



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO  
CENTRO DE FILOSOFIA E CIÊNCIAS HUMANAS  
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS GEOGRÁFICAS  
CURSO DE LICENCIATURA EM GEOGRAFIA**

**AMURAYANY VITÓRIA SOUZA PÔRTO**

**ANÁLISE DA VALIDAÇÃO DE DADOS DOS CHIRPS NA BACIA HIDROGRÁFICA  
DO RIO PAJEÚ**

**Recife  
2023**

AMAURAYANY VITÓRIA SOUZA PÔRTO

**ANÁLISE DA VALIDAÇÃO DE DADOS DOS CHIRPS NA BACIA HIDROGRÁFICA  
DO RIO PAJEÚ**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Licenciatura em Geografia da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do título de Licenciado em Geografia.

Orientador (a): Josiclêda Domiciano Galvínio

Coorientador (a): Jussara Freire de Souza Viana

Recife

2023

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,  
através do programa de geração automática do SIB/UFPE

Porto, Amaurany Vitória Souza.

Análise da validação de dados dos CHIRPS na bacia hidrográfica do rio  
Pajeú / Amaurany Vitória Souza Porto. - Recife, 2023.  
p.34 : il., tab.

Orientador(a): Josiclêda Domiciano Galvínio

Coorientador(a): Jussara Freire de Souza Viana

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal de  
Pernambuco, Centro de Filosofia e Ciências Humanas, Geografia -  
Licenciatura, 2023.

Inclui referências.

1. Chuva . 2. Dados de Satélite . 3. Sensoriamento Remoto . I. Galvínio,  
Josiclêda Domiciano. (Orientação). II. Viana , Jussara Freire de Souza.  
(Coorientação). IV. Título.

910 CDD (22.ed.)

AMURAYANY VITÓRIA SOUZA PÔRTO

**ANÁLISE DA VALIDAÇÃO DE DADOS DOS CHIRPS NA BACIA HIDROGRÁFICA  
DO RIO PAJEÚ**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado ao Curso de Licenciatura em  
Geografia da Universidade Federal de  
Pernambuco, como requisito parcial para  
obtenção do título de Licenciado em  
Geografia.

Aprovado em: 27/09/2023

**BANCA EXAMINADORA**

---

Profa. Dra. Josiclêda Domiciano Galvíncio (Orientadora)  
Universidade Federal de Pernambuco

---

Profa. Dra. Cristiana Coutinho Duarte (Examinador Interno)  
Universidade Federal de Pernambuco

---

Profa. Dra. Alzira Gabrielle Soares Saraiva Souza (Examinador Externo)  
Instituto Federal Baiano (IF Baiano)

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus por ser meu refúgio, fortaleza, consolo em todas as estações – sem Ele eu nada poderia ter feito.

À minha família – em especial minha mãe Suzana Maria Souza Porto pelo conforto nos momentos que eu achava que não conseguiria, ao meu pai Amauray Porto da Silva por acreditar em mim e por dizer sempre que eu posso chegar à lua. À minha irmã Shyrlana Souza Porto pelos seus conselhos que me ajudaram a ser quem sou hoje, meu cunhado Cassio Pinheiro da Paixão por sempre levantar o meu astral. Ao meu sobrinho Caio Miguel Porto Paixão que nasceu dia 07 de setembro de 2023, sendo a surpresa mais bonita e que tornou meu setembro ímpar e nunca mais o mesmo por toda minha vida.

Aos meus amigos por serem instrumento de Deus na minha vida, me dando forças, suporte e carinho em todos os momentos – vocês são luzes.

Minha igreja juntamente com o meu pastor Severino Valter de Amorim pelas orações. A minha orientadora Josiclêda Domiciano Galvêncio pela disponibilidade e incentivo a carreira acadêmica, minha coorientadora Jussara Freire de Souza Viana que se tornou uma inspiração e uma amiga. A Capes e a CNPq pela oportunidade de ser bolsista de Iniciação Científica, no qual me descobri enquanto pesquisadora. Ao Departamento de Ciências Geográficas, meus professores da graduação, a UFPE por ser um ambiente que tanto me proporcionou momentos únicos no qual aprendi e evolui como estudante e ser humano, à PROAES da Universidade Federal de Pernambuco responsável pela concessão da bolsa de Manutenção Acadêmica – de suma importância para que eu chegasse a concluir meu curso, aos doutores e pós-doutores do Departamento de Engenharia Civil e Recursos Hídricos que foram gentis comigo durante todo o meu período de PIBIC.

Está guardado no meu coração tudo o que foi vivido nesses anos. Quero deixar aqui todo meu agradecimento a todas as pessoas que me ajudaram e me incentivaram nesta etapa da minha jornada.

*“Bondade e misericórdia me seguirão todos os dias da minha vida; e habitarei na casa do Senhor por longos dias.” Salmos 23:6*

## RESUMO

As oscilações dos índices de chuvas em regiões e bacias hidrográficas é uma constante nos estudos relacionados à climatologia, meteorologia e hidrologia, o que identifica a necessidade da coleta de dados pluviométricos precisos para obtenção de análises de como essas chuvas ou a falta delas, podem influenciar o balanceamento hídrico. O avanço da tecnologia do sensoriamento remoto permite a obtenção de dados meteorológicos em áreas onde há escassez de informações, tornando-se de suma importância para estudos climáticos. O presente estudo tem como objetivo analisar estimativas do CHIRPS (*Climate Hazards Group Infra Red with Stations*) na bacia do Rio Pajeú, validando com dados de chuva observados em situ. Os dados do produto CHIRPS selecionados para esta pesquisa para a área de estudo foi o de resolução temporal diária e espacial de  $0,25^\circ \times 0,25^\circ$ . Após a aquisição, os dados foram organizados e tratados em planilha do Excel para se obter as médias sazonais e os valores anuais estimados para a área da bacia do Pajeú. A partir da obtenção dos dados de chuva observados e estimados pelo CHIRPS, foi realizada uma analogia entre as coordenadas geográficas dos postos pluviométricos in situ e os dados do modelo CHIRPS (análise ponto a ponto), possibilitando uma breve avaliação desses dados. De acordo com a análise e verificação mensal entre os dados observados e do Chirps, é possível concluir que para a região estudada as estimativas de chuva do satélite conseguem representar melhor o período seco na região, superestimando os meses mais chuvosos. Contudo, estimativas do Chirps para a área de estudo pode ser considerada como alternativa para estudos climáticos e hidrológicos na região, quando houver ausência de dados de chuva.

**Palavras-chave:** Chuva; Dados de satélite; Sensoriamento remoto.

## ABSTRACT

Oscillations in precipitation rates in regions and river basins are a constant in studies related to climatology, meteorology and hydrology, which identify the need to collect accurate precipitation data to obtain analyzes of how these rains, or the lack thereof, can influence the water balance. The advancement of remote sensing technology allows meteorological data to be obtained in areas where there is a lack of information, making it extremely important for climate studies. The present study aims to analyze CHIRPS (Climate Hazards Group Infra Red with Stations) estimates in the Pajeú River basin, validating them with precipitation data observed in situ. The CHIRPS product data selected for this research for the study had the daily temporal and spatial resolution of  $0.25^\circ \times 0.25^\circ$ . After acquisition, the data were organized and processed in an Excel spreadsheet to obtain seasonal averages and estimated annual values for the Pajeú basin region. After obtaining the precipitation data observed and estimated by CHIRPS, an analogy was made between the geographic coordinates of the in situ rainfall stations and the data from the CHIRPS model (point-by-point analysis), allowing a brief evaluation of these data. According to the monthly analysis and verification of observed and Chirps data, it is possible to conclude that for the studied region, satellite rainfall estimates can better represent the dry period in the region, overestimating the rainiest months. However, satellite data demonstrates that it captures the region's seasonal variability well, even with overestimations and underestimations over the months.

