quadro 5.

O fluxo de umidade da fronteira oeste da caixa 1 é redirecionado para a caixa 2 devido à presença dos Andes e pode se utilizar do fenômeno de Jatos de Baixos Níveis a Leste dos Andes ( Nascimento et al. (2016) ). A parte norte da Bacia do Prata (caixa 2) recebe, em média, umidade da Amazônia pelas fronteiras norte (63,2 %) e oeste (27,6 %) e uma contribuição do Atlântico Sul (9,2%, fronteiras leste e sul). Em outras palavras, a Amazônia fornece grande parte da umidade na Caixa 2. Estes resultados concordam com os de Nascimento (2013) e Martinez e Dominguez (2014). Rocha et al. (2017) mencionaram que a Amazônia representa uma importante fonte de umidade para outras regiões da América do Sul, contribuindo para o regime de precipitação em outras áreas do continente.

Quadro 6: Porcentagem do transporte de umidade na caixa 2 (janeiro a dezembro) e para o período seco e chuvoso.

	Amazônia		Oceano Atlântico Sul
	FN	FO	FL
Caixa 2	68,7%	29,9%	1,4%
Período Seco	55,7%	45,3%	--
Período Chuvoso	75,6%	21,7%	2,69%

Antes de realizar uma análise da variabilidade interanual é conveniente mostrar os valores médios climatológicos obtidos para períodos distintos (seco e chuvoso). O Quadro 6 mostra a porcentagem da umidade fornecida pela Amazônia para a caixa 2, principalmente pelas fronteiras norte e oeste. Considerando a caixa 2, tem-se 90,8% de umidade oriunda da Amazônia e 9,2% do Oceano Atlântico Sul. Para o período seco, o saldo de umidade das caixas 2 e 3 é praticamente proveniente da Amazônia representa 97,2% (96,1% da caixa 2 e 98,4% da caixa 3), o aporte diretamente do Atlântico Sul é de apenas 2,8%. Ao passo que, no período chuvoso, tem-se 90,8% de umidade vinda da Amazônia e 9,2% (12,7% caixa 2 e 4,9 caixa 3) do Oceano Atlântico Sul. Com relação ao período chuvoso da caixa 2, nota-se um aumento da umidade pela fronteira norte e uma redução pela fronteira oeste. Por outro lado, no período seco, observa-se uma redução do transporte de umidade pela fronteira norte e um aumento pela fronteira oeste. Destaca-se que este tipo de configuração está relacionado com a circulação da Atmosfera sobre o Oceano Atlântico Sul.

Ao elaborar uma análise interanual observa-se que, para a caixa 1, que no decil inferior, ou seja, os quatro anos mais secos a contribuição do Atlântico Sul para o saldo de umidade é de 89,5% e do Atlântico Norte, 10,5%. Por outro lado, para o decil superior, os quatro anos mais chuvosos, a contribuição do Atlântico Norte do Atlântico Norte para o Saldo de umidade é quase 18%. Ressalta-se que esta diferença (10,5% - anos mais secos e 18% - anos mais chuvosos) é estatisticamente significativa. De acordo com Reboita et al. (2010) o principal sistema produtor de chuvas na Amazônia é a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCIT). Portanto, em anos mais chuvosos, a ZCIT permanece, em média, um maior período de tempo ao sul do Equador. Isto faz com que o escoamento de nordeste trazendo umidade do Atlântico Norte permaneça um período de tempo maior sobre a região Amazônia.

Ao realizar análise para valores mensais, observa-se, que, durante os meses de julho a setembro a umidade para o Amazônia é toda proveniente do Atlântico Sul. Em alguns meses específicos - como dezembro de 1989 e janeiro de 1985 - as contribuições de umidade do Atlântico Norte foram de 99,7% e 90%, respectivamente. Ressalta-se que esses anos/meses foram de ocorrência de La Niña e conforme Kayano e Capistrano (2014) durante o período de eventos de La Niña ocorre escoamento do Atlântico Norte para a Amazônia.

Para o balanço de umidade na caixa 2, não se observa diferenças nos percentuais de umidade provenientes diretamente do Atlântico Sul, uma vez que se observaram valores em torno de 7% para o decil inferior, os quatro anos mais secos, e de 6,5% para o decil superior, os quatro anos mais chuvoso. Os dois anos como maiores contribuições percentuais do Atlântico Sul foram 1984 e 1989, com valores de 17,6% e 16,3%, respectivamente. É oportuno mencionar que, em 1984 e em 1989, ocorreu advecção de umidade do Atlântico Sul para a América do Sul de janeiro a agosto e de janeiro a julho, respectivamente, proporcionado pelo posicionamento anômalo do Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul durante os referidos meses.

Os totais de precipitação, para área da caixa 2, nestes anos foram chuvas próximas da média climatológica. Para valores mensais, no mês de julho não se observou nenhuma contribuição do Atlântico Sul para o saldo de umidade na área da caixa 2. Por outro lado, nos meses de janeiro de 1999, abril de 1989 e fevereiro de 1984 observaram-se contribuições do Atlântico Sul de 90%, 61% e 55%, respectivamente. A configuração da circulação sobre o Atlântico Sul é a peça básica que define a contribuição deste Oceano para o provimento de umidade para área norte da Bacia do Prata.

#### 4.3 - Convergência de umidade

A partir dos valores de convergência de umidade interanual para as caixas 1, 2 e 3 foram elaborados os gráficos da sua variabilidade para o período de 1979 a 2016 mostrado na Figura 11. A caixa 1 apresenta uma média de 974,09 mm/ano e mínimo de convergência de umidade de 536,49 mm/ano ocorrido em 1981 e um máximo de 1318,23 mm/ano em 2013, na caixa 2 obteve-se uma média de 174,83 mm/ano e um mínimo de -

15,27 mm/ano em 1985 e máximo de 349,33 em 2008. Por fim, a caixa 3 apresenta média de 309,26 mm/ano e mínimo de 98,91 mm/ano em 1988 e máximo de 628,25 mm/ano em 2002. As Bacias Amazônica (Caixa 1) e do Prata (caixas 2 e 3) comportam-se como sumidouro de umidade atmosférica. Entretanto, na Bacia do Prata (caixa 2), comportam-se como fonte de umidade atmosférica nos anos 1985, 1990 e 1999.

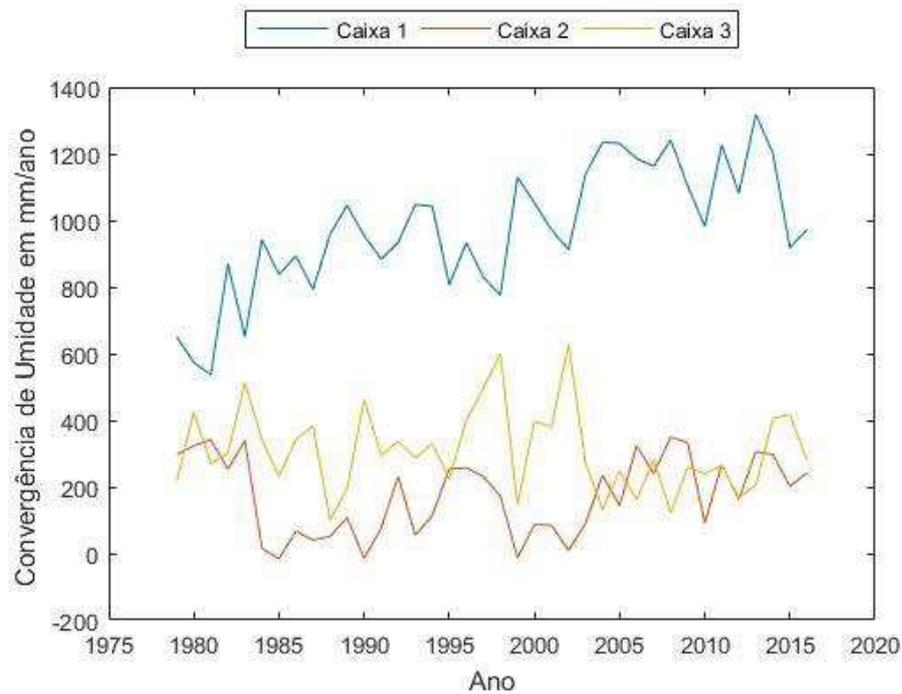


Figura 11: Convergência de umidade interanual nas caixas 1, 2 e 3.

Na Figura 12 é apresentado o transporte de umidade interanual nas fronteiras norte e sul das caixas 1, 2 e 3. Em 3°N da fronteira norte da caixa 1, linha azul sólida, tem-se uma média de  $-6,8041 \cdot 10^7$  kg/s, o que representa um fluxo de entrada pela FN. Em 14°S da fronteira sul da caixa 1, linha vermelha sólida, obteve-se uma média de  $-15,9826 \cdot 10^7$  kg/s (saída de umidade). Em 24°S da fronteira sul da caixa 2, linha amarela sólida, resultou uma média de  $-16,9789 \cdot 10^7$  kg/s (saída de umidade). Em 34°S da fronteira sul da caixa 3 (saída de umidade), linha roxa sólida, tem-se uma média de  $-7,0996 \cdot 10^7$  kg/s (saída de umidade).

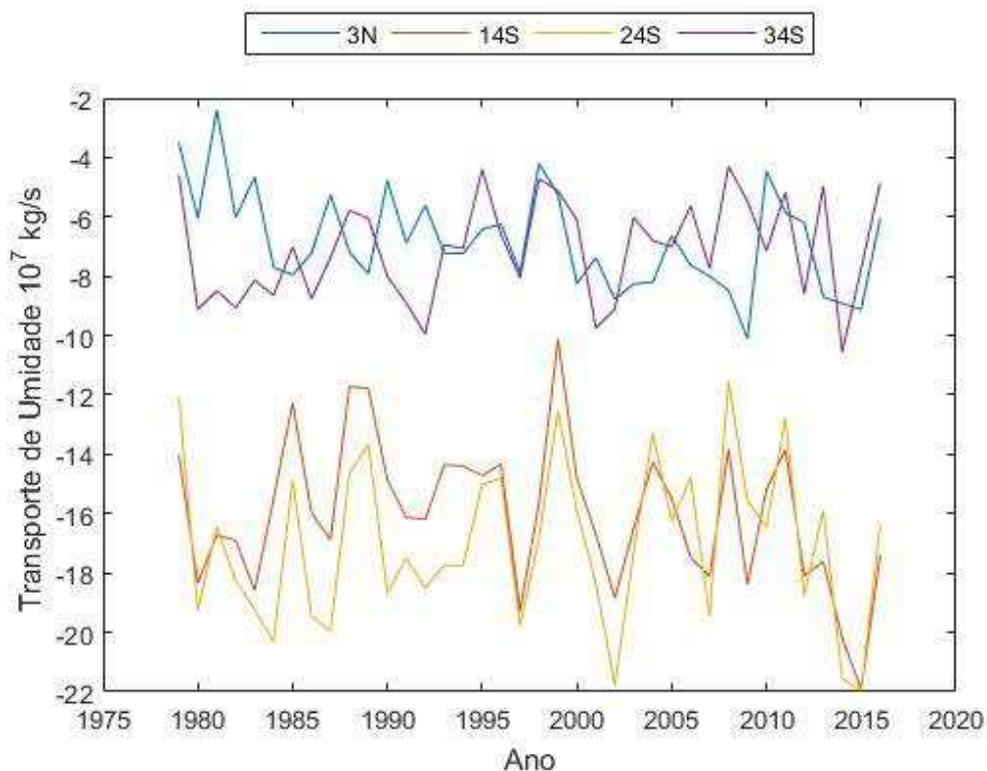


Figura 12: Transporte de umidade interanual das fronteiras norte e sul.

Constata-se que a umidade proveniente da caixa 1 que atravessa a fronteira sul ( $14^{\circ}\text{S}$ ), em seguida, contribui para o balanço de umidade da caixa 2, e a umidade que sai da fronteira sul da caixa 2 ( $24^{\circ}\text{S}$ ) contribui para o balanço de umidade da caixa 3. Em outras palavras, parte da umidade disponível na caixa 3 é proveniente da caixa 1 que inclui boa parte da Amazônia brasileira.

A Figura 13 mostra a variabilidade do transporte de umidade interanual nas fronteiras oeste e leste nas 3 caixas da área de estudo para o período de 1979 a 2016. As linhas sólidas do gráfico da Figura 14 referem-se à fronteira oeste de uma das três caixas, ao passo que, as linhas tracejadas referem-se a fronteira leste. As cores azul, vermelho e verde são referentes as caixas 1, 2 e 3, respectivamente. Verificou-se, na Bacia Amazônica, um valor médio de  $38,27 \cdot 10^7 \text{ kg/s}$  para a entrada de umidade na fronteira leste e  $16,32 \cdot 10^7$  na saída pela fronteira oeste. Na Bacia do Prata (Caixa 2) observou-se a entrada de umidade pelas fronteiras oeste e leste com valores médios de  $5,46 \cdot 10^7 \text{ kg/s}$  e  $0,26 \cdot 10^7 \text{ kg/s}$ . Na Bacia do Prata (Caixa 3), observou-se a entrada de umidade pela

fronteira oeste e saída pela fronteira leste, com valores médios de  $1,79 \cdot 10^7 \text{ kg/s}$  e  $9,32 \cdot 10^7 \text{ kg/s}$ .

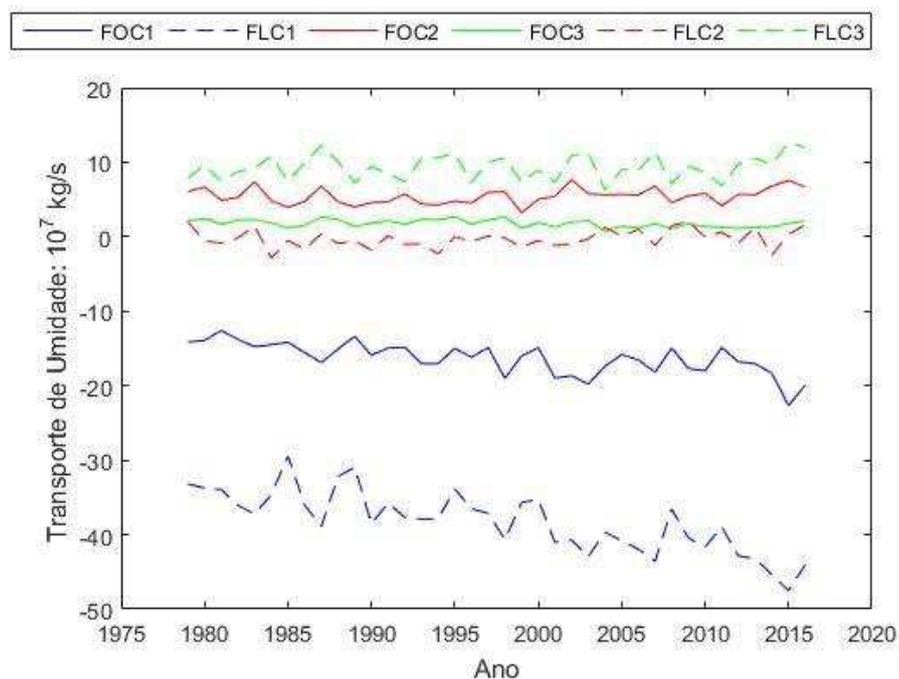


Figura 13: Transporte de umidade interanual das fronteiras oeste e leste.

Nas Figuras 14 a 16, são apresentados o transporte médio mensal dado em  $\text{kg/s}$  em cada fronteira da caixa e no centro é mostrado o balanço de umidade. Dos resultados apresentados na Figura 14, também é possível observar que, de junho a setembro, (inverno), a entrada de umidade na caixa 1 ocorre pela fronteira leste, estação chuvosa na caixa 1. Por outro lado, a saída será pelas demais fronteiras. De dezembro a março, (verão), a entrada de umidade ocorre pelas fronteiras norte e leste. Com relação ao balanço de umidade, constata-se que ocorre um aumento progressivo no período de agosto a fevereiro, passando de  $0,968 \cdot 10^7 \text{ kg/s}$  para  $20,570 \cdot 10^7 \text{ kg/s}$ . Por outro lado, no período de março a agosto, observa-se uma diminuição progressiva para  $22,354 \cdot 10^7 \text{ kg/s}$  para  $0,968 \cdot 10^7 \text{ kg/s}$ . Além disso, verifica-se que o transporte de umidade pela fronteira norte e leste, segue as componente meridional e zonal dos ventos alísios.

Dos resultados mostrados na Figura 15, é possível observar que houve uma predominância na entrada de umidade pelas fronteiras norte e oeste, saída pelas fronteiras sul e leste. Além disso, há um aumento progressivo no balanço de umidade no período de agosto a janeiro, passando de  $-3,572 \cdot 10^7 \text{ kg/s}$  para  $6,774 \cdot 10^7 \text{ kg/s}$ . Em contraste,

ocorre uma diminuição progressiva no balanço de umidade no período de janeiro a julho passando de  $6,774 \cdot 10^7 \text{ kg/s}$  para  $-4,003 \cdot 10^7 \text{ kg/s}$ .

Dos resultados apresentados na Figura 16, é possível verificar uma predominância na entrada de umidade pelas fronteiras norte e oeste, saída pelas fronteiras sul e leste. Aliás, há um aumento progressivo no balanço de umidade no período de julho a outubro, passando de  $1,597 \cdot 10^7 \text{ kg/s}$  para  $4,3481 \cdot 10^7 \text{ kg/s}$ . Em contraste, ocorre uma diminuição progressiva no balanço de umidade no período de setembro a janeiro passando de  $3,389 \cdot 10^7 \text{ kg/s}$  para  $0,337 \cdot 10^7 \text{ kg/s}$ .

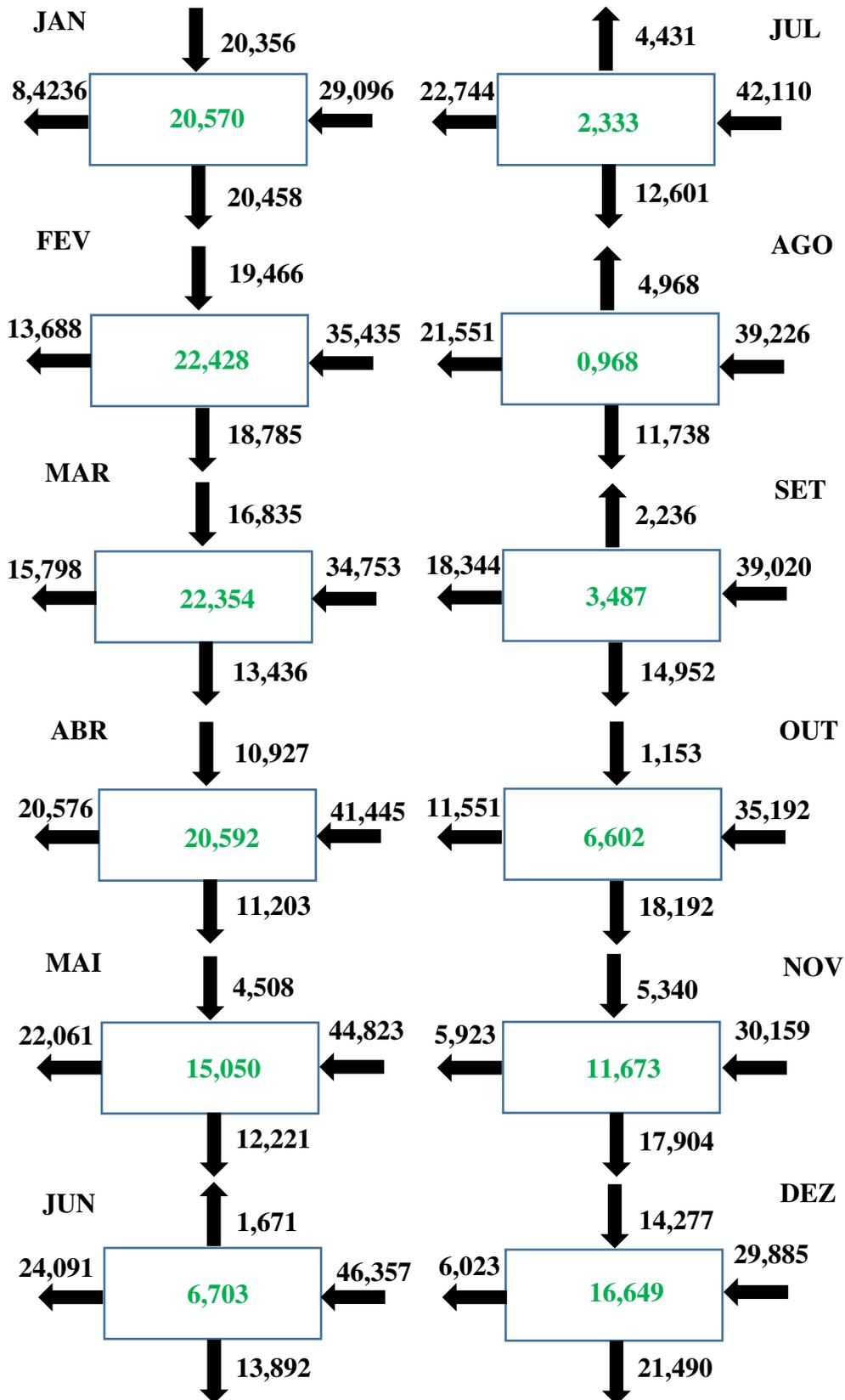


Figura 14: Transporte médio de umidade para a caixa 1. Unidade:  $10^7 \text{ kg/s}$ .

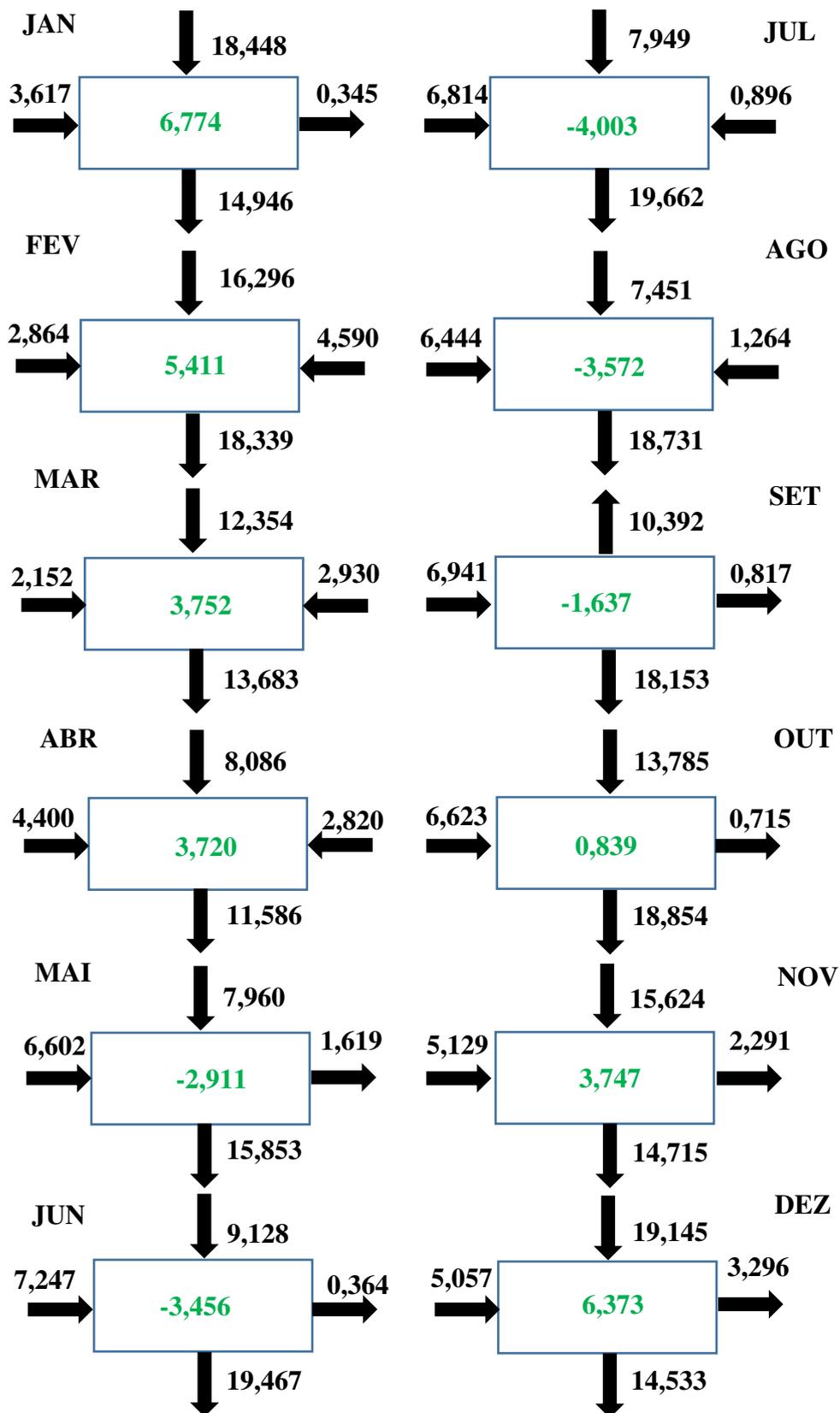


Figura 15: Transporte médio de unidade da caixa 2. Unidade:  $10^7$  kg/s.

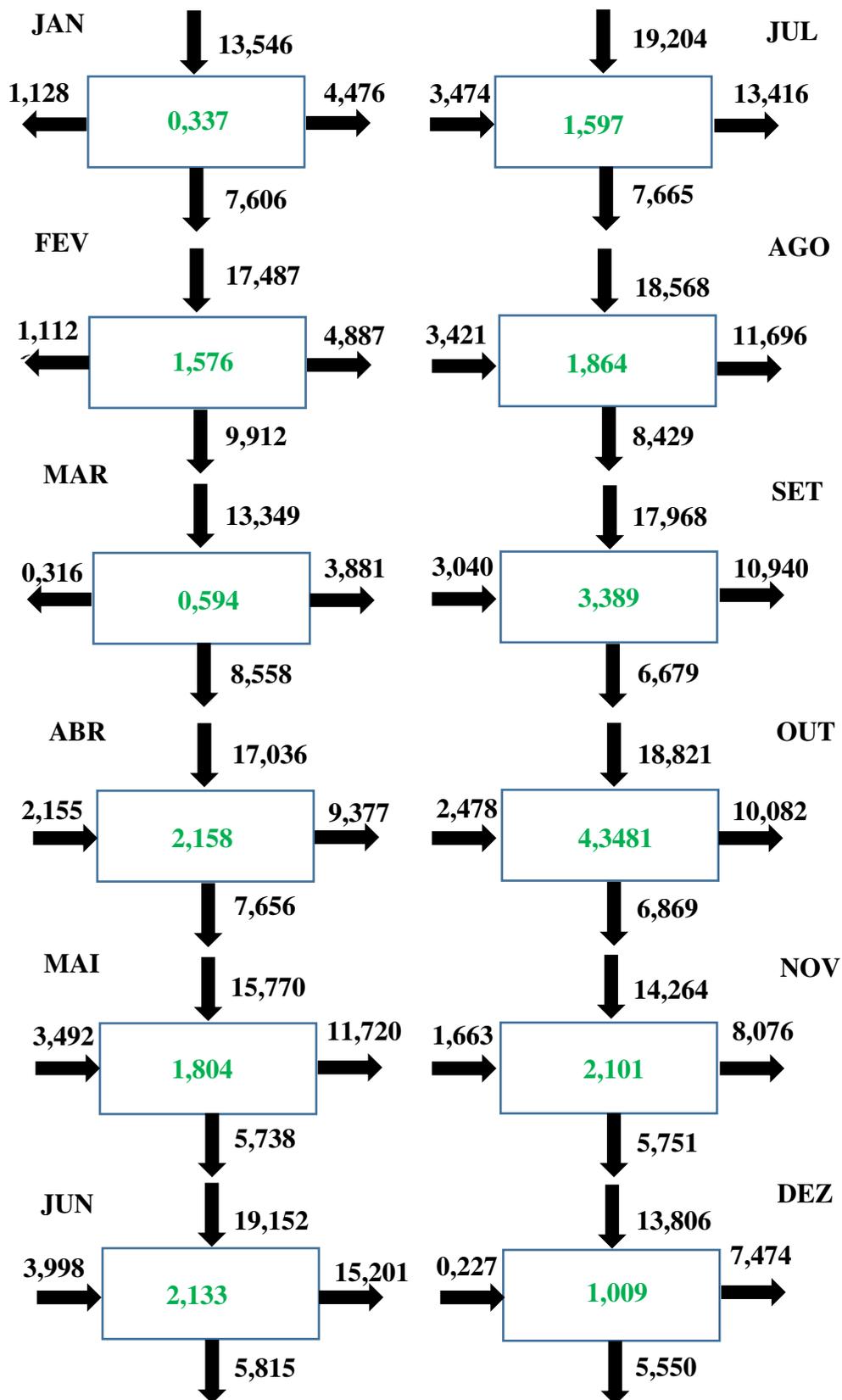


Figura 16: Transporte médio de umidade para a caixa 3. Unidade:  $10^7$  kg/s.

No Quadro 7, são mostradas as porcentagens mensais para as três caixas. Com relação à contribuição da convergência de umidade na precipitação, obtiveram-se as seguintes porcentagens de 46, 31 e 51% para as caixas 1, 2 e 3, respectivamente. Os resultados indicam que a caixa 3 é mais influenciada pela convergência de umidade do que as demais caixas. No entanto, para o período chuvoso, a Amazônia apresenta um aumento percentual de 8% em relação ao valor médio anual da caixa 1, atingindo um valor de 54%, sendo mais influenciada pela convergência de umidade do que as demais caixas (Quadro 6). Ressalta-se que para a Bacia do Prata como um todo, o transporte de umidade corresponde a 43% da precipitação. Portanto, 57% das chuvas da Bacia do Prata é decorrente da reciclagem da própria Bacia. Nascimento et al. (2016) obtiveram valores de reciclagem 38% e 57% para as bacias Amazônica e do Prata, respectivamente, ou seja, 62% da precipitação da Amazônia é oriunda do transporte de umidade para esta região, ao passo que, para Bacia do Prata, é de 43%.

Quadro 7: Porcentagem da contribuição da convergência de umidade na precipitação.

Meses	Caixa 1	Caixa 2	Caixa 3
Janeiro	61	42	26
Fevereiro	65	37	37
Março	63	29	30
Abril	61	49	54
Maio	53	3	54
Junho	32	0	66
Julho	14	0	53
Agosto	9	0	65
Setembro	18	3	79
Outubro	27	16	80
Novembro	41	30	51
Dezembro	52	41	33
Período chuvoso	<b>54</b>	<b>36</b>	<b>51</b>
Ano	<b>46</b>	<b>31</b>	<b>51</b>

No Quadro 8 são apresentadas as porcentagens das estimativas da contribuição da reciclagem de precipitação e obtiveram-se as seguintes porcentagens de 54, 69 e 49% para as caixas 1, 2 e 3, respectivamente. Os resultados sugerem que a caixa 2 é mais eficiente na reciclagem de precipitação do que as demais caixas, inclusive no período chuvoso. Observa-se que a parte norte da Bacia do Prata apresenta uma eficiente reciclagem do total de precipitação da área.

Quadro 8: Porcentagem da estimativa da contribuição da reciclagem na precipitação. O total médio climatológico de cada mês e anual está entre parênteses.

Meses	Caixa 1	Caixa 2	Caixa 3
Janeiro	39 (225,5 mm)	58 (189,4 mm)	74 (60,7 mm)
Fevereiro	35 (208,7 mm)	63 (159,9 mm)	63 (61,1 mm)
Março	37 (234,4 mm)	71 (155,8 mm)	70 (58,2 mm)
Abril	39 (217,9 mm)	51 (87,2 mm)	46 (54,4 mm)
Maió	47 (189,3 mm)	97 (45,8 mm)	46 (47,0 mm)
Junho	68 (137,3 mm)	100 (23,4 mm)	34 (40,6 mm)
Julho	86 (115,6 mm)	100 (16,8 mm)	47 (40,2 mm)
Agosto	91 (115,7 mm)	100 (19,9 mm)	35 (38,7 mm)
Setembro	82 (135,3 mm)	97 (45,9 mm)	21 (48,7 mm)
Outubro	73 (164,2 mm)	84 (97,6 mm)	20 (61,1 mm)
Novembro	59 (183,2 mm)	70 (142,7 mm)	49 (59,8 mm)
Dezembro	48 (210,8 mm)	59 (182,3 mm)	67 (61,7 mm)
Período chuvoso	<b>46 (1.444,7 mm)</b>	<b>64 (1.019,9 mm)</b>	<b>49 (417,0 mm)</b>
Ano	<b>54 (2138,1 mm)</b>	<b>69 (1166,6 mm)</b>	<b>49 (632,6 mm)</b>

Pesquero (2009) destaca que os ventos alísios do Oceano Atlântico associados à circulação à leste dos Andes são os responsáveis pelo transporte de umidade da Bacia Amazônica até a Bacia do Prata. A análise da variabilidade do transporte de umidade sobre as regiões das Bacias Amazônica e do Prata mostraram que grande parte da umidade que alcança a Bacia do Prata é oriunda, principalmente, da Amazônia. Em Nascimento

(2013) é destacada a influência e eficiência dos JBN para a precipitação sobre a Bacia do Prata e verificou que boa parte da umidade da Bacia do Prata é proveniente da Amazônia.

#### 4.4 – Período chuvoso e seco na Bacia do Prata

Analisando-se o conjunto de dados de precipitação de 1979 a 2016 foi estimado o período chuvoso, sendo de outubro a abril e o seco compreendendo os meses de maio a setembro para a Bacia do Prata na caixa 2. A escolha da caixa 2 para análise foi devido ao interesse de analisar a contribuição da Amazônia (caixa 1) no transporte de umidade para a Bacia do Prata. O Quadro 9 mostra os valores de precipitação para o período seco e chuvoso na caixa 2, considerando os 4 períodos de cada um dos seguintes cenários: período mais e menos seco do período seco, período mais e menos chuvoso do período chuvoso.

Quadro 9: Valores de precipitação para os 4 períodos do período seco e chuvoso.

Período Seco na Caixa 2			
Período mais seco		Período menos seco	
Precipitação(mm)	Ano	Precipitação (mm)	Ano
75,31	2007	221,79	1983
87,43	2011	215,37	2009
94,51	2003	210,38	1982
96,88	1988	210,30	1979
Período Chuvoso na Caixa 2			
Período mais chuvoso		Período menos chuvoso	
Precipitação (mm)	Ano	Precipitação (mm)	Ano
1092,91	1981/1982	708,90	2004/2005
1067,32	1996/1997	768,59	2003/2004
1061,37	2006/2007	784,83	2002/2003
1035,85	1980/1981	828,06	1986/1987

A partir dos resultados apresentados no Quadro 9 foram obtidos os campos médios de ventos para cada cenário. As Figuras 16 e 17 mostram o campo de vento, ao nível de 850 hPa, durante o período chuvoso dos 4 mais (Figura 16) e dos 4 menos chuvosos (Figura 17). Estes valores representam o decil mais chuvoso do período chuvoso (Figura 17) e o menos chuvoso do período chuvoso. As configurações obtidas mostram a influência da Alta Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) e sua importância em relação ao

transporte de umidade transportado da Bacia Amazônica para a Bacia do Prata (caixa 2). Nota-se uma redução na intensidade dos ventos da fronteira norte na caixa 2 do período menos chuvoso. Observa-se que no decil menos chuvoso a ASAS localizou-se ao oeste de sua posição longitudinal observada durante o decil mais chuvoso.

Por outro lado, as Figuras 19 e 20 apresentam os campos de vento do período seco dos 4 períodos mais e menos secos ao nível de 850 hPa, os resultados indicam uma intensificação dos ventos devido à proximidade da ASAS à América do Sul. Em geral, no inverno, a ASAS tende a se aproximar mais do continente do que no verão, influenciando, assim, o transporte de umidade para as regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste. Por outro lado, no verão, mesmo estando mais bem configurada do que no verão, ela se encontra mais deslocada para o oceano. Dessa forma, não influenciando tanto as condições atmosféricas sobre o continente Scricco (2016).

