

UNESP: Universidade Estadual Paulista

“Júlio Mesquita Filho”

Campus Experimental de Ourinhos

Aline Kriss Magalhães Pedrozo

**ANÁLISE DAS VARIAÇÕES DE PRECIPITAÇÃO NA REGIÃO
HIDROGRÁFICA DO ALTO PARANAPANEMA (UGRH-14) NOS VERÕES DE
2001 A 2013**

Ourinhos-SP

2015

UNESP: Universidade Estadual Paulista

“Júlio Mesquita Filho”

Campus Experimental de Ourinhos

Aline Kriss Magalhães Pedrozo

**ANÁLISE DAS VARIAÇÕES DE PRECIPITAÇÃO NA REGIÃO
HIDROGRÁFICA DO ALTO PARANAPANEMA (UGRH-14) NOS VERÕES DE
2001 A 2013**

*Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à banca
examinadora para obtenção do título de Bacharel em Geografia
pela Unesp – Campus Experimental de Ourinhos.*

Orientador: Rodrigo Lilla Manzione

Ourinhos-SP

2015

Banca examinadora

Profº Drº Rodrigo Lilla Manzione (Orientador)

Profª Drª Ana Claudia Carfan

Profº Drº Edson Luis Piroli

Ourinhos, 10 de junho de 2015.

*Aos meus avós, Elza e Paulo,
minha irmã Alana,
meu namorado Leandro, dedico.*

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço à minha família todo o apoio concedido ao longo desses quatro anos de graduação.

Aos meus avós que deram um respaldo financeiro e emocional, desde sempre, acolhendo a mim e a minha irmã como verdadeiras filhas.

À minha irmã, por todo carinho e por todas as palavras de conforto e incentivo que me impulsionaram à conclusão de mais uma etapa.

Ao meu namorado Leandro que esteve comigo quase desde o início do meu ingresso à universidade, sempre paciente em relação à distância, e me incentivando de todas as formas a finalizar o curso e iniciar minha carreira profissional.

Aos meus amigos de faculdade, Aline, Gardênia, Edmilson e Ricardo que tornaram os dias em Ourinhos mais leves e felizes, com muitas risadas e companheirismo.

À minha amiga Rafaela, que está presente em minha vida a quase 10 anos, sendo uma segunda irmã para mim, a qual espero que esteja comigo por toda a vida.

Ao meu orientador Rodrigo, agradeço os ensinamentos e a paciência. Agradeço também pela dedicação ao me auxiliar no desenvolvimento do TCC.

Por fim, à Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – Campus de Ourinhos. A todos os funcionários, professores, que me fizeram crescer como pessoa e como universitária.

RESUMO

Estudar e analisar a quantidade de precipitação que um determinado local registra é importante para análises de fatores que afetam de alguma forma a população que ali reside como, por exemplo, a escassez de água, enchentes, entre outros. O verão de 2013/2014 foi um dos mais secos dos últimos 50 anos no Estado de São Paulo. Frente ao cenário de escassez hídrica que se caracterizou, o objetivo desse trabalho foi estimar a quantidade de precipitação acumulada no período na região hidrográfica do Alto Paranapanema (UGRHI-14), importante polo agrícola e hidroelétrico do Estado de São Paulo. Uma maneira para estimar a quantidade de precipitação em determinado local é a partir de dados coletados via satélites, sendo que o satélite TRMM (Tropical Rainfall Measuring Mission) foi o utilizado. Através de Sistemas de Informações Geográficas, pretendeu-se mapear os níveis de precipitação e compara-los a média dos últimos 11 anos no período para verificar possíveis impactos da diminuição dos índices pluviométricos na organização do espaço da região. Observou-se que o ano de 2013 recebeu o menor índice de precipitação em relação aos onze anos anteriores, sendo a porção leste a área mais crítica no que diz respeito a escassez de chuva.

Palavras-chave: Escassez, precipitação, TRMM, bacia hidrográfica do Alto Paranapanema.

ABSTRACT

Studies the precipitation amount that a certain location records is important for analyze factors that somehow affect the population living there, like, for instance, water shortage, floods, and others. The summer of 2013/2014 was one of the driest ever record in São Paulo State. From the water shortage scenario configuration, the aim of this work was estimate the accumulated precipitation rate in the period in the hydrographical region of Alto Paranapanema (UGRHI-14), important agricultural and hydroelectrically centers of São Paulo State. One form to estimate the amount of precipitation in certain location is using data collected by satellites, being the TRMM (Tropical Rainfall Measuring Mission) used in this study. Using Geographical Information Systems (GIS), precipitation rates were mapped using geostatistical techniques. The results were compared with the last 11 years average to verify possible impacts in the decreasing precipitation rates in the spatial organization of the region. The percentual differences in the precipitation rates vary from -35% to +15% in certain regions. It was observed that the year of 2013 got the lowest precipitation rate among its eleven previous years, the east area was in the most critical situation on the aspect of water scarcity.

Key-words: Water shortage, precipitation, TRMM, Alto Paranapanema watershed.

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	1
2.	JUSTIFICATIVAS.....	4
3.	OBJETIVOS	6
3.1.	Objetivos principais.....	6
3.2.	Objetivos específicos.....	6
4.	REVISÃO DE LITERATURA E/OU FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	7
4.1.	Questões Sobre a Água.....	7
4.2.	Precipitação	10
4.3.	Sensoriamento remoto	11
4.4.	Satélite TRMM.....	12
4.5.	Geoestatística	14
4.6.	Geoprocessamento.....	15
5.	MATERIAIS E MÉTODOS	17
5.1.	Área de Estudo	17
5.2.	Dados Disponíveis.....	18
5.3.	Análise Espacial	18
5.4.	Interpolação dos Dados.....	20
5.5.	Reclassificação dos Mapas	21
5.6.	Álgebra dos mapas	21
6.	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	22
6.1.	Estatística dos Dados	22
6.2.	Variograma dos mapas elaborados (2001 a 2011) e 2013 na UGRH-14	24
6.3.	Mapas Interpolados	25
6.4.	Predição do erro nos mapas elaborados (2001 a 2011) e 2013 na UGRH-14	50
6.5.	Mapa da média das precipitações (2001 a 2011) na UGRH-14	52
6.6.	Diferença entre as médias	53
6.7.	Impactos da variabilidade da precipitação nas principais vocações econômicas da região	55

6.7.1. Agricultura	55
6.7.2. Energia	57
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	64
8. CONCLUSÕES.....	62
9. REFERÊNCIAS	65

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Região hidrográfica do Alto Paranapanema.....	2
Figura 2: Localização da área de estudo	17
Figura 3: Gráfico de assimetria	23
Figura 4: Gráfico de curtose.....	24
Figura 5: Mapa da precipitação acumulada interpolado por Krigagem ordinária para o verão 2001/2001 na UGRH-14.....	26
Figura 6: Mapa da precipitação acumulada interpolado por Krigagem ordinária para o verão 2001/2001 na UGRH-14.....	27
Figura 7: Mapa da precipitação acumulada interpolado por Krigagem ordinária para o verão 2002/2003 na UGRH-14.....	28
Figura 8: Mapa da precipitação acumulada interpolado por Krigagem ordinária para o verão 2002/2003 na UGRH-14.....	29
Figura 9: Mapa da precipitação acumulada interpolado por Krigagem ordinária para o verão 2003/2004 na UGRH-14.....	30
Figura 10: Mapa da precipitação acumulada interpolado por Krigagem ordinária para o verão 2003/2004 na UGRH-14.....	31
Figura 11: Mapa da precipitação acumulada interpolado por Krigagem ordinária para o verão 2004/2005 na UGRH-14.....	32
Figura 12: Mapa da precipitação acumulada interpolado por Krigagem ordinária para o verão 2004/2005 na UGRH-14.....	33
Figura 13: Mapa da precipitação acumulada interpolado por Krigagem ordinária para o verão 2005/2006 na UGRH-14.....	34
Figura 14: Mapa da precipitação acumulada interpolado por Krigagem ordinária para o verão 2005/2006 na UGRH-14.....	35
Figura 15: Mapa da precipitação acumulada interpolado por Krigagem ordinária para o verão 2006/2007 na UGRH-14.....	36
Figura 16: Mapa da precipitação acumulada interpolado por Krigagem ordinária para o verão 2006/2007 na UGRH-14.....	37
Figura 17: Mapa da precipitação acumulada interpolado por Krigagem ordinária para o verão 2007/2008 na UGRH-14.....	38
Figura 18: Mapa da precipitação acumulada interpolado por Krigagem ordinária para o verão 2007/2008 na UGRH-14.....	39
Figura 19: Mapa da precipitação acumulada interpolado por Krigagem ordinária para o verão 2008/2009 na UGRH-14.....	40

Figura 20: Mapa da precipitação acumulada interpolado por Krigagem ordinária para o verão 2008/2009 na UGRH-14.....	41
Figura 21: Mapa da precipitação acumulada interpolado por Krigagem ordinária para o verão 2009/2010 na UGRH-14.....	42
Figura 22: Mapa da precipitação acumulada interpolado por Krigagem ordinária para o verão 2009/2010 na UGRH-14.....	43
Figura 23: Mapa da precipitação acumulada interpolado por Krigagem ordinária para o verão 2010/2011 na UGRH-14.....	44
Figura 24: Mapa da precipitação acumulada interpolado por Krigagem ordinária para o verão 2010/2011 na UGRH-14.....	45
Figura 25: Mapa da precipitação acumulada interpolado por Krigagem ordinária para o verão 2011/2012 na UGRH-14.....	46
Figura 26: Mapa da precipitação acumulada interpolado por Krigagem ordinária para o verão 2011/2012 na UGRH-14.....	47
Figura 27: Mapa da precipitação acumulada interpolado por Krigagem ordinária para o verão 2013/2014 na UGRH-14.....	48
Figura 28: Mapa da precipitação acumulada interpolado por Krigagem ordinária para o verão 2013/2015 na UGRH-14.....	49
Figura 29: Média de precipitação dos verões entre 2001 a 2011 na UGRH-14.....	52
Figura 30: Média de precipitação acumulada dos verões entre 2001 a 2011 na ugrh-14, reclassificado	53
Figura 31: Diferença da média de precipitação entre o verão de 2013 e os verões de 2001 a 2011, na UGRH-14.....	54

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Distribuição por volume e por peso de diversos tipos de água na superfície terrestre.....	7
Tabela 2: Estatística descritiva sobre a precipitação na região da bacia hidrográfica do Alto Paranapanema, entre os verões de 2001 a 2013.....	Erro! Indicador não definido.
Tabela 3: Variograma das médias pluviométricas coletadas entre os anos de 2001 a 2013 na UGRH-14.	24
Tabela 4: Predição do erro.....	Erro! Indicador não definido.

1. INTRODUÇÃO

A questão da diminuição da disponibilidade de água presente no cotidiano de grande parte da população é uma pauta que deve receber maior atenção por parte dos consumidores desse bem natural e o ativo engajamento de estudiosos e órgãos públicos para que sejam encontradas medidas mitigadoras em relação ao problema. A discussão torna-se necessária tanto em escala global quanto em escala regional, devendo ser relacionados fatores que podem ou não contribuir para a redução da quantidade de água e, em seguida, por em prática certas medidas mitigadoras.

A bacia hidrográfica possui uma importante atuação e relação quando o assunto tratado refere-se à água, por ser “(...) uma área de captação natural da água da precipitação que faz convergir os escoamentos para um único ponto de saída, seu exutório” (TUCCI, 2007).

A bacia hidrográfica do Alto Paranapanema (Figura 1) possui em sua constituição “(...) rochas epimetamórficas constituídas por metassedimentos argilosos, arenosos e carbonáticos pertencentes ao Grupo Açungui (Complexo Pilar), assim como, em grandes proporções, as rochas sedimentares e vulcânicas básicas constituintes da bacia do Paraná” (comitepcj.sp.gov, 2004), possuindo como principais recursos de água o próprio Paranapanema e o rio Itararé. Os municípios que fazem parte da bacia apresentada são: Anagatuba, Arandu, Barão de Antonina, Bernardino de Campos, Bom Sucesso de Itararé, Buri, Campina do Monte Alegre, Capão Bonito, Cerqueira César, Coronel Macedo, Fartura, Guapiara, Guareí, Ipaussu, Itaberá, Itaí, Itapetininga, Itapeva, Itaporanga, Itararé, Manduri, Nova Campina, Paranapanema, Pilar do Sul, Piraju, Ribeirão Grande, Riversul, São Miguel Arcanjo, Surutaiá, Taquarituba, Taquarivaí, Tejupá, Timburi.

consequência da insuficiência de postos meteorológicos que estimem adequadamente uma região como um todo.

(...) outra vantagem do emprego do sensoriamento remoto consiste no fato de que os sensores a bordo de satélites fornecem informações essenciais em relação à variabilidade da precipitação em escala global e sobre áreas oceânicas e montanhosas, ou seja, em locais que possuem uma escassez de estações meteorológicas (PEREIRA, et al apud FISHER, 2013, pág.139).

As bacias hidrográficas são de grande importância para o abastecimento de água que é feito para a população que abita sua área de abrangência, fato que torna mais úteis estimativas feitas sobre a precipitação captada pela bacia. Essas estimativas auxiliam no planejamento da Unidade de Gerenciamento dos Recursos Hídricos (UGHR), em relação à quantidade de recursos hídricos disponíveis à população, a medidas que possam mitigar os impactos causados pela ausência de água, isto é, auxilia no Plano dos Recursos Hídricos, que está previsto no artigo 5º da Lei 9.433/97 (LEAL, 2012).

O planejamento de recursos hídricos, segundo Barth e Pompeu (1987), tem como finalidade a avaliação prospectiva das demandas e das disponibilidades desses recursos e a sua alocação entre usos múltiplos, de forma a obter os máximos benefícios econômicos e sociais. Campos e Sousa (2003) compreendem o planejamento como “a busca do melhor caminho para se atingir determinados objetivos. Por sua vez o plano é o documento que materializa, em textos, um planejamento, e viabiliza sua materialização em termos de ações” (LEAL, 2012, p. 69).

2. JUSTIFICATIVAS

O ano de 2013 foi marcado por uma grave escassez de água no estado de São Paulo, causada principalmente pela ausência de chuvas em determinadas regiões. A falta de chuva somada à ineficiência da administração dos recursos e da gestão dos espaços pelos órgãos públicos, em conjunto com o uso exacerbado da água, para fins domésticos, fins de produção, entre outros, apresentou um quadro de séria comoção social, evidenciando a falta de cuidado que a população teve em preservar esse bem natural.

A UGRH-14 tornou-se com o passar dos anos um polo turístico, devido à presença de represas que são utilizadas para recreação, com o investimento de hotéis e resorts nas áreas próximas a essas represas. O turismo auxilia do desenvolvimento da economia da região, devido a um maior contingente de pessoas que circulam na área, consumindo alimentos muitas vezes provenientes da própria produção agropecuária da região, em conjunto com artesanatos, hospedagem, entre outros fatores que contribuem para o progresso econômico da UGRH-14.

A região hidrográfica do Alto Paranapanema sofreu impactos negativos advindos da diminuição da quantidade de precipitação em 2013. A agricultura, a pesca, a recreação em represas, geração de energia, a contaminação dos recursos hídricos e a ineficiência no saneamento básico são alguns segmentos que sofreram determinados impactos que prejudicaram a economia de certos produtores rurais e de pescadores, o aumento do custo na utilização da energia elétrica, a diminuição no turismo às represas, o acúmulo de resíduos sólidos que contaminam a água que era passível de uso, entre outros fatores.

Municípios que estão localizados próximos à região da bacia do Alto Paranapanema, são atingidos pelos impactos oriundos da região dessa bacia, devido ao despejo in natura de efluentes urbanos nas cidades que crescem nas margens dos reservatórios, como Avaré.

A partir dessas perspectivas, o estudo sobre a quantidade de precipitação que uma determinada região apresenta possui significativa importância para que sejam apontadas determinadas consequências advindas da escassez ou do excesso de chuva (no presente trabalho será utilizado como foco a escassez), envolvendo a análise de

iniciativas governamentais e as medidas necessárias para que tais consequências sejam mitigadas.

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivos gerais

O objetivo do trabalho foi estimar a precipitação acumulada na região hidrográfica do Alto Paranapanema (UGRHI-14) no período do verão (22 de dezembro a 21 de março) de 2013/2014, a partir de dados coletados pelo satélite TRMM, e comparar o cenário com a média dos últimos 11 anos para o mesmo período.

Após a exposição e análise dos mapas, discussões sobre as consequências da escassez de água no local em estudo foram feitas, envolvendo fatores econômicos, sociais e políticos.

3.2. Objetivos específicos

Dentre os objetivos específicos destacaram-se:

- Elaboração de um banco de dados do satélite TRMM para a área de estudo no período em análise;
- Realização de um estudo sobre a variabilidade espacial da precipitação para os verões estudados;
- Mapeamento da variável precipitação acumulada para os períodos em estudo através de métodos geoestatístico;
- Validação dos mapas obtidos;
- Comparação dos resultados elaborados a partir de técnicas de geoprocessamento e álgebra de mapas; e
- Reclassificação dos mapas finais para comparação de cenários.

Após a exposição e análise dos mapas, foram feitas discussões sobre as consequências da escassez de água no local em estudo, envolvendo fatores econômicos, sociais e políticos.

4. REVISÃO DE LITERATURA E/OU FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

4.1. Questões Sobre a Água

A água é um direito inegável a todo indivíduo, sendo desprovida de qualquer valor monetário. Partindo dessa afirmação torna-se intrigante a relação da água com a economia, sendo que atualmente é observada a existência de órgãos que cobram pela determinada quantidade de água utilizada mensalmente pela população, por cada residência. Para que haja o esclarecimento de tal questão, é necessário, primeiramente, diferenciar o significado da palavra “água” da expressão “recursos hídricos”. Essa última está ligada ao valor econômico que a água apresenta, possuindo um valor de uso.

De acordo com Suguio (2006), a água está presente na superfície terrestre em diversas formas, dependendo da finalidade da classificação. A exemplo disso tem-se a diferenciação das formas da água a partir da sua composição salina, “quando são reconhecidas águas salgadas (oceânicas, marinhas e algumas lacustres interiores), salobras (estuarinas ou lagunares) e doces (a maior parte das lacustres e fluviais)”

As águas oceânicas apresentam-se em maior quantidade na superfície terrestre, sendo as mais fáceis de ser estimada, abordada por diferentes autores/pesquisadores com valores aproximados. ILEC apud Suguio (2002) relatou que haveria 1,3 a 1,4 bilhões de km³, já Lvovitch apud Suguio (1974) apresentou o valor de 1,3 bilhões de km³. Seu volume, segundo Goldschmidt apud Suguio (1933) representou aproximadamente 97% do volume total de água existente na natureza.