**Keywords:** Rain; Satellite data; Remote sensing.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Localização da Bacia hidrográfica do Rio Pajeú .....	16
Figura 2 – Localização das estações pluviométricas in situ e da grade do CHIRPS para a bacia do rio.....	18
Figura 3 - Variação mensal entre os dados observados e os do CHIRPS na bacia do Rio Pajeú entre 1981 e 2016 e correlação com os dados dos postos pluviométricos 12, 13, 32 e 63. ....	21
Figura 4 - Variação mensal entre os dados observados e os do Chirps na bacia do Rio Pajeú entre 1981 e 2016 e correlação com os dados observados nos postos pluviométricos 87,91,92 e 148.....	23
Figura 5 - Variação mensal entre os dados observados e os do CHIRPS na bacia do Rio Pajeú entre 1981 e 2016 e correlação com os dados observados nos postos pluviométricos 178, 182 e 183.....	25
Figura 6 - Variações da precipitação média anual no período de 1981 a 2016 entre os dados observados e os do CHIRPS. ....	26

## LISTA DE SIGLAS

ANA - Agência Nacional de Águas

CHIRPS - *Climate Hazards Group Infra Red with Stations*

EROS - Centro de Observação e Ciência de Recursos Terrestres

GPM - *Global Precipitation Measurement Mission*

NEB - Nordeste Brasileiro

PBIAS - *Percent Bias* - Erro médio percentual

PERSIANN-CDR - *Precipitation Estimation from Remotely Sensed information using Artificial Neural Networks – Climate Data Record*

RMSE - *Root mean square error* - Raiz do Erro Médio Quadrático

SIG - Sistemas de Informação Geográfica

TIROS 1 - *Television and Infra Red Observation Satellite*

TRMM - *Tropical Rain fall Measuring Mission*

USGS - *United States Geological Survey* - Serviço Geológico dos Estados Unidos

VCAS - Vórtices Ciclônicos de Ar Superior

ZCIT - Zona de Convergência Intertropical

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	10
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	11
<b>3. REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	12
<b>3.1. Estimativas de precipitação obtidas por Sensoriamento Remoto</b> .....	12
<b>3.2. Climate Hazards Group Infra Red Precipitation with Station data (CHIRPS)</b> .....	14
<b>4. MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	15
<b>4.1. Caracterização da área de estudo</b> .....	15
<b>4.2. Conjunto de dados observados e simulados pelo CHIRPS</b> .....	17
<b>4.3. Estatísticas de validação para o CHIRPS</b> .....	18
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	20
<b>5.1. Análise e validação mensal entre os dados do CHIRPS e os observados</b> .....	20
<b>5.2. Análise anual entre os dados do CHIRPS e os observados</b> .....	25
<b>6. CONCLUSÃO</b> .....	27
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	28

## 1. INTRODUÇÃO

Em estudos hidrológicos, a precipitação é a fase mais importante para que possa ocorrer o transporte da água na atmosfera e na superfície, com isso, os desdobramentos do aumento e da diminuição da precipitação em desníveis influenciam os sistemas hidrológicos, o que impacta diretamente a biodiversidade e as próprias atividades socioeconômicas. Dessa forma, é vital o conhecimento da estimativa e da distribuição quantitativa de precipitação em regiões e em bacias hidrográficas (SANTOS et., al 2022), havendo necessidade de análises de dados pluviométricos para o gerenciamento e planejamento dos recursos hídricos (SALGUEIRO e MONTENEGRO 2008).

A inconsistência climática presente no Semiárido é um contínuo nas pesquisas científicas, visto que sua precipitação é má distribuída física e temporalmente (GALVÍNCIO e MOURA 2005). De acordo com Marinho e Rivera (2021), a estimativa da precipitação é muito significativa para o monitoramento de eventos climáticos extremos e seus riscos, bem como para a caracterização do potencial de áreas para diferentes usos e projetos (agricultura, energia, transporte, entre outros). Tal fator torna as pesquisas a respeito do balanço hídrico importantes para a região, pois o Sertão do Nordeste tem seu período de chuva entre os meses de janeiro e maio e uma estação seca entre julho a dezembro, dessa forma, os baixos índices indicam o Nordeste como a região mais seca do Brasil (COSTA et al., 2019).

Essa indicação revela a importância da análise através de modelos eficazes, pois nos estudos de precipitação, é necessária uma qualidade referencial dos dados estimados, bem como sua distribuição espacial e acessibilidade (COSTA et al., 2012). É válido salientar que há previsão que as mudanças climáticas possam causar secas mais severas no Nordeste do Brasil, podendo levar a desertificação (OYAMA e NOBRE, 2004); isso revela o quão são importantes estimativas e a avaliação de possíveis cenários climáticos nas regiões propensas à seca e inundações (PAREDES-TREJO et al., 2017).

Na maioria da coleta dos dados ocorrem erros nos números obtidos, contudo, as novas tecnologias de SIG (Sistemas de Informação Geográfica) e satélites meteorológicos vêm sendo utilizados para proporcionar melhores qualidades em estudos de séries temporais e suprir as limitações anteriores. Santos

et., al (2022) expõe acerca dos impasses encontrados nas análises estatísticas, isso interfere na compreensão do balanço climático e da própria hidrologia, assim, o avanço da tecnologia permite uma análise apurada com estudos de secas e inundações, possibilitando comparações entre os períodos estudados. Além disso, os dados climáticos são significativos para a gestão de recursos hídricos, principalmente aos impactos dos declínios ou aumentos de chuva nas regiões onde a agricultura é uma das principais atividades de renda.

Entretanto, para obter compreensão das variações de precipitação já obtendo os dados climáticos, é necessário levar em consideração o contexto histórico do local no que se refere aos índices passados e presentes, avaliando as possíveis causas e a acrimônia dos déficits ou aumento de chuva. Em regiões mais rurais podem-se obter menos estações pluviais, no entanto, as estimativas de precipitação em postos de dados observados podem subestimar eventos extremos de chuva.

Assim, o presente trabalho tem como objetivo validar os dados de satélite do CHIRPS (*Climate Hazards Group Infra Red with Stations*) para a região da bacia do Rio Pajeú, utilizando postos pluviométricos localizados na área da bacia para uma série temporal que vai de 1981 a 2016. As estimativas de precipitação do CHIRPS são compostas pelas fontes de informação de instituições dos EUA, observações de satélite de espectroscopia infravermelho, geoestacionárias, quase globais de oceano e atmosfera, campos de precipitação e diversas estações pluviométricas. (COSTA et al., 2019)

## **2. OBJETIVOS**

### **Objetivo Geral:**

- Analisar as estimativas dos dados CHIRPS para a bacia hidrográfica do Rio Pajeú.

### **Objetivos Específicos:**

- Avaliar a variação pluviométrica dos postos;
- Verificar a viabilidade do CHIRPS para a área de estudo;
- Validar os índices através dos dados observados de precipitação.

### 3. REFERENCIAL TEÓRICO

#### 3.1. Estimativas de precipitação obtidas por Sensoriamento Remoto

A precipitação é uma das variáveis mais importantes do ciclo hidrológico, sendo constantemente utilizada para validação do balanço hídrico, radiação e de modelos numéricos de previsão de tempo e clima (SILVA et al., 2012). A compreensão da sua variabilidade espacial e temporal é essencial para verificar padrões interanuais e sazonais, importantíssimos para agricultura e outros setores da economia. Por isso, a confiabilidade das estimativas de precipitação são muito necessários.

Por causa da sua dimensão continental, o Brasil apresenta uma rede meteorológica mal distribuída, pois elas não abrangem todo o território de forma satisfatória, estando mais localizadas em grandes centros e próximas ao litoral brasileiro (ANA, 2012). Devido ao déficit em cobrir áreas extensas, pesquisadores do mundo inteiro têm desenvolvido técnicas alternativas para obtenção da precipitação em diferentes regiões, sobretudo naquelas onde há maior escassez de dados. Dentre essas técnicas podem-se destacar os produtos de sensoriamento remoto, como as imagens de satélite (COLLISCHONN, 2006).

O sensoriamento remoto tem como finalidade obter informações do espaço geográfico de forma remota, ou seja, sem um contato direto com o objeto pesquisado, sendo muito utilizado tanto para fins militares quanto para pesquisas científicas, planejamento governamental, estudos meteorológicos e ambientais. Seus produtos geram informações da superfície terrestre por meio de imagens para a realização de estudos diversos. O primeiro satélite meteorológico a ser lançado no mundo foi o *Television and Infra Red Observation Satellite* (TIROS 1), nos Estados Unidos pela NASA em 1960 (PETTY, 1995).

Em sensoriamento remoto, as estimativas de precipitação são baseadas nas respostas à reflexão da luz pelas nuvens que são transformadas em informações a respeito de sua espessura e do volume de água em seu interior. Além disso, pode-se determinar a temperatura dos topos das nuvens por meio da medição em bandas de infravermelho. No entanto, logo se pôde deduzir que apenas essas duas variáveis não eram suficientes para a obtenção de valores de precipitação, pois

nem toda nuvem com potencial para precipitar produzirá precipitação (LEVIZZANI et al., 2002). Por isso, em outro momento, o emprego de sensores de micro-ondas se tornou um marco na estimativa da precipitação por satélite, resultando em estimativas melhores do que as obtidas por imagens no espectro infravermelho, por responderem de forma física à presença de água e/ou cristais de gelo nas nuvens (RAMAGE et al., 2003).

Os produtos oriundos de sensoriamento remoto são fontes alternativas aos tradicionais postos pluviométricos. Além de serem significativas para a pesquisa, às estimativas de dados de sensoriamento remoto trazem informações sobre a distribuição geográfica das chuvas (COLLISCHONN, 2006; MACEDO, 2013). A falta de conjuntos de dados de observação referentes a precipitação a longo prazo, torna-se um dos principais obstáculos para o estudo e análise da observação padrão de chuva, diminuindo a possibilidade de um gerenciamento hídrico adequado (SANTOS et al., 2019; ROSA, 2021).

Dessa forma, o uso das estimativas de dados obtidos através do sensoriamento remoto, além de somar para a pesquisa de dados climatológicos, é uma das principais alternativas para o monitoramento dos sistemas ambientais (SILVA et al., 2017; ROSA 2021; SÁNCHEZ-MORENO et al., 2014; LIMA JÚNIOR et al., 2023). A região da floresta Amazônica, por exemplo, ainda possui uma baixa quantidade de pluviômetros, algo preocupante, já que é essencial que os índices de pluviometria da floresta sejam de conhecimento em macro escala, principalmente para a compreensão do funcionamento no ecossistema. Todavia, os dados não permitem uma obtenção apurada dos índices, portanto, a utilização de dados de sensoriamento remoto é uma alternativa viável para compreender os diferentes cenários de precipitação (SILVA, 2011).

