



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
INSTITUTO DE ESTUDOS SOCIOAMBIENTAIS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA BACHARELADO
MONOGRAFIA DE CONCLUSÃO DE CURSO

VINÍCIUS VIEIRA MESQUITA

**ESTIMATIVAS SATELITÁRIAS DE PRECIPITAÇÃO: UMA AVALIAÇÃO
PRELIMINAR DOS DADOS DA MISSÃO GPM**

GOIÂNIA
2016

VINÍCIUS VIEIRA MESQUITA

**ESTIMATIVAS SATELITÁRIAS DE PRECIPITAÇÃO: UMA AVALIAÇÃO
PRELIMINAR DOS DADOS DA MISSÃO GPM**

Monografia apresentada junto ao Instituto de Estudo Socioambientais (IESA) da Universidade Federal de Goiás - UFG, para a obtenção do título de bacharel em Geografia.

Orientador: Prof. Dr. Laerte Guimarães Ferreira Junior

GOIÂNIA

2016



ATA DE DEFESA DE TRABALHO ACADÊMICO

Aluno(a)	Vinícius Vieira Mesquita			Matrícula	201205415			
Qual Trabalho?	Artigo <input type="checkbox"/>	Monografia <input checked="" type="checkbox"/>	Outro? Qual?					
Título do Trabalho Acadêmico	Estimativas Satelitárias de Precipitação: uma avaliação preliminar dos dados da Missão GPM							
Data/Hora	22/07/2016 – 13:00							

Banca Examinadora	
Orientador(a)	Prof. Dr. Laerte Guimarães Ferreira Junior
Avaliador	Prof. Dra. Gislaine Cristina Luiz
Avaliador	Dr. Fernando Moreira de Araújo

Resultado

Após o exame do Trabalho, a apresentação oral do Trabalho, e a arguição do acadêmico(a), a Banca Examinadora decidiu pela () aprovação / () reprovation, atribuindo-lhe nota 9,5 (Novo e novo)¹.

Observações:

Laerte Guimarães
Assinatura do Professor Orientador

Gislaine Cristina Luiz
Assinatura do Membro (Avaliador I)

Fernando Moreira de Araújo
Assinatura do Membro (Avaliador II)

Goiânia, 22 de julho de 2016

¹Preencher a nota do aluno em algarismos indo-árabicos, e por extenso.

The oldest and strongest emotion of mankind is fear, and the oldest and strongest kind of fear is fear of the unknown.

(H. P. Lovecraft – “Supernatural Horror in Literature”, Novembro de 1925 a Maio de 1927)

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, gostaria de agradecer aos meus pais Rubens Vicente de Mesquita e Carmelita Barbosa Vieira Mesquita por sempre priorizarem os estudos de seus filhos e sempre nos incentivarem a ser o que quisermos independentemente do quão impossíveis fossem nossos sonhos.

Agradeço ao meu irmão mais novo, Gabriel, por sempre estar ao meu lado e me apoiar nos momentos mais críticos e sempre me fazendo rir com suas piadas.

À minha querida namorada Thays por cada segundo que pode disponibilizar para meu auxílio, pela paciência, pela motivação e por todo amor e carinho que tens por mim.

Ao Prof. Laerte Guimarães Ferreira pela orientação a este trabalho, pela amizade, pelos incentivos e oportunidades oferecidas e pelos conselhos fornecidos.

Ao Laboratório de Processamento de Imagens e Geoprocessamento (LAPIG) e sua equipe por ser como uma segunda família, contribuindo para a minha formação pessoal e profissional durante todos estes anos em que puder fazer parte dela.

Aos meus amigos por sempre descontraírem nos momentos em que a elaboração do trabalho se tornava exaustiva.

À Universidade Federal de Goiás pela oportunidade de cursar a graduação em Geografia.

À NASA por disponibilizar todos os dados que tornaram possíveis este trabalho.

RESUMO

Água, substância formada sob condições específicas de temperatura e pressão, é encontrada em abundância no planeta Terra, ocupando cerca de ¾ de sua superfície e atuando como um dos principais fatores da existência de vida no planeta. Tendo a água, especificamente a advinda da precipitação atmosférica, como objeto central deste estudo, buscou-se neste trabalho conceituar a respeito: dos processos responsáveis pela origem da água na Terra; do ciclo hidrológico planetário; dos processos de formação de precipitação atmosférica; das metodologias e instrumentação utilizados na estimativa de precipitação na superfície e no espaço, com enfoque principal nos dados produzidos pela Missão GPM (*Global Precipitation Measurement*) e na sua disponibilização por meio do Portal LAPIG utilizando o algoritmo GADPP (*GPM Autonomous Download and Processing Package*). Para fins de avaliação de precisão e aplicabilidade dos dados GPM IMERGM, este trabalho comparou dados de precipitação mensal acumulada obtidos entre abril de 2014 e abril de 2015 pelo produto GPM IMERGM e por estações meteorológicas terrestres (INMET). Constatou-se que as comparações mostraram seguir o mesmo padrão, ainda que, em alguns casos, os dados IMERGM se mostraram superestimados (e vice-versa). Este trabalho também avaliou, por meio do software TIMESAT, e com base nas imagens IMERGM de 2014 a 2015, o período de crescimento vegetativo das áreas de pastagens no Brasil, o que resultou em mapas e gráficos que detalham a distribuição e frequência do início, fim e duração das estações de crescimento no Brasil.

Palavras-chave: Sensoriamento Remoto. GPM. Pluviometria. Estimativas de precipitação.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Comparação entre a taxa de precipitação total acumulada (mm) obtida pelo GPM IMERGM e as estações meteorológicas do INMET entre abril de 2014 à abril de 2015.....	42
---	----

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Representação da estrutura mais comum das moléculas de água.	14
Figura 2. Mapa representando a superfície terrestre com seus continente, oceanos, lagos, rios e a porcentagem de água que cada um detêm.	15
Figura 3. Representação do ciclo hidrológico no planeta Terra (EVANS, PERLMAN e USGS, 2016).....	16
Figura 4. Representação dos pulsos enviados por um radar de doppler comum e um radar de dupla polarização.....	25
Figura 5. Representação da propagação de pulsos de dupla polarização em dois eixos perpendiculares entre si.	25
Figura 6. Representação do espectro eletromagnético visualizado por satélites entre as faixas de Raios X e VHF dando destaque para a transmitância atmosférica de cada faixa e a intensidade relativa das radiações solar e terrestre (STRANGEWAYS, 2007).	28
Figura 7. Mapa demonstrando a visualização do produto TRMM 3B43 V7 em 08/2014.	32
Figura 8. Mapa comparando os produtos TRMM 3B43 V7 e GPM IMERGM V03 do mês de agosto de 2014.	38
Figura 9. Fluxograma representando o algoritmo GADPP desenvolvido pelo autor.	39
Figura 10. Mapa de localização das estações escolhidas para a comparação com os dados IMERGM.	40
Figura 11. Gráficos comparando a taxa de precipitação mensal acumulada (mm) obtida pelo GPM IMERGM e pelas estações meteorológicas do INMET entre abril de 2014 à abril de 2015.	41
Figura 12. Mapa representando a área coberta por pastagens no Brasil, dados derivados do Mapa Síntese da Área de Pastagem produzido pelo LAPIG.	43
Figura 13. Mapa representando a taxa de precipitação acumulada no Brasil registrada pelos dados IMERGM durante o período de 08/2014 à 07/2015.	44
Figura 14. Mapa demonstrando o início e fim da estação de crescimento da vegetação no Brasil durante os anos de 2014 e 2015.	45
Figura 15. Gráfico representando da frequência do início e o fim da estação de crescimento da vegetação no Brasil durante os anos de 2014 e 2015.	45
Figura 16. Mapa demonstrando a duração da estação de crescimento da vegetação no Brasil durante os anos de 2014 e 2015.....	46
Figura 17. Gráfico demonstrando a frequência da duração da estação de crescimento da vegetação no Brasil durante os anos de 2014 e 2015.	47
Figura 18. Mapa representando a taxa de precipitação acumulada nas pastagens brasileiras registrada pelos dados IMERGM durante o período de 08/2014 à 07/2015.	48
Figura 19. Gráfico representando a frequência da precipitação obtida pelo IMERGM sobre as áreas de pastagem no Brasil.....	48
Figura 20. Mapa demonstrando o início e o fim da estação de crescimento das pastagens brasileiras durante os anos de 2014 e 2015.	49
Figura 21. Gráfico representando a frequência do início e fim da estação de crescimento das pastagens no Brasil durante os anos de 2014 e 2015.....	50

Figura 22. Mapa demonstrando a duração da estação de crescimento das pastagens no Brasil durante os anos de 2014 e 2015.....	50
Figura 23. Gráfico demonstrando a frequência da duração da estação de crescimento das pastagens no Brasil durante os anos de 2014 e 2015.....	51
Figura B1. Exemplo de dados IMERGM em formato .bin prontos para serem inseridos no software TIMESAT.	m
Figura B2. Exemplo de estrutura de linhas que deve estar contida em um arquivo de teste a fim de ser utilizada como referência pelo TIMESAT.	n
Figura B3. Interface principal do TIMESAT com destaque para a ferramenta de configuração de processamento de dados.....	o
Figura B4. Exemplo da configuração utilizada para processar os dados IMERGM no software TIMESAT.	p
Figura B5. Interface principal do TIMESAT com destaque para a ferramenta de processamento de dados.	q
Figura B6. Interface principal do TIMESAT com destaque para as ferramentas de extração de informações e de criação de imagens de sazonalidade.....	r
Figura B7. Interface da ferramenta de criação de imagens de sazonalidade.....	s
Figura B8. Exemplo de valores de início e fim da estação utilizados como entrada na ferramenta de criação de imagens de sazonalidade.	s
Figura B9. Exemplo de valores de mínimo (início da estação) e máximo (fim da estação) inseridos na ferramenta de criação de imagens de sazonalidade visando obter uma imagem de início da estação.....	t
Figura B10. Exemplo de imagens de início, fim e duração da estação da vegetação geradas pelo TIMESAT utilizando os dados IMERGM.....	u
Figura B11. Mapas representando o início e fim da estação de crescimento da vegetação (A) e duração da estação de crescimento da vegetação (B).	u
Figura B12. Comparação entre o Mapa Síntese da Área de Pastagem (A) e o Mapa Síntese da Área de Pastagem (MSP) convertido em raster com a mesma resolução (10 km x 10 km) dos dados IMERGM (B).	v
Figura B13. Mapa de precipitação acumulada obtido através de dados IMERGM e recortados utilizado como máscara os dados MSP rasterizados à resolução do IMERGM.	v
Figura B14. Mapa de precipitação acumulada obtido através de dados IMERGM e recortados utilizado como máscara os dados MSP rasterizados à resolução do IMERGM.	w

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABIEC	Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carne
AMSR	<i>Advanced Microwave Scanning Radiometer</i>
ATMS	<i>Advanced Technology Microwave Sounder</i>
CBM	<i>Combined</i>
CERES	<i>Clouds and Earth's Radiant Energy System</i>
CPTEC	Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos
DECEA	Departamento de Controle do Espaço Aéreo
DMSP	<i>Defense Meteorological Satellite Program</i>
DPR	<i>Dual-frequency Precipitation Radar</i>
DWSS	<i>Defense Weather Satellite System</i>
EOS	<i>End of the growing season</i>
EOS - Terra	<i>Earth Observing System – Terra</i>
EUA	Estados Unidos da América
EVI	<i>Enhaced Vegetation Index</i>
FPT	<i>File Transfer Protocol</i>
GADPP	<i>GPM Autonomous Download and Processing Package</i>
GCOM-W	<i>Global Change Observation Mission - Water</i>
GDAL	<i>Geospatial Data Abstraction Library</i>
GES DISC	<i>Goddard Earth Sciences Data and Information Services Center</i>
GMI	<i>GPM Microwave Imager</i>
GMS	<i>Geostationary Meteorological Satellite</i>
GOES	<i>Geostationary Operational Environmental Satellite</i>
GPI	<i>GOES Precipitation Index</i>
GPM	<i>Global Precipitation Measurement</i>
GPM-CO	<i>Global Precipitation Measurement - Core Observatory</i>
GPROF	<i>Goddard Profiling</i>
GRACE	<i>Gravity Recovery and Climate Experiment</i>
HDF	Hierarchical Data Format
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IESA	Instituto de Estudo Socioambientais
IMERG	<i>Integrated Multi-satellite Retrievals</i>
IMERGD	<i>IMERG Daily</i>
IMERGM	<i>IMERG Monthly</i>
INMET	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
JAXA	<i>Japan Aerospace Exploration</i>
JPSS	<i>Joint Point Satellite System</i>
LAPIG	Laboratório de Processamento de Imagens e Geoprocessamento
LEO	<i>Low-earth orbit</i>
LiDAR	<i>Light Detection and Ranging</i>
LIS	<i>Lightning Imaging System</i>
LOS	<i>Lenght of the growing season</i>
MADRAS	<i>Multi-Frequency Microwave Scanning Radiometer</i>

MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
MHS	<i>Microwave Humidity Sounder</i>
MMA	Ministério do Meio Ambiente
MSP	Mapa Síntese da Área de Pastagem
NASA	<i>National Aeronautics and Space Administration</i>
NetCDF	Network Common Data Form
NOAA	<i>National Oceanic and Atmospheric Administration</i>
ONU	Organização das Nações Unidas
PPS	Precipitation Measurement Missions
PR	<i>Precipitation Radar</i>
Radar	<i>Radio Detection and Ranging</i>
SAPHIR	<i>Sondeur Atmosphérique du Profil d' Humidité Intertropicale par Radiométrie</i>
SAR	<i>Synthetic Aperture Radar</i>
SIG	Sistema de Informação Geográfica
SNPP	<i>Suomi National Polar-orbiting Partnership</i>
SOS	<i>Start of the growing season</i>
SRTM	<i>Shuttle Radar Topography Mission</i>
SSM/I	<i>Special Sensor Microwave Imager</i>
SSMIS	<i>Special Sensor Microwave Imager/Sounder</i>
TIROS	<i>Television and Infra-Red Observing Satellite</i>
TMI	<i>TRMM Microwave Imager</i>
TRMM	<i>Tropical Rainfall Measurement Mission</i>
URSS	União das Repúblicas Socialistas Soviéticas
USGS	<i>United States Geological Survey</i>
VIRS	<i>Visible and Infrared Scanner</i>
WMO	<i>World Meteorological Organization</i>

SUMÁRIO

Resumo	iv
Lista de tabelas	v
Lista de figuras	vi
Lista de abreviaturas e siglas	viii
Sumário.....	x
Introdução.....	12
Capítulo I - Água: de onde vem, como precipita e como é estimada da superfície e do espaço? O que nos traz a Missão GPM?	13
1.1 A origem da água na Terra.....	13
1.2 Ciclo da água no planeta Terra	15
1.3 Precipitação Atmosférica: como ocorre e quais os tipos	18
1.4 Pluviometria a partir da superfície terrestre e do espaço	21
1.4.1 Pluviômetros.....	22
1.4.2 Pluviógrafos	22
1.4.3 Disdrômetros	22
1.4.4 Radares de superfície	23
1.4.5 Satélites	26
1.5 Tropical Rainfall Measuring Mission – TRMM.....	30
1.6 Global Precipitation Measurement Mission – GPM Mission	32
Capítulo II - Os produtos GPM: quais são e qual é o melhor meio para a sua disponibilização?	34
2.1 Os produtos GPM	34
2.1.1 – Produtos Level 1.....	35
2.1.2 – Produtos Level 2.....	36
2.1.3 – Produtos Level 3.....	37
2.2 Pipeline de disponibilização de dados GPM para o Portal LAPIG	38
2.3 Precisão dos dados IMERGM em relação a dados de superfície.....	40
Capítulo III - A chuva nas pastagens brasileiras aos olhos da Missão GPM	42
3.1 As pastagens brasileiras	42
3.2 A precipitação no Brasil vista pela GPM.....	43

3.3 Distribuição da precipitação nas pastagens brasileiras e a sua sazonalidade.....	47
Considerações Finais	52
Referências	53
Apêndice A	a
Apêndice B	m

INTRODUÇÃO

A substância água é um dos recursos mais abundantes e mais importantes na superfície terrestre, pois é ela que sustenta a vida, move as economias e mantém o equilíbrio climático do planeta. O mau uso da água potável pode vir a causar danos ambientais e às economias e sociedades, com consequente aumento nas taxas de pobreza (ONU, 2016).

