



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
**INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS**

# **ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE DADOS GPM E ESTAÇÕES PLUVIOMÉTRICAS NO VALE DO ITAJAÍ/SC**

**Barbara Hass Miguel**

Monografia da disciplina de Introdução ao  
Geoprocessamento (SER-300), ministrada pelo Dr. Antônio  
Miguel Vieira Monteiro.

**São José dos Campos**

**2016**

## SUMÁRIO

<b>1. Introdução</b>	4
<b>2. Objetivos</b>	5
<b>3. Materiais e Métodos</b>	5
<b>3.1 Área de Estudo</b>	6
<b>3.2 Análise da precipitação</b>	8
<i>3.2.1 Interpolação por Inverso Ponderado das distâncias</i>	
<i>3.2.2 Interpolação por Vizinho Natural</i>	
<i>3.2.3 Interpolação por Spline</i>	
<b>3.3 Ajuste entre os dados das estações e do produto GPM</b>	15
<i>3.3.1 Estatística Zonal</i>	
<i>3.3.2 Estimativa do erro (“bias”)</i>	
<b>4. Resultados e Discussões</b>	17
<b>4.1 Validação dos Métodos de Interpolação</b>	17
<b>4.2 Cálculo da estimativa do erro “Bias”</b>	18
<b>5. Conclusões</b>	23
<b>6. Bibliografia</b>	23

## RESUMO

A precipitação é uma das principais entradas do ciclo hidrológico, sendo que grande parte das atividades relacionadas à gestão dos recursos hídricos necessitam de avaliações da quantidade de precipitação ocorrida sobre as bacias hidrográficas. Entretanto, a precipitação é a variável meteorológica que apresenta a maior variabilidade espaço-temporal dentre as variáveis importantes para estudos hidrológicos. Nas últimas décadas, houve um aumento na utilização de sensoriamento remoto para se estimar a precipitação de uma determinada área, possibilitando o cálculo de estimativas de precipitação em regiões onde os dados das estações pluviométricas são escassos ou mal distribuídos. O objetivo do presente trabalho foi avaliar métodos de interpolação para a precipitação registrada pelas estações pluviométricas sobre as sub bacias Itajaí Mirim e Itajaí do Sul, em Santa Catarina, bacias conhecidas pelo alto índice de pluviosidade. Além disso, foi analisado o comportamento do produto GPM em relação as medidas registradas pelos pluviômetros, sobre a mesma área de estudo, no mesmo período, referente ao mês de outubro de 2015. Essa análise consistiu na inferência do erro sistemático (“bias”) para a grade GPM em relação a precipitação das estações. Os resultados indicam que as estimativas de precipitação pluvial fornecidas pelo GPM são consistentes tanto na escala espacial quanto na temporal. A combinação das duas formas de obtenção de dados de chuva pode auxiliar na formação de um banco de dados de precipitação pluvial consistente e confiável para estudos futuros.

## 1. INTRODUÇÃO

A hidrologia, no contexto de bacias hidrográficas, busca conceituar e modelar diferentes processos em condições ambientais variáveis no espaço e no tempo. Grande parte das atividades relacionadas à gestão dos recursos hídricos necessitam de avaliações da quantidade de precipitação ocorrida sobre as bacias hidrográficas. Dessa forma, técnicas como medições de estimativas de precipitação são de substancial significância para a previsão de respostas hidrológicas dessas unidades ambientais a determinadas condições (TUCCI & COLLISCHONN, 2003).

Devido a sua grande variabilidade espaço-temporal, a precipitação é uma das variáveis atmosféricas mais difíceis de se medir e estimar. Os pluviômetros são aparelhos localizados em estações meteorológicas, espalhadas pela superfície terrestre que coletam informações precisas da quantidade de precipitação, entretanto, as medidas dos pluviômetros são pontuais, abrangendo uma pequena área no entorno do dispositivo. Além disso, fatores como a baixa densidade de pluviômetros, a distribuição irregular das estações em áreas mais remotas e o caráter pontual das medições podem causar incertezas significativas, no entendimento dos diferentes processos relativos aos mecanismos dinâmicos da precipitação e de sua variabilidade espacial (KIDDER & HAAR, 1995).

A utilização de sensores remotos na estimativa de precipitação se tornou uma ferramenta muito importante na minimização desses problemas. Nos últimos anos, houve avanços consideráveis no desenvolvimento de satélites ambientais, aumentando a quantidade de informações disponíveis, incluindo estimativas de precipitação, que contribuem para o enriquecimento de estudos que envolvem diretamente a variabilidade espacial e temporal da precipitação sobre uma determinada área.

O satélite GPM (*Global Precipitation Measurement*) lançado em 27 de fevereiro de 2014, se tornou o sucessor do conhecido satélite TRMM, disponibilizando um grande número de sensores micro-ondas passivos à bordo dos satélites com órbita de baixa inclinação e altitude. Esse satélite é um núcleo de observações, que monitora a precipitação na atmosfera, e a sua variação na região tropical, com alta resolução temporal. Devido ao seu pouco tempo em órbita, ainda são muito poucos os estudos sobre os produtos gerados por esse satélite.

Nesse contexto, é de extrema importância as estimativas de precipitação por sensores remotos na modelagem hidrológica. Entretanto, como os campos de estimação da precipitação por sensores remotos são constituídos por valores médios de precipitação sobre a área de cada elemento da grade espacial, a comparação pontual com os dados de estações pluviométricas muitas vezes pode ser prejudicada pela própria variabilidade espacial da precipitação sobre uma determinada área. Contudo, ainda são necessários estudos que comparem essas informações, visando quantificar sua precisão e estabelecer uma aplicação direta desses produtos em estudos hidrológicos (KUMMEROW et al., 2000; KURTZMAN et al., 2009).

## **2. OBJETIVOS**

O objetivo do presente trabalho foi avaliar métodos de interpolação para a precipitação registrada pelas estações pluviométricas sobre as sub bacias Itajaí Mirim e Itajaí do Sul, em Santa Catarina, bacias conhecidas pelo alto índice de pluviosidade e validar qual é o método de interpolação que melhor se ajusta ao respectivo evento. Além disso, foi analisado o comportamento do produto GPM sobre a mesma área de estudo no mesmo período, referente a outubro de 2015, com a precipitação registrada pelos pluviômetros. Essa análise consistiu na inferência do erro sistemático (“bias”) para a grade GPM em relação a precipitação registrada pelas estações.

## **3. MATERIAS E MÉTODOS**

A metodologia utilizada no presente trabalho está descrita no fluxograma de modelo de banco de dados OMTG (figura 1), compreendendo a análise da precipitação ocorrida no mês de outubro de 2015 sobre as bacias do Itajaí Mirim e Itajaí do Sul. A correlação espacial da precipitação registrada pelos pluviômetros das estações terrestres com a imagem do GPM serão descritas nos tópicos a seguir.