Para isso, têm-se diversos produtos de sensoriamento remoto que permitem o desenvolvimento desses tipos de pesquisa e que são utilizados como complementação do próprio monitoramento da superfície e suas tendências de chuva, sendo eles: *Tropical Rain fall Measuring Mission* (TRMM), resolução espacial de 0,5°; o *Climate Hazards Group Infra Red Precipitation with Station* (CHIRPS), com resolução espacial de 0,05°; a *Global Precipitation Measurement Mission* (GPM), com resolução espacial de 0,1°; e o *Precipitation Estimation from Remotely Sensed information using Artificial Neural Networks – Climate Data*

Record (PERSIANN-CDR), com resolução espacial de 0,25°, entre outros (MOREIRA et al., 2023).

### **3.2. Climate Hazards Group Infra Red Precipitation with Station data (CHIRPS)**

O CHIRPS é um conjunto de dados, com cerca de 35 anos, que incorpora dados *in si-tu* com dados acoplados provenientes de satélites, sendo uma alternativa significativa para ser trabalhada em sensoriamento remoto ou em softwares de programação, incorporando também um sistema de climatologia interna e imagens em satélite (JUNIOR e NETO, 2019; SOUSA et al., 2022). Os dados baseiam-se em estimativas de precipitação por infravermelho combinados por pluviômetros na superfície, de 1981 até o presente (BECK et al., 2017).

Esse agrupamento de dados de precipitação foi fundado pelo Serviço Geológico dos Estados Unidos (*United States Geological Survey -USGS*) e também pelo Grupo de Riscos Climáticos (*Climate Hazards Group, University of California, Santa Barbara – UCSB*) (CHIRPS, 2023). Por apresentarem três décadas de informações de pluviometria, com uma escala parcial de 5km, juntamente com intervalos mensais, diários, trimestrais, anuais (FUNK et al., 2015), estudos com os dados CHIRPS são promissores para a análise de séries temporais de chuva em diversas regiões do planeta, principalmente em uma região de Bacia Hidrográfica.

Os dados CHIRPS foram criados em um propósito de colaboração com pesquisadores e cientistas do Centro de Observação e Ciência de Recursos terrestres (EROS) em prol de obter e fornecer conjuntos de dados atualizados e de alerta, para fins de análise e monitoramento de secas. Essas tecnologias construídas em alta resolução com a NASA são aplicadas a campos de observação de climatologia baseado em satélites (CHIRPS, 2023).<sup>1</sup>

Em seu trabalho, Paredes-Trejo et al. (2017) utilizaram a validação dos dados CHIRPS mensalmente no Nordeste do Brasil, utilizando métricas de comparação a fim de avaliar o desempenho da estimacão de precipitação, assim, obteve

---

<sup>1</sup>CHIRPS: Estimativas de Precipitação a partir de Pluviômetros e Observações por Satélite | Centro de Riscos Climáticos - UC Santa Bárbara (ucsb.edu). Acessado em 15/06/2023.

resultados significativos no que tange a correlação com os dados observados, apesar das superestimativas e subestimativas, bem como sua baixa detecção de chuva e seu melhor resultado em estações chuvosas.

Costa et al., (2019) validaram os dados mensais de precipitação oriundos do CHIRPS para o território brasileiro de 1998 a 2010. Os resultados indicaram alta correlação entre os dados, com significância de 97%, entretanto os dados indicaram que no norte do país, mais precisamente a noroeste do Estado do Amazonas e sudoeste do Pará, os dados apresentaram maior diferença entre si. É possível encontrar na literatura diversas pesquisas que avaliaram a acurácia do CHIRPS em diferentes regiões do globo, além do Brasil, pode-se verificar pesquisas na África Ocidental, Chile, Itália e outras, ressaltando a confiabilidade nos dados do produto (TOTÉ et al., 2015; DEMBÉLÉ et al., 2016; DUAN et al., 2016; ZAMBRANO et al., 2017; NOGUEIRA et al., 2018).

Funk et al., 2015 revela o algoritmo CHIRPS, como uma ferramenta que pode ser utilizada para quantificar impactos na hidrologia, bem como o aumento, diminuição e riscos extremos, baseados em simulações sobre a África Oriental. Em síntese, aplicação do algoritmo pode ser utilizada para estudos relacionados a mudanças climáticas, interação de chuvas, secas sazonais e previsão delas. Vale salientar que este conjunto de dados pode ser difundido de diversas maneiras, podendo ser baixados os dados brutos e assim serem utilizados em softwares de sensoriamento remoto ou em linguagem de programação (JUNIOR e NETO, 2019).

## **4. MATERIAIS E MÉTODOS**

### **4.1. Caracterização da área de estudo**

A área de estudo é a Bacia Hidrográfica do Rio Pajeú, a maior bacia do estado de Pernambuco, correspondente a uma área de 16.838,70 km<sup>2</sup>, que representa 17,02% da área do estado (PERNAMBUCO, 1998). O local tem características de agricultura de subsistência e pecuária, apresentando uma economia vulnerável e suscetível às ações climáticas, estando inserida nas mesorregiões do Sertão Pernambucano e do São Francisco entre 7°6'20" e 8°56'01" de latitude sul, e 36°59'00" e 38°57'45" de longitude a oeste de Greenwich. A nascente do Rio Pajeú

tem uma altitude aproximada de 800m na Serra da Balança, divisor dos estados de Pernambuco e Paraíba, no norte da Bacia.

A segmentação da bacia inclui um total de 27 municípios, sendo eles: Carnaíba, Carnaubeira da Penha, Floresta, Igaraci, Itacuruba, Mirandiba, São José do Belmonte, Afogados da Ingazeira, Betânia, Brejinho, Calumbi, Flores, Ingazeira, Itapetim, Quixabá, Santa Cruz da Baixa Verde, Santa Terezinha, São José do Egito, Serra Talhada, Solidão, Tabira, Triunfo, Tuparetama, Belém do São Francisco, Custódia, Ibimirim e Salgueiro, sendo os quatro últimos com sedes municipais fora da bacia. (SALGUEIRO E MONTENEGRO, 2008).

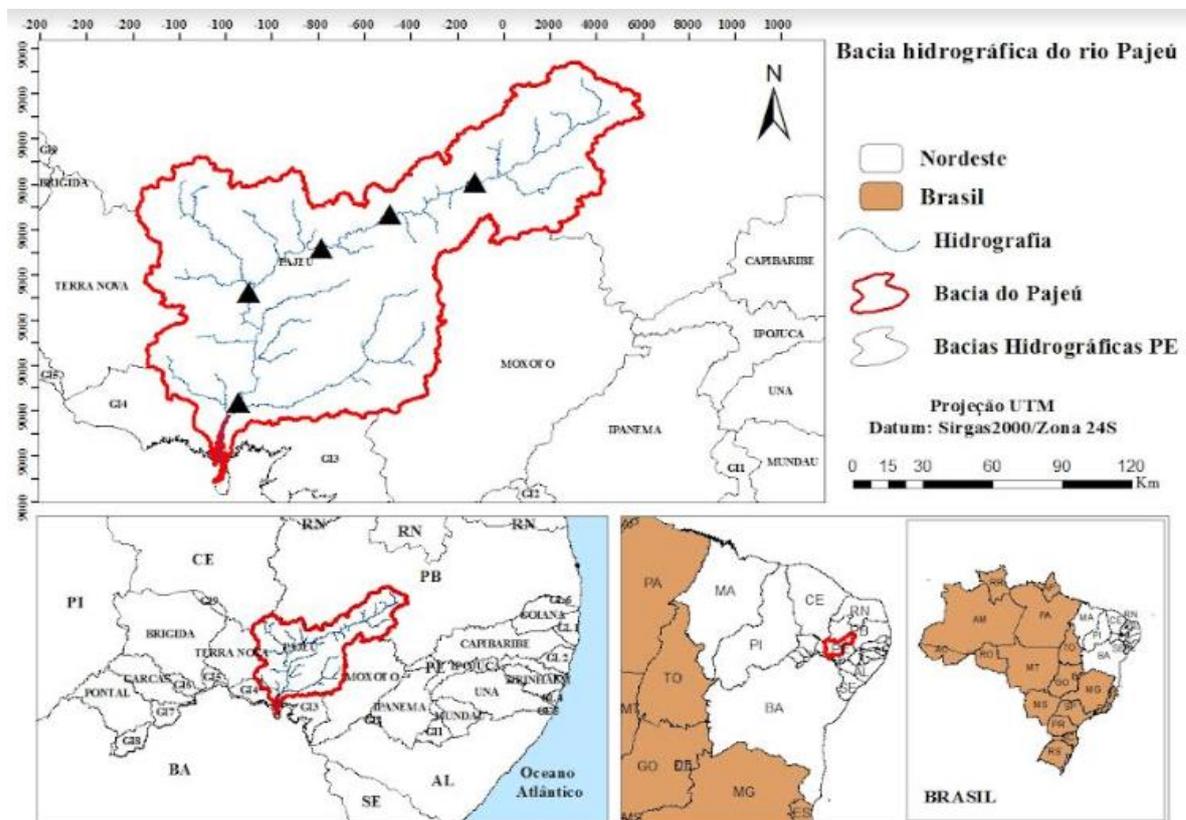


Figura 1 – Localização da Bacia hidrográfica do Rio Pajeú. Fonte: Autora (2023)

A Bacia em estudo é caracterizada por estar predominantemente em um local com instabilidade nas precipitações, a exemplo disso, ao norte da bacia está o município de Triunfo que é destacado por possuir um microclima e boas distribuições de chuva ao longo do ano, isso se dá também pela altitude presente nessa localidade, pois quanto maior a umidade do ar, maior será a precipitação

(PORTO et al., 2022). O clima na bacia do Pajeú é caracterizado como do tipo BSw'h' e BSw'h', caracterizado como quente e seco, de acordo com a classificação climática de Koppen (ALVAREZ et al., 2013). Contudo, a variabilidade temporal da Região Nordeste do Brasil revela uma necessidade de caracterização do monitoramento hídrico em relação às tendências climáticas, tanto em função da própria gestão hídrica, como para estudos relacionados ao tema.