O Brasil é o quinto país com a maior extensão territorial do mundo, possuindo uma área aproximada de 8,5 milhões de km² (IBGE, 2004), distribuída em seis biomas com distintas características de flora, fauna e clima. Estes biomas, que concentram enorme diversidade de espécies de animais e plantas, compreendem 12 regiões hidrogeográficas que, juntas, contém cerca de 12% de toda a água doce do planeta, que se distribuem de forma irregular pelo território (MMA, a; MMA, b).

Para uma melhor gestão dos recursos hídricos no país é comum a utilização de dados oriundos de estações meteorológicas. Porém, tem se tornado cada vez mais frequente o uso de dados satelitários para estimativas de precipitação, graças, entre outros, ao desenvolvimento de diversas técnicas capazes de informar a taxa de precipitação em uma determinada escala espaço-temporal.

Este estudo buscou compilar diversos dados e informações relacionados aos processos de estimativas da precipitação, mensurada à nível da superfície e a partir de plataformas orbitais, com destaque para Missão GPM (Global Precipitation Measurement). Assim como o pioneiro TRMM (Tropical Rainfall Measurement Mission), a missão GPM utiliza-se de uma constelação de satélites capaz de registrar diversas informações advindas dos fenômenos atmosféricos responsáveis pela formação de precipitação e assim mensurar a taxa de precipitação.

Como objetivos específicos, esta monografia visa: a) avaliar a qualidade dos dados GPM, comparando-os com amostras de dados de superfície; b) avaliar o potencial dos dados GMP em análises de sazonalidade, visando obter parâmetros relacionados a estação de crescimento da vegetação; e c) operacionalizar, por meio do algoritmo GADPP, a disponibilização, no portal de dados do Laboratório de Processamento de Imagens e Geoprocessamento da Universidade Federal de Goiás (Lapig - UFG), das imagensIMERGM.

CAPÍTULO I - ÁGUA: DE ONDE VEM, COMO PRECIPITA E COMO É ESTIMADA DA SUPERFÍCIE E DO ESPAÇO? O QUE NOS TRAS A MISSÃO GPM?

Este capítulo tem como elemento central a água e visa explanar a respeito de sua formação, origem e acima de tudo, como esta substância tão importante vem a precipitar na superfície terrestre e como é feita a sua medição através de instrumentos localizados em superfície e no espaço sideral. Tais assuntos são de suma importância pois fazem parte da base conceitual necessária para a compreensão dos objetivos deste trabalho.

1.1 A ORIGEM DA ÁGUA NA TERRA

A água está presente em todo o universo das formas mais variadas, sendo encontrada na Terra em três estados básicos: sólido, líquido e gasoso. É uma substância composta por um átomo de oxigênio ligado a dois átomos de hidrogênio – H₂O (Figura 1) que se formam sob condições específicas como alta densidade de moléculas de hidrogênio e oxigênio e temperaturas inferiores a alguns milhares de graus Celsius. Caso não seja respeitada essa regra as moléculas formadas são fragmentadas devido a diversos choques entre as moléculas causado pela alta excitação dos átomos em altas temperaturas (BRANCO, 1999). A exposição a radiações ultravioleta intensas também pode levar a fragmentação das moléculas de água através da interação de fótons de alta frequência com as moléculas de água, efeito chamado de fotodissociante, assim, é possível a formação de outras substâncias como o ozônio – O₃ (BRANCO, 1999; VAREJÃO-SILVA, 2006).

A origem da água no planeta Terra é, mesmo na atualidade, um completo mistério. Segundo Branco (1999) são aceitas duas hipóteses que buscam explicar a origem da água na Terra. A primeira trata-se da hipótese de que a Terra teria aprisionado em sua órbita um grande número de cometas compostos principalmente de gelo formado fora do Sistema Solar que foram atraídos pelo força gravitacional de grandes planetas como Júpiter e Saturno e tiveram suas órbitas redirecionadas para o centro do Sistema Solar onde alguns teriam consequentemente se chocando com Terra devido a sua atração gravitacional.

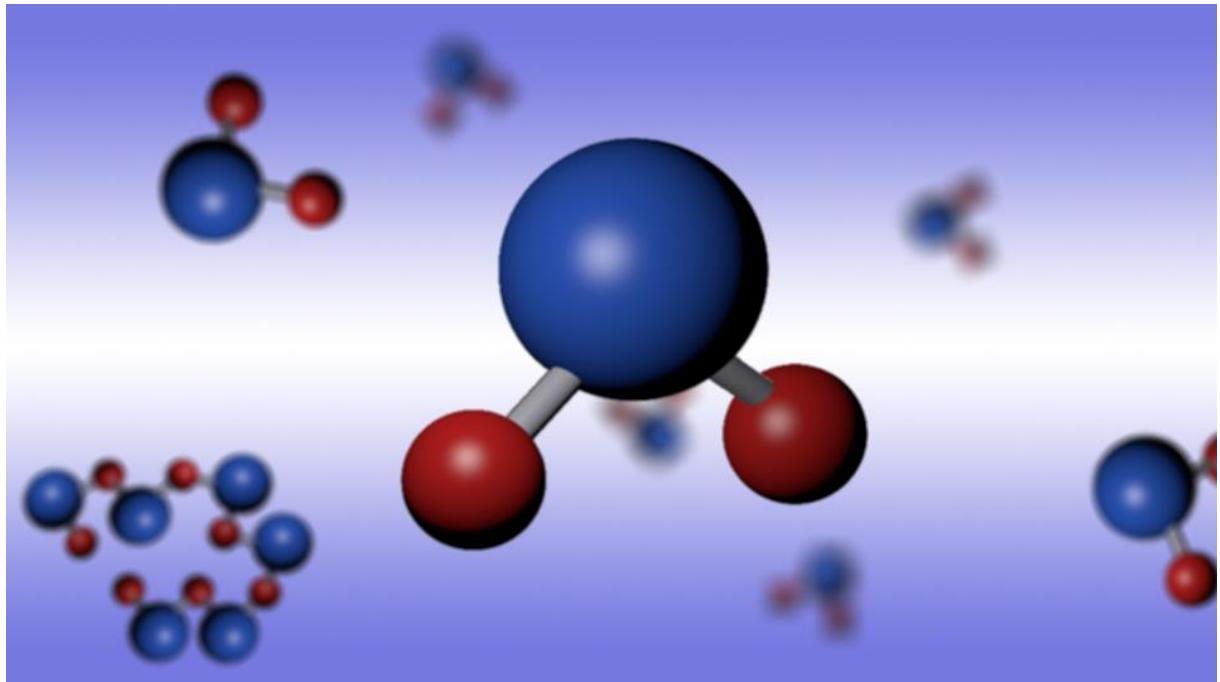


Figura 1. Representação da estrutura mais comum das moléculas de água.

A segunda hipótese atribui a origem da água na Terra ao próprio processo de formação do planeta através da liberação de vapor d'água pelos materiais fundidos em altas temperaturas durante o processo de acreção do anel de poeira cósmica responsável pela formação do planeta Terra há 4,5 bilhões de anos. O vapor d'água conseguiu ficar retido na Terra através da força gravitacional exercida pelo planeta e com o resfriamento do mesmo esse vapor veio a sofrer condensação e a se precipitar sobre a superfície, algo que acelerou ainda mais o processo de resfriamento da Terra e auxiliou na dissolução e precipitação de grande parte do gás carbônico presente na atmosfera transformando-o em carbonatos.

A condensação da água também deu origem aos primeiros oceanos há cerca de 4,3 bilhões de anos e a formação de uma atmosfera primitiva que posteriormente possibilitou o surgimento dos primeiros microrganismos unicelulares quimiosintetizadores há cerca de 3,8 bilhões de anos e que num futuro longínquo viriam a se tornar os seres multicelulares complexos existentes hoje (SUGUIO e SUZUKI, 2003).

A área atual da superfície terrestre é de 510 km² (TUNDISI e MATSUMURA-TUNDISI, 2011) sendo que, deste valor aproximadamente três quartos correspondem a superfícies ocupadas por água (oceanos, mares, rios, etc.) (Figura 2) totalizando um volume de aproximado de 1,386 milhões de km³ de água e deste valor, 97,47% (1,350 milhões de km³ de

água) correspondem a água salgada, ou seja, imprópria para o consumo humano assim, restam apenas 2,53% (35029 km³ de água) que representam a parcela que pode ser consumida pelos seres humanos (MACHADO e TORRES, 2012).

Diante das informações expostas é visível que a mínima porcentagem disponível de água potável no planeta deve ser utilizada de forma racional possibilitando a sua reintegração no ambiente sem afetar drasticamente a sua qualidade e os ecossistemas.

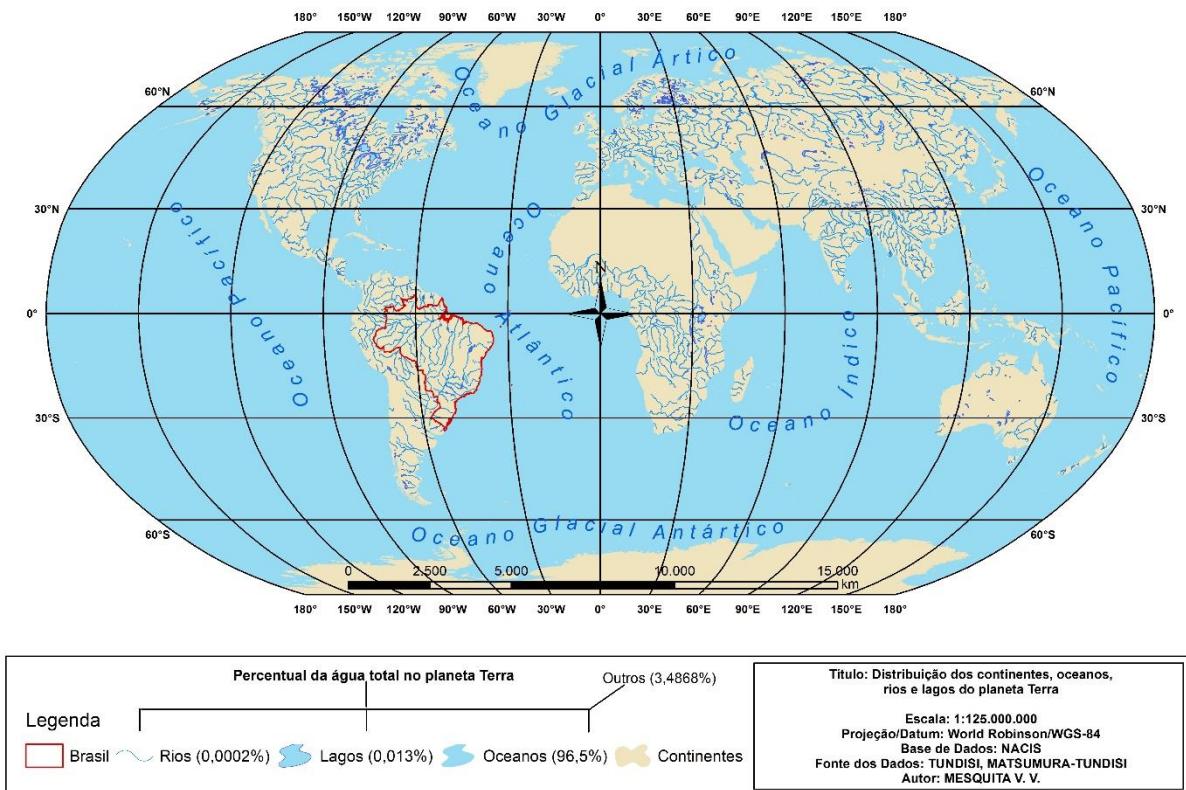


Figura 2. Mapa representando a superfície terrestre com seus continente, oceanos, lagos, rios e a porcentagem de água que cada um detêm.

1.2 CICLO DA ÁGUA NO PLANETA TERRA

Ciclo hidrológico, ou ciclo da água, refere-se ao modelo global de circulação aberto da água entre a superfície terrestre e a atmosfera (e as vezes entre o espaço com a entrada de cometas de gelo) (Figura 3) que é alimentando principalmente pela radiação solar associada a gravidade terrestre e pelo movimento de rotação do planeta (SILVEIRA, 2000; TUNDISI e MATSUMURA-TUNDISI, 2011).

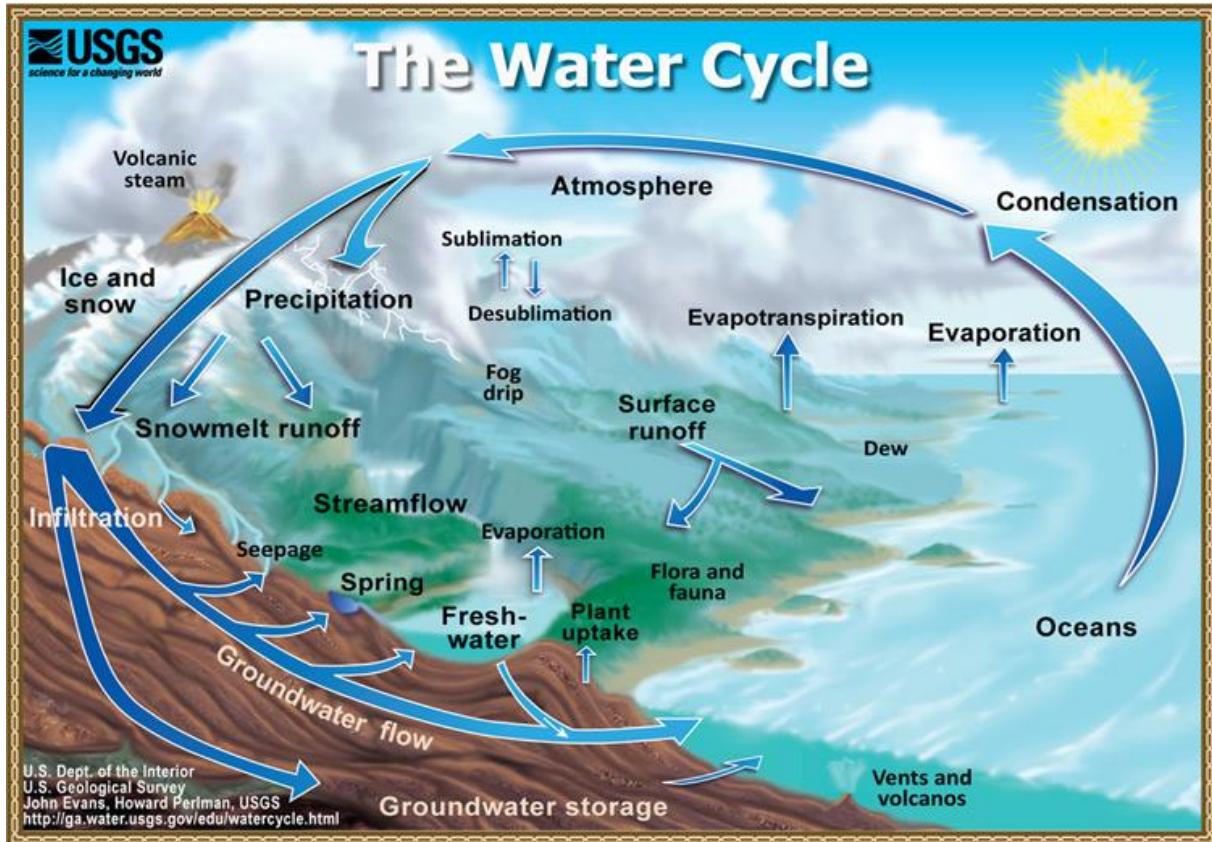


Figura 3. Representação do ciclo hidrológico no planeta Terra (EVANS, PERLMAN e USGS, 2016).