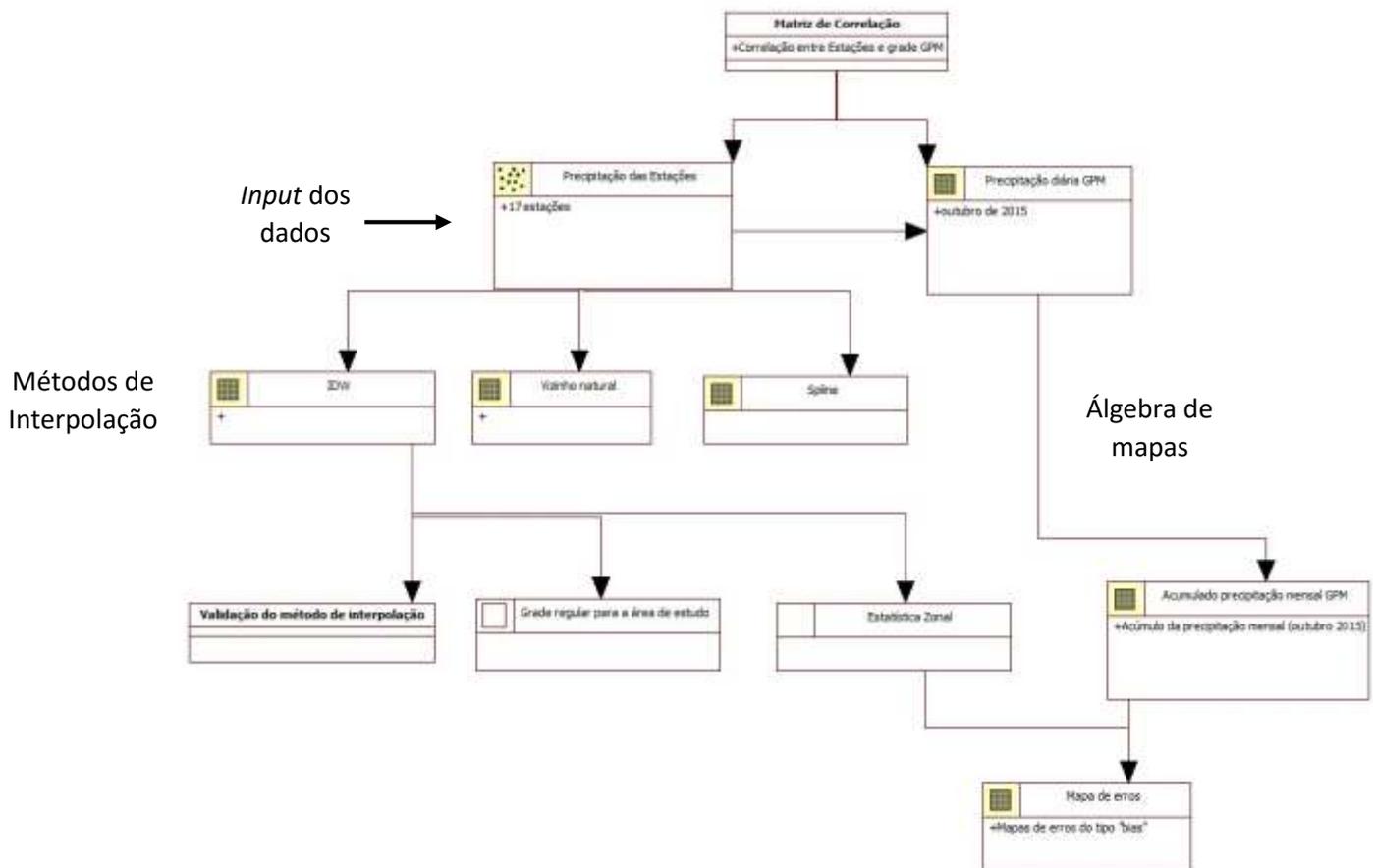


Figura 1: Fluxograma com modelo de banco de dados OMTG.

### 3.1 ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo compreende nas sub bacias hidrográficas do rio Itajaí-Mirim e do Rio Itajaí do Sul (figura 2), ambas localizadas na região do Vale do Itajaí, em Santa Catarina, entre as latitudes 26°53'17,1" e 26°56'05,1" Sul e as longitudes 48°40'57,8" e 48°44'12,4" Oeste.

O rio Itajaí-Mirim faz parte da bacia do rio Itajaí-Açú, que por sua vez faz parte do sistema de drenagem da vertente do Atlântico. O rio Itajaí-Mirim é a maior sub-bacia da bacia de drenagem do rio Itajaí-Açú, fazendo parte da Região Hidrográfica do Vale do Itajaí (RH 7). Esta bacia engloba integralmente os municípios de Vidal Ramos, Presidente Nereu, Botuverá, Guabiruba e Brusque; e parcialmente os de Gaspar (3%), Ilhota (9,5%), Camboriú (18%) e Itajaí (64%), totalizando assim nove municípios.

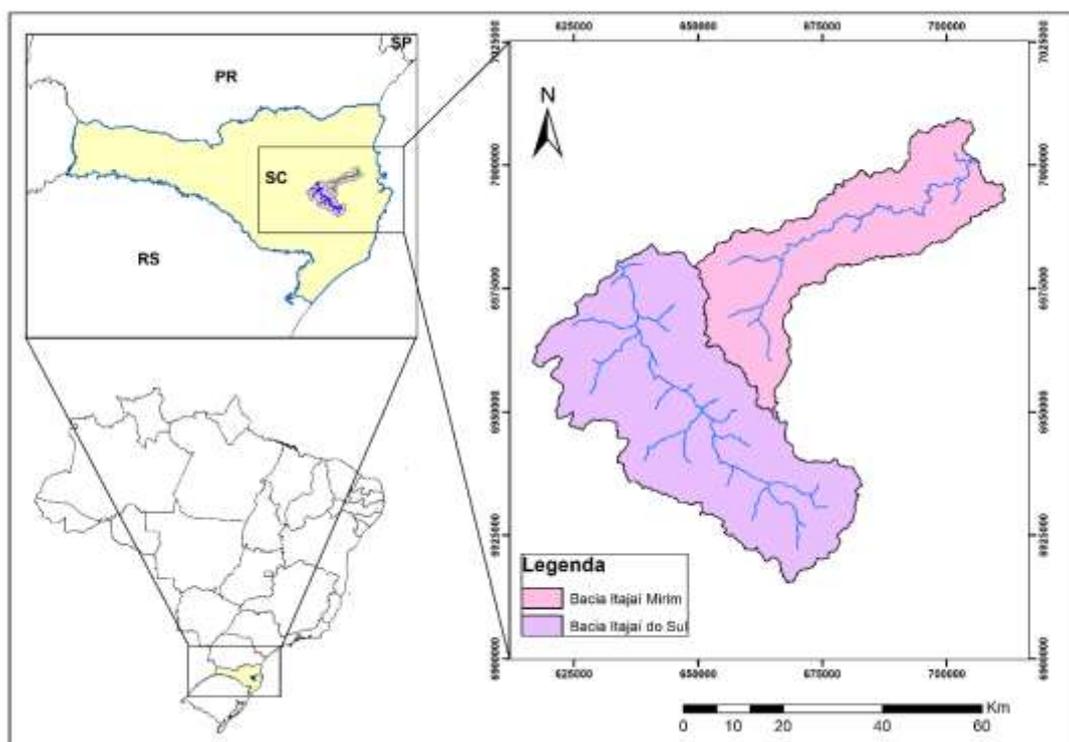


Figura 2: Mapa de articulação da área de estudo.

A sub bacia do Itajaí Mirim apresenta uma área de drenagem estimada em 1208km<sup>2</sup>, uma densidade de drenagem de 1,6 km/km<sup>2</sup>, um coeficiente de forma de 0,054 e compacidade de 2,03, o que atribui um aspecto alongado, com grande probabilidade de ocorrência de enchentes decorrentes de precipitações curtas porém intensas; e uma vazão média de longo período de 205 m<sup>3</sup>/s, sendo uma das bacias mais expressivas do estado de Santa Catarina, considerando os aspectos de hidrografia e socioeconômicos (RIFTEL & BEAUMORD, 2002, 2003).