#### **4.2. Conjunto de dados observados e simulados pelo CHIRPS**

Os dados do produto CHIRPS selecionados para esta pesquisa para a área de estudo foi o de resolução temporal diária e espacial de  $0,25^\circ \times 0,25^\circ$ , obtidos por meio do site <http://data.chc.ucsb.edu/products/>. Após a aquisição, os dados foram organizados e tratados em planilha do Excel para se obter as médias sazonais e os valores anuais estimados para a área da bacia do Pajeú.

Já os dados pluviométricos observados foram obtidos de estações inseridas na bacia do Pajeú, disponibilizados pelo site da ANA (Agência Nacional de Águas), para o período de 1981 a 2016. O período levou em conta a disponibilidade de dados e o ano de operação dos dados de satélite. Para esta pesquisa apenas onze estações de um pouco mais de sessenta inseridas na bacia foram utilizadas, em virtude da quantidade de falhas apresentadas nestes postos pluviométricos. Após a aquisição os dados também foram tratados e organizados para a posterior verificação com os do satélite.

A partir da obtenção dos dados de chuva observados e estimados pelo CHIRPS, foi realizada uma analogia entre as coordenadas geográficas dos postos pluviométricos *in situ* e os dados do modelo CHIRPS (análise ponto a ponto), possibilitando uma breve avaliação desses dados. Esse tipo de técnica sugere que as estações de chuva são observações que representam os pixels dos produtos (BAEZ-VILLANUEVA et al., 2018). A Figura 2 mostra a grade do CHIRPS e as estações pluviométricas selecionadas para a área de estudo.

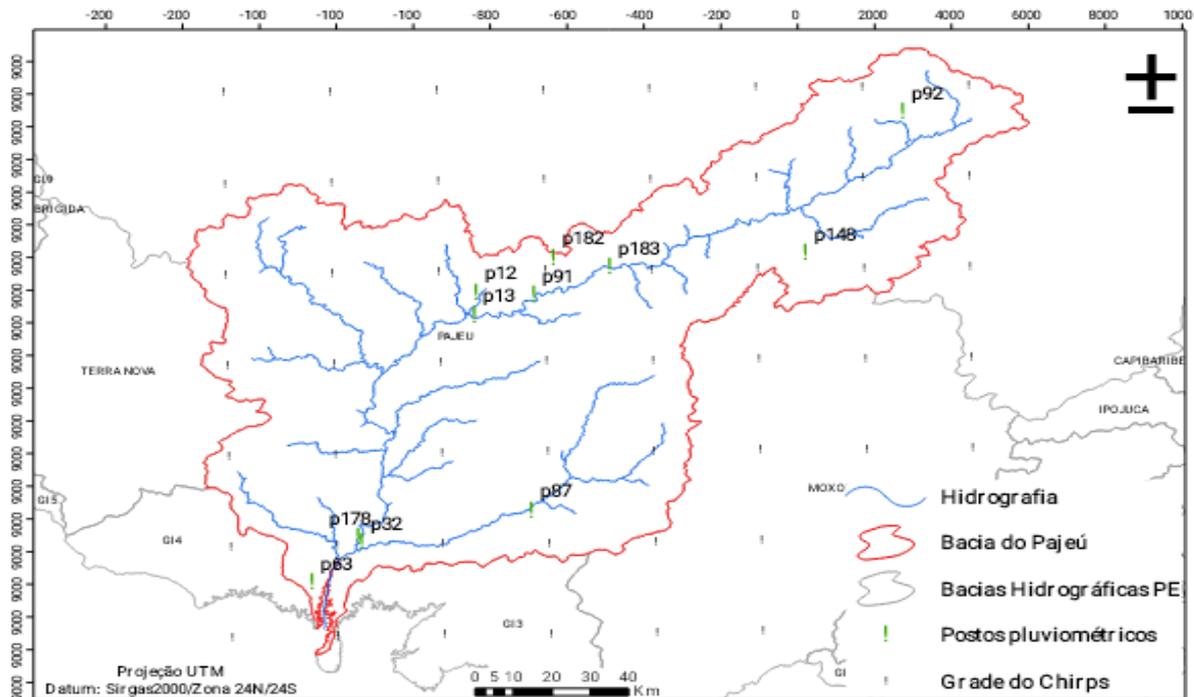


Figura 2 – Localização das estações pluviométricas in situ e da grade do CHIRPS para a bacia do rio.  
Fonte: Autora (2023)

### 4.3. Estatísticas de validação para o CHIRPS

Para validar os dados do produto CHIRPS na bacia do Rio Pajeú utilizou-se as estatísticas de PBIAS (*Percent Bias*), Raiz do Erro Médio Quadrático - RMSE (*Root mean square error*) e o coeficiente de determinação ( $R^2$ ), a nível mensal. O PBIAS avalia a tendência média que os dados simulados têm de serem maiores ou menores que os dados observados, indicando que quanto menor o valor, melhor é o ajuste, com zero representando uma simulação perfeita do evento observado. Os valores positivos, dessa função objetivo, indicam uma tendência de subestimação dos dados simulados, enquanto os negativos indicam superestimação (VENZON et al. 2018).

Equação 1:

$$PBIAS = \frac{\sum_{i=1}^n (Q^{obs} - Q^{sim})}{\sum_{i=1}^n (Q^{obs})} \times 100$$

(1)

$Q^{obs}$  é a vazão observada,  $Q^{sim}$  é a vazão simulada e  $n$  é o número total de observações;

O  $R^2$  mede a associação linear entre duas variáveis, sendo o valor obtido adimensional, variando entre 0 e 1, onde quanto mais próximo de 1 o valor se apresentar, mais eficiente será a previsão (MELO NETO et al., 2014).

Equação 2

$$R^2 = \left( \frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - Y_m) \times (X_i - X_m)}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (Y_i - Y_m) \times (X_i - X_m)^2}} \right)^2$$

(2)

$X_i$  os valores observados e  $X_m$  a média destes valores,  $Y_i$  os valores calculados pelo modelo e  $Y_m$  a sua média.

A RMSE expressa o quanto as simulações oriundas de um modelo são precisas em relação aos dados observados (LEHMANN E CASELLA, 1998). Quanto mais próximo de zero for o valor do RMSE, mais próximo das observações será o resultado do modelo.

Equação 3:

$$RMSE = \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{(M - O)^2}{(N)}}$$

(3)

O RMSE pode ser dado pela onde  $N$  é o número total da série,  $M$  representa o valor dos dados derivados dos modelos e  $O$  denota o valor dos dados observados.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 5.1. Análise e validação mensal entre os dados do CHIRPS e os observados

O deslocamento da ZCIT (Zona de Convergência Intertropical) é o principal sistema atmosférico atuante na Bacia Hidrográfica do Rio Pajeú, ele determina o período chuvoso entre os meses de janeiro a abril (RIBEIRO, 2016), principalmente no mês de fevereiro e março. Atrelado a ZCIT também estão às frentes frias e os VCAS (Vórtices Ciclônicos de Ar Superior), assim, esses sistemas atuam no semiárido nordestino, distribuindo as chuvas (ASSIS et al., 2012).

Nessa perspectiva, na observação dos gráficos de linha da Figura 3, percebe-se que as estações p12, p13, p32 e 63 apresentam certa distância entre dados observados e os dados CHIRPS, no início do ano, ainda que haja uma resposta decrescente nos milímetros no decorrer dos meses. Em janeiro, os dados observados indicam diminuição enquanto o CHIRPS mantém uma constante de 100 mm, exceto em p12. Observa-se que o CHIRPS representa melhor a variabilidade da chuva em p12, p13 e p32, ora subestimando ora superestimando os dados observados.

O  $R^2$  para esses três postos, variou de 0.88 a 0.98, considerado muito bom, segundo Moriasiet al. (2007). Já no p63 a verificação não foi muito representativa entre os dados do CHIRPS e os observados, sobretudo no período que vai de janeiro a abril, onde o CHIRPS superestima a chuva na região, no entanto apontou um  $R^2$  de 0.59, considerado satisfatório.