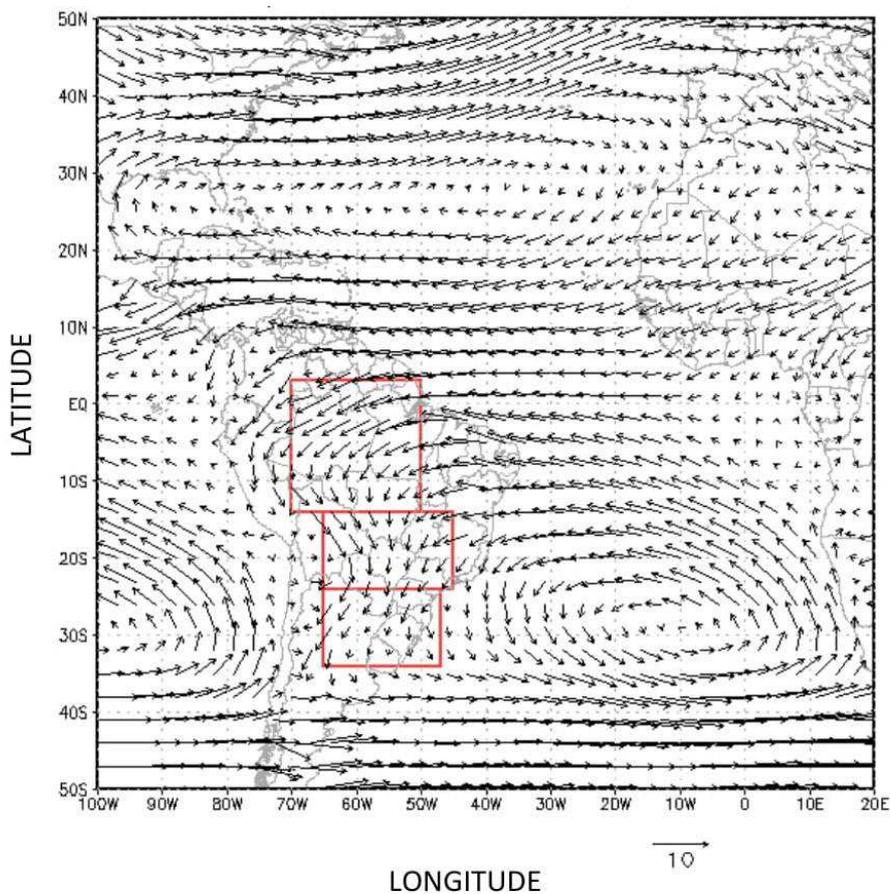


Figura 17: Campos de vento do período chuvoso dos quatro períodos mais chuvosos (850 hPa).

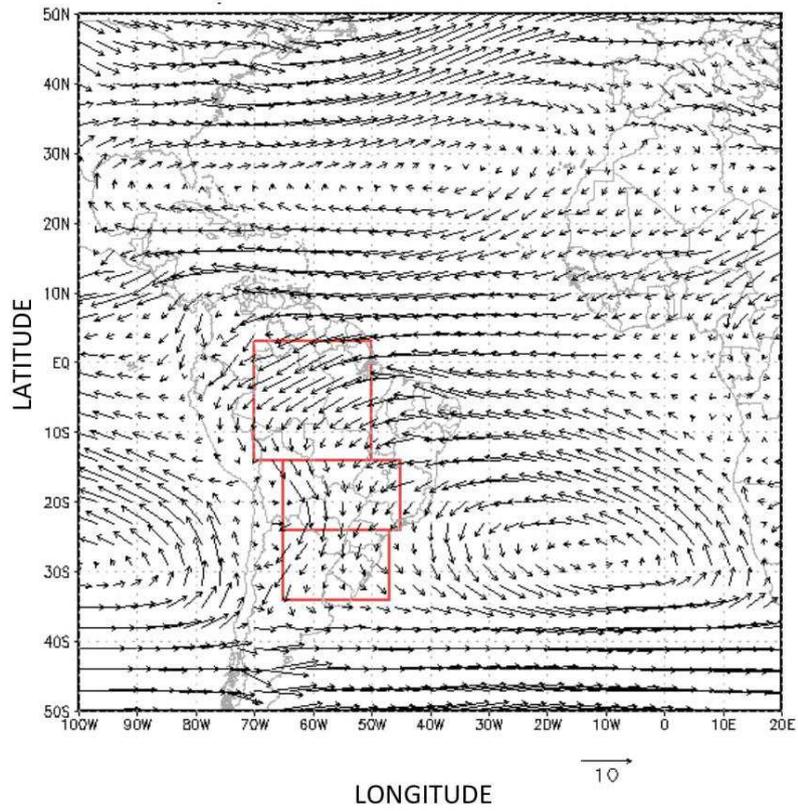


Figura 18: Campos de vento do período chuvoso dos quatro períodos menos chuvosos(850 hPa).

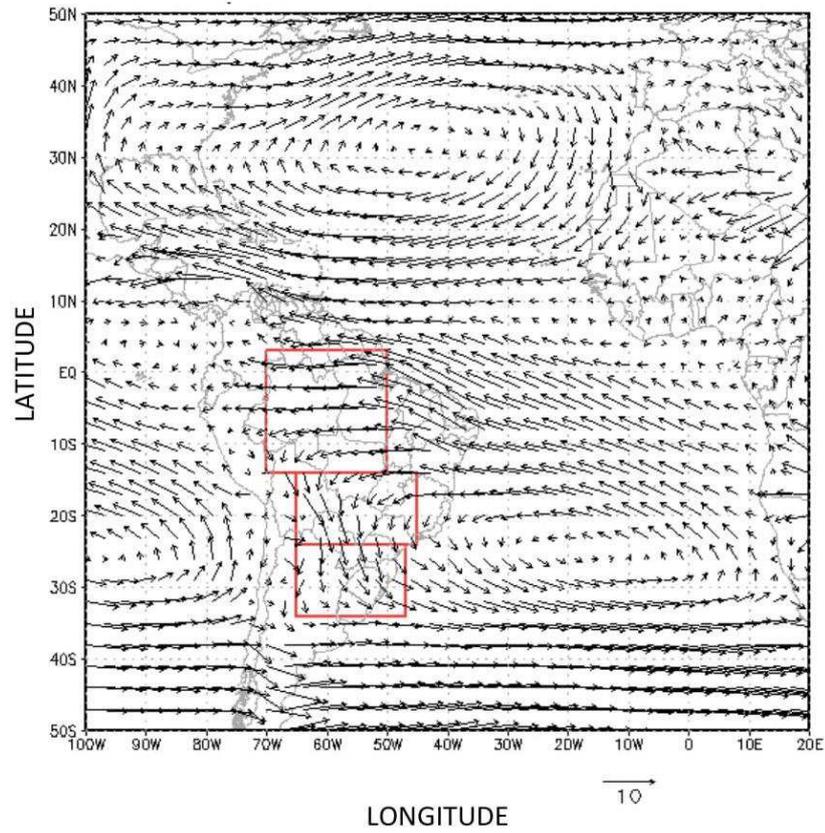


Figura 19: Campos de vento do período seco dos quatro períodos menos secos (850 hPa).

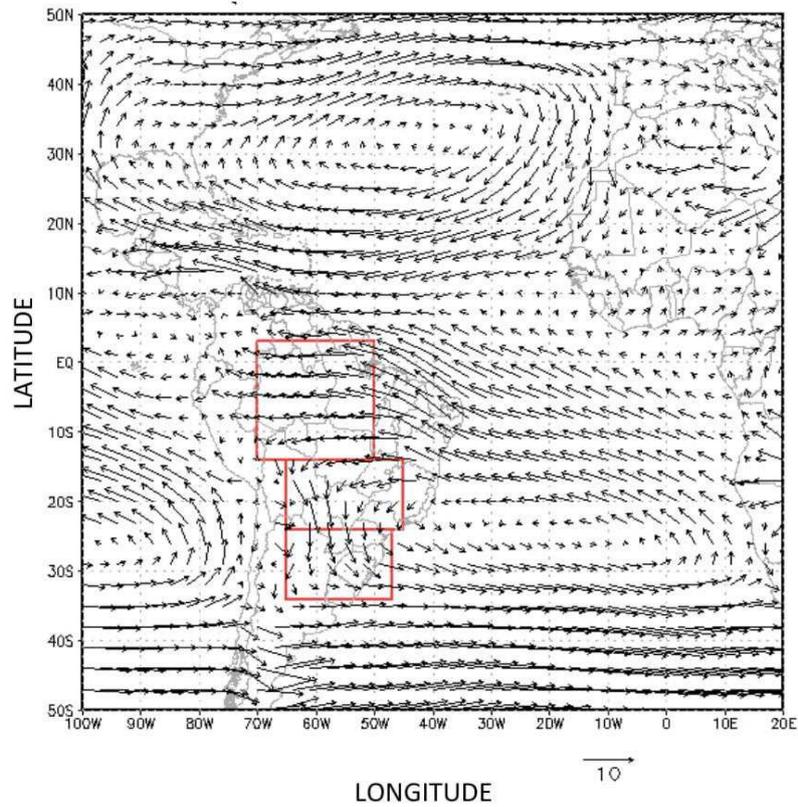


Figura 20: Campos de vento do período seco dos quatro períodos mais secos (850 hPa).

As Figuras 21 e 22 mostram os campos de vento do período chuvoso dos 4 períodos mais e menos chuvosos ao nível de 500 hPa, os resultados indicam uma tendência zonal dos ventos na caixa 3, indo para leste. Semelhantemente, as Figuras 24 e 25 exibem o comportamento dos ventos de forma equivalente ao do período chuvoso.

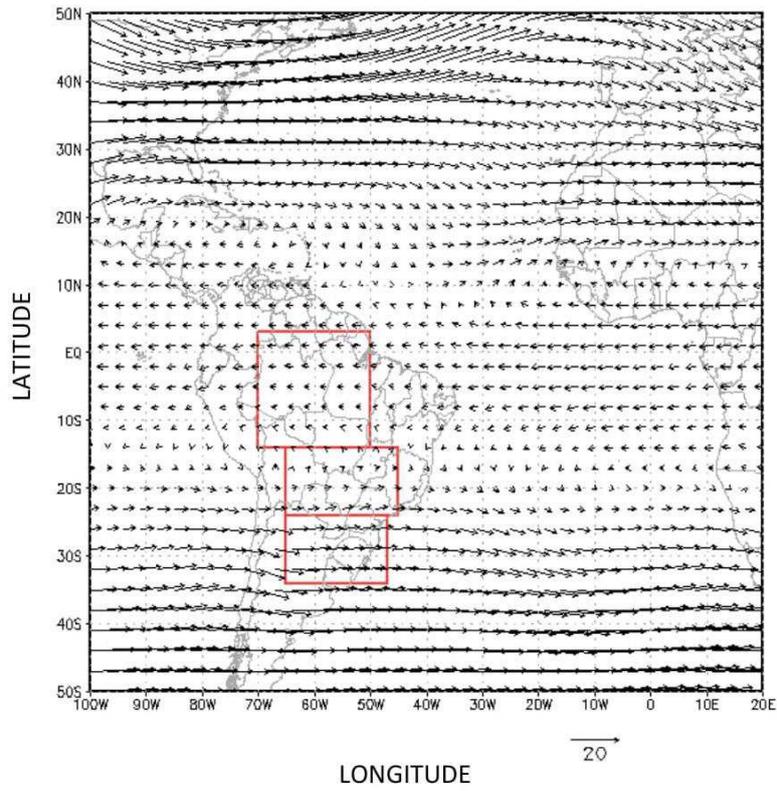


Figura 21: Campos de vento do período chuvoso dos quatro períodos mais chuvosos (500 hPa).

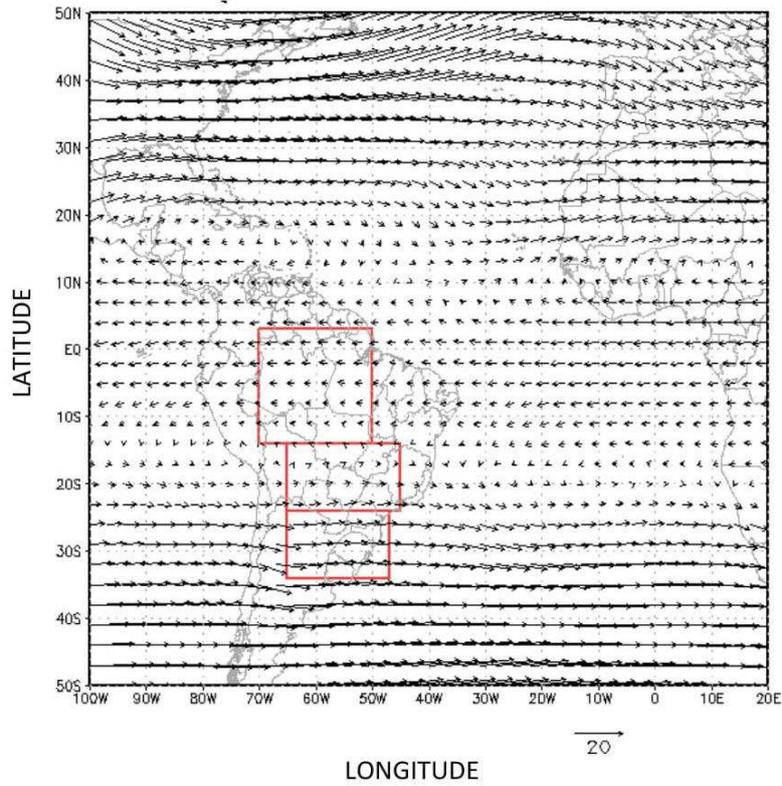


Figura 22: Campos de vento do período chuvoso dos quatro períodos menos chuvosos(500 hPa).

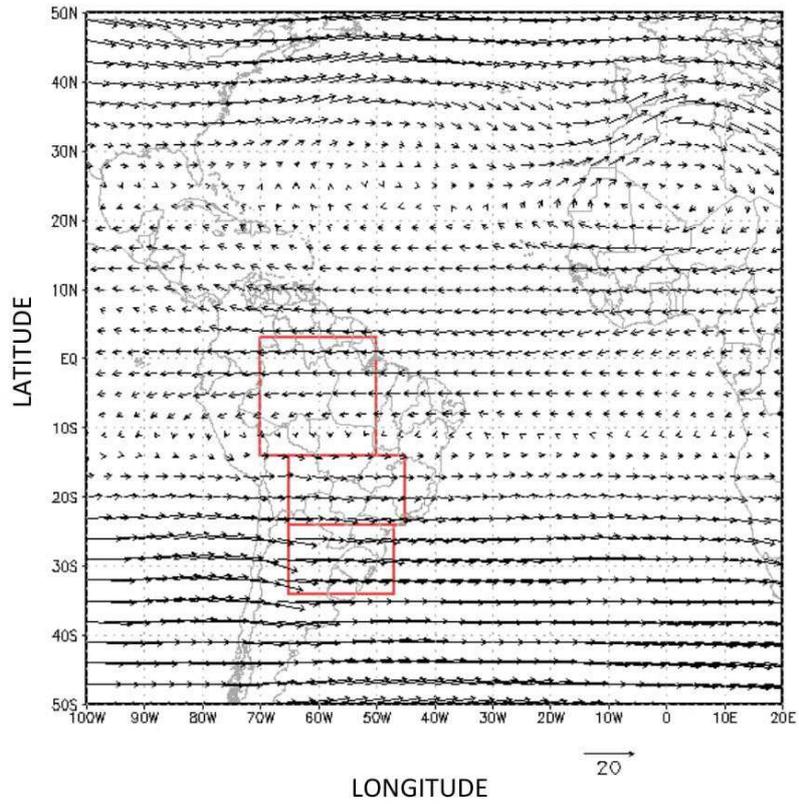


Figura 23: Campos de vento do período seco dos quatro períodos menos seco em (500 hPa).

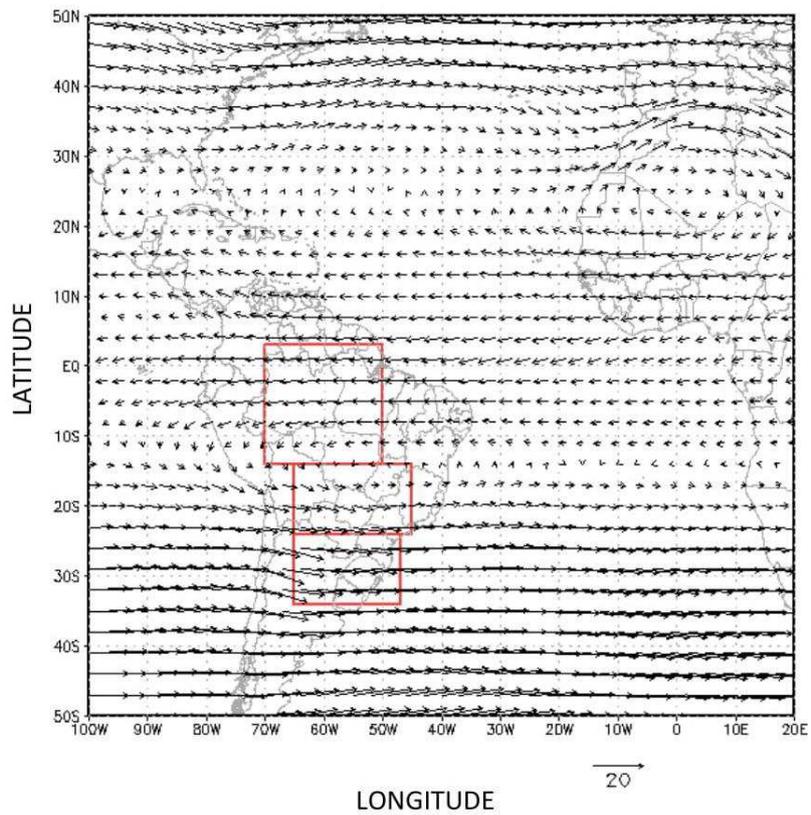


Figura 24: Campos de vento do período seco dos quatro períodos mais seco em (500 hPa).

As Figuras 25 e 26 mostram o comportamento dos campos de vento do período chuvoso dos 4 períodos mais e menos chuvosos ao nível de 300 hPa, os resultados indicam uma tendência zonal dos ventos para leste em latitudes inferiores a 20°S. Semelhantemente, as Figuras 28 e 29 exibem o comportamento dos campos de vento do período seco dos 4 períodos mais e menos secos ao nível de 300 hPa.

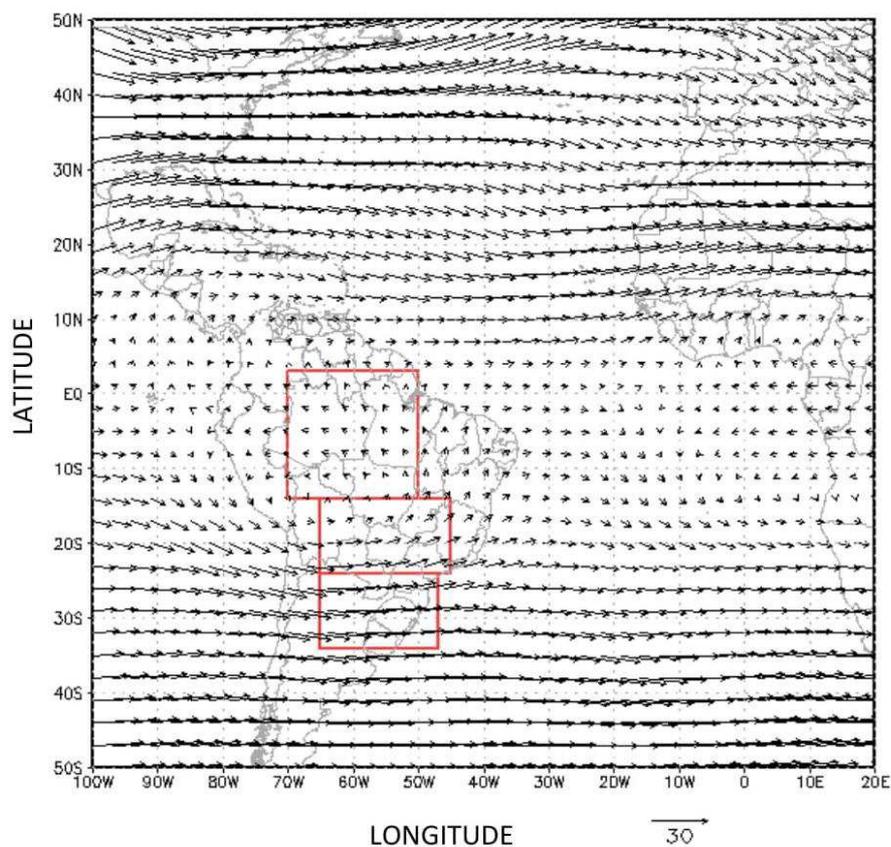


Figura 25: Campos de vento do período chuvoso dos quatro períodos mais chuvosos (300 hPa).

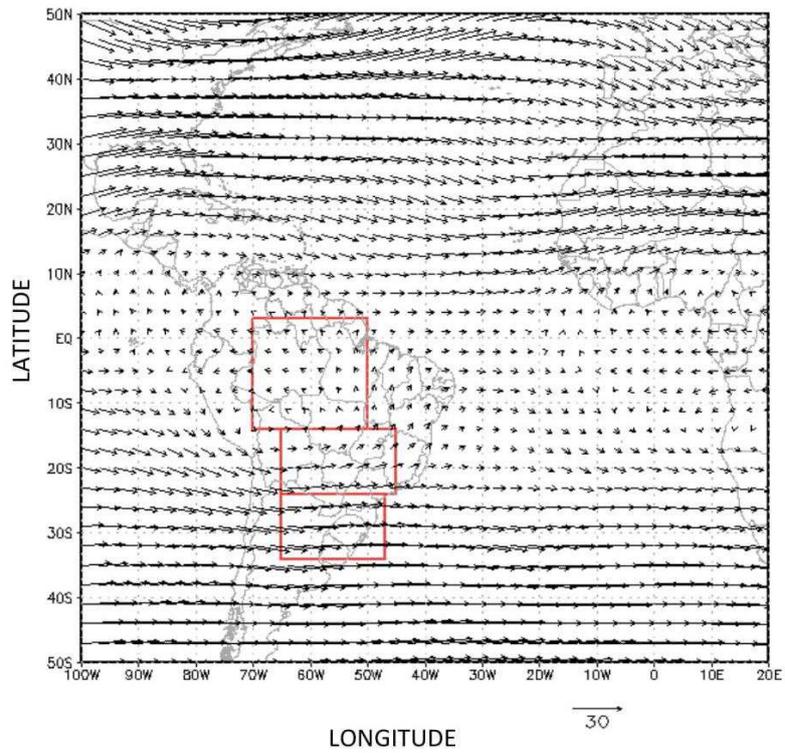


Figura 26: Campos de vento do período chuvoso dos quatro períodos menos chuvosos(300 hPa).

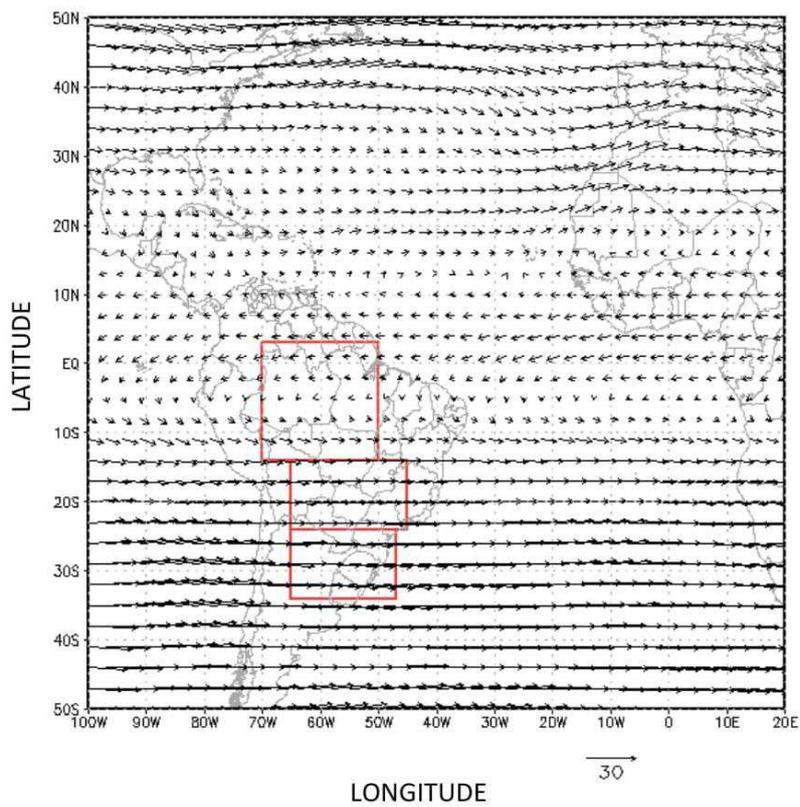


Figura 27: Campos de vento do período seco dos quatro períodos menos secos (300 hPa).

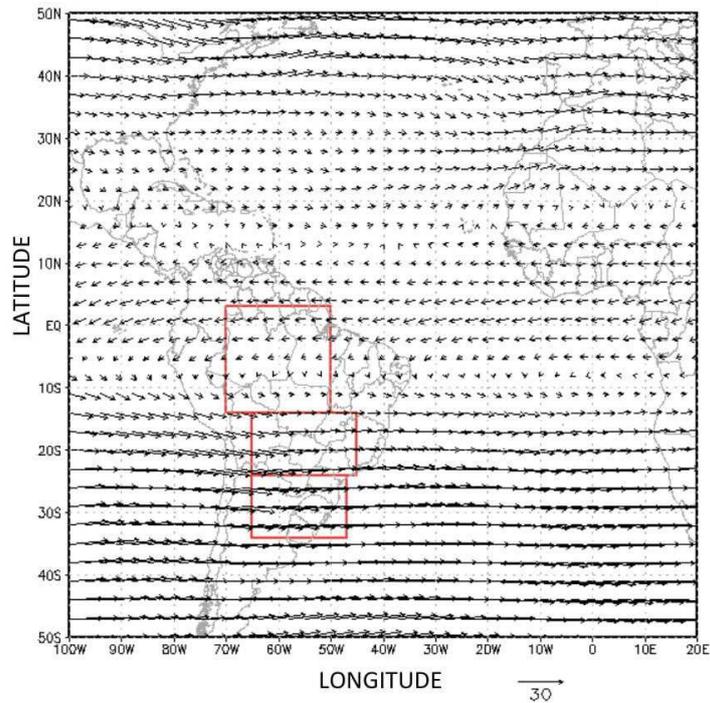


Figura 28: Campos de vento do período seco dos quatro períodos mais secos (300 hPa).

#### 4.5 – Gráficos de precipitação total e convergência interanual

Nas Figuras 29 a 31 são mostrados os gráficos de precipitação e convergência de umidade para o período de 1979 a 2016 nas caixas 1, 2 e 3, respectivamente. Na Figura 29, verifica-se que as curvas de precipitação apresentam uma variabilidade equivalente ao longo do período.

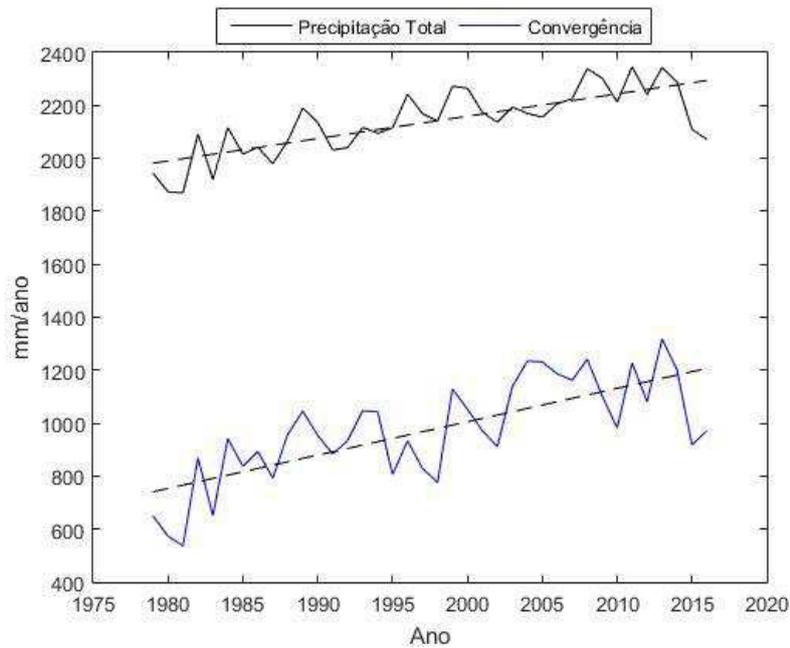


Figura 29: Precipitação total e convergência de umidade da caixa 1.

Com relação as tendências, observou-se que a precipitação total e convergência de umidade na caixa 1 são descritas por retas de equações:  $y = 8,44x - 14.720,50$ ; e  $y = 12,60x - 24.197,03$  respectivamente, na qual  $x$  representa o ano e  $y$  o valor de precipitação total. Além disso, as retas possuem coeficiente de determinação iguais a 0,57; 0,53. O coeficiente angular positivo da equação da reta indica uma variação positiva na precipitação. Em outras palavras, verificou-se que a caixa 1 possui tendência positiva para a convergência e precipitação.

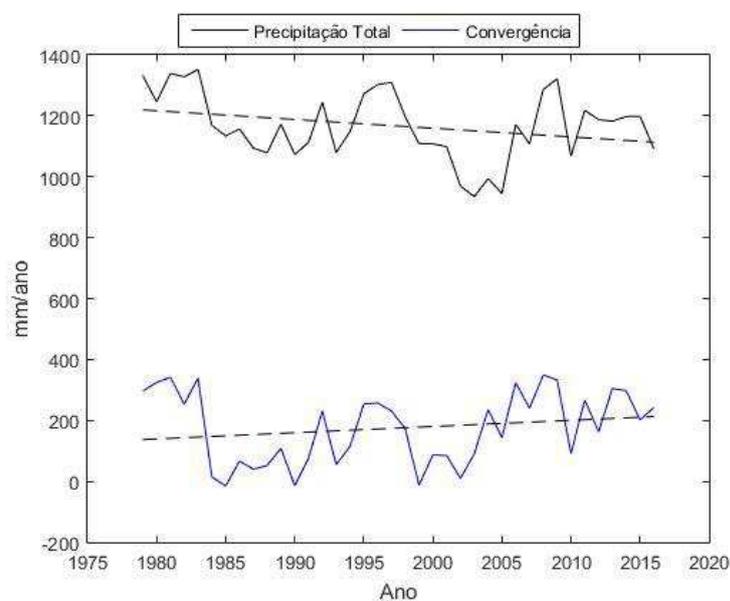


Figura 30: Precipitação total e convergência de umidade da caixa 2.

Com relação as tendências, observou-se que a precipitação total e convergência de umidade na caixa 2 são descritas por retas de equações:  $y = -2,86x + 6.887,74$ ; e  $y = 2,04x - 3.897,29$  respectivamente, na qual x representa o ano e y o valor de precipitação total. Além disso, as retas possuem coeficiente de determinação iguais a 0,08; 0,04. O coeficiente angular positivo da equação da reta indica uma variação positiva na convergência, enquanto o negativo indica uma variação negativa na precipitação total. Em outras palavras, verificou-se que a caixa 1 possui tendência positiva para a convergência e negativa para a precipitação.

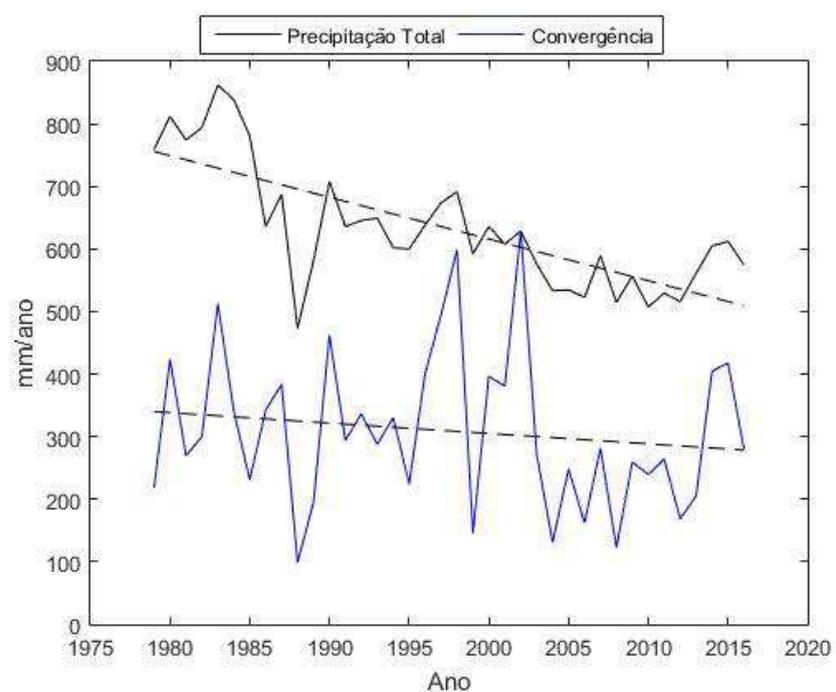


Figura 31: Precipitação total e convergência de umidade da caixa 3.

Com relação as tendências, observou-se que a precipitação total e convergência de umidade, na caixa 3, são descritas por retas de equações:  $y = -6,66x + 13.941,18$ ; e  $y = -1,66x + 3.623,93$  respectivamente, na qual x representa o ano e y o valor de precipitação total e convergência, respectivamente. Além disso, as retas possuem coeficiente de determinação iguais a 0,56; 0,02. Verificou-se que a caixa 3 possui tendência negativa para a convergência e precipitação.

No Quadro 10 é mostrado o comparativo entre precipitação e convergência de umidade e contribuição da convergência de umidade na precipitação nas 3 caixas. Em termos de eficiência, a caixa 3, apesar de ter uma média de precipitação bem inferior ao da Amazônia é mais eficiente na conversão da umidade transportada em precipitação na região. Por outro lado, a caixa 2 (Bacia do Prata) apresenta 31%, sendo menos eficaz em relação a Amazônia e região Sul do Brasil.

Quadro 10: Comparativo entre precipitação e convergência de umidade.

	Precipitação em mm/ano	Convergência de umidade em mm/ano	Contribuição (%)
Caixa 1	2138,09	974,09	46
Caixa 2	1166,62	174,83	31
Caixa 3	632,56	309,25	51

#### 4.6 – Balanço de umidade mensal

Nas Figuras 32 a 34, é mostrada a variabilidade temporal do balanço de umidade nas caixas 1, 2 e 3. Considerando-se os valores médios mensais do balanço de umidade para o período de 1979 a 2016, constatou-se que a Bacia Amazônica se comporta como sumidouro de umidade atmosférica durante todo o período. Na Figura 32, obteve-se um valor máximo de 22,43 no mês de fevereiro e valor mínimo de  $0,97 \cdot 10^7 \text{ kg/s}$  em agosto. A curva de balanço da caixa 1 apresenta comportamento decrescente de fevereiro a agosto e crescente de agosto a fevereiro. Verificou-se que a Bacia Amazônica apresenta um comportamento bem definido quanto ao período chuvoso e seco. Em concordância com Nascimento (2013) que apresenta um estudo na região Amazônica sobre alguns componentes do balanço de umidade no período de 1979 a 2008 obtendo uma curva semelhantemente à da Figura 32.

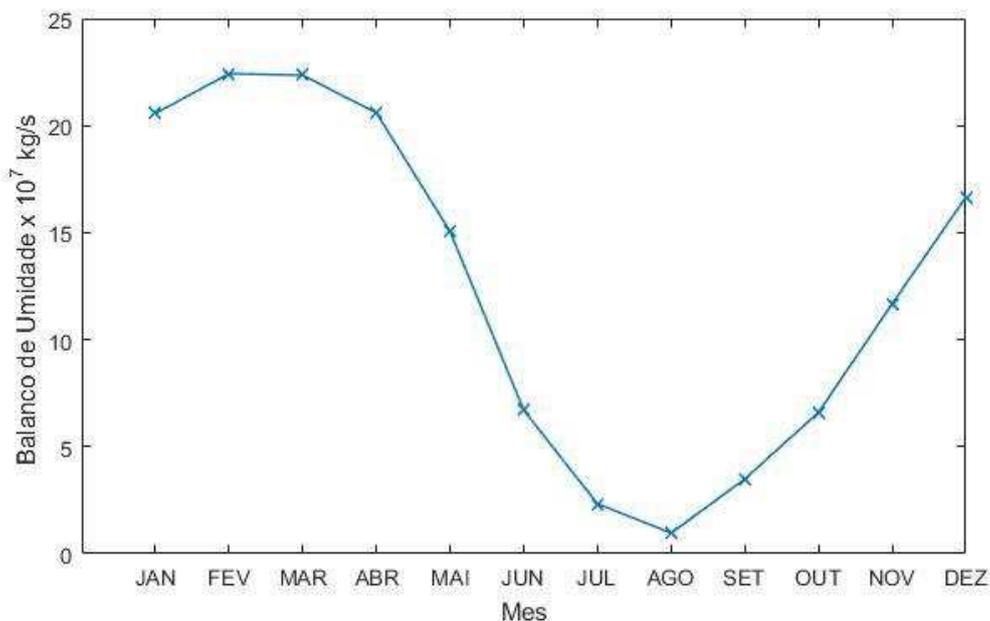


Figura 32: Variabilidade mensal do balanço de umidade na caixa 1.