Suguio (2006) sugeriu que o conhecimento mais aprofundado apenas das águas oceânicas não é suficiente para o entendimento dos demais tipos existentes na natureza, bem como a sua atuação, sendo que, toda a água existente foi caracterizada pela sua relação de transferência, por meio do ciclo hidrológico, sendo definido pela presença de uma circulação global fechada, envolvendo a atmosfera e a superfície terrestre, induzida pela energia transmitida através do sol em conjunto com a rotação terrestre e a gravidade.

A água superficial dos oceanos é evaporada lentamente e, após permanecer cerca de 10 dias (...) na atmosfera, é precipitada sobre o continente, principalmente na forma de chuva ou neve. Essa água é particularmente infiltrada no subsolo, sendo convertida em água subterrânea. A outra parte

escoa-se pela superfície terrestre (...), não devendo esquecer-se também da parcela que, por evaporação, retorna à atmosfera (SUGUIO, 2006 p. 16).

Observa-se que a questão crítica sobre a água no nosso planeta está vinculada a escassez de água doce, ou seja, à falta de água passível de utilização pelos seres humanos, animais, plantas, etc. A afirmação pode ser comprovada a partir de valores que indicam a aproximada quantidade em que essa água está presente atualmente no planeta Terra, que, de acordo com os dados coletados do DAE (Departamento de Água e Esgoto), constata-se que: 1,97% representa a quantidade de água doce na forma de geleiras, fato que não a torna disponível para o consumo humano; 0,51% representa a quantidade de água doce subterrânea na forma de vapor, não estando disponível para um consumo imediato; 0,006% totaliza a quantidade de água doce disponível para consumo em rios e lagos, porém, sua utilização não é apropriada devido ao prevaecimento da poluição e, finalmente, a porcentagem de água doce disponível para o consumo imediato é 0,001% do total visto.

Após a análise dos dados acima foi possível constatar que a importância da utilização da água de uma forma “responsável” torna-se cada vez mais necessária, devendo haver uma administração competente sobre a mesma, envolvendo melhores investimentos, distribuição, gestão etc. As bacias hidrográficas passaram a contar com um comitê de gerenciamento para que essas questões fossem solucionadas, fato que refletiria diretamente na economia e na qualidade de vida da população que habita a região correspondente à bacia. O governo do estado de São Paulo criou 22 comitês de gerenciamento, espalhados por todo o estado, sendo que, em 1996, criou-se o Comitê da Bacia do Alto Paranapanema (CBH-ALPA - www.sigrh.sp.gov.br, 2013).

As discussões sobre os recursos hídricos e outros assuntos que possuem uma relação direta ou indireta, realizadas pelo comitê, pretendia contar com a participação de membros da população, a partir de formação de entidades, como as agrícolas que são consideradas as mais organizadas na região. Contudo, essas entidades acabaram se desfazendo por apresentarem poucos participantes e por dificuldades financeiras para o deslocamento até as reuniões.

Com o decorrer dos anos, a discussão passou a ser não apenas a respeito dos recursos hídricos, mas também sobre o desenvolvimento sustentável, temas que estão

atrelados. Em suma, a criação dos comitês possibilitou a interação de órgãos estaduais e federais em prol de questões antes não muito exaltadas, como a poluição ambiental, o destino apropriado para agrotóxicos, questões sobre a energia elétrica, entre outros.

A partir dessas novas discussões, órgãos municipais foram criados e acabaram auxiliando no desenvolvimento das ações do CBH-ALPA, como o CONDERSUL (Consórcio de Desenvolvimento da Região Sul) e a AMAVA (Associação dos Municípios do Vale do Paranapanema).

A concretização dos objetivos propostos por esses órgãos só pôde ser feita a partir da presença de um fundo de investimento que disponibilizou verbas para que determinados projetos propostos ao FEHIDRO (Fundo Estadual de Recursos Hídricos) fossem efetivados.

Os projetos financiados pelo FEHIDRO são enquadrados conforme as prioridades estabelecidas no PERH (Plano Estadual de Recursos Hídricos), que fornece as diretrizes, objetivos e metas para realização de programas de proteção, recuperação, controle e conservação de recursos hídricos (CETESB, 2012).

Em 2012 ocorreu a deliberação de uma proposta envolvendo “mecanismos e valores para a cobrança pelos usos, urbano e industrial dos recursos hídricos de domínio do Estado de São Paulo, no âmbito da UGRHI-14, Bacia Hidrográfica do Alto Paranapanema” (CBH-ALPA Nº 111). Tal medida possibilita uma diminuição no uso desenfreado da água que é feito na maioria das vezes em prol do consumo próprio e da comercialização.

A partir dessa cobrança, o que for arrecadado terá sua aplicabilidade em programas de gestão dos recursos hídricos, proteção e recuperação da qualidade dos corpos d'água, capacitação técnica, educação ambiental e projetos de conservação. O valor será calculado a partir da soma do pagamento anual pela captação, derivação ou extração (VCC), do pagamento anual pelo consumo (VCCo) e do pagamento anual pelo lançamento de carga poluidora (VCL).

4.2. Precipitação

Entende-se por precipitação “a água proveniente do vapor de água da atmosfera depositada na superfície terrestre sob qualquer forma: chuva, granizo, neblina, neve, orvalho ou geada” (SILVA; CARVALHO, 2006).

A água da chuva é um importante elemento para a realização da manutenção no ecossistema, auxiliando no florescimento das vegetações, em um maior conforto térmico sem deixar que o ar torne-se muito seco, preenche as bacias hidrográficas que irá, posteriormente, abastecer a população, entre outros usos.

Para que a chuva seja formada, é necessário:

(...) umidade atmosférica : (devido à evapotranspiração); mecanismo de resfriamento do ar : (ascensão do ar úmido): quanto mais frio o ar, menor sua capacidade de suportar água em forma de vapor, o que culmina com a sua condensação. Pode-se dizer que o ar se resfria na razão de 1oC por 100 m, até atingir a condição de saturação; presença de núcleos higroscópios; mecanismo de crescimento das gotas: coalescência: processo de crescimento devido ao choque de gotas pequenas originando outra maior difusão de vapor: condensação do vapor d'água sobre a superfície de uma gota pequena (SILVA, CARVALHO, 2006).

São diferentes os tipos existentes de precipitações, caracterizadas pelas ciclônicas, convectivas e orográficas. As ciclônicas estão relacionadas ao movimento de massa de ar de espaços de alta pressão para locais de baixa pressão, ocasionado pela emissão de radiação solar desigual nas diferentes porções do espaço.

As precipitações convectivas são formadas, de acordo com Silva e Carvalho, (2006), a partir do aquecimento desigual da superfície terrestre, provocando o aparecimento de camadas de ar com densidades diferentes, o que gera uma estratificação térmica da atmosfera em equilíbrio instável. Se esse equilíbrio, por qualquer motivo (vento, superaquecimento), for quebrado, provoca uma ascensão brusca e violenta do ar menos denso, capaz de atingir grandes altitudes.

As precipitações orográficas tem a orografia natural como fator determinante, que faz com que o ar úmido ascenda e forme a precipitação.

O pluviógrafo e o pluviômetro são instrumentos clássicos utilizados em estudos climatológicos e meteorológicos que tem como função medir a quantidade de chuva que incidiu em determinada porção do território em que o aparelho esteja instalado. O primeiro tem a finalidade de seus registros voltada para o “estudo da relação intensidade duração-frequência tão importantes para projetos de galerias pluviais e de enchentes em pequenas bacias hidrográficas, possuem uma superfície receptora de 200 cm²” (SILVA; CARVALHO, 2006). Já o segundo permite o alcance de valores relacionados à altura pluviométrica e a intensidade de precipitação, sendo que, sua coleta é feita em um espaço de tempo de 24h, sempre no mesmo horário ou o mais próximo que puder.

Para compor uma determinada análise a respeito da precipitação em uma porção do espaço, o auxílio do sensoriamento remoto pode ser considerado um fator determinante para a qualidade e confiabilidade dos resultados.

4.3. Sensoriamento remoto

Sensoriamento remoto é:

(...) a ciência e a arte de obter informação sobre um objeto (alvo), área ou fenômeno através da análise de dados adquiridos por um dispositivo (sensor) que não está em contato direto com o objeto, área ou fenômeno sob investigação. (LILLESAND, KIEFER. 1994)

Rees (1990) caracterizava o sensoriamento remoto como a obtenção de informação sobre um determinado alvo sem contato direto com ele.

Segundo Moreira (2007), foi na década de 1970 o início do uso de satélites artificiais, que são engenhos colocados em órbita pelo homem à volta de um planeta ou até mesmo de um satélite natural, voltado para os recursos naturais da terra, sendo observada sua progressiva evolução tanto na resolução da imagem quanto na coleta de informações, até hoje, sendo que a evolução da informática possui uma grande contribuição para tal feito.

O desenvolvimento dos Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) permitiu ao analista de dados orbitais introduzir no contexto de classificação de imagens de satélites informações cartográficas e cadastrais de fotos aéreas e dados coletados a campo, o que, de

certa forma, tornou os sistemas de classificação muito parecidos com a fotointerpretação (MOREIRA, 2007).

Vale ressaltar que a eficiência do SIG e das informações coletadas do satélite devem ser somadas a eficiência do profissional especializado (people ware) em saber analisar de forma correta as informações obtidas.

Há diferentes categorias de satélites, como os militares, científicos, de telecomunicações, meteorológicos e de recursos naturais.

O satélite meteorológico, que será destaque no presente trabalho, possui:

Além da função de coletar dados meteorológicos, esses satélites são ainda utilizados para comunicar através de radiolétrico, com uma série de plataformas (balões, boias, balizas, etc) encarregadas de coletar na alta atmosfera, no mar e em regiões continentais dados de parâmetros meteorológicos, com pressão atmosférica, temperatura, velocidade dos ventos, etc. Os dados registrados por essas plataformas são enviados ao satélite e retransmitidos para estações de recepção na Terra (MOREIRA, 2007).

Um exemplo de satélite meteorológico é o Tropical Rainfall Measuring Mission, o qual foi utilizado no presente trabalho.

4.4. Satélite TRMM

O satélite TRMM (*Tropical Rainfall Measuring Mission*) é um satélite que fornece imagem, estimativas de precipitação e previsão da mesma.

É um projeto em parceria entre a NASA e a Agência Japonesa de Exploração Aeroespacial (JAXA) e foi lançado em 27 de novembro de 1997, com o objetivo específico de monitorar e estudar a precipitação nos trópicos, além de verificar como a mesma influencia o clima global. (COLLISCHONN apud KUMMERROW, 2006)

De acordo com Collishon (2006), o satélite possui uma órbita oblíqua não-heliossíncrona bastante baixa (inicialmente 350 km, desde 2001 cerca de 403 km), de forma que o período de translação é bastante curto (91 minutos), fato que permite resoluções espacial e temporal altas, quando comparados à outros satélites.

Os instrumentos que compõe a plataforma do TRMM são cinco:

O *radar de precipitação* TRMM foi o primeiro instrumento espacial concebido para fornecer mapas tridimensionais da estrutura de uma tempestade. O *imageador de microondas* é um sensor de microondas passivo projetado para fornecer informações quantitativas de precipitação sobre uma ampla área sob o satélite. O imageador de microondas permite que a TMI quantifique o vapor de água, a água de nuvens e a intensidade da precipitação na atmosfera. O *scanner de radiação* visível e infravermelha também fornece indicação da chuva, e se conecta as observações recolhidos por TRMM com aqueles coletados por GOES e outras missões POES. O *sistema de nuvens e energia* radiante da Terra monitora a energia trocada entre o Sol; a atmosfera terrestre, a superfície e nuvens, e o espaço. Finalmente, o *sensor de imageamento de raios* é um instrumento altamente sofisticado capaz de detectar e localizar um relâmpago na região tropical do globo (PASSOW apud KUMMERROW, 2010. p. 05).

A opção pela utilização do TRMM como fonte para a coleta das estimativas foi baseada no estudo de certos trabalhos que apresentaram um resultado satisfatório a cerca de seus objetivos, sendo que, tais resultados foram possíveis devido ao auxílio do respectivo satélite, o qual se mostrou eficiente em relação à estimativa dos dados desejados para que, posteriormente, os mesmos fossem analisados.

O satélite TRMM foi utilizado em um estudo que buscou comparar os dados de precipitação estimados pelo satélite com os dados coletados em 183 estações meteorológicas, no Brasil, em um período datado entre 1998 e 2010 (PEREIRA, et al. 2013). O resultado obtido foi a compatibilidade de informações entre as estações meteorológicas e o TRMM em 97%, com uma variação sazonal similar.

Análise parecida foi observada no trabalho que possui como objeto de estudo a região do Vale do Médio Paranapanema, que objetivou avaliar as estimativas do satélite TRMM em comparação aos dados observados em estações de superfície, para o período de 1998 a 2008 (SILVA, et al. 2013). Os resultados obtidos certificaram a confiabilidade do satélite quando há a ausência de estações meteorológicas na superfície de estudo desejada.

O uso do respectivo satélite foi utilizado em conjunto com um método de interpolação denominado CHUVSAT, o qual “calcula campos de chuva em forma de grade regular combinando chuva obtida por pluviômetros com dados de chuva por

satélite”. (JIMÉNEZ; COLLISCHONN, 2015) A obtenção das informações das estimativas foram coletadas do satélite TRMM e de pluviômetros.

Os resultados foram analisados a partir da comparação entre hidrogramas calculados feitos de um modelo hidrológico e hidrogramas analisados em postos fluviométricos da bacia do rio Tocantins, sendo que foram favoráveis para ambas as fontes as estimativas geradas nas bacias que possuem área de drenagem de 5.000 Km².

Em bacias maiores os resultados de CHUVSAT foram semelhantes aos obtidos utilizando apenas os dados de chuva observados em pluviômetros, enquanto os resultados utilizando dados de satélite foram inferiores. Conclui-se que a combinação de dados de satélite e pluviômetros tem potencial para aplicações hidrológicas, com ênfase na previsão de vazões em rios de grande porte.

O estudo da variabilidade da estrutura vertical da precipitação na Bacia do Rio Huaihe, localizado na China (MISHURA; KUMAR, 2012) contou novamente com o Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) como um dos meios para obter a estimativa dos dados que serão coletados e analisados.

Para que as estimativas pluviométricas coletadas do satélite fossem melhor demonstradas e interpretadas, a incorporação do geoprocessamento foi fundamental para o alcance de tal objetivo.

4.5. Geoprocessamento

O geoprocessamento é que um conjunto de tecnologias de coleta, tratamento, manipulação e apresentação de informações espaciais voltado para um objetivo específico. Este conjunto possui como principal ferramenta o Geographical Information System (GIS), considerado também como Sistema de Informações Geográficas (SIG) (RODRIGUES apud CAMARA; DAVIS, 1993).

A importância dos SIGs tornou-se notória devido a sua aplicabilidade na sociedade, auxiliando em questões do cotidiano e também em questões mais complexas, mas sempre em prol de melhorias e de suporte para o meio social.

Os sistemas de informações geográficas (SIG) são uma classe especial de sistemas de informação que controlam não apenas eventos, atividades e coisas, mas também onde esses eventos, atividades e coisas acontecem ou existem (LONGLEY; et al. 1999).

A relação que o SIG possui com o espaço refere-se à topologia, ou seja, o estudo dos lugares somado a suas propriedades e relações. Além de essa estrutura descrever a localização e a geometria das entidades de um mapa, define relações de conectividade, contiguidade e pertinência (CAMARA; et al, 2004).

O Sistema de Informações Geográficas comporta quatro elementos principais para a sua operação: hardwares, software, dados e profissionais.

O hardware é qualquer tipo de plataforma computacional, incluindo computadores pessoais e minicomputadores de alto desempenho. Em relação aos periféricos de entrada, são utilizadas mesas digitalizadoras, scanners, drives de fita, GPS, entre outros. Nos periféricos de saída constam monitores, plotters e impressoras (CAMARA, et al, 2001).

O software é a parte interna do computador, que tem como objetivo gerar informações que serão posteriormente externadas pelo hardware. O SIG comporta um software que executa as mais variadas funções.

Os dados são necessários para que o SIG possa realizar a tarefa para qual foi determinado, como a geração de mapas, amostras espaciais, etc.

Por fim, e não menos importante, o profissional especializado é de grande importância para que as informações coletadas possam ser devidamente analisadas, possuindo uma visão global para que o projeto tenha uma devida implementação e uso.

Às informações inseridas no SIG somaram-se análises geoestatísticas, as quais apresentaram um enfoque quantitativo na interpretação dos dados.

4.6. Geoestatística

A geoestatística é “a aplicação do formalismo de funções aleatórias para o reconhecimento e estimação de fenômenos naturais” (Matheron, 1962). Caracterizar a geoestatística compreende associar estatística ao espaço, com a aplicabilidade de funções que demonstrem as mais diferentes variáveis existentes no espaço.

Os métodos geoestatísticos fornecem um conjunto de técnicas necessárias para entender a aparente aleatoriedade dos dados, os quais apresentam, porém, uma possível estruturação espacial, estabelecendo, desse modo, uma função de correlação espacial. (YAMAMOTO; LANDIM, 2013)

Entretanto, aplicar a estatística clássica às variáveis complexas como as presentes no meio não são suficientes para obter um resultado satisfatório em torno das demonstrações que almejam ser feitas. Para isso, modelos inferenciais para este objetivo vêm sendo propostos. A krigagem é um desses modelos, e sua base conceitual está fundamentada na teoria das variáveis regionalizadas, formalizada por Matheron (1971). “Uma variável regionalizada é uma função numérica com distribuição espacial, que varia de um ponto a outro com continuidade aparente, mas cujas variações não podem ser representadas por uma função matemática simples” (CAMARGO, 1997).

A estatística clássica pode ser compreendida como sendo aquela que utiliza a estatística dita descritiva, como média, mediana, desvio padrão, curtose e amplitude, para que haja a representação do fenômeno espacial estudado.

Krige (1951), trabalhando com dados de concentração de ouro, concluiu que somente a informação dada pela variância seria insuficiente para explicar o fenômeno em estudo. Para tal, seria necessário levar em consideração a distância entre as estatísticas: A partir daí surge o conceito da geoestatística, que leva em consideração a localização geográfica e a dependência espacial. (CAMARGO, 1997)

De acordo com Burrough apud Camargo (1987), essa teoria é produto da soma de três componentes: componente estrutural, associado a um valor médio constante ou a uma tendência constante; um componente aleatório, espacialmente correlacionado; e um ruído aleatório ou erro residual.