A sub bacia do Itajaí do Sul apresenta uma área de 1968 km<sup>2</sup>. A microrregião onde essa sub bacia está localizada, nos patamares do Alto Vale do Itajaí, apresenta fronteiras Oeste nos contrafortes do Planalto Meridional Brasileiro, na Serra Geral e na Serra dos Espigões, compreendem áreas adjacentes as sub-bacias hidrográficas do Rio Itajaí do Norte que nasce na Serra do Espigão, do Rio Itajaí do Oeste que nasce nos contrafortes do Planalto de Canoinhas e da parte baixa da sub-bacia do Rio Itajaí do Sul.

A região onde se encontram as sub-bacias apresenta relevo acidentado (figura 3), constituindo parte dos patamares do Alto Rio Itajaí e do relevo de Serra Geral, com altitudes que variam entre 400 a 1700 metros.

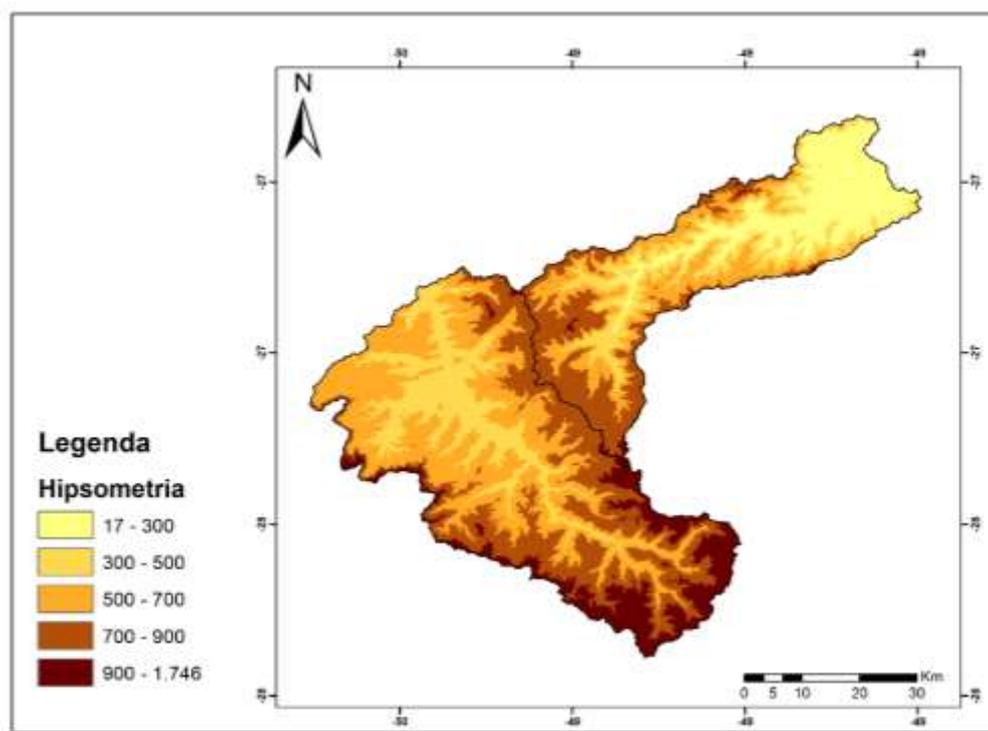


Figura 3: Mapa Hipsométrico da área de estudo.

### 3.2 ANÁLISE DA PRECIPITAÇÃO

Os dados de precipitação utilizados nesse trabalho foram obtidos no portal Hidroweb da Agência Nacional de Águas (ANA), compreendendo em dados de séries históricas de precipitação diária. As estações pluviométricas disponibilizadas no acervo da ANA são de responsabilidade de diversas entidades, sendo assim, os dados apresentam uma qualidade questionável.

Na Figura 4 são apresentadas as estações pluviométricas pertencentes as sub-bacias Itajaí Mirim e Itajaí do Sul e as estações localizadas próximas a essas bacias, totalizando em 17 pontos de medição.

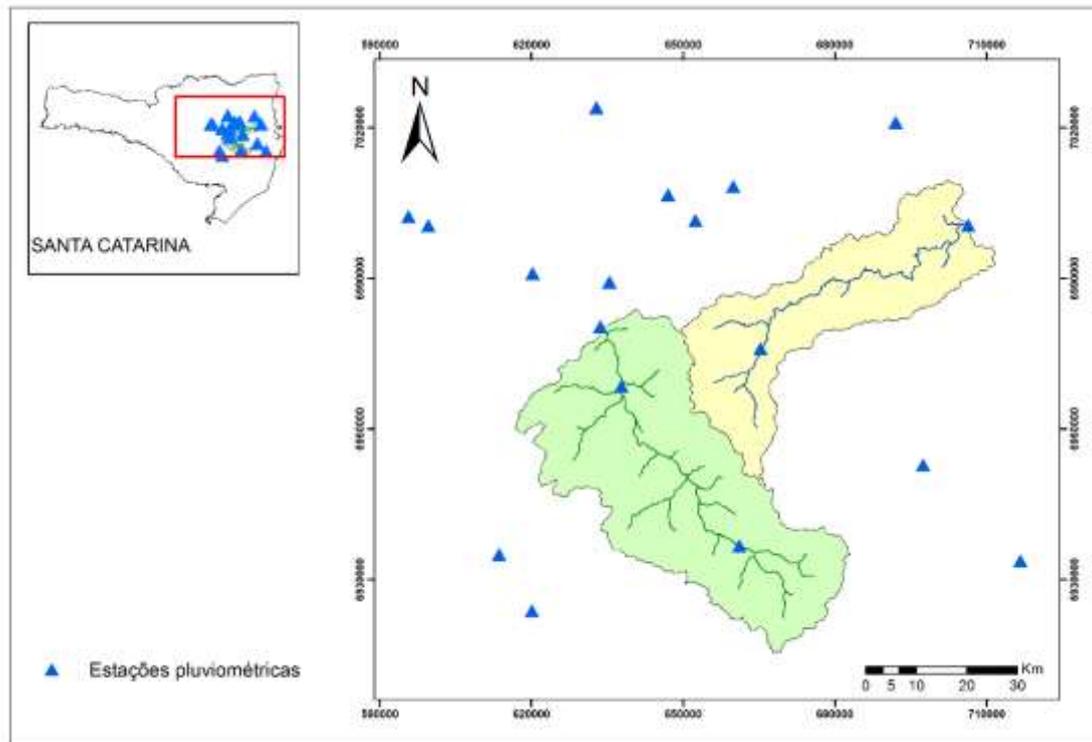


Figura 4 – Estações pluviométricas listadas no inventário da ANA para a área de estudo.

As precipitações diárias do mês de outubro de 2015 foram convertidas para precipitação acumulada mensal. Esse mês foi escolhido para a análise pois apresentou uma elevada precipitação que culminou em enchentes sobre diversos pontos das bacias, inundando cidades importantes do Vale do Itajaí como a cidade de Brusque.

Para a verificação do comportamento da precipitação acumulada dentro das bacias e em suas proximidades, os dados pontuais das estações pluviométricas foram espacializados, por meio da interpolação dos valores, gerando grades retangulares de resolução de 50 m. Para a geração da grade foram testados o desempenho dos interpoladores inverso do quadrado da distância, vizinho natural e spline mitasova, baseados em métodos determinísticos.