A Curva da variabilidade mensal do balanço de umidade apresenta um comportamento bem definido na Amazônia, na qual verifica-se que os maiores valores do balanço estão de acordo com os maiores de precipitação, ressaltando assim a importância da convergência de umidade no fluxo de umidade transportado do Oceano Atlântico para a Amazônia.

Na Figura 33, consideraram-se os valores médios mensais do balanço de umidade para o período de 1979 a 2016, verificou-se que a Bacia do Prata (caixa 2) comporta-se, em geral, como sumidouro de umidade atmosférica durante todo o período, mas de maio a setembro, atua como fonte de umidade atmosférica e apresenta valor máximo de 6,77 no mês de janeiro e valor mínimo de  $-4,00 \cdot 10^7 \text{ kg/s}$  em julho. A curva de balanço da caixa 2 apresenta comportamento decrescente de janeiro a junho e crescente de julho a janeiro. Na Figura 34, a Bacia do Prata (Caixa 3) se comporta como sumidouro de umidade atmosférica e apresenta valor máximo de 4,34 no mês de outubro e valor mínimo de  $0,34 \cdot 10^7 \text{ kg/s}$  em janeiro.

As Curvas das variabilidades mensais do balanço de umidade na Bacia do Prata apresenta um comportamento mais irregular em relação a Amazônia, no entanto, ainda verifica-se que os maiores valores do balanço estão de acordo com os maiores de

precipitação, ressaltando assim a importância da convergência de umidade no fluxo de umidade transportado da Amazônia para a Bacia do Prata.

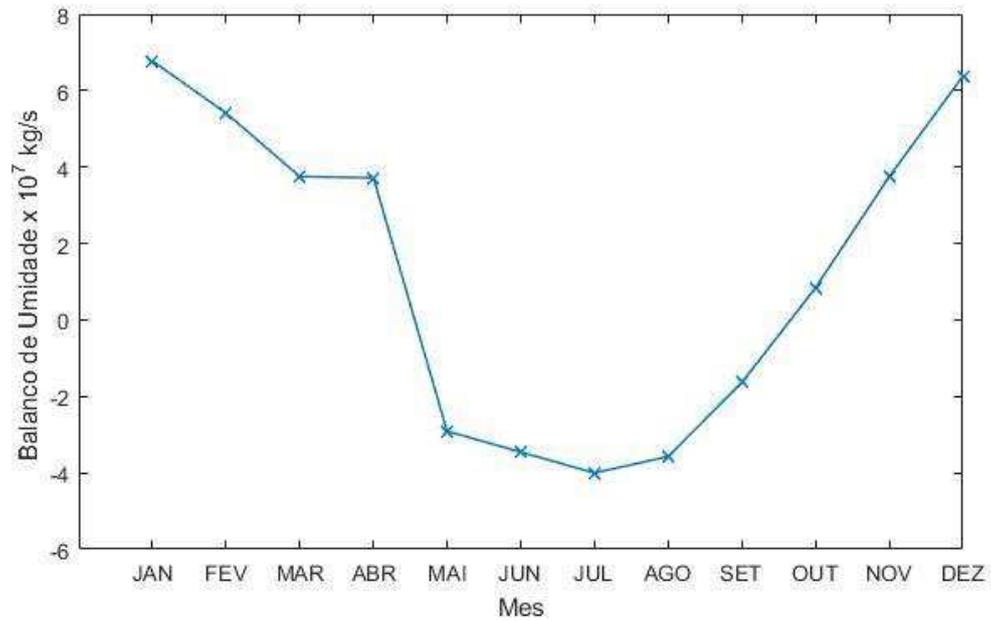


Figura 33: Variabilidade mensal do balanço de umidade na caixa 2.

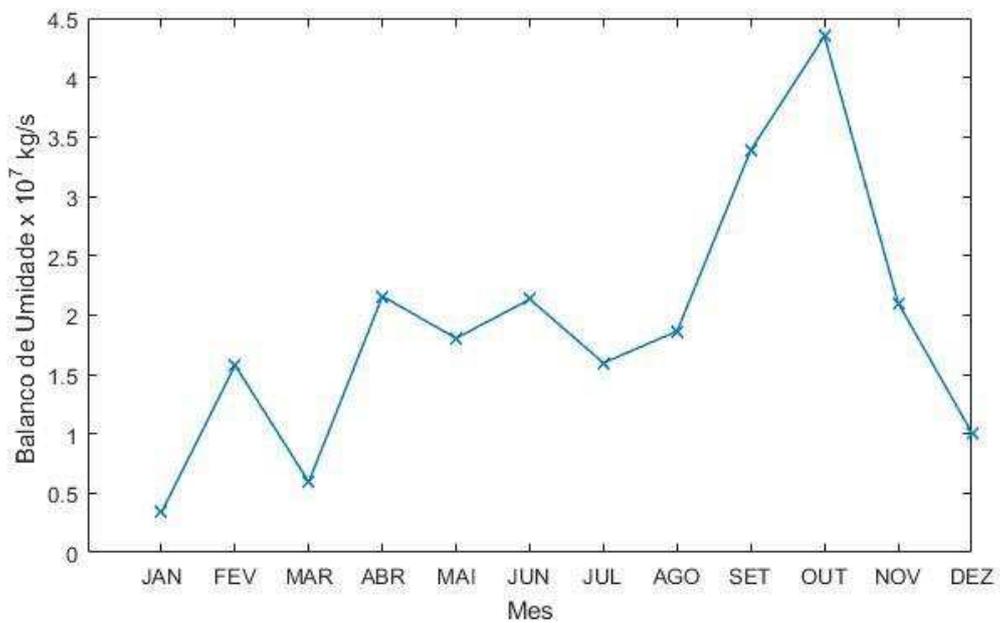


Figura 34: Variabilidade mensal do balanço de umidade na caixa 3.

#### 4.7 – Perfis verticais do produto da umidade específica pela componente do vento, zonal ou meridional.

A partir dos dados de umidade específica e dos componentes do vento, zonal ou meridional, foram elaborados os gráficos apresentados nas Figuras 35 a 39 com o objetivo de identificar a sua evolução ao longo dos 23 níveis de pressão. A partir desse gráfico, é possível analisar a fronteira e verificar o seu comportamento como fluxo de entrada ou saída na caixa de interesse. Além disso, permite identificar o nível médio de pressão de superfície em cada fronteira da caixa.

A Figura 35 apresenta o perfil vertical do produto da umidade específica pela componente do vento, zonal ou meridional, nas quatro fronteiras na caixa 1 para o período de 1979 a 2106. Na média, a caixa 1 recebe umidade pelas fronteiras norte e leste provenientes do Atlântico Norte (15%) e Atlântico Sul (85%). Por outro lado, as fronteiras oeste e sul fornecem umidade para a caixa 2. Os perfis das fronteiras norte, sul, leste e oeste partem dos níveis de pressão 975, 950, 1000 e 975 hPa, respectivamente.

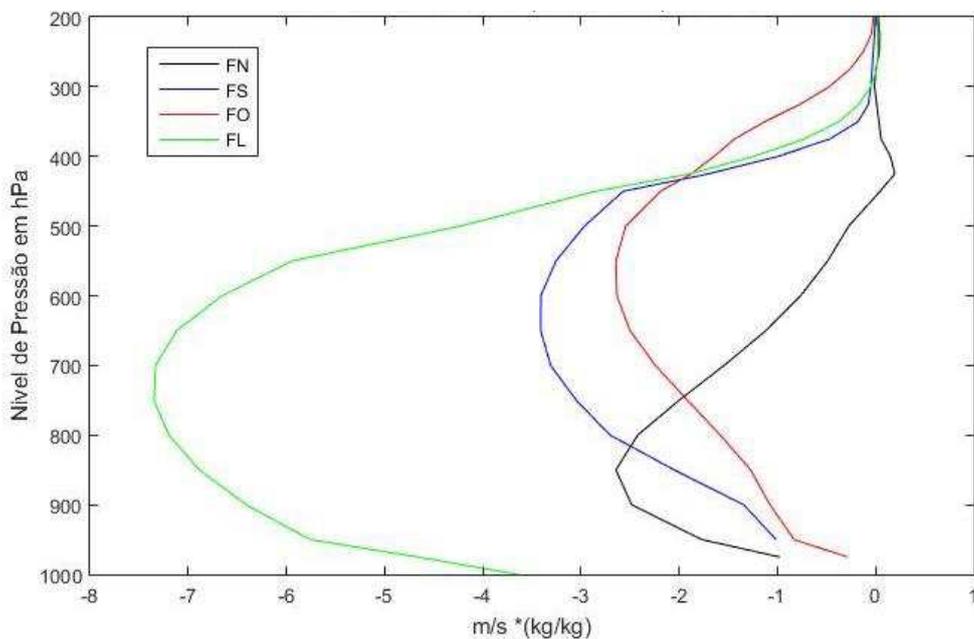


Figura 36: Perfil vertical de  $q \cdot u$  (FL e FO) e  $q \cdot v$  (FN e FS) para o período de 1979 a 2016 na caixa 1.

A Figura 36 apresenta o perfil vertical das 4 fronteiras na caixa 2 para o período de 1979 a 2106. Na média, a caixa 2 recebe umidade pelas fronteiras norte (68,7%) e oeste (29,9%) oriundas da caixa 1, Amazônia, e pela fronteira leste (1,4%) proveniente

do Atlântico Sul. Por outro lado, a fronteira sul fornecem umidade para a caixa 3. Os perfis das fronteiras norte, sul, leste e oeste partem dos níveis de pressão 950, 975, 950 e 825 hPa, respectivamente. Observa-se que até o nível de 500 hPa, ocorre uma diferença significativa entre os valores nas fronteiras norte e sul. Além disso, a fronteira leste acima do nível de 500 hPa funciona como saída de umidade. Por outro lado, a fronteira oeste funciona como entrada de umidade na caixa 2 em todos os níveis de pressão.

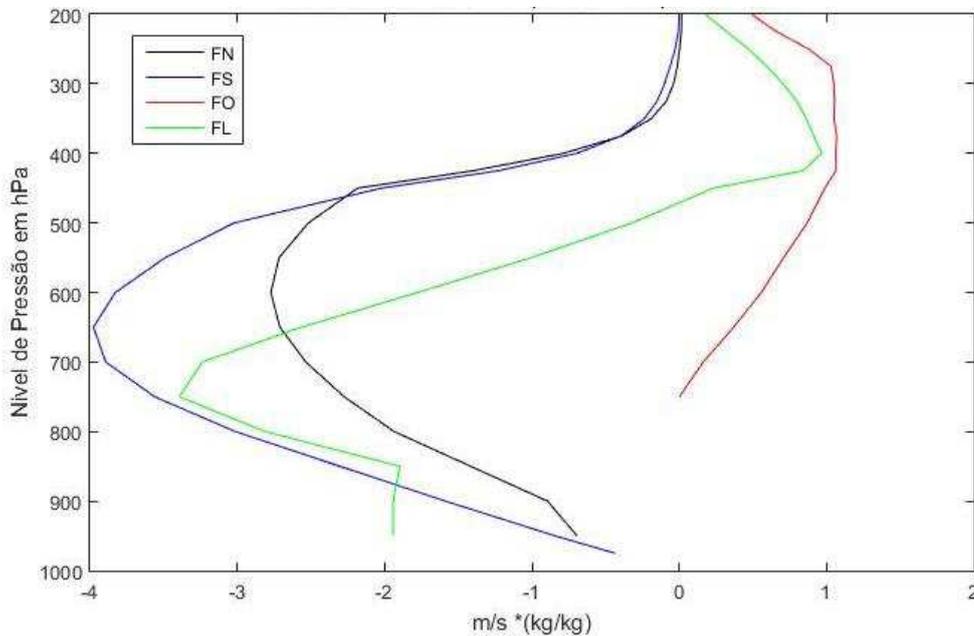


Figura 37: Perfil Vertical de  $q \cdot u$  (FL e FO) e  $q \cdot v$  (FN e FS) para o período de 1979 a 2016 na caixa 2.

A Figura 37 apresenta o perfil vertical das 4 fronteiras na caixa 3 para o período de 1979 a 2106. Na média, a caixa 3 recebe umidade pelas fronteiras norte (90,25%) e oeste (9,75%) oriundas da caixa 2. Os perfis das fronteiras norte, sul, leste e oeste partem dos níveis de pressão 975, 1000, 1000 e 900 hPa, respectivamente. Observa-se que em baixos níveis, da pressão da superfície até o nível de 875 hPa, a fronteira leste funciona como entrada de umidade na caixa 2 e nos demais níveis como saída de umidade. A fronteira oeste funciona como saída de umidade até o nível de 450 hPa e como entrada nos demais níveis. Por outro lado, as fronteiras norte e sul funcionam como entrada e saída de umidade na caixa 3, respectivamente.

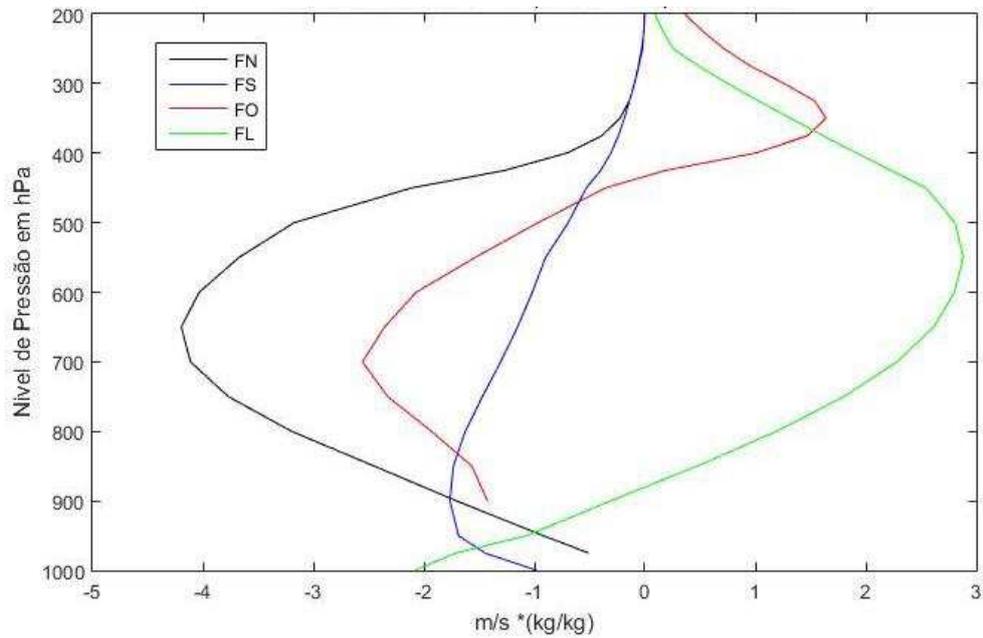


Figura 38: Perfil vertical de  $q \cdot u$  (FL e FO) e  $q \cdot v$  (FN e FS) para o período de 1979 a 2016 na caixa 3.

A Figura 38 apresenta o perfil vertical das 4 fronteiras da caixa 2, de 1979 a 2016 para o período seco, maio a setembro, da caixa 2. Os resultados indicam a entrada de umidade pela fronteira norte (55,74%) e oeste (45,26%). Os perfis das fronteiras norte, sul, leste e oeste partem dos níveis de pressão 975, 975, 950 e 850 hPa, respectivamente.

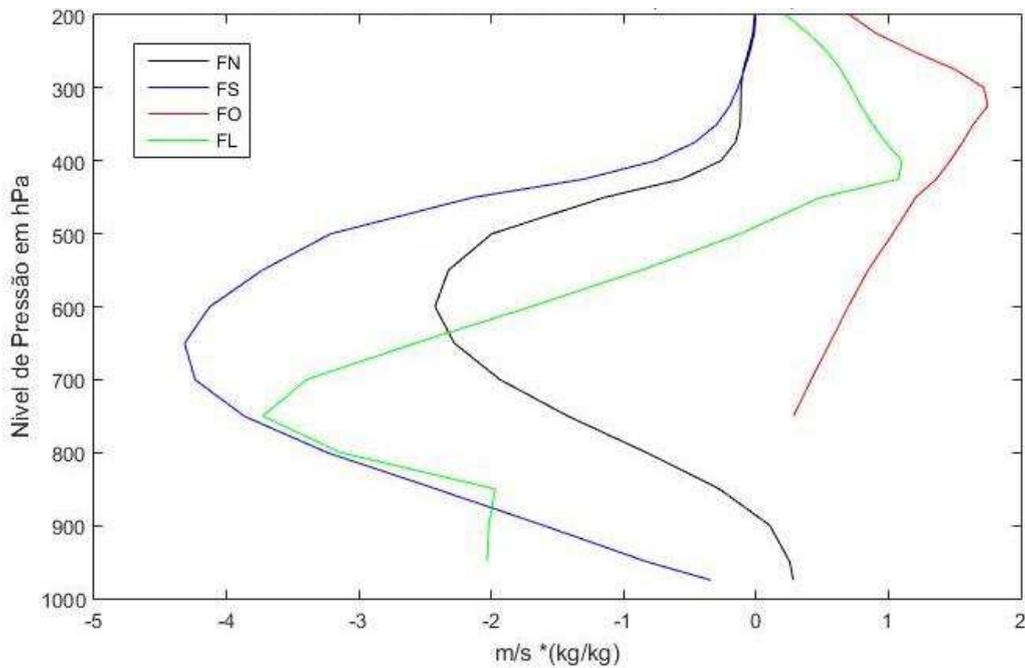


Figura 39: Perfil Vertical de  $q \cdot u$  (FL e FO) e  $q \cdot v$  (FN e FS) de 1979 a 2016 para o período seco da caixa 2.

A Figura 39 apresenta o perfil vertical das 4 fronteiras da caixa 2, de 1979 a 2016 para o período chuvoso, outubro a abril, da caixa 2. Os resultados indicam a entrada de umidade pela fronteira norte (75,57%), oeste (21,74%) e leste (2,69%). Os perfis das fronteiras norte, sul, leste e oeste partem dos níveis de pressão 975, 975, 950 e 850 hPa, respectivamente.

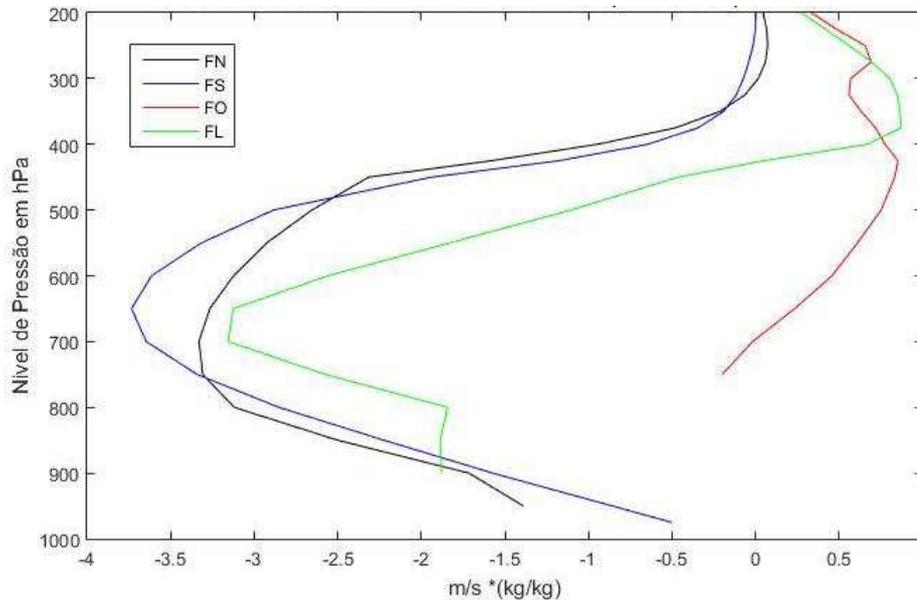


Figura 39: Perfil Vertical de  $q \cdot u$  (FL e FO) e  $q \cdot v$  (FN e FS) de 1979 a 2016 para o período chuvoso da caixa 2.

## 5 – CONCLUSÕES

A tese apresentada teve como objetivo investigar a variabilidade interanual do balanço de umidade nas Bacias Amazônica e do Prata com os dados de reanálises do ERA-Interim fornecidas pelo ECMWF no período de 1979 a 2016.

De acordo com os resultados obtidos, conclui-se que a Bacia Amazônica é uma fonte fundamental de umidade para a Bacia do Prata, uma vez que do total de umidade recebido pela Bacia do Prata, em média, 93,3% é proveniente da Bacia Amazônica e apenas 6,7% vem diretamente do Oceano Atlântico Sul. Além disso, não se observou diferença da contribuição de umidade do Atlântico para Bacia do Prata quando se faz a comparação do fluxo de umidade que ocorreu nos anos secos e o que ocorreu nos anos

chuvosos. Entretanto, durante o período seco praticamente não se observa transporte de umidade do Atlântico para Bacia do Prata. Por outro lado, em ano específico o aporte de umidade do Atlântico para a Bacia do Prata pode chegar a 18% do total de umidade recebida pela Bacia. Com relação aos valores mensais, em algum mês específico, o aporte de umidade diretamente do Atlântico Sul para Bacia do Prata pode ser significativo, mas são apenas casos isolados. No período analisado de janeiro/1979 a dezembro/2016 em 2% dos meses a contribuição do total de umidade mensal foi superior a 40%.

Com relação ao balanço de umidade atmosférica na Bacia Amazônia aproximadamente 83% é proveniente do Oceano Atlântico Sul e apenas 17% do Atlântico Norte. Ressalta-se que no período chuvoso a contribuição do Atlântico Norte é 27% do total de umidade recebida pela Bacia Amazônica, e no período seco de apenas 2%. Nos 10% dos anos mais secos, o aporte de umidade de Atlântico Sul foi de quase 90%. Estes resultados ocorrem porque durante o período mais chuvoso a ZCIT encontra-se em sua posição latitudinal mais ao sul favorecendo o transporte de umidade do Atlântico Norte para a Bacia Amazônica.

Observou-se que, em geral, a reciclagem da precipitação da Bacia do Prata representa 57% do total anual da precipitação. Entretanto, na parte norte da Bacia a reciclagem é de 69%, que representa uma alta eficiente processo de reciclagem de umidade e, conseqüentemente, da precipitação. Esta eficiência é de fundamental importância uma vez que, na parte norte da Bacia do Prata está instalado, aproximadamente, 70% do potencial de geração de energia hidroelétrica do Brasil.

Verificou-se que as variabilidades interanuais da convergência de umidade na Bacia Amazônia e da parte norte da Bacia do Prata são as principais responsáveis pelas variabilidades interanuais dos totais anuais de precipitação nestas áreas. Isto mostra que a eficiência da reciclagem do total de precipitação destas áreas é dependente da convergência de umidade.

O transporte de umidade da Bacia Amazônia é de fundamental importância para a precipitação do Bacia do Prata. Entretanto, o saldo de umidade na Bacia do Prata proveniente da Amazônia é função da configuração da circulação sobre o Oceano Atlântico Sul.

Os resultados dessa análise mostraram que na Bacia Amazônica, as fronteiras norte e leste funcionam como entradas e as fronteiras sul e oeste comportam-se como

saídas ao longo dos 23 níveis de pressão considerados. Por outro lado, na Bacia do Prata (caixa 2) as fronteiras norte, oeste e leste comportam-se como entradas e a fronteira sul como saída, porém na fronteira leste acima do nível de 500 hPa temos saída de umidade. Na Bacia do Prata (caixa 3) verificou-se o seguinte comportamento para as fronteiras: norte (entrada), sul (saída), leste (entrada: pressão de superfície até 900 hPa, saída: 900 a 200 hPa) e oeste (saída: pressão de superfície até 500 hPa, entrada: 500 a 200 hPa).

No tocante ao nível médio de pressão de superfície nas quatro fronteiras das três áreas de estudo, verificou-se a seguinte variabilidade: Área 1 (1000 a 950 hPa), Área 2 (975 a 825 hPa) e Área 3 (1000 a 900 hPa). A consideração do nível de pressão de superfície nas integrais (7) a (10) descritas na metodologia, para o cálculo do transporte de umidade na fronteira da caixa permite obter estimativas mais precisas.

Diante dos resultados apresentados verificou-se que a Bacia Amazônica supre com vapor de água a Bacia do Prata, ou seja, a hipótese nula é falsa e a Amazônia, em média, para o período de 1979 a 2016 é considerada fonte de umidade para a Bacia do Prata.

Para um entendimento mais abrangente do comportamento do transporte de umidade da Bacia Amazônica para a do Prata, os seguintes estudos são sugeridos:

- Realizar o estudo da variabilidade do transporte de umidade nas Bacias Amazônica e do Prata nas quatro estações do ano.

## **6 - REFERÊNCIAS**

ALMEIDA, V.A.; MARTON, E.; NUNES, A.M.B. Assessing the ability of three global reanalysis products to reproduce South American monsoon precipitation. *Atmosfera*, v.31, 1-10, 2018.

ARAÚJO, M.A.A, Um estudo do Fluxo Horizontal do Vapor d'água atmosférico e o seu Armazenamento Sobre o Nordeste do Brasil, Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Dissertação de Mestrado, Campina Grande – PB, 1982.

- ARRAUT, J. R.; NOBRE, C.; BARBOSA, H. M. J.; OBREGON, G.; MARENGO, J. A. Aerial Rivers and Lakes: Looking at Large-Scale Moisture Transport and Its Relation to Amazonia and to Subtropical Rainfall in South America. **Journal of Climate**, v. 25, n. 2, p. 543-556, 2012.
- ARRAUT, J. R.; SATYAMURTY, P. Precipitation and water vapor transport in the Southern Hemisphere with emphasis on the South American region. **Journal of Applied Meteorology and Climatology**, v. 48, n. 9, p. 1902-1912, 2009.
- BENTON, G.S.; ESTOQUE, M.A. Water-Vapour transfer over the North American Continent. *Journal of Meteorology*. 11, 462-477, 1954.
- BERRI, G. J.; INZUNZA, J. B. The effect of the low level jet on the poleward water vapour transport in the central region of south america. **Atmospheric Environment**, v. 27A, p. 335–341, 1993.
- BERRISFORD, P et al. Atmospheric conservations on properties in ERA-Interim, *Quartely Journal of the Royal Meteorological Society*, 137:1381-1399, july 2011.
- BLACKADAR, A. K. Boundary layer wind maxima and their significance for the grown of nocturnal inversions. **Bulletin of the American Meteorological Society**, v. 39, n. 5, p. 279–283, June 1957.
- BONNER, W. D. Climatology of the low level jet. **Monthly Weather Review.**, v. 96, n. 12, p. 833–850, 1968.
- BRAGA, H.A., MOLION, L.C.B. A seca de 2013/2014 na Região Sudeste do Brasil. *Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ*, v. 41, n. 1, p. 100-107, 2018.
- BRUBAKER, L.K., ENTEKHABI, D., EAGLESON, P.S Estimation of Continental Precipitation Recycling. *Journal of Climate*, v.6, 1077-1089, 1993.
- BYERLE, L., PAEGLE J. Description of the seasonal cycle of low-level flows flanking the Andes and their interannual variability. *Meteorologica*, 27, 71-88, 2002.
- CAMPETELLA, C.M., e VERA C.S: The influence of the Andes Mountains on the South American low-level flow. *Geophys. Res. Lett.*, 29, 1826, doi:10.1029/2002GL015451., 2002.
- CAVALCANTI, E.P, Teor e Transporte de Vapor d'água na Atmosfera do Nordeste do Brasil, Tese de Doutorado, Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Campina Grande – PB, 2001.
- CORREIA, F.W.S.; ALVALÁ, R.C.S.; MANZI, A.O. Impacto das modificações da cobertura vegetal no balanço de água na Amazônia: um estudo com modelo de circulação geral da atmosfera (MCGA). *Revista Brasileira de Meteorologia*, 21(3a):p. 153-167. 2006.

CORREIA, F.W.S; MANZI, A.O; CÂNDIDO, L.A; SANTOS, R.M.N; PAULIQUEVIS, T. Balanço de umidade na Amazônia e sua sensibilidade às mudanças na cobertura vegetal. Revista Ciência e Cultura, vol 59. n° 3, São Paulo, 2007.

CORREIA, F. W. S; ROCHA, V. M. Reciclagem de precipitação na bacia Amazônia: perspectiva histórica, pesquisa atual e futura, X Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica (p. 1814-1825), 2014.

COSTA, C.P.W.; Transporte de umidade nos regimes monçônicos e sua variabilidade relacionada com eventos de seca e cheia na Amazônia, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Universidade do Estado Amazônica – UEA, Junho, 2015, Tese de Doutorado.

COUTINHO, M.D.L; LIMA, K.C; SANTOS E SILVA, CLÁUDIO. M. Regional climate simulations of the changes in the components of the moisture budget over South America. INTERNATIONAL JOURNAL OF CLIMATOLOGY, v. 36, p. n/a-n/a, 2015.

COUTINHO, M.D.L.; LIMA K.C.; SAKAMOTO S.S.; MORAIS M.D.C, Verificação da Convergência de Umidade como Suporte na Previsão de Tempo no Nordeste do Brasil: Estudo de caso, Anuário do Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), 2018.

COUTINHO, M.D.L.; CHAPA,S.R.; CAVALCANTI, I.F.A. Moisture transport to weather presente, past and future of South America. Revista Brasileira de Geografia Física, v.6, n.4, p. 945-958, 2013.

DEE, D. P.; UPPALA, S. M.; SIMMONS, A. J.; BERRISFORD, P.; POLI, P.; KOBAYASHI, S.; ANDRAE, U.; BALMASEDA, M. A.; BALSAMO, G.; BAUER, P.; BECHTOLD, P.; BELJAARS, A.C.M.; VAN DE BERG L.; BIDLOT, J.; BORMANN, N.; DELSOL, C.; DRAGANI, R.; FUENTES, M.; GEER, A.J.; HAIMBERGER, L.; HEALY, S.B.; HERSBACH, H.; HÓLM, E.V.; ISAKSEN, L.; KALLBERG, P.; KÖHLER, M.; MATRICARDI, M.; MCNALLY, A.P.; MONGE-SANZ, B.M.; MORCRETTE, J.J.; PARK, B.K.; PEUBEY, C.; DE ROSNAY, P.; TAVOLATO. C.; THÉPAUT, J.N.; VITART, F. The ERA-Interim reanalysis: Configuration and performance of the data assimilation system. Quartely Journal of the Royal Meteorological Society, v.137, n.656, p.553-597, 2011.

DOUGLAS, M. W.; MADDOX, R.; HOWARD, K.; REYES, S. The mexican monsoon. **Journal of Climate**, v. 6, p. 1665–1667, 1993.

DRUMOND, A.; MARENGO, J. A.; AMBRIZZI, T.; NIETO, R.; MOREIRA, L.; GIMENO, L. The role of Amazon Basin moisture on the atmospheric branch of the hydrological cycle: a

Lagrangian analysis. *Hydrology and Earth System Sciences Discussion*, v. 11, n. 1, p. 1023-1046, 2014.

DRUMOND, A.; NIETO, R.; GIMENO, L.; AMBRIZZI, T. A Lagrangian identification of major sources of moisture over Central Brazil and La Plata Basin. *Journal of Geophysical Research*, v. 113, n. D14, p. 1-9, 2008.

ELTAHIR, E. A. B.; BRAS, R. L. Precipitation recycling in the Amazon basin. **Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society**, v. 120, n. 518, p. 861-880, 1994.

FINDLATER, J. A major low-level air current near the Indian Ocean during the northern summer. **Journal of Royal Meteorological Society**, v. 95, p. 362-380, 1969.

GRIMM, A.M.; TEDESCHI, R.G. ENSO and extreme rainfall events in South America. *Journal of Climate*, v.22, p.1589-1609, 2009.

HASTENRATH, S.L. The flux of atmospheric water vapour over Caribbean Sea and Gulf of Mexico. *Journal of Applied Meteorology*. MAS, Boston, USA. 5, 778-788. 1966.

HERDIES, D.L.; QUADRO, M.F.L.; SILVA D.M.A.F.; GONÇALVES, L.G.G. Análise Climatológica da Precipitação e do Transporte de Umidade na Região da ZCAS através da Nova Geração de Reanálises. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v.27, n.2, p.152-162, 2012.

JURY, M. R.; TOSEN, G. R. Characteristics of the winter boundary layer over the African plateau: 26 degrees E. **Boundary Layer Meteorology**, v. 49, p. 53-76, 1989.

KALNAY, E.; KANAMITSU, M.; KISTLER, R.; COLLINS, W.; DEAVEN, D.; GANDIN, L.; IREDELL, M.; SAHA, S.; WHITE, G.; WOOLLEN, J.; ZHU, Y.; CHILLIAR, M.; EBISUZAKI, W.; HIGGINS, W.; JANOWIAK, J.; MO, K. C.; ROPELEWSKI, C.; WANG, J.; LEETMAA, A.; REYNOLDS, R.; JENNE, R.; JOSEPH, D. The NCEP/ NCAR 40-Year Reanalysis Project. *Bulletin of the American Meteorological Society*, v. 77, n. 3, p. 437-471, 1996.

KAYANO, M.T.; CAPISTRANO, V.B. How the Atlantic multidecadal oscillation (AMO) modifies the ENSO influence on the South American rainfall. *International Journal of Climate*, v.34, n.1, p.162-178, 2014.

LI, L., and H. LE TREUT, Transient behavior of the meridional moisture transport across South America and its relation to atmospheric circulation patterns. *Geophys. Res. Lett.*, **26**, 1409-1412, 1999.

MARENGO, J. A. Characteristics and spatio-temporal variability of the Amazon River Basin Water Budget. *Climate Dynamics*, v. 24, n. 1, p. 11-22, 2005.

- MARENGO, J. A.; SOARES, W.; SAULO, C.; NICOLINI, M. 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, Jun. 2004.
- MARENGO, J. A.; SOARES, W. Episódio de jatos em baixos níveis durante 13 a 19 de abril de 1999. **Revista Brasileira de Meteorologia**, n. 17, p. 35–52, 2002.
- MARQUES, J.; SANTOS, J.M.; VILLA NOVA, N.A.; SALATI, E. Precipitable water and water vapor flux between Belem and Manaus. *Acta Amazonica*, v.7, n.3, p.355-362, 1977.
- MARTINEZ, J.A; DOMINGUEZ, F. Sources of Atmospheric Moisture for the La Plata River Basin. *Journal of Climate*, v. 27, n. 17, p. 6737-6753, 2014.
- MEANS, L.L., On Thunderstorm Forecasting in the Central United States *Monthly Weather Review* 80: (10) pp. 165-189, OCT, 1952.
- MOLION, L.C.B. *A climatonic study of the energy and moisture fluxes of the Amazônica basin with considerations of deforestation effects*. 1975. Ph.D. Thesis – University of Wisconsin, Madison, USA, 1975.
- NASCIMENTO, M.G; O balanço de umidade na América do Sul: Consequencias das modificações de uso e cobertura do solo sobre o Brasil, Tese de Doutorado, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) São José dos Campos - SP, 2013.
- NASCIMENTO, M. G.; ANGELIS, C. F.; SOUZA, D. O. Contribuição da umidade proveniente da amazônia e do pantanal sobre a precipitação na bacia do prata. In: XV Congresso Brasileiro de Meteorologia, SBMET, 2008, São Paulo. **Anais do XV CBMET**, 2008.
- NASCIMENTO, M.G.; HERDIES, D.L.; SOUZA, D.O. The South American Water Balance: The Influence of Low-Level Jet, *Journal of Climate*, 2016.
- NICOLINI, M e SAULO A.C. ETA Characterization of the 1997-1998 Warm Season Chaco Jet Cases. In: International Conference on Southern Hemisphere Meteorology and Oceanography, 6., Santiago/Chile. *Anais. Santiago/Chile*, p. 330–331, 2000.
- NICOLINI, M.; SALIO, P.; ULKE, G.; MARENGO, J.; DOUGLAS, M. South American Low-level jet diurnal cycle and three dimensional structure. In: Press, CLIVAR-Exchanges, 2004.
- NOBRE, C. A.; MARENGO, J.A; ARTAXO, P. Understanding the Climate of Amazonia: Progress from LBA. In: KELLER, M.; BUSTAMANTE, M.; GASH, J.; SILVA DIAS, P. (Orgs.) Amazonia and Global Change. *Geophysical Monograph Ser*, vol. 186 Washington, D. C.: American Geophysical Union Books, 2009a, p. 145-147.

NOBRE, C.A.; OBREGÓN, G.O; MARENGO, J. A.; FU, R.; POVEDA G. Characteristics of Amazonian Climate: Main Features. In: KELLER, M.; BUSTAMANTE, M.; GASH, J; SILVA DIAS, P.(Orgs.). Amazonia and Global Change. Geophysical Monograph Ser, vol. 186. Washington, D.C.: American Geophysical Union Books, 2009b, p.149-162.

PAEGLE, J. A comparative review of south american low-level jets. **Meteorologica**, v. 23, n. 1 e 2, p. 73–81, 1998.