De acordo com Tundisi e Matsumura-Tundisi (2011, apud Speidel; Ruedisili; Agnew, 1988), Silveira (2000), Tucci e Beltrame (2000), Silveira, Louzada e Beltrame (2000) e Tucci (2000) os componentes do ciclo hidrológico são:

- **Precipitação Atmosférica:** água acrescida a superfície terrestre a partir da condensação principalmente de vapor d'água na troposfera que ao formar gotículas de água sofre precipitação por meio da força gravitacional exercida sobre elas podendo estas estarem no estado líquido (chuva) ou sólido (neve ou gelo).
- **Evaporação:** processo inverso a precipitação atmosférica onde a água líquida muda para o estado gasoso devido principalmente ao grau de energia transferida ao ambiente pela radiação solar incidente onde a mesma regulará a temperatura do ar, da superfície e da água.

- **Evapotranspiração:** processo semelhante a evaporação porém é caracterizado pelo sequestro de água das plantas em forma de vapor realizado pela atmosfera.
- **Interceptação:** processo de retenção e evaporação de água precipitada sobre cobertura vegetal, sendo possível ocorrer reprecipitação da água caso haja ação do vento.
- **Infiltração:** é o processo responsável pela transferência da água retida na superfície do solo para as zonas mais profundas do mesmo sendo extremamente dependente da disponibilidade de água superficial e das características superficiais e internas do solo como água e ar presentes em seu interior e na situação em que se encontra a superfície do solo (compactada, vegetada, remexida, etc.). É possível que durante o processo parte da água seja evaporada ou evapotranspirada.
- **Percolação:** processo lento de infiltração onde a água que entra através da superfície do solo e das rochas atinge o nível freático ou um aquífero confinado.
- **Escoamento Superficial:** é o caminho feito pela água na superfície impulsionado pela gravidade em direção as áreas mais baixas do relevo promovendo transporte de sedimentos e causando erosões de acordo com a resistência do solo e, assim, moldada a superfície dando origem as redes de drenagem que encontram seu fim geralmente nos oceanos.

O ciclo hidrológico se manifesta de maneira heterogênea no planeta variando de latitude para latitude e sendo influenciado pelos tipos de cobertura vegetal e fenômenos meteorológicos atuantes sendo que a disponibilidade permanente de água só é obtida através de grandes profundidades onde a mesma permaneceu confinada sem nenhum contato com atmosfera durante milhares ou até mesmo milhões de anos (SILVEIRA, 2000). A precipitação se divide de forma mista nos continentes sendo que a sua distribuição é feita através das bacias hidrográficas, que são a grosso modo, divisões geográficas caracterizadas pela distribuição da rede de drenagem de um rio principal e seus afluentes que desagua geralmente nos mares e oceanos (MACHADO e TORRES, 2012).

A preservação de nascentes, matas de galeria, matas ciliares, áreas suscetíveis a erosão e de áreas de recarga do nível freático é inestimável para a manutenção do ciclo

hidrológico de forma que não ocorram mudanças bruscas em sua climatologia, algo que poderia ocasionar a longo prazo impactos ambientais irrecuperáveis como a extinção da biodiversidade local e até mesmo de rios.

1.3 PRECIPITAÇÃO ATMOSFÉRICA: COMO OCORRE E QUAIS OS TIPOS

Segundo a hidrologia entende-se por precipitação atmosférica “como toda água proveniente do meio atmosférico que atinge a superfície terrestre” (BERTONI e TUCCI, 2000, p. 177), porém o fenômeno da precipitação atmosférica é considerado pela meteorologia como um hidrometeoro, ou seja, um fenômeno composto por água (líquida ou sólida) em estágio de queda livre ou em suspensão que ocorre na atmosfera ou na superfície terrestre devido a atuação da atmosfera sobre a mesma (VAREJÃO-SILVA, 2006). Os principais aspectos relacionados a precipitação atmosférica são o total precipitado, a sua duração, o seu ordenamento espaço-temporal e a aleatoriedade de sua ocorrência, um fator que inibe a sua previsão a longo prazo (BERTONI e TUCCI, 2000).

Bertoni e Tucci (2000) citam que para o processo de precipitação atmosférica seja iniciado é necessário a existência condições atmosféricas suscetíveis a condensação ou sublimação do vapor d’água na atmosfera. Esse processo é chamado nucleação, onde partículas não hídricas polares ou apolares em suspensão no ar ou ascendidas da superfície (chamadas de núcleos de condensação ou núcleos higroscópicos) atuam como agentes aglutinadores de partículas de vapor d’água formando gotículas sendo essas uma das componentes de formação das nuvens e também podendo vir a se tornar água precipitada em estado líquido ou sólido. Curiosamente os núcleos higroscópicos podem ser formados por partículas de sais marinhos, cristais de gelo, compostos liberados por vulcões ou até mesmo cinzas de queimadas e dejetos expelidos por atividades industriais ou veículos.

Para Varejão-Silva (2006) e Bertoni e Tucci (2000) as nuvens são compostas por uma combinação de ar, vapor d’água e gotículas líquidas ou sólidas que se mantém em suspensão devido aos fluxos de ar úmido que ascendem da superfície podendo ser caracterizadas como:

- **Nuvens Frias:** possuem temperaturas abaixo de 0°C onde a pressão de vapor máxima é menor para o gelo do que para a água líquida em temperaturas negativas (água sobrefundida) ocasionando a vaporização da

água líquida e a transformação dos cristais de gelo em núcleos de condensação que precipitam após acrescentar a sua massa quantidade suficiente de vapor d'água para romper o fluxo que o mantém suspenso. Tal fato explana as precipitações que ocorrem em regiões frias e de médias a altas latitudes.

- **Nuvens Quentes:** caracterizadas pela presença de temperaturas acima de 0 °C e pela diferença de temperatura entre as próprias gotículas sendo que as mais quentes serão favorecidas pela maior pressão do vapor e sofrerão vaporização auxiliando no crescimento das gotículas frias que ao atingirem tamanho suficiente para romperem os fluxos ascendentes irão precipitar. Esta é explicação para o processo de formação de algumas precipitações de regiões tropicais e de médias latitudes.
- **Nuvens Quentes Salinas:** possuem semelhanças com as nuvens quentes exceto pelo fato de que o papel das gotículas frias é exercido por gotículas compostas por uma mistura salina (criada a partir da condensação de vapor d'água com núcleos de condensação formados por cloreto de sódio) que possui pressão de vapor inferior a água pura. Tal fato esclarece a respeito do fenômeno de precipitação atmosférica nas regiões subtropicais.

Bertoni e Tucci (2000) aponta que deve se considerar também em relação ao processo de formação de precipitação atmosférica, o fornecimento de vapor d'água feito pelas correntes ascendentes de ar quente e úmido. A alimentação das nuvens determinará o tipo de precipitação que as mesma causarão sendo os tipos de precipitação classificados como:

- **Convectivas:** formam-se a partir da ascensão de ar quente úmido de baixa densidade advindo da superfície terrestre que ao atingir o ponto de condensação forma nuvens e na maioria das ocasiões precipitações locais de grande intensidade e curta duração com capacidade de provocar inundações em pequenas bacias hidrográficas. São típicas de regiões equatoriais onde há fraca presença dos ventos e a ascensão vertical do ar é comum mas também podem ocorrer em regiões de média latitude durante o verão.

- **Orográficas:** geralmente ocorre quando ventos quentes carregados de umidade advinda do oceano encontram no continente relevos montanhosos que favorecem a sua ascensão possibilitando a formação de nuvens e de precipitação leve com longa duração em locais restritos ao fenômeno. Quando os ventos quentes e úmidos conseguem romper barreira imposta pelo relevo, chegam ao outro lado frios e secos devido a perca de umidade e resfriamento do ar criando áreas áridas ou semiáridas, este fenômeno é normalmente conhecido por brisa de montanha, *sombra de chuva*, ventos de Foehn ou ventos Chinook).
- **Frontais ou ciclônicas:** deriva do contato entre massas de ar quente e ar frio ocasionando uma brusca ascensão do ar quente e úmido (menos denso) e posteriormente seu resfriamento e condensação, o que forma nuvens que atingem grandes distâncias e atuam com precipitações de média intensidade podendo ocorrer ventos fortes e produzir enchentes em grandes bacias hidrográficas.

A precipitação atmosférica também ocorre de formas variadas no planeta sendo elas (BERTONI e TUCCI, 2000; VAREJÃO-SILVA, 2006):

- **Chuvisco ou garoa:** precipitação leve e uniforme de pequenas gotas de água bastante próximas e com tamanho inferior a 5mm de diâmetro.
- **Chuva:** precipitação de gotas de água acima de 5mm de diâmetro podendo variar em sua intensidade, duração e temperatura (água super-resfriada ao atingir o solo sofre cristalização instantânea). Quando apresenta grande intensidade e curta duração é chamada de aguaceiro, porém quando possuem longa duração são erroneamente chamadas de tromba d'água.
- **Neve:** precipitação de cristais de gelo brancos ou opacos com tamanhos variados e diversas formas como por exemplo: ramificados, estrelados, achatados, alongados e esféricos.
- **Tempestade de Neve:** aglomerado de partículas de neve removidas da superfície terrestre por ação de ventos fortes e turbulentos.
- **Névoa úmida ou bruma:** gotículas de água que se encontram suspensas acima do solo e que dificultam a visibilidade horizontal acima de 1km.

Também são conhecidas como neblina. Quando a visibilidade é dificultada a no máximo 1km é chamada de nevoeiro.

- **Saraiva:** precipitação de pedra de gelo com formatos arredondados ou fragmentados que podem extrapolar os 5cm de diâmetro.
- **Granizo:** precipitação de pedrinhas de gelo transparentes ou opacas com tamanho superior a 5mm de diâmetro e com formatos arredondados ou irregulares.
- **Orvalho:** formação de gotículas de água devido a condensação de vapor d'água presentes no ar adjacente a objetos (veículos, plantas entre outros) que sofreram processo de resfriamento noturno.
- **Geada:** deposição de gelo cristalino sobre objetos expostos ao ar livre abaixo de 0°C. Resulta da sublimação do vapor d'água adjacente à superfície dos objetos.

O conhecimento da frequência e dos tipos de precipitação atmosférica que podem ocorrer em escala local e regional tem a capacidade de auxiliar na tomada de decisão a respeito de que áreas devem ser ocupadas e quais os tipos de impactos ambientais decorrentes da precipitação atmosférica que estas áreas estão sujeitas, buscando assim a tomada de medidas preventivas nestas áreas.

1.4 PLUVIOMETRIA A PARTIR DA SUPERFÍCIE TERRESTRE E DO ESPAÇO

De acordo com Varejão-Silva (2006) chama-se de Pluviometria o ramo da climatologia responsável pela estimativa das precipitações atmosféricas tanto líquidas quanto sólidas. São levadas em conta na medição da precipitação atmosférica características como: a) a quantidade de água (sólida ou líquida) que é expressa em litros por metro quadrado (l/m^2) ou milímetros ($1\ l/m^2 = 1\ dcm^3/100dcm^2 = 0,1cm = 1\ mm$); b) a quantidade de água que precipita em determinado intervalo de tempo sendo que, normalmente se utiliza a medida em milímetros por hora ($mm\ h^{-1}$).

A detecção e mensuração da precipitação é executada através de vários instrumentos que utilizam uma variedade de métodos afim de obter resultados que possuam semelhança com a realidade. Estes instrumentos são classificados por Varejão-Silva (2006) e Michaelides et al. (2009) como pluviômetros, pluviógrafos, disdrômetros, radares de superfície e sensores a bordo de satélites.

1.4.1 PLUVIÔMETROS

Pluviômetros são cilindros com fundo em formato de funil por onde a água precipitada escorre até atingir um reservatório. Neste lugar será mensurado a quantidade de água com auxílio de uma régua pluviométrica, proveta pluviométrica ou balança de precisão. O tipo de pluviômetro irá variar de acordo com tempo sugerido para a leitura da precipitação acumulada podendo ser estes pluviômetros ordinários (reservatórios com capacidade de armazenar até 24 horas de precipitação) ou pluviômetros totalizadores (reservatórios enterrados com capacidade de armazenar de semanas a meses de precipitação acumulada) (VAREJÃO-SILVA, 2006).

1.4.2 PLUVIÓGRAFOS

Pluviógrafos são instrumentos mecânicos de registro de precipitação através de armazenamento da água precipitada e de mecanismos capazes de medir em um pluviograma a quantidade de precipitação e o horário em que a mesma ocorreu. Este instrumento pode ser classificado em três tipos: pluviógrafos de boia, pluviógrafos de balança e pluviógrafos basculante (VAREJÃO-SILVA, 2006).

Pluviômetros e/ou pluviógrafos são uns dos componentes principais na composição de uma estação meteorológica. No Brasil o INMET (Instituto Nacional de Meteorologia) é o responsável pela administração de uma rede de mais de 400 estações meteorológicas e são os dados fornecidas por estas que auxiliam na previsão do tempo para todo o país (INMET).

1.4.3 DISDRÔMETROS

Disdrômetros são instrumentos capazes de estimar a precipitação atmosférica através de sensores de impacto e sensores de registro linear e de área. As informações de precipitação acumulada e taxa de precipitação dos sensores são obtidas a partir da quantificação do total de gotas e de seus tamanhos que atingiram a área do sensor por determinado tempo (MICHAELIDES, LEVIZZANI, *et al.*, 2009).