O método probabilístico krigeagem ordinária não foi utilizada nesse trabalho devido ao número reduzido de estações pluviométricas presentes na área de estudo, não favorecendo o uso de métodos geoestatísticos. Esses métodos dependem de variogramas, que por sua vez, dependem de uma alta quantidade de amostras pontuais não muito espaçadas para produzir bons resultados. O desempenho dos interpoladores foi avaliado

por meio da validação dos dados em comparação com amostras de teste, comparando os erros e os desvios entre os valores estimados e observados.

A Global Precipitation missão Measurement (GPM) é uma rede internacional de satélites iniciada pela NASA e pela Agência de Exploração Aeroespacial do Japão (JAXA), que fornece observações globais da chuva e da neve de próxima geração. Aproveitando o sucesso do Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM), os centros de conceito GPM transportam um avançado sistema de radar / radiômetro para medir a precipitação a partir do espaço e servir como um padrão de referência para unificar as medições de precipitação de uma constelação de pesquisa e satélites operacionais.

Os dados GPM apresentam uma resolução espacial de 5 km Para o presente trabalho, o acumulado mensal de precipitação para o mês de outubro de 2015, referente a área de estudo, foi obtido através de uma álgebra de mapas, onde se somou os grades referentes as precipitações diárias do mês de outubro de 2015 adquiridas na plataforma Giovanni da NASA ([disc.sci.gsfc.nasa.gov/giovanni](http://disc.sci.gsfc.nasa.gov/giovanni)).

Para garantir melhores resultados, o tamanho da grade GPM utilizada no trabalho, foi extrapolado do limite das estações pluviométricas em alguns poucos quilômetros para a geração da grade. Pelo produto GPM (figura 5), nota-se a alta pluviosidade ocorrida no interior das bacias e nas áreas adjacentes durante esse período (tons de azul na imagem).

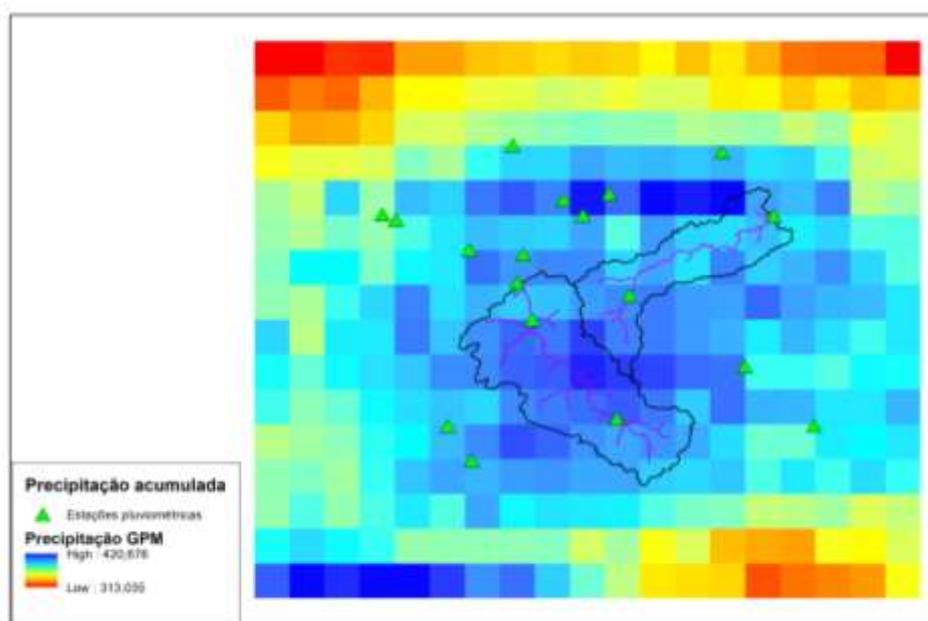


Figura 5: Grade GPM referente a precipitação acumulada no mês de outubro de 2015 sobre a área de estudo.

A partir do ajuste entre o modelo de interpolação escolhido e a grade GPM, uma matriz de correlação foi gerada, visando a comparação da distribuição e a análise da correlação desses dados.

### 3.2.1 *Interpolação por Inverso Ponderado das distâncias*

Este método pode ser classificado tanto como um interpolador exato ou como um suavizante, faz com que os pesos dos dados sejam avaliados durante o processo de interpolação, tal que a influência de cada ponto é inversamente proporcional à distância do nó da malha. O fator peso pode ser pré-determinado pelo usuário, sendo que quanto maior o valor escolhido, menor será a influência dos pontos mais distantes do nó. Inversamente, quanto menor for o peso, maior o efeito de pontos distantes sobre toda a malha, conforme a figura 6.

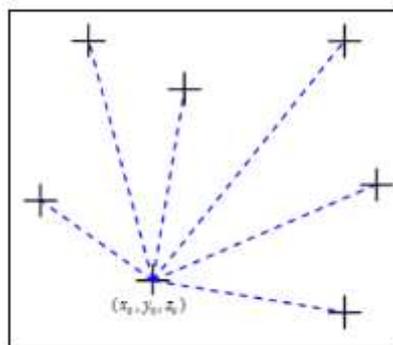


Figura 6: Método do inverso ponderado das distâncias: o valor de  $X_0$  é uma média ponderada das  $N$  amostras vizinhas, em que os ponderadores são determinados pelo inverso ponderado das distâncias de cada uma das amostras  $X_0$ , adaptado de Soares (2000).

Os pontos amostrados próximos à localização do nó a ser estimado recebem peso maior que os pontos amostrados de localização mais distante ao calcular o valor de um nó. A soma de todos os pesos dados os pontos amostrados vizinhos é igual a 1 (equação 1).

$$Z = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{Z_i}{h_{ij}^\beta}}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{h_{ij}^\beta}}$$

**(Equação 1)**

Onde  $Z$  é o valor interpolado para o nó da grade regular (Grid),  $Z_i$  é o valor do ponto amostrado vizinho ao nó,  $h_{ij}$  é a distância entre o nó da grade  $Z_i$ ,  $\beta$  é o expoente de ponderação (peso),  $n$  é o número de pontos amostrados utilizados para interpolar cada nó. Expoentes baixos (0 a 2) destacam anomalias locais, sendo que o expoente igual a 2 é o inverso do quadrado da distância (IDW), o qual foi utilizado no presente trabalho.

A grade gerada pelo interpolador IDW apresentou padrões de mudanças bruscas locais nos valores de precipitação próximos as estações localizadas no interior da bacia, devido à grande variância entre as amostras (Figura 7). O raio de busca, utilizado para a geração da grade é a distância máxima em que as amostras se correlacionam e influenciam na média gerada para as bacias.

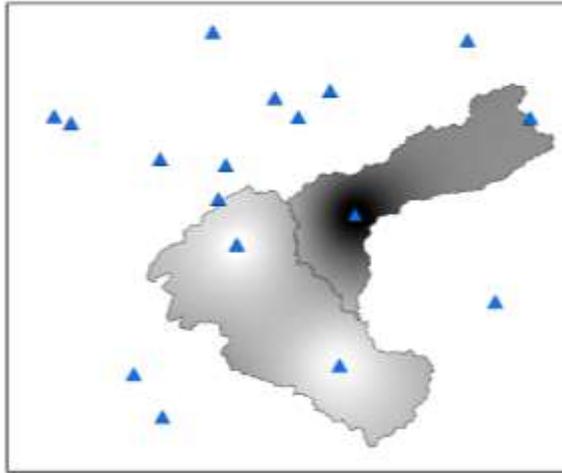


Figura 7: Grade gerada pelo interpolador IDW.