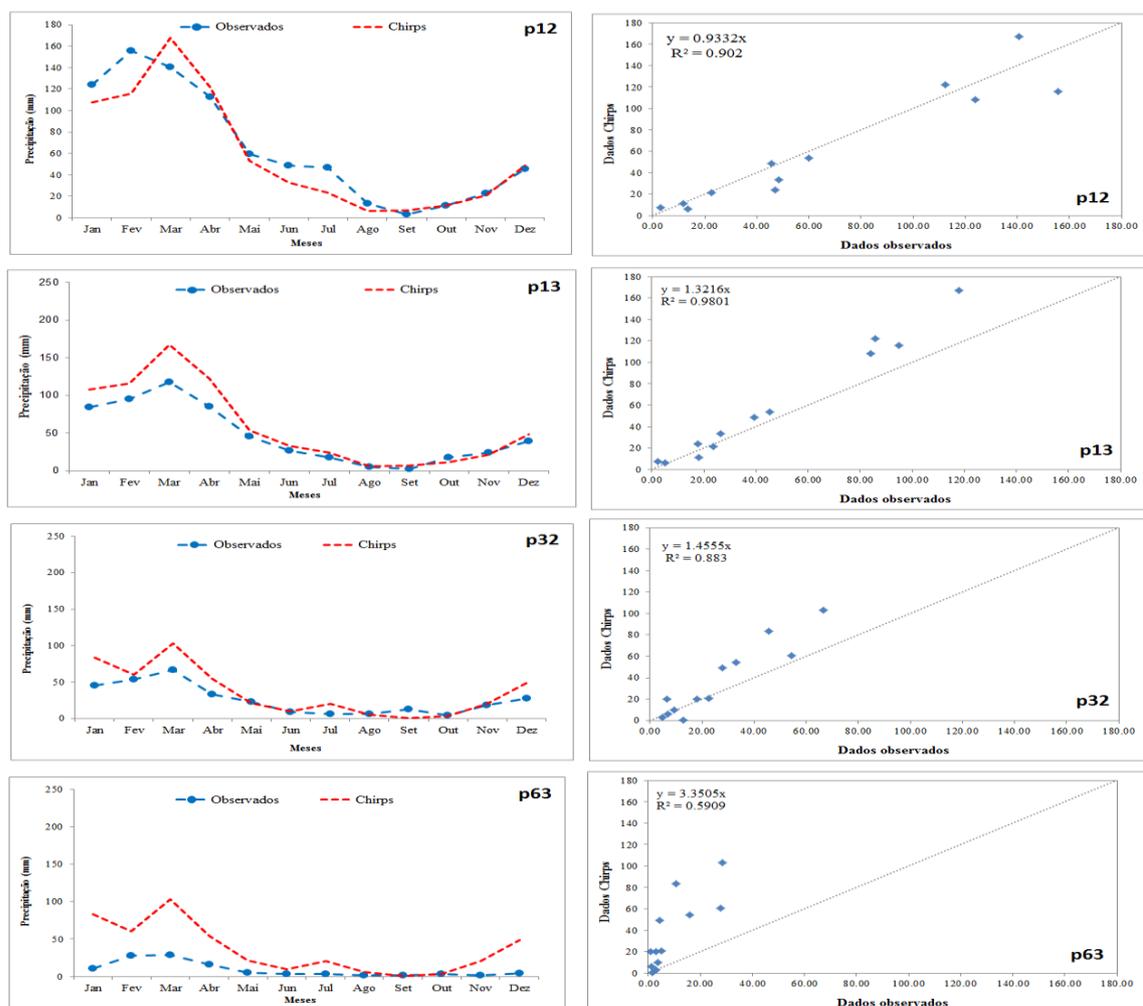


Figura 3 - Variação mensal entre os dados observados e os do CHIRPS na bacia do Rio Pajeú entre 1981 e 2016 e correlação com os dados dos postos pluviométricos 12, 13, 32 e 63. Fonte: Autora (2023)

Essa constante do CHIRPS é uma resposta positiva, visto que o início do ano é marcado por índices chuvosos bem como o final do mês de dezembro. Os meses de fevereiro e março apresentam chuvas mais elevadas, com índices de até 170 mm (p12). Na estação p63 o CHIRPS representou melhor o período menos chuvoso, entre os meses de junho a outubro.

No geral, percebe-se que para essas estações a variabilidade da precipitação estimada pelo CHIRPS foi mais bem representada entre o período de maio a dezembro, onde os valores são mais próximos. Observa-se também que os índices de chuva apontados pelo CHIRPS foram menores na p32 e p63, que estão localizadas mais ao sul da bacia, que de acordo com os dados observados é uma porção que apresenta índices menores de chuva dentro da bacia. Pontuando a distribuição irregular das chuvas no Semiárido nordestino pelas diferenças topográficas e pela própria instabilidade temporal, a distância entre os postos

pluviométricos é uma questão pertinente, pois Soares et al., (2018) em sua pesquisa sobre os indicadores climáticos da desertificação na bacia em estudo, revelaram que a distância mínima entre os postos pluviométricos, apenas na porção sul da bacia, são de 40km. Com isso, as informações dos dados observados também podem ser prejudicadas. Na Figura 2, é possível perceber que os postos pluviométricos não estão distribuídos regularmente sobre a área da bacia, principalmente nas porções norte e sul, corroborando para possíveis problemas com os dados observados.

A Figura 4 mostra a verificação mensal da precipitação entre os dados observados e os estimados pelo CHIRPS na bacia do Rio Pajeú e a correlação entre eles, para os postos pluviométricos 87, 91, 92 e 148. No posto p87 observa-se que os dados do CHIRPS não conseguem representar bem os quatro primeiros meses do ano (janeiro a abril), com estimativas melhores em maio e de agosto a outubro. Em grande parte da série os dados foram superestimados pelo CHIRPS para o referido posto, cujo  $R^2$  foi de 0.57, considerado insatisfatório por Moriasiet et al., (2007).

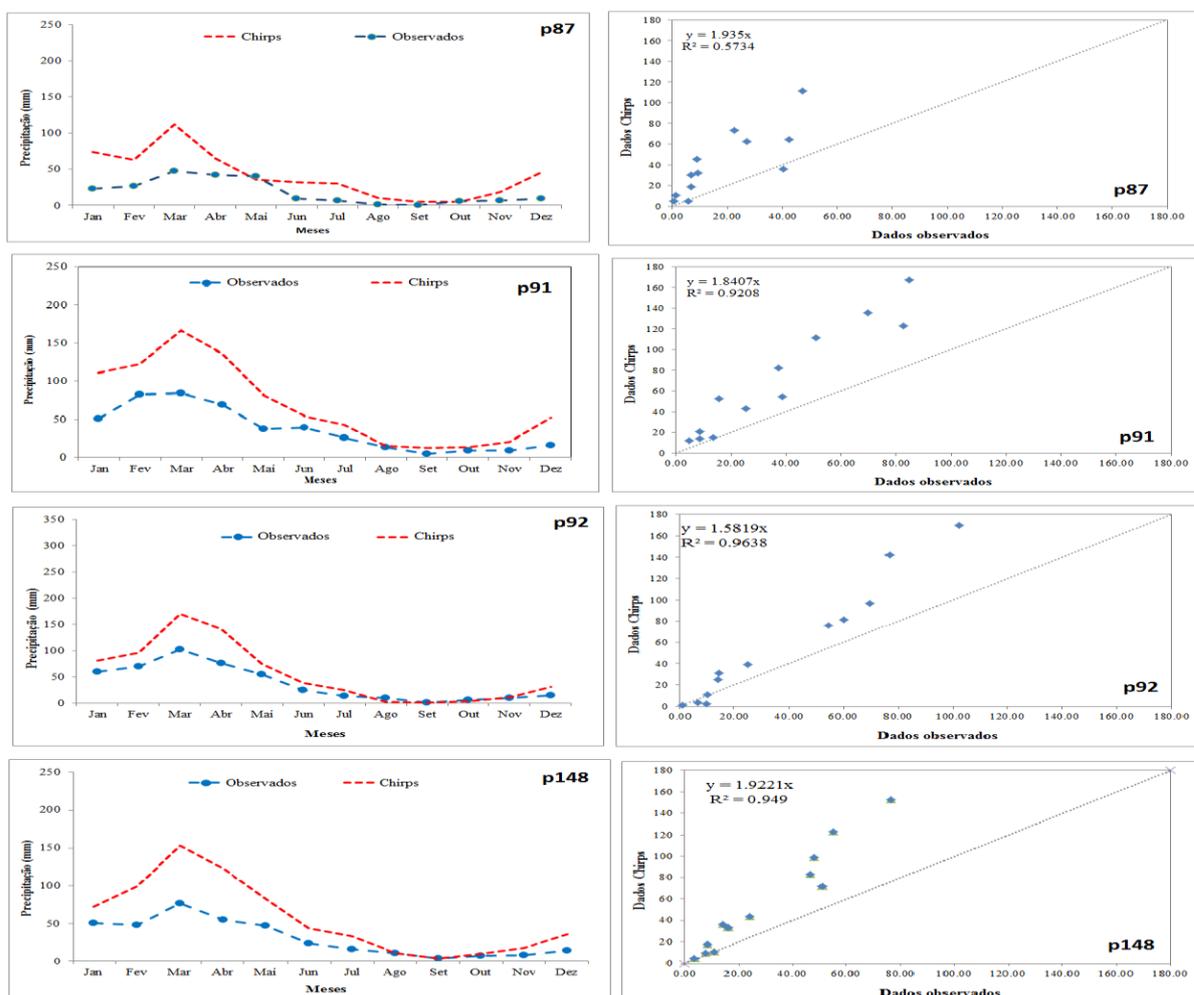


Figura 4 - Variação mensal entre os dados observados e os do Chirps na bacia do Rio Pajeú entre 1981 e 2016 e correlação com os dados observados nos postos pluviométricos 87,91,92 e 148.  
Fonte: Autora (2023)