O método que está intimamente ligado à teoria das variáveis regionalizadas é o método da Krigagem, nome dado em referência ao fundador das ideias, Krige. Esse método possibilita representar quantitativamente a variação de um fenômeno regionalizado no espaço (ISSAKS; SRIVASTAVA apud CAMARGO, 1989).

5. MATERIAIS E MÉTODOS

5.1. Área de Estudo

A bacia do Alto Paranapanema localiza-se à Sudoeste do Estado de São Paulo, entre as coordenadas 23° e 24° 23' de latitude sul e 49° 42' e 47° 22' de longitude oeste (Figura 2).

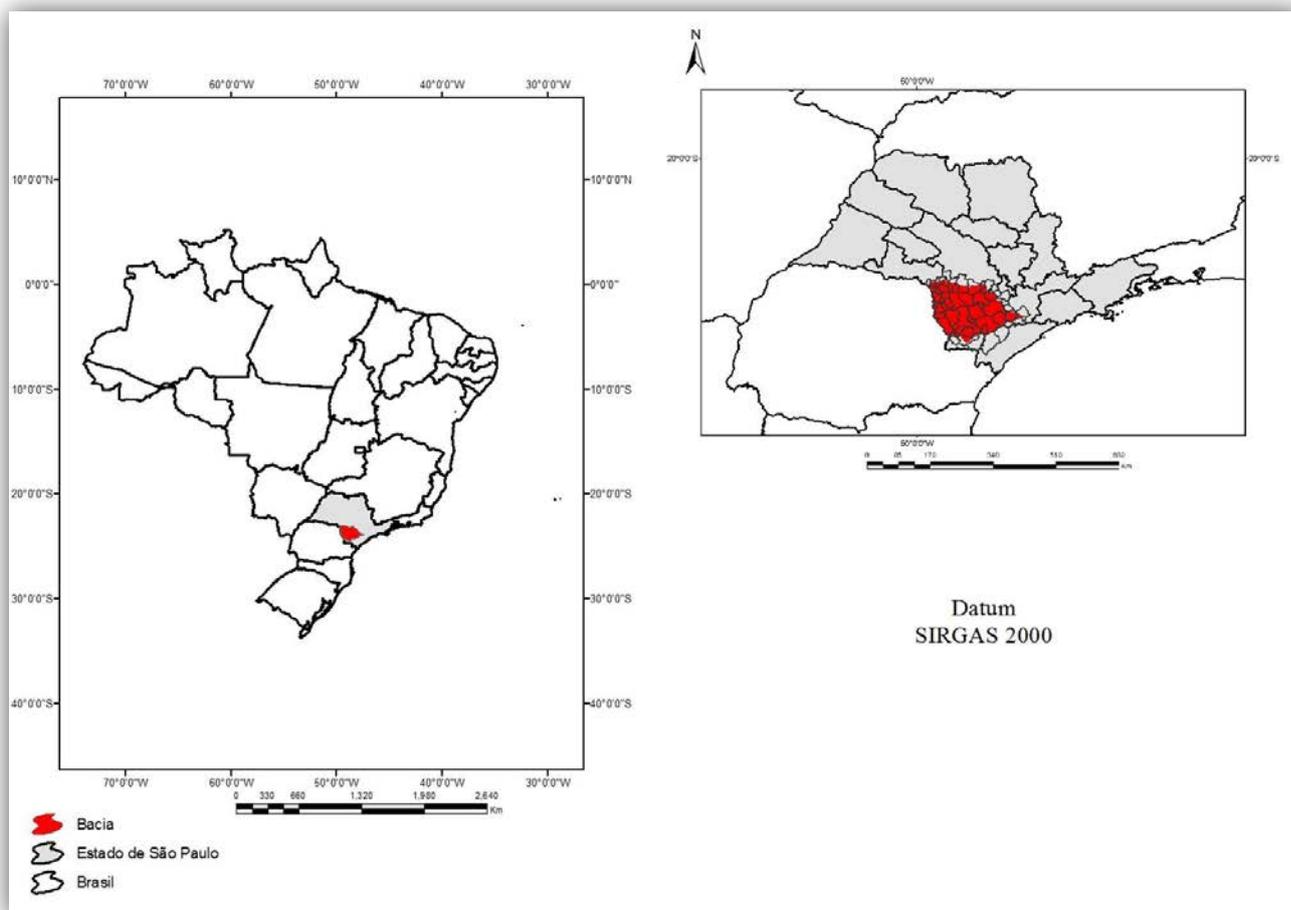


Figura 2: Localização da área de estudo

A partir de informações coletadas do Relatório de Situação dos Recursos Hídricos- ALPA 2013, a região da bacia hidrográfica do Alto Paranapanema conta com uma população de aproximadamente 732 mil habitantes, sendo que a área urbana apresenta uma população de 577 mil habitantes aproximadamente e a rural 144 mil. No local encontra-se como principais rios o rio Santo Inácio, Jacu, Guareí, Itapetininga, Turvo, Itararé, Taquari, Apiaí-Açu, Paranapitanga e das Almas, sendo os afluentes. O

rio principal é o rio Paranapanema. A área de drenagem e a área territorial da bacia são, respectivamente, 22.689 e 22.738 km².

A economia da região tem como polo principal o município de Itapetininga, onde se predomina as atividades industriais. Em relação ao setor primário, a pecuária e a agricultura estão em destaque, sendo que na última atividade, as plantações de milho, feijão, batata e cana-de-açúcar sobressaem.

Em relação à vegetação remanescente, permanece presente aproximadamente 20% da área da determinada bacia, composta pela Floresta Estacional Semidecidual, Floresta Ombrófila Densa e Floresta Ombrófila Mista. As unidades de conservação estão presentes em diversos municípios, como APA (Área de Preservação Ambiental) Corumbá, Botucatu e Tejupá, APA da Serra do Mar, EE De Angatuba, EE de Xitué, EE de Paranapanema, EE de Itapeva, EE de Itaberá, Fe de Angatuba, FE de Manduri, FE de Paranapanema, FE de Piraju, FN Capão Bonito, PE Intervalos, PE Carlos Botelho, RPPN Fazenda Hori, e RPPN Vale Corisco.

5.2. Dados Disponíveis

Para que a análise sobre a ausência de chuva e os impactos provocados fosse iniciada, a utilização do satélite TRMM fez-se necessária, o qual apresenta uma proficiência grande por gerar estimativas de três em três horas.

Os dados do satélite são disponibilizados pelo Goddard Earth Sciences Data and Information services center (GES DISC) na plataforma Geospatial Interactive Online and Analysis Infrastructure (GIOVANNI), no portal TRMM Online Visualization and Analysis System (TOVAS) (ACKER; LEPTOUKH, 2007).

Houve a coleta das estimativas pluviométricas acumuladas dos verões (22 de dezembro a 21 de março) entre os anos de 2001 a 2011 e 2013 da região que engloba a bacia hidrográfica estudada.

5.3. Análise Espacial

- Análise Exploratória dos dados

Estatísticas descritivas foram calculadas com referência nas médias interpoladas dos anos de 2001 a 2011 e 2013, sendo a média, mediana, desvio padrão, amplitude, variância e assimetria os elementos calculados.

A média aritmética que foi calculada é resultado do cálculo de todos os elementos da amostra, dividido pela quantidade de elementos existentes, gerando, dessa forma, um valor médio que representa toda a amostra. Já a mediana representou um valor que se encontra em uma posição intermediária em relação a toda amostra.

O desvio padrão atingiu um valor, produto da função que demonstrou a quantidade de variação presente em relação à média.

A amplitude apresentou uma grandeza na amostra, reflexo da diferença entre o maior e o menor valor.

O cálculo da variância também incorporou a discussão dos resultados por ser o produto do desvio quadrático médio da média aritmética amostral.

A assimetria calculou o nível assimétrico dos valores da amostra e do histograma que foi gerado a partir desses valores.

Por fim, a curtose foi a última estatística a ser calculada no trabalho, cálculo esse que possibilitou medir o alongamento do histograma.

- Variografia

A variografia dos dados do TRMM foi realizada no módulo Spatial Analyst do ArcGIS, sendo que características do modelo, patamar, efeito pepita e anisotropia foram ajustadas para que o produto final atingisse a melhor forma possível. Não foi aceito o ajuste automático fornecido pelo software. O ajuste considerou a variância amostral e a variância estrutural dos dados.

A escolha do modelo utilizado foi pautada na forma considerada apropriada para uma menor variância dos dados, tendo sido testadas opções como o modelo gaussiano, esférico, exponencial e linear.

O alcance atingiu um valor numérico que representou a distância adquirida entre os pontos da amostra que estão correlacionados de forma espacial. Procurou-se

ajustar uma distância padrão para os variogramas, baseado na distância entre amostras do satélite e inspeção dos variogramas experimentais de cada período. O valor concebido ao patamar foi resultado da medida da altura que o variograma apresentou da sua base até o limite do alcance. O valor do efeito pepita transmitiu o quanto de descontinuidade está presente na origem do variograma.

Relações de anisotropia foram verificadas para medir a tendência que os elementos da amostra adquiriram, elementos esses que podem tender de uma forma mais intensa para uma determinada direção e menos intensa para outra.

- Validação cruzada

Após o ajuste dos modelos teóricos aos variogramas experimentais calculados, foi feita a validação cruzada para verificar a qualidade dos ajustes. A validação cruzada correspondeu à predição do erro que incluiu características como média do erro, valor médio quadrático, média do erro padrão, média padronizada e valor médio quadrático padronizado. A partir desses valores foi possível verificar quanto o estimador se aproximou da média e forneceu uma estimativa dos resíduos do modelo (valores estimados menos os valores observados).

5.4. Interpolação dos Dados

Após o ajuste dos variogramas os valores foram interpolados pelo método de Krigagem Ordinária gerando, posteriormente, os doze mapas que apresentam as médias de precipitação de cada ano. Esse método foi caracterizado, basicamente, como um método estatístico espacial de interpolação de dados.

Krigagem é um processo geoestatístico de estimativa de valores de variáveis distribuídas no espaço e/ou tempo, com base em valores adjacentes quando considerados interdependentes pela análise variográfica. (...) O termo (...) foi cunhado pela Escola Francesa de Geoestatística em homenagem a Daniel G. Krige(...). Abrange uma família de algoritmos conhecidos, entre outros, como krigagem simples, krigagem média, krigagem ordinária e krigagem universal (YAMAMOTO, LANDIM, 2013).

5.5. Reclassificação dos Mapas

Os doze mapas interpolados passaram por um processo de reclassificação de suas áreas, a partir da ferramenta Reclassify, também encontrada no SIG ArcGIS, para que uma melhor leitura a respeito da quantidade de precipitação que cada local comportou fosse possível.

5.6. Álgebra dos mapas

Utilizando ainda os dados interpolados dos verões de 2001 a 2013, uma técnica algébrica foi implantada utilizando a função raster calculator do *ArcGis* para obtenção do percentual de precipitação incidente na área de estudo em relação a média dos últimos 11 anos (SAFRE; MANZIONE, 2015) conforme a Equação 1:

$$Diferença \% = \frac{(Chuva Verão 2013-2014)*100}{Chuva Média Verões 2001-2011} \quad (1)$$

A palheta de cores, que contou com cores primárias, foi escolhida para salientar as áreas que apresentaram maiores e menores quantidades de precipitação, quando comparadas as chuvas acumuladas do verão de 2013/2014 com a média dos últimos 11 anos.

6. RESULTADOS E DISCUSSÕES

6.1 Estatísticas descritivas

A coleta das estimativas através do satélite TRMM possibilitou a demonstração de estatísticas descritivas para os mesmos valores, de todos os anos trabalhados (2001 a 2012 e 2013) (Tabela 2).

Tabela 1: Estatística descritiva sobre a precipitação na região da bacia hidrográfica do Alto Paranapanema, entre os verões de 2001 a 2013.

Estatística descritiva	Média	Mediana	Desvio Padrão	Amplitude	Variância	Assimetria	Curtose
2001	614,15	619,61	79,57	375,50	6294,40	-0,09	-0,35
2002	684,60	650,24	92,05	390,68	8423,15	1,19	0,70
2003	662,72	639,74	98,07	399,64	9562,65	0,56	-0,64
2004	679,75	697,48	104,46	481,34	10848,98	-0,53	-0,37
2005	612,49	640,55	106,48	428,87	11272,70	-0,42	-0,82
2006	725,54	723,48	116,76	432,47	13553,20	0,23	-1,09
2007	705,18	675,63	140,81	656,98	19711,38	0,81	0,32
2008	770,35	796,44	137,16	604,05	18702,30	-0,58	-0,49
2009	797,51	798,20	156,68	730,33	24406,41	0,24	-0,40
2010	784,00	811,88	129,01	554,59	16541,70	-0,72	-0,19
2011	565,78	564,89	101,93	546,92	10329,94	0,08	0,02
2013	549,84	446,64	69,63	293,18	4820,69	0,39	-0,76

*unidade: milímetros (mm)

O menor valor encontrado na média foi em 2013, registrando aproximadamente 550,00 mm, fato que foi justificado por ser o ano que apresentou menores índices pluviométricos no período no verão. Já o maior valor da média foi encontrado no ano de 2009, o qual atinge a marca de 797,51 mm.

Em 2010 foi encontrado o valor mais alto da mediana (811,88). Já em 2013, encontrou-se o menor valor, com aproximadamente 447,00 mm.

O maior valor do desvio padrão esteve presente no ano de 2009, com 156,68 mm. A menor variação foi registrada em 2013, com apenas 69,63 e na relação da média do ano de 2001 a 2011, com 25,84 mm, variações essas justificadas pela maior e menor quantidade de precipitação, respectivamente, recebida no verão.

O valor da maior amplitude ocorreu no ano de 2009, fato esperado por conta de esse ano ter registrado o maior índice pluviométrico dentre os demais anos. Fato semelhante ocorreu em 2013, que contou com a menor amplitude justamente por comportar a menor quantidade de precipitação em relação aos outros onze anos. A maior variância encontrou-se no ano de 2009, com 24406,41 e, a variância mais baixa correspondeu ao ano de 2013, com 4820,69.

Em relação à assimetria, os anos que contaram com uma assimetria negativa foram 2001, 2004, 2005, 2008 e 2010, com os demais anos apresentando assimetria positiva (Figura 3). No que concerne à curtose, observou-se que o grau de alongamento de todos os anos é platicúrtico, ou seja, “tem valores para curtose inferiores a 3,0” (Figura 4).

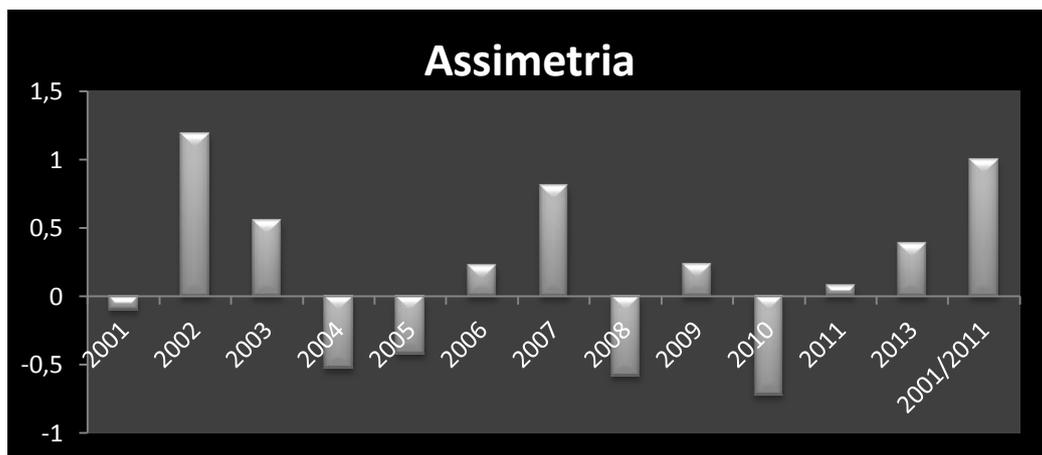


Figura 3: Gráfico de assimetria

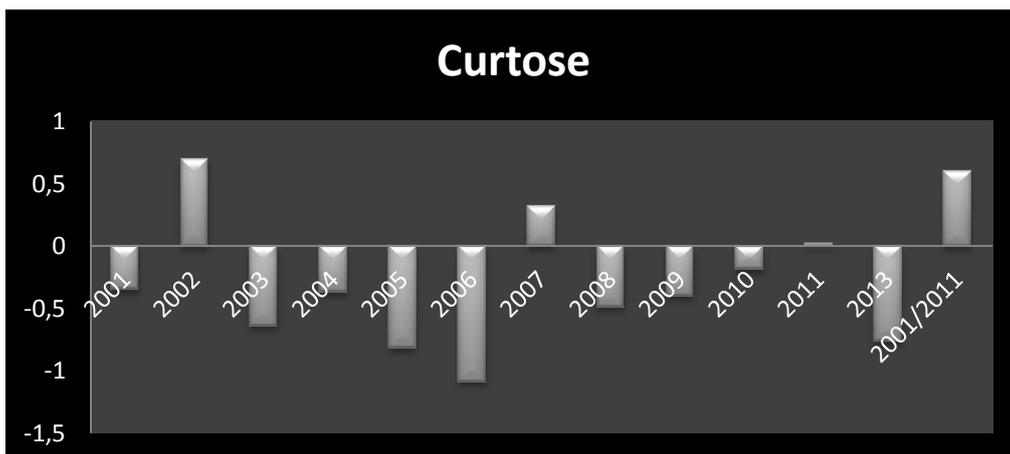


Figura 4: Gráfico de curtose.

6.2 Variograma dos mapas elaborados entre os anos de 2001 a 2011 e 2013 na UGRH-14

O variograma “é a descrição matemática do relacionamento entre a variância de pares de observações (pontos) e a distância separando estas observações. A autocorrelação espacial pode então ser usada para fazer melhores estimativas para pontos não amostrados” (JACOB, 2002). Dessa forma, verificou-se a relação de dependência e continuidade espacial da variável precipitação para cada ano estudado através do ajuste dos variogramas cujas características (modelo, alcance, patamar, efeito pepita e anisotropia) estão descritas na Tabela 3.

Tabela 2: Variograma das médias pluviométricas coletadas entre os anos de 2001 a 2013 na UGRH-14.