Uma característica negativa deste método é a geração de efeito mira ao redor dos pontos observados. Entretanto, este é um método rápido e requer pouco recurso computacional (MAZZINI; SCHETTINI, 2009).

### 3.2.2 Interpolação por vizinho natural

A interpolação com o método do Vizinho Natural cria pesos para cada um dos pontos de entrada com base em sua “área de influência” assumido. Estas áreas são determinadas através da geração de polígonos de Voronoi em torno de cada ponto de entrada (SMITH, 2009), os polígonos de Voronoi são construídos a partir da triangulação de Delaunay (Figura 8).

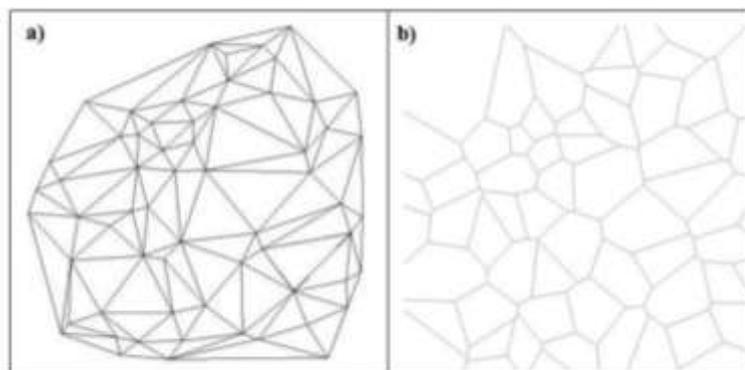


Figura 8: Triangulação de Delaunay (a), Polígonos de Voronoi correspondentes, para um conjunto de pontos amostrais (b) (SMITH, 2009).

As ponderações utilizadas na interpolação do método do vizinho natural são baseadas no conceito de coordenadas locais. As coordenadas locais definem a “vizinhança” ou a quantidade de influência que qualquer ponto amostral terá sobre o valor calculado no ponto a ser interpolado. Esta vizinhança é totalmente dependente da nova área de influência dos polígonos de Voronoi.

A equação básica utilizada na interpolação do Vizinho Natural nos nós da grade regular é mostrada na equação 2:

$$Z(x, y) = \sum_{i=1}^n w_i Z_i \quad \text{(Equação 2)}$$

Onde  $Z$  é o valor interpolado para o nó da grade regular,  $Z_i$  é o valor amostrado vizinho ao subconjunto.

Para a área de estudo, foi gerada uma grade por interpolação de vizinho natural (figura 9). Nota-se que a interpolação não abrange toda a área das sub bacias devido ao número limitado de estações, sendo esse modelo de interpolação inviável para o presente trabalho. Entretanto, por definição esse modelo é o mais adequado para ser utilizado em áreas que apresentam mudanças bruscas de altitude, como é o caso desse estudo.

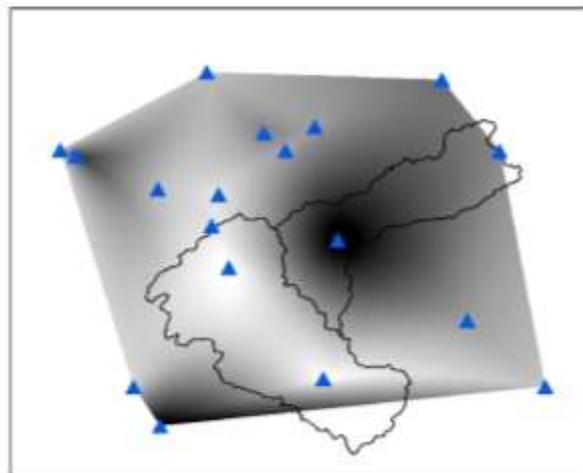


Figura 9: Grade gerada pelo interpolador vizinho natural.

### 3.2.3 Interpolação por Spline

O método de interpolação spline é um método utilizado para ajuste de uma superfície de curvatura mínima através dos dados pontuais de entrada. Esse método é melhor para superfícies que representam tendências gradativas, como é o caso das chuvas médias na bacia. Não é apropriado se houver grandes intervalos nas superfícies em uma pequena distância horizontal.

Os splines dividem a área em blocos de busca das amostras e interpolação, cada um com uma superfície de tendência. A grade gerada com o interpolador spline mitasova, utilizando o SPRING, apresentou melhor suavização da precipitação acumulada (figura 10).

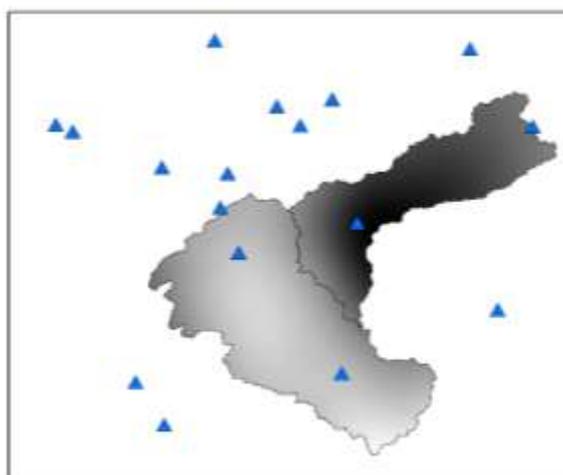


Figura 10: Grade gerada pelo interpolador Spline.

### 3.3 AJUSTE ENTRE OS DADOS DAS ESTAÇÕES E O PRODUTO GPM

#### 3.3.1 Estatística Zonal

Para a realização do ajuste entre as medidas registradas pelas estações pluviométricas com os valores dos dados GPM, primeiramente houve a necessidade de se aplicar uma estatística zonal, devido a diferença de resolução entre os mapas de precipitação das estações e pelo satélite GPM. Essa estatística permite calcular os vários valores dos pixels de uma camada com a ajuda de uma camada vetorial de polígono. Pode-se calcular a quantia, o valor médio e a contagem total de pixels que estão dentro de um polígono. O complemento gera colunas de saída na camada de vetor com um prefixo

definido pelo usuário. Nesse contexto, foi utilizado o programa LEGAL dentro do SPRING para a realização dessa estatística, por meio do operador Media Zonal.

Neste trabalho, o campo de precipitações foi realizado utilizando um método para estimar os valores das precipitações nodais da grade regular ou “Grid” sobre a área de estudo (figura 12).

Este método proposto para estimar o erro da precipitação média, evita a existência de lacunas, pois sempre haverá um valor médio de precipitação. Neste caso, os métodos de interpolação podem identificar erros e preencher as falhas existentes em dados pontuais com inconsistências.