1.4.4 RADARES DE SUPERFÍCIE

Radar, abreviação criada para *Radio Detection and Ranging* (Detecção e Telemetria por Rádio), é um instrumento capaz de emitir e receber pulsos eletromagnéticos (ecos) na velocidade da luz ($2,998 \times 10^8$ m/s) abrangendo as faixas espectrais do rádio (1m a 100km) ou micro-ondas (1mm a 1m). Os pulsos quando propagados na atmosfera sofrem pouca variação na velocidade caso se saiba a distribuição das taxas de refração no meio em que eles se propagam. Tal fato permite que através da mensuração do intervalo entre a transmissão e recepção do pulso refletido, da força do pulso recebido, da taxa de movimentação doppler retornada e da polarização horizontal dos pulsos recebidos, determinar a distância, a direção, a altura, a velocidade, a orientação, a refletividade e o tamanho de determinado objeto. Os primeiros radares foram utilizados durante o período da Segunda Guerra Mundial (1939-1945) com objetivo de detectar aeronaves sendo que a precipitação nestes dados era observada como um ruído. (WOLFF e HOEL, 2016; STRANGEWAYS, 2007; BATTAN, 1973).

De acordo com Battan (1973) os radares são compostos essencialmente por transmissor, que é responsável por produzir os pulsos de energia na frequência do radar; antena, que tem como finalidade disseminar os pulsos de energia e interceptar os ecos refletidos pelos objetos na área de cobertura do radar em direção fixa ou em rotação; receptor: usado para detectar, amplificar e transformar os pulsos recebidos em dados visuais; indicador: local onde os dados recebidos são visualizados.

É comum radares meteorológicos possuírem uma antena que gira durante 1 a 10 minutos em um ângulo de 360° e que realize tanto a transmissão quanto a recepção de dados sendo que, para proteger o receptor do pulso emitido pelo radar, é utilizada uma chave que alterna rapidamente o modo de atuação do radar entre transmissor e receptor. A precipitação atmosférica é estimada por radares a partir da energia refletida por hidrometeoros, como chuva, neve e granizo sendo que o resultado em milímetros por hora é obtido através da equação $Z = a * R^b$ onde, Z é a taxa de precipitação em mm/h, R é a energia refletida pelas partículas em precipitação e a e b são constantes determinadas pelo tipo de precipitação atmosférica e pelo local onde elas estão ocorrendo. Os comprimentos de onda mais comuns utilizados para o monitoramento da precipitação atmosférica com radares são as bandas de micro-ondas de 3 cm, também conhecida como banda X, possui frequência de 10Ghz; 5 cm, também conhecida como banda C, possui frequência de 6 Ghz; 10 cm, também conhecido como banda S, possui frequência de 3Ghz. Infelizmente, quanto maior o comprimento de onda, maior deve ser a antena para se obter dados com melhor qualidade, mas para se registrar comprimentos de onda

menores, é possível utilizar antenas mais compactas possibilitando inseri-las em aviões e plataformas satelitárias sem prejudicar a qualidade dos dados obtidos (MICHAELIDES, LEVIZZANI, et al., 2009; BATTAN, 1973).

Dados brutos de radar geralmente são encontrados em sistema de coordenadas polares, porém, podem ser convertidos para coordenadas planas com resolução espacial que varia de acordo com o raio de alcance do radar. Para obter dados com resolução espacial de 1x1 km é necessário um raio de aproximadamente 75 km e um período médio 15 minutos de para se obter os dados, já para dados com 5x5 km de resolução é possível com um raio variando entre 75 km e 200 km. Existe a possibilidade de se obter raios maiores de registro, mas a obtenção de dados mensuráveis só é praticável com raios menores que 200 km (MICHAELIDES, LEVIZZANI, et al., 2009).

Strangeways (2007) ressalta que as principais vantagens em se usar radares na estimativa da taxa de precipitação atmosférica são o fato de que eles possibilitam a aquisição de dados em tempo real para uma área com cerca de 15 000 km² de radar para radar dispensando assim o uso de quaisquer outros instrumentos como pluviógrafos e pluviômetros nestas áreas, mas, ainda são dependentes destes para se realizar calibrações pois comumente ocorrem erros na conversão dos dados de refletância para taxa de precipitação devido a ocorrência de anomalias nos dados como a subestimação da precipitação quando esta, classificada como chuvisco e a superestimação (*bright band*) dos dados quando a precipitação registrada for composta por neve em processo de derretimento.

Tais problemas podem ocorrer devido à elevação angular em que se encontram as antenas, pois baixas elevações causam contaminações nos dados devido à presença de pulsos refletidos por pontos na superfície terrestre (*beam blockage*), como por exemplo colinas. Altas elevações da antena também podem contaminar os dados com informações sobre a precipitação que se encontra muito acima da superfície (*range effects*) (STRANGEWAYS, 2007).

O surgimento dos radares com dupla polarização, ou seja, capacidade de envio de dois pulsos perpendiculares simultâneos ou sequenciados na horizontal e na vertical (Figura 4), auxiliou na otimização de erros recorrentes nas redes de radares a partir da diferença de refletividade entre os pulsos polarizados, o que possibilitou aumentar a precisão na detecção de objetos devido a obtenção de informação em duas dimensões (Figura 5) auxiliando na estimativa do volume, tamanho, formato dos objetos e uma maior precisão na capacidade de

diferenciação dos objetos como exemplo entre uma chuva intensa e uma queda de granizo. (WOLFF e HOEL, 2016; STRANGEWAYS, 2007; NOAA).

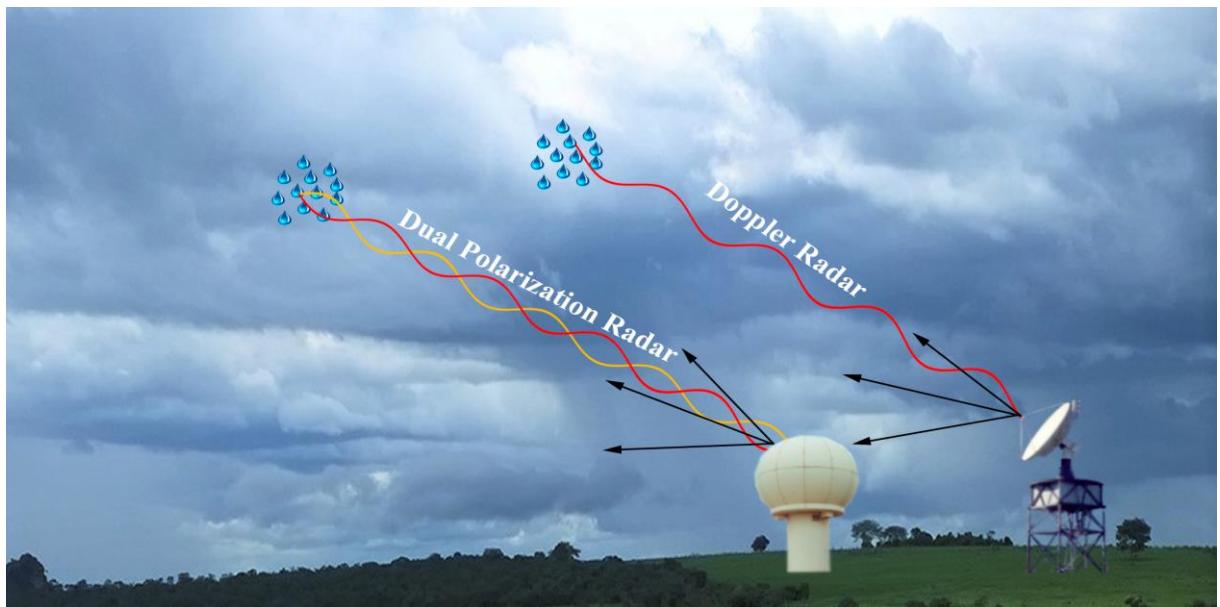


Figura 4. Representação dos pulsos enviados por um radar de doppler comum e um radar de dupla polarização.

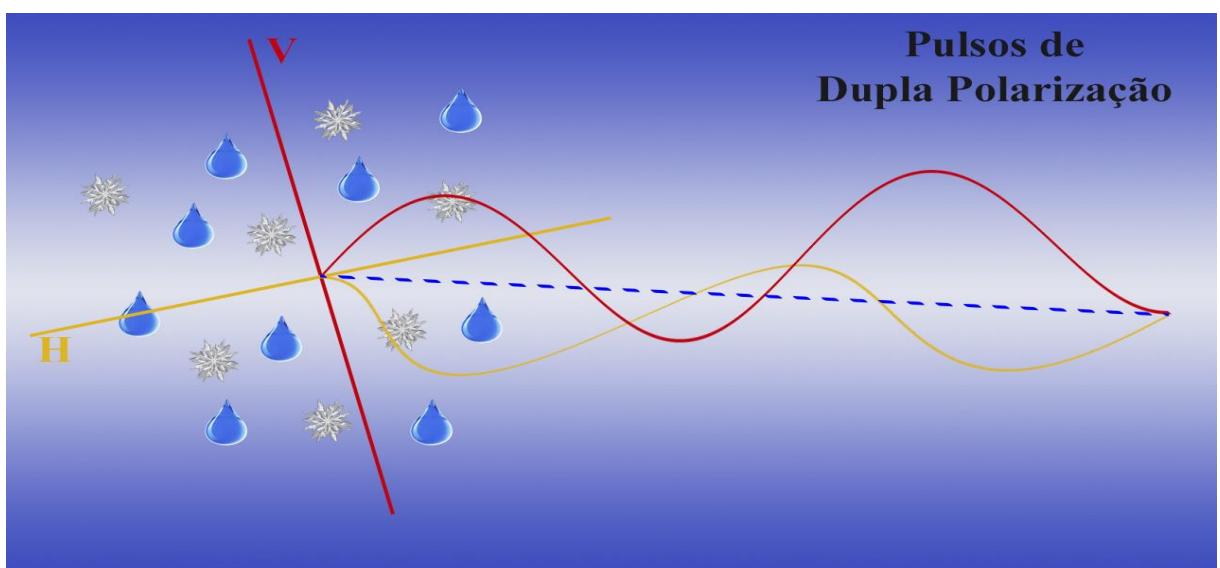


Figura 5. Representação da propagação de pulsos de dupla polarização em dois eixos perpendiculares entre si.

No Brasil existe uma rede de mais de 20 radares meteorológicos criada pela parceria entre o DECEA (Departamento de Controle do Espaço Aéreo) e o INPE/CPTEC (Instituto

Nacional de Pesquisas Espaciais / Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos) visando obter dados de radar de forma síncrona, 24 horas por dia (ANGELIS, MACHADO, *et al.*, 2014).

1.4.5 SATÉLITES

Estimar a precipitação atmosférica a partir da superfície não é uma tarefa simples, porém é possível ter contato direto com a mesma, já estimar a precipitação a partir da órbita terrestre, ou seja, do espaço, é algo extremamente complicado pois a informação obtida é restrita apenas radiação eletromagnética emitida ou refletida advinda do planeta Terra nos mais diversos comprimentos de onda. Essa radiação pode ser emitida pelos corpos observados ou mesmo radiação solar refletida por eles, no universo todo objeto que tenha temperatura acima de 0 K emite algum tipo de radiação. Os instrumentos que possibilitam a realização da mensuração dessa radiação são sensores a bordo de satélites artificiais que orbitam o planeta Terra (MENESES et al., 2012; STRANGEWAYS, 2007).

Satélites artificiais surgiram a partir da corrida tecnológica iniciada com o fim da Segunda Guerra Mundial pela URSS e Estados Unidos onde a tecnologia de foguetes desenvolvida pelos alemães durante a guerra foi pilhada por ambos países e aprimorada com objetivo de demonstrar o poderio de ambas nações tentando alcançar o espaço. O marco de início da corrida espacial entre EUA e URSS foi o satélite artificial Sputnik 1 colocado em órbita em 1957 pelos soviéticos mas este não possuía nenhum equipamento capaz de fazer medidas.

O primeiro instrumento sensor capaz de fazer medições só foi lançado ao espaço em 1960 com o satélite TIROS 1 (*Television and Infra-Red Observing Satellite*) e nesta mesma época surgia o termo Sensoriamento Remoto que inicialmente caracterizava-se como técnicas de registro de informações da superfície terrestre, no qual dispensavam contato físico entre o sensor e os objetos, porém a definição mais aceita hoje é, segundo Meneses et al. (2012), a de que “Sensoriamento Remoto é uma ciência que visa o desenvolvimento da obtenção de imagens da superfície terrestre por meio da detecção e medição quantitativa das respostas das interações da radiação eletromagnética com os materiais terrestres”. Até 1975 os satélites lançados possuíam órbitas polares, ou seja, os satélites realizavam órbitas que a cada revolução (órbita completa) passavam próximos ou sobre os polos seguindo ou não a heliosincronia, passagem do satélite sobre um mesmo ponto iluminado pelo sol na superfície, sempre no mesmo horário. O lançamento do satélite GOES-1 abriu as portas para os satélites de órbita geoestacionária,

que é caracterizada por uma órbita onde o satélite segue o eixo de rotação de um ponto fixo da Terra (MENESES et al., 2012; STRANGEWAYS, 2007).

Satélites de órbitas polares geralmente são objetos de baixa órbita (*Low-earth orbit - LEO*) com alta resolução espacial que se encontram em altitudes abaixo de 850km e levam entorno 100 minutos para realizar cada evolução. Os satélites com órbita geoestacionária se encontram a uma distância aproximada de 35.786 km da superfície terrestre o que lhes garante um média a baixa resolução espacial, entretanto é capaz captar dados de grandes extensões da superfície em curto período de tempo como por exemplo os satélites da série METEOSAT que conseguem disponibilizar imagens da superfície a cada 15 minutos (STRANGEWAYS, 2007).

Lensky e Levizzani (2008) classifica os instrumentos sensores a bordo de satélites capazes de estimar precipitação como sensores do Visível/Infravermelho, sensores de Micro-ondas Passivo e sensores ativos. Os subtópicos a seguir visam explanar melhor a respeito de cada sistema sensor de como eles estimam a precipitação sendo que para os sensores do Visível/Infravermelho se utilizou a nomenclatura de “*Sensores Multiespectrais Ópticos e Termais*” estabelecida por Meneses et al. (2012).

1.4.5.1 SENsores Multiespectrais Ópticos e Termais

São sensores chamados de radiômetros os que atuam na detecção de fluxos de radiação refletidos e/ou emitidos pela superfície terrestre (Figura 6) entre os comprimentos de onda 0,45 μm a 14 μm (faixas espectrais que compõem as radiações visíveis ao olho humano e sensíveis ao tato) a partir de lentes telescópicas (fator que permite em alguns casos altas resoluções espaciais), grades dicroicas e prismas (utilizados para filtrar e dispersar os comprimentos de onda requeridos) e detectores (recebem os feixes de radiação filtrados e difundidos e convertem seus sinais analógicos em informações digitais). Infelizmente os sensores que registram informações entre os comprimentos de 0,45 μm a 3,0 μm são totalmente dependentes da energia solar refletida pela superfície (MENESES et al., 2012).