Variograma	Efeito Pepita	Tipo de modelo	Alcance (Km)	Anisotropia	Patamar
2001	645,50	Gaussiano	4,00	não	16207,00
2002	754,32	Gaussiano	2,25	não	10363,00
2003	799,84	Gaussiano	2,25	não	1752,16
2004	1169,47	Gaussiano	1,50	não	10498,00
2005	2063,82	Gaussiano	2,40	não	13483,00
2006	1962,87	Gaussiano	3,00	não	19363,28
2007	3401,22	Gaussiano	2,40	não	25118,20
2008	2327,32	Gaussiano	2,60	não	24879,33
2009	3055,75	Gaussiano	2,80	não	34060,60
2010	2505,84	Gaussiano	2,30	não	19662,45
2011	2550,41	Gaussiano	1,60	não	9221,60
2013	812,62	Gaussiano	2,20	não	5479,73

O modelo utilizado na elaboração de todos os mapas foi o gaussiano, por explorar de forma eficiente a variável analisada. O Alcance, de acordo com Camargo

(1998), é “à distância dentro da qual as amostras apresentam-se correlacionadas espacialmente”, sendo que o valor máximo de distância atingida foi de 4,0 quilômetros, no mapa referente ao ano de 2001 e, o menor alcance esteve presente no mapa referente ao ano de 2004, o qual registrou 1,50 km. Nos mapas dos demais anos houve uma variação de 2,0 a 3,0 km.

O patamar por ser, de acordo com Camargo (1998), o valor do variograma correspondente ao seu alcance, demonstrou um maior valor atingido no mapa do ano de 2009, com aproximadamente 34060,60. O menor índice registrado foi em 2013 com a marca de 5479,73.

O efeito pepita encontrado nos mapas construídos não ultrapassou a marca de 3401,22, e apresentou uma descontinuidade mínima em 2003, com o valor de 799,84.

A ausência de anisotropia em todos os anos indicou que as variáveis possuíam variabilidade simétrica em todas as direções.

6.3 Mapas Interpolados

As estatísticas demonstradas foram resultado dos dados coletados pelo satélite, dados esses que atuaram de forma determinante na elaboração dos mapas interpolados e nos mapas reclassificados, sendo que os últimos possuíram como finalidade uma melhor visualização e análise a respeito da quantidade de precipitação que cada porção da região de estudo comportou (Figura 5 a 28).



Figura 5: Mapa da precipitação acumulada interpolado por Krigagem ordinária para o verão 2001/2002 na UGRH-14

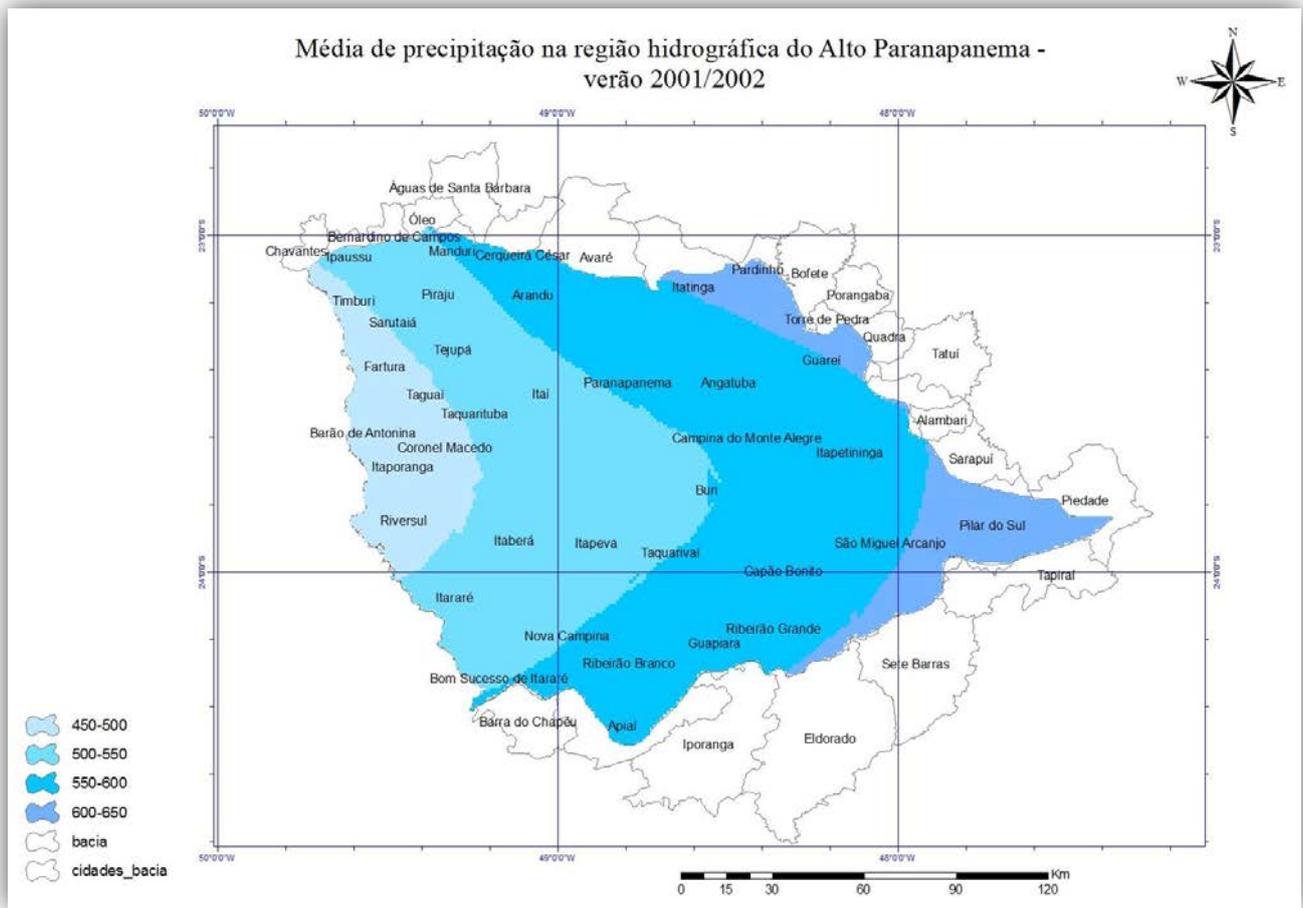


Figura 6: Mapa da precipitação acumulada reclassificado para o verão 2001/2002 na UGRH-14

Observou-se a partir dos mapas de precipitação acumulada referente ao verão de 2001/2002 que, a porção leste da bacia recebeu os menores índices de chuva, com uma precipitação mínima de, aproximadamente, 467,00 mm, envolvendo municípios como Fartura, Taquai, Coronel Macedo, Riversul, Itararé, Piraju, entre outros. A porção central e a cabeceira da bacia comportaram a maior quantidade de precipitação, atingindo índices de, aproximadamente, 637,00 mm, onde estão inseridos os municípios de Pilar do Sul, São Miguel Arcanjo, Capão Bonito, Ribeirão Grande, entre outros.



Figura 7: Mapa da precipitação acumulada interpolado por Krigagem ordinária para o verão 2002/2003 na UGRH-14



Figura 8: Mapa da precipitação acumulada reclassificado para o verão 2002/2003 na UGRH-14

O verão de 2002/2003 comportaram índices pluviométricos maiores (650,00 a 750,00 mm, aproximadamente) nas extremidades Norte e Sul, em cidades como Apiaí, na extremidade Sul, e Itatinga, na extremidade Norte. A porção central apresentou os menores índices de chuva para o período, com uma variação de, por volta, 600,00 a 650,00 mm.

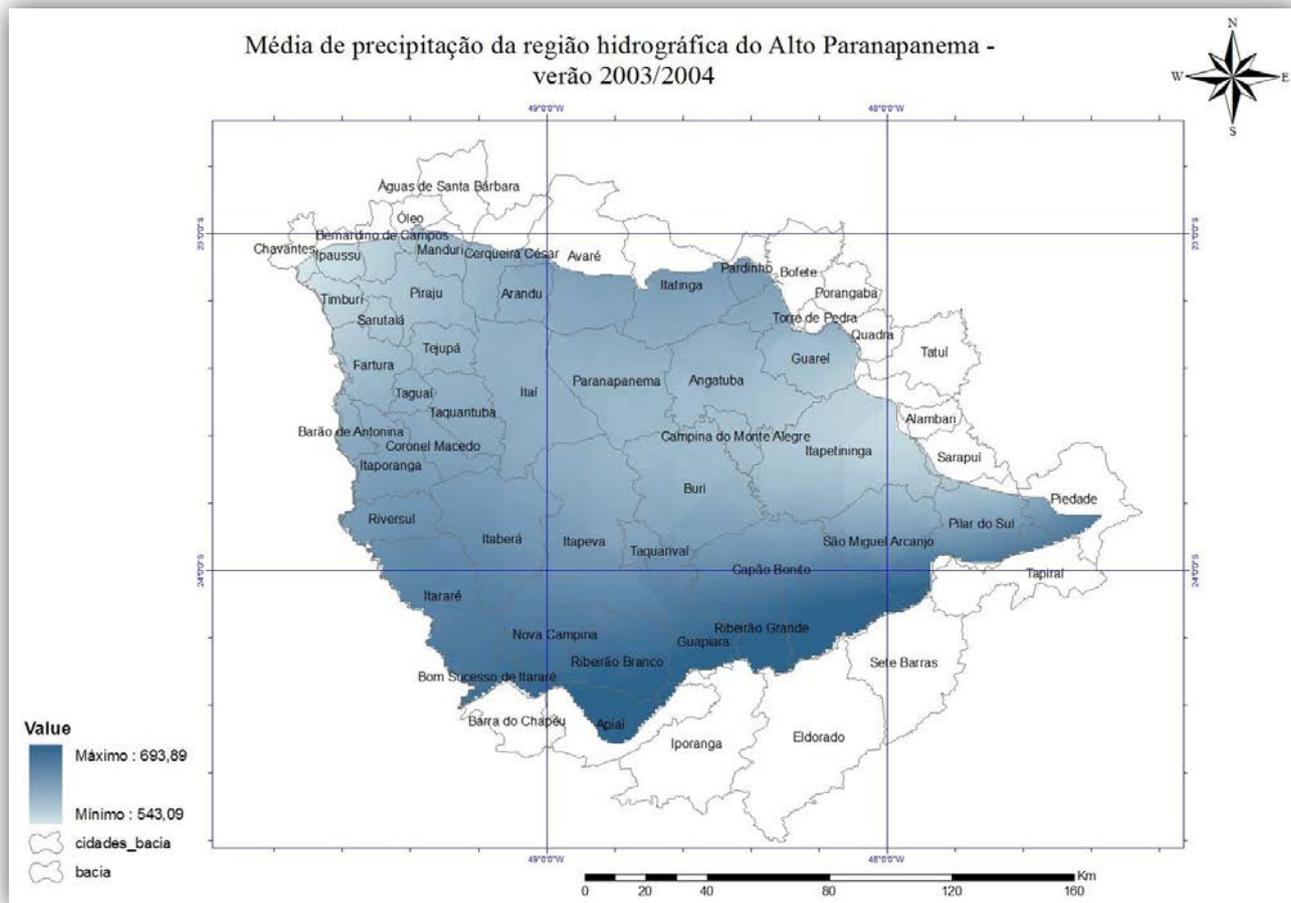


Figura 9: Mapa da precipitação acumulada interpolado por Krigagem ordinária para o verão 2003/2004 na UGRH-14



Figura 10: Mapa da precipitação acumulada reclassificado para o verão 2003/2004 na UGRH-14

As figuras 9 e 10 representaram a quantidade de precipitação que a UGRH-14 comportou no verão de 2003/2004, sendo que a porção norte apresentou índices pluviométricos entre 500,00 a 600,00 mm, aproximadamente. A porção sul da bacia comportou os índices mais altos, com aproximadamente 650,00 a 700,00 mm de chuva.

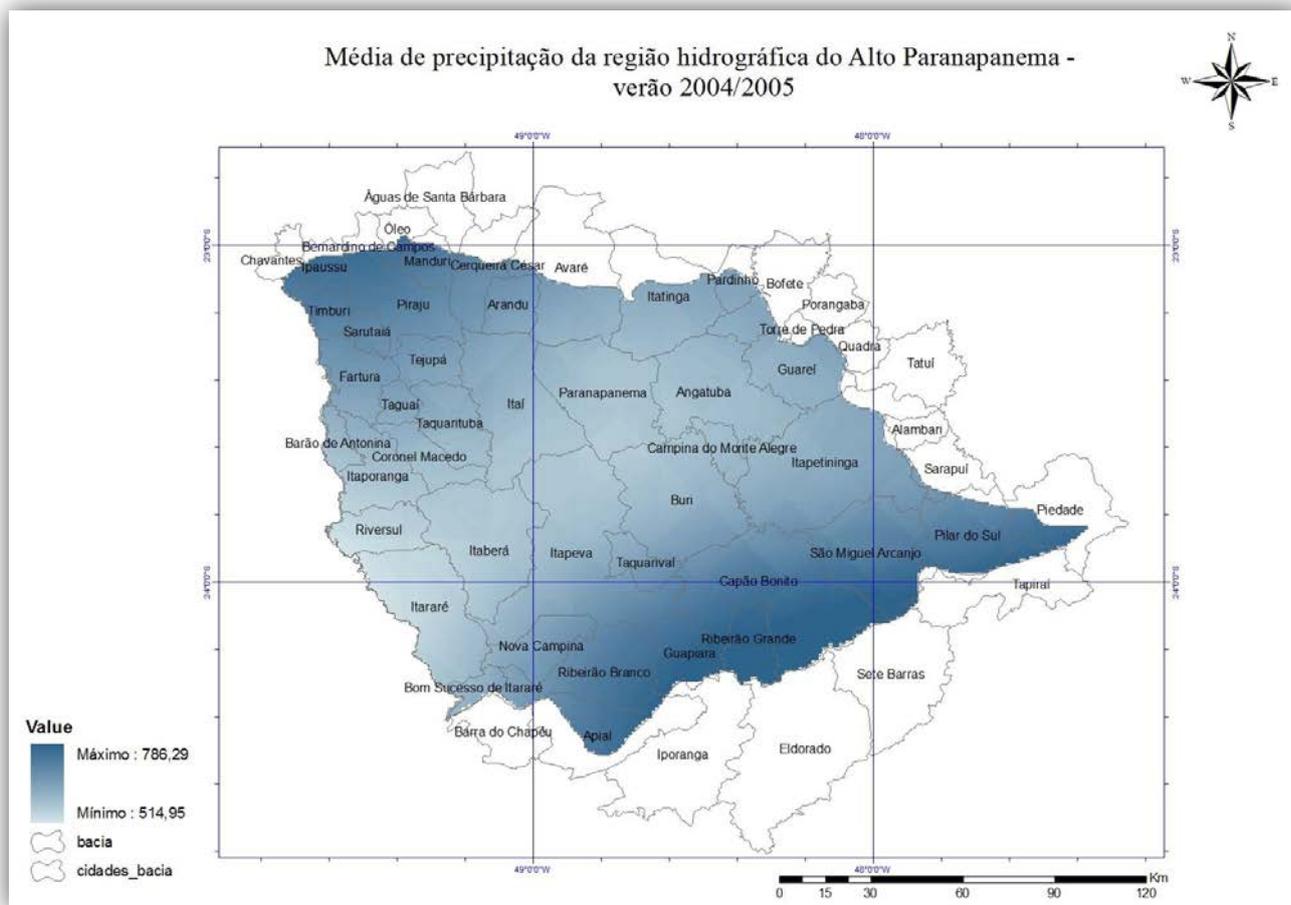


Figura 11: Mapa da precipitação acumulada interpolado por Krigagem ordinária para o verão 2004/2005 na UGRH-14

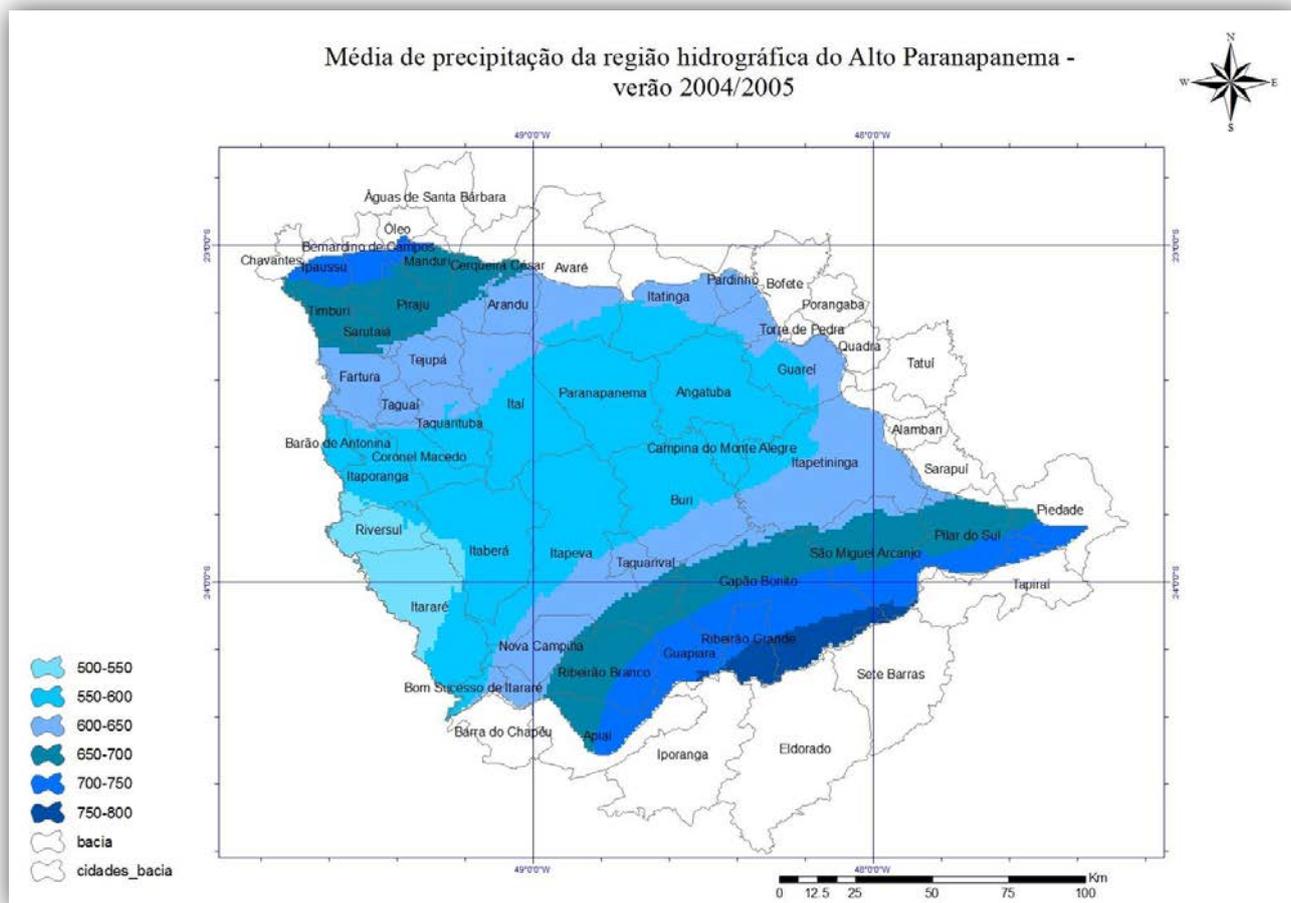


Figura 12: Mapa da precipitação acumulada reclassificado para o verão 2004/2005 na UGRH-14

O verão de 2004/2005 apresentou uma variação pluviométrica entre 514,00 a 800,00 mm, aproximadamente, sendo que, a maior parte dos municípios da porção central, como Buri, Paranapanema, Itaipava e Angatuba contaram com as menores quantidades de chuva. A cabeceira da bacia e o extremo norte receberam os maiores índices de chuva, englobando municípios como Ribeirão Grande e Ipaussu.