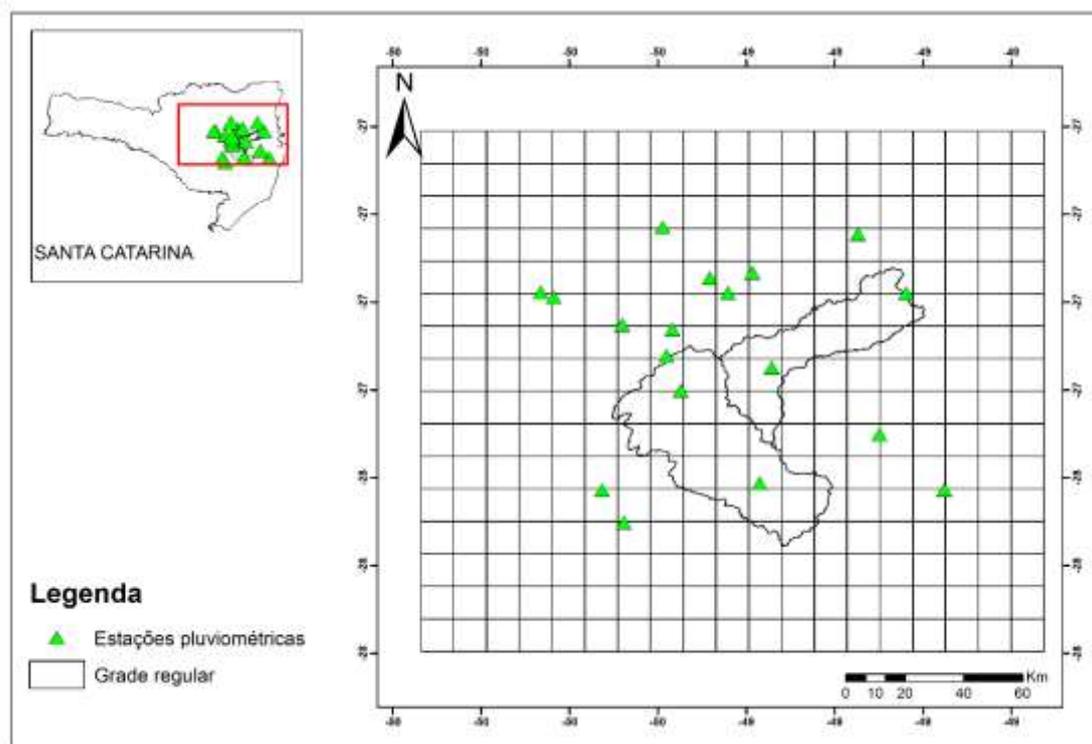


Figura 11: Grade regular ou "Grid" sobre a área de estudo.

### 3.3.2 Estimativa do Erro (“bias”)

Em experimentos, temos que nos contentar muitas vezes com um número limitado, algumas vezes até restrito de medidas. Neste contexto, devemos considerar também a faixa dos valores efetivos (ou reais) possíveis e recorrer à estatística para

auxiliar o processamento e entendimento do conjunto de dados medidos. Os termos erro, incerteza ou desvio ("bias") apresentam o mesmo significado, para expressar a variação do dado medido em relação a um valor de referência (o valor "verdadeiro" da grandeza física, no caso do erro). Mesmo com limitações, em alguns casos, um dado experimental é, via de regra, apenas uma amostra de uma população estatística que pode ser gerada pelo processo de medida com o instrumento.

Se conhecermos as características do processo, podemos estabelecer limites para o erro em uma única leitura, embora não possamos determinar o valor do erro (já que isto implicaria no conhecimento do valor verdadeiro). Isto é, estaremos em condições de afirmar algo a respeito da exatidão (ausência de erro) das leituras.

Para o presente trabalho foi calculado o Bias entre os valores observados pela grade GPM e os valores estimados pela interpolação da precipitação registrada pelas estações, por meio da equação 3:

$$\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}) \quad \text{(Equação 3)}$$

Onde  $y_i$  são os valores observados,  $\hat{y}$  são os valores estimados e  $n$  é o número de observações.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 VALIDAÇÃO DOS MÉTODOS DE INTERPOLAÇÃO

A validação dos interpoladores testados para a precipitação acumulada para o mês de outubro de 2015 das estações apresenta-se na Tabela 1. Pode-se observar que o desvio do erro entre os valores da grade e das amostras é menor para o interpolador IDW, o que faz com que este erre "menos" em média que os demais interpoladores. Além disso, o interpolador determinístico global, IDW apresentou melhor ajuste, e, de acordo com o coeficiente de curtose, o erro desvia menos da média. Isto pode ser devido à sua característica de ser tanto um interpolador exato como também ser um suavizante. Neste caso pode ser interessante, visto que os dados de precipitação in situ são muito variáveis e muitas vezes apresentam erros sistemáticos de medição. Assim, o interpolador IDW foi

o escolhido para gerar a comparação entre a precipitação registrada pelas estações com a precipitação da grade GPM.

Tabela 2: Validação dos métodos de interpolação.

<b>Interpolador</b>	<b>Desvio</b>	<b>Média do Erro</b>	<b>Erro mínimo</b>	<b>Erro máximo</b>	<b>Coefficiente de Curtose</b>
Vizinho					
Natural	83,34	331,64	56,46	507,78	-3,86
IDW	47,19	336,01	56	507,99	-2,28
Spline	135,32	343,18	4,32	932,14	2,71

Pelo gráfico de dispersão (figura 11), nota-se que os valores estão agrupados, apresentando alguns (*outliers*) apenas. Sendo assim, a variância entre os dados é pequena, havendo uma correlação entre eles, entretanto são poucos os dados pontuais utilizados nesse estudo. Para uma análise de regressão mais confiável entre o produto GPM e as estações é necessário uma maior quantidade de amostras a serem utilizadas, e também considerar um maior período de tempo.

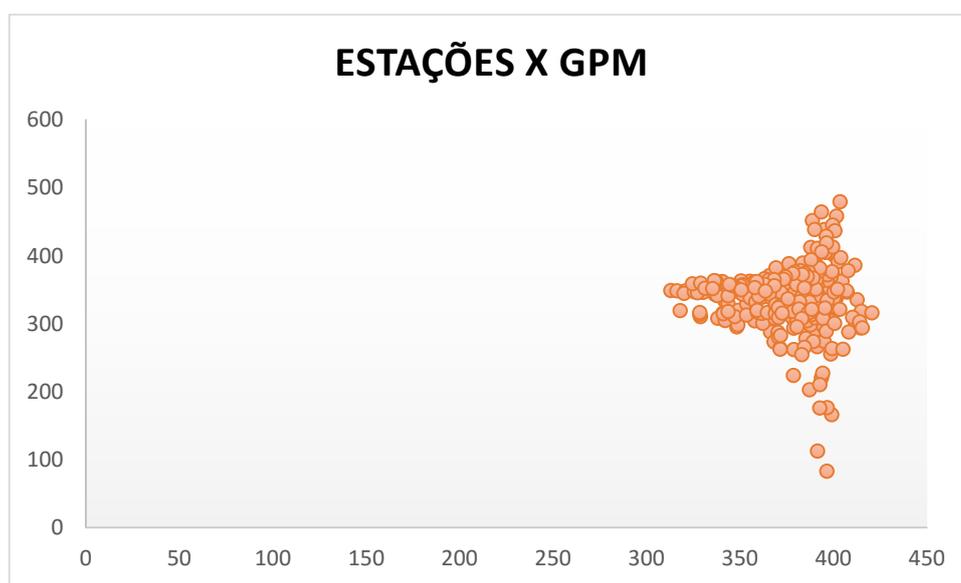


Figura 12: Gráfico de dispersão Estações x GPM.

#### 4.2 CÁLCULO DA ESTIMATIVA DO ERRO (“BIAS”)

Para o cálculo do erro sistemático entre os valores registrados pelas estações com os valores do satélite GPM, primeiramente foi gerada uma grade regular com os valores registrados pelas estações, estimados através do método de Interpolação IDW (figura 13). Cabe ressaltar que a resolução espacial da grade de interpolação IDW é de 50 metros, diferentemente da grade GPM que apresenta 5km de resolução espacial.