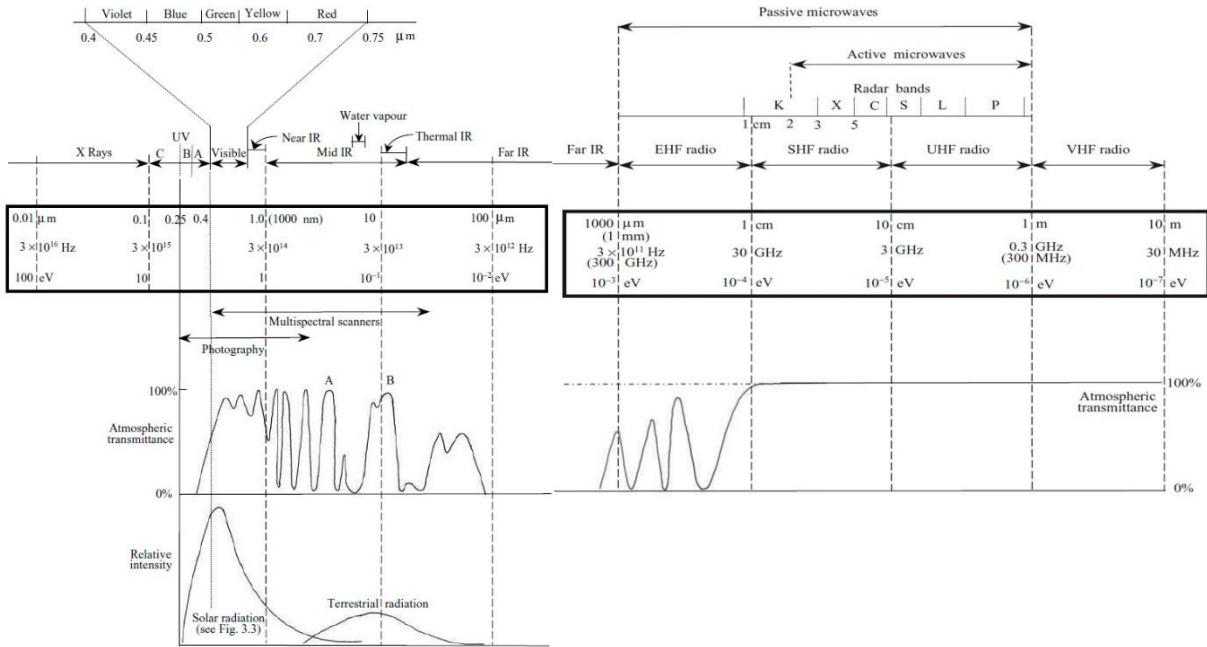


Figura 6. Representação do espectro eletromagnético visualizado por satélites entre as faixas de Raios X e VHF dando destaque para a transmitância atmosférica de cada faixa e a intensidade relativa das radiações solar e terrestre (STRANGEWAYS, 2007).

A estimativa de precipitação atmosférica através de sensores ópticos sensíveis as radiações do visível e infravermelho só é possível de acordo com Lensky e Levizzani (2008) pois a radiação refletida e emitida pelas nuvens nessas faixas espectrais possibilita a análise e classificação de potenciais nuvens de chuva e também de informar a sua intensidade, mas quando se trata da microfísica das nuvens esses comprimentos de onda não conseguem obter informações relevantes.

Para se obter a precipitação em mm/h os dados fornecidos pelos sensores devem ser inseridos em algoritmos específicos para a estimativa de precipitação como o Auto-Estimador onde se é utilizado os dados de temperatura de brilho obtidos em comprimentos de onda em torno de 10,7 μm em conjunto com diversas outras variáveis e dados auxiliares. Outro algoritmo que possibilita estimar a precipitação é o GPI (*GOES Precipitation Index*) é um estimador mensal direto de precipitação que utiliza somente os dados de temperatura de topo de nuvem gerados pela série de satélites GOES e é restrito as latitudes entre 40°N e 40°S. O GPI consiste na fórmula $P = FRAC * RATE * TIME$ onde P é o valor da precipitação em mm, $FRAC$ corresponde ao valor em fração de área (no mínimo 50x50 km²) coberta por pixels de uma imagem do infravermelho com valores inferiores a 235 Kelvin, $RATE$ é um valor fixo

sendo representado por 3 mm h^{-1} e *TIME* representa a quantidade de horas que se levou para compilar os valores dos pixels da imagens do infravermelho. A maior vantagem no uso desses algoritmos é o fato de que dados de infravermelho são disponíveis para praticamente todo o globo através de satélites de baixa órbita e geoestacionários com sensores capazes de medir as radiações na faixa do infravermelho, porém esse método utilizado para se estimar a precipitação foge totalmente dos processos físicos de formações de precipitação atmosféricas (LENSKY e LEVIZZANI, 2008).

1.4.5.2 SENSORES DE MICRO-ONDAS PASSIVO

São conhecidos como sensores de micro-ondas passivo os radiômetros capazes de estimar a radiação de micro-ondas emitida entre 1 mm e 1 m por objetos, como por exemplo nuvens em múltiplos eixos de polarização utilizando uma pequena antena que funciona com um princípio semelhante ao dos radares, no qual as frequências emitidas pelos objetos são transformadas em sinais elétricos que são amplificados e convertidos em valores digitais. Essa faixa do espectro eletromagnético é mais sensível na detecção de processos internos das nuvens assim como os processos de formação de precipitação devido ao fato de que os hidrometeoros são a principal fonte de atenuação da radiação, porém só são bem observados os processos sobre o oceano, pois sobre os continentes obtém-se muitos ruídos na amostragem de dados. Com mais de trinta e três anos de uso de sensores de micro-ondas para a obtenção da estimativa de precipitação muitas técnicas foram desenvolvidas e aprimoradas (LENSKY e LEVIZZANI, 2008; STRANGEWAYS, 2007;).

O mais recente algoritmo criado para estimar precipitação é o GPROF (*Goddard Profiling*) que foi desenvolvido por Kummerow et al. (2001) visando obter dados instantâneos de precipitação e de estrutura vertical da precipitação utilizando as respostas espectrais obtidas em diferentes canais de imagem em diferentes níveis da coluna de precipitação para o sensor, TMI (*TRMM Microwave Imager*) do satélite TRMM (*Tropical Rainfall Measuring Mission*) porém pode ser utilizado com outros satélites que possuem sensores de micro-ondas a bordo. O GPROF funciona como uma técnica de predição Bayesiana que utiliza um grande banco de dados gerado por um Modelo de Resolução de Nuvem (*Cloud Resolving Model*) para estimar o perfil de determinados hidrometeoros e suas temperaturas de brilho e por fim compará-los com os dados obtidos pelos satélites a fim de obter os resultados que mais se aproximem da realidade. Atualmente só se encontram radiômetros de micro-ondas a bordo de satélites de baixa órbita porém existe a possibilidade de que na próxima geração de satélites haja sensores de

micro-ondas a bordo de satélites geoestacionários especificamente feitos para a estimativa de precipitação (MICHAELIDES, LEVIZZANI, *et al.*, 2009).

1.4.5.3 SENsoRES ATIVOS

Diferente dos outros sensores apresentados, sensores ativos são principalmente lasers scanners chamados de LiDAR (*Light Detection and Ranging*) e radares a bordo de satélites. O sensores ativos possuem grande semelhança com os radares de superfície pois o funcionamento de ambos se assemelham, porém não se restringem a comprimentos de onda como micro-ondas e do rádio, e possuem uma vasta gama de aplicações (MENESES et al., 2012; STRANGEWAYS, 2007).

Os radares a bordo de satélites e aeronaves são conhecidos como Radares de Abertura Sintética (*Synthetic Aperture Radar - SAR*) pois possuem uma pequena antena que funciona como uma antena de radar de várias centenas de metros garantindo assim uma grande portabilidade. A detecção dos fluxos de radiação ecoados pelos objetos ocorre diversas vezes pois a antena é composta por vários detectores em fase (MENESES et al., 2012). Os usos de radares de abertura sintética variam desde a mensuração da altitude do relevo até ao estudo dos comportamentos da água no subsolo, na superfície e na atmosfera, como por exemplo as missões SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*), GRACE (*Gravity Recovery and Climate Experiment*), CryoSat e TRMM (ESA; NASA, 2016c; NASA, 2016d; USGS, 2015).

1.5 TROPICAL RAINFALL MEASURING MISSION – TRMM

A *Tropical Rainfall Measurement Mission* (TRMM) foi uma parceria entre a *National Aeronautics and Space Administration* (NASA) e a *Japan Aerospace Exploration* (JAXA) com objetivo de estimar a precipitação e troca de energia entre as regiões tropicais e subtropicais do planeta utilizando o satélite, que leva o mesmo nome da missão, TRMM, que foi lançado em novembro de 1997 e veio a sofrer reentrada em junho de 2015, 17 anos após seu lançamento. Durante esse período o satélite sofreu alguns imprevistos como a falha de um dos sensores nove meses após o lançamento e problemas de órbita em 2001 o que levou a equipe responsável pela missão a elevar a órbita do TRMM de 305km para 402 km. Em 2005 foi tomada a decisão de que o satélite funcionaria até que o seu combustível esgotasse (NASA, 2016d; NASA, d).

O satélite TRMM tinha a capacidade de captar informações entre 35° N e 35° S utilizando a bordo: o sensor *TRMM Microwave Imager* (TMI), que é um radiômetro de micro-ondas passivo de scanner cônicoo responsável por obter dados em 5 frequências diferentes, algumas com único plano de polarização e outras com duplo plano, e em 9 bandas de imagem entre as faixas de micro-ondas de 10 Ghz à 85 Ghz e que se assemelhava ao *Special Sensor Microwave Imager* (SSM/I) a bordo dos satélites da série DMSP (*Defense Meteorological Satellite Program*); o *Visible and Infrared Scanner* (VIRS), um radiômetro capaz de coletar informações entre as faixas de visível e infravermelho termal, de 0,4 μm à 12 μm, mas infelizmente foi desligado em 2014 para preservar a bateria do satélite; o *Precipitation Radar* (PR), o primeiro radar voltado exclusivamente para a medição de precipitação atmosférica a bordo de um satélite onde, os dados obtidos na faixa das micro-ondas conhecida de Ka (13,8 Ghz) permitiam a visualização tridimensional da estrutura vertical da precipitação, uma melhor quantificação da precipitação tanto sobre oceanos quanto sobre continentes e quando combinado com os dados obtidos pelo VIRS e TMI aumentava a precisão das informações, porém ainda tinha problemas ao tentar detectar precipitações de baixa intensidade menores que 0,5 mm/h; o *Lightning Imaging System* (LIS), sensor responsável pela obtenção de dados referentes a descargas elétricas entre atmosfera-atmosfera e atmosfera-solo; o *Clouds and Earth's Radiant Energy System* (CERES) criado para estudar os saldos de radiação emitidos e refletidos pela superfície terrestre, porém com nove meses de funcionamento o sensor parou de funcionar (NASA, 2016a; KUMMEROW, BARNES, et al., 1998; WMO, 2015b).

Dentre os dados gerados pela missão TRMM os que mais se destacam são os produtos TRMM 3B42 v7 e TRMM 3B43 v7 (Figura 7), pois representam a taxa de precipitação em mm/h obtida entre as latitudes de 50° N e S com uma resolução espacial de 0.25°x0.25° (~27 km x 27 km). O seu processamento é bastante complexo pois são gerados a partir da fusão de produtos mensais *Level 3* de taxa de precipitação e estruturas de precipitação obtidos com o satélite TRMM e dados diários de taxa de precipitação que são obtidos pela conversão de dados de satélites com sensores de micro-ondas passivo e satélites geoestacionários capazes de obter dados de infravermelho termal. O resultado é a obtenção da taxa de precipitação a cada 3 horas (3B42), diária (3B42RT e 3B42) ou mensal (3B43), porém existe um certo atraso na disponibilização de alguns dados, como por exemplo o produto 3B43 que necessita de 2 meses pois passa por validação utilizando dados de superfície (pluviômetros, pluviômetros, disdrômetros, etc.) (NASA, 2013; NASA, 2016a; NASA, 2016e).

Mesmo com a queda do satélite TRMM em 2015 os produtos continuarão sendo gerados até a meados de 2017, porém utilizando somente os dados obtidos pelos satélites que compõe a constelação da TRMM (HUFFMAN, 2015).

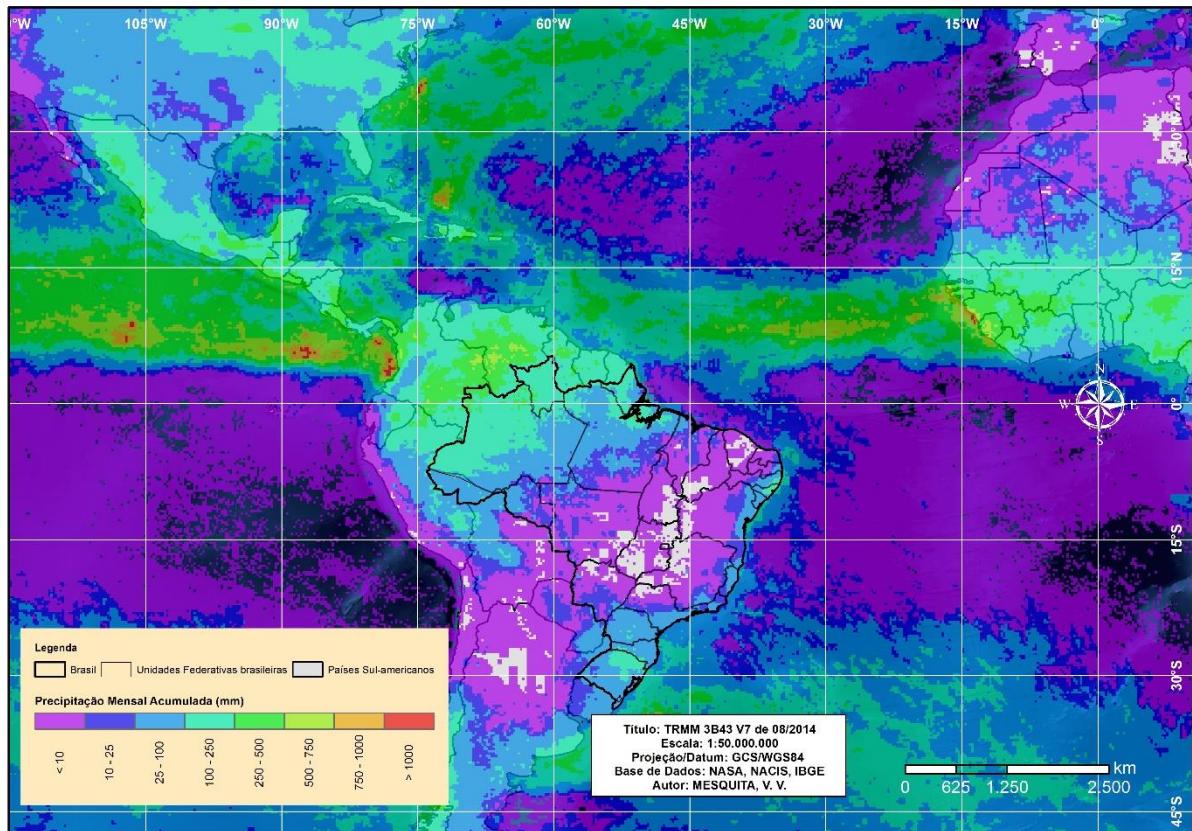


Figura 7. Mapa demonstrando a visualização do produto TRMM 3B43 V7 em 08/2014.