PEIXOTO, J.P. O campo da divergência do transporte de vapor de água na atmosfera In: Ver. Fac. Ciências de Lisboa, Portugal, separata, 2ª série B. v. 7, 25-56. 1959.

PESQUERO, J.F. Balanço de umidade na região do sistema de monções da América do Sul em cenários climáticos futuros (2071-2100) utilizando o modelo ETA. Um estudo de modelagem, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, INP, São José dos Campos, 2009.

QUADRO, M. F. L.; SILVA DIAS, M. A. F. ; HERDIES, D. L. ; GONCALVES, L. G. G. . Análise Climatológica da Precipitação e do Transporte de Umidade na Região da ZCAS Através da Nova Geração de Reanálises. Revista Brasileira de Meteorologia (Impresso), v. 27, p. 152-162, 2012.

RAO V.B, MARQUES V.S. Water Vapor characteristics over Northeast Brazil during two contrasting years. Journal of Climate and Applied Meteorology. MAS Boston, USA. 23, 3.440-444, 1984.

RAO, V.B.; CHAPA, S.R.; CAVALCANTI, I.F.A, Moisture budget in the tropics and the Walker circulation. Journal Geophysical Research, v.103, n.D12, p.13713-13728, 1998.

RATHOR, H.S.; ARAUJO, M.A.A, MELLO, C.C. Atmospheric water vapour flux and its divergence over the drought prone region of tropical Northeast Brazil. Revista Brasileira de Geofísica. Rio de Janeiro, Brasil. 3, 107-113. 1987.

REBOITA, M.S.; GAN, M.A.; ROCHA, R.D.; AMBRIZZI, T. Regimes de precipitação na América do Sul: uma revisão bibliográfica. Revista Brasileira de Meteorologia, v.25, n.2, p. 185-204, 2010.

ROCHA, V.M.; CORREIA F.W.S.; SILVA P.R.T.; GOMES W.B.; VERGASTA L.A.; MOURA R.G.; TRINDADE M.S.P.; PEDROSA A.L.; SILVA J.J.S.; Reciclagem de Precipitação na Bacia Amazônica: O papel do Transporte de Umidade e de Evapotranspiração da Superfície, Revista Brasileira de Meteorologia, v.32, n.3 p. 387-398, 2017.

ROCHA V.M.; CORREIA F. W. S.; GOMES W.B, Reciclagem de Precipitação na Amazônia. Um estudo com as reanálises de ECMWF (ERA-INTERIM, 1980-2005) XII SBCG,

Variabilidade e Susceptibilidade Climática – Implicações Ecológicas e Sociais, 25 a 29 de outubro de 2016, Goiânia/UFG.

SALIO, P.; NICOLINI, M.; SAULO, A. C. Chaco low-level jet events characterization during the austral summer season. **Journal of Geophysical Research.**, v. 107, n. D24, p. 4816, 2002.

SATYAMURTY, P.; da COSTA, C.P.W.; MANZI, A.O. Moisture source for the Amazon Basin: a study of contrasting years. *Theoretical and Applied Climatology* v. 111, n 1-3 p 195-209, 2013.

SATYAMURTY, P; Costa, C.; Santos, C. A. C.; Antônio O. Manzi, A. O. Convergência do fluxo de umidade sobre a região Amazônica nos anos contrastantes 2005 e 2009. IN: XVI Congresso Brasileiro de Meteorologia, SBMET, 2010, Belém. **Anais do XVI CBMET**, 2010.

SAULO, A.C.; SELUCHI, M.E.; NICOLINI, M.A. A Case Study of a Chaco Low Level Jet Event *Monthly Weather Review*, v.132, Issue 11, p.2669-2683, 2004.

SCRICCO, M.I. Extremos de Umidade na América do Sul e a contribuição do Oceano Atlântico Sul. Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria - RS, 2016.

SILVA, A.E. Variabilidade da Circulação e Transporte de Umidade no Regime de Monção da América do Sul, Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

SPAR, J. A suggested technique for quantitative precipitation forecasting. *Monthly Weather Review*. MAS, Boston, USA. 81, 217-221. 1953.

STENSRUD, D. J. Importance of low level jet to climate: a review. **Journal of Climate**, v. 9, p. 1698–1711, 1996.

TUCCI, C. E. M. Visão dos recursos hídricos na bacia do Prata, *Revista de Gestão de Água na América Latina*, vol 3, n° 2 (jul/dez), 2006.

VAN DER ENT, R.J.; SAVENIJE, H.H.G.; SCHAEFLI, B.; STEELE-DUNNE, S.C. Origin and fate of atmospheric moisture over continents. *Water Resources Research*, v.46, n.9, p.1-12, 2010.

VERA, C.S. The South American Low-Level Jet Experiment. *Bulletin of the American Meteorology Society*, v.87, p.63-77, 2006.

VIRJI, H. A preliminary study of summertime tropospheric circulation patterns over south america estimated from cloud winds. **Monthly Weather Review**, v. 109, p.167–178, 1981.

ZENI, V. L. F. Bacia do Prata: O Território das Águas. Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, Tese de Doutorado, Florianópolis-SC, 2018.

## 7 – APÊNDICE

A – Transporte de Umidade Anual. Unidade:  $10^7$  kg/s.

Ano	Caixa 1				Balço de Umidade
	FN	FS	FL	FO	
1979	-3,4879	14,0177	-33,1963	14,1411	-8,5254
1980	-6,0491	18,3409	-33,7300	13,9186	-7,5195
1981	-2,3976	16,7189	-33,9459	12,5867	-7,0379
1982	-6,0239	16,8976	-36,0516	13,771	-11,4069
1983	-4,6529	18,5818	-37,2398	14,7634	-8,5475
1984	-7,7046	15,5036	-34,6465	14,4963	-12,3512
1985	-7,9534	12,2704	-29,4571	14,1566	-10,9836
1986	-7,2225	15,9777	-36,0231	15,555	-11,7129
1987	-5,2507	16,8776	-38,9163	16,8942	-10,3952
1988	-7,1857	11,7142	-32,1789	15,0817	-12,5687
1989	-7,9219	11,7835	-30,9400	13,3675	-13,7109
1990	-4,7788	14,8813	-38,5189	15,9038	-12,5127
1991	-6,8810	16,1286	-35,7758	14,9338	-11,5944
1992	-5,6081	16,1829	-37,6726	14,8426	-12,2552
1993	-7,2183	14,3569	-37,9004	17,0296	-13,7322
1994	-7,2348	14,3884	-37,8719	17,036	-13,6823
1995	-6,4138	14,7168	-33,8556	14,9769	-10,5758
1996	-6,2509	14,3325	-36,5139	16,1875	-12,2447
1997	-7,8723	19,2711	-37,1336	14,8584	-10,8764
1998	-4,1980	15,6456	-40,6428	19,0229	-10,1724
1999	-5,2543	10,1178	-35,6786	16,0018	-14,8132
2000	-8,2522	14,8245	-35,2587	14,8774	-13,8091
2001	-7,3697	16,6907	-41,0340	18,9723	-12,7407
2002	-8,7771	18,851	-40,6937	18,6534	-11,9664
2003	-8,2610	16,4901	-42,9341	19,7707	-14,9344
2004	-8,1995	14,2664	-39,6632	17,3985	-16,1978
2005	-6,6412	15,4803	-40,8088	15,8172	-16,1524
2006	-7,6264	17,472	-41,9493	16,5486	-15,5551
2007	-8,0043	18,1187	-43,5457	18,1845	-15,2467
2008	-8,4772	13,8224	-36,5701	14,9383	-16,2865
2009	-10,1070	18,3908	-40,4401	17,6902	-14,4661
2010	-4,4501	15,1876	-41,6344	18,0168	-12,8802
2011	-5,8563	13,8321	-38,9526	14,8765	-16,1003
2012	-6,1946	18,086	-42,8707	16,7959	-14,1834
2013	-8,6982	17,6078	-43,2381	17,0355	-17,293
2014	-8,9146	20,1975	-45,3511	18,314	-15,7542
2015	-9,1203	21,9167	-47,5126	22,6773	-12,0388
2016	-6,0464	17,3979	-44,0324	19,9255	-12,7555
<b>MÉDIA</b>	<b>-6,8041</b>	<b>15,9826</b>	<b>-38,2731</b>	<b>16,3163</b>	<b>-12,7784</b>

FN: Fronteira Norte. FS: Fronteira Sul. FL: Fronteira Leste e FO: Fronteira Oeste.

A - Transporte de Umidade Anual. Unidade: 10<sup>7</sup> kg/s.

Ano	Caixa 2				Balanço de Umidade
	FN	FS	FL	FO	
1979	-10,2126	12,0982	2,0032	-6,0705	-2,1817
1980	-14,3925	19,2691	-0,5836	-6,6784	-2,3854
1981	-13,2066	16,4217	-0,8380	-4,892	-2,5149
1982	-14,6530	18,2575	-0,1761	-5,2861	-1,8577
1983	-15,7743	19,2301	1,4448	-7,3957	-2,4951
1984	-12,7219	20,3184	-2,8516	-4,851	-0,106
1985	-10,2632	14,8517	-0,5265	-3,9497	0,1123
1986	-13,5283	19,4541	-1,6721	-4,7414	-0,4876
1987	-13,8595	19,9528	0,4093	-6,7963	-0,2937
1988	-9,4156	14,6402	-0,9124	-4,6917	-0,3795
1989	-9,9380	13,6631	-0,5405	-3,9805	-0,796
1990	-12,1979	18,6809	-1,7918	-4,5868	0,1043
1991	-13,4762	17,4923	0,1363	-4,7117	-0,5593
1992	-13,4354	18,5016	-1,0063	-5,758	-1,6981
1993	-12,8251	17,7312	-0,9448	-4,3645	-0,4033
1994	-12,0137	17,7584	-2,3068	-4,2766	-0,8387
1995	-12,0954	15,0097	0,0014	-4,7832	-1,8675
1996	-11,5253	14,8012	-0,6286	-4,5399	-1,8927
1997	-15,5885	19,7669	0,1115	-5,9869	-1,697
1998	-11,9580	16,8563	-0,1429	-6,0236	-1,2683
1999	-7,8012	12,5256	-1,4173	-3,2105	0,0966
2000	-11,0095	15,9158	-0,5175	-5,0272	-0,6385
2001	-12,3582	18,3371	-1,1859	-5,4161	-0,6231
2002	-13,2277	21,7705	-0,9648	-7,6461	-0,0681
2003	-11,8951	17,2857	-0,2797	-5,7725	-0,6617
2004	-10,6308	13,2931	1,2483	-5,6402	-1,7295
2005	-11,7498	16,2535	0,1373	-5,6967	-1,0558
2006	-12,5384	14,7781	0,9954	-5,6153	-2,3803
2007	-13,2132	19,4564	-1,1850	-6,8238	-1,7656
2008	-10,9953	11,5335	1,4825	-4,5907	-2,5699
2009	-14,5907	15,5797	2,0585	-5,4935	-2,446
2010	-11,2853	16,4424	-0,0220	-5,805	-0,6699
2011	-11,2253	12,7576	0,6517	-4,1486	-1,9646
2012	-13,4307	18,7585	-0,8127	-5,712	-1,197
2013	-13,7496	15,8823	1,2578	-5,636	-2,2454
2014	-14,4455	21,5697	-2,5107	-6,7993	-2,1858
2015	-16,2146	21,9358	0,3518	-7,5557	-1,4827
2016	-13,0636	16,3665	1,6063	-6,6894	-1,7802
<b>MÉDIA</b>	<b>-12,5396</b>	<b>16,9789</b>	<b>-0,2611</b>	<b>-5,4643</b>	<b>-1,2861</b>

FN: Fronteira Norte. FS: Fronteira Sul. FL: Fronteira Leste e FO: Fronteira Oeste.

A - Transporte de Umidade Anual. Unidade: 10<sup>7</sup> kg/s.

Ano	Caixa 3				Balanço de Umidade
	FN	FS	FL	FO	
1979	-11,6811	4,6009	7,8341	-2,1011	-1,3472
1980	-18,9605	9,1223	9,6557	-2,4283	-2,6109
1981	-15,9648	8,4851	7,4848	-1,6667	-1,6616
1982	-17,4748	9,0645	8,7542	-2,1945	-1,8506
1983	-18,1953	8,1342	9,2133	-2,3126	-3,1605
1984	-19,6820	8,6443	10,7858	-1,8499	-2,1018
1985	-14,7424	7,013	7,4699	-1,1652	-1,4246
1986	-19,2557	8,7633	9,9123	-1,5316	-2,1116
1987	-19,3346	7,3722	12,2527	-2,6546	-2,3643
1988	-14,1372	5,7745	10,0908	-2,3378	-0,6098
1989	-13,1088	6,0543	7,2360	-1,3816	-1,2
1990	-18,4723	8,0096	9,4347	-1,8226	-2,8506
1991	-17,0627	8,9024	8,4850	-2,1368	-1,8122
1992	-17,7445	9,9556	7,3701	-1,6555	-2,0743
1993	-16,9145	6,9394	10,5618	-2,3599	-1,7731
1994	-17,4367	7,0644	10,6018	-2,2668	-2,0373
1995	-14,3237	4,397	11,2240	-2,6795	-1,3822
1996	-14,6365	6,599	7,2613	-1,6918	-2,468
1997	-18,8573	8,0555	10,0272	-2,2769	-3,0515
1998	-16,3470	4,723	10,5622	-2,627	-3,6888
1999	-12,2491	5,1184	7,3749	-1,1433	-0,8991
2000	-15,6361	6,107	8,9802	-1,896	-2,4449
2001	-18,0512	9,7426	7,2895	-1,3268	-2,3459
2002	-21,8781	9,1102	10,8883	-1,9936	-3,8732
2003	-16,8119	6,0141	11,2644	-2,1426	-1,676
2004	-13,0703	6,8007	6,2367	-0,7753	-0,8082
2005	-16,1232	7,0087	9,0167	-1,4327	-1,5305
2006	-14,4165	5,6371	8,9492	-1,1679	-0,998
2007	-19,0646	7,7498	11,3377	-1,7594	-1,7365
2008	-11,0528	4,2997	7,1052	-1,1068	-0,7548
2009	-14,8101	5,4769	9,4535	-1,7188	-1,5985
2010	-15,8837	7,1431	8,6609	-1,3972	-1,477
2011	-12,3991	5,1715	6,8420	-1,2422	-1,6277
2012	-18,2842	8,6048	9,7698	-1,1282	-1,0379
2013	-15,5371	4,965	10,5604	-1,2536	-1,2653
2014	-21,4182	10,5619	9,7008	-1,337	-2,4925
2015	-21,1416	7,7359	12,6041	-1,7738	-2,5754
2016	-16,4869	4,8625	12,0182	-2,1215	-1,7277
<b>MÉDIA</b>	<b>-16,5433</b>	<b>7,0996</b>	<b>9,3229</b>	<b>-1,7857</b>	<b>-1,9066</b>

FN: Fronteira Norte. FS: Fronteira Sul. FL: Fronteira Leste e FO: Fronteira Oeste.

B - Transporte de Umidade Mensal (Janeiro). Unidade: 10<sup>7</sup> kg/s.

Ano	Caixa 1				Balanço de Umidade
	FN	FS	FL	FO	
1979	-17,9804	16,1284	-18,2620	5,0362	-15,0777
1980	-18,6902	20,052	-26,3544	9,1255	-15,8671
1981	-18,5816	27,6407	-27,5582	3,0105	-15,4886
1982	-22,5193	15,1991	-19,2385	3,7156	-22,8431
1983	-17,3669	21,6673	-22,0876	9,4078	-8,3794
1984	-15,2583	23,3948	-30,0260	4,3828	-17,5068
1985	-28,5010	9,3891	-3,1492	2,8278	-19,4333
1986	-21,6820	20,0089	-26,2755	10,7653	-17,1833
1987	-19,6765	25,3082	-36,5183	14,8668	-16,0197
1988	-21,8962	25,2865	-31,6825	10,7177	-17,5745
1989	-19,7366	20,3963	-32,6344	8,9706	-23,004
1990	-19,0669	26,099	-42,5922	13,9189	-21,6412
1991	-26,6036	23,2331	-25,7715	4,1817	-24,9603
1992	-20,9358	11,2964	-11,8115	5,2593	-16,1917
1993	-22,9522	17,5577	-24,0374	8,7765	-20,6554
1994	-22,9444	17,5765	-23,7398	8,7244	-20,3833
1995	-21,2604	27,7578	-31,1229	9,7423	-14,8831
1996	-17,4511	27,5437	-34,6395	5,9238	-18,6231
1997	-20,0647	22,6411	-25,5200	-1,2511	-24,1947
1998	-17,0919	22,2185	-36,5871	17,6475	-13,813
1999	-18,5750	13,3908	-33,7529	10,2437	-28,6933
2000	-20,2623	16,1795	-19,1781	0,3941	-22,8668
2001	-21,5975	23,6941	-42,2308	16,0127	-24,1215
2002	-21,3730	12,8817	-19,0249	7,5154	-20,0008
2003	-19,5572	27,6049	-35,9600	11,8231	-16,0893
2004	-26,5182	7,9347	-5,2800	0,4817	-23,3818
2005	-17,5726	20,6551	-27,7906	-0,0236	-24,7316
2006	-16,7524	21,5913	-46,9521	13,8417	-28,2715
2007	-22,1059	34,466	-42,6987	14,5403	-15,7984
2008	-23,9815	26,1567	-37,0450	9,3633	-25,5065
2009	-19,0576	15,276	-39,4808	14,4032	-28,8592
2010	-22,5589	25,3458	-43,4394	17,0716	-23,5808
2011	-22,3693	23,1128	-33,8235	5,5654	-27,5146
2012	-23,1380	20,3515	-34,7226	4,5048	-33,0043
2013	-27,6491	16,2071	-31,6132	12,6448	-30,4105
2014	-21,1150	29,3546	-42,0665	10,0609	-23,766
2015	-17,6161	22,0104	-48,3062	20,5224	-23,3895
2016	-21,8318	21,2736	-21,7680	3,8045	-18,5217
<b>MÉDIA</b>	<b>-20,3562</b>	<b>20,4585</b>	<b>-29,0959</b>	<b>8,4236</b>	<b>-20,5700</b>

FN: Fronteira Norte. FS: Fronteira Sul. FL: Fronteira Leste e FO: Fronteira Oeste.

B - Transporte de Umidade Mensal (Fevereiro). Unidade: 10<sup>7</sup> kg/s.

Ano	Caixa 1				Balanço de Umidade
	FN	FS	FL	FO	
1979	-23,6984	15,7507	-18,7279	10,069	-16,6066
1980	-22,7874	19,3716	-9,2428	0,3139	-12,3447
1981	-8,8447	20,3633	-46,5690	17,8594	-17,1911
1982	-17,6965	24,4128	-37,4075	7,2979	-23,3934
1983	-13,2731	12,4499	-31,1108	20,7515	-11,1824
1984	-18,8085	18,2899	-39,0742	19,9511	-19,6417
1985	-21,9676	16,2031	-26,7035	16,389	-16,079
1986	-18,9638	21,4228	-28,7441	9,0664	-17,2187
1987	-14,3766	15,6285	-43,5171	25,4138	-16,8513
1988	-20,9202	7,9104	-22,0943	12,4945	-22,6095
1989	-19,7570	16,3484	-29,6799	10,7737	-22,3148
1990	-18,3426	8,3191	-11,1371	0,8347	-20,3259
1991	-16,5822	16,0411	-34,5045	15,49	-19,5556
1992	-20,2667	23,5317	-36,9730	7,6623	-26,0457
1993	-22,3112	20,4747	-36,8393	15,5013	-23,1746
1994	-22,3983	20,8806	-36,7906	15,4554	-22,8529
1995	-18,8095	21,9251	-25,8837	8,038	-14,7301
1996	-16,8593	16,2854	-34,9463	16,605	-18,9152
1997	-16,0529	16,7384	-48,0571	24,8678	-22,5038
1998	-14,1032	22,1812	-43,0435	20,4034	-14,5621
1999	-16,3845	15,7652	-37,7348	13,1586	-25,1956
2000	-22,3325	17,6903	-26,7012	9,0487	-22,2946
2001	-21,9775	21,1838	-36,4573	18,5471	-18,7039
2002	-24,4837	21,9583	-40,1451	16,6212	-26,0493
2003	-22,0504	26,6329	-49,5144	19,1597	-25,7722
2004	-24,0075	9,8386	-40,1659	17,4493	-36,8855
2005	-21,9457	3,4217	-35,2433	17,3686	-36,3986
2006	-24,6043	21,0527	-38,6660	9,5634	-32,6542
2007	-21,5849	24,0748	-27,9194	4,0275	-21,402
2008	-22,1736	17,6382	-33,2442	10,619	-27,1606
2009	-25,5399	24,3471	-44,3523	13,5677	-31,9774
2010	-18,4819	28,6995	-54,4149	23,1845	-21,0129
2011	-19,5916	18,3641	-36,1496	6,1869	-31,1901
2012	-23,2570	24,1784	-44,3157	11,5483	-31,8459
2013	-22,6245	24,733	-51,8515	16,3085	-33,4345
2014	-21,8287	23,4406	-46,4289	14,0018	-30,8152
2015	-21,1691	24,3171	-39,8778	12,8167	-23,9132
2016	-18,3219	30,7433	-57,7262	25,423	-19,8818
<b>MÉDIA</b>	<b>-19,4661</b>	<b>18,7848</b>	<b>-35,4347</b>	<b>13,6882</b>	<b>-22,4279</b>

FN: Fronteira Norte. FS: Fronteira Sul. FL: Fronteira Leste e FO: Fronteira Oeste.

B - Transporte de Umidade Mensal (Março). Unidade: 10<sup>7</sup> kg/s.

Ano	Caixa 1				Balanço de Umidade
	FN	FS	FL	FO	
1979	-10,3698	7,3429	-35,0377	17,8005	-20,2641
1980	-17,3970	17,955	-41,8472	22,1625	-19,1266
1981	-15,5127	11,5765	-15,9993	5,9218	-14,0139
1982	-16,0454	16,2852	-31,3110	10,8635	-20,2077
1983	-12,6988	17,4364	-36,3681	16,5147	-15,1157
1984	-20,8203	11,6115	-24,6779	15,9351	-17,9516
1985	-20,3349	20,929	-31,8599	14,8407	-16,4251
1986	-18,8018	10,081	-26,7492	16,2789	-19,1911
1987	-12,6334	10,0813	-21,2883	9,2921	-14,5483
1988	-21,9076	15,0042	-21,9460	12,571	-16,2783
1989	-17,3925	7,482	-22,5213	8,4089	-24,0228
1990	-13,8069	15,9347	-40,7012	17,3887	-21,1848
1991	-18,6422	13,8757	-25,1855	9,1875	-20,7644
1992	-13,6283	16,3861	-42,6268	16,6374	-23,2317
1993	-15,6418	5,5712	-26,8892	15,8378	-21,122
1994	-15,6837	5,461	-26,7534	15,8178	-21,1583
1995	-13,4672	12,7985	-33,3697	14,8356	-19,2027
1996	-19,9609	10,8486	-27,8474	13,2277	-23,732
1997	-23,0448	3,7599	-16,6512	7,4932	-28,443
1998	-14,3577	17,6566	-45,0157	23,1964	-18,5203
1999	-15,6495	17,7633	-32,1311	11,9657	-18,0515
2000	-17,3296	11,5828	-33,6616	16,3961	-23,0122
2001	-17,3130	14,9693	-40,7718	21,6522	-21,4633
2002	-16,1584	24,2134	-47,0169	17,8056	-21,1563
2003	-16,7845	15,9928	-44,6861	19,5471	-25,9306
2004	-20,6760	9,1515	-47,0936	24,5473	-34,0708
2005	-20,9654	11,3852	-38,8015	17,4468	-30,9349
2006	-16,5947	19,8751	-44,7695	16,5095	-24,9796
2007	-16,1934	19,6888	-55,8137	24,1691	-28,1493
2008	-20,7733	9,2417	-27,2895	9,6568	-29,1642
2009	-20,8962	13,9758	-40,0281	16,9316	-30,0169
2010	-14,8029	12,8162	-43,4545	26,6309	-18,8103
2011	-17,9289	13,2172	-33,4327	7,5565	-30,5879
2012	-13,5301	13,2281	-50,6240	26,0227	-24,9034
2013	-19,2919	18,8589	-48,3427	21,6227	-27,1529
2014	-20,5078	23,5717	-45,3646	13,4569	-28,8439
2015	-21,9983	14,1424	-39,8308	15,1642	-32,5225
2016	-17,0106	12,2552	-47,6072	24,8283	-27,5344
<b>MÉDIA</b>	<b>-16,8347</b>	<b>13,4361</b>	<b>-34,7530</b>	<b>15,7980</b>	<b>-22,3536</b>

FN: Fronteira Norte. FS: Fronteira Sul. FL: Fronteira Leste e FO: Fronteira Oeste.

B - Transporte de Umidade Mensal (Abril). Unidade: 10<sup>7</sup> kg/s.

Ano	Caixa 1				Balanço de Umidade
	FN	FS	FL	FO	
1979	-7,8837	5,917	-33,5521	21,612	-13,9068
1980	-9,5187	23,8576	-41,7858	16,4567	-10,9902
1981	1,7211	8,2795	-39,5680	16,0898	-13,4776
1982	-10,2138	3,9549	-33,8190	17,6906	-22,3874
1983	-3,3243	17,7466	-48,9114	19,2905	-15,1986
1984	-16,1099	5,3333	-31,8158	19,6412	-22,9512
1985	-13,3134	11,8018	-28,2265	14,7086	-15,0296
1986	-13,0789	13,5473	-36,0537	19,7064	-15,8789
1987	-8,2731	13,8411	-51,6931	25,1297	-20,9955
1988	-14,8334	10,8841	-34,2410	17,6235	-20,5668
1989	-16,3769	9,1976	-29,8761	17,0883	-19,9671
1990	-7,4097	17,9079	-44,5703	16,2152	-17,8569
1991	-10,2212	11,4287	-36,7237	17,6393	-17,8769
1992	-8,9067	18,5538	-48,3816	19,993	-18,7416
1993	-12,8213	7,9655	-36,9914	20,7267	-21,1204
1994	-12,9296	7,8949	-36,8327	20,662	-21,2053
1995	-12,2998	10,8632	-39,6441	19,9078	-21,1728
1996	-16,4436	12,6196	-33,4817	17,5359	-19,7698
1997	-11,7566	11,2974	-39,3698	17,7328	-22,0962
1998	-7,6641	18,7711	-53,2363	24,8243	-17,305
1999	-6,3365	0,1394	-45,0954	30,8234	-20,4691
2000	-15,6604	6,0488	-36,5131	21,926	-24,1988
2001	-13,9237	12,7463	-42,7474	24,3617	-19,5632
2002	-9,2055	13,7932	-45,2930	20,4615	-20,2439
2003	-13,7291	11,8494	-50,5289	26,6787	-25,7298
2004	-12,4365	18,7969	-48,5647	17,2748	-24,9296
2005	-9,6021	10,1119	-56,4926	31,4277	-24,5551
2006	-12,7129	6,1777	-40,1442	17,4574	-29,2221
2007	-12,3561	9,2568	-48,1762	21,9979	-29,2777
2008	-18,4160	13,0629	-32,9434	12,296	-26,0005
2009	-16,7098	-0,9269	-32,5976	23,3201	-26,9142
2010	-5,1315	3,7423	-49,6573	29,7528	-21,2938
2011	-13,7570	9,9361	-43,7292	20,2368	-27,3132
2012	-10,8526	17,8873	-50,9796	18,248	-25,697
2013	-9,7748	15,901	-48,4505	19,4436	-22,8807
2014	-14,2679	12,4422	-51,3970	28,0136	-25,2091
2015	-13,9211	12,3101	-53,1083	32,3165	-22,4028
2016	-5,6877	21,9883	-61,1611	26,1537	-18,7068
<b>MÉDIA</b>	<b>-10,9266</b>	<b>11,2032</b>	<b>-41,4450</b>	<b>20,5760</b>	<b>-20,5924</b>

FN: Fronteira Norte. FS: Fronteira Sul. FL: Fronteira Leste e FO: Fronteira Oeste.

B - Transporte de Umidade Mensal (Maio). Unidade: 10<sup>7</sup> kg/s.

Ano	Caixa 1				Balanço de Umidade
	FN	FS	FL	FO	
1979	-0,9861	13,102	-43,5402	20,5767	-10,8477
1980	1,7136	18,9992	-46,7777	19,3074	-6,7575
1981	3,5264	14,4861	-36,8318	13,9114	-4,908
1982	-0,4056	13,2442	-44,8907	19,0658	-12,9863
1983	1,2305	25,0918	-49,4357	15,4705	-7,6428
1984	-10,8175	18,516	-32,1267	10,5476	-13,8806
1985	-6,1859	11,1221	-43,0746	23,6103	-14,5282
1986	-5,1544	23,5941	-51,2224	17,3522	-15,4306
1987	2,2265	19,3719	-48,1587	18,324	-8,2363
1988	-11,6927	9,5843	-40,3076	22,4309	-19,9851
1989	-6,0999	0,6761	-39,1380	26,3451	-18,2167
1990	-3,9782	13,8986	-47,1187	23,3281	-13,8703
1991	-8,0621	11,6815	-39,7971	21,0722	-15,1055
1992	0,3588	22,2394	-44,8168	16,9266	-5,292
1993	-5,6553	12,1591	-47,9034	21,9546	-19,445
1994	-5,8664	12,1382	-47,8529	21,9382	-19,6429
1995	-8,5605	1,9093	-35,3163	23,7736	-18,1939
1996	-7,1759	4,4366	-34,6115	20,0749	-17,2758
1997	-3,0245	9,9528	-48,6431	27,9531	-13,7617
1998	2,5815	9,997	-47,4260	24,2871	-10,5604
1999	-7,4884	1,2929	-38,2059	25,5077	-18,8936
2000	-4,5178	9,6569	-45,3852	25,7197	-14,5264
2001	-7,5685	15,8904	-47,4270	24,6055	-14,4997
2002	-6,6805	15,7921	-48,8482	25,2725	-14,4641
2003	-9,2956	8,035	-51,4504	31,599	-21,112
2004	-3,5069	12,0025	-53,7028	28,1714	-17,0357
2005	-2,5266	20,6769	-52,8877	19,4154	-15,3219
2006	-4,0829	1,893	-46,3866	26,2414	-22,3351
2007	-5,2866	12,8317	-51,7641	25,9325	-18,2865
2008	-10,3240	11,0363	-45,2299	22,3265	-22,191
2009	-13,1690	16,7349	-41,0794	20,6135	-16,9
2010	-1,3917	6,9971	-43,7249	21,1248	-16,9948
2011	2,2932	-0,9844	-48,3422	29,6487	-17,3848
2012	0,2460	12,0479	-52,9508	26,3886	-14,2683
2013	-5,7577	15,1458	-52,7207	22,2667	-21,066
2014	-12,2694	19,6832	-49,5524	19,1529	-22,9856
2015	-10,6377	19,3928	-57,4889	28,2702	-20,4635
2016	-1,8181	12,2764	-51,9755	29,8674	-11,6499
<b>MÉDIA</b>	<b>-4,5079</b>	<b>12,2206</b>	<b>-44,8234</b>	<b>22,0609</b>	<b>-15,0499</b>

FN: Fronteira Norte. FS: Fronteira Sul. FL: Fronteira Leste e FO: Fronteira Oeste.

B - Transporte de Umidade Mensal (Junho). Unidade: 10<sup>7</sup> kg/s.

Ano	Caixa 1				Balanço de Umidade
	FN	FS	FL	FO	
1979	14,3726	6,7094	-45,9254	24,5952	-0,2482
1980	3,2018	15,0253	-43,5855	22,8452	-2,5132
1981	5,3863	15,0038	-40,6231	18,2442	-1,9888
1982	2,1031	28,6352	-50,5048	17,1556	-2,6109
1983	6,2389	20,6922	-45,5840	15,9445	-2,7084
1984	1,2157	14,1706	-44,6447	22,8589	-6,3996
1985	2,8918	5,4637	-38,3169	25,8229	-4,1385
1986	2,7243	12,6905	-48,5729	25,6713	-7,4869
1987	3,1149	14,6089	-46,6767	21,1268	-7,826
1988	4,2690	9,9664	-42,3190	21,2238	-6,8598
1989	-3,0571	8,6589	-42,5302	22,5837	-14,3447
1990	4,7407	8,5193	-49,8918	27,989	-8,6428
1991	-0,9604	15,6727	-47,2450	21,9808	-10,5519
1992	4,4926	21,343	-50,7448	22,8197	-2,0894
1993	-0,2740	12,5084	-48,9006	24,761	-11,9053
1994	-0,2369	12,5056	-48,8184	24,7808	-11,769
1995	3,8531	14,0674	-45,4326	21,6704	-5,8417
1996	2,4915	9,7635	-45,7312	24,9787	-8,4975
1997	-0,1429	28,0211	-36,9720	10,3389	1,245
1998	6,9083	10,4519	-50,3621	29,1247	-3,8772
1999	-0,1546	11,2252	-43,0432	20,7897	-11,1829
2000	-0,8878	21,1382	-47,3929	20,8109	-6,3316
2001	-1,0162	10,2461	-47,1905	27,511	-10,4496
2002	1,6481	11,8345	-50,2575	29,4544	-7,3205
2003	-3,9783	12,4285	-44,3286	24,9144	-10,964
2004	-0,2043	15,5666	-50,8839	29,131	-6,3906
2005	4,8552	18,0324	-53,2338	25,2398	-5,1064
2006	2,4508	14,1139	-50,2412	26,2815	-7,3949
2007	0,8925	13,8913	-52,8217	31,4105	-6,6274
2008	-0,6982	10,4216	-45,4819	25,3683	-10,3902
2009	-2,5878	9,3253	-48,1074	29,2047	-12,1652
2010	4,8571	10,9366	-50,8274	28,7901	-6,2436
2011	2,9114	15,39	-49,4327	26,5382	-4,5931
2012	-2,1338	19,502	-48,1801	22,8456	-7,9663
2013	-2,7399	18,8234	-51,6841	23,5617	-12,0389
2014	-2,4487	16,9927	-54,6488	32,1548	-7,95
2015	-0,9570	14,5914	-57,2774	37,6607	-5,9823
2016	2,0202	12,8457	-49,5048	31,3788	-3,2602
<b>MÉDIA</b>	<b>1,6708</b>	<b>13,8919</b>	<b>-46,3569</b>	<b>24,0913</b>	<b>-6,7029</b>

FN: Fronteira Norte. FS: Fronteira Sul. FL: Fronteira Leste e FO: Fronteira Oeste.

B - Transporte de Umidade Mensal (Julho). Unidade: 10<sup>7</sup> kg/s.

Ano	Caixa 1				Balanço de Umidade
	FN	FS	FL	FO	
1979	8,2407	13,0797	-39,1121	18,7457	0,9541
1980	5,2519	16,5803	-41,7348	20,274	0,3714
1981	9,5663	9,4016	-34,3422	18,996	3,6216
1982	2,6904	16,2681	-43,6289	22,1001	-2,5703
1983	2,7714	24,8645	-42,6710	15,3639	0,3288
1984	3,5378	12,5406	-41,0473	20,3585	-4,6105
1985	6,5101	10,9798	-44,0380	21,5512	-4,9969
1986	4,8792	5,7597	-39,6726	23,5094	-5,5243
1987	3,3996	20,3876	-46,2062	19,6733	-2,7457
1988	8,1328	2,9098	-41,3563	25,3668	-4,9468
1989	4,9441	10,0372	-39,2669	20,0383	-4,2473
1990	3,8946	6,7428	-37,4697	20,7461	-6,0863
1991	3,5454	11,9667	-42,9525	24,3498	-3,0906
1992	6,9463	9,2251	-42,7506	25,6114	-0,9677
1993	6,7442	14,8765	-46,5710	24,379	-0,5712
1994	6,8380	14,9084	-46,7195	24,4526	-0,5205
1995	6,1425	17,4939	-43,4137	19,6965	-0,0807
1996	8,2526	3,3206	-39,1066	25,6823	-1,8512
1997	5,3042	13,4498	-44,8212	26,2415	0,1743
1998	5,7062	8,4375	-42,7866	25,863	-2,7799
1999	7,4161	7,2347	-41,7464	24,8551	-2,2405
2000	-0,3239	11,6571	-37,9958	20,9453	-5,7172
2001	2,0130	16,2515	-44,7130	22,3391	-4,1093
2002	-1,1732	16,0626	-43,6397	24,789	-3,9613
2003	3,2768	8,9523	-44,4012	28,1501	-4,0219
2004	1,6021	12,8728	-44,2942	23,7224	-6,097
2005	8,3756	10,6155	-42,4733	23,0257	-0,4564
2006	0,7440	13,886	-43,8087	24,8043	-4,3744
2007	-0,3718	16,7205	-40,2001	19,1059	-4,7455
2008	4,8773	10,8927	-42,6011	25,6972	-1,1339
2009	2,3013	18,2261	-47,8379	26,9663	-0,3441
2010	9,0884	15,8771	-46,2397	18,1704	-3,1037
2011	6,3353	16,9089	-44,9491	23,109	1,404
2012	5,9141	11,2809	-45,3537	26,0847	-2,074
2013	2,2557	10,6362	-46,2260	27,4608	-5,8733
2014	2,1546	17,9043	-50,2144	28,4607	-1,6948
2015	0,1229	20,2017	-52,2322	29,9025	-2,005
2016	4,9180	12,0413	-43,7027	26,4428	-0,3007
<b>MÉDIA</b>	<b>4,4314</b>	<b>12,6013</b>	<b>-42,1102</b>	<b>22,7444</b>	<b>-2,3330</b>

FN: Fronteira Norte. FS: Fronteira Sul. FL: Fronteira Leste e FO: Fronteira Oeste.