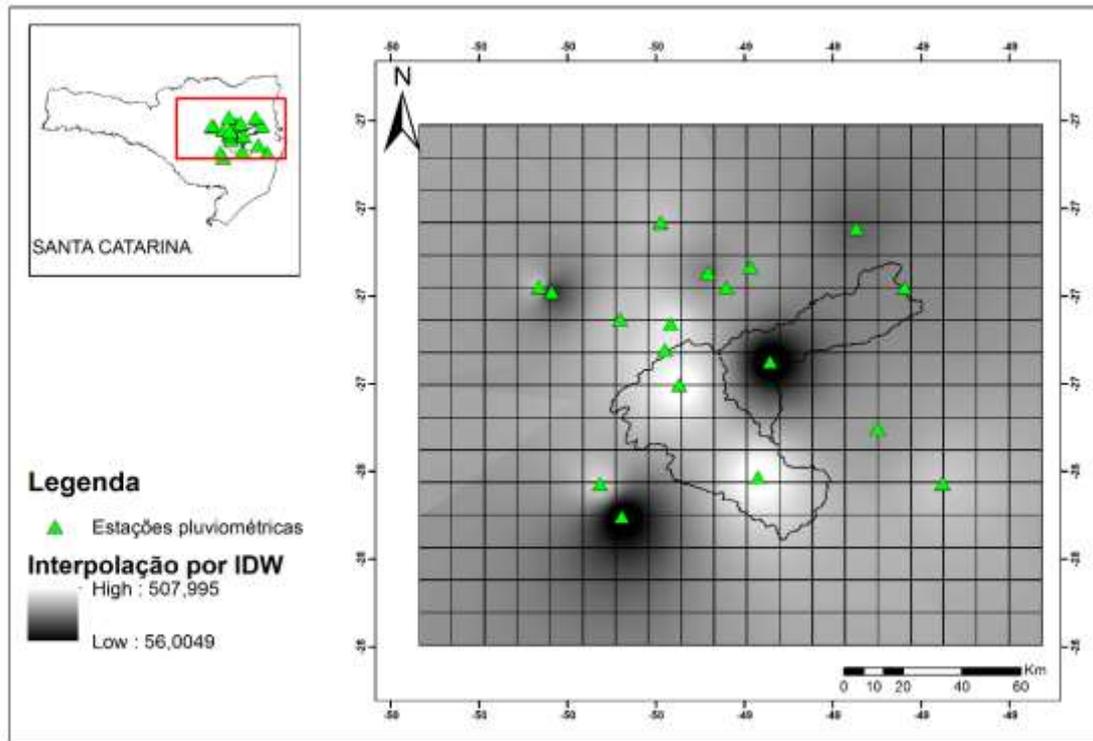


Figura 13: Grade regular dos valores registrados pelas estações, estimados através do método de Interpolação IDW.

Seguindo o mesmo raciocínio, foi gerada uma grade regular dos valores obtidos pelo satélite GPM para a área de estudo (figura 14). A grade regular é de 5x5km, se adequando a resolução espacial do pixel da grade GPM. Por meio do operador média zonal foi calculado a média dos valores dos pixels para cada camada vetorial de polígono da grade regular em relação ao dado matricial.

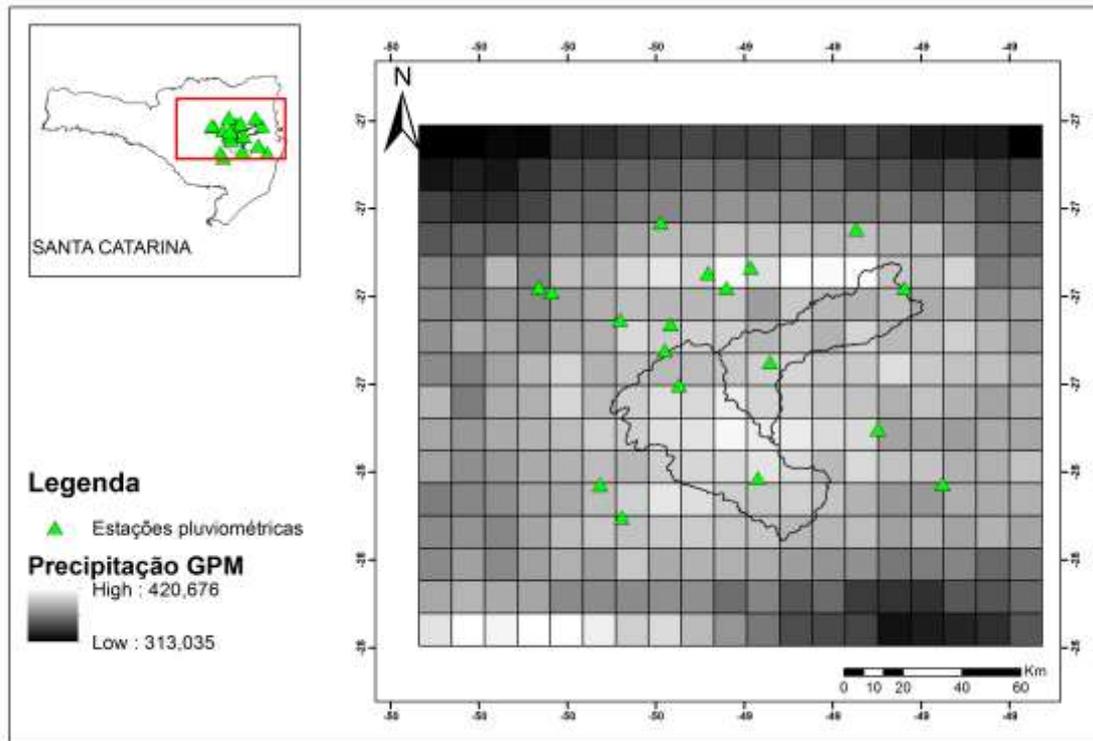


Figura 14: Grade regular dos valores obtidos pelo satélite GPM para a área de estudo.

O mapa do erro gerado apresenta a seguinte descrição, conforme a figura 15. O interior da bacia do Itajaí Mirim apresenta valores altos de erros (vieses), fazendo com que as estimativas de precipitação para essa área apresentem mais incertezas, ao que diz respeito sobre a verdadeira precipitação ocorrida nessa área no mês de outubro de 2015.

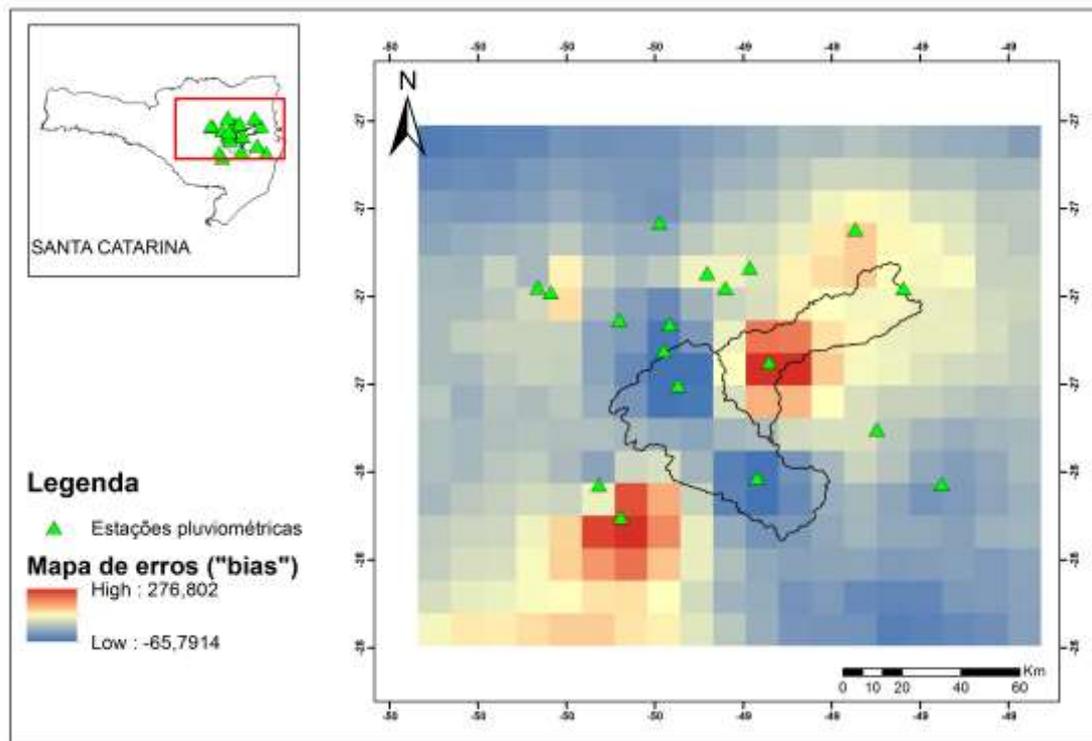


Figura 15: Mapa de erros ("bias").