1.6 GLOBAL PRECIPITATION MEASUREMENT MISSION – GPM MISSION

Sucessora da TRMM, a missão GPM (*Global Precipitation Measurement*) é uma parceria internacional administrada pela NASA e JAXA que vem sendo planejada desde o início de 2006 e foi lançada no início de 2014 com enfoque em dar continuidade aos estudos realizados pela missão TRMM, porém agora com uma escala global de observação variando de 2 à 4 horas e com maior precisão, melhorando o monitoramento e previsão do tempo, clima, disponibilidade hídrica e fenômenos extremos como furacões, enchentes, inundações e deslizamentos. É a primeira missão a procurar entender melhor a microfísica e variação espaço-temporal da chuva no globo e ao mesmo tempo disponibilizar dados de precipitação em tempo “real” para toda a comunidade. Os principais objetivos da missão GPM são: melhorar a capacidade de mensuração da precipitação pelo espaço; aprimorar os conhecimentos a respeito

do ciclo d'água, da disponibilidade da mesma e dos sistemas responsáveis pela precipitação atmosférica; melhorar modelos e previsões climáticas e hidrometeorológicas; avançar os métodos de previsão do tempo e reanálise em quatro dimensões (HOU, SKOFRONICK-JACKSON, *et al.*, 2008; NASA, b; STRANGEWAYS, 2007).

Seguindo os passos da TRMM, a missão GPM utiliza uma constelação de satélites com radiômetros de infravermelho e de micro-ondas passivo sendo eles: o *Special Sensor Microwave Imager/Sounder* (SSMIS) a bordo dos satélites da série DMSP, o *Advanced Microwave Scanning Radiometer - 2* (AMSR - 2) a bordo do satélite GCOM-W1 (*Global Change Observation Mission - Water 1*), o *Multi-Frequency Microwave Scanning Radiometer* (MADRAS) e o *Sondeur Atmosphérique du Profil d' Humidité Intertropicale par Radiométrie* (SAPHIR) ambos a bordo do satélite Megha-Tropiques, os *Microwave Humidity Sounder* (MHS) a bordo dos satélites NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration*) 18 e 19 e série MetOp (*Meteorological Operational Satellite*), o *Advanced Technology Microwave Sounder* (ATMS) a bordo do SNPP (*Suomi National Polar-orbiting Partnership*), sensores de infravermelho de satélites geoestacionários como os das séries METEOSAT, GMS, MTSat, GOES e Himawari e, futuramente, os sensores ATMS a bordo dos satélites da série JPSS (*Joint Point Satellite System*) e algum radiômetro de micro-ondas que virá a bordo do DWSS (*Defense Weather Satellite System*) (NASA, a; HUFFMAN, BOLVIN e NELKIN, 2015).

Visando substituir o satélite TRMM foi colocado em órbita em 27 de fevereiro de 2014, o satélite *GPM Core Observatory* (GPM-CO) sendo desenvolvido especificamente para servir como um sistema de calibração em “estado da arte”, ou seja, um referencial para a calibração de todos os sensores presentes na constelação da missão GPM (HOU, SKOFRONICK-JACKSON, *et al.*).

Traz a bordo o *GPM Microwave Imager* (GMI), um radiômetro de micro-ondas (semelhante ao TMI do TRMM) capaz coletar informações com um ângulo zenital de 53° em 8 frequências entre 10 e 183 Ghz e distribui-las em 13 canais de imagem e cobrindo uma de 850 km por scanner com resoluções espaciais variando de acordo com as frequências observadas (varia entre 12x13,4 km para as baixas frequências a 3x13,4 km para as altas). Também possui a bordo o *Dual-frequency Precipitation Radar* (DPR) é uma versão atualizada do radar PR a bordo do satélite TRMM, porém como o nome diz, é capaz de coletar dados em duas frequências distintas (13,6 Ghz – KuPR e 35,55 Ghz - KaPR) e através da diferença atenuada entre elas obtém-se um perfil tridimensional da estrutura das nuvens, tamanho das partículas de

precipitação distribuídas e intensidade da precipitação com uma área de visada de 125 km (KaPR) e 250 km (KuPR) de resolução horizontal de 5km e vertical variando entre 250m e 500m e também maior sensibilidade na detecção de precipitação entre 0,2 mm/h à 110,0 mm/h (HOU, SKOFRONICK-JACKSON, *et al.*, 2008; WMO, 2015a).

O satélite GPM possui uma órbita não-heliosincrona oscilando entre 65° N e 65° S a aproximadamente 402 Km de altitude levando em torno de 40 min para completar uma revolução e leva de 2 a 5 dias para obter uma cobertura completa de dados em escala global (WMO, 2015a).

CAPÍTULO II - OS PRODUTOS GPM: QUAIS SÃO E QUAL É O MELHOR MEIO PARA A SUA DISPONIBILIZAÇÃO?

A continuidade dos produtos relacionados a precipitação atmosférica está sendo garantida pela missão GPM, porém semelhante aos produtos TRMM, possuem formato de compressão em dados que inviabiliza o manuseio destes dados por qualquer usuário leigo na área de processamento de dados satelitários. O objetivo principal deste capítulo será explanar a respeito dos produtos GPM que são disponibilizados para a comunidade pela NASA e também será proposta uma pipeline de processamento e disponibilização dos dados de precipitação atmosférica mensal acumulada para o Portal LAPIG de maneira que estes se tornem mais acessíveis para qualquer pessoa que necessitar fazer o uso dos mesmos.

2.1 OS PRODUTOS GPM

Os produtos GPM são disponibilizados pela NASA através do site Precipitation Measurement Missions (PPS) que serve de porta para diversos bancos de armazenamento de dados. Os produtos são organizados de acordo com nível de processamento dos dados de acordo com o EODIS (*Earth Observing System Data and Information System*) e disponibilizados em formatos de compressão como HDF5, GeoTiff e NETCDF (NASA, 2010; NASA, c). Os produtos GPM se encontram nos seguintes níveis de processamento:

- a) **Level 1A:** dados reconstruídos não calibrados e acompanhados de arquivos auxiliares como coeficientes de calibração geométrica e radiométrica e também parâmetros de georreferenciamento;
- b) **Level 1B:** dados 1A com correção radiométrica, propriamente geolocalizados e com informações de acordo com as unidades do sensor;
- c) **Level 1C:** dados intercalibrados utilizando informações obtidas por outros sensores;
- d) **Level 2:** parâmetros derivados de dados geofísicos de mesma resolução e localização dos dados *Level 1*;
- e) **Level 3:** parâmetros derivados de dados geofísicos que foram reamostrados temporalmente e/ou espacialmente de dados *Level 1* ou *Level 2*.

Os produtos GPM vêm sendo disponibilizados desde dezembro de 2006 através dos dados do sensor MHS a bordo do satélite NOAA 18, mas só no final de janeiro de 2014 que o processamento de produtos relacionados a missão GPM desbancou com o lançamento do GPM-CO (NASA, 2016b). Os subtópicos a seguir tratam a respeito dos produtos GPM separados nível a nível a fim de facilitar a descrição dos mesmos.

2.1.1 – PRODUTOS LEVEL 1

Compõe os produtos *Level 1* os dados base sem calibração, pré-calibrados ou intercalibrados de todos os sensores que compõe a constelação GPM (NASA, c). Resumem-se aos seguintes produtos:

- **1A – GMI:** Compreende o pacote de dados brutos advindos do sensor GMI do satélite GPM-CO, se encontram descriptografados e divididos em 5 Swaths (bandas de dados) onde se encontram contidos de forma dividida os dados brutos referentes a temperatura de antena adquirida pelo sensor e meta-dados referentes aos dados. Possui uma resolução espacial de 4x4 km e uma resolução temporal de 40 horas para se obter dados entre 70° N e S;
- **1B – GMI:** dados de temperatura de brilho e temperatura de antena georreferenciados e calibrados a partir dos dados *Level 0* (dados brutos sem nenhum tipo de meta-dado) providos pelo sensor GMI. Possui resolução espacial que varia de acordo com as bandas de dados e resolução temporal

variável de 20 minutos (NRT - Near Real Time / “tempo real”) a 6 horas (produto final). Também obtém dados entre as latitudes de 70° N à 70° S;

- **1C – GMI/GMI – R/SSMIS/AMSR2/MHS/SAPHIR/ATMS:** dados de temperatura de brilho obtidos através da intercalibração de todos os dados obtidos pelos radiômetros de micro-ondas passivo da constelação utilizando os dados 1B-GMI como padrão de calibração. Refere-se a este conjunto de dados como *1C – Constellation*. Sua resolução temporal, resolução espacial e área registrada varia de satélite para satélite.

2.1.2 – PRODUTOS LEVEL 2

Fazem parte dos produtos GPM *Level 2* os dados processados através de algoritmos e/ou combinados entre si com objetivo de obter uma maior precisão nas informações visualizadas pelos sensores (NASA, c). Os produtos *Level 2* se dividem em:

- **2A – Ku/Ka/DPR:** dados referentes aos tipos de precipitação, perfil vertical de precipitação, tamanho e distribuição das partículas e taxa de precipitação em mm/h. Os dados são obtidos através conversão da intensidade de sinal dos radares KuPR e KaPR e de sua combinação. Possuem resolução espacial de 5 km x 125m e uma taxa de disponibilização de dados a cada 20 – 120 minutos (NRT) e 24 horas (produto final);
- **2A – GPROF Constellation / GMI:** dados de estimativa de precipitação (mm/h) obtidos através da inserção dos dados 1C – Constellation / GMI no algoritmo GPROF. A resolução espacial, temporal e área capturada variam de satélite para satélite;
- **2B – CMB:** trata-se dados de taxa de precipitação em mm/h obtidos através da combinação e calibração cruzada entre os dados de temperatura de brilho do sensor GMI e reflectância de sinal do sensor DPR. Obtém dados entre as latitudes 70°N e 70°S com uma resolução espacial de 5x5 km e uma resolução temporal de 3 horas (tempo real) à 40 horas (produto final).

2.1.3 – PRODUTOS LEVEL 3

Os produtos GPM de *Level 3* são compostos por uma alta integração espaço-temporal entre os dados produzidos em outro níveis e também pela entrada de dados auxiliares que buscam tornar os produtos finais mais próximos da realidade. Os produtos de *Level 3* são:

- **3 – GPROF:** Precipitação total acumulada (mm/h) e perfis verticais de hidrometeoros derivados dos produtos 2A – GPROF e disponibilizados de forma diária ou mensal abrangendo uma área de 90° N à 90° S com uma resolução espacial de 0,25° x 0,25° (27 x 27 km);
- **3 – DPR:** Precipitação total acumulada (mm/h) derivada dos produtos 2A – DPR computados e mensurados em baixa resolução espacial (5° x 5° / 270 x 270 km) e alta resolução espacial (0,25° x 0,25° / 27 x 27 km);
- **3 – CMB:** Precipitação total acumulada (mm/h) derivada dos produtos 2B – CMB computados e mensurados em baixa resolução espacial (5° x 5° / 270 x 270 km) e alta resolução espacial (0,25° x 0,25° / 27 x 27 km) cobrindo uma área entre 70° N e S e sendo disponibilizado diariamente ou mensalmente;
- **3 – IMERG (*Integrated Multi-satellite Retrievals for GPM*):** pacote de produtos compostos pela taxa de precipitação em mm/h estimada a partir do mosaico e interpolação dos produtos 2B – CM, 2A – GPROF Constellation, da precipitação estimada a partir de dados de infravermelho derivados de satélites geoestacionários intercalibrados com dados micro-ondas, de análises de precipitações obtidas por estações meteorológicas e outros estimadores potenciais com uma boa escala de espaço e tempo. Os dados pertencentes ao IMERG possuem uma resolução espacial de 0,1° x 0,1° (10 x 10 km) e uma resolução temporal subdividida em *Early Run* (produtos disponibilizados a cada 30 minutos, 3 horas e 1 dia com uma latência de 6 horas), *Late Run* (produtos disponibilizados a cada 30 minutos, 3 horas, 1 dia, 3 dias e 7 dias com uma latência de 18 horas) e *Final Run* (produtos disponibilizados a cada 30 minutos, 3 horas, 1 dia, 3 dias, 7 dias e 1 mês com uma latência de 4 meses). A diferença básica entre os dados IMERG se resume ao nível de refinamento dos dados sendo que os dados *Early Run* e *Late Run* são calibrados utilizando coeficientes climatológicos que variam de acordo com o mês e com o local, já os dados *Final Run* são reajustados

através de uma combinação entre a soma da precipitação mensal amostrada pelos satélites e estações meteorológicas. Os produtos IMERG *Daily* (IMERGD) e IMERG *Monthly* (IMERGM) são os sucessores dos produtos TRMM 3B42 e 3B43 e acumulam diversas melhorias como a maior acurácia em detectar precipitações leves e capacidade de obter dados de 90° N a 90° S (HUFFMAN, BOLVIN e NELKIN, 2015; HUFFMAN, 2015; NASA, c). Através da Figura 8 pode se observar as diferenças espaciais e sensitivas dos produtos IMERGM e TRMM 3B43.

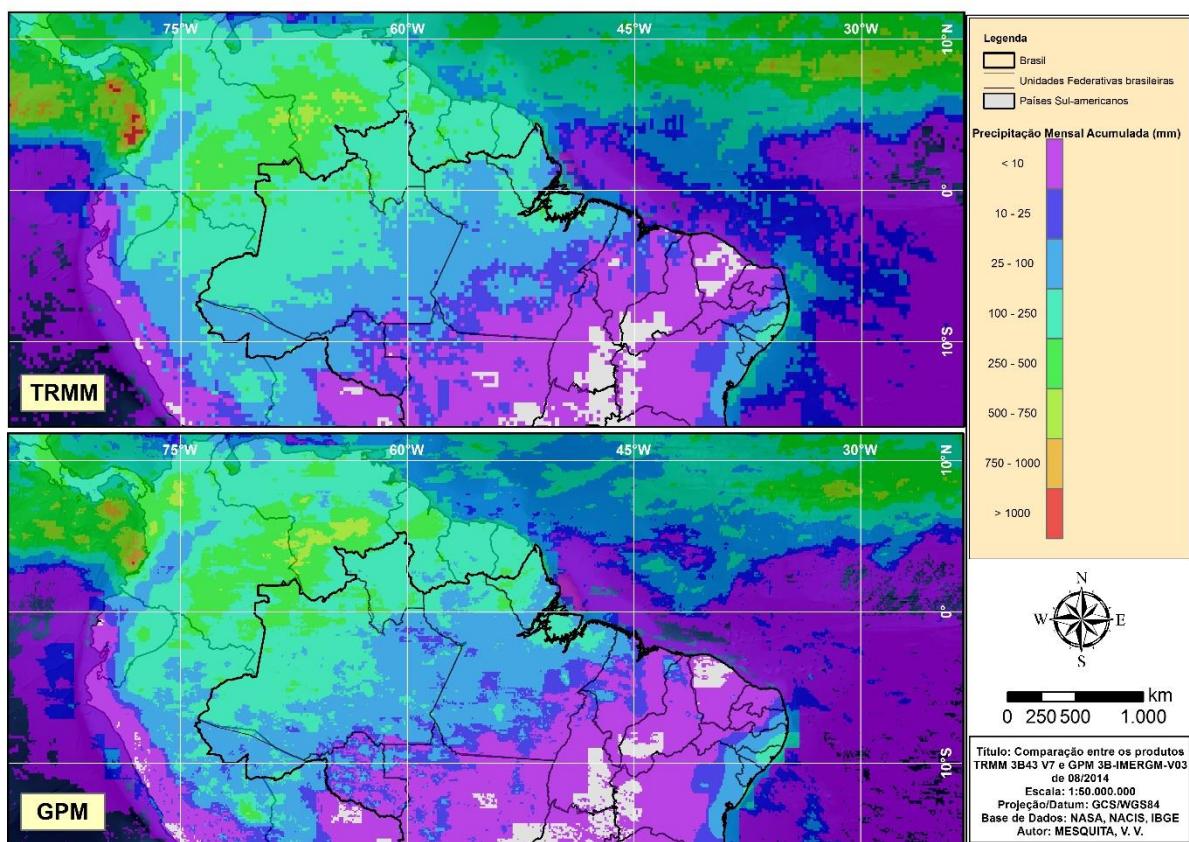


Figura 8. Mapa comparando os produtos TRMM 3B43 V7 e GPM IMERGM V03 do mês de agosto de 2014.