B - Transporte de Umidade Mensal (Agosto) – Unidade: 10<sup>7</sup> kg/s.

Ano	Caixa 1				Balanço de Umidade
	FN	FS	FL	FO	
1979	3,2614	12,9154	-32,0354	14,3361	-1,5225
1980	3,9968	13,762	-38,5128	20,9674	0,2134
1981	5,3498	12,5205	-33,5581	16,6974	1,0096
1982	3,4573	15,6809	-41,9498	21,3558	-1,4558
1983	3,4471	12,2785	-40,3839	19,908	-4,7503
1984	2,3928	14,7729	-37,7573	17,806	-2,7855
1985	5,9363	11,0153	-43,1120	22,295	-3,8655
1986	1,3229	18,4478	-37,3531	15,6788	-1,9036
1987	2,4392	12,7109	-37,6161	20,426	-2,04
1988	10,2039	6,0589	-35,1058	20,4687	1,6258
1989	4,8093	12,8393	-41,0455	19,3883	-4,0086
1990	6,2215	10,7241	-44,4764	23,3695	-4,1613
1991	9,4486	9,4448	-45,9752	27,0301	-0,0517
1992	4,0503	9,7381	-40,5326	21,7267	-5,0174
1993	4,0602	8,311	-39,4840	25,2821	-1,8308
1994	4,0797	8,3675	-39,4761	25,2815	-1,7474
1995	9,5098	11,797	-37,9186	19,9236	3,3118
1996	3,1535	12,3479	-41,3311	21,717	-4,1127
1997	3,6037	11,8355	-39,7792	22,77	-1,5701
1998	3,6428	14,8658	-41,0785	20,4438	-2,1262
1999	8,2743	4,6437	-38,3061	22,8918	-2,4963
2000	3,8278	14,0787	-42,9342	21,9647	-3,063
2001	7,1471	12,443	-43,4109	25,0282	1,2073
2002	1,0427	17,5533	-43,2673	24,1921	-0,4792
2003	1,4398	6,1117	-37,5271	23,8733	-6,1024
2004	3,5823	8,3908	-42,3507	27,4294	-2,9482
2005	4,2165	15,4802	-40,8519	20,373	-0,7822
2006	3,0012	15,6024	-41,6677	22,652	-0,4119
2007	7,2108	9,577	-43,6980	26,1084	-0,8018
2008	4,0728	13,3664	-36,3667	19,3091	0,3817
2009	4,0396	16,4266	-42,3617	24,2483	2,3528
2010	13,0994	6,305	-37,4043	22,8148	4,8149
2011	5,2068	15,7391	-39,1691	19,7077	1,4845
2012	11,5991	8,1187	-40,7410	24,75	3,7269
2013	6,8392	9,5373	-41,8371	24,3498	-1,1109
2014	7,2803	9,3884	-43,2929	25,6687	-0,9555
2015	3,5776	17,54	-43,7556	25,8439	3,2058
2016	3,9096	17,0671	-42,3936	22,414	0,9971
<b>MÉDIA</b>	<b>4,9680</b>	<b>11,7385</b>	<b>-39,2261</b>	<b>21,5511</b>	<b>-0,9684</b>

FN: Fronteira Norte. FS: Fronteira Sul. FL: Fronteira Leste e FO: Fronteira Oeste.

B - Transporte de Umidade Mensal (Setembro). Unidade: 10<sup>7</sup> kg/s.

Ano	Caixa 1				Balanço de Umidade
	FN	FS	FL	FO	
1979	3,4607	20,8932	-40,7641	14,7021	-1,7081
1980	2,6613	15,1811	-34,2618	16,7798	0,3605
1981	4,4616	13,7566	-37,7302	18,2253	-1,2867
1982	2,4388	10,0189	-36,6460	17,9521	-6,2362
1983	-0,5679	21,4829	-40,3947	15,8383	-3,6414
1984	0,3888	11,6212	-34,3590	15,2889	-7,0601
1985	4,0452	11,6408	-34,9629	15,4525	-3,8243
1986	2,5055	11,1409	-41,2549	19,8687	-7,7398
1987	1,5868	12,092	-37,6073	18,4449	-5,4836
1988	3,7072	13,9188	-37,9622	17,6468	-2,6894
1989	5,2855	12,881	-34,7870	16,1827	-0,4378
1990	4,5044	12,8967	-37,4771	16,9482	-3,1278
1991	1,6582	14,9845	-36,9467	15,5219	-4,7821
1992	1,6767	15,3454	-42,5003	16,4696	-9,0086
1993	2,4983	12,2416	-41,6044	21,0243	-5,8402
1994	2,5489	12,2262	-41,7869	21,072	-5,9398
1995	4,4309	13,3877	-40,9724	20,0876	-3,0662
1996	4,8331	12,4767	-43,2886	22,2289	-3,7498
1997	0,2430	21,4352	-35,5723	14,662	0,7679
1998	0,7438	20,3942	-40,4879	17,6782	-1,6717
1999	3,1299	13,1377	-39,6573	13,5867	-9,803
2000	1,2674	15,7977	-42,8306	17,0156	-8,7499
2001	-0,1147	16,5708	-41,6420	18,8977	-6,2883
2002	0,8420	18,0857	-38,4175	17,7405	-1,7494
2003	0,2666	14,1526	-40,5283	19,9627	-6,1465
2004	2,5348	13,4099	-41,2530	21,7132	-3,5951
2005	1,1349	17,4407	-41,0862	18,3066	-4,204
2006	0,8399	17,9225	-41,9501	18,1559	-5,0318
2007	1,6878	14,0285	-43,1257	25,0456	-2,3638
2008	4,6604	12,016	-42,7088	24,184	-1,8485
2009	1,6530	23,4366	-43,6634	21,4081	2,8343
2010	4,6842	16,8649	-39,7524	18,1915	-0,0118
2011	4,2645	7,6763	-40,0986	25,5429	-2,615
2012	2,8829	15,54	-42,8801	24,1641	-0,2932
2013	2,6413	18,3063	-45,7875	21,3122	-3,5277
2014	1,0749	25,4759	-44,8648	17,0897	-1,2242
2015	-0,6994	28,076	-40,1324	17,3116	4,5558
2016	1,3332	5,1909	-40,0235	23,7213	-9,7781
<b>MÉDIA</b>	<b>2,2358</b>	<b>14,9524</b>	<b>-39,0197</b>	<b>18,3442</b>	<b>-3,4873</b>

FN: Fronteira Norte. FS: Fronteira Sul. FL: Fronteira Leste e FO: Fronteira Oeste.

B - Transporte de Umidade Mensal (Outubro). Unidade: 10<sup>7</sup> kg/s.

Ano	Caixa 1				Balanço de Umidade
	FN	FS	FL	FO	
1979	1,0320	17,6098	-34,9041	11,3645	-4,8979
1980	0,5322	19,6305	-39,6487	15,7882	-3,6978
1981	-1,7421	19,7474	-31,5495	10,6986	-2,8456
1982	-3,0355	19,8674	-29,2275	10,4208	-1,9748
1983	-1,6762	16,7203	-37,3373	13,1733	-9,12
1984	-2,7620	18,2701	-34,8474	9,7718	-9,5675
1985	-1,7669	18,4123	-25,7591	4,7615	-4,3522
1986	-1,8450	10,4998	-29,0107	10,7001	-9,6558
1987	-0,4879	18,9057	-32,0763	9,8157	-3,8428
1988	0,3269	13,9177	-31,5578	9,5139	-7,7993
1989	-0,3123	9,4784	-36,0447	16,644	-10,2347
1990	1,9215	19,536	-38,0300	10,9839	-5,5886
1991	1,6538	17,742	-39,8335	16,5079	-3,9298
1992	-3,0365	19,741	-36,9781	13,3058	-6,9678
1993	0,7134	19,8604	-37,7606	9,6147	-7,5721
1994	0,7787	19,943	-37,6824	9,6165	-7,3442
1995	-2,3713	17,5541	-30,0291	11,5253	-3,3211
1996	-1,7727	21,0652	-36,5656	11,3664	-5,9067
1997	-4,5095	30,3616	-33,4853	6,8916	-0,7417
1998	-0,7035	11,8388	-38,0779	17,9322	-9,0104
1999	1,1585	10,9931	-32,2966	14,364	-5,7809
2000	-0,0663	16,6126	-38,4170	14,9978	-6,873
2001	-1,8823	15,5431	-33,5451	12,6232	-7,2612
2002	-3,0583	24,5834	-40,7458	15,9465	-3,2741
2003	0,6293	15,951	-36,8547	13,3949	-6,8795
2004	-2,5767	19,6311	-37,7642	10,8888	-9,821
2005	-0,7513	22,7909	-39,8675	10,38	-7,4479
2006	-2,4703	23,6656	-34,4391	6,6406	-6,6032
2007	-2,3184	21,8249	-44,9177	13,0217	-12,3895
2008	-0,3088	20,0429	-44,1464	16,343	-8,0692
2009	-4,7126	17,1891	-27,3595	8,477	-6,406
2010	-3,6114	16,2867	-29,9359	6,4569	-10,8037
2011	-2,5425	17,3529	-31,6345	1,0274	-15,7966
2012	0,9396	25,0157	-41,0868	11,8322	-3,2993
2013	-0,4030	21,4602	-42,6487	12,6176	-8,9739
2014	-0,8245	16,655	-44,4330	19,4211	-9,1815
2015	-1,9237	25,1012	-43,5382	18,2174	-2,1433
2016	-1,1830	18,0951	-38,4530	13,4379	-8,1031
<b>MÉDIA</b>	<b>-1,1530</b>	<b>18,1922</b>	<b>-35,1920</b>	<b>11,5509</b>	<b>-6,6020</b>

FN: Fronteira Norte. FS: Fronteira Sul. FL: Fronteira Leste e FO: Fronteira Oeste.

B - Transporte de Umidade Mensal (Novembro). Unidade: 10<sup>7</sup> kg/s.

Ano	Caixa 1				Balanço de Umidade
	FN	FS	FL	FO	
1979	-2,6571	15,7935	-27,5384	5,6968	-8,7052
1980	-8,8032	19,1695	-23,3774	2,8543	-10,1567
1981	-4,9599	22,7514	-24,6551	0,0088	-6,8547
1982	-4,0771	23,7964	-35,5171	8,8479	-6,95
1983	-6,0963	17,5304	-28,4923	8,9541	-8,1041
1984	-1,4098	19,79	-36,7020	6,8858	-11,436
1985	-1,6943	11,812	-28,1762	5,8904	-12,1681
1986	-2,6139	20,5423	-37,5107	8,3356	-11,2467
1987	-3,1524	17,2783	-33,1567	9,2234	-9,8074
1988	-3,7835	10,0866	-34,3837	11,3952	-16,6853
1989	-3,3846	15,1984	-23,6844	1,1952	-10,6754
1990	-4,5777	20,4758	-37,0537	11,6264	-9,5292
1991	-3,1334	15,9127	-27,3421	7,1417	-7,4212
1992	-4,0071	11,4865	-27,4317	7,231	-12,7213
1993	-6,0833	15,5012	-31,0272	7,9634	-13,6459
1994	-6,1326	15,4926	-31,0837	7,9735	-13,7502
1995	-10,9225	12,8943	-20,4901	3,7667	-14,7515
1996	-6,1203	14,7316	-27,3454	4,2439	-14,4902
1997	-7,6768	25,3505	-32,2968	6,7365	-7,8866
1998	-7,5620	12,3139	-20,1295	1,4818	-13,8958
1999	-4,3937	10,8732	-23,0859	3,7197	-12,8868
2000	-5,3351	18,3146	-25,0021	-0,0369	-12,0596
2001	-5,4890	24,021	-31,6348	4,6083	-8,4945
2002	-7,7004	23,8937	-38,8361	13,688	-8,9548
2003	-5,8349	19,471	-37,1835	8,189	-15,3584
2004	-4,7676	21,9986	-35,5524	6,3957	-11,9257
2005	-4,4175	18,126	-33,5430	4,9714	-14,8632
2006	-5,8278	19,3999	-35,3549	8,3211	-13,4617
2007	-11,8010	19,6126	-35,8796	10,1255	-17,9425
2008	-5,9928	12,1318	-29,7236	7,4972	-16,0875
2009	-6,2194	36,9292	-39,8764	4,7663	-4,4002
2010	-4,2672	15,5311	-30,9065	2,0152	-17,6274
2011	-1,3593	12,148	-32,0619	3,9726	-17,3005
2012	-11,0981	16,5797	-20,5938	1,993	-13,1192
2013	-7,8862	19,8068	-31,0442	-0,0061	-19,1297
2014	-7,6607	22,6651	-33,7220	4,3193	-14,3983
2015	-8,0878	29,328	-41,3145	13,687	-6,3873
2016	-1,2869	19,5194	-33,5038	5,3093	-9,962
<b>MÉDIA</b>	<b>-5,3403</b>	<b>17,9040</b>	<b>-30,1593</b>	<b>5,9228</b>	<b>-11,6728</b>

FN: Fronteira Norte. FS: Fronteira Sul. FL: Fronteira Leste e FO: Fronteira Oeste.

B - Transporte de Umidade Mensal (Dezembro). Unidade: 10<sup>7</sup> kg/s.

Ano	Caixa 1				Balanço de Umidade
	FN	FS	FL	FO	
1979	-8,6464	22,9699	-28,9560	5,1589	-9,4736
1980	-12,7506	20,507	-17,6307	0,1489	-9,7255
1981	-9,1414	25,0998	-38,3661	11,3768	-11,0309
1982	-8,9836	15,4084	-28,4784	8,7862	-13,2674
1983	-14,5191	15,0205	-24,1011	6,5436	-17,056
1984	-14,0039	17,7327	-28,6797	10,5276	-14,4234
1985	-21,0602	8,4756	-6,1068	1,7288	-16,9626
1986	-15,9621	23,9974	-29,8575	9,7272	-12,0951
1987	-17,1759	22,3172	-32,4811	10,9935	-16,3463
1988	-17,8346	15,0422	-13,1905	-0,4727	-16,4557
1989	-23,9844	18,2083	-0,0721	-7,2089	-13,057
1990	-11,4468	17,5218	-31,7090	7,4968	-18,1372
1991	-14,6729	31,5601	-27,0327	-0,897	-11,0425
1992	-14,0403	15,3078	-26,5239	4,4685	-20,788
1993	-14,8962	25,2552	-36,7960	8,5338	-17,9032
1994	-14,8714	25,2668	-36,9267	8,6576	-17,8737
1995	-13,2111	14,1528	-22,6745	6,755	-14,9778
1996	-7,9582	26,551	-39,2716	10,6661	-10,0127
1997	-17,3461	36,4096	-44,4350	13,8649	-11,5065
1998	-8,4768	18,6212	-29,4830	5,3919	-13,9467
1999	-14,0482	14,9546	-23,0872	0,116	-22,0647
2000	-17,4057	19,1368	-27,0931	9,3464	-16,0157
2001	-6,7137	16,729	-40,6374	11,481	-19,1411
2002	-19,0249	25,5598	-32,8329	10,3547	-15,9433
2003	-13,5143	30,6987	-42,2465	9,9558	-15,1063
2004	-11,4195	21,6024	-29,0531	1,577	-17,2932
2005	-20,4952	17,0272	-27,4343	1,8753	-29,027
2006	-15,5071	34,4836	-39,0111	8,1144	-11,9202
2007	-13,8245	21,4521	-35,5332	2,7294	-25,1762
2008	-12,6683	9,8615	-22,0601	-3,4011	-28,268
2009	-20,3852	29,7494	-38,5371	8,3756	-20,7973
2010	-14,8847	22,8484	-29,8560	1,998	-19,8942
2011	-13,7388	17,1244	-34,6077	9,426	-21,796
2012	-11,9072	33,3015	-42,0205	3,1688	-17,4573
2013	-19,9879	21,8776	-26,6507	2,8435	-21,9175
2014	-16,5628	24,7965	-38,2277	7,9682	-22,0258
2015	-16,1337	35,9899	-53,2890	20,4146	-13,0182
2016	-17,5979	25,4785	-40,5699	6,3244	-26,3649
<b>MÉDIA</b>	<b>-14,2770</b>	<b>21,4897</b>	<b>-29,8851</b>	<b>6,0235</b>	<b>-16,6489</b>

FN: Fronteira Norte. FS: Fronteira Sul. FL: Fronteira Leste e FO: Fronteira Oeste.

C - Transporte de Umidade Mensal (Janeiro). Unidade: 10<sup>7</sup> kg/s.

Ano	Caixa 2				Balanço de Umidade
	FN	FS	FL	FO	
1979	-15,0434	-3,5123	7,3965	-2,0751	-13,2344
1980	-16,2140	10,9077	3,7423	-6,7333	-8,2973
1981	-23,0534	18,61	-1,9323	-5,063	-11,4386
1982	-16,2670	7,9673	0,3020	-2,6888	-10,6865
1983	-20,9096	11,1413	8,6087	-9,2192	-10,3788
1984	-19,6572	26,6454	-5,1716	-3,6336	-1,8169
1985	-9,8606	0,4636	8,2546	-5,2994	-6,4418
1986	-17,6792	16,9824	0,3437	-3,8673	-4,2204
1987	-21,9681	23,3959	0,6507	-5,72	-3,6416
1988	-21,2371	26,4599	-1,4824	-6,649	-2,9085
1989	-18,6813	20,4978	-5,4025	-3,4452	-7,0311
1990	-22,9232	31,3103	-5,9799	-4,1076	-1,7004
1991	-22,8493	8,9422	8,5168	-3,4358	-8,8262
1992	-12,0719	-0,2604	7,2557	-2,1509	-7,2274
1993	-19,1288	23,2589	-2,4262	-1,8777	-0,1738
1994	-17,8781	11,6495	1,5661	-1,9459	-6,6084
1995	-22,0814	21,1743	-0,2585	-6,5554	-7,721
1996	-20,8844	25,0405	-4,1334	-6,3818	-6,3591
1997	-22,8865	12,7208	-1,1351	-1,4376	-12,7384
1998	-19,2756	22,9161	-3,3385	-3,7268	-3,4248
1999	-13,1670	11,8514	-3,4517	-1,1047	-5,8718
2000	-18,0439	8,6157	2,8228	0,7261	-5,8793
2001	-17,5298	26,6236	-7,4446	-3,6254	-1,9762
2002	-13,5754	12,7046	1,6340	-3,7097	-2,9464
2003	-22,7353	11,0506	8,6999	-7,0027	-9,9876
2004	-11,5679	2,468	0,5377	-0,2498	-8,812
2005	-19,8322	13,6783	1,7398	-2,4533	-6,8674
2006	-16,6387	19,6516	-4,8187	-1,7588	-3,5646
2007	-27,5802	14,4763	7,2163	-10,3409	-16,2286
2008	-20,0198	7,7055	1,2430	-4,1268	-15,1981
2009	-15,3293	7,629	4,4049	-1,5287	-4,8242
2010	-20,9402	25,7689	-6,5475	-4,4763	-6,1951
2011	-22,3261	16,5892	-1,6762	-1,4504	-8,8636
2012	-22,5332	11,4042	2,2677	-0,9616	-9,8229
2013	-17,0289	7,6678	2,3679	-1,3557	-8,3489
2014	-22,4913	32,3888	-8,3794	-4,3978	-2,8797
2015	-16,9994	26,6837	-7,2714	-2,5655	-0,1527
2016	-20,5718	9,6305	4,7335	-4,6672	-10,8749
<b>MÉDIA</b>	<b>-18,4477</b>	<b>14,9461</b>	<b>0,3450</b>	<b>-3,6170</b>	<b>-6,7736</b>

FN: Fronteira Norte. FS: Fronteira Sul. FL: Fronteira Leste e FO: Fronteira Oeste.

C - Transporte de Umidade Mensal (Fevereiro). Unidade: 10<sup>7</sup> kg/s.

Ano	Caixa 2				Balanço de Umidade
	FN	FS	FL	FO	
1979	-13,3925	10,8618	1,1524	-7,8912	-9,2695
1980	-17,5095	13,8948	-2,8895	-4,9461	-11,4503
1981	-17,1738	28,8097	-13,5411	-0,7779	-2,683
1982	-19,8832	29,2393	-8,8256	-4,6582	-4,1277
1983	-15,7466	21,3184	-7,7035	-2,564	-4,6958
1984	-15,2950	35,8823	-17,7926	-1,7365	1,0582
1985	-14,4507	18,0094	-4,4840	-0,5651	-1,4904
1986	-18,4167	20,0375	-3,5147	-3,002	-4,8959
1987	-15,0858	30,5294	-11,5088	-4,1485	-0,2137
1988	-8,0893	6,0959	-2,0206	-3,3087	-7,3228
1989	-16,4930	14,2546	-3,3385	-0,4048	-5,9817
1990	-10,1943	8,3237	-1,0713	0,2851	-2,6567
1991	-15,2160	11,8373	1,0117	-1,7486	-4,1156
1992	-21,7492	26,3621	-7,7784	-5,0784	-8,2438
1993	-14,1326	11,6519	-5,1209	-0,265	-7,8666
1994	-16,7524	26,9863	-10,2918	-4,7829	-4,8407
1995	-20,0230	14,7398	0,7378	-5,8673	-10,4127
1996	-12,7878	20,1018	-7,0039	-3,2105	-2,9004
1997	-13,6636	21,0528	-9,5684	-0,5954	-2,7746
1998	-17,2815	20,6832	-3,4539	-6,4418	-6,494
1999	-13,7588	16,3158	-6,1044	0,7856	-2,7618
2000	-15,0563	13,9441	-2,4456	-1,5793	-5,1372
2001	-15,0881	21,6791	-6,3418	-3,0464	-2,7973
2002	-17,6977	9,3589	4,4319	-5,3232	-9,2302
2003	-19,8369	33,4895	-8,8848	-6,3491	-1,5813
2004	-13,1785	2,5515	3,1410	0,9102	-6,5759
2005	-5,3694	0,7748	4,2744	1,5783	1,2581
2006	-19,8653	10,2959	3,4735	-1,2587	-7,3546
2007	-21,6253	20,2578	-3,3278	-4,7169	-9,4121
2008	-15,2500	11,0029	0,6147	-3,9142	-7,5466
2009	-19,7785	18,4399	-5,6202	-2,5217	-9,4805
2010	-23,1757	32,9308	-10,0556	-5,9009	-6,2014
2011	-14,9661	13,031	-7,4786	-0,58	-9,9937
2012	-20,6255	25,9411	-8,7908	-1,7016	-5,1768
2013	-21,7290	21,4162	-4,9436	-1,9202	-7,1766
2014	-19,3764	27,362	-10,8729	-4,6204	-7,5077
2015	-22,0734	15,7917	0,7459	-3,0583	-8,5942
2016	-23,7509	29,9569	-3,8248	-6,7747	-4,3935
<b>MÉDIA</b>	<b>-16,2959</b>	<b>18,3388</b>	<b>-4,5901</b>	<b>-2,8641</b>	<b>-5,4113</b>

FN: Fronteira Norte. FS: Fronteira Sul. FL: Fronteira Leste e FO: Fronteira Oeste.

C - Transporte de Umidade Mensal (Março). Unidade: 10<sup>7</sup> kg/s.

Ano	Caixa 2				Balanço de Umidade
	FN	FS	FL	FO	
1979	-3,8738	2,3363	0,4451	-3,4226	-4,515
1980	-14,4092	24,9519	-9,4548	-1,1618	-0,0739
1981	-10,6435	3,0844	0,3135	-0,3683	-7,614
1982	-14,7155	6,3995	4,4540	-3,4713	-7,3333
1983	-15,4891	18,8981	-1,5270	-4,3049	-2,4229
1984	-8,9371	10,0105	-4,0110	-1,5496	-4,4872
1985	-17,6205	20,8312	-1,4527	-5,0336	-3,2757
1986	-11,2012	16,8007	-8,2507	0,5523	-2,0989
1987	-9,6996	18,941	-5,4734	-3,4593	0,3087
1988	-14,6646	17,2547	-3,4215	-2,0313	-2,8627
1989	-8,3875	11,2634	-5,0584	0,377	-1,8055
1990	-14,7205	25,8467	-8,2436	-2,8523	0,0304
1991	-13,5373	12,1595	-1,6939	-2,555	-5,6266
1992	-15,6101	26,3562	-9,0138	-3,8791	-2,1468
1993	-12,7429	14,3993	-3,5822	1,2818	-0,644
1994	-7,6866	6,3856	-1,5694	-1,0393	-3,9098
1995	-12,2478	13,2163	-3,1698	-2,0926	-4,2939
1996	-11,5884	11,7087	-4,8769	-0,8585	-5,6151
1997	-7,5097	3,5018	-2,8671	-0,0664	-6,9414
1998	-14,6529	20,3887	-5,0312	-4,4268	-3,7222
1999	-14,6237	14,9872	-2,7551	-1,2014	-3,593
2000	-9,4741	13,4783	-6,6727	-2,3572	-5,0259
2001	-13,4955	18,7629	-5,2034	-1,7761	-1,7121
2002	-17,8601	31,7835	-7,0212	-6,0655	0,8367
2003	-14,7644	14,7747	-3,8356	-1,0598	-4,8851
2004	-8,1622	7,1863	1,0961	-2,5434	-2,4232
2005	-11,2167	11,0306	-0,5635	-2,5505	-3,3001
2006	-14,3124	12,4839	-1,0027	-4,5041	-7,3353
2007	-15,0928	27,3373	-7,0565	-3,7756	1,4123
2008	-9,1677	3,5419	0,1622	-0,044	-5,5077
2009	-12,8544	7,9651	0,2981	-1,2276	-5,8188
2010	-12,6298	9,8843	2,6061	-2,0632	-2,2027
2011	-16,1276	6,0484	-1,2586	1,4224	-9,9155
2012	-9,1281	11,5604	-1,6844	-1,4078	-0,6599
2013	-16,8205	15,1486	-0,5885	-4,6784	-6,9388
2014	-18,9763	22,1964	-5,1166	-6,62	-8,5164
2015	-16,3316	8,3532	0,0775	0,0418	-7,8591
2016	-10,8418	12,3915	-2,2538	-3,1435	-3,8476
<b>MÉDIA</b>	<b>-12,3543</b>	<b>13,6833</b>	<b>-2,9297</b>	<b>-2,1517</b>	<b>-3,7524</b>

FN: Fronteira Norte. FS: Fronteira Sul. FL: Fronteira Leste e FO: Fronteira Oeste.

C - Transporte de Umidade Mensal (Abril). Unidade: 10<sup>7</sup> kg/s.

Ano	Caixa 2				Balanço de Umidade
	FN	FS	FL	FO	
1979	-1,9321	4,8374	2,9043	-6,1397	-0,3302
1980	-17,8332	23,6349	-3,8093	-9,7749	-7,7825
1981	-6,2217	10,5769	-3,6157	-2,8031	-2,0636
1982	-2,7623	4,521	-1,4346	-1,4326	-1,1085
1983	-13,5218	14,3181	1,5007	-7,7772	-5,4802
1984	-4,6325	11,7771	-7,9560	-1,7727	-2,584
1985	-8,9480	15,264	-7,8721	-3,5123	-5,0685
1986	-10,6880	14,9945	-4,8744	-4,5878	-5,1557
1987	-11,2487	19,037	-7,2899	-5,8153	-5,3169
1988	-8,1488	8,0483	-2,3428	-2,6035	-5,0467
1989	-6,5871	11,0971	-5,5701	-2,2071	-3,2672
1990	-13,2467	20,6054	-6,2581	-6,2338	-5,1332
1991	-10,1888	12,6587	-2,3641	-2,9269	-2,8211
1992	-15,8068	15,9778	1,1786	-7,2989	-5,9493
1993	-7,2946	11,2556	-3,1436	-3,5678	-2,7504
1994	-6,6334	12,6565	-5,5035	-2,8705	-2,3508
1995	-9,0635	11,7171	-1,5367	-4,3424	-3,2256
1996	-8,9381	14,902	-7,2813	-3,4535	-4,771
1997	-10,0547	7,8525	1,8600	-3,3166	-3,6588
1998	-12,9459	16,8694	0,1895	-8,8922	-4,7792
1999	0,1884	8,6479	-6,9221	-0,7493	1,1649
2000	-4,0381	10,5094	-5,3349	-2,2536	-1,1171
2001	-8,6778	18,0743	-8,1202	-4,0729	-2,7966
2002	-9,4996	18,118	-8,1924	-5,8131	-5,3871
2003	-7,9729	12,7401	-2,5623	-4,7376	-2,5327
2004	-12,4742	12,7891	-0,5764	-7,2922	-7,5538
2005	-5,7058	13,0788	-3,9917	-6,1809	-2,7996
2006	-4,0820	2,6325	0,0516	-1,2111	-2,6091
2007	-4,6055	12,2645	-6,2330	-5,4596	-4,0336
2008	-11,5091	8,6362	1,7304	-4,7296	-5,872
2009	-2,3065	-0,8674	0,6141	2,3743	-0,1854
2010	-1,4482	7,5747	-3,0071	-3,1916	-0,0722
2011	-6,9920	10,2047	-3,7727	-3,1892	-3,7491
2012	-10,6754	10,2947	1,7367	-7,9046	-6,5487
2013	-12,0144	9,0217	3,0621	-5,4345	-5,3651
2014	-6,7673	8,8384	-2,0976	-5,5467	-5,5733
2015	-6,9309	4,7253	1,5733	-4,9986	-5,6308
2016	-13,1535	21,9819	-4,7117	-9,8847	-5,7681
<b>MÉDIA</b>	<b>-8,0862</b>	<b>11,5863</b>	<b>-2,8198</b>	<b>-4,4001</b>	<b>-3,7198</b>

FN: Fronteira Norte. FS: Fronteira Sul. FL: Fronteira Leste e FO: Fronteira Oeste.

C - Transporte de Umidade Mensal (Maio). Unidade: 10<sup>7</sup> kg/s.

Ano	Caixa 2				Balanço de Umidade
	FN	FS	FL	FO	
1979	-9,3435	13,7644	5,3375	-6,0995	3,659
1980	-11,9707	28,1421	-2,3098	-8,0979	5,7637
1981	-10,0058	27,4471	-6,8636	-5,2241	5,3536
1982	-11,9251	18,2536	1,3212	-5,7972	1,8524
1983	-17,7255	27,4868	1,5105	-11,384	-0,1121
1984	-14,2314	30,8231	-3,7500	-6,4577	6,3841
1985	-7,3433	20,6027	-1,5445	-5,0019	6,713
1986	-18,6359	28,9511	0,7392	-8,2796	2,7749
1987	-13,0112	19,6102	7,7290	-11,3783	2,9497
1988	-5,4468	7,9283	7,7782	-7,4419	2,8178
1989	1,3141	11,6955	-3,9345	-2,5246	6,5505
1990	-9,3515	16,0196	2,3621	-7,1428	1,8874
1991	-8,9564	21,1293	-3,1951	-4,4578	4,52
1992	-14,9264	25,3839	2,4066	-9,5585	3,3056
1993	-12,5949	24,0461	0,2930	-7,6568	4,0875
1994	-9,3692	19,6722	-1,7772	-4,8597	3,6661
1995	-1,2530	5,1533	1,4884	-2,2305	3,1582
1996	-2,5522	2,168	4,5138	-3,4193	0,7103
1997	-6,8186	15,3749	-0,8233	-4,8519	2,8811
1998	-7,2437	12,3315	4,4298	-6,2576	3,26
1999	0,3364	8,5837	0,7403	-2,508	7,1524
2000	-3,6026	13,3762	2,3298	-6,8386	5,2648
2001	-8,5888	14,7369	6,2486	-9,9802	2,4165
2002	-7,9573	22,6544	-1,2779	-10,2889	3,1303
2003	-4,3649	11,9305	1,7343	-5,4675	3,8324
2004	-7,7385	7,5896	6,3319	-6,75	-0,5671
2005	-13,9678	27,3116	-2,0592	-9,3708	1,9138
2006	-0,4058	1,841	4,6336	-3,4487	2,6201
2007	-6,5969	14,7886	4,0143	-8,6854	3,5206
2008	-6,0531	12,7615	2,9221	-6,0557	3,5748
2009	-11,7643	17,0035	1,9174	-6,7372	0,4195
2010	-1,9786	9,2029	4,5988	-7,4303	4,3928
2011	3,1754	5,4097	0,7574	-2,8168	6,5258
2012	-7,7830	13,3948	0,7451	-6,6055	-0,2486
2013	-9,7664	15,8734	3,7838	-8,141	1,7498
2014	-12,0031	17,2637	2,8577	-9,273	-1,1547
2015	-12,3379	17,8857	1,8569	-9,6691	-2,2645
2016	-7,6365	10,6962	5,2910	-9,2776	-0,9269
<b>MÉDIA</b>	<b>-7,9596</b>	<b>15,8535</b>	<b>1,6189</b>	<b>-6,6017</b>	<b>2,9111</b>

FN: Fronteira Norte. FS: Fronteira Sul. FL: Fronteira Leste e FO: Fronteira Oeste.

C - Transporte de Umidade Mensal (Junho). Unidade: 10<sup>7</sup> kg/s.

Ano	Caixa 2				Balanço de Umidade
	FN	FS	FL	FO	
1979	-2,9209	16,6513	-4,5474	-5,8952	3,2877
1980	-10,9228	20,0373	1,7847	-7,1276	3,7716
1981	-11,1864	15,3409	3,2788	-6,484	0,9493
1982	-22,4338	32,4888	2,6427	-10,7802	1,9176
1983	-13,5575	23,4613	4,3668	-11,8467	2,4239
1984	-9,6572	25,3551	-2,5362	-8,535	4,6268
1985	-3,4438	11,5072	1,2517	-3,7846	5,5305
1986	-8,6473	24,4918	-4,9674	-6,1673	4,7098
1987	-10,8346	17,5858	3,8421	-6,6296	3,9636
1988	-7,1355	17,5717	0,7817	-6,3566	4,8613
1989	-5,2427	10,9212	2,6909	-6,229	2,1404
1990	-4,3620	15,0113	-0,1973	-6,5016	3,9503
1991	-11,3528	23,4875	-1,3427	-6,6305	4,1616
1992	-15,4097	36,7783	-4,9761	-9,9026	6,4898
1993	-7,8117	17,9787	-0,7030	-5,2803	4,1836
1994	-9,0355	17,8889	1,1322	-5,2577	4,7278
1995	-10,2638	19,7542	0,1513	-5,2792	4,3624
1996	-8,0119	16,6307	2,0716	-5,4477	5,2427
1997	-21,6544	23,8151	9,8402	-11,2056	0,7952
1998	-6,4381	16,8594	0,5481	-7,1178	3,8516
1999	-7,1647	13,5818	1,9584	-6,0927	2,2827
2000	-13,6079	28,8355	-0,6078	-10,0627	4,5572
2001	-6,2075	19,8	-3,4820	-5,3681	4,7424
2002	-6,3602	23,6713	-5,0862	-7,7438	4,4811
2003	-8,3208	20,1559	-2,0322	-5,5161	4,2867
2004	-8,8379	21,2723	-0,8496	-9,0568	2,528
2005	-11,6790	25,5856	-3,2734	-7,9234	2,7098
2006	-7,7069	20,6662	-2,7109	-7,9138	2,3347
2007	-9,4578	22,9094	-0,6938	-7,9451	4,8127
2008	-5,7650	16,7359	-0,2380	-6,6013	4,1316
2009	-5,7849	9,2487	6,1169	-5,7492	3,8315
2010	-5,8169	17,6105	-0,0038	-7,2468	4,543
2011	-9,4051	17,8243	3,3556	-9,0605	2,7143
2012	-12,4054	20,3789	3,6244	-9,368	2,2299
2013	-11,9161	18,7447	2,1554	-9,196	-0,212
2014	-9,8170	23,6212	-2,1749	-8,9713	2,658
2015	-9,0060	24,131	-3,9106	-7,1805	4,0339
2016	-6,4071	10,8411	6,9377	-9,1906	2,181
<b>MÉDIA</b>	<b>-9,1279</b>	<b>19,4675</b>	<b>0,3640</b>	<b>-7,2473</b>	<b>3,4563</b>

FN: Fronteira Norte. FS: Fronteira Sul. FL: Fronteira Leste e FO: Fronteira Oeste.