Na p91 percebe-se que os dados estimados pelo satélite conseguem representar melhor a variabilidade da precipitação local, entretanto superestimando o período de janeiro a julho, com estimativas acima de 100 mm de chuva nos quatro primeiros meses do ano, diferentemente do observado, que se mantém abaixo de 100 mm durante o ano todo. O período seco na região foi melhor representado pelo CHIRPS, cujo  $R^2$  entre os dados foi de 0.92, considerado muito bom.

O posto p92 aponta estimativas mais alinhadas com os dados observados, sobretudo no período que vai de maio a dezembro. Entre janeiro e abril o CHIRPS apresenta índices de chuva maiores, porém representa bem a sazonalidade na região. O  $R^2$  para este posto mostrou que os valores são mais correlatos, com valor de 0.96. Nóbrega e Santiago (2016), revelam que em diversos estudos essa variabilidade de chuvas no Nordeste brasileiro (NEB) pode estar relacionada com o El Niño, pois em Fortaleza, capital do Ceará, segundo hipóteses, enfrentou secas severas em El Niños fortes. Além disso, o NEB é suscetível à ação das mudanças climáticas pelas previsões de variações que apontam fortes chuvas, secas severas e alta evaporação.

No p148 observa-se também superestimativas mais significativas nos quatro primeiros meses do ano, e a medida que os índices de chuva diminuem as estimativas também se ajustam melhor aos valores observados, com dados mais correlatos, justificando o valor de  $R^2$  de 0.94, considerado muito bom. Carvalho et al. (2019) abordam a respeito da quantidade de dados pluviométricos restrita a um curto espaço de tempo e com grande número de falhas, de forma que esses impasses são capazes de dificultar a representação precisa dos dados observados em bacias hidrográficas. Dessa forma, os autores expõem que à utilização de dados de satélite são de extrema importância para auxiliar nos estudos da precipitação em áreas de bacias hidrográficas, principalmente em regiões semiáridas como a da presente bacia.

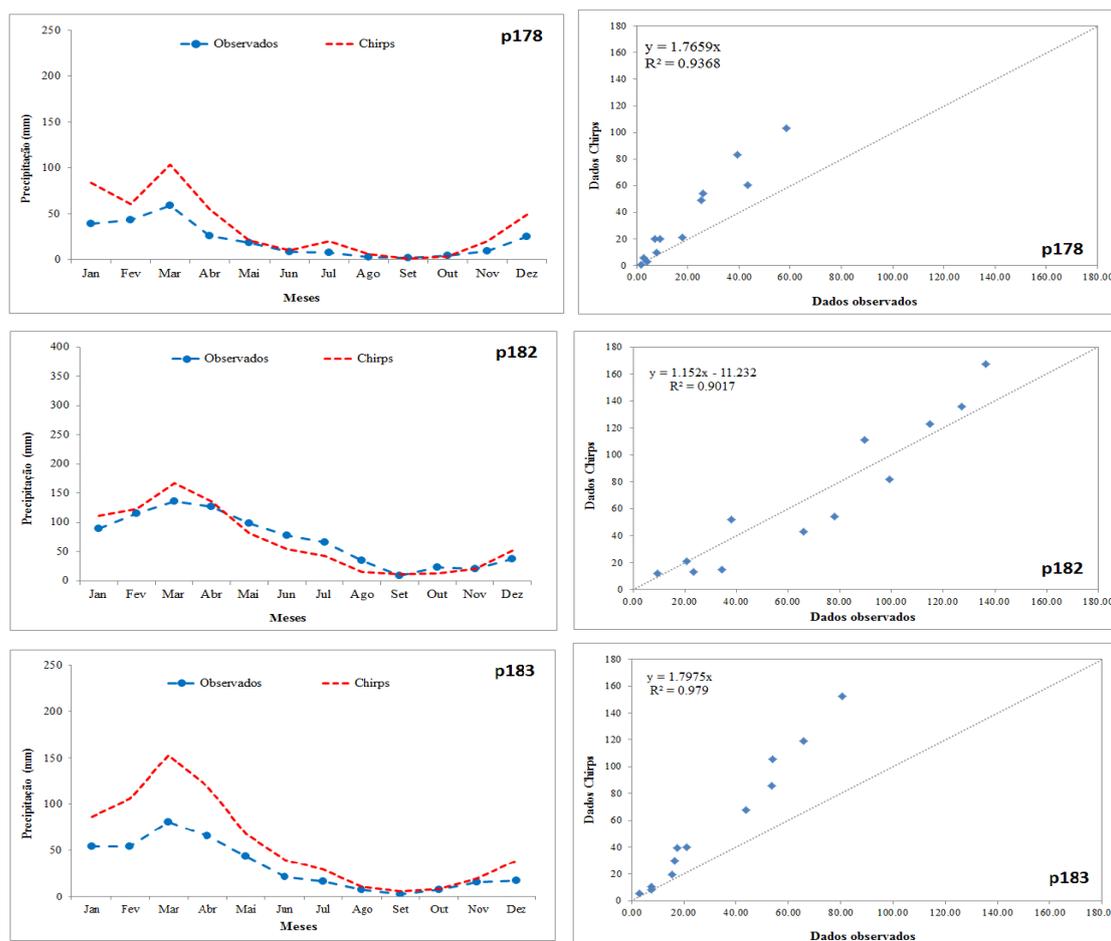


Figura 5 - Variação mensal entre os dados observados e os do CHIRPS na bacia do Rio Pajeú entre 1981 e 2016 e correlação com os dados observados nos postos pluviométricos 178, 182 e 183.  
Fonte: Autora (2023)

A Figura 5 apresenta a verificação entre os dados observados de chuva e os estimados pelo CHIRPS em três postos pluviométricos, aqui denominados p178, p182 e p183, localizados na bacia do Rio Pajeú. Para esses três postos, as estimativas do CHIRPS indicam boa correlação com a chuva observada, com  $R^2$  entre 0.90 e 0.97.

Assim como nos outros postos analisados, o período de melhor ajuste entre os dados é verificado entre os meses mais quentes, que vai de maio a outubro, onde os índices pluviométricos são menores. O posto p182 teve um ajuste melhor em relação à variabilidade apresentada nos outros postos, sobretudo de janeiro a abril, onde a tendência de superestimativa do CHIRPS diminuiu, quando comparado com o mesmo período em outros postos de chuva. Nos postos p178 e p183 segue a tendência maior de superestimativa nos quatro primeiros meses do ano, diminuindo ao longo dos meses e se ajustando melhor à série observada.

Métricas	Observado/CHIRPS										
	p12	p13	p32	p63	p87	p91	p92	p148	p178	p182	p183
RMSE	17.2	20.6	39.9	36.9	30.5	41.4	30.4	36.5	22.17	17.36	33.23
PBIAS	-8.5	28.1	39.9	306.2	125.6	88.6	52.6	89.0	76.8	-0.9	76.4
R <sup>2</sup>	0.90	0.98	0.89	0.66	0.66	0.92	0.97	0.95	0.94	0.90	0.98

Tabela 1. Estatísticas mensais entre os dados observados localizados no Rio Pajeú e as estações do CHIRPS. Fonte: Autora (2023)

A Tabela 1 indica as estatísticas mensais entre os dados observados e as estimativas do CHIRPS. De acordo com os valores de R<sup>2</sup> os dados do CHIRPS têm um ajuste satisfatório em relação ao observado, com valores acima de 0.66. O PBIAS indica superestimativa do CHIRPS em boa parte dos postos de chuva analisados, exceto em dois (p12 e p182). Possivelmente, está atrelado aos valores mais elevados, estimados para os meses iniciais do ano, visto nas figuras anteriores. O RMSE indica diferenças relativamente baixas entre os dados observados e simulados pelo CHIRPS, com erros abaixo de 42 mm de chuva entre a verificação dos dados.

## 5.2. Análise anual entre os dados do CHIRPS e os observados

No que tange a variação da precipitação anual entre os dados observados e do CHIRPS, da Figura 6, estações como a P12, P13 e a P92 apresentaram variabilidade melhor em relação aos outros postos.