2.2 PIPELINE DE DISPONIBILIZAÇÃO DE DADOS GPM PARA O PORTAL LAPIG

Pensando nos usuários GPM leigos em processamento de dados satelitários foi proposta uma pipeline a criação do algoritmo GADPP (*GPM Autonomous Downloading and Processing Package*) (Apêndice A) que, através da linguagem aberta Python e da biblioteca de código aberto GDAL (*Geospatial Data Abstraction Library*), é possível acessar o servidor de

dados FPT (*File Transfer Protocol*) da GES DISC (*Goddard Earth Sciences Data and Information Services Center*), fazer o download de dados mensais GPM-3-IMERG-M e aplicar correções geométricas e calibrações de valores de forma totalmente automatizada para que estes sejam disponibilizados no Portal LAPIG como demonstrado na Figura 9.

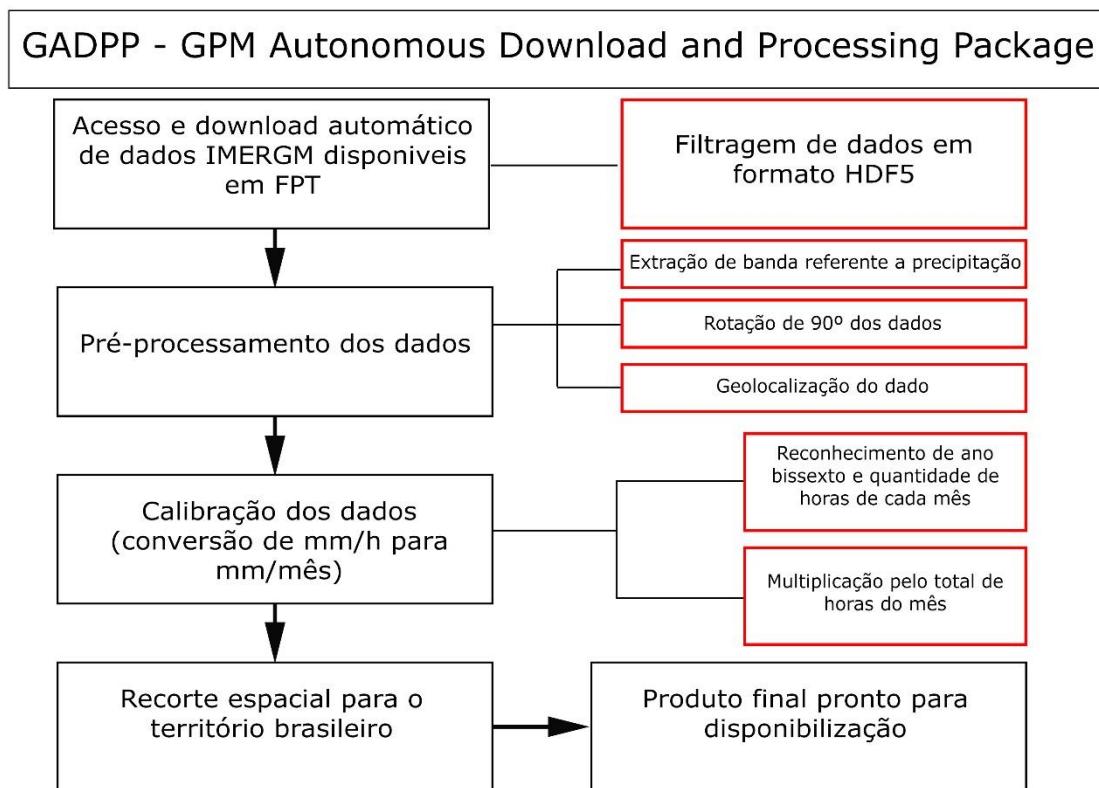


Figura 9. Fluxograma representando o algoritmo GADPP desenvolvido pelo autor.

O objetivo inicial do GADPP é disponibilizar os dados IMERG mensais através do Portal LAPIG em formato GeoTiff para que quaisquer usuários possam fazer seu uso sem necessitar perder tempo com o processamento e download, mas a longo prazo, tem-se em mente o desenvolvimento de uma interface que possibilite o usuário filtrar datas e até mesmo obter médias sazonais e anuais. Uma outra possibilidade é a de adequação do algoritmo visando torná-lo uma extensão para o SIG QGIS facilitando assim a disseminação de seu uso.

O Portal LAPIG é um portal de informações, pesquisas e de disponibilização de dados geográficos gerido e alimentado pelo LAPIG (Laboratório de Processamento de Imagens e Geoprocessamento) que é vinculado ao IESA (Instituto de Estudos Socioambientais) da Universidade Federal de Goiás. O LAPIG é destaque no cenário internacional pelo seu

envolvimento em pesquisas relacionadas ao bioma Cerrado, pastagens e ao uso e cobertura do solo no Brasil. É também um disseminador de produtos de precipitação TRMM 3B43 para todo território brasileiro, fato que o torna uma excelente porta para disseminação de dados IMERGM e talvez futuramente de dados IMERGD.

2.3 PRECISÃO DOS DADOS IMERGM EM RELAÇÃO A DADOS DE SUPERFÍCIE

Visando avaliar a precisão dos dados IMERGM foi feita uma comparação entre dados de superfície de estações meteorológicas do INMET, com área de 18 x 14 m (INMET e MAPA, 2011), e os dados obtidos pelo IMERGM entre os meses de 04/2014 a 04/2015. As estações meteorológicas de Goiânia, Manaus, Porto Alegre, Salvador e São Paulo, foram escolhidas de forma regional buscando garantir uma distribuição espacial consistente com o tamanho do território brasileiro como demonstrado na Figura 10.

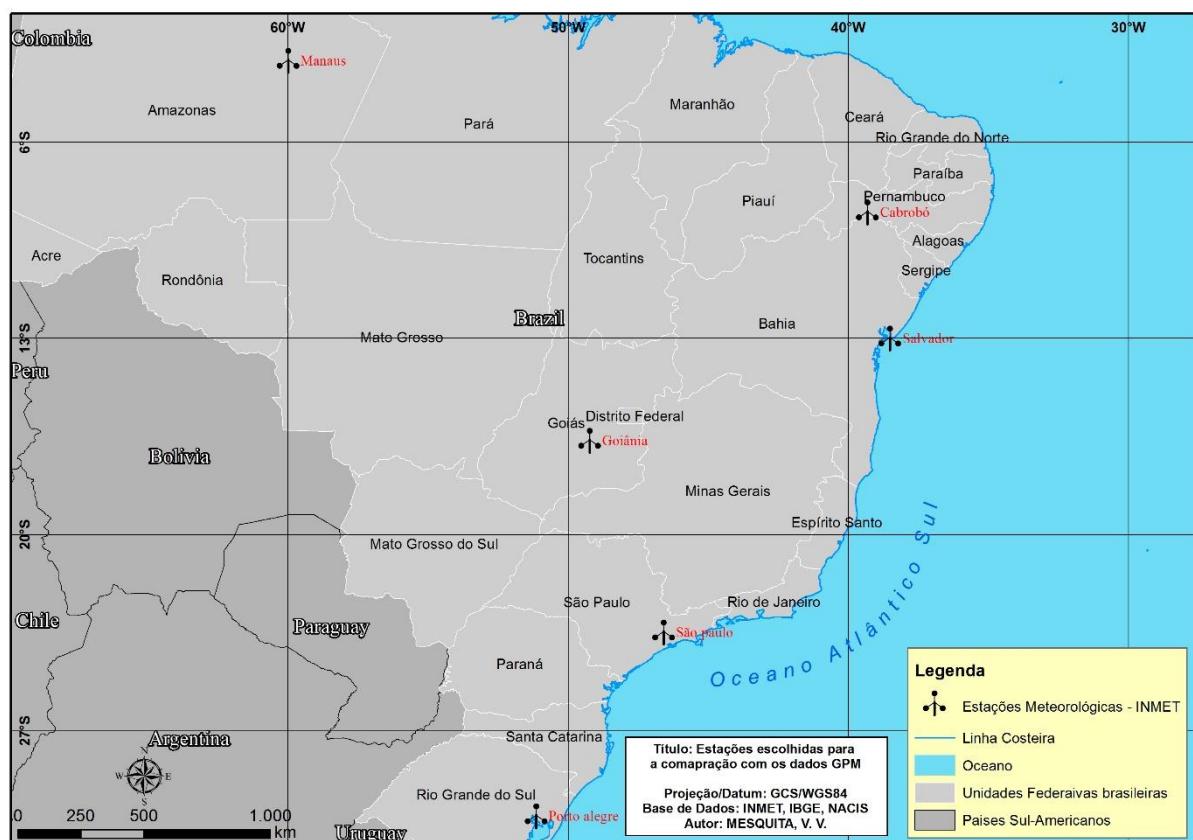


Figura 10. Mapa de localização das estações escolhidas para a comparação com os dados IMERGM.

Os resultados apresentados na Figura 11 demonstram que os dados IMERGM seguem o mesmo padrão que as estações meteorológicas, porém em alguns casos ele diverge bastante em relação aos dados obtidos pelas estações. Possivelmente este resultado é fruto da generalização espacial que ocorre com os dados IMERGM, pois é amostrada a precipitação média visualizada em uma área de 10 x 10 km, ou é resultado de algum erro na detecção da precipitação. É possível observar a partir da Tabela 1 que pode existir algum problema relacionado a medição da precipitação em regiões onde ocorrem grandes volumes de chuva como Manaus – PA, mas talvez apenas com um estudo mais aprofundado e utilizando um maior número de amostras seja possível determinar o que realmente está influenciando nestas grandes variações de valores.

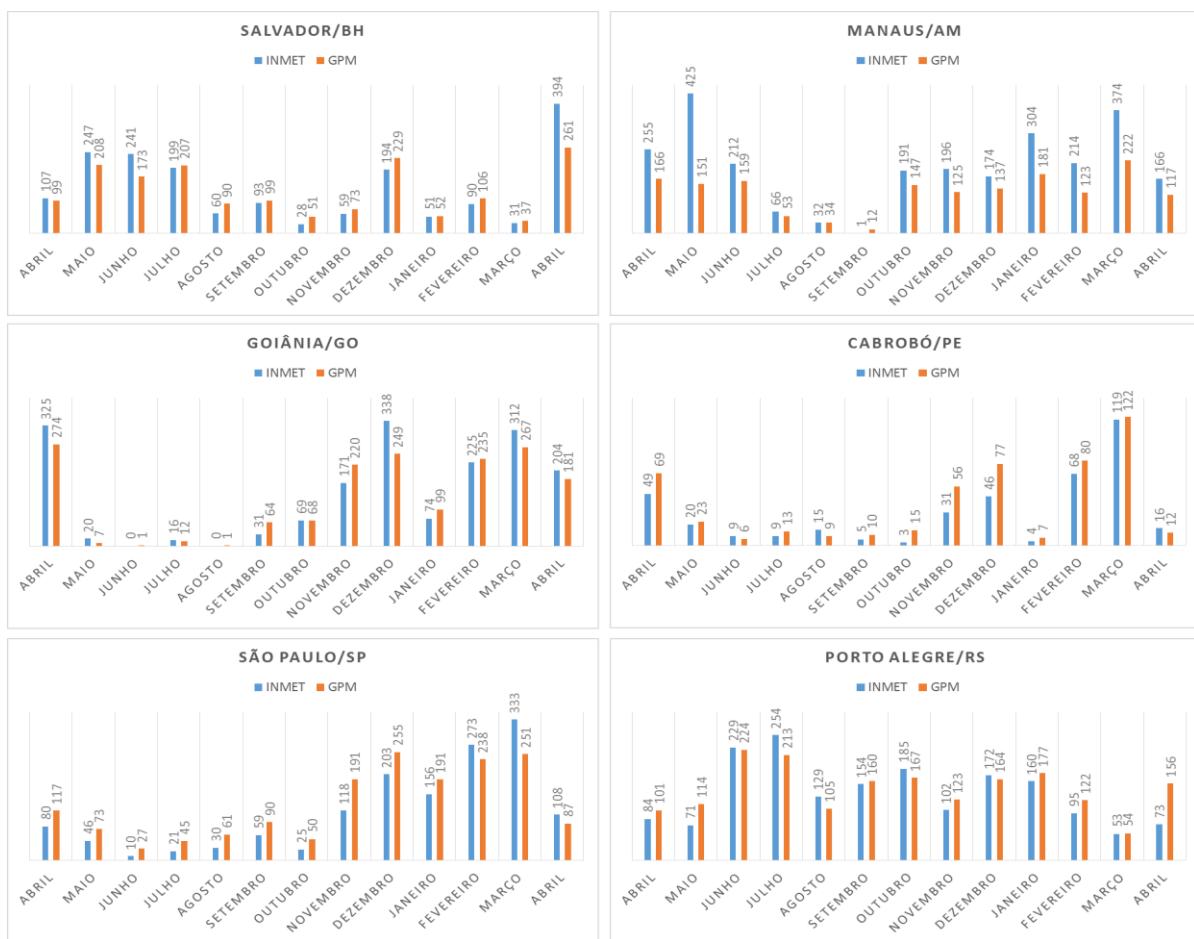


Figura 11. Gráficos comparando a taxa de precipitação mensal acumulada (mm) obtida pelo GPM IMERGM e pelas estações meteorológicas do INMET entre abril de 2014 à abril de 2015.

Cidade / Fonte	GPM	INMET	Diferença GPM/INMET
Salvador - BH	1685,39	1794,00	-6,05%
Manaus - AM	1628,50	2608,20	-37,56%
Goiânia - GO	1677,85	1784,80	-5,99%
Porto Alegre - RS	1878,78	1760,10	6,74%
São Paulo - SP	1676,50	1460,90	14,76%
Cabrobó - PE	498,66	395,00	26,24%

Tabela 1. Comparação entre a taxa de precipitação total acumulada (mm) obtida pelo GPM IMERGM e as estações meteorológicas do INMET entre abril de 2014 à abril de 2015.

CAPÍTULO III - A CHUVA NAS PASTAGENS BRASILEIRAS AOS OLHOS DA MISSÃO GPM

A aplicabilidade dos produtos GPM é garantida em qualquer tipo de processamento que exija como dado central ou auxiliar, as informações a respeito de precipitação, principalmente no que diz respeito a taxa de precipitação, como por exemplo equações de taxa perca de solo por erosão, cálculos de balanço hídrico, suscetibilidade de uma bacia sofrer enchente, percentual de infiltração de água no solo, entre outras.