Nota-se que Erros mais expressivos se encontram nas medidas nos extremos das cotas hipsométricas (vale Alto e Baixo Itajaí). Pela tabela 2 podemos observar os valores dos erros sistemáticos para estatísticos ajustados em relação as estações e o satélite GPM.

Tabela 2: Valores do erro.

	Desvios	Erro médio	Mínimo	Máximo
Erro ("bias")	50,57	40,57	-65,79	276,8

O valor do erro médio de  $\pm 40,47$  encontrado não é significativo, pois a área apresenta um número muito pequeno de amostras, e essas amostras são interpoladas, fazendo com que o dado tenha um caráter mais generalista, aumentando o erro sistêmico (bias).

Além disso, foi questionado durante o estudo que muitas estações se encontravam próximas às bordas dos pixels, e esses pixels vizinhos podem apresentar valores muito

diferentes de precipitação (figura 17), conseqüentemente causando uma possível influência durante a estimativa do erro bias no estudo.

A interpolação bilinear faz uma média ponderada dos quatro pixels vizinhos da região onde o resultado aparece. O valor da intensidade do pixel é calculado através da equação 4:

$$f(x, y) = f(0,0) \cdot (1-x) \cdot (1-y) + f(1,0) \cdot x \cdot (1-y) + f(0,1) \cdot (1-x) \cdot y + f(1,1) \cdot x \cdot y \quad \text{(Equação 4)}$$



Figura 16: Estação pluviométrica localizada nas proximidades de 4 pixels da grade GPM.

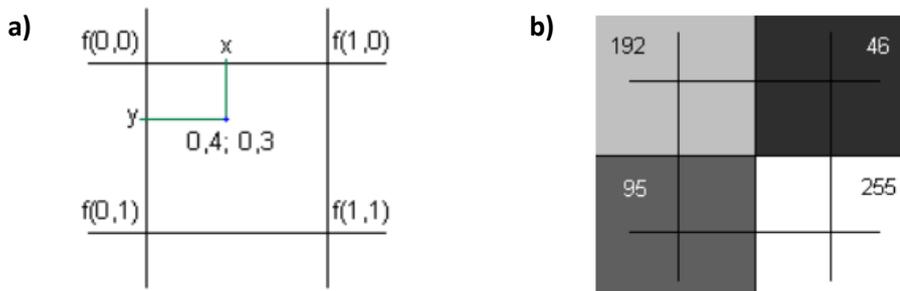


Figura 17: Localização do pixel a); Intensidades dos vizinhos b).

Para cada vizinho, é considerado o inverso da distância, uma vez que quanto menor a distância, mais aquele pixel contribui para a formação da cor final do ponto. Entretanto esse método de interpolação não foi utilizado no presente trabalho pois os pixels adjacentes apresentavam valores bem próximos ao do pixel central, não havendo interferências significantes nos resultados.

## 5. CONCLUSÕES

As estimativas de precipitação pluvial fornecidas pelo GPM são consistentes tanto na escala espacial quanto na temporal. Cabe ressaltar que os dados das estações meteorológicas interpolados utilizaram como dados de entrada (*input*) apenas 17 valores pontuais (total mensal da precipitação).

Assim, para pontos com precipitação desconhecida, os valores são estimados com base em interpolação, fazendo com que o dado tenha um caráter mais generalista que os oriundos do satélite GPM, o qual se dá por meio de varredura, cobrindo de fato toda área de estudo. O método de interpolação bilinear foi questionado de ser utilizado no estudo, entretanto, o uso do método do inverso do quadrado das distâncias (IDW) se mostrou adequado em vista de seus resultados encontrados para o presente trabalho.

As diferenças encontradas entre a precipitação registrada pelo satélite GPM em relação a precipitação das estações podem responder pelas incoerências espaciais na comparação entre esses métodos. A combinação das duas formas de obtenção de dados de chuva deve visar à formação de um banco de dados de precipitação pluvial consistente e confiável para estudos futuros.

## 6. BIBLIOGRAFIA

KIDDER, S. Q.; HAAR, T. H. V. *Satellite meteorology: an Introduction*. San Diego: **Academic Press**, 1995.

KUMMEROW, C.; SIMPSON, J.; THIELE, O.; BARNES, W.; CHANG, A. T. C.; STOCKER, E.; ADLER, R. F.; HOU, A.; KAKAR, R.; WENTZ, F.; ASHCROFT, P.; KOZU, T. HONG, Y.; OKAMOTO, K.; IGUCHI, T.; KUROIWA, H.; IM, E.; HADDAD, Z.; HUFFMAN, G.; FERRIER, B.; OLSON, W. S.; ZIPSER, E.; SMITH, E. A.; WILHEIT, T. T.; NORTH, G. KRISHNAMURTI, T.; NAKAMURA, K. The Status of the Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) after Two Years in Orbit. **Journal of Applied Meteorology**, vol. 39, pp. 1965-1982, 2000.

KURTZMAN, D.; NAVON, S.; MORIN, E. **Improving interpolation of daily precipitation for hydrologic modelling: Spatial patterns of preferred interpolators**. **Hydrological Processes**, v.23, p.3281-3291, 2009.

MAZZINI, P. L. F.; SCHETTINI, C. A. F. **Avaliação de metodologias de interpolação espacial aplicadas a dados hidrográficos costeiros quase sinóticos.** Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology, v. 13, n. 1, p. 53-64, 2009.

RIFFEL, E. **Caracterização ambiental do Rio Itajaí- Mirim e seus tributários no município de Brusque, SC. Itajaí (SC).** Monografia de Graduação do Curso de Engenharia Ambiental. Universidade do Vale do Itajaí, 47 pg, 2002.

RIFFEL, E.; BEAUMOND, A.C. **Identificação das atividades antropogênicas poluidoras do Rio Itajaí-Mirim e seus tributários no município de Brusque, SC.** Anais do I Simpósio Brasileiro de Engenharia Ambiental, Itajaí, 2002.

SMITH, M. J.; GOODCHILD, M. F. & LONGLEY, A. P., **A comprehensive guide to principles, techniques and software tools**, 3<sup>o</sup> Edition, 2009.

SOARES, A. **Geoestatística para as ciências da terra e do ambiente** (Lisboa: IST Press), 2000.

TUCCI, C. E. M.; COLLISHONN, W. Previsão de vazão. In: Tucci, C. E. M.; Braga, B. (org.). **Clima e recursos hídricos no Brasil.** Porto Alegre: ABRH, p.281-348, 2003.