Figura 13: Mapa da precipitação acumulada interpolado por Krigagem ordinária para o verão 2005/2006 na UGRH-14

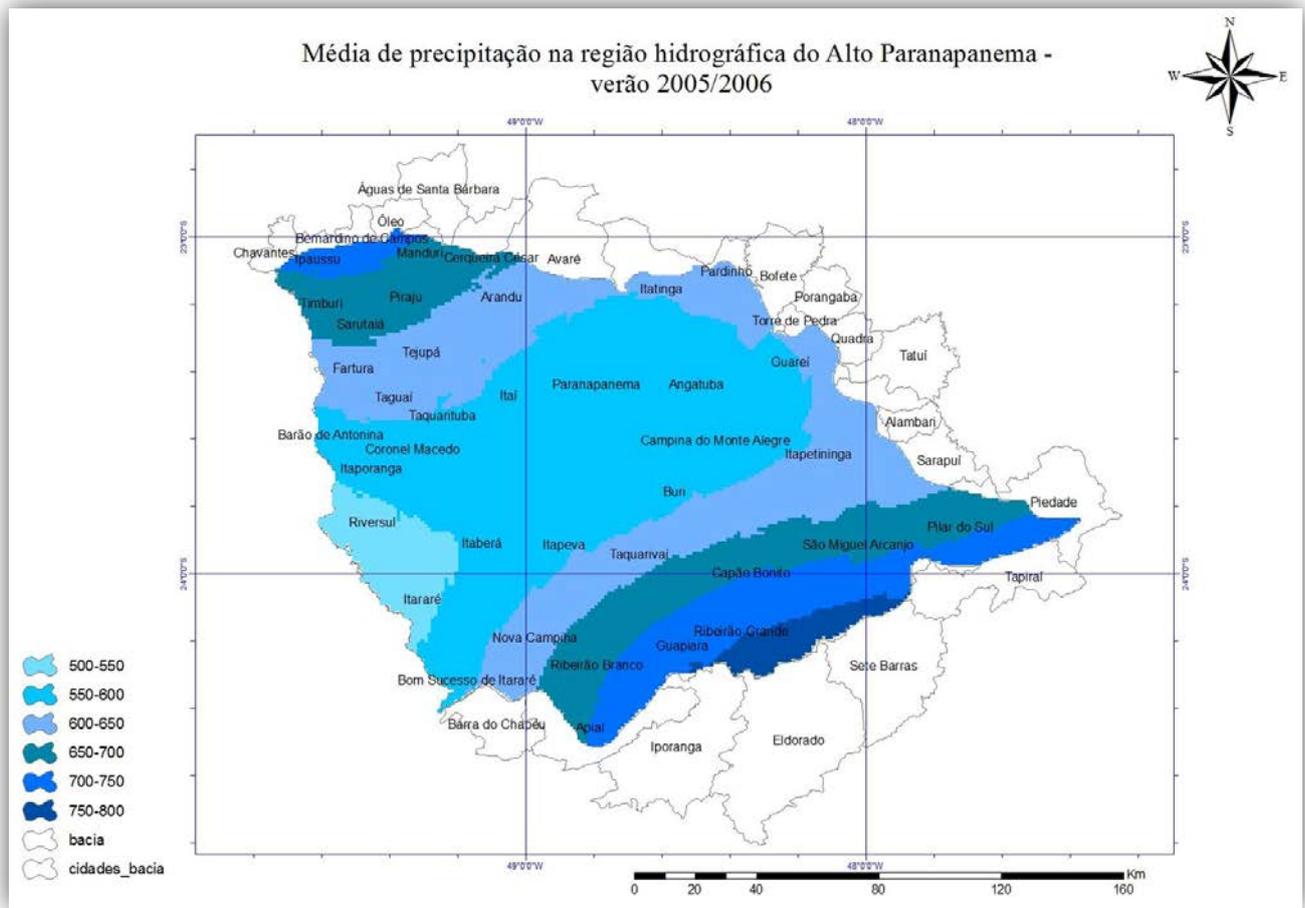


Figura 14: Mapa da precipitação acumulada reclassificado para o verão 2005/2006 na UGRH-14

O verão de 2005/2006 apresentou uma maior quantidade de precipitação nos extremos Norte e Sul, com uma variação de, aproximadamente, 650,00 a 800,00 mm. A porção central da bacia apresentou os menores índices, entre 500,00 a 600,00 mm, englobando municípios como Buri, Campina de Monte Alegre, Itapeva, Angatuba e Paranapanema.

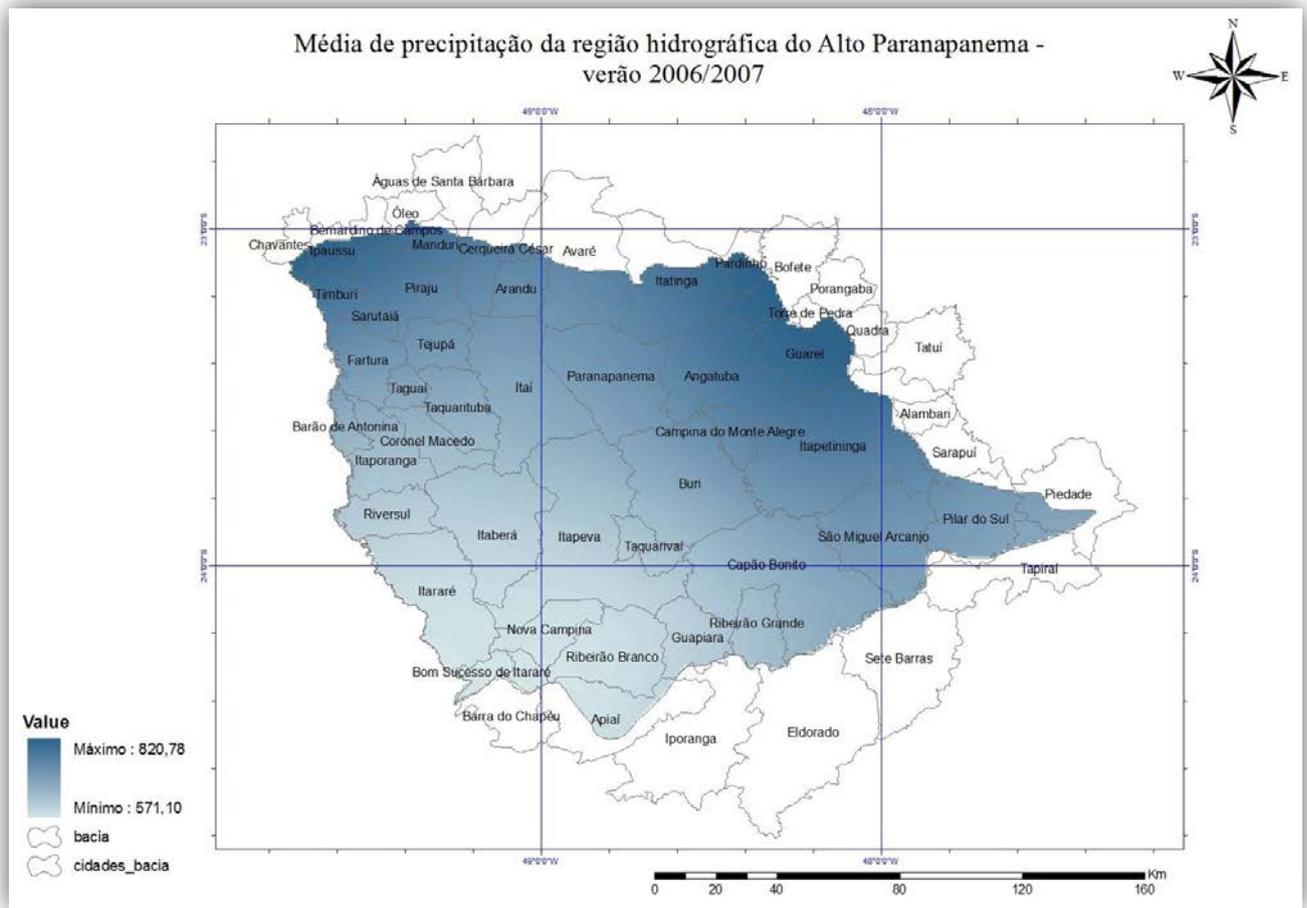


Figura 15: Mapa da precipitação acumulada interpolado por Krigagem ordinária para o verão 2006/2007 na UGRH-14

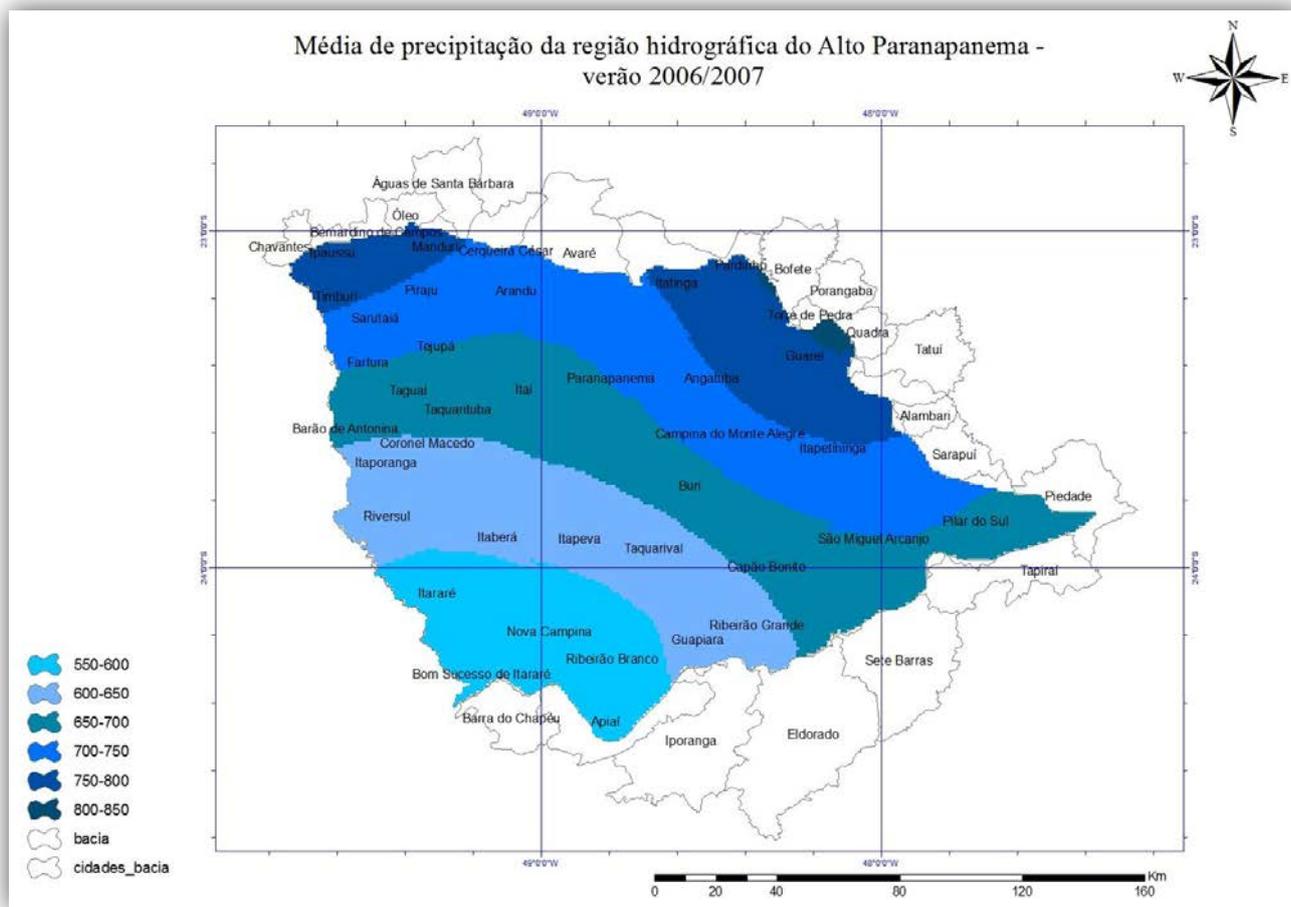


Figura 16: Mapa da precipitação acumulada interpolado por Krigagem ordinária para o verão 2006/2007 na UGRH-14

A variação pluviométrica que o verão de 2006/2007 apresentou foi entre, aproximadamente, 550,00 a 850,00 mm, sendo que a faixa que engloba os municípios de Guareí, Pardinho, Itatinga, Ipaussu, Timburi, Manduri e Bernardino de Campos (porção Norte da bacia) representou os maiores índices pluviométricos. A porção Sul, representada pelas cores mais claras, comportou a menor quantidade de chuva referente ao período, sendo os municípios de Itararé, Nova Campina, Ribeirão Branco e Bom Sucesso de Itararé foram os que apresentaram a situação mais crítica em relação aos menores índices pluviométricos.



Figura 17: Mapa da precipitação acumulada interpolado por Krigagem ordinária para o verão 2007/2008 na UGRH-14

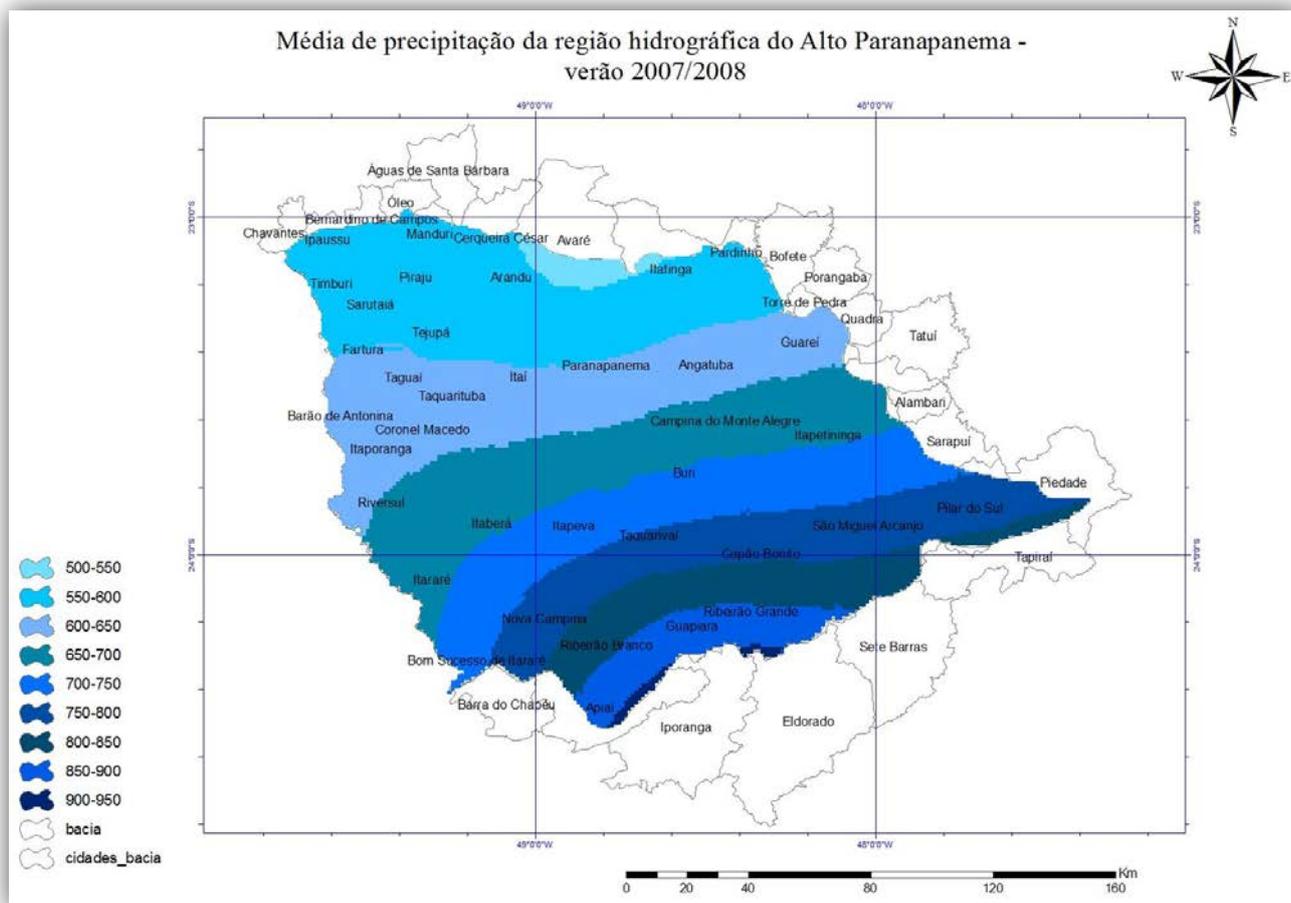


Figura 18: Mapa da precipitação acumulada reclassificado para o verão 2007/2008 na UGRH-14

No verão de 2007/2008 foi encontrada uma variação pluviométrica de, aproximadamente, 533,00 mm a 914,00 mm. A porção Sul da UGRH-14 comportou os maiores índices, já a porção ao Norte apresentou os menores índices pluviométricos.