C - Transporte de Umidade Mensal (Julho). Unidade: 10<sup>7</sup> kg/s.

Ano	Caixa 2				Balanço de Umidade
	FN	FS	FL	FO	
1979	-7,9380	16,6625	1,0379	-6,7464	3,016
1980	-8,3019	22,8824	-0,3257	-9,1433	5,1115
1981	-5,7527	16,0178	-0,6406	-4,9065	4,718
1982	-12,4771	23,5327	-0,2442	-6,6494	4,162
1983	-18,1690	30,3029	1,7281	-11,2784	2,5836
1984	-9,7839	24,0039	-3,0603	-5,876	5,2836
1985	-7,5611	21,4559	-4,5736	-4,8132	4,508
1986	-4,1210	10,9731	0,4647	-3,4923	3,8245
1987	-15,0035	31,2132	-0,3364	-9,6298	6,2435
1988	-0,4247	13,6632	-3,7369	-3,8077	5,6939
1989	-7,1096	13,5727	3,4658	-5,7848	4,1441
1990	-4,4255	10,8207	3,0661	-5,0118	4,4495
1991	-8,2870	21,8319	-3,2670	-5,8136	4,4643
1992	-5,4748	19,1771	-3,6578	-6,069	3,9755
1993	-9,9871	21,3013	0,7355	-6,8603	5,1894
1994	-10,4239	25,204	-2,7989	-6,4033	5,5779
1995	-12,1697	29,1664	-4,1832	-7,7314	5,0822
1996	-1,5115	6,0553	1,9102	-2,5558	3,8983
1997	-9,6434	24,8916	-3,4316	-6,0556	5,7609
1998	-4,0048	16,9765	-1,3556	-6,7727	4,8435
1999	-3,8174	20,1358	-4,6924	-5,8077	5,8183
2000	-6,4963	15,3603	1,1429	-5,8384	4,1684
2001	-10,2255	23,6984	-1,4646	-7,8911	4,1172
2002	-9,0005	19,2423	1,6857	-9,6396	2,2878
2003	-4,7652	18,3403	-4,0998	-6,4516	3,0237
2004	-5,4811	18,0143	-1,3797	-7,9972	3,1563
2005	-5,3974	18,3648	-1,8634	-6,6753	4,4286
2006	-9,9479	20,3912	-0,2418	-5,9654	4,2362
2007	-10,4068	19,4395	2,0677	-9,4988	1,6015
2008	-6,7166	20,1699	-3,3762	-6,1122	3,9649
2009	-11,6743	19,8372	3,6640	-10,0015	1,8255
2010	-10,9969	27,5368	-6,8771	-7,1625	2,5003
2011	-9,4769	23,0651	-0,0310	-10,3555	3,2017
2012	-5,9601	17,9229	0,3214	-7,1265	5,1577
2013	-5,7411	18,8841	-0,1057	-7,0963	5,941
2014	-10,5834	21,4442	-0,7477	-9,1875	0,9256
2015	-14,0704	25,0992	0,7934	-9,592	2,2302
2016	-6,6664	20,1537	-0,5500	-7,9389	4,9985
<b>MÉDIA</b>	<b>-7,9486</b>	<b>19,6617</b>	<b>-0,8964</b>	<b>-6,8138</b>	<b>4,0029</b>

FN: Fronteira Norte. FS: Fronteira Sul. FL: Fronteira Leste e FO: Fronteira Oeste.

C - Transporte de Umidade Mensal (Agosto). Unidade:  $10^7$  kg/s.

Ano	Caixa 2				Balanço de Umidade
	FN	FS	FL	FO	
1979	-7,9330	16,817	-0,1641	-6,7374	1,9825
1980	-9,6873	21,1121	-3,1188	-6,9709	1,3351
1981	-6,4669	16,4388	0,6656	-6,8844	3,7532
1982	-12,0848	21,4446	-1,2287	-6,0088	2,1223
1983	-7,1669	20,9526	-1,1684	-7,2495	5,3678
1984	-10,7937	16,3009	3,5239	-7,9477	1,0834
1985	-7,6992	18,6788	-0,7947	-5,8633	4,3216
1986	-14,0048	20,1843	3,1121	-7,8284	1,4632
1987	-9,9360	16,8423	3,7625	-6,7327	3,936
1988	-3,7810	17,6323	-4,0870	-3,9953	5,7691
1989	-9,7296	20,0831	-2,7360	-5,4536	2,164
1990	-7,3153	16,1063	-0,8683	-5,6723	2,2504
1991	-5,7519	22,7227	-5,7605	-4,8287	6,3817
1992	-6,4438	16,0734	-0,8411	-5,8261	2,9623
1993	-6,9844	12,9726	1,3708	-5,586	1,773
1994	-4,6499	16,9444	-2,0841	-5,1848	5,0256
1995	-7,9864	24,4132	-4,3618	-5,9804	6,0847
1996	-9,9878	20,3065	-1,8543	-5,7082	2,7562
1997	-6,6919	21,4722	-2,3906	-6,5203	5,8694
1998	-9,8842	21,3342	-0,8542	-8,3421	2,2537
1999	-2,4497	16,3655	-4,0351	-3,7649	6,1158
2000	-8,5810	16,6666	1,9078	-8,1487	1,8446
2001	-8,0522	24,7604	-5,5784	-6,3473	4,7825
2002	-10,6910	26,6003	-2,6664	-8,5841	4,6588
2003	-1,9697	8,9556	2,3921	-5,6838	3,6941
2004	-2,3708	16,2553	-1,8679	-8,0725	3,944
2005	-9,9017	21,8163	-2,1457	-7,1812	2,5876
2006	-9,4948	19,8354	1,4503	-8,7666	3,0243
2007	-5,3702	22,4841	-6,0033	-7,0302	4,0805
2008	-7,4223	18,2087	-0,4794	-6,6017	3,7053
2009	-11,8230	19,7207	0,1473	-7,1668	0,8782
2010	-2,7795	14,1073	-2,1667	-4,9438	4,2173
2011	-9,5815	21,7173	1,7564	-8,7014	5,1908
2012	-4,4421	24,4087	-8,8915	-5,2613	5,8138
2013	-4,2318	17,4684	-2,2346	-6,4543	4,5477
2014	-4,9528	16,4715	-1,0007	-6,1329	4,385
2015	-10,2212	28,1471	-3,5259	-9,2106	5,1894
2016	-11,2804	17,6884	3,5281	-7,9416	1,9945
<b>MÉDIA</b>	<b>-7,4511</b>	<b>18,7310</b>	<b>-1,2639</b>	<b>-6,4440</b>	<b>3,5720</b>

FN: Fronteira Norte. FS: Fronteira Sul. FL: Fronteira Leste e FO: Fronteira Oeste.

C - Transporte de Umidade Mensal (Setembro). Unidade: 10<sup>7</sup> kg/s.

Ano	Caixa 2				Balanço de Umidade
	FN	FS	FL	FO	
1979	-13,2624	19,859	3,1677	-10,2399	-0,4756
1980	-10,4004	15,2857	4,2597	-8,3651	0,7799
1981	-9,8526	20,6679	-1,5762	-5,8803	3,3588
1982	-7,6525	17,3251	-1,5839	-4,8606	3,2282
1983	-15,5437	21,2882	4,1165	-10,7869	-0,9259
1984	-9,8759	13,7399	4,3878	-5,357	2,8948
1985	-8,2113	16,4715	0,1064	-6,0855	2,2811
1986	-7,5095	20,9115	-4,2096	-5,3671	3,8253
1987	-10,0027	16,746	2,4571	-6,7817	2,4187
1988	-9,3903	25,0834	-4,9281	-7,0212	3,7438
1989	-9,5615	16,2459	4,5480	-7,0913	4,141
1990	-9,2716	15,8422	1,2509	-6,6918	1,1296
1991	-11,4178	17,2895	0,6979	-5,575	0,9946
1992	-11,0425	15,4368	-0,2652	-5,59	-1,4609
1993	-13,3254	17,9581	3,1467	-7,3425	0,4368
1994	-8,2528	19,3037	-4,2938	-4,0301	2,727
1995	-8,6330	20,9125	-4,2737	-5,832	2,1738
1996	-8,8819	12,4174	0,9212	-5,1777	-0,7211
1997	-16,4727	19,667	6,4565	-8,5714	1,0793
1998	-13,4405	23,2707	-1,3059	-8,6757	-0,1514
1999	-8,6159	17,0547	-0,7489	-5,2751	2,4147
2000	-9,6024	23,0399	-3,4186	-7,2838	2,735
2001	-10,3939	18,1297	1,4838	-7,8893	1,3303
2002	-11,5868	19,9989	3,8323	-8,8552	3,3892
2003	-9,1706	16,1342	1,3126	-6,3757	1,9005
2004	-8,1072	19,6407	-3,8358	-6,0544	1,6432
2005	-10,2392	17,7385	2,3019	-9,8154	-0,0141
2006	-11,6884	15,0445	4,7994	-7,5558	0,5996
2007	-8,1389	26,0136	-6,5928	-7,8504	3,4316
2008	-8,8510	12,8011	4,5037	-6,5231	1,9307
2009	-16,9377	23,0604	4,0386	-9,6691	0,4922
2010	-11,2064	20,1446	-0,2748	-8,0099	0,6535
2011	-4,3192	13,9656	-1,6940	-4,2982	3,6542
2012	-11,1617	18,2777	1,1446	-6,2819	1,9787
2013	-13,3501	20,8365	1,3366	-7,7836	1,0394
2014	-16,3824	29,1953	0,9486	-11,2343	2,5273
2015	-20,8580	24,5568	7,0481	-11,2614	-0,5145
2016	-2,6802	6,6051	2,6015	-3,3736	3,1527
<b>MÉDIA</b>	<b>-10,3921</b>	<b>18,1528</b>	<b>0,8171</b>	<b>-6,9414</b>	<b>1,6365</b>

FN: Fronteira Norte. FS: Fronteira Sul. FL: Fronteira Leste e FO: Fronteira Oeste.

C - Transporte de Umidade Mensal (Outubro). Unidade: 10<sup>7</sup> kg/s.

Ano	Caixa 2				Balanço de Umidade
	FN	FS	FL	FO	
1979	-12,0421	19,7536	1,2851	-7,8674	1,1293
1980	-13,1510	22,6791	-1,7694	-6,4352	1,3235
1981	-15,7681	10,2305	6,6648	-8,3914	-7,2642
1982	-16,5554	18,2716	2,2836	-6,333	-2,3333
1983	-15,9858	19,6462	-1,9454	-4,5023	-2,7873
1984	-15,3357	21,5619	-3,6404	-4,608	-2,022
1985	-15,8896	16,2537	3,2657	-6,3736	-2,7439
1986	-8,7725	17,5568	-1,4698	-4,8038	2,5107
1987	-13,8651	17,0412	3,5695	-8,4563	-1,7106
1988	-12,2873	13,5672	2,0051	-6,3582	-3,0731
1989	-8,4320	10,6208	2,8371	-3,4063	1,6196
1990	-15,1281	24,1724	-3,7810	-6,5786	-1,3152
1991	-14,1966	20,7126	-0,8108	-4,4217	1,2835
1992	-15,4271	17,6121	2,3418	-7,2045	-2,6777
1993	-12,0038	21,4611	-2,6294	-5,676	1,1518
1994	-15,9902	24,6555	-5,3628	-6,1098	-2,8073
1995	-14,4526	13,9012	5,0087	-6,4626	-2,0053
1996	-17,3931	20,711	1,2854	-6,9222	-2,3189
1997	-23,1649	30,2153	2,6105	-11,2912	-1,6303
1998	-9,2794	13,5206	0,6404	-5,7353	-0,8538
1999	-7,7225	11,573	0,9107	-4,8583	-0,097
2000	-12,3236	22,746	-3,3172	-5,2532	1,852
2001	-11,7380	12,5648	4,7237	-6,4639	-0,9135
2002	-17,2430	31,665	-2,5940	-8,5288	3,2992
2003	-12,2484	15,7952	0,0201	-4,4678	-0,901
2004	-15,3889	20,4603	1,9280	-7,9621	-0,9626
2005	-15,4475	23,9639	1,1297	-9,2657	0,3804
2006	-16,1399	18,1041	2,3106	-8,383	-4,1082
2007	-15,1073	25,705	-2,3575	-8,0209	0,2194
2008	-14,1176	22,2553	-1,4576	-7,4944	-0,8143
2009	-12,2140	14,8632	2,5246	-7,4227	-2,2489
2010	-12,3302	10,1701	8,4446	-7,0039	-0,7194
2011	-13,2198	13,907	3,8384	-6,8902	-2,3646
2012	-17,7409	30,0678	-1,8425	-8,8587	1,6258
2013	-15,3346	16,7087	4,6453	-8,1654	-2,1459
2014	-12,1458	20,6056	-3,3762	-4,4372	0,6465
2015	-17,7425	29,4853	-1,5173	-9,6453	0,5803
2016	-14,2691	20,501	1,4879	-7,2481	0,4718
<b>MÉDIA</b>	<b>-13,7845</b>	<b>18,8535</b>	<b>0,7151</b>	<b>-6,6233</b>	<b>-0,8391</b>

FN: Fronteira Norte. FS: Fronteira Sul. FL: Fronteira Leste e FO: Fronteira Oeste.

C - Transporte de Umidade Mensal (Novembro). Unidade: 10<sup>7</sup> kg/s.

Ano	Caixa 2				Balanço de Umidade
	FN	FS	FL	FO	
1979	-14,7025	12,8935	4,5458	-4,8344	-2,0976
1980	-18,8393	17,6137	-0,8153	-6,5363	-8,5772
1981	-21,5006	12,0927	6,2124	-5,5857	-8,7813
1982	-20,6619	28,2129	-2,6472	-6,7902	-1,8864
1983	-16,8295	11,1332	5,1966	-5,8896	-6,3893
1984	-18,8115	18,2736	0,1689	-4,5148	-4,8837
1985	-12,9347	13,4213	-0,4504	-0,3513	-0,3151
1986	-18,3660	28,7942	-5,8000	-5,1542	-0,526
1987	-16,6530	13,538	2,1125	-4,0113	-5,0138
1988	-8,5619	12,2928	-0,1265	-3,2345	0,3699
1989	-15,2336	10,4725	7,4984	-5,4199	-2,6827
1990	-18,9175	24,3501	-1,9040	-3,9198	-0,3911
1991	-13,2538	9,025	4,8007	-4,8006	-4,2288
1992	-11,0196	10,5452	-1,9929	-3,1154	-5,5828
1993	-15,2073	20,7016	-0,9124	-4,9282	-0,3463
1994	-14,1234	13,5734	2,7046	-4,7208	-2,5662
1995	-12,4333	8,6133	-0,1565	-3,2956	-7,272
1996	-14,3092	10,0158	0,6855	-3,5735	-7,1813
1997	-20,1130	24,4931	-1,5109	-7,4796	-4,6104
1998	-11,8567	6,1116	4,1572	-3,6305	-5,2184
1999	-9,3548	3,8017	6,7507	-4,637	-3,4395
2000	-16,1470	13,1374	1,8212	-5,7394	-6,9278
2001	-21,1549	14,697	4,9636	-6,0201	-7,5143
2002	-18,6360	25,5373	1,3225	-8,0636	0,1602
2003	-14,7673	18,5799	3,2445	-7,2105	-0,1534
2004	-14,6029	18,9562	4,4766	-8,17	0,66
2005	-14,6577	12,867	4,2445	-7,7038	-5,25
2006	-13,5744	14,6326	2,3204	-6,8612	-3,4826
2007	-14,5876	14,3626	2,7947	-5,3927	-2,823
2008	-12,5771	6,6926	4,7991	-3,4902	-4,5756
2009	-29,8800	35,3839	-0,4047	-8,1685	-3,0693
2010	-14,5917	5,8067	9,7255	-5,3773	-4,4368
2011	-13,3869	9,6213	4,6030	-2,5322	-1,6947
2012	-12,8854	6,1989	5,0931	-5,4036	-6,9971
2013	-18,0171	19,3537	-2,7809	-2,6555	-4,0998
2014	-18,5810	14,484	2,7426	-5,3954	-6,7497
2015	-21,6630	23,6248	6,4688	-10,8712	-2,4406
2016	-15,9470	9,978	5,3830	-4,5588	-5,1448
<b>MÉDIA</b>	<b>-15,6241</b>	<b>14,7150</b>	<b>2,2906</b>	<b>-5,1292</b>	<b>-3,7477</b>

FN: Fronteira Norte. FS: Fronteira Sul. FL: Fronteira Leste e FO: Fronteira Oeste.

C - Transporte de Umidade Mensal (Dezembro). Unidade: 10<sup>7</sup> kg/s.

Ano	Caixa 2				Balanço de Umidade
	FN	FS	FL	FO	
1979	-20,1664	14,2534	1,4779	-4,8972	-9,3323
1980	-23,4705	10,0876	7,7026	-4,8489	-10,5292
1981	-20,8540	17,7442	0,9782	-6,3353	-8,467
1982	-18,4174	11,4337	2,8476	-3,9629	-8,0991
1983	-18,6464	10,8137	2,6538	-1,9452	-7,1241
1984	-15,6520	9,4476	5,6186	-6,2236	-6,8094
1985	-9,1955	5,2613	1,9759	-0,713	-2,6713
1986	-24,2975	12,7719	8,3617	-4,8988	-8,0626
1987	-19,0058	14,9532	5,3967	-8,7926	-7,4484
1988	-13,8194	10,0844	0,6321	-3,4931	-6,596
1989	-15,1125	13,2327	-1,4868	-6,1769	-9,5436
1990	-16,5188	15,7616	0,1223	-0,614	-1,2489
1991	-26,7064	28,111	5,0426	-9,3461	-2,8989
1992	-16,2433	12,5772	3,2666	-3,4228	-3,8223
1993	-22,6878	15,7889	1,6339	-4,6154	-9,8805
1994	-23,3693	18,181	0,5972	-4,1145	-8,7055
1995	-14,5378	-2,6451	10,5713	-1,729	-8,3406
1996	-21,4567	17,5562	6,2184	-7,7706	-5,4527
1997	-28,3883	32,1458	2,2978	-10,4508	-4,3954
1998	-17,1924	11,0133	3,6595	-2,2645	-4,7841
1999	-13,4643	7,4091	1,3418	-3,3129	-8,0262
2000	-15,1407	11,28	5,5617	-5,6977	-3,9967
2001	-17,1469	6,5175	5,9847	-2,512	-7,1567
2002	-18,6245	19,9119	2,3538	-9,1381	-5,4969
2003	-21,8248	25,4815	0,6549	-8,9484	-4,6368
2004	-19,6594	12,334	5,9782	-4,4443	-5,7914
2005	-17,5835	8,8315	1,8537	-0,8184	-7,7167
2006	-26,6045	21,7585	1,6792	-9,7569	-12,9237
2007	-19,9896	13,4379	1,9523	-3,1694	-7,7689
2008	-14,4939	-2,1098	7,3664	0,6053	-8,632
2009	-24,7410	14,6719	7,0006	-8,1034	-11,172
2010	-17,5291	16,5708	3,2939	-6,8538	-4,5181
2011	-18,0775	1,7074	9,4212	-1,3314	-8,2803
2012	-25,8279	35,2517	-3,4763	-7,6634	-1,7159
2013	-19,0452	9,4641	8,3963	-4,751	-5,9358
2014	-21,2691	24,9651	-2,9118	-5,7746	-4,9904
2015	-26,3405	34,7462	1,8827	-12,6581	-2,3698
2016	-23,5591	25,9741	0,6528	-6,2732	-3,2054
<b>MÉDIA</b>	<b>-19,1451</b>	<b>14,5327</b>	<b>3,2962</b>	<b>-5,0568</b>	<b>-6,3730</b>

FN: Fronteira Norte. FS: Fronteira Sul. FL: Fronteira Leste e FO: Fronteira Oeste.

D - Transporte de Umidade Mensal (Janeiro). Unidade: 10<sup>7</sup> kg/s

Ano	Caixa 3				Balanço de Umidade
	FN	FS	FL	FO	
1979	3,0817	4,0248	-2,7744	2,8695	7,2016
1980	-9,3577	3,5187	6,0176	0,0049	0,1836
1981	-17,5145	12,7238	2,2003	0,541	-2,0494
1982	-6,9074	8,989	-0,9983	1,3043	2,3876
1983	-9,2861	14,1285	-6,8583	0,7407	-1,2752
1984	-25,1194	9,6005	10,5023	1,5415	-3,4751
1985	-0,5503	6,9869	-5,1329	0,7084	2,0121
1986	-15,7349	10,3163	4,8090	1,1023	0,4927
1987	-21,7564	5,1986	12,1198	1,0609	-3,377
1988	-24,7154	8,9055	14,1963	-0,6347	-2,2483
1989	-17,4435	8,1472	5,6928	0,9315	-2,672
1990	-28,7911	13,6804	11,6720	0,9748	-2,464
1991	-8,2604	6,5601	3,5237	0,0017	1,8251
1992	0,9096	4,3515	-3,9182	0,9708	2,3137
1993	-21,8658	8,1911	12,1355	0,313	-1,2263
1994	-10,0865	2,9133	7,1989	0,1317	0,1573
1995	-18,9190	4,6836	11,2918	-0,3579	-3,3016
1996	-22,5665	6,8416	10,9506	-1,1011	-5,8754
1997	-10,3206	12,336	-5,9654	2,1491	-1,801
1998	-21,6633	11,6697	8,1247	-1,4427	-3,3116
1999	-9,8914	2,0498	8,1118	0,0149	0,2851
2000	-7,8585	4,1576	1,8898	1,4354	-0,3757
2001	-25,6210	15,7857	5,7407	1,6012	-2,4935
2002	-11,8829	2,8542	5,9517	0,3666	-2,7103
2003	-9,5298	3,7128	6,4582	0,1333	0,7745
2004	-0,7333	6,0037	-6,2844	2,1134	1,0994
2005	-12,0564	9,7532	1,5980	1,4088	0,7036
2006	-18,3420	9,5484	6,2485	3,5723	1,0271
2007	-13,2984	5,7596	4,6829	2,3756	-0,4803
2008	-7,0549	7,7241	-3,2375	2,8512	0,2829
2009	-5,7070	2,3463	1,8625	0,8295	-0,6687
2010	-23,3601	11,6928	9,1158	2,0288	-0,5228
2011	-14,0144	9,3164	-0,0752	1,646	-3,1271
2012	-9,0514	7,9952	-0,0344	2,9836	1,893
2013	-6,9035	2,9884	5,1555	2,8525	4,0928
2014	-31,1988	17,2291	12,2130	1,2051	-0,5517
2015	-26,0856	6,878	18,1432	2,6375	1,5731
2016	-8,8466	7,058	2,2260	2,1254	2,5628
<b>MÉDIA</b>	<b>-13,5462</b>	<b>7,6056</b>	<b>4,4757</b>	<b>1,1280</b>	<b>-0,3369</b>

FN: Fronteira Norte. FS: Fronteira Sul. FL: Fronteira Leste e FO: Fronteira Oeste.

D - Transporte de Umidade Mensal (Fevereiro). Unidade: 10<sup>7</sup> kg/s.

Ano	Caixa 3				Balanço de Umidade
	FN	FS	FL	FO	
1979	-9,3828	8,1493	-0,6509	0,2989	-1,5855
1980	-12,4177	8,7066	3,6075	-0,8235	-0,9271
1981	-27,3953	22,2524	-1,3542	3,1481	-3,349
1982	-27,3619	15,0313	7,3818	0,3252	-4,6236
1983	-19,6691	13,7428	4,1166	-0,4616	-2,2713
1984	-35,0765	29,4137	3,1695	1,9374	-0,5558
1985	-17,0631	5,2906	7,6170	2,8116	-1,3438
1986	-18,0652	6,103	10,5138	1,3664	-0,0821
1987	-28,0561	21,1771	3,6495	2,8404	-0,3891
1988	-5,2621	6,598	0,0947	0,1402	1,5708
1989	-12,3271	4,8299	7,3578	1,7042	1,5648
1990	-7,1889	4,2411	-0,2277	-0,1225	-3,298
1991	-10,2309	2,0472	9,2435	0,4322	1,4919
1992	-23,7215	25,1268	-5,3582	1,9644	-1,9886
1993	-8,0956	6,2622	0,9093	1,7073	0,7833
1994	-25,5431	8,0235	12,3470	-0,4601	-5,6328
1995	-12,3282	4,6579	5,1262	-1,2727	-3,8168
1996	-19,0405	10,0999	5,5000	-0,4763	-3,917
1997	-19,7715	12,2515	2,7317	0,9961	-3,7922
1998	-18,6615	4,1292	10,2998	-1,6917	-5,9243
1999	-14,3620	5,8571	5,6525	1,5539	-1,2985
2000	-12,5971	11,3326	-1,1275	0,7105	-1,6815
2001	-20,5017	12,0322	2,7718	4,1487	-1,549
2002	-8,2514	2,7345	4,3115	0,4273	-0,7781
2003	-31,9558	13,1716	13,7437	-0,5109	-5,5513
2004	-2,2448	-1,0274	4,9947	1,8887	3,6112
2005	-1,7432	1,5549	0,3195	2,8315	2,9627
2006	-8,3585	0,302	7,2525	1,1024	0,2985
2007	-19,2625	14,1338	2,4465	0,4141	-2,2682
2008	-9,8586	5,3465	1,5313	0,7635	-2,2172
2009	-17,4261	9,6952	5,3144	1,1965	-1,2201
2010	-31,5816	18,8758	10,4192	1,1436	-1,1429
2011	-11,8909	2,0705	3,6578	2,5481	-3,6146
2012	-24,8046	14,5381	7,7488	2,537	0,0193
2013	-19,7341	6,9341	11,4678	1,0112	-0,3211
2014	-26,5537	19,0543	3,1868	3,0799	-1,2327
2015	-14,2229	4,6961	6,2328	1,6516	-1,6424
2016	-28,6006	11,4755	13,2670	2,1045	-1,7536
<b>MÉDIA</b>	<b>-17,4869</b>	<b>9,9125</b>	<b>4,8872</b>	<b>1,1116</b>	<b>-1,5756</b>

FN: Fronteira Norte. FS: Fronteira Sul. FL: Fronteira Leste e FO: Fronteira Oeste.

D - Transporte de Umidade Mensal (Março). Unidade: 10<sup>7</sup> kg/s.

Ano	Caixa 3				Balanço de Umidade
	FN	FS	FL	FO	
1979	-2,7627	6,4056	-1,2640	0,5482	2,9271
1980	-24,4940	14,142	6,2301	2,5615	-1,5603
1981	-2,8963	0,4565	6,4485	-1,3785	2,6302
1982	-6,2892	11,7543	-5,0671	0,3217	0,7196
1983	-17,7775	9,2266	8,3336	-0,4979	-0,7152
1984	-10,3033	5,0866	3,8122	2,3279	0,9235
1985	-19,2824	7,9666	9,0984	-0,6701	-2,8874
1986	-15,5902	6,7565	8,2284	-0,0029	-0,6082
1987	-18,0123	11,9172	4,4628	0,7399	-0,8924
1988	-16,6813	15,6566	1,5724	-0,1084	0,4392
1989	-10,7320	7,7892	2,3823	-0,8244	-1,3849
1990	-24,8909	12,3238	9,4999	-1,8702	-4,9375
1991	-10,9585	8,6454	0,8714	1,1446	-0,2971
1992	-24,1509	20,3011	-0,2787	0,7655	-3,3629
1993	-13,0717	5,4647	6,5003	1,9948	0,8881
1994	-5,7894	6,3356	1,8999	-0,5707	1,8754
1995	-12,4759	4,4255	8,6132	-1,8494	-1,2866
1996	-10,5942	8,8787	-0,6935	0,3798	-2,0293
1997	-3,2521	3,0425	1,2106	2,2843	3,2854
1998	-18,9369	6,1106	13,0229	-2,3847	-2,1881
1999	-14,9704	12,0385	0,1265	1,4414	-1,364
2000	-13,1188	10,3675	-0,0646	1,155	-1,6609
2001	-17,8641	12,9935	1,4356	1,5797	-1,8553
2002	-31,1953	18,1473	8,6754	-0,3949	-4,7675
2003	-13,7968	7,3078	3,6005	0,9675	-1,9211
2004	-7,2860	8,738	-3,5717	2,9361	0,8165
2005	-10,4757	5,4835	3,8719	-0,6231	-1,7434
2006	-11,9435	5,2869	6,0870	-0,0033	-0,5729
2007	-26,3064	14,4625	8,2318	-0,5902	-4,2023
2008	-2,7974	4,4122	-1,2266	0,1187	0,507
2009	-7,6257	3,5694	6,0022	0,6157	2,5616
2010	-8,5395	6,4018	1,2196	0,4752	-0,4428
2011	-6,1281	12,6767	-7,4956	0,7126	-0,2344
2012	-10,9319	4,7671	9,8285	1,3144	4,9781
2013	-14,4107	4,7422	8,8130	-0,9808	-1,8363
2014	-20,9863	12,4184	7,1276	-1,3295	-2,7699
2015	-7,0354	6,6743	1,5029	1,4291	2,5709
2016	-10,4698	0,8639	7,4254	-0,5316	-2,712
<b>MÉDIA</b>	<b>-13,3488</b>	<b>8,5577</b>	<b>3,8808</b>	<b>0,3163</b>	<b>-0,5939</b>

FN: Fronteira Norte. FS: Fronteira Sul. FL: Fronteira Leste e FO: Fronteira Oeste.

D - Transporte de Umidade Mensal (Abril). Unidade: 10<sup>7</sup> kg/s.

Ano	Caixa 3				Balanço de Umidade
	FN	FS	FL	FO	
1979	-7,3418	1,1622	5,6845	-1,347	-1,842
1980	-32,1779	26,5972	6,2726	-3,8062	-3,1143
1981	-14,6295	8,1862	4,9722	-0,6056	-2,0767
1982	-7,9603	11,3558	-3,1801	0,426	0,6414
1983	-19,7184	7,7509	12,5003	-5,12	-4,5871
1984	-14,0005	8,8437	7,4090	-1,9664	0,2858
1985	-20,1867	11,9401	6,9388	-2,1782	-3,486
1986	-24,8053	15,0954	6,7722	-2,207	-5,1446
1987	-26,0252	11,7925	11,0462	-1,3819	-4,5684
1988	-12,0645	-0,967	16,2840	-3,4914	-0,2389
1989	-16,0681	7,9114	7,6164	-1,3511	-1,8914
1990	-29,3988	10,1799	15,5075	-3,7544	-7,4658
1991	-17,6888	9,7897	7,4254	-2,4378	-2,9115
1992	-21,1250	4,7492	13,1788	-2,0833	-5,2804
1993	-16,7919	15,019	3,9055	-2,6701	-0,5375
1994	-17,2937	7,8004	12,2451	-3,8093	-1,0575
1995	-15,8120	6,2255	12,9144	-3,5447	-0,2168
1996	-21,7086	13,1404	7,5987	-2,1244	-3,0938
1997	-10,0634	4,3048	9,6212	-2,6123	1,2503
1998	-23,2320	4,7435	15,2131	-4,2061	-7,4816
1999	-12,0983	2,6922	10,4767	-1,5957	-0,5251
2000	-15,4050	6,6877	5,7517	-0,5931	-3,5587
2001	-24,2591	7,0667	14,4332	-1,2714	-4,0305
2002	-26,5031	9,7284	13,4988	-2,2977	-5,5735
2003	-16,8838	1,3766	15,4773	-2,9667	-2,9967
2004	-18,2747	14,5361	3,1338	-1,48	-2,0848
2005	-19,6874	5,6904	14,4580	-2,7168	-2,2558
2006	-5,2075	0,5742	7,2581	-0,9415	1,6833
2007	-17,4945	11,2061	7,2884	-1,8939	-0,894
2008	-11,2724	-1,7477	16,6939	-2,6295	1,0443
2009	-0,3530	-1,159	5,3967	0,1377	4,0224
2010	-11,1484	5,9331	8,2108	-2,5837	0,4118
2011	-13,6190	6,2047	7,7013	-2,0812	-1,7942
2012	-14,4967	0,7087	13,3215	-2,0415	-2,508
2013	-13,2398	4,914	7,9761	-0,8595	-1,2092
2014	-14,9508	9,7347	3,8702	-0,7979	-2,1438
2015	-8,1089	3,1898	5,9914	-0,4491	0,6231
2016	-33,5205	14,1995	17,3435	-5,0604	-7,0379
<b>MÉDIA</b>	<b>-17,0358</b>	<b>7,6557</b>	<b>9,3773</b>	<b>-2,1551</b>	<b>-2,1578</b>

FN: Fronteira Norte. FS: Fronteira Sul. FL: Fronteira Leste e FO: Fronteira Oeste.

D - Transporte de Umidade Mensal (Maio). Unidade: 10<sup>7</sup> kg/s.

Ano	Caixa 3				Balanço de Umidade
	FN	FS	FL	FO	
1979	-12,5226	-3,4187	19,3578	-5,0509	-1,6345
1980	-26,8526	14,5987	11,4842	-3,1046	-3,8744
1981	-27,2211	23,8001	4,6105	-2,7851	-1,5957
1982	-17,3910	11,7515	7,5868	-1,7498	0,1976
1983	-25,5039	7,5434	14,6965	-4,8207	-8,0847
1984	-29,3425	10,3399	21,2955	-5,4874	-3,1945
1985	-20,1386	5,5035	14,9510	-3,5809	-3,265
1986	-26,9904	5,7767	22,5152	-5,4403	-4,1388
1987	-17,9993	0,5486	20,3333	-5,324	-2,4414
1988	-7,0142	-3,5967	17,2699	-4,8034	1,8556
1989	-11,5210	9,4255	6,3622	-2,1141	2,1526
1990	-15,1482	4,1298	12,0907	-3,4731	-2,4008
1991	-19,9924	14,2595	7,8006	-4,6528	-2,5852
1992	-24,1238	8,1307	17,9745	-5,329	-3,3476
1993	-22,7971	13,0756	12,2316	-4,5838	-2,0737
1994	-18,5439	9,6982	7,7917	-3,224	-4,2781
1995	-4,6804	-5,0736	14,4234	-3,2903	1,3791
1996	-2,5149	0,5774	6,4177	-1,512	2,9682
1997	-14,9831	10,1258	5,5346	-0,2358	0,4415
1998	-11,5328	-0,6075	13,2071	-3,2832	-2,2164
1999	-8,3385	-1,0244	13,1176	-3,0327	0,7221
2000	-13,1247	2,3605	12,7954	-4,5762	-2,545
2001	-14,0212	7,0129	9,1258	-3,5775	-1,4601
2002	-22,1617	11,9614	9,6618	-3,8174	-4,356
2003	-11,5517	3,7911	13,1804	-3,6128	1,807
2004	-6,4674	-3,153	8,7662	-2,2593	-3,1136
2005	-26,1919	13,4919	10,9602	-3,7187	-5,4586
2006	-1,9948	-3,3285	9,4480	-2,6589	1,4659
2007	-14,4411	0,1953	17,3479	-4,1797	-1,0776
2008	-12,0975	2,0433	12,9262	-2,8094	0,0626
2009	-16,5402	6,1074	12,6421	-3,0754	-0,8661
2010	-8,8364	6,8719	0,7083	-2,734	-3,9901
2011	-5,9095	0,6535	8,9176	-2,8262	0,8353
2012	-12,9688	10,8646	3,9941	-2,1871	-0,2972
2013	-15,9413	3,7632	15,2058	-4,081	-1,0533
2014	-16,7835	2,3865	14,4691	-2,7892	-2,7171
2015	-16,8586	11,7601	4,8121	-2,1655	-2,4519
2016	-9,8696	-1,1152	13,8137	-4,6622	-1,8332
<b>MÉDIA</b>	<b>-15,7695</b>	<b>5,7376</b>	<b>11,7202</b>	<b>-3,4918</b>	<b>-1,8036</b>

FN: Fronteira Norte. FS: Fronteira Sul. FL: Fronteira Leste e FO: Fronteira Oeste.

D - Transporte de Umidade Mensal (Junho). Unidade: 10<sup>7</sup> kg/s.