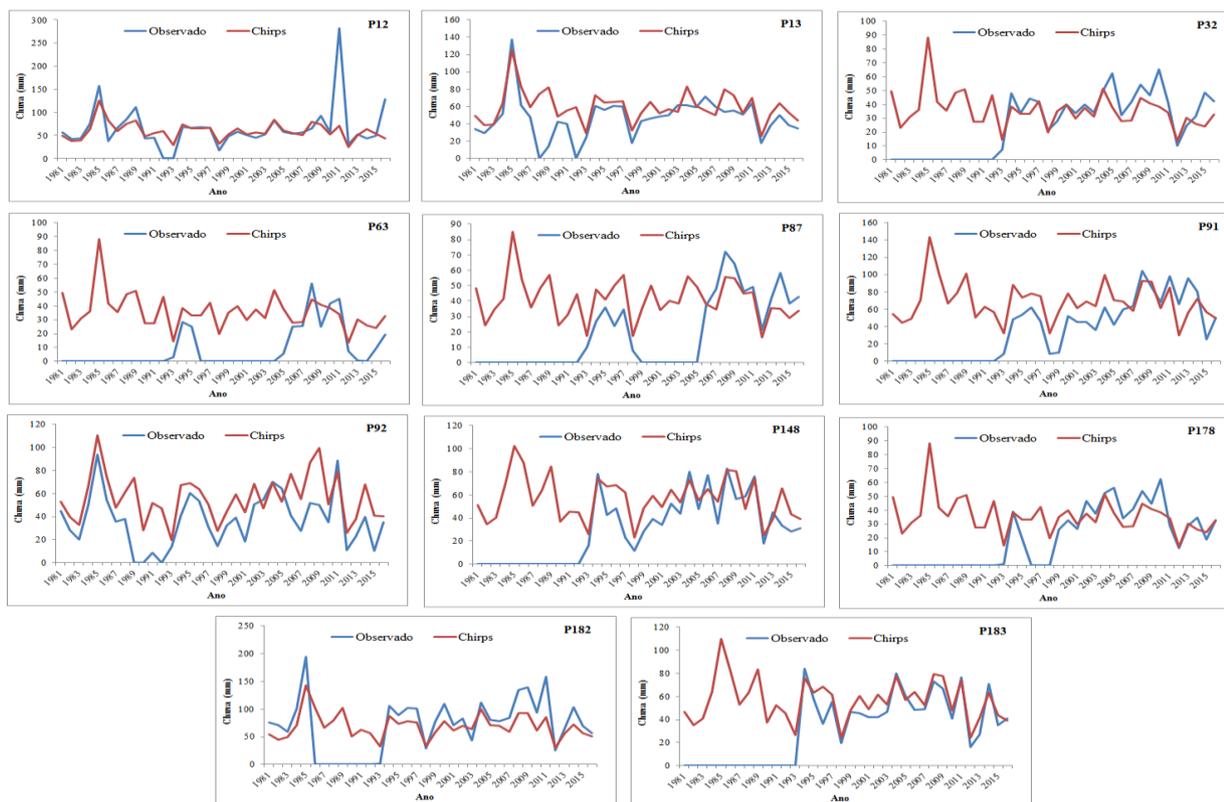


Figura 6 - Variações da precipitação média anual no período de 1981 a 2016 entre os dados observados e os do CHIRPS. Fonte: Autora (2023)

Todavia, o CHIRPS superestima anualmente grande parte dos anos nesses postos, exceto em P12 onde o CHIRPS não representou bem os picos mais elevados da série anual. Em oito dos onze postos analisados é possível observar que o período anual entre 1981 e 1993 os dados observados apresentam problemas, interferindo no processo de verificação com os dados estimados pelo CHIRPS. É possível observar que no restante da série anual, onde há presença de índices de chuva na região, os dados do satélite conseguem representar melhor a variabilidade da chuva durante os anos que apresentam dados mais consistentes.

No que tange a variação da precipitação anual entre os dados observados e do CHIRPS, da Figura 6, estações como a P12, P13 e a P92 apresentaram variabilidade melhor em relação aos outros postos. No geral, o CHIRPS superestima anualmente grande parte dos anos nesses postos, exceto em P12 onde o CHIRPS não representou bem os picos mais elevados da série anual. Em oito dos onze postos analisados é possível observar que o período anual entre 1981 e 1993 os dados observados apresentam problemas, interferindo no processo de verificação

com os dados estimados pelo CHIRPS. É possível observar que no restante da série anual, onde há presença de índices de chuva na região, os dados do satélite conseguem representar melhor a variabilidade da chuva durante os anos que apresentam dados mais consistentes.

De acordo com Souza et al., (2012) o ano de 1986 apresentou índices elevados de chuva, com máxima de 235 mm, sendo a década de 1980 considerado um dos anos mais chuvosos na região. É válido salientar que na maioria das estimativas das variações da Figura 6, os dados CHIRPS não apresentam diminuição de precipitação neste período. As estimativas variadas refletem em estudos como o de Adreoli e Kayano (2007), no qual, tem-se que a influência da temperatura do Pacífico e do Atlântico tropical atinge de forma significativa o Nordeste Brasileiro e o Atlântico Tropical atua na variabilidade dos índices de precipitação na Região. De acordo com Duarte et al., (2015) as décadas de 2000 e 2010 (precisamente os anos de 2000, 2004 e 2011) foram anos chuvosos, no qual o ano de 2000 estava sob influência de La Niña e os demais sob a influência do El Niño. Dos Santos et al. (2019), em sua pesquisa referente as análises quantitativas do monitoramento da seca no NEB, revelou que os dados CHIRPS apresentam erros sistemáticos de superestimativa e subestimativa, o que pode explicar essas variações maiores nos postos analisados, considerado uma tendência do produto na Região (SILVA et al., 2020).

## **6. CONCLUSÃO**

De acordo com a análise e verificação mensal entre os dados observados e do CHIRPS, é possível concluir que para a região estudada as estimativas de chuva do satélite conseguem representar melhor o período seco na região, superestimando os meses mais chuvosos. No entanto, os dados do satélite demonstram captar bem a variabilidade sazonal na região, mesmo com superestimativas e subestimativas ao longo dos meses. De acordo com as análises, é possível perceber que na bacia chove mais em áreas localizadas ao norte e leste da e menos ao sul dela, representado tanto pelos dados do CHIRPS quanto pelos observados.

Nas verificações anuais, é possível inferir que os dados do CHIRPS conseguem estimar bem as chuvas anuais, entretanto a deficiência de dados nos postos analisados dificulta uma análise mais acurada e concreta entre os dados. No

geral, as estatísticas foram consideradas satisfatórias. Diante das análises, infere-se que as estimativas do CHIRPS para a área de estudo pode ser considerada como alternativa para estudos climáticos e hidrológicos na região, quando houver ausência de dados de chuva.

## REFERÊNCIAS

ADLER, R.F.; et. al. **The version-2 global precipitation climatology project (GPCP) monthly precipitation analysis** (1979-present). *Journal of Hydrometeorology*, v.4, p. 1147-1167, 2003.:

ALMEIDA, André Quintão de et al. Relações empíricas entre características dendrométricas da Caatinga brasileira e dados TM Landsat 5. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 49, p. 306-315, 2014.

ALVARES, Clayton Alcarde et al. **Köppen's climate classification map for Brazil**. Application to Monitor Meteorological Drought for the Upper Blue Nile Basin, Ethiopia. *Remote Sensing*, v. 9, n. 7, p. 669, 2017.

ANA - Agência Nacional de Águas. Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil: informe 2012. Brasília: ANA, 2012. Disponível em: <Conjuntura dos Recursos Hídricos — Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) (www.gov.br)> Acesso em: 24 de jan. 2024.

ASSIS, Janaina Maria Oliveira de. **Análise de tendências de mudanças climáticas no semiárido de Pernambuco**. 2012 Dissertação de Mestrado – UFPE, Recife.

BAEZ-VILLANUEVA et. al. **Avaliação Temporal Espacial de Estimativas de Precipitação por Satélite em Diferentes Regiões da America Latina**. *Science Direct*. 2018. v. 231. p.: 34-50

Beck, H. E., Vergopolan, N., Pan, M., Levizzani, V. Van Dijk, A. I. J. M., Weedon, G. P., Brocca, L., Pappenberger, F., Huffman, G. J., e Wood, E. F. **“Global-scale evaluation of 22 precipitation datation sand hydrological modeling st**. *Sci.*, v. 21, n. 12, pp. 6201–6217, 2017

COLLISHONN, B.; COLLISHONN, W; TUCCI, C. Análise do campo de precipitação gerado pelo satélite TRMM sobre a bacia do São Francisco até Três Marias. In: **Simpósio de Recursos Hídricos do Sul**. Anais..., Curitiba - PR, 2006.

COLLISCHONN, Bruno et al. Desempenho do satélite TRMM na estimativa de precipitação sobre a bacia do Paraguai superior. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 59, n. 1, p. 93-99, 2007.

COSTA, Julio Cezar et al. Validação dos Dados de Precipitação Estimados pelo CHIRPS para o Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 24, 2019.