Figura 19: Mapa da precipitação acumulada interpolado por Krigagem ordinária para o verão 2008/2009 na UGRH-14

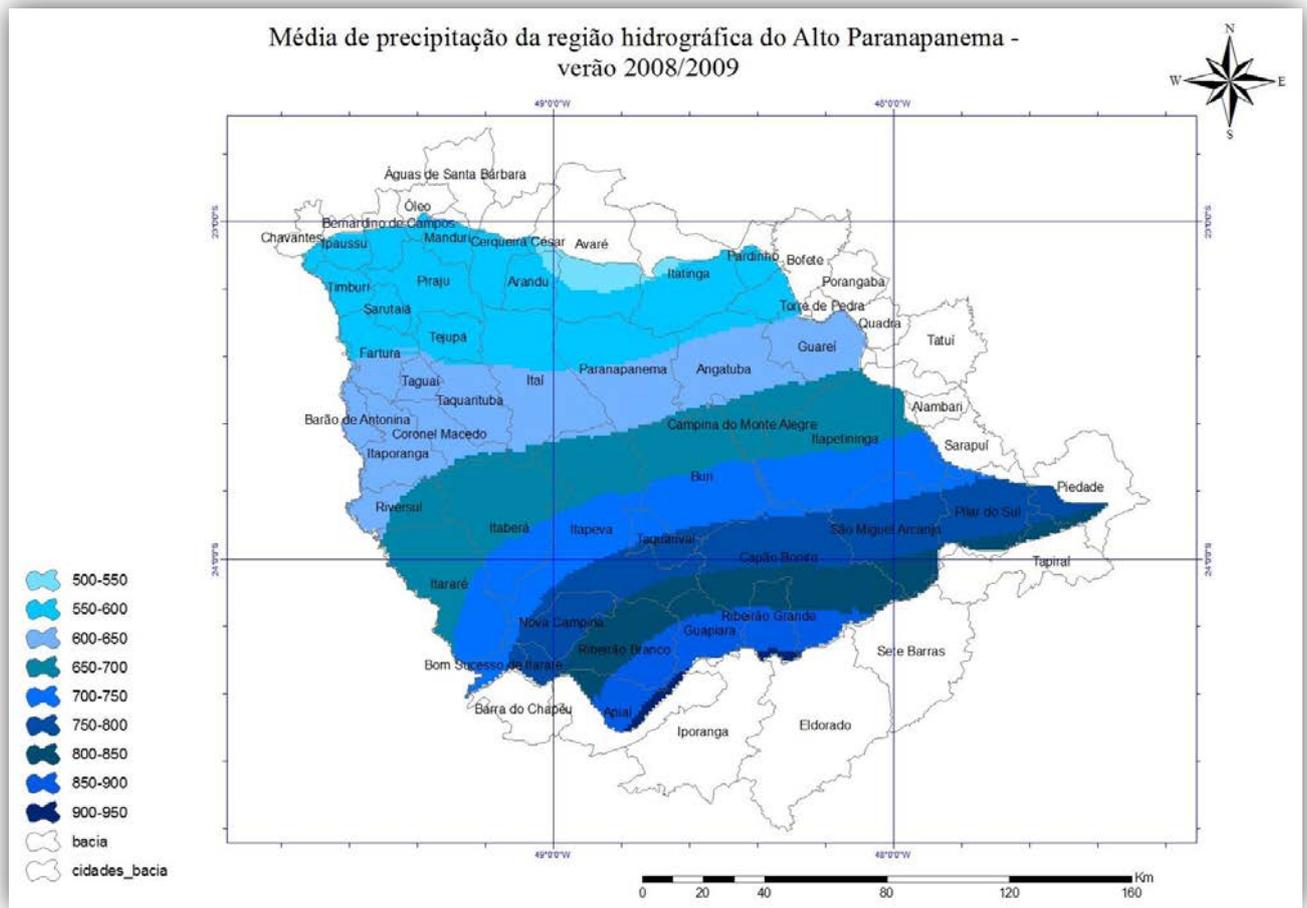


Figura 20: Mapa da precipitação acumulada reclassificado para o verão 2008/2009 na UGRH-14

A variação pluviométrica referente ao verão de 2008/2009 na região em estudo apresentou índices entre 535,00 mm a 912,00 mm, aproximadamente. Houve uma grande distribuição na quantidade de precipitação entre todos os municípios, ocorrendo uma tendência crescente em relação ao aumento da quantidade de precipitação, a partir da porção Norte até a porção Sul.

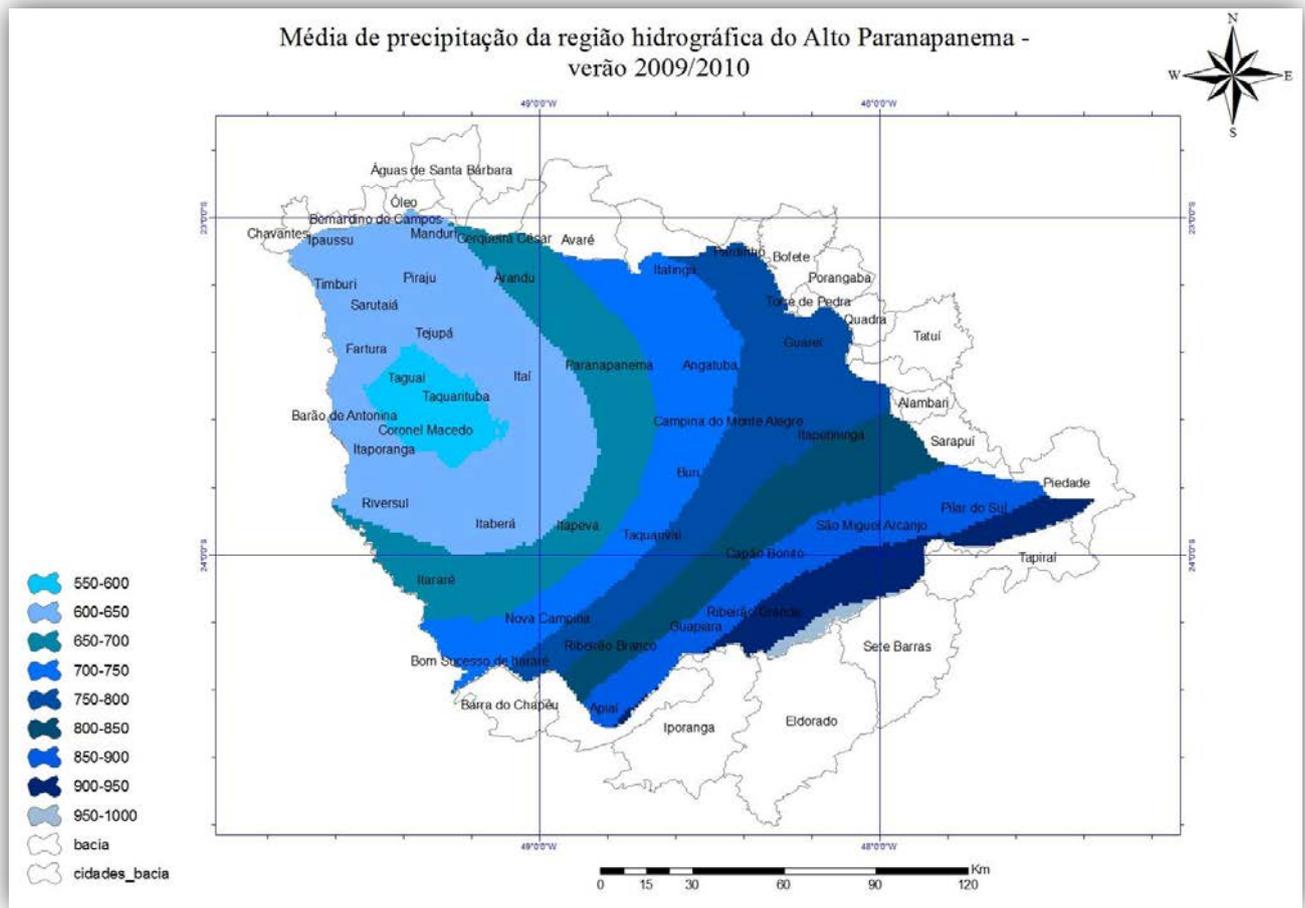


Figura 22: Mapa da precipitação acumulada reclassificado para o verão 2009/2010 na UGRH-14

A região hidrográfica do Alto Paranapanema no verão de 2009/2010 variou, em relação ao seu índice pluviométrico, 450,00 mm, com a menor quantidade de precipitação na porção leste da bacia com uma oscilação de, aproximadamente, 550,00 a 650,00 mm. A porção central e a porção Oeste comportaram os maiores índices (por volta de 800,00 a 973,00 mm).

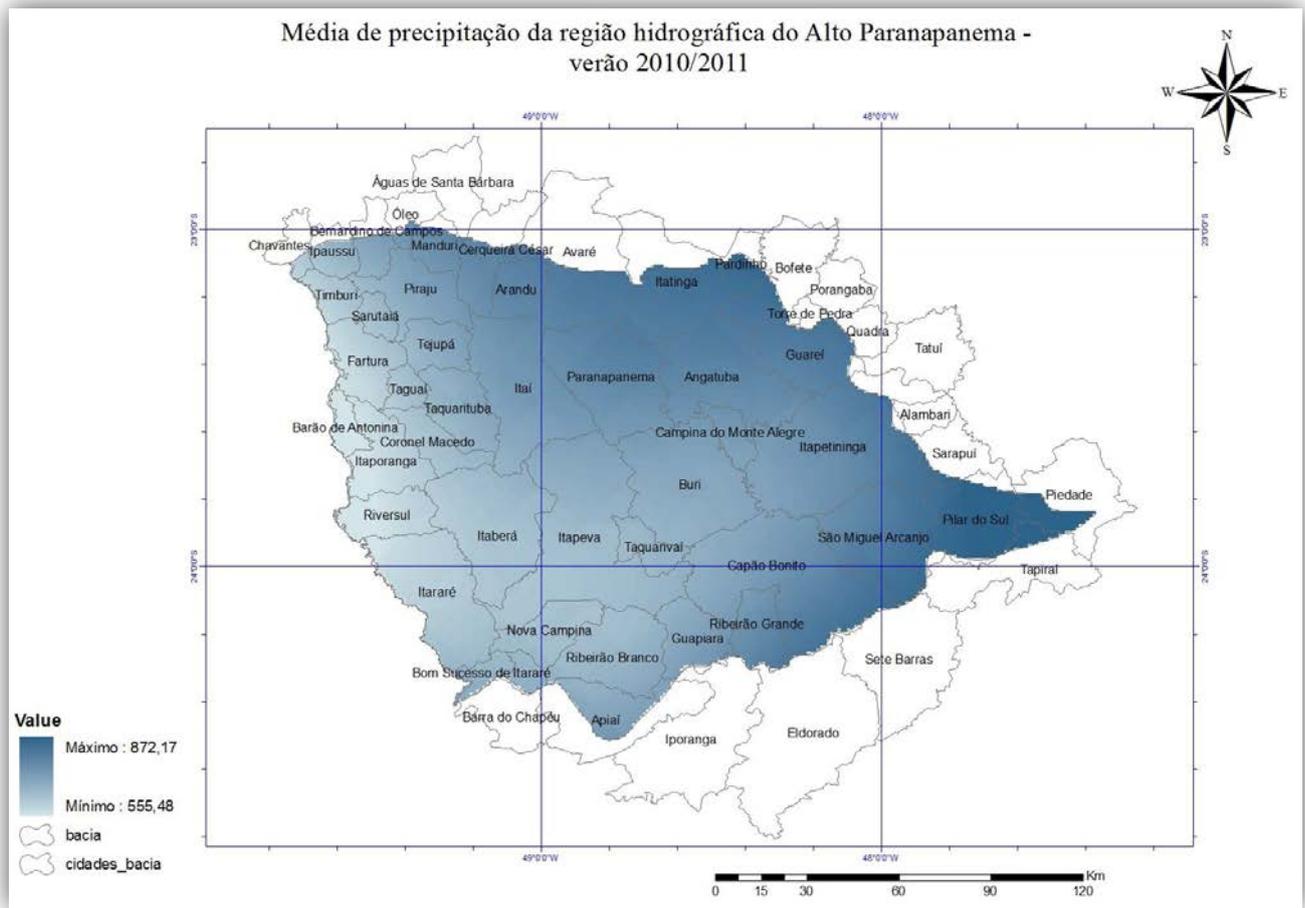


Figura 23: Mapa da precipitação acumulada interpolado por Krigagem ordinária para o verão 2010/2011 na UGRH-14

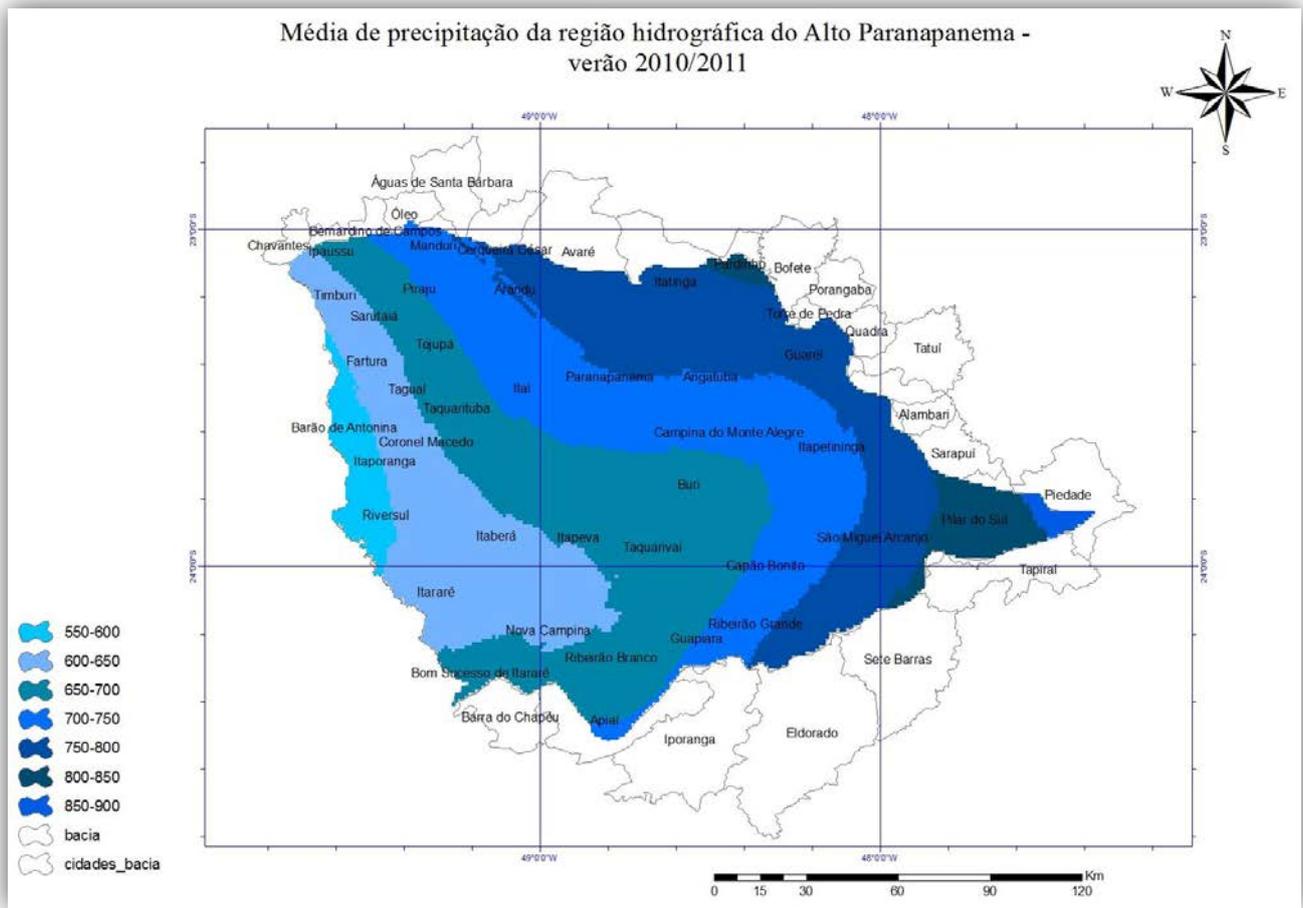


Figura 24: Mapa da precipitação acumulada reclassificado para o verão 2010/2011 na UGRH-14

O mínimo e o máximo de precipitação que a região em estudo apresentou no verão de 2010/2011 foi, respectivamente, cerca de 555,0 a 872,0 mm. A porção oeste apresentou os menores índices, englobando municípios como Itaporanga, Riversul, Itararé e Coronel Macedo. A porção leste comportou os maiores índices pluviométricos, a qual conta com municípios como Pilar do Sul, São Miguel Arcanjo, Itapetininga e Guareí.



Figura 25: Mapa da precipitação acumulada reclassificado para o verão 2011/2012 na UGRH-14



Figura 26: Mapa da precipitação acumulada reclassificado para o verão 2011/2012 na UGRH-14

O verão de 2011/2012 apresentou índices pluviométricos mínimos na porção oeste da bacia, oscilando entre 438,00 a 500,00, aproximadamente. A porção central e Leste contaram com os maiores índices, variando entre 600,00 mm a 750,00 mm, aproximadamente.



Figura 27: Mapa da precipitação acumulada interpolado por Krigagem ordinária para o verão 2013/2014 na UGRH-14

de 2004.; de 2005 para 2006; de 2006 para 2007; e de 2008 para 2009. O máximo de aumento pluviométrico obtido foi de aproximadamente 187,00 mm, no ano de 2006 em relação a 2005. O menor índice de aumento apresentou por volta de 75,00 mm de chuva a mais no ano de 2009 em relação ao ano de 2008.

A diminuição na quantidade de chuva ocorreu em 2003, 2005 e 2008, sempre em relação ao seu ano anterior. Os anos de 2009, 2010, 2011 e 2013 contaram com uma média de aproximadamente 147,60 mm de chuva a menos do que os seus anos anteriores apresentavam.

A quantidade mínima de precipitação de cada ano correspondeu a valores acima de 400 mm, com exceção do ano de 2013, que registrou 384 mm. Já as variações das precipitações máximas que cada ano apresentou oscilaram entre aproximadamente 533,00 e 976,00 mm.