Ano	Caixa 3				Balanço de Umidade
	FN	FS	FL	FO	
1979	-16,3745	4,3757	14,2780	-3,0672	-0,788
1980	-19,1009	8,7907	12,7454	-4,2569	-1,8219
1981	-13,7607	-1,2595	17,1997	-4,3504	-2,1709
1982	-29,8340	8,661	20,9537	-5,6549	-5,8743
1983	-21,3044	4,2799	19,1517	-4,8054	-2,6782
1984	-24,3126	5,5099	19,4254	-5,308	-4,6852
1985	-11,5602	1,8003	12,3941	-2,4575	0,1769
1986	-23,8409	14,6577	9,9749	-3,8732	-3,0816
1987	-16,5093	0,4387	19,6613	-4,0216	-0,4309
1988	-16,6631	2,0971	16,6592	-3,973	-1,8797
1989	-10,3626	3,1137	8,0346	-2,2087	-1,4231
1990	-13,8366	0,4658	15,7284	-2,9124	-0,5548
1991	-22,0773	7,736	15,5406	-4,5769	-3,3777
1992	-35,3254	19,3335	16,4689	-4,7983	-4,3213
1993	-16,9093	6,0253	14,1515	-4,9799	-1,7125
1994	-17,1836	5,4026	14,6822	-4,0599	-1,1587
1995	-18,8828	4,62	17,7719	-5,2104	-1,7013
1996	-15,5133	3,7948	14,5522	-2,8286	0,0051
1997	-21,8084	5,0196	21,5523	-7,3643	-2,6008
1998	-16,5155	3,0724	12,8717	-3,8885	-4,46
1999	-13,1158	3,1359	10,8658	-3,8002	-2,9142
2000	-28,0051	12,2754	15,3146	-4,3325	-4,7476
2001	-18,4307	8,1209	11,8346	-2,6822	-1,1575
2002	-23,1066	6,7638	18,2095	-3,7719	-1,9051
2003	-19,7231	3,9998	17,3648	-4,279	-2,6375
2004	-20,4132	9,453	11,6532	-2,9336	-2,2406
2005	-24,8019	15,0883	11,1374	-4,2259	-2,8021
2006	-20,2253	8,5839	12,8652	-3,2832	-2,0595
2007	-22,1340	3,587	23,5545	-6,0922	-1,0846
2008	-15,7110	1,4428	16,2859	-4,0812	-2,0635
2009	-8,7698	3,5794	9,2441	-3,5123	0,5414
2010	-17,3714	6,7408	13,5343	-3,9106	-1,0069
2011	-17,1719	3,5118	15,5557	-3,9469	-2,0513
2012	-18,6643	4,313	15,9953	-3,9607	-2,3168
2013	-17,3738	0,3421	17,0501	-2,8208	-2,8024
2014	-22,3384	6,9366	12,5323	-2,492	-5,3615
2015	-23,1909	6,6788	17,8308	-3,0013	-1,6826
2016	-10,0878	0,9764	13,3535	-4,4332	-0,1911
<b>MÉDIA</b>	<b>-19,1517</b>	<b>5,8150</b>	<b>15,2011</b>	<b>- 3,9976</b>	<b>-2,1331</b>

FN: Fronteira Norte. FS: Fronteira Sul. FL: Fronteira Leste e FO: Fronteira Oeste.

D - Transporte de Umidade Mensal (Julho). Unidade: 10<sup>7</sup> kg/s.

Ano	Caixa 3				Balanço de Umidade
	FN	FS	FL	FO	
1979	-15,8302	8,895	8,2046	-3,0624	-1,793
1980	-22,0513	7,3996	17,6780	-4,6382	-1,6119
1981	-15,0153	7,6273	7,7698	-1,7012	-1,3194
1982	-22,4380	8,256	17,4010	-5,7282	-2,5092
1983	-28,5240	4,718	19,1066	-4,1255	-8,8249
1984	-23,0469	10,4933	15,8654	-5,1003	-1,7886
1985	-20,4819	15,3986	5,3355	-2,2143	-1,9621
1986	-10,6562	4,5037	8,7211	-1,0611	1,5074
1987	-30,2519	15,5684	17,2381	-6,9574	-4,4029
1988	-13,1001	9,9586	6,1304	-2,7673	0,2215
1989	-12,7263	2,6924	13,9143	-2,9858	0,8946
1990	-9,4404	3,6943	8,5061	-2,4704	0,2897
1991	-20,7836	10,6082	12,6629	-4,501	-2,0135
1992	-17,5018	6,0983	14,2478	-3,6341	-0,7898
1993	-19,6052	1,1565	21,0899	-3,9306	-1,2895
1994	-24,1699	8,4027	17,1584	-4,6262	-3,235
1995	-27,4966	10,2083	17,3361	-4,3117	-4,264
1996	-5,6880	-2,3622	11,9077	-2,7666	1,0908
1997	-23,9674	11,3556	12,6193	-2,9125	-2,9049
1998	-16,8714	7,5162	8,9547	-3,055	-3,4554
1999	-19,2921	8,4602	11,9828	-2,3634	-1,2125
2000	-14,2629	0,8934	17,0284	-3,7341	-0,0752
2001	-22,8854	9,8455	16,1055	-4,6403	-1,5747
2002	-18,6503	7,1363	12,7499	-3,6594	-2,4236
2003	-17,7330	5,9839	15,4142	-3,5405	0,1247
2004	-17,4450	10,6689	9,6701	-2,7962	0,0978
2005	-17,6493	8,0859	13,0058	-2,396	1,0464
2006	-19,8974	10,7613	14,1481	-4,1265	0,8855
2007	-17,7462	1,0786	20,4937	-4,5932	-0,767
2008	-19,8601	9,5738	10,8552	-2,3947	-1,8259
2009	-18,1014	2,8688	16,9168	-3,2993	-1,6151
2010	-26,0394	13,755	10,7110	-2,4724	-4,0457
2011	-22,2500	6,7238	14,7264	-3,1061	-3,9059
2012	-16,7585	1,7789	18,1016	-3,6288	-0,5068
2013	-17,8206	5,1092	16,2429	-3,3391	0,1924
2014	-20,9351	11,5079	7,7158	-2,6481	-4,3596
2015	-23,1618	7,9657	14,4255	-3,5084	-4,279
2016	-19,3491	5,4336	17,4299	-4,9275	-1,4131
<b>MÉDIA</b>	<b>-19,2038</b>	<b>7,6645</b>	<b>13,4163</b>	<b>-3,4744</b>	<b>-1,5974</b>

FN: Fronteira Norte. FS: Fronteira Sul. FL: Fronteira Leste e FO: Fronteira Oeste.

D - Transporte de Umidade Mensal (Agosto). Unidade: 10<sup>7</sup> kg/s.

Ano	Caixa 3				Balanço de Umidade
	FN	FS	FL	FO	
1979	-16,1153	5,1962	11,5375	-4,5215	-3,9033
1980	-19,8743	4,9936	14,3085	-3,2391	-3,8114
1981	-15,9689	7,0444	11,2461	-2,6836	-0,362
1982	-20,6689	8,7455	13,6910	-4,347	-2,5795
1983	-20,7544	8,7499	13,8627	-4,2329	-2,3747
1984	-14,7958	3,0929	13,3202	-3,5792	-1,9619
1985	-17,9103	3,6166	14,8112	-3,4101	-2,8926
1986	-19,2240	6,5258	13,9525	-3,9863	-2,732
1987	-15,8566	4,2867	14,2774	-5,8181	-3,1107
1988	-17,0717	7,5819	13,2835	-4,3386	-0,5449
1989	-19,0860	10,1892	8,5703	-3,9057	-4,2323
1990	-15,4724	9,3189	6,7797	-1,5898	-0,9636
1991	-21,9489	13,7991	8,6454	-2,4101	-1,9145
1992	-15,1799	8,0151	7,1744	-2,0142	-2,0046
1993	-12,5060	2,9756	13,3340	-3,6115	0,1921
1994	-17,0156	7,3005	11,5590	-3,9023	-2,0584
1995	-23,4015	6,5299	21,6571	-4,5688	0,2167
1996	-20,0885	11,8208	7,8951	-1,9528	-2,3254
1997	-20,7610	11,5934	10,6600	-3,6091	-2,1167
1998	-19,8495	2,6703	14,0455	-2,7872	-5,9209
1999	-16,0633	10,2286	8,3946	-3,1512	-0,5913
2000	-15,9574	4,5816	13,4973	-3,7321	-1,6106
2001	-23,8639	22,0654	1,2071	-2,1164	-2,7078
2002	-25,5304	16,8397	11,0675	-3,3769	-1,0001
2003	-8,3810	3,3827	8,8134	-3,2645	0,5505
2004	-16,1673	9,7269	10,8101	-3,1354	1,2343
2005	-20,8575	11,0196	11,6284	-3,7223	-1,9319
2006	-19,2762	4,266	16,9488	-4,0159	-2,0773
2007	-21,5257	8,3538	13,4038	-3,3063	-3,0743
2008	-17,2905	6,4743	13,8168	-3,4165	-0,4159
2009	-18,5021	8,9282	9,7401	-3,0868	-2,9206
2010	-13,9214	5,5319	10,7826	-3,0099	-0,6168
2011	-20,6264	5,0357	17,4848	-3,7443	-1,8503
2012	-23,7091	22,5169	2,8388	-3,3682	-1,7216
2013	-16,5594	3,3224	14,4680	-3,5941	-2,3632
2014	-16,4209	6,7682	14,9364	-2,6429	2,6408
2015	-27,6751	19,7172	8,4981	-4,4969	-3,9567
2016	-16,5266	1,2192	16,0432	-2,922	-2,1862
<b>MÉDIA</b>	<b>-18,5680</b>	<b>8,4291</b>	<b>11,6960</b>	<b>-3,4211</b>	<b>-1,8641</b>

FN: Fronteira Norte. FS: Fronteira Sul. FL: Fronteira Leste e FO: Fronteira Oeste.

D - Transporte de Umidade Mensal (Setembro). Unidade: 10<sup>7</sup> kg/s.

Ano	Caixa 3				Balanço de Umidade
	FN	FS	FL	FO	
1979	-18,6908	7,6634	8,9583	-3,6814	-5,7505
1980	-14,3045	3,0463	12,0731	-2,8798	-2,065
1981	-19,8988	5,0572	15,2822	-3,641	-3,2004
1982	-17,3579	11,961	4,6708	-2,4334	-3,1595
1983	-19,5138	9,1116	9,1963	-2,7063	-3,9121
1984	-13,0479	4,018	7,3899	-2,2977	-3,9377
1985	-16,0664	8,4279	6,6297	-1,6577	-2,6666
1986	-20,4216	14,2706	3,8135	-1,1282	-3,4656
1987	-15,6428	2,9628	15,3213	-5,3347	-2,6934
1988	-24,1368	7,38	14,1111	-2,7637	-5,4094
1989	-15,1507	-0,3666	15,8367	-2,7114	-2,3921
1990	-14,9206	5,2918	8,5962	-3,5745	-4,6071
1991	-17,2455	11,4693	7,8203	-3,0676	-1,0235
1992	-14,0750	7,7102	5,5850	-2,0305	-2,8103
1993	-16,7044	1,8518	13,2903	-3,9271	-5,4894
1994	-19,2626	12,4	9,3354	-3,9163	-1,4436
1995	-20,2722	7,9331	12,5842	-3,5951	-3,35
1996	-11,6621	4,9659	5,5822	-2,18	-3,2941
1997	-19,1656	-0,0788	21,4242	-6,6995	-4,5197
1998	-21,4892	7,3004	10,4505	-3,6172	-7,3555
1999	-16,5852	6,5002	9,8633	-1,9932	-2,2149
2000	-22,1890	9,4399	9,6602	-3,0054	-6,0942
2001	-17,9169	8,9748	6,3325	-2,9483	-5,5578
2002	-19,1664	4,2535	14,2540	-4,0112	-4,6701
2003	-15,4818	8,018	9,7906	-2,9142	-0,5874
2004	-19,1982	8,9262	10,6974	-2,0153	-1,5899
2005	-16,7257	6,3273	9,6856	-2,7056	-3,4184
2006	-14,3576	1,8981	14,3663	-3,8409	-1,9341
2007	-25,8081	15,6422	8,4574	-1,2594	-2,9678
2008	-12,0414	2,4003	9,3326	-2,124	-2,4325
2009	-21,5282	2,1536	18,2652	-4,0002	-5,1096
2010	-19,1365	6,8341	12,0516	-3,0712	-3,322
2011	-13,3217	6,1614	7,0460	-1,6766	-1,7909
2012	-17,7855	6,7848	12,3388	-2,5356	-1,1976
2013	-19,6612	7,9154	11,7211	-3,879	-3,9037
2014	-28,5367	10,3542	14,4949	-3,1696	-6,8572
2015	-22,7960	1,0064	23,4414	-5,119	-3,4672
2016	-5,9160	-2,6997	12,1479	-2,0815	1,4507
<b>MÉDIA</b>	<b>-17,9682</b>	<b>6,6789</b>	<b>10,9401</b>	<b>-3,0400</b>	<b>-3,3891</b>

FN: Fronteira Norte. FS: Fronteira Sul. FL: Fronteira Leste e FO: Fronteira Oeste.

D - Transporte de Umidade Mensal (Outubro). Unidade: 10<sup>7</sup> kg/s.

Ano	Caixa 3				Balanço de Umidade
	FN	FS	FL	FO	
1979	-19,1359	3,9409	12,6097	-3,9847	-6,57
1980	-22,1253	6,4016	14,5851	-2,8849	-4,0235
1981	-9,7302	4,3262	4,8215	-2,4915	-3,074
1982	-17,3591	2,9629	17,9443	-4,7962	-1,2481
1983	-18,3904	11,0974	6,5371	-1,8882	-2,6441
1984	-21,5839	13,0984	6,3103	-2,0569	-4,2322
1985	-15,7912	8,3611	6,7288	-2,9213	-3,6225
1986	-16,4384	5,0666	11,3107	-2,6836	-2,7447
1987	-15,8078	4,1589	13,5066	-4,0358	-2,1781
1988	-12,0994	3,4644	8,9492	-3,5174	-3,2031
1989	-10,2742	4,4149	5,5332	-2,2924	-2,6185
1990	-23,3204	11,5308	6,3575	-0,7144	-6,1465
1991	-19,9868	8,2223	10,0788	-3,4028	-5,0886
1992	-16,7066	7,0724	11,1078	-3,1827	-1,7092
1993	-20,5956	9,7111	7,5116	-3,2135	-6,5863
1994	-23,9793	5,6118	13,3939	-2,2934	-7,2671
1995	-12,6283	2,7549	10,1639	-3,3697	-3,0792
1996	-20,0100	6,0648	8,2937	-2,9784	-8,6299
1997	-28,9307	9,5419	12,0198	-4,1045	-11,4735
1998	-12,4811	5,3313	5,2336	-0,9563	-2,8725
1999	-11,7501	5,1816	3,5962	-0,0376	-3,0098
2000	-22,2018	5,3451	13,9306	-1,6277	-4,5538
2001	-12,0669	9,1517	2,9611	-3,1549	-3,109
2002	-31,6469	12,7162	12,4785	-1,5075	-7,9598
2003	-15,2842	7,5258	5,8757	-1,0926	-2,9753
2004	-19,3567	6,3894	11,6211	-2,1738	-3,5199
2005	-22,6564	1,7917	18,7774	-1,9308	-4,018
2006	-17,9674	12,5447	1,1295	-0,9042	-5,1974
2007	-25,4485	11,6079	8,4902	-1,2672	-6,6176
2008	-20,9984	5,2289	11,7694	-1,793	-5,7931
2009	-14,5758	6,7159	9,1150	-3,5202	-2,265
2010	-9,7058	-0,6476	12,2789	-1,7654	0,1601
2011	-13,2479	3,3745	9,2952	-2,5273	-3,1054
2012	-29,3426	10,7674	13,5378	-3,2041	-8,2415
2013	-16,3410	3,5963	9,5719	-0,1592	-3,332
2014	-20,9834	11,9372	9,2591	-0,8526	-0,6396
2015	-28,7337	7,0025	19,7973	-4,8654	-6,7993
2016	-19,9418	7,69	9,4845	-2,8724	-5,6396
<b>MÉDIA</b>	<b>-18,8209</b>	<b>6,8689</b>	<b>10,0817</b>	<b>-2,4778</b>	<b>-4,3481</b>

FN: Fronteira Norte. FS: Fronteira Sul. FL: Fronteira Leste e FO: Fronteira Oeste.

D - Transporte de Umidade Mensal (Novembro). Unidade: 10<sup>7</sup> kg/s.

Ano	Caixa 3				Balanço de Umidade
	FN	FS	FL	FO	
1979	-12,1137	4,2348	9,9763	-3,6246	-1,5272
1980	-16,6191	8,9161	5,0058	-3,7441	-6,4413
1981	-11,4132	3,6248	8,0367	-2,534	-2,2857
1982	-26,5830	4,0897	18,3113	-3,5455	-7,7276
1983	-9,3028	2,2718	5,4978	-0,6658	-2,1991
1984	-17,5224	5,0626	9,5900	-1,8053	-4,675
1985	-13,0337	9,4271	5,6684	0,9623	3,0242
1986	-28,4228	14,1929	11,9341	-2,3999	-4,6958
1987	-12,9039	3,9404	8,5609	-2,0234	-2,426
1988	-11,6520	5,7964	9,0459	-1,2368	1,9534
1989	-9,8656	1,9388	8,6907	-2,1314	-1,3676
1990	-23,8307	13,9206	9,9972	-1,8278	-1,7407
1991	-8,9263	4,9253	5,5575	-0,4678	1,0887
1992	-9,8927	2,6614	7,4966	-1,4841	-1,2188
1993	-19,4287	4,9716	14,1513	-4,0643	-4,37
1994	-12,8789	1,2779	13,0382	-1,7295	-0,2922
1995	-7,8689	6,3162	3,6170	-1,5352	0,5291
1996	-9,6909	9,7827	1,2978	-1,0216	0,368
1997	-23,2124	6,6447	11,7703	-2,3371	-7,1346
1998	-6,0495	4,7911	3,4431	-1,3315	0,8531
1999	-3,4127	2,7226	3,4253	-0,5534	2,1819
2000	-12,1611	3,5485	8,2412	-2,3742	-2,7456
2001	-14,1943	4,6812	8,3177	-2,6097	-3,8051
2002	-24,6335	9,0991	11,1754	-2,7289	-7,0878
2003	-17,0232	5,9831	11,5047	-2,9256	-2,4611
2004	-17,6152	3,1339	11,4051	-1,052	-4,1281
2005	-12,4690	5,4101	4,4035	-0,2213	-2,8766
2006	-14,3141	5,4713	6,4287	-0,2368	-2,6509
2007	-12,8436	3,0169	14,0922	-0,9273	3,3383
2008	-5,9401	9,4712	-5,6645	1,4015	-0,7319
2009	-34,3250	13,5944	14,3327	-3,1847	-9,5826
2010	-4,7794	-2,765	9,1161	-1,778	-0,2063
2011	-9,4844	9,034	-1,0183	0,0511	-1,4177
2012	-6,2528	3,9377	2,1621	0,7667	0,6137
2013	-18,8168	11,5266	5,1768	-1,0525	-3,1658
2014	-13,8120	7,2569	6,2013	-2,2833	-2,6371
2015	-22,7659	5,8118	14,4392	-2,7749	-5,2898
2016	-9,8351	4,7067	7,6905	-1,402	1,1601
<b>MÉDIA</b>	<b>-14,2642</b>	<b>5,7507</b>	<b>8,0759</b>	<b>-1,6629</b>	<b>-2,1005</b>

FN: Fronteira Norte. FS: Fronteira Sul. FL: Fronteira Leste e FO: Fronteira Oeste.

D - Transporte de Umidade Mensal (Dezembro). Unidade: 10<sup>7</sup> kg/s.

Ano	Caixa 3				Balanço de Umidade
	FN	FS	FL	FO	
1979	-12,9851	4,582	8,0916	-0,5897	-0,9013
1980	-8,1512	2,3564	5,8601	-2,3286	-2,2633
1981	-16,1339	7,9817	8,5848	-1,5189	-1,0863
1982	-9,5468	5,2162	6,3553	-0,4558	1,5688
1983	-8,5991	4,9897	4,4187	0,8319	1,6412
1984	-8,0326	-0,828	11,3403	-0,4048	2,0749
1985	-4,8441	-0,563	4,5987	0,6257	-0,1828
1986	-10,8785	1,8949	6,4027	1,9347	-0,6462
1987	-13,1937	6,4771	6,8555	-1,5999	-1,461
1988	-9,1862	6,4193	3,4924	-0,5591	0,1665
1989	-11,7481	12,5659	-3,1587	1,3104	-1,0305
1990	-15,4285	7,3383	8,7084	-0,5359	0,0823
1991	-26,6535	8,7669	12,6501	-1,7037	-6,9402
1992	-12,0406	5,9173	4,7620	0,9895	-0,3717
1993	-14,6023	8,5687	7,5312	-1,3532	0,1443
1994	-17,4934	9,6063	6,5720	1,2584	-0,0567
1995	2,8814	-0,5177	-0,8107	0,7525	2,3055
1996	-16,5604	5,5831	7,8334	-1,7397	-4,8837
1997	-30,0511	10,5284	17,1479	-2,8766	-5,2515
1998	-8,8811	-0,0508	11,8801	-2,8802	0,0679
1999	-7,1092	3,578	2,8859	-0,203	-0,8483
2000	-10,7516	2,2946	10,8450	-2,0776	0,3104
2001	-4,9896	-0,8188	7,2080	-0,2506	1,149
2002	-19,8084	7,0875	8,6258	0,8486	-3,2466
2003	-24,3988	7,9157	13,9495	-1,7053	-4,2388
2004	-11,6424	8,2125	1,9449	1,6038	0,1187
2005	-8,1646	0,408	8,3546	0,8281	1,426
2006	-21,1132	11,7373	5,2099	1,322	-2,8441
2007	-12,4656	3,9538	7,5632	0,2064	-0,7422
2008	2,2881	-0,7735	2,1793	0,8318	4,5256
2009	-14,2666	7,3231	4,6097	0,2736	-2,0601
2010	-16,1841	6,4921	5,7821	0,9109	-2,999
2011	-1,1250	-2,7046	6,3087	0,0445	2,5236
2012	-34,6446	14,2846	17,4053	-0,2144	-3,1691
2013	-9,6424	4,4255	3,8753	1,8594	0,5179
2014	-23,5189	11,1587	10,4025	-1,3234	-3,281
2015	-33,0644	11,4506	16,1342	-0,623	-6,1027
2016	-24,8795	8,5417	13,9936	-0,7947	-3,1388
<b>MÉDIA</b>	<b>-13,8057</b>	<b>5,5501</b>	<b>7,4739</b>	<b>-0,2270</b>	<b>-1,0086</b>

FN: Fronteira Norte. FS: Fronteira Sul. FL: Fronteira Leste e FO: Fronteira Oeste.

E – Convergência de umidade anual. Unidade: mm/ano.

<b>ANO</b>	<b>CAIXA 1</b>	<b>CAIXA 2</b>	<b>CAIXA 3</b>
1979	649,88	296,56	218,52
1980	573,21	324,25	423,50
1981	536,49	341,85	269,52
1982	869,54	252,52	300,17
1983	651,57	339,16	512,65
1984	941,52	14,41	340,92
1985	837,27	-15,27	231,07
1986	892,86	66,28	342,51
1987	792,42	39,92	383,50
1988	958,10	51,59	98,91
1989	1045,17	108,20	194,64
1990	953,83	-14,18	462,38
1991	883,83	76,03	293,94
1992	934,20	230,82	336,46
1993	1046,79	54,82	287,60
1994	1042,99	114,01	330,46
1995	806,18	253,85	224,20
1996	933,40	257,28	400,32
1997	829,10	230,67	494,97
1998	775,43	172,40	598,34
1999	1129,20	-13,13	145,83
2000	1052,66	86,79	396,57
2001	971,21	84,70	380,51
2002	912,19	9,26	628,25
2003	1138,44	89,95	271,85
2004	1234,74	235,09	131,09
2005	1231,28	143,52	248,25
2006	1185,75	323,56	161,88
2007	1162,24	240,00	281,66
2008	1241,51	349,33	122,43
2009	1102,74	332,49	259,28
2010	981,85	91,06	239,57
2011	1227,31	267,05	264,02
2012	1081,19	162,71	168,35
2013	1318,23	305,22	205,23
2014	1200,93	297,12	404,29
2015	917,71	201,54	417,74
2016	972,34	241,98	280,24
<b>MÉDIA</b>	<b>974,09</b>	<b>174,83</b>	<b>309,25</b>

FN: Fronteira Norte. FS: Fronteira Sul. FL: Fronteira Leste e FO: Fronteira Oeste.

F – Convergência de umidade mensal. Unidade: mm/mês.

<b>JANEIRO</b>			
<b>ANO</b>	<b>CAIXA 1</b>	<b>CAIXA 2</b>	<b>CAIXA 3</b>
1979	97,6169	152,7889	-99,8228
1980	102,7277	95,7909	-2,5449
1981	100,2772	132,0567	28,4071
1982	147,8921	123,3738	-33,0950
1983	54,2504	119,8215	17,6758
1984	113,3435	20,9758	48,1691
1985	125,8162	74,3695	-27,8901
1986	111,2491	48,7238	-6,8294
1987	103,7157	42,0416	46,8093
1988	113,7818	33,5781	31,1641
1989	148,9338	81,1728	37,0371
1990	140,1107	19,6308	34,1540
1991	161,5994	101,8970	-25,2981
1992	104,8292	83,4391	-32,0707
1993	133,7284	2,0065	16,9980
1994	131,9667	76,2928	-2,1804
1995	96,3570	89,1376	45,7641
1996	120,5707	73,4147	81,4401
1997	156,6427	147,0626	24,9640
1998	89,4289	39,5387	45,9028
1999	185,7678	67,7889	-3,9518
2000	148,0455	67,8755	5,2077
2001	156,1688	22,8149	34,5629
2002	129,4903	34,0157	37,5680
2003	104,1663	115,3051	-10,7355
2004	151,3798	101,7330	-15,2390
2005	160,1187	79,2829	-9,7527
2006	183,0369	41,1527	-14,2368
2007	102,2829	187,3564	6,6575
2008	165,1356	175,4594	-3,9213
2009	186,8419	55,6946	9,2690
2010	152,6682	71,5214	7,2466
2011	178,1366	102,3287	43,3454
2012	213,6783	113,4037	-26,2393
2013	196,8854	96,3866	-56,7311
2014	153,8672	33,2456	7,6472
2015	151,4296	1,7629	-21,8051
2016	119,9142	125,5488	-35,5235
<b>MÉDIA</b>	<b>136,6803</b>	<b>80,2576</b>	<b>4,7927</b>

FN: Fronteira Norte. FS: Fronteira Sul. FL: Fronteira Leste e FO: Fronteira Oeste.

F – Convergência de umidade mensal. Unidade: mm/mês.

<b>FEVEREIRO</b>			
<b>ANO</b>	<b>CAIXA 1</b>	<b>CAIXA 2</b>	<b>CAIXA 3</b>
1979	97,1107	96,6585	19,8501
1980	72,1883	119,3990	11,6071
1981	100,5287	27,9772	41,9288
1982	136,7980	43,0419	57,8865
1983	65,3915	48,9659	28,4362
1984	114,8591	-11,0345	6,9585
1985	94,0254	15,5413	16,8241
1986	100,6901	51,0524	1,0279
1987	98,5416	2,2284	4,8715
1988	132,2139	76,3591	-19,6661
1989	130,4906	62,3747	-19,5910
1990	118,8601	27,7030	41,2903
1991	114,3556	42,9158	-18,6783
1992	152,3078	85,9629	24,8969
1993	135,5185	82,0296	-9,8068
1994	133,6373	50,4768	70,5215
1995	86,1374	108,5793	47,7856
1996	110,6107	30,2442	49,0400
1997	131,5958	28,9324	47,4776
1998	85,1550	67,7167	74,1710
1999	147,3367	28,7989	16,2570
2000	130,3725	53,5686	21,0520
2001	109,3751	29,1691	19,3932
2002	152,3289	96,2487	9,7417
2003	150,7085	16,4891	69,5011
2004	215,6959	68,5708	-45,2115
2005	212,8487	-13,1189	-37,0924
2006	190,9525	76,6907	-3,7372
2007	125,1528	98,1455	28,3974
2008	158,8275	78,6928	27,7589
2009	186,9947	98,8587	15,2754
2010	122,8775	64,6656	14,3089
2011	182,3908	104,2102	45,2541
2012	186,2258	53,9815	-0,2416
2013	195,5155	74,8346	4,0201
2014	180,1985	78,2872	15,4332
2015	139,8376	89,6168	20,5625
2016	116,2631	45,8136	21,9547
<b>MÉDIA</b>	<b>134,6031</b>	<b>57,9118</b>	<b>18,9331</b>

FN: Fronteira Norte. FS: Fronteira Sul. FL: Fronteira Leste e FO: Fronteira Oeste.

F – Convergência de umidade mensal. Unidade: mm/mês.

<b>MARÇO</b>			
<b>ANO</b>	<b>CAIXA 1</b>	<b>CAIXA 2</b>	<b>CAIXA 3</b>
1979	131,1950	52,1249	-40,5731
1980	123,8305	0,8532	21,6276
1981	90,7296	87,9023	-36,4577
1982	130,8298	84,6617	-9,9745
1983	97,8629	27,9720	9,9135
1984	116,2233	51,8040	-12,8008
1985	106,3403	37,8174	40,0228
1986	124,2481	24,2314	8,4304
1987	94,1894	-3,5639	12,3697
1988	105,3899	33,0494	-6,0878
1989	155,5298	20,8442	19,1964
1990	137,1558	-0,3510	68,4397
1991	134,4341	64,9581	4,1182
1992	150,4080	24,7844	46,6138
1993	136,7493	7,4349	-12,3101
1994	136,9843	45,1380	-25,9953
1995	124,3232	49,5723	17,8338
1996	153,6471	64,8254	28,1285
1997	184,1473	80,1373	-45,5396
1998	119,9052	42,9722	30,3297
1999	116,8700	41,4806	18,9067
2000	148,9869	58,0231	23,0221
2001	138,9589	19,7659	25,7167
2002	136,9713	-9,6596	66,0833
2003	167,8814	56,3976	26,6288
2004	220,5831	27,9754	-11,3177
2005	200,2805	38,0991	24,1656
2006	161,7243	84,6848	7,9411
2007	182,2458	-16,3048	58,2489
2008	188,8165	63,5854	-7,0276
2009	194,3371	67,1770	-35,5069
2010	121,7827	25,4298	6,1377
2011	198,0339	114,4727	3,2491
2012	161,2310	7,6184	-69,0024
2013	175,7948	80,1072	25,4533
2014	186,7428	98,3204	38,3941
2015	210,5590	90,7320	-35,6358
2016	178,2648	44,4199	37,5916
<b>MÉDIA</b>	<b>148,5313</b>	<b>44,4603</b>	<b>8,4298</b>

FN: Fronteira Norte. FS: Fronteira Sul. FL: Fronteira Leste e FO: Fronteira Oeste.

F – Convergência de umidade mensal. Unidade: mm/mês.

<b>ABRIL</b>			
<b>ANO</b>	<b>CAIXA 1</b>	<b>CAIXA 2</b>	<b>CAIXA 3</b>
1979	87,1318	3,6891	24,7087
1980	68,8581	86,9493	41,7754
1981	84,4427	23,0554	27,8570
1982	140,2662	12,3846	-8,6038
1983	95,2255	61,2271	61,5317
1984	143,7987	28,8695	-3,8337
1985	94,1666	56,6274	46,7614
1986	99,4878	57,6016	69,0100
1987	131,5454	59,4026	61,2808
1988	128,8594	56,3838	3,2046
1989	125,1021	36,5025	25,3714
1990	111,8808	57,3502	100,1467
1991	112,0061	31,5185	39,0551
1992	117,4238	66,4680	70,8316
1993	132,3280	30,7286	7,2101
1994	132,8599	26,2641	14,1854
1995	132,6563	36,0377	2,9082
1996	123,8659	53,3036	41,5004
1997	138,4417	40,8776	-16,7716
1998	108,4229	53,3952	100,3587
1999	128,2473	-13,0147	7,0437
2000	151,6154	12,4807	47,7366
2001	122,5715	31,2448	54,0654
2002	126,8363	60,1869	74,7633
2003	161,2077	28,2964	40,1979
2004	156,1942	84,3942	27,9656
2005	153,8478	31,2783	30,2595
2006	183,0884	29,1499	-22,5799
2007	183,4368	45,0650	11,9922
2008	162,9038	65,6044	-14,0083
2009	168,6285	2,0714	-53,9567
2010	133,4144	0,8066	-5,5239
2011	171,1284	41,8865	24,0675
2012	161,0022	73,1648	33,6425
2013	143,3570	59,9411	16,2203
2014	157,9453	62,2672	28,7571
2015	140,3627	62,9096	-8,3583
2016	117,2058	64,4436	94,4069
<b>MÉDIA</b>	<b>132,4148</b>	<b>42,6530</b>	<b>28,8205</b>

FN: Fronteira Norte. FS: Fronteira Sul. FL: Fronteira Leste e FO: Fronteira Oeste.

F – Convergência de umidade mensal. Unidade: mm/mês.

<b>MAIO</b>			
<b>ANO</b>	<b>CAIXA 1</b>	<b>CAIXA 2</b>	<b>CAIXA 3</b>
1979	70,2308	-42,2425	22,6561
1980	43,7498	-66,5409	53,7038
1981	31,7757	-61,8064	22,1183
1982	84,0766	-21,3856	-2,7390
1983	49,4814	1,2942	112,0637
1984	89,8666	-73,7033	44,2796
1985	94,0593	-77,5004	45,2568
1986	99,9017	-32,0357	57,3687
1987	53,3239	-34,0538	33,8407
1988	129,3887	-32,5310	-25,7208
1989	117,9396	-75,6244	-29,8376
1990	89,7999	-21,7897	33,2780
1991	97,7969	-52,1826	35,8340
1992	34,2618	-38,1626	46,4018
1993	125,8919	-47,1895	28,7440
1994	127,1732	-42,3245	59,2996
1995	117,7920	-36,4609	-19,1160
1996	111,8480	-8,2003	-41,1428
1997	89,0968	-33,2618	-6,1197
1998	68,3707	-37,6361	30,7220
1999	122,3220	-82,5732	-10,0092
2000	94,0476	-60,7812	35,2768
2001	93,8748	-27,8981	20,2387
2002	93,6443	-36,1388	60,3794
2003	136,6845	-44,2444	-25,0472
2004	110,2935	6,5471	43,1582
2005	99,1979	-22,0945	75,6628
2006	144,6032	-30,2486	-20,3191
2007	118,3915	-40,6447	14,9368
2008	143,6702	-41,2704	-0,8677
2009	109,4149	-4,8431	12,0052
2010	110,0287	-50,7141	55,3076
2011	112,5537	-75,3392	-11,5783
2012	92,3766	2,8700	4,1195
2013	136,3867	-20,2011	14,6000
2014	148,8147	13,3308	37,6623
2015	132,4860	26,1433	33,9863
2016	75,4244	10,7009	25,4104
<b>MÉDIA</b>	<b>100,0011</b>	<b>-34,4931</b>	<b>22,7846</b>

FN: Fronteira Norte. FS: Fronteira Sul. FL: Fronteira Leste e FO: Fronteira Oeste.

F – Convergência de umidade mensal. Unidade: mm/mês.

<b>JUNHO</b>			
<b>ANO</b>	<b>CAIXA 1</b>	<b>CAIXA 2</b>	<b>CAIXA 3</b>
1979	1,5551	-36,7315	10,5703
1980	15,7462	-42,1379	24,4391
1981	12,4606	-10,6060	29,1206
1982	16,3584	-21,4242	78,7982
1983	16,9692	-27,0808	35,9256
1984	40,0961	-51,6925	62,8476
1985	25,9294	-61,7890	-2,3729
1986	46,9085	-52,6198	41,3368
1987	49,0331	-44,2830	5,7801
1988	42,9795	-54,3125	25,2144
1989	89,8754	-23,9134	19,0896
1990	54,1507	-44,1344	7,4421
1991	66,1120	-46,4951	45,3087
1992	13,0909	-72,5067	57,9662
1993	74,5916	-46,7409	22,9716
1994	73,7376	-52,8209	15,5429
1995	36,6006	-48,7385	22,8214
1996	53,2403	-58,5736	-0,0684
1997	-7,8004	-8,8843	34,8873
1998	24,2922	-43,0317	59,8267
1999	70,0655	-25,5033	39,0913
2000	39,6701	-50,9149	63,6846
2001	65,4710	-52,9841	15,5268
2002	45,8659	-50,0647	25,5551
2003	68,6940	-47,8928	35,3796
2004	40,0397	-28,2439	30,0556
2005	31,9937	-30,2750	37,5876
2006	46,3321	-26,0842	27,6263
2007	41,5234	-53,7695	14,5489
2008	65,0989	-46,1599	27,6799
2009	76,2200	-42,8071	-7,2624
2010	39,1187	-50,7563	13,5066
2011	28,7777	-30,3253	27,5163
2012	49,9121	-24,9134	31,0777
2013	75,4286	2,3686	37,5916
2014	49,8100	-29,6963	71,9195
2015	37,4816	-45,0684	22,5705
2016	20,4265	-24,3670	2,5634
<b>MÉDIA</b>	<b>43,1015</b>	<b>-39,6309</b>	<b>29,3070</b>

FN: Fronteira Norte. FS: Fronteira Sul. FL: Fronteira Leste e FO: Fronteira Oeste.