COSTA, H. C.; MARCUZZO, F. F. N.; FERREIRA, O. M.; ANDRADE, L. R.;

Espacialização e Sazonalidade da Precipitação Pluviométrica do Estado de Goiás e Distrito Federal. **Revista Brasileira de Geografia Física**. Recife, v.5, n.1, p.87-10, 2012

DA SILVA, D.F.; PRELA-PANTANO, A.; CAMARGO, M.B.P. Análise de dados de precipitação estimados pelo satélite TRMM para o Vale do Médio Parapanema-SP. **REVENG - Engenharia na agricultura**, Viçosa - MG, v.21 n.2, Março / Abril 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.13083/1414-3984.v21n02a04>

DA SILVA-FUZZO, Daniela Fernanda; ROCHA, Jansle Vieira. Validação dos dados de precipitação estimados pelo TRMM, para o Estado do Paraná, e sua contribuição ao monitoramento agrometeorológico. **Formação (Online)**, v. 3, n. 23, 2016.

DE CARVALHO, Wallison, COSTA, Denis. FRAGOSO, Carlos. Avaliação de Diferentes Fontes de Dados de Precipitação e seus Impactos na Simulação dos Processos Hidrológicos. In: **XXIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**. Anais, Foz do Iguaçu – PR, 2019.

DEMBÉLÉ, Márcia; ZWART, Sander J. Avaliação e comparação de produtos de precipitação baseados em satélite em Burkina Faso, África Ocidental. **Revista Internacional de Sensoriamento Remoto**, v. 37, n. 17, p. 3995-4014, 2016.

DOS SANTOS, Bruno César et al. Análise espaço-temporal da precipitação na região central do estado de São Paulo utilizando dados CHIRPS. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 15, n. 05, p. 2582-2600, 2022.

DOS SANTOS, Sergio Rodrigo Quadros; DO AMARAL CUNHA, Ana Paula Martins; RIBEIRO-NETO, Germano Gondin. Avaliação de dados de precipitação para o monitoramento do padrão espaço-temporal da seca no nordeste do Brasil. **Revista brasileira de climatologia**, v. 25, 2019..

DUARTE, Cristiana Coutinho; NÓBREGA, Ranyére Silva; COUTINHO, Roberto Quental. Análise climatológica e dos eventos extremos de chuva no município do Ipojuca, Pernambuco. **Revista de Geografia (UFPE)**, v. 32, n. 2, 2015.

DUAN, Yan et al. **Aprendizagem por reforço rápido através da aprendizagem por reforço lento**, 2016.

FUNK, C., PETERSON, P., LANDSFELD, M., PEDREROS, D., VERDIN, J., SHUKLA, S., HUSAK, G., ROWLAND, J., HARRISON, L., HOELL, A., MICHAELSEN, J. (2015). "The climate hazards infra red precipitation with stations — a new environmental record for monitoring extremes". *Scientific data* 2, 150066. <https://doi.org/10.1038/sdata.2015.66>

GALVÍNCIO, Josiclêda Domiciano; DE MOURA, Magna Soelma Beserra. Aspectos climáticos da captação de água de chuva no Estado de Pernambuco. **Embrapa Semiárido-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2005.

GUIMARÃES, Daniel Pereira et al. Caracterização das chuvas no Pantanal Mato-grossense. **Anais do VII Simpósio de Geotecnologias no Pantanal**. Jardim, **EMBRAPA/INPE**, p. 555-562, 2018.

PETTY, G. W. The **Status of Satellite-Based Rain fall Estimation over Land**. *Remote Sensing of Environment* 51, p. 125-137, 1995.

PORTO, Amaurany et al. Analysis of future climate projections for the Pajeú River basin simulated by the regional model Eta-Hadgem2-ES. **Journal of Hyperspectral Remote Sensing v**, v. 12, n. 1, p. 1-9, 2022.

RAMAGE, K.; JOBARD, I.; LEBEL, T.; DESBOIS, M. Satellite estimation of 1-day to 10-day cumulated precipitation: **comparison and validation over tropical Africa of TRMM, METEOSAT and GPCP products**. The 2003 EUMETSAT Meteorological Satellite Conference, 2003, Weimar, Alemanha.

RIBEIRO, Eberson Pessoa. **Mudanças ambientais e desertificação na bacia hidrográfica do rio Pajeú**. 2016.

Ribeiro Marinho, Rogério, and Irma Ayes Rivera. "A precipitação estimada por satélite na Bacia do Rio Negro, Noroeste Amazônico (1981-2017)/The precipitation estimated with satellite in the River Negro Basin, North West Amazon (1981-2017)." *Ra'e Ga*, vol. 50, Mar. 2021, pp. 44+. **Gale Academic One File**, [link.gale.com/apps/doc/A674728617/AONE?u=capes&sid=bookmark-AONE&xid=97186713](https://link.gale.com/apps/doc/A674728617/AONE?u=capes&sid=bookmark-AONE&xid=97186713). Accessed 8 Mar. 2023.

ROSA, Gabriel. **Validação dos Dados de Precipitação Estimados por Sensoriamento Remoto em Rio Verde-Go**. 2021.

SALDANHA, Claudinéia Brazil, et al. Comparação Dos Dados De Precipitação Gerados Pelo Gpcpvs Observados Para o Estado Do Rio Grande Do Sul. **Revista Brasileira De Meteorologia**, vol. 30, no. 4, 2015, pp. 415–422.

SALGUEIRO, João HPB; MONTENEGRO, Suzana MGL. Análise da distribuição espacial da precipitação na bacia do rio Pajeú em Pernambuco segundo método geoestatístico. **Revista Tecnologia**, v. 29, n. 2, 2008.

SANCHEZ-MORENO, J. F.; MANNAERTS, C.; JETTEN, V. Influence of topography on rain fall variability in Santiago Island, Cape Verde. **International Journal of Climatology**, n. 34, p. 1081-1097, 2014.

SANTOS, B. C. et al. Análise espaço-temporal da precipitação na região central do estado de São Paulo utilizando dados CHIRPS. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 15, n. 05, p. 2582-2600, 2022.

SILVA, E. R. M; da et al. **Análise do Desempenho da Estimativa de Precipitação do Produto CHIRPS para Sub-Bacia do Rio Apeú**, Castanhal-PA. 2020.

SILVA, D.F. **Uso de Modelos Agrometeorológicos de estimativa de produtividade e risco climático da soja no vale do médio Paranapanema – SP**. 80f. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical) Instituto Agrônomo, Campinas –SP. 2011.

SILVA NÓBREGA, Ranyére, CHAGAS FELIPE SANTIAGO, Gabriela Ayane. Tendências do controle climático oceânico sob a variabilidade temporal da precipitação no Nordeste do Brasil. **Revista de Geografia Norte Grande**. 2016,

(63), 9-26 [ISSN: 0379-8682. Disponível em: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=30045600002>, acessado em 10 de setembro de 2023.

SILVA, Emerson Renato Maciel da et al. Análise do Desempenho da Estimativa de Precipitação do Produto CHIRPS para Sub-Bacia do Rio Apeú, Castanhal-PA. 2020.

SOROOSHIAN, Sorooshet al. Avaliação de estimativas de precipitação tropical baseadas em satélites do sistema PESIANN. **Boletim da Sociedade Americana de Meteorologia**, v. 81, n. 9, p. 2035-2046, 2000.

SOARES, Deivide Benicio; NÓBREGA, Ranyére Silva; GALVÍNIO, JosiclêdaDomiciano. Indicadores climáticos de desertificação na bacia hidrográfica do Rio Pajeú, Pernambuco. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 22, 2018.

SOUZA, Pedro Henrique de Almeida et al. **Dinâmica da Chuva na Região Metropolitana de Maceió via Produtos de Precipitação (CHELSA e CHIRPS)**. 2022.

SOUZA, Werônica Meira; DE AZEVEDO, Pedro Vieira; DE ARAÚJO, Lincoln Eloi. Classificação da precipitação diária e impactos decorrentes dos desastres associados às chuvas na cidade do Recife-PE. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 5, n. 2, p. 250-268, 2012.

TAVARES, Paulo Amador et al. Clima, antropização e análise de focos de calor em unidades de conservação de proteção integral na Amazônia Brasileira. **Simpósio Brasileiro De Sensoriamento Remoto**, v. 19, 2019.

TORRES, Francisca et al. Validação de diferentes bases de dados de precipitação nas bacias hidrográficas do Sapucaí e São Francisco. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 27, 2020.

TOTÉ, Carolienet al. Avaliação de estimativas de precipitação por satélite para monitoramento de secas e inundações em Moçambique. **Sensoriamento Remoto**, v. 7, n. 2, p. 1758-1776, 2015.

WANDERLEY, Henderson Silva; AMORIM, Ricardo Ferreira Carlos de; CARVALHO, Frede Oliveira de. Variabilidade espacial e preenchimento de falhas de dados pluviométricos para o estado de Alagoas. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 27, p. 347-354, 2012.

XAVIER, A. C., KING, C. W. & SCANLON, B. R. (2016). **Daily gridded meteorological variables in Brazil (1980–2013)**. *Int. J. Climatol.* 36(6), 2644–2659. doi:10.1002/joc.4518

ZAMBRANO, Francisco et al. Avaliação de conjuntos de dados históricos de precipitação de longo prazo derivados de satélite para monitoramento de secas no Chile. **Pesquisa Atmosférica**, v. 186, p. 26-42, 2017.