6.4 Predição do erro nos mapas elaborados entre os anos de 2001 a 2013 na UGRH-14

A predição do erro consistiu em estatísticas que permitiram analisar o erro existente quanto à interpolação dos dados que gerou, posteriormente, um mapa. A predição também foi útil para verificar se o método de interpolação e o modelo escolhido foram os melhores para estimar os dados. (Tabela 4)

Tabela 3: Predição do erro mapas elaborados entre os anos de 2001 a 2013 na UGRH-14

Predição do erro	Média do erro	Valor médio quadrático	Média do erro padrão	Média padronizada	Valor médio quadrático padronizado
2001	0,485	19,60	25,76	0,01976	0,7629
2002	1,047	20,15	26,3	0,04418	0,7573
2003	0,338	18,16	24,92	0,01491	0,7131
2004	-0,713	34,27	40,01	-0,02240	0,8473
2005	0,093	45,44	46,97	8,50E-05	0,9658
2006	-0,243	46,79	44,43	-0,00690	1,0350
2007	0,781	51,41	57,07	0,01023	0,8925
2008	0,101	43,49	47,52	-0,00060	0,9043
2009	0,082	49,30	53,46	-0,00340	0,9218
2010	0,129	49,77	53,51	4,40E-05	0,9218
2011	-1,315	50,73	59,52	-0,0250	0,9197
2013	0,804	26,75	37,55	0,02318	0,7123

Determinados critérios foram utilizados quando ocorre a análise dos valores das predições dos erros de forma a concordar ou discordar do método usado para a interpolação e do modelo escolhido. Observou-se que a média do erro na construção de todos os mapas atingiu uma marca próxima de 1, fato que demonstrou o bom aproveitamento dos dados quando utilizados para gerar os mapas.

É importante que a média padronizada seja próxima de zero, como foi observado em todos os anos, sendo que o valor mais próximo de zero foi obtido no mapa do ano de 2005 e o mais distante verificado em 2002.

Um bom ajuste também requer que a média do erro padrão tenha um valor próximo da média padronizada, fato não observado em nenhum dos anos, representando valores distantes entre a média padronizada e o erro padrão. Este conta com um menor erro padrão no mapa do ano de 2001, com 19,6 mm, para mais ou para menos. Já o maior erro padrão encontrado foi em 2011, com aproximadamente 50,7 mm.

O valor médio quadrático deve ser próximo a 1 (quando abaixo está subestimando e acima está superestimando os valores interpolados), sendo que, a partir dos valores consultados na tabela, todos os anos apresentam dados superestimados. O mapa do ano de 2011 registrou o maior valor médio quadrático, com a marca de 50,33.

O menor valor está presente no mapa de 2001, com 19,60. Vale ressaltar que os respectivos valores foram os menores possíveis encontrados no momento em que ocorria a elaboração dos mapas.

6.5 Mapa da média das precipitações (2001 a 2011) na UGRH-14

A partir dos mapas expostos no capítulo 5.9, obteve-se como produto um mapa com informações sobre a média das precipitações entre os anos de 2001 a 2011 na UGRH-14 em conjunto com a reclassificação do mesmo mapa para uma melhor identificação dos índices pluviométricos dispostos nas áreas (Figura 29 e 30).



Figura 29: Média de precipitação acumulada dos verões entre 2001 a 2011 na UGRH-14



Figura 30: Média de precipitação acumulada dos verões entre 2001 a 2011 na UGRH-14, reclassificado

A porção oeste da bacia foi a área que apresentou a menor quantidade de precipitação, em municípios como Itaporanga, Riversul, Barão de Antonina e Coronel Macedo, com aproximadamente 522,00 mm. Já a área central e leste contaram com os maiores índices, área essa que compreende os municípios de Buri, Itapetininga, Capão Bonito, Pilar do Sul, São Miguel Arcanjo, Ribeirão Grande, Apiaí, Itatinga, Guareí, entre outros, representados pelas cores amarelo, verde e azul.

6.6 Diferença entre o total precipitado no verão 2013/2014 e a média das precipitações (2001 a 2011) na UGRH-14

Ao analisar cada mapa, os dados de predição de erro e o variograma, foi possível identificar, de uma maneira geral, a diminuição da quantidade de precipitação no ano de 2013 em certos municípios, quando comparados aos onze anos anteriores.

Para verificar a variação percentual entre os totais precipitados nos dois períodos de análise, os dois planos de informação foram comparados, expondo em seu conteúdo a alteração da quantidade de chuvas que o verão de 2013 sofreu em relação ao verão dos onze anos anteriores (Figura 31).

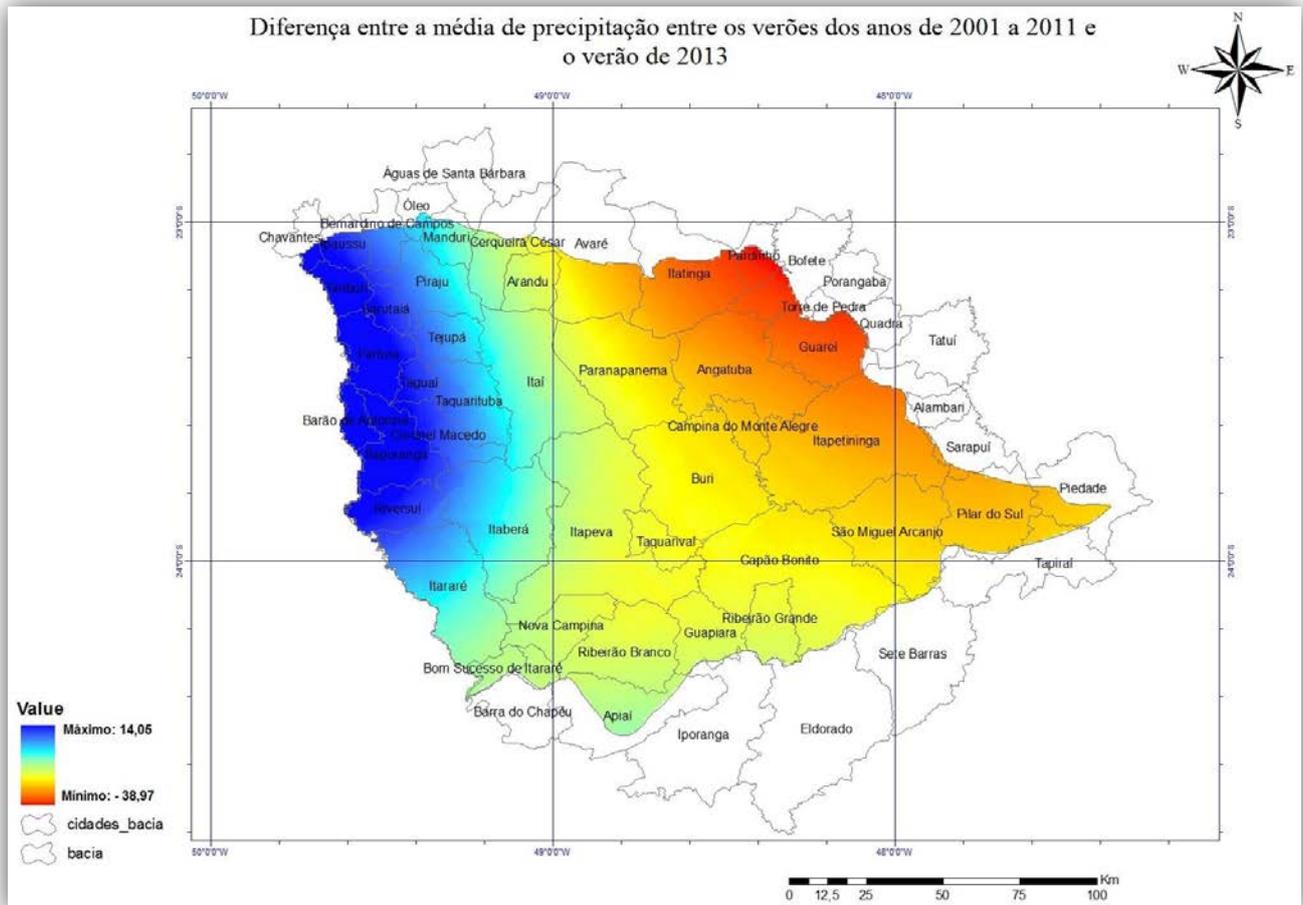


Figura 31: Diferença da média de precipitação entre o verão de 2013 e os verões de 2001 a 2011, na UGRH-14

De um modo geral, a respectiva bacia hidrográfica apresentou uma considerável diminuição na sua quantidade de precipitação na maioria de seus municípios, recebendo aproximadamente 39,00 mm a menos de chuva do que a média dos dez anos anteriores. Em municípios como Pardinho, Guareí e Torre de Pedra foi observado o registro da menor quantidade de precipitação, estendendo-se ao longo da cabeceira da bacia, que comportou os municípios de São Miguel Arcanjo e Pilar do Sul

Na porção central, houve uma leve tendência de aumento da quantidade de chuvas, onde se localiza Buri, Capão Bonito, Paranapanema.

A extremidade esquerda, representada pela cor azul, contou com municípios que receberam uma maior quantidade de chuvas em relação aos verões dos onze anos anteriores, com aproximadamente 14,00 mm a mais no índice de precipitação, local onde está a cidade de Ipaussu, Fartura, Coronel Macedo, Itaporanga, entre outras cidades.

A redução nos níveis de precipitação, principalmente nas cabeceiras da bacia, acabou por comprometer todo o fornecimento de água para os diversos usos que a UGRHI-14 apresentou. Mesmo municípios localizados no exutório da bacia, onde foi verificado um aumento relativos na precipitação, vem a sofrer com a diminuição da precipitação nas cabeceiras da bacia por haver represamento nas barragens do Rio Paranapanema, visando a geração de energia e diminuição nas vazões do rio. Trabalhando com vazões mínimas, a água dos cursos d'água da bacia perdem não só em quantidade, mas também em qualidade, comprometendo o aproveitamento dos recursos hídricos em diversos municípios.

6.7 Impactos da variabilidade da precipitação nas principais vocações econômicas da região

6.7.1 Agricultura

Tratando-se da utilização da água no que diz respeito ao cultivo, deve-se salientar que diversas culturas necessitam da presença da água, em diferentes quantidades, para o seu desenvolvimento satisfatório, sendo que, de acordo com o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, a quantidade de água utilizada no ciclo do desenvolvimento das plantações é denominada de demanda sazonal. Portanto, a demanda sazonal das culturas são diferentes, necessitando, de forma geral, maiores quantidades de água nas produções localizadas em regiões de clima semiárido.

Um exemplo sobre tal afirmativa pode ser visto no município de Buri, localizado na UGRH-14. O impacto econômico e natural gerado pela diminuição das chuvas pode causar grandes transtornos entre os pequenos produtores, pois, há a necessidade da adoção de outros métodos, mais custosos na maioria das vezes, que

supram a ausência da chuva, como é o caso da irrigação. A incorporação dessa técnica deve estar diretamente ligada à ausência e a qualidade da água no perímetro do plantio, além de outros fatores como:

(...) o efeito da irrigação na produção das culturas, a necessidade de água das culturas (...). Outras razões para se utilizar irrigação são o aumento da produtividade, a melhoria da qualidade do produto, a produção na entressafra, o uso mais intensivo da terra e a redução do risco do investimento feito na atividade agrícola (ANDRADE, 2011 p. 01).

Após a determinação da utilização da irrigação,

(...) há que se analisar as fontes de água, para verificar se são capazes de suprir as necessidades hídricas da cultura com água de boa qualidade. As principais fontes de água para irrigação são rios, lagos ou reservatórios, canais ou tubulações comunitárias e poços profundos (ANDRADE, 2011, p. 4).

O município de Buri passou a utilizar a técnica de irrigação devido à ausência de chuvas na região, no ano de 2014. O trigo, plantado em abril do mesmo ano, apresentou uma queda na sua produtividade devido à necessidade de água para seu desenvolvimento, de acordo com Ávila (2014). Contudo, o custo da produção do trigo sem o uso da irrigação, o sequeiro, estava em torno de 2.200 reais por hectare. Após a necessidade da implantação da irrigação, o custo passou a ser de 2.800 reais por hectare. A qualidade do trigo irrigado mostrou-se maior comparado ao trigo sequeiro, porém, a demanda da comercialização e exportação desse trigo não compensou os gastos que os produtores rurais tiveram para que essa técnica fosse instaurada.

O caso de Buri é apenas um exemplo na unidade de gerenciamento estudada que apresenta um déficit orçamentário por conta dos produtores rurais utilizarem a agricultura como principal, se não única fonte econômica. Em Itapetininga a situação assemelhou-se a Buri, porém com uma plantação de soja, principal cultura a ser plantada na região devido à relativa estabilidade no preço de mercado. A escassez de água em 2013/2014 fez com que fosse estimada uma perda de 40% do que foi plantado, de acordo com Técnicos da Secretaria da Agricultura e Abastecimento do Estado (ROMA, 2014).

O município de Itapeva, em 2014, também precisou utilizar a irrigação para que o ciclo do cultivo de feijão fosse concluído. O início do plantio ocorreu no mês de julho para que a colheita acontecesse no mês de outubro, fato atípico, pois, todos os anos a colheita é realizada em dezembro por diversos produtores e, a partir disso, Itapeva contaria com menos concorrência no momento da venda ou da exportação. O único problema enfrentado para que a safra obtivesse sucesso em sua produção foi a ausência de chuva, que fez com que o custo aumentasse em 1200 reais, justamente pela necessidade de ser implantada a irrigação (Produtores de feijão antecipam plantio na região de Itapeva, SP – g1.globo.com, 2014). Nesse caso em específico, o produtor conseguiu compensar o investimento através do valor das sacas vendidas no mercado.

Os municípios de Buri, Itapeva e Itapetininga fizeram parte da área que recebeu a menor quantidade de precipitação no verão de 2013/2014, justificando, dessa forma, os problemas para o cultivo que os produtores apresentaram nessa região.

6.7.2 Energia

A maneira como a energia é produzida no Brasil diz respeito a energia hidrelétrica, a qual:

“é gerada pelo aproveitamento do fluxo das águas em uma usina na qual as obras civis – que envolvem tanto a construção quanto o desvio do rio e a formação do reservatório – são tão ou mais importantes que os equipamentos instalados” (Energia Hidráulica – anael.gov.br, 2000)

O quadro da diminuição da quantidade de precipitação está diretamente ligado ao aumento da cobrança pelo uso de energia. As fontes energéticas que a região da bacia hidrográfica do Alto Paranapanema apresenta provêm da instalação de usinas hidrelétricas ao longo do rio Paranapanema, identificando-se quatro usinas principais: Jurumirim, Piraju, Paranapanema e Chavantes. Contudo, esse aumento da cobrança foi provocado justamente pela diminuição do abastecimento de água nas usinas hidrelétricas, tornando real a lei da oferta e da procura demonstrada pelo economista Adam Smith (1776), isto é, quanto menor a demanda de água para a produção de energia elétrica a tendência é haver o aumento do preço do produto devido a grande procura pelo mesmo.

6.8 Análise do relatório da situação dos recursos hídricos da UGRH-14, ano base 2013.

Determinadas informações presentes no relatório de recursos hídricos da UGRH-14 apresentaram uma ligação direta ou indireta com a água, porém, todas são relevantes devido a sua atuação, muitas vezes negativa, em relação a esse bem natural.

De acordo com o relatório de situação dos recursos hídricos da bacia em questão, disponibilizado pelo CBH-ALPA, foi possível observar uma diminuição contínua na demanda de água superficial entre os anos de 2007 e 2013, acompanhados de um aumento na quantidade de água subterrânea. A partir da diminuição da disponibilidade da água superficial, seria favorável se houvesse a estabilização ou a diminuição da utilização da água, para fins urbano, industrial e rural, caso não aplicado na bacia do Alto Paranapanema. Todos os seguimentos apresentaram um aumento, com exceção do industrial que contou com uma queda no ano de 2011, mas continuou de maneira crescente até o ano de 2013. A maior utilização da água possuiu, como uma de suas justificativas, o crescimento, considerado não muito expressivo, da população que, em 2007 contava com aproximadamente 712 mil habitantes e, em 2013, ultrapassou 730 mil habitantes.

A perfuração de poços tornou-se uma alternativa encontrada pela população para a captação de água, tanto para atividades como a agricultura quanto para o consumo próprio. Essa alternativa não é indicada, pois, para que ela seja executada legalmente, é necessária a outorga da prefeitura. Contudo, muitos optam por fazer a perfuração sem essa outorga e sem o material recomendado, extraindo de forma indevida a água subterrânea. De forma sintética, para a perfuração subterrânea seja feita é necessário a apresentação do projeto e do anteprojeto ao Serviço de Recursos Hídricos.

No Brasil, atualmente, o Projeto e o Anteprojeto de poço tubular estão regulamentados por normas da ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas, devendo ser elaborado e executado por profissional Geólogo ou Engenheiro de Minas habilitado perante o CREA (segundo Decisão Normativa no 059, de 09 de maio de 1997 do CREA) que deverá recolher a Anotação de Responsabilidade Técnica – ART correspondente para cada projeto elaborado e executado, o qual deverá ser apresentado quando da solicitação de licença para construção da obra junto à SRH. (MAIA, 2008)

O relatório do CBH-ALPA apontou um crescimento na captação da água subterrânea, entre os anos de 2007 a 2013, com uma triplicação da quantidade de uso. Essa contagem foi apenas sobre as perfurações outorgadas, presumindo-se que o número seria mais elevado se à contagem fosse somado os poços ilegais.

A atividade agrícola foi a principal atividade na UGRHI-14, estando em segundo lugar a pecuária, sem contar a atividade industrial, que utilizou consideráveis quantidades de água. Notou-se um crescimento quase que contínuo de estabelecimentos agropecuários, entre os anos de 2007 a 2012, ocorrendo um leve decaimento de 2011 a 2012.

Vale ressaltar que a atividade mineradora realizada no sul da bacia hidrográfica, a qual apresentou uma estagnação de fevereiro de 2008 a agosto de 2010, no que diz respeito ao número de estabelecimentos, pode contribuir com a alteração dos recursos hídricos, tanto superficiais quanto subterrâneos. O mesmo vale para a agricultura, sendo o fosfato e o nitrato os elementos químicos que podem atingir os recursos hídricos, seja por infiltração ou pelo transporte de partículas do solo.