F – Convergência de umidade mensal. Unidade: mm/mês.

<b>JULHO</b>			
<b>ANO</b>	<b>CAIXA 1</b>	<b>CAIXA 2</b>	<b>CAIXA 3</b>
1979	-6,1771	-34,8192	24,8531
1980	-2,4045	-59,0114	22,3429
1981	-23,4472	-54,4685	18,2885
1982	16,6408	-48,0496	34,7805
1983	-2,1287	-29,8272	122,3237
1984	29,8496	-60,9983	24,7921
1985	32,3512	-52,0441	27,1971
1986	35,7657	-44,1532	-20,8944
1987	17,7764	-72,0801	61,0295
1988	32,0269	-65,7351	-3,0703
1989	27,4981	-47,8429	-12,4002
1990	39,4043	-51,3687	-4,0156
1991	20,0093	-51,5396	27,9095
1992	6,2651	-45,8965	10,9476
1993	3,6981	-59,9107	17,8740
1994	3,3699	-64,3959	44,8410
1995	0,5225	-58,6731	59,1042
1996	11,9851	-45,0052	-15,1198
1997	-1,1285	-66,5086	40,2654
1998	17,9978	-55,9174	47,8960
1999	14,5056	-67,1713	16,8067
2000	37,0146	-48,1235	1,0424
2001	26,6047	-47,5324	21,8272
2002	25,6465	-26,4123	33,5940
2003	26,0388	-34,9081	-1,7285
2004	39,4735	-36,4389	-1,3556
2005	2,9549	-51,1274	-14,5044
2006	28,3210	-48,9062	-12,2741
2007	30,7236	-18,4890	10,6315
2008	7,3412	-45,7741	25,3092
2009	2,2278	-21,0751	22,3872
2010	20,0942	-28,8655	56,0783
2011	-9,0899	-36,9631	54,1405
2012	13,4276	-59,5448	7,0249
2013	38,0253	-68,5878	-2,6669
2014	10,9726	-10,6859	60,4293
2015	12,9809	-25,7473	59,3121
2016	1,9468	-57,7068	19,5873
<b>MÉDIA</b>	<b>15,5022</b>	<b>-47,4291</b>	<b>23,2786</b>

FN: Fronteira Norte. FS: Fronteira Sul. FL: Fronteira Leste e FO: Fronteira Oeste.

F – Convergência de umidade mensal. Unidade: mm/mês.

<b>AGOSTO</b>			
<b>ANO</b>	<b>CAIXA 1</b>	<b>CAIXA 2</b>	<b>CAIXA 3</b>
1979	9,8571	-22,8876	54,1044
1980	-1,3816	-15,4135	52,8306
1981	-6,5364	-43,3300	5,0178
1982	9,4252	-24,5016	35,7550
1983	30,7547	-61,9703	32,9162
1984	18,0340	-12,5077	27,1943
1985	25,0262	-49,8921	40,0949
1986	12,3244	-16,8924	37,8688
1987	13,2075	-45,4404	43,1180
1988	-10,5258	-66,6033	7,5530
1989	25,9527	-24,9830	58,6648
1990	26,9413	-25,9805	13,3567
1991	0,3347	-73,6756	26,5373
1992	32,4839	-34,1992	27,7862
1993	11,8531	-20,4690	-2,6627
1994	11,3131	-58,0197	28,5319
1995	-21,4414	-70,2468	-3,0037
1996	26,6267	-31,8199	32,2328
1997	10,1652	-67,7612	29,3400
1998	13,7656	-26,0186	82,0708
1999	16,1617	-70,6059	8,1961
2000	19,8306	-21,2956	22,3249
2001	-7,8164	-55,2131	37,5334
2002	3,1025	-53,7850	13,8626
2003	39,5085	-42,6477	-7,6306
2004	19,0874	-45,5328	-17,1089
2005	5,0642	-29,8734	26,7785
2006	2,6667	-34,9150	28,7939
2007	5,1911	-47,1087	42,6135
2008	-2,4712	-42,7770	5,7649
2009	-15,2326	-10,1387	40,4830
2010	-31,1729	-48,6880	8,5496
2011	-9,6110	-59,9269	25,6474
2012	-24,1289	-67,1193	23,8634
2013	7,1923	-52,5024	32,7568
2014	6,1862	-50,6241	-36,6047
2015	-20,7552	-59,9107	54,8446
2016	-6,4555	-23,0262	30,3034
<b>MÉDIA</b>	<b>6,4349</b>	<b>-42,3238</b>	<b>25,5336</b>

FN: Fronteira Norte. FS: Fronteira Sul. FL: Fronteira Leste e FO: Fronteira Oeste.

F – Convergência de umidade mensal. Unidade: mm/mês.

<b>SETEMBRO</b>			
<b>ANO</b>	<b>CAIXA 1</b>	<b>CAIXA 2</b>	<b>CAIXA 3</b>
1979	10,7019	5,3136	77,1376
1980	-2,2587	-8,7134	27,7000
1981	8,0617	-37,5259	42,9304
1982	39,0723	-36,0668	42,3817
1983	22,8149	10,3445	52,4772
1984	44,2344	-32,3419	52,8206
1985	23,9608	-25,4854	35,7699
1986	48,4930	-42,7378	46,4878
1987	34,3570	-27,0227	36,1294
1988	16,8502	-41,8273	72,5620
1989	2,7430	-46,2650	32,0878
1990	19,5969	-12,6204	61,7999
1991	29,9618	-11,1121	13,7293
1992	56,4426	16,3218	37,6976
1993	36,5912	-4,8801	73,6352
1994	37,2153	-30,4672	19,3645
1995	19,2110	-24,2866	44,9371
1996	23,4940	8,0564	44,1873
1997	-4,8112	-12,0584	60,6276
1998	10,4739	1,6915	98,6672
1999	61,4198	-26,9780	29,7108
2000	54,8217	-30,5566	81,7480
2001	39,3988	-14,8627	74,5527
2002	10,9607	-37,8655	62,6450
2003	38,5103	-21,2332	7,8794
2004	22,5248	-18,3585	21,3270
2005	26,3398	0,1575	45,8546
2006	31,5263	-6,6990	25,9441
2007	14,8102	-38,3393	39,8103
2008	11,5816	-21,5706	32,6297
2009	-17,7581	-5,4991	68,5405
2010	0,0739	-7,3012	44,5615
2011	16,3840	-40,8262	24,0233
2012	1,8370	-22,1069	16,0647
2013	22,1025	-11,6126	52,3645
2014	7,6701	-28,2360	91,9829
2015	-28,5440	5,7482	46,5093
2016	61,2638	-35,2233	-19,4598
<b>MÉDIA</b>	<b>22,4245</b>	<b>-18,7644</b>	<b>45,2584</b>

FN: Fronteira Norte. FS: Fronteira Sul. FL: Fronteira Leste e FO: Fronteira Oeste.

F – Convergência de umidade mensal. Unidade: mm/mês.

<b>OUTUBRO</b>			
<b>ANO</b>	<b>CAIXA 1</b>	<b>CAIXA 2</b>	<b>CAIXA 3</b>
1979	31,7103	-13,0376	91,0681
1980	23,9405	-15,2796	55,7705
1981	18,4231	83,8639	42,6093
1982	12,7854	26,9375	17,3002
1983	59,0452	32,1789	36,6504
1984	61,9425	23,3436	58,6634
1985	28,1773	31,6779	50,2122
1986	62,5141	-28,9856	38,0448
1987	24,8793	19,7486	30,1911
1988	50,4947	35,4784	44,3988
1989	66,2621	-18,6980	36,2956
1990	36,1820	15,1838	85,1979
1991	25,4425	-14,8178	70,5341
1992	45,1113	30,9136	23,6916
1993	49,0237	-13,2973	91,2940
1994	47,5482	32,4098	100,7307
1995	21,5017	23,1508	42,6814
1996	38,2415	26,7713	119,6208
1997	4,8020	18,8215	159,0365
1998	58,3356	9,8570	39,8163
1999	37,4270	1,1198	41,7194
2000	44,4976	-21,3810	63,1211
2001	47,0109	10,5462	43,0945
2002	21,1974	-38,0887	110,3324
2003	44,5396	10,4019	41,2412
2004	63,5837	11,1131	48,7900
2005	48,2196	-4,3917	55,6943
2006	42,7508	47,4285	72,0422
2007	80,2128	-2,5329	91,7279
2008	52,2421	9,4010	80,2993
2009	41,4741	25,9632	31,3956
2010	69,9459	8,3053	-2,2192
2011	102,2712	27,2989	43,0446
2012	21,3605	-18,7696	114,2371
2013	58,0993	24,7740	46,1855
2014	59,4434	-7,4637	8,8656
2015	13,8763	-6,6995	94,2465
2016	52,4615	-5,4468	78,1716
<b>MÉDIA</b>	<b>43,8678</b>	<b>9,9421</b>	<b>60,4157</b>

FN: Fronteira Norte. FS: Fronteira Sul. FL: Fronteira Leste e FO: Fronteira Oeste.

F – Convergência de umidade mensal. Unidade: mm/mês.

<b>NOVEMBRO</b>			
<b>ANO</b>	<b>CAIXA 1</b>	<b>CAIXA 2</b>	<b>CAIXA 3</b>
1979	54,5416	23,4353	20,4860
1980	63,6359	95,8280	86,4040
1981	42,9475	98,1083	30,6605
1982	43,5446	21,0756	103,6585
1983	50,7755	71,3839	29,4989
1984	71,6512	54,5627	62,7108
1985	76,2381	3,5204	-40,5668
1986	70,4652	5,8767	62,9898
1987	61,4474	56,0162	32,5425
1988	104,5402	-4,1327	-26,2030
1989	66,8858	29,9722	18,3451
1990	59,7043	4,3695	23,3499
1991	46,4969	47,2459	-14,6039
1992	79,7042	62,3734	16,3491
1993	85,4972	3,8690	58,6195
1994	86,1506	28,6706	3,9196
1995	92,4242	81,2458	-7,0974
1996	90,7870	80,2325	-4,9364
1997	49,4128	51,5093	95,7040
1998	87,0629	58,3021	-11,4435
1999	80,7411	38,4275	-29,2682
2000	75,5583	77,4002	36,8297
2001	53,2215	83,9529	51,0419
2002	56,1055	-1,7898	95,0762
2003	96,2267	1,7138	33,0134
2004	74,7194	-7,3738	55,3746
2005	93,1240	58,6552	38,5869
2006	84,3431	38,9090	35,5593
2007	112,4171	31,5397	-44,7802
2008	100,7948	51,1205	9,8178
2009	27,5691	34,2915	128,5416
2010	110,4429	49,5698	2,7673
2011	108,3947	18,9339	19,0171
2012	82,1972	78,1745	-8,2322
2013	119,8554	45,8047	42,4663
2014	90,2112	75,4104	35,3742
2015	40,0191	27,2674	70,9577
2016	62,4160	57,4798	-15,5617
<b>MÉDIA</b>	<b>75,0597</b>	<b>42,9724</b>	<b>28,8676</b>

FN: Fronteira Norte. FS: Fronteira Sul. FL: Fronteira Leste e FO: Fronteira Oeste.

F – Convergência de umidade mensal. Unidade: mm/mês.

<b>DEZEMBRO</b>			
<b>ANO</b>	<b>CAIXA 1</b>	<b>CAIXA 2</b>	<b>CAIXA 3</b>
1979	61,3345	107,7398	12,4931
1980	62,9654	121,5578	31,3721
1981	71,4169	97,7501	15,0574
1982	85,8966	93,5027	-21,7455
1983	110,4249	82,2465	-22,7490
1984	93,3808	78,6133	-28,7606
1985	109,8202	30,8397	2,5338
1986	78,3068	93,0813	8,9571
1987	105,8301	85,9905	20,2512
1988	106,5384	76,1497	-2,3079
1989	84,5344	110,1792	14,2840
1990	117,4249	14,4183	-1,1408
1991	71,4920	33,4673	96,1995
1992	134,5868	44,1278	5,1522
1993	115,9099	114,0687	-2,0002
1994	115,7189	100,5035	0,7859
1995	96,9701	96,2908	-31,9570
1996	64,8248	62,9505	67,6940
1997	74,4960	50,7441	72,7921
1998	90,2945	55,2316	-0,9412
1999	142,8525	92,6611	11,7585
2000	103,6898	46,1412	-4,3025
2001	123,9244	82,6229	-15,9265
2002	103,2210	63,4608	45,0018
2003	97,8021	53,5311	58,7549
2004	111,9606	66,8607	-1,6453
2005	187,9282	89,0880	-19,7661
2006	77,1744	149,2019	39,4226
2007	162,9972	89,6906	10,2878
2008	183,0143	99,6550	-62,7303
2009	134,6471	128,9788	28,5555
2010	128,8002	52,1607	41,5697
2011	141,1129	95,5946	-34,9801
2012	113,0230	19,8098	43,9275
2013	141,8995	68,5278	-7,1787
2014	142,6007	57,6133	45,4786
2015	84,2832	27,3589	84,5908
2016	170,6931	37,0058	43,5075
<b>MÉDIA</b>	<b>110,6261</b>	<b>75,5109</b>	<b>14,2709</b>

FN: Fronteira Norte. FS: Fronteira Sul. FL: Fronteira Leste e FO: Fronteira Oeste.

G – Precipitação total. Unidade: mm/ano.

<b>ANO</b>	<b>CAIXA 1</b>	<b>CAIXA 2</b>	<b>CAIXA 3</b>
1979	1943.34	1332.07	759.62
1980	1873.37	1245.95	811.56
1981	1869.47	1338.58	774.16
1982	2092.07	1328.59	794.03
1983	1920.53	1352.04	862.00
1984	2116.22	1169.09	838.44
1985	2016.21	1133.59	780.34
1986	2042.14	1157.13	635.71
1987	1979.82	1094.36	687.32
1988	2066.32	1078.20	473.11
1989	2189.62	1172.50	581.67
1990	2135.70	1072.52	707.90
1991	2031.58	1112.83	635.85
1992	2040.92	1245.11	645.53
1993	2116.61	1079.37	649.26
1994	2095.00	1147.61	601.80
1995	2114.65	1272.42	599.94
1996	2242.23	1302.29	638.06
1997	2168.64	1310.35	673.81
1998	2140.89	1197.00	691.54
1999	2272.38	1108.27	592.07
2000	2264.83	1108.24	636.06
2001	2173.30	1098.98	607.56
2002	2136.27	969.38	628.61
2003	2193.72	934.69	575.87
2004	2169.71	994.03	533.23
2005	2155.68	944.78	534.57
2006	2205.69	1171.62	522.63
2007	2225.87	1107.96	589.24
2008	2338.18	1286.64	514.53
2009	2302.69	1322.06	556.66
2010	2213.11	1067.45	507.15
2011	2345.57	1218.31	529.53
2012	2240.37	1187.33	515.53
2013	2343.40	1182.66	561.02
2014	2288.10	1197.92	604.88
2015	2109.58	1198.17	612.02
2016	2071.18	1091.63	574.51
<b>MÉDIA</b>	<b>2138,09</b>	<b>1166,62</b>	<b>632,56</b>

FN: Fronteira Norte. FS: Fronteira Sul. FL: Fronteira Leste e FO: Fronteira Oeste.

H- Precipitação média mensal. Unidade: mm/mês.

<b>JANEIRO</b>			
<b>ANO</b>	<b>CAIXA 1</b>	<b>CAIXA 2</b>	<b>CAIXA 3</b>
1979	201,89	237,42	47,40
1980	211,80	187,10	64,67
1981	206,46	230,48	93,43
1982	235,71	210,39	60,23
1983	168,97	230,63	87,29
1984	208,11	165,00	102,07
1985	211,96	191,71	62,05
1986	207,43	179,63	53,02
1987	202,36	170,60	90,69
1988	207,56	165,82	54,73
1989	231,42	190,01	58,02
1990	233,08	155,21	67,65
1991	237,89	193,93	47,70
1992	199,76	189,01	59,86
1993	218,77	137,94	76,47
1994	220,90	182,22	37,13
1995	216,30	209,32	75,81
1996	228,94	191,33	66,55
1997	259,56	240,09	58,45
1998	218,36	171,56	79,50
1999	255,14	188,16	43,86
2000	235,34	180,91	50,51
2001	241,83	156,37	58,72
2002	221,25	157,08	54,29
2003	198,59	201,31	55,17
2004	225,56	182,91	42,08
2005	222,58	175,92	52,78
2006	251,18	141,13	45,46
2007	209,51	246,47	52,03
2008	245,80	254,41	53,98
2009	265,16	168,40	55,80
2010	238,40	188,10	62,50
2011	257,94	211,33	59,12
2012	270,98	212,90	44,35
2013	248,68	186,61	49,89
2014	233,74	162,28	65,21
2015	229,46	136,20	61,15
2016	191,63	216,49	56,89
<b>MÉDIA</b>	<b>225,53</b>	<b>189,38</b>	<b>60,70</b>

FN: Fronteira Norte. FS: Fronteira Sul. FL: Fronteira Leste e FO: Fronteira Oeste.

H – Precipitação média mensal. Unidade: mm/mês.

<b>FEVEREIRO</b>			
<b>ANO</b>	<b>CAIXA 1</b>	<b>CAIXA 2</b>	<b>CAIXA 3</b>
1979	194,14	186,31	64,06
1980	169,94	190,56	62,79
1981	191,10	149,08	91,23
1982	220,12	150,90	90,46
1983	167,33	158,15	79,39
1984	199,78	125,27	79,26
1985	182,90	147,60	80,54
1986	186,60	159,93	51,67
1987	186,86	126,04	55,54
1988	206,85	162,93	35,68
1989	206,00	163,93	44,81
1990	202,45	143,26	81,71
1991	192,97	141,59	50,02
1992	208,33	175,05	72,77
1993	212,40	171,18	59,25
1994	200,49	159,77	78,73
1995	180,00	199,84	63,59
1996	209,30	154,86	69,19
1997	226,58	152,07	74,16
1998	199,92	171,09	76,44
1999	226,08	158,04	70,19
2000	208,58	152,53	53,94
2001	203,51	149,02	62,08
2002	225,16	186,63	56,10
2003	211,10	123,24	65,36
2004	232,18	152,97	47,77
2005	237,98	92,62	34,76
2006	235,78	158,20	37,96
2007	191,02	186,52	47,82
2008	229,56	185,04	47,87
2009	246,69	189,27	50,54
2010	206,28	157,63	59,04
2011	231,53	193,85	72,30
2012	237,69	163,37	46,93
2013	235,03	157,15	48,67
2014	225,16	144,85	48,09
2015	203,47	181,70	52,53
2016	198,56	153,88	60,23
<b>MÉDIA</b>	<b>208,67</b>	<b>159,89</b>	<b>61,14</b>

FN: Fronteira Norte. FS: Fronteira Sul. FL: Fronteira Leste e FO: Fronteira Oeste.

H – Precipitação média mensal. Unidade: mm/mês.

<b>MARÇO</b>			
<b>ANO</b>	<b>CAIXA 1</b>	<b>CAIXA 2</b>	<b>CAIXA 3</b>
1979	238,07	167,67	54,59
1980	224,56	127,04	77,17
1981	200,67	187,14	58,78
1982	228,05	192,73	62,77
1983	204,23	149,28	70,66
1984	215,95	165,15	71,19
1985	205,88	151,90	82,85
1986	213,35	151,01	64,01
1987	201,79	128,47	39,31
1988	194,30	147,84	51,08
1989	237,37	136,37	61,56
1990	230,56	118,35	70,68
1991	219,87	162,29	68,58
1992	234,65	136,65	63,04
1993	233,36	130,73	55,63
1994	219,75	150,28	40,12
1995	227,48	158,23	61,06
1996	245,02	180,24	57,54
1997	270,01	180,51	53,39
1998	234,03	152,70	68,24
1999	229,42	175,24	53,63
2000	239,07	162,88	55,11
2001	231,38	147,22	53,63
2002	228,70	127,13	64,92
2003	231,58	150,49	78,41
2004	267,78	134,77	56,99
2005	252,78	135,38	50,21
2006	236,12	173,91	46,86
2007	249,81	113,80	71,95
2008	256,63	180,66	54,48
2009	264,94	170,36	52,47
2010	232,11	157,87	47,63
2011	264,57	204,49	40,61
2012	247,04	127,64	39,04
2013	242,11	163,38	58,97
2014	255,76	182,63	50,06
2015	267,93	196,72	51,55
2016	233,07	143,01	52,75
<b>MÉDIA</b>	<b>234,40</b>	<b>155,85</b>	<b>58,20</b>

FN: Fronteira Norte. FS: Fronteira Sul. FL: Fronteira Leste e FO: Fronteira Oeste.

H – Precipitação média mensal. Unidade: mm/mês.

<b>ABRIL</b>			
<b>ANO</b>	<b>CAIXA 1</b>	<b>CAIXA 2</b>	<b>CAIXA 3</b>
1979	194,57	82,75	61,87
1980	171,75	92,64	73,05
1981	189,77	79,94	67,48
1982	224,99	83,51	47,68
1983	199,83	93,15	74,80
1984	216,58	87,18	57,63
1985	187,47	98,20	83,13
1986	190,77	77,49	91,03
1987	209,81	80,67	63,27
1988	212,49	114,02	38,90
1989	218,39	83,32	54,78
1990	200,15	72,79	67,50
1991	198,40	81,32	56,55
1992	204,22	91,21	62,43
1993	205,26	75,53	46,53
1994	204,94	76,09	46,53
1995	230,74	93,09	40,72
1996	225,29	90,28	65,83
1997	233,41	101,73	27,40
1998	225,81	92,37	65,80
1999	218,34	73,78	63,83
2000	237,64	66,16	47,13
2001	215,46	67,85	55,30
2002	222,40	63,15	57,85
2003	234,00	67,20	37,47
2004	228,17	102,13	45,25
2005	213,09	63,98	70,53
2006	230,38	85,92	42,84
2007	250,21	89,62	49,93
2008	231,68	114,22	43,08
2009	245,01	100,39	25,41
2010	216,07	57,83	31,28
2011	250,02	102,75	34,80
2012	246,63	122,50	51,42
2013	224,72	93,50	59,13
2014	241,58	110,52	52,16
2015	232,46	131,98	32,32
2016	199,44	51,36	75,82
<b>MÉDIA</b>	<b>217,95</b>	<b>87,16</b>	<b>54,43</b>

FN: Fronteira Norte. FS: Fronteira Sul. FL: Fronteira Leste e FO: Fronteira Oeste.

H – Precipitação média mensal. Unidade: mm/mês.

<b>MAIO</b>			
<b>ANO</b>	<b>CAIXA 1</b>	<b>CAIXA 2</b>	<b>CAIXA 3</b>
1979	184,93	64,43	59,04
1980	149,66	33,91	61,28
1981	144,15	35,50	52,62
1982	181,37	53,51	49,78
1983	156,23	74,09	94,99
1984	186,68	40,36	69,60
1985	180,52	29,09	56,10
1986	181,27	65,29	38,92
1987	158,34	50,38	58,75
1988	194,10	49,99	37,78
1989	193,14	28,19	39,03
1990	180,97	57,47	40,26
1991	188,66	37,37	57,30
1992	146,22	50,13	57,24
1993	172,24	33,28	71,52
1994	196,16	46,17	57,42
1995	205,45	52,45	45,34
1996	221,40	75,40	25,74
1997	199,71	46,87	18,61
1998	176,18	40,24	50,84
1999	213,86	29,98	32,76
2000	190,99	23,28	72,30
2001	183,59	41,10	36,65
2002	196,80	46,20	43,56
2003	212,75	28,54	25,25
2004	178,61	52,92	50,85
2005	179,39	36,36	55,93
2006	195,96	20,56	23,91
2007	194,59	30,60	52,06
2008	210,88	36,06	32,78
2009	204,42	60,13	38,05
2010	201,21	38,14	38,12
2011	202,81	19,72	36,36
2012	198,15	65,38	21,60
2013	209,07	40,02	46,63
2014	218,88	67,28	44,44
2015	227,18	87,31	46,78
2016	175,87	53,19	45,44
<b>MÉDIA</b>	<b>189,27</b>	<b>45,81</b>	<b>46,99</b>

FN: Fronteira Norte. FS: Fronteira Sul. FL: Fronteira Leste e FO: Fronteira Oeste.

H – Precipitação média mensal. Unidade: mm/mês.

<b>JUNHO</b>			
<b>ANO</b>	<b>CAIXA 1</b>	<b>CAIXA 2</b>	<b>CAIXA 3</b>
1979	102,57	9,50	29,58
1980	114,10	25,98	57,29
1981	119,23	39,66	52,01
1982	113,73	37,71	74,75
1983	112,79	32,37	49,86
1984	130,31	11,92	60,28
1985	120,16	9,78	43,67
1986	129,28	10,01	32,02
1987	135,96	27,11	46,54
1988	127,31	13,56	29,23
1989	164,52	38,89	35,46
1990	142,20	24,95	40,04
1991	144,93	25,75	45,30
1992	108,88	16,00	51,14
1993	124,13	23,28	43,17
1994	143,17	24,25	34,61
1995	134,80	15,51	35,29
1996	140,89	17,29	24,95
1997	109,52	53,94	55,08
1998	135,60	16,64	39,44
1999	162,54	24,53	30,96
2000	145,42	19,94	45,11
2001	150,45	16,51	44,13
2002	144,47	11,43	45,33
2003	165,54	17,56	47,63
2004	132,53	20,08	31,09
2005	130,57	21,99	44,99
2006	136,63	18,71	39,75
2007	131,32	4,16	40,60
2008	145,31	16,48	39,35
2009	164,55	24,39	20,94
2010	146,56	7,80	25,68
2011	135,86	19,88	29,80
2012	165,07	50,35	36,45
2013	174,53	54,38	28,13
2014	146,65	31,07	54,34
2015	148,35	24,45	38,47
2016	136,72	31,71	21,47
<b>MÉDIA</b>	<b>137,29</b>	<b>23,41</b>	<b>40,63</b>

FN: Fronteira Norte. FS: Fronteira Sul. FL: Fronteira Leste e FO: Fronteira Oeste.

H – Precipitação média mensal. Unidade: mm/mês.

<b>JULHO</b>			
<b>ANO</b>	<b>CAIXA 1</b>	<b>CAIXA 2</b>	<b>CAIXA 3</b>
1979	102,57	27,72	48,70
1980	94,60	19,18	52,41
1981	81,16	15,00	42,75
1982	115,03	23,07	53,65
1983	97,38	29,22	80,28
1984	121,88	9,08	51,68
1985	120,69	14,63	45,49
1986	120,14	17,36	21,76
1987	111,96	14,82	49,24
1988	112,34	3,53	29,39
1989	116,09	23,73	31,89
1990	127,14	28,13	32,23
1991	109,26	10,12	30,02
1992	97,59	14,48	41,70
1993	104,41	11,10	49,68
1994	102,63	15,12	41,80
1995	109,81	14,98	49,14
1996	108,42	8,93	34,69
1997	99,55	9,89	32,80
1998	122,86	7,64	41,05
1999	117,47	11,18	39,67
2000	130,22	17,57	48,69
2001	131,83	15,83	34,11
2002	125,72	18,17	36,00
2003	115,56	9,33	34,94
2004	132,52	22,82	35,43
2005	102,02	9,22	28,33
2006	120,95	8,59	31,01
2007	126,22	21,48	36,51
2008	120,44	11,00	22,79
2009	125,22	35,29	36,23
2010	126,32	17,64	31,54
2011	118,50	16,97	31,03
2012	125,67	12,60	38,73
2013	140,17	15,73	37,87
2014	118,75	35,33	41,74
2015	125,91	35,05	54,07
2016	113,12	6,72	49,27
<b>MÉDIA</b>	<b>115,58</b>	<b>16,80</b>	<b>40,22</b>

FN: Fronteira Norte. FS: Fronteira Sul. FL: Fronteira Leste e FO: Fronteira Oeste.

H – Precipitação média mensal. Unidade: mm/mês.

<b>AGOSTO</b>			
<b>ANO</b>	<b>CAIXA 1</b>	<b>CAIXA 2</b>	<b>CAIXA 3</b>
1979	99,45	36,33	58,82
1980	110,68	39,16	51,26
1981	107,75	24,14	39,45
1982	122,39	37,51	53,08
1983	125,34	10,50	51,78
1984	116,77	44,42	52,12
1985	128,27	23,71	57,63
1986	120,07	49,48	51,36
1987	114,85	15,34	48,46
1988	100,15	3,48	34,12
1989	134,33	41,63	35,14
1990	127,07	27,27	21,98
1991	98,71	11,71	40,82
1992	126,00	25,02	32,20
1993	122,25	26,77	17,76
1994	113,82	7,99	40,44
1995	95,41	5,99	35,73
1996	138,60	26,21	37,49
1997	122,77	14,02	47,72
1998	132,39	43,41	58,74
1999	116,18	2,95	25,71
2000	138,41	29,64	27,72
2001	101,15	11,48	25,04
2002	120,98	18,04	39,64
2003	130,21	12,27	32,85
2004	114,61	4,48	20,30
2005	107,15	9,36	22,56
2006	120,98	12,29	44,03
2007	105,36	5,05	30,09
2008	117,90	25,16	40,22
2009	113,57	35,59	41,86
2010	95,19	6,50	28,39
2011	110,39	11,34	43,11
2012	97,81	5,36	34,77
2013	121,05	5,50	41,49
2014	127,15	8,36	29,79
2015	102,53	11,07	53,66
2016	100,52	26,20	29,90
<b>MÉDIA</b>	<b>115,74</b>	<b>19,86</b>	<b>38,77</b>

FN: Fronteira Norte. FS: Fronteira Sul. FL: Fronteira Leste e FO: Fronteira Oeste.

H – Precipitação média mensal. Unidade: mm/mês.

<b>SETEMBRO</b>			
<b>ANO</b>	<b>CAIXA 1</b>	<b>CAIXA 2</b>	<b>CAIXA 3</b>
1979	118,64	72,32	74,31
1980	114,53	61,23	55,44
1981	120,52	38,75	65,14
1982	151,86	58,58	62,81
1983	133,84	75,61	66,25
1984	150,98	51,70	67,19
1985	130,37	62,84	65,92
1986	147,76	43,98	43,98
1987	138,90	42,29	48,96
1988	130,48	26,32	48,39
1989	127,01	52,08	58,69
1990	137,00	60,70	60,97
1991	134,99	54,78	41,28
1992	156,59	79,03	47,77
1993	134,27	61,03	30,20
1994	134,26	33,05	45,13
1995	133,18	38,96	37,82
1996	145,52	63,10	42,19
1997	131,28	63,46	50,48
1998	131,64	63,90	62,23
1999	161,72	45,65	63,64
2000	165,04	55,58	59,34
2001	156,01	48,45	50,64
2002	128,31	31,76	42,51
2003	144,51	26,81	34,01
2004	131,30	15,97	34,28
2005	125,13	35,91	47,96
2006	142,25	37,73	45,30
2007	133,04	14,02	28,99
2008	132,03	27,26	37,31
2009	119,77	59,97	56,07
2010	124,41	33,56	51,55
2011	129,32	19,52	26,92
2012	113,37	27,49	31,76
2013	133,97	35,80	34,28
2014	140,06	45,76	59,78
2015	99,31	51,36	36,17
2016	159,30	28,89	36,66
<b>MÉDIA</b>	<b>135,33</b>	<b>45,93</b>	<b>48,75</b>

FN: Fronteira Norte. FS: Fronteira Sul. FL: Fronteira Leste e FO: Fronteira Oeste.

H – Precipitação média mensal. Unidade: mm/mês.

<b>OUTUBRO</b>			
<b>ANO</b>	<b>CAIXA 1</b>	<b>CAIXA 2</b>	<b>CAIXA 3</b>
1979	157,20	85,92	88,65
1980	153,59	78,40	79,67
1981	153,11	140,74	53,69
1982	140,29	136,76	70,32
1983	174,67	124,83	68,06
1984	185,06	119,22	75,52
1985	150,12	113,99	76,09
1986	169,20	74,89	59,41
1987	148,15	99,77	56,27
1988	166,50	106,50	39,89
1989	182,46	83,61	53,90
1990	162,65	109,67	66,62
1991	159,33	90,35	61,57
1992	163,66	130,22	51,48
1993	180,50	92,09	51,53
1994	161,80	120,48	61,96
1995	153,19	115,17	67,51
1996	176,28	131,20	74,98
1997	139,15	105,32	104,57
1998	178,56	110,05	55,26
1999	160,24	86,99	63,38
2000	174,39	71,44	57,68
2001	169,09	100,81	63,46
2002	144,78	53,03	67,14
2003	160,94	63,79	42,72
2004	161,36	66,61	44,11
2005	156,57	65,61	48,46
2006	158,52	141,38	69,40
2007	181,71	68,76	70,40
2008	177,77	82,47	55,50
2009	166,72	121,38	52,31
2010	181,13	93,87	42,61
2011	199,86	109,91	62,79
2012	151,82	71,15	67,47
2013	179,30	109,13	43,70
2014	168,98	77,94	41,92
2015	126,94	70,84	64,31
2016	161,93	84,51	48,19
<b>MÉDIA</b>	<b>164,15</b>	<b>97,60</b>	<b>61,12</b>

FN: Fronteira Norte. FS: Fronteira Sul. FL: Fronteira Leste e FO: Fronteira Oeste.

H – Precipitação média mensal. Unidade: mm/mês.

<b>NOVEMBRO</b>			
<b>ANO</b>	<b>CAIXA 1</b>	<b>CAIXA 2</b>	<b>CAIXA 3</b>
1979	169,86	146,59	74,21
1980	175,42	170,21	89,48
1981	162,94	191,83	76,58
1982	161,12	141,05	94,61
1983	164,70	170,44	74,19
1984	184,43	159,56	83,26
1985	181,05	133,48	59,21
1986	180,52	118,88	66,21
1987	172,60	154,29	74,57
1988	202,54	103,73	27,75
1989	180,34	129,04	53,70
1990	176,08	129,97	81,95
1991	163,49	140,37	49,75
1992	179,92	163,30	56,22
1993	195,66	117,00	62,95
1994	183,68	142,97	68,98
1995	207,61	165,46	51,59
1996	205,30	179,37	70,38
1997	177,68	163,06	78,31
1998	191,35	151,83	42,87
1999	180,53	130,56	44,86
2000	189,94	166,78	67,48
2001	170,36	169,92	70,56
2002	173,42	95,21	49,33
2003	188,03	80,73	33,96
2004	168,16	91,90	71,84
2005	183,19	124,18	33,51
2006	181,58	150,31	45,44
2007	205,53	136,31	58,90
2008	209,70	157,03	51,68
2009	162,74	136,15	66,17
2010	216,44	141,36	28,54
2011	210,57	122,39	47,49
2012	184,31	177,65	39,04
2013	206,15	137,39	61,43
2014	187,58	156,60	60,40
2015	157,88	129,93	57,63
2016	170,43	145,41	48,58
<b>MÉDIA</b>	<b>183,23</b>	<b>142,69</b>	<b>59,83</b>

FN: Fronteira Norte. FS: Fronteira Sul. FL: Fronteira Leste e FO: Fronteira Oeste.

H – Precipitação média mensal. Unidade: mm/mês.

<b>DEZEMBRO</b>			
<b>ANO</b>	<b>CAIXA 1</b>	<b>CAIXA 2</b>	<b>CAIXA 3</b>
1979	179,45	215,11	98,39
1980	182,74	220,54	87,05
1981	192,61	206,32	81,00
1982	197,41	202,87	73,89
1983	215,22	203,77	64,45
1984	199,69	190,23	68,64
1985	216,82	156,66	67,66
1986	195,75	209,18	62,32
1987	198,24	184,58	55,72
1988	211,70	180,48	46,17
1989	198,55	201,70	54,69
1990	216,35	144,75	76,31
1991	183,08	163,25	86,96
1992	215,10	175,01	49,68
1993	213,36	199,44	84,57
1994	213,40	189,22	48,95
1995	220,68	203,42	36,34
1996	197,27	184,08	68,53
1997	199,42	179,39	72,84
1998	194,19	175,57	51,13
1999	230,86	181,21	59,58
2000	209,79	161,53	51,05
2001	218,64	174,42	53,24
2002	204,28	161,55	71,94
2003	200,91	153,42	88,10
2004	196,93	146,47	53,24
2005	245,23	174,25	44,55
2006	195,36	222,89	50,67
2007	247,55	191,17	49,96
2008	260,48	196,85	35,49
2009	223,90	220,74	60,81
2010	228,99	167,15	60,27
2011	234,20	186,16	45,20
2012	201,83	150,94	63,97
2013	228,62	184,07	50,83
2014	223,81	175,30	56,95
2015	188,16	141,56	63,38
2016	230,59	150,26	49,31
<b>MÉDIA</b>	<b>210,82</b>	<b>182,25</b>	<b>61,68</b>

FN: Fronteira Norte. FS: Fronteira Sul. FL: Fronteira Leste e FO: Fronteira Oeste.