A partir de tais considerações, foi identificada a necessidade da preservação da água própria para o uso ainda existente, sendo o devido tratamento do esgoto uma das formas de alcançar esse objetivo. Identifica-se que, entre os anos de 2010 a 2013, o tratamento, a coleta e a eficiência do esgoto foram considerados de regular a satisfatório. Apesar dessa afirmação, o crescimento quase que contínuo não significou um desenvolvimento positivo desse tema, sendo que apesar dessa classificação a região contou com a falta de ações que realmente resolvam essa questão que é considerada um dos fatores que fazem parte dos problemas do saneamento básico no local, justamente por externar, a partir de relatórios, por exemplo, a ideia de que a situação não seja crítica.

Outro fator importante para a mitigação dos problemas referentes ao saneamento básico, constou na devida destinação dos resíduos sólidos, devendo haver uma correta separação entre os tipos de resíduos (industrial, doméstico e de saúde). Se não há um devido manejo dos resíduos, os mesmos tem muitas vezes como destino rios e córregos. Com isso, a qualidade da água é afetada de forma muitas vezes irremediável devido a alterações químicas que a mesma pode sofrer, além do mau cheiro e do aspecto pouco usual. Os resíduos industriais, de acordo com o relatório, são os que mais

apresentaram destinação imprópria em quase todos os municípios, com exceção de Angatuba, Itararé e Piraju.

A má qualidade da água pode ser refletida em doenças que atingem a população que usufrui desse bem natural para beber, lavar alimentos, higienizar-se, etc. Um exemplo disso foi observado na esquistossomose, a qual o molusco hospedeiro que serviu de intermediário para a doença desenvolveu-se em poças de águas contaminadas por esgotos. Essa doença foi encontrada na região da bacia em questão, com picos mais altos em 2007, 2010 e 2013, sendo este o ano que apresentou maior incidência.

Alguns sistemas existentes podem ser considerados como alternativas, atuando com o intuito de amenizar os riscos que a população está exposta quando o tema é a propagação de doenças provenientes da água contaminada. A SAA (Sistema de Abastecimento de Água) “são obras de engenharia que, além de objetivarem assegurar o conforto às populações e prover parte da infraestrutura das cidades, visam prioritariamente superar os riscos à saúde impostos pela água” (Secretaria de Vigilância e Saúde, 2006). Tal recurso iniciou-se com a escolha do manancial que será captada a água, devendo ser priorizados aqueles desprovidos de contaminantes inseridos a partir de atividades antrópicas.

Mesmo assim a saúde humana pode correr riscos com acontecimentos que não são previstos, como descarga de contaminantes no manancial; lançamento clandestino de efluentes no manancial; ocorrência de pressão negativa em tubulação e conseqüente penetração de contaminante em seu interior; rompimento de redes e adutoras; problemas operacionais diversos na estação de tratamento; penetração de contaminantes diversos nos reservatórios públicos; ausência de manutenção na rede distribuidora.

Para que haja uma solução eficaz e relativamente rápida para esses tipos de “imprevistos”, deve haver, de acordo com a Secretaria de Vigilância e Saúde, um rígido controle e vigilância sobre a qualidade da água, envolvendo análises físicas, químicas e microbiológicas, determinando, através de amostragens, o risco que aquela determinada água pode causar à saúde.

Em relação a descarga de produtos químicos no solo e na água, houve uma relativa elevação, entre 2007 e 2013, com uma pequena diminuição no ano de 2009 e 2013.

Tendo em vista a questão da contaminação da área analisada, a CETESB (Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental) promoveu análises das possíveis fontes de derramamento, sendo que os postos de gasolina foram os principais lugares analisados.

A questão deve receber uma maior atenção devido ao diagnóstico de aumento dos resíduos sólidos urbanos de quase 50% em relação ao número de toneladas geradas por dia, entre o período de 2007 a 2013, sendo que houve uma baixa, entre 2011 a 2013, dos resíduos sólidos urbanos dispostos em aterros. A opção por uma maior fiscalização nessas áreas de derrame torna-se viável, com o auxílio de outros órgãos para que, posteriormente, medidas sejam tomadas para a sua contenção.

Outra tentativa para amenizar os problemas de contaminação proposta pela CBH-ALPA propõe uma ação em conjunto com as Diretorias de Ensino e as Universidades da região, tentativa essa voltada para a educação ambiental.

Um dos projetos em andamento em 2014 é denominado “Gerenciamento de Resíduos Sólidos Urbanos na UGRHI-14 Alto Paranapanema: organização de Coleta Seletiva e de Catadores de Materiais Recicláveis”, desenvolvido pela FCT-Unesp campus de Presidente Prudente, com apoio do CBH-ALPA e FEHIDRO. Com isso, o CBH-ALPA, através da Câmara Técnica de Educação Ambiental (CT-EA), já realiza orientações técnicas na região, em parceria com as Diretorias de Ensino de Itapetininga, Itararé, Itapeva e Piraju, onde são apresentados os dados obtidos no decorrer do projeto em formato de relatório técnico seguido de cartilhas educativas, permeando temas como a Política Nacional de Resíduos Sólidos e o Relatório de Situação dos Recursos Hídricos da UGRHI-14. Isso permite vincular os participantes com o comitê e também conscientizá-los sobre projetos atuantes na bacia (CBH-ALPA – www.sigrh.sp.gov.br, 2013).

Somada às alternativas já explanadas, um devido monitoramento na bacia por órgãos fiscalizadores ajudaria na melhoria de sua gestão devido à deficiência encontrada no mesmo.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A área da região da bacia hidrográfica do Alto Paranapanema comportou diversos elementos que merecem um enfoque, como forma de auxílio, para o entendimento dos problemas oriundos desse local, envolvendo direta ou indiretamente os recursos hídricos, para que determinadas medidas fossem levantadas e executadas

As análises feitas no trabalho trouxeram como resultados uma tendência ocasionada pela diminuição de chuvas no verão de 2013/2014, a qual gerou a perda na produtividade das culturas, acarretando em gastos excedentes para os produtores rurais. Os pequenos produtores, que, na maioria das vezes, apenas sabem realizar trabalhos voltados para a agricultura podem não encontrar outro meio igualmente lucrativo que possa proporcionar um respaldo financeiro no período de atípica variação pluviométrica que ocorreu no verão de 2013/2014.

A área de estudo contou com relatórios anuais que disponibilizaram informações acerca da situação em que se encontravam os recursos hídricos na UGRH-14, e os fatores que interferiram de forma direta ou indireta nos mesmos, a partir de análises da qualidade da água, disponibilidade de água subterrânea e superficial, quantidade e tipos de resíduos sólidos despejados em locais impróprios, áreas com ocupações irregulares e susceptíveis a erosão, entre outros fatores que também possuem um envolvimento com questões sociais, econômicas e naturais. Uma devida importância deve ser dada ao relatório por disponibilizar informações de caráter social e político, compilando evidências que merecem a atenção de órgãos gestores no que diz respeito à solução de determinadas problematizações na unidade de estudo.

Em diversos segmentos a bacia atende uma classificação satisfatória, de acordo com o relatório de situação dos recursos hídricos, porém, isso pode significar um menor investimento na região justamente por demonstrar através dos relatórios a falta de urgência para certas questões. Tratar a água, combater catástrofes consideradas naturais (erosão), diminuir a quantidade de resíduos sólidos que possuem como destino final a água utilizada pela população, ausência de campanhas de conscientização sobre a devida utilização da água, entre outros, são questões que não devem deixar de receber incentivos para que tenham cada vez mais uma menor ocorrência.

Devem ser implantados novos pontos de monitoramento nas bacias afluentes do Rio Paranapanema, visando a parceria do Comitê, com as prefeituras,

universidades, e outros órgãos que possibilitem a busca e a criação de um banco de dados. Deve-se recomendar a necessidade de projetos de conservação do solo visando a manutenção da qualidade e quantidade dos mananciais presentes na unidade. (CBH-ALPA – www.sigrh.sp.gov.br, 2013)

A UGRHI-14 contou com investimentos nos Programas de Duração Continuada (PDCs) em diversos seguimentos, utilizando-se não apenas os fundos do FEHIDRO, mas também de prefeituras, da SABESP, entre outros. Os seguimentos que participaram dessa aplicação de capital foram a respeito do planejamento, conservação, educação ambiental, erosão, esgotos, galerias, hidrologia e resíduos, sendo que os investimentos nas galerias de águas pluviais detém mais de 50% em detrimento dos outros segmentos. A necessidade da instalação dessas galerias pluviais esteve voltada para a contenção da erosão, que é “o conjunto de processos que desagregam e transportam solo e rochas morro abaixo ou na direção do vento. Esses processos transportam o material alterado da superfície da Terra de um local e depositam-no em outro lugar” (JORDAN; GROTZINGER, 1977). A formação da erosão será uma consequência caso a água da chuva não tenha alternativa para seu escoamento a não ser na forma de enxurrada, proporcionando o deslizamento de terra que pode invadir as moradias da UGRH-14, sendo irregulares ou não.

O auxílio financeiro que o governo poderia fornecer para produtores rurais em prol de ajudar os que não conseguiram desenvolver satisfatoriamente suas culturas não foi feito, sendo que encontram-se programas governamentais que auxiliam, mesmo que minimamente, na questão financeira dos produtores rurais em regiões que a seca, como o nordeste, por exemplo, é predominante. Porém, como a estiagem estudada foi um caso atípico, dificilmente foi/é visto uma ajuda de custo para os pequenos produtores, para que técnicas e equipamentos fossem instaurados em prol do combate à improdutividade das culturas causada pela variação na quantidade de precipitação.

8 CONCLUSÕES

A partir das estimativas coletadas a respeito da precipitação na UGRH-14 na bacia hidrográfica do Alto Paranapanema, concluiu-se que, ao comparar o verão de 2013 com a média dos onze verões anteriores, houve uma diminuição na quantidade de precipitação, sendo que a porção leste é o perímetro mais crítico.

A variabilidade espacial das chuvas na região apresentou dependência espacial, com um alcance que variou de 1,50 Km a 4,00 Km.

A interpolação dos dados coletados pelo satélite TRMM e a sua demonstração em mapas atingiu o objetivo proposto, o de auxiliar no entendimento das informações compartilhadas para a realização de uma posterior análise, dando uma maior dimensão espacial acerca da quantidade de precipitação de cada local.

O método da Krigagem ordinária foi eficiente no processo de interpolação, respeitando a média do conjunto de dados originais com variância mínima.

9 REFERÊNCIAS

Adasa. **Drenagem de Águas Pluviais – conceito**. Disponível em <http://www.adasa.df.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=840%3Adrenagem-de-aguas-pluviais&catid=74&Itemid=316> Acesso em: 05 de março de 2015

CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO. **Introdução à Ciência da Geoinformação**. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/>> Acesso em: 26 de maio de 2015

CAMARGO, E. C. G. **Geoestatística: fundamentos e aplicações**. In: Câmara, G.; Medeiros, J.S, (org.). **Geoprocessamento para projetos ambientais**. 2ª edição – Revisada e Ampliada. São Jose dos Campos, SP. 1998, cap. 5, p. 01-36

CAO, Q.; QI, Y. *Water Resources Research*. **The variability of vertical structure of precipitation in Huaihe River Basin of China: Implications from long-term spaceborne observations with TRMM precipitation radar**, 2014 Disponível em <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/2013WR014555/full>> Acesso em: 05 de março de 2015

Cetesb. **O FEHIDRO**, 2010. Disponível em <cetesb.sp.gov.br/home/servicos/fehidro/> Acesso em 05 de março de 2015

COLLISCHONN, B. apud KUMMERROW, C. **Uso de precipitação estimada pelo satélite TRMM em modelo hidrológico distribuído**. 2006, p. 28-30

Comitê de Bacias do PCJ. **UGRHI-14 Bacia do Alto Paranapanema - Descrição Geral**, 2004. Disponível em <http://www.comitepcj.sp.gov.br/download/PERH/04-07_UGRHI-14.pdf> Acesso em 22 de novembro de 2014

DAE. **Distribuição de Água no Mundo**. Disponível em: <<http://www.daescs.sp.gov.br/index.asp?dados=ensina&ensi=planeta>> Acesso em: 30 de novembro de 2014

Globo. **Produtores de feijão antecipam plantio na região de Itapeva, SP**, 2014 Disponível em <<http://g1.globo.com/sao-paulo/itapetininga-regiao/noticia/2014/10/produtores-de-feijao-antecipam-plantio-na-regiao-de-itapeva-sp.html>> Acesso em: 26 de março de 2015.

GROTZINGER, J.; JORDAN, T. H. **Para entender a Terra**. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2006. p.656

JACOB, A. A. **A Krigagem como Método de Análise de Dados Demográficos**, 2002 Disponível em <<http://www.abep.nepo.unicamp.br/>> Acesso em: 22 de maio de 2015

JIMÉNEZ, K.; COLLISCHONN, W. ABRH. **Método de combinação de dados de precipitação estimados por satélite e medidos em pluviômetros para a modelagem hidrológica**, 2015 Volume 20 - N. 1. Disponível em: <<http://www.abrh.org.br/SGCv3/index.php?BUSCA=ARTIGOS&iPUB=1&Q=trmm>> Acesso em: 05 de março de 2015

LEAL, A. C. **Planejamento ambiental de bacias hidrográficas como instrumento para o gerenciamento de recursos hídricos**, 2012. p. 66-84

LILLESAND, T. M.; R. KIEFER, W. **Remote Sensing and Image Interpretation**, 1994. 750 pp

LONGLEY, P.; GOODCHILD, M.; MAGUIRE, D.; RHIND, D. **Sistema e ciência da informação geográfica**, 3ª edição. p. 4

MATHERON, G. **Traité de Géostatistique Appliquée: Mém. Bur. Rech. Géol. Minières**, 1962. 14, 333p.

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Seleção do Sistema de Irrigação**, 2010. Disponível em <http://docsagencia.cnptia.embrapa.br/milho/circular_14-selecao_do_sistema_de_irrigacao.pdf> Acesso 28 de março de 2015

Ministério da Saúde. **Vigilância e Controle da Qualidade de água para Consumo Humano**, 2006 – Disponível em: < <http://www.saude.gov.br/bvs>> Acesso em: 2 de dezembro de 2014

MISHRA, A.; KUMAR, R. International Scholarly Research Notices. **Study of Rainfall from TRMM Microwave Imager Observation over India**. Volume 2012, Article ID 921824, 7 p. Disponível em <<http://www.hindawi.com/journals/isrn/2012/921824/>> Acesso em: 05 de março de 2015

MOREIRA, M. **Fundamentos do Sensoriamento Remoto. Metodologias de Aplicação**, 2007. p. 315

Notícias Agrícolas. **Entrevista com Frederico D. Ávila - Produtor Rural**. Disponível em <<http://www.noticiasagricolas.com.br/videos/entrevistas/>> Acesso em: 26 de março de 2015

OJO, J. S. Rain Height Statistics Based on 0°C Isotherm Height Using TRMM Precipitations Data for Earth-Space Satellite Links in Nigeria. **International Scholarly Research Notices**, 2014. Disponível em <<http://www.hindawi.com/journals/isrn/>> Acesso em: 05 de março de 2015

PEREIRA, G.; SILVA, M. MORAES, E. CARDOZO, F. apud FISHER, B. L. **Avaliação dos Dados de Precipitação Estimados pelo Satélite TRMM para o Brasil**, 2013. Disponível em: <<http://www.abrh.org.br/SGCv3/index.php?BUSCA=ARTIGOS&iPUB=1&Q=trmm>> Acesso em: 05 de março de 2015.

PEREIRA, G.; SILVA, M. MORAIS, E. CARDOZO, F. ABRH. **Lei nº 7.663,30 de dezembro de 1991**, 2013. Disponível em < www.abrh.org.br> Acesso 09 de maio de 2015

PEREIRA, G.; SILVA, M.E.; MORAES, E.; CARDOZO, F. **Avaliação dos Dados de Precipitação Estimados pelo Satélite TRMM para o Brasil**. In RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos Volume 18 n.3. 2013. Pág.139-148

PIROLI, E. L. **Geoprocessamento aplicado ao estudo do uso da terra das áreas de preservação permanente nos corpos d'água da bacia hidrográfica do Rio Pardo**. 2013. 150 f. Tese (Livre Docência em Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento), Universidade Estadual Paulista, Ourinhos, 2013.

PSSOW, M. J. **TRMM — Tropical Rainfall Measuring Mission: Bringing remote sensing of precipitation into your classroom**, 2010 Dwight Morrow High School, Englewood, NJ, USA and Lamont-Doherty Earth Observatory of Columbia University, Palisades, NY, USA

RESS, W. G.. **Physical Principles of Remote Sensing. Topics in Remote Sensing Series**. 1990. p. 247

RODRIGUES J. B. apud CAMARA, J. DAVIS, C. **Fundamentos de geoprocessamento**, 1993. Disponível em

<<http://www.ltc.ufes.br/geomaticsce/Modulo%20Geoprocessamento>> Acesso em 29 de maio de 2015

ROMA, M. Cruzeiro do Sul. **Safra de Soja em Itapetininga**, 2014. Disponível em <<http://www.cruzeirosul.inf.br/materia/532633/safra-de-soja-em-itapetininga>> Acesso em 26 de março de 2015.

SAFRE, A.; MANZIONE, R. Estimativa da precipitação na bacia do Rio Pardo no verão 2013/14 e seus efeitos nos municípios da UGRHI – 17. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 17, 2015, João Pessoa. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2015. p. 1-8. Disponível em: < <http://www.dsr.inpe.br/sbsr2015/files/p0952.pdf>>. Acesso em: 10 mai. 2015.

SANTOS, I. (et al.) **Hidrometria aplicada**, 2007. 943 p. Curitiba: ITD

SIGRH. **Relatório de situação dos recursos hídricos das bacias hidrográficas do estado de São Paulo unidade de gerenciamento de recursos hídricos – Alto Paranapanema UGRH-14**, 2013

SILVA, D. F. ; ROCHA, J. V. **Interpolação dos dados observados de precipitação pluvial e comparados com dados estimados pelo satélite TRMM**, 2013. Pág.4086-4092

SILVA, L.; CARVALHO, D. **Hidrologia. Capítulo 4 - Precipitação**, 2006. Disponível em <<http://www.ufrrj.br/institutos/it/deng/leonardo/downloads/APOSTILA/HIDRO>> Acesso em 10 de maio de 2015

SUGUIO, K. **Água**, 2006. p.10-50

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia. Ciência e aplicação**, 2007. 4 ed. Porto Alegre: UFRGS

YAMAMOTO, J.; LANDIM, P. **Geoestatística. Conceitos e aplicações**, 2013. Copyright Oficina de Textos.