O objetivo principal deste capítulo é apresentar algumas aplicações com enfoque principalmente na obtenção de informações que dizem respeito aos períodos de crescimento das pastagens no Brasil utilizando a taxa de precipitação mensal obtida de 01/2014 à 12/2015 pelos dados IMERGM. Será apresentado o resultado dos dados processados pelo GADPP analisados pelo TIMESAT como demonstrado no Apêndice B. O TIMESAT é software livre capaz de investigar a sazonalidade de séries temporais de imagens de satélite e suas relações com as propriedades dinâmicas da vegetação, como a fenologia e o período de desenvolvimento. Neste capítulo serão apresentados diversos mapas e gráficos gerados a partir de informações manuseadas no software livre QGIS ou ArcGis.

3.1 AS PASTAGENS BRASILEIRAS

Segundo a Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carne (ABIEC, 2015) e o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), o Brasil é líder mundial em exportação de carne bovina e responsável por 17% da produção mundial de carne bovina o que se resume a um total de 200 milhões de cabeças de gado, essa produção fica somente atrás dos Estados Unidos que detém 19%. Esse destaque pode ser explicado pela

grande extensão territorial que o Brasil possui. São, segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2004), aproximadamente 8.514.877 km², uma extensa área propícias a práticas de uso da terra como agricultura e pastagem, sendo que a última citada é responsável por ocupar o equivalente a 1.600.420,62 km² (IBGE, 2006), 18,8% do território nacional.

Tais dados são demasiadamente antigos e podem não representar a realidade atual do Brasil, assim, tentando buscar algo mais coerente foi utilizado a área obtida através do Mapa Síntese da Área de Pastagem (MSP) para o território brasileiro. Elaborado pelo LAPIG através da compilação de dados geográficos gerados de 2002 a 2014 por diversas instituições, o resultado obtido foi uma área de pastagem de 1.648.719,93 km² que abrange todos os estados do país e que pode ser visualizada espacialmente através da Figura 12.

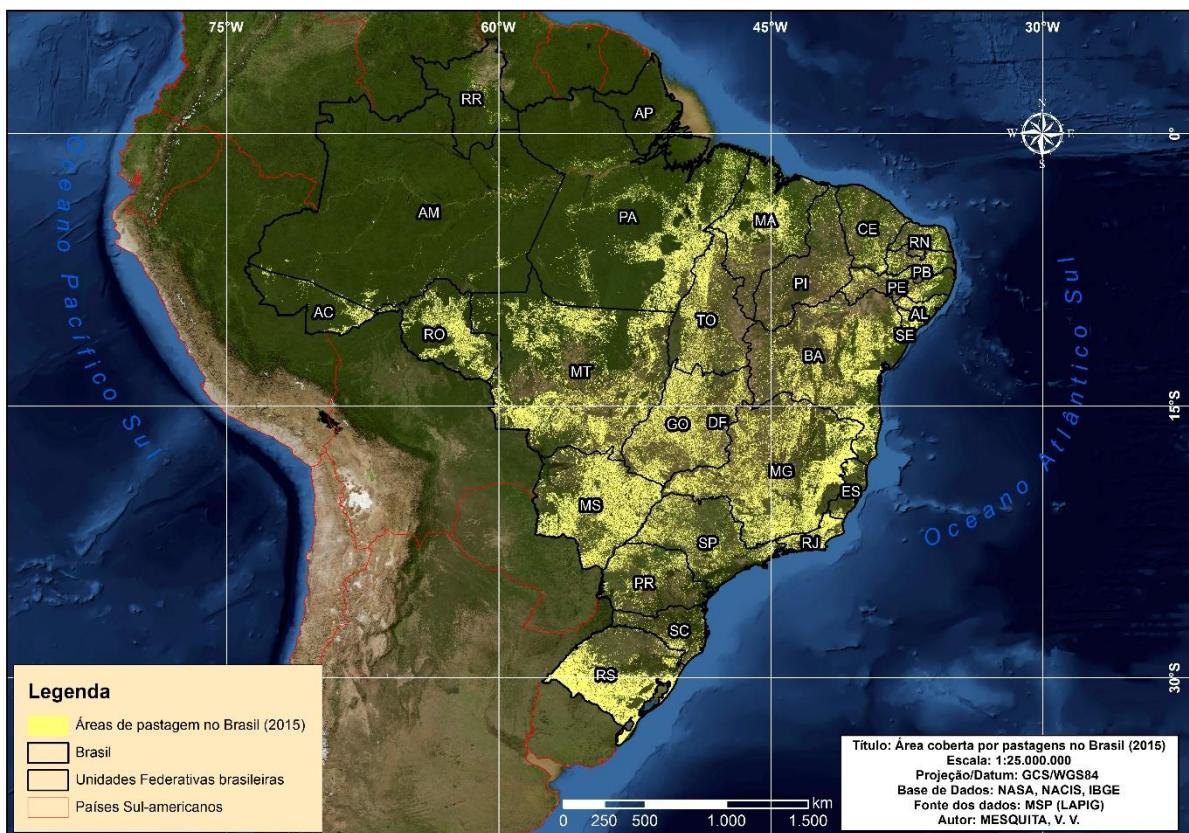


Figura 12. Mapa representando a área coberta por pastagens no Brasil, dados derivados do Mapa Síntese da Área de Pastagem produzido pelo LAPIG.

3.2 A PRECIPITAÇÃO NO BRASIL VISTA PELA GPM

A partir da precipitação atmosférica registrada no Brasil peloIMERGM no período de 08/2014 à 07/2015 foi observado que existem diversas irregularidades na distribuição das

chuvas por todo o país (Figura 13). Sendo que, houve um acumulado de precipitação elevado no Sul e Norte do país e um grande bloco com precipitação inferior a 1000 mm entre o norte de Minas Gerais e o Nordeste brasileiro.

Utilizando os dados de precipitação obtidos durante os anos de 2014 e 2015 é possível através do software TIMESAT estimar o início, fim e duração das estações de crescimento da vegetação. Outros dados satelitários que possuem relação com as dinâmicas da vegetação como o Índice de Vegetação Melhorado (*Enhanced Vegetation Index – EVI*), obtido a partir dos produtos MOD13 do satélite EOS – Terra, podem também ser utilizados como foi feito no estudo realizado por Arantes, Ferreira e Coe (2016) a respeito do balanço sazonal de água e carbono no Cerrado brasileiro.

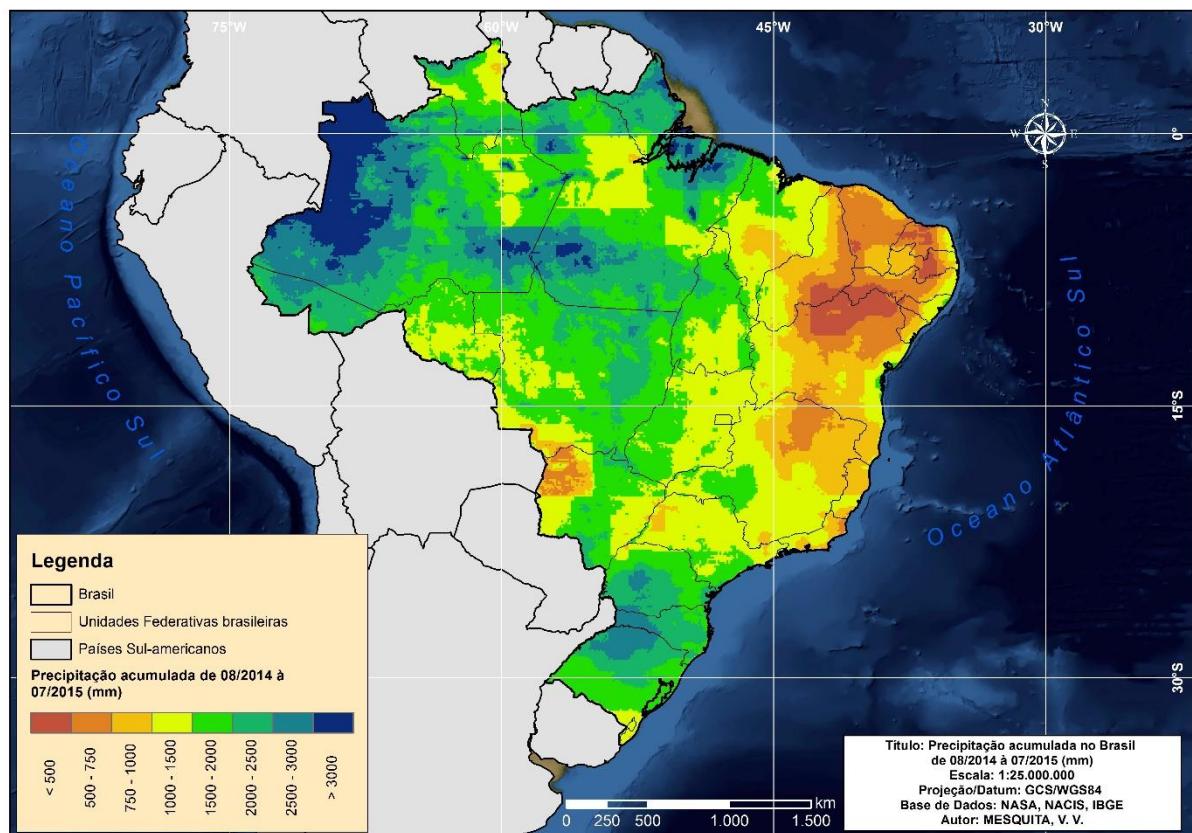


Figura 13. Mapa representando a taxa de precipitação acumulada no Brasil registrada pelos dados IMERGM durante o período de 08/2014 à 07/2015.

A Figura 14 representa o início (*start of the growing season - SOS*) e fim (*end of the growing season - EOS*) da estação de crescimento da vegetação no Brasil detectado pelo TIMESAT utilizando o filtro Savitzky-Golay para suavização dos dados da série temporal. Mesmo com alguns buracos na imagem, devido à necessidade de mais informações, é fácil

observar pela Figura 15 que entre 2014 e 2015 houve uma maior frequência de SOS entre os meses de agosto e outubro e uma longa frequência de EOS entre os meses de maio e agosto.

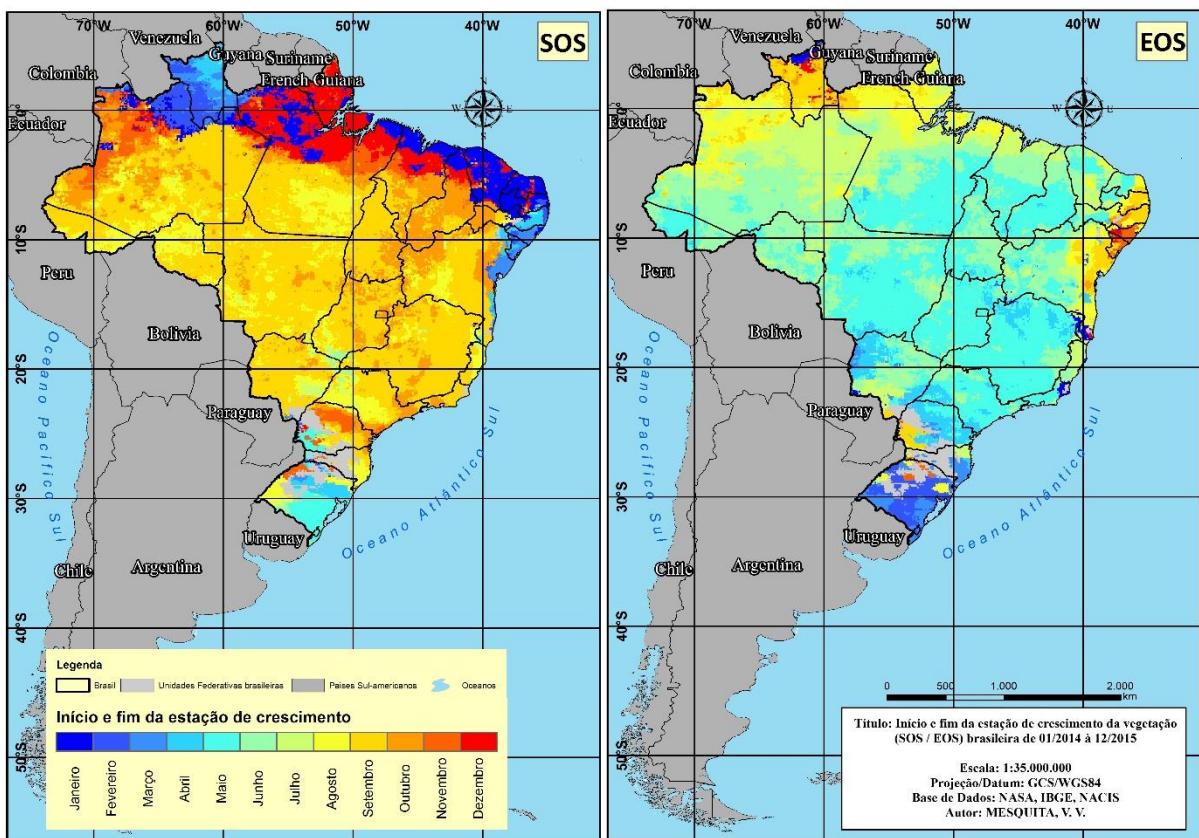


Figura 14. Mapa demonstrando o início e fim da estação de crescimento da vegetação no Brasil durante os anos de 2014 e 2015.

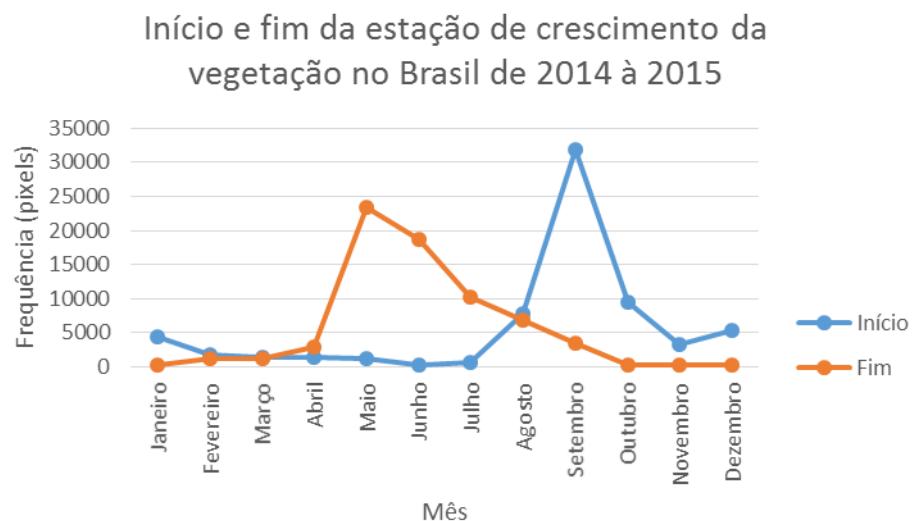


Figura 15. Gráfico representando da frequência do início e o fim da estação de crescimento da vegetação no Brasil durante os anos de 2014 e 2015.

O mapa da Figura 16 representa a diferença entre os dados de SOS e EOS, consistindo assim na duração da estação de crescimento da vegetação (*length of the growing season – LOS*). Através da Figura 17, criada a partir dos dados LOS, podemos observar uma tendência de duração da estação de crescimento, sendo que, ela dura em média 8 meses e possui uma frequência alta de duração entre 8 e 12 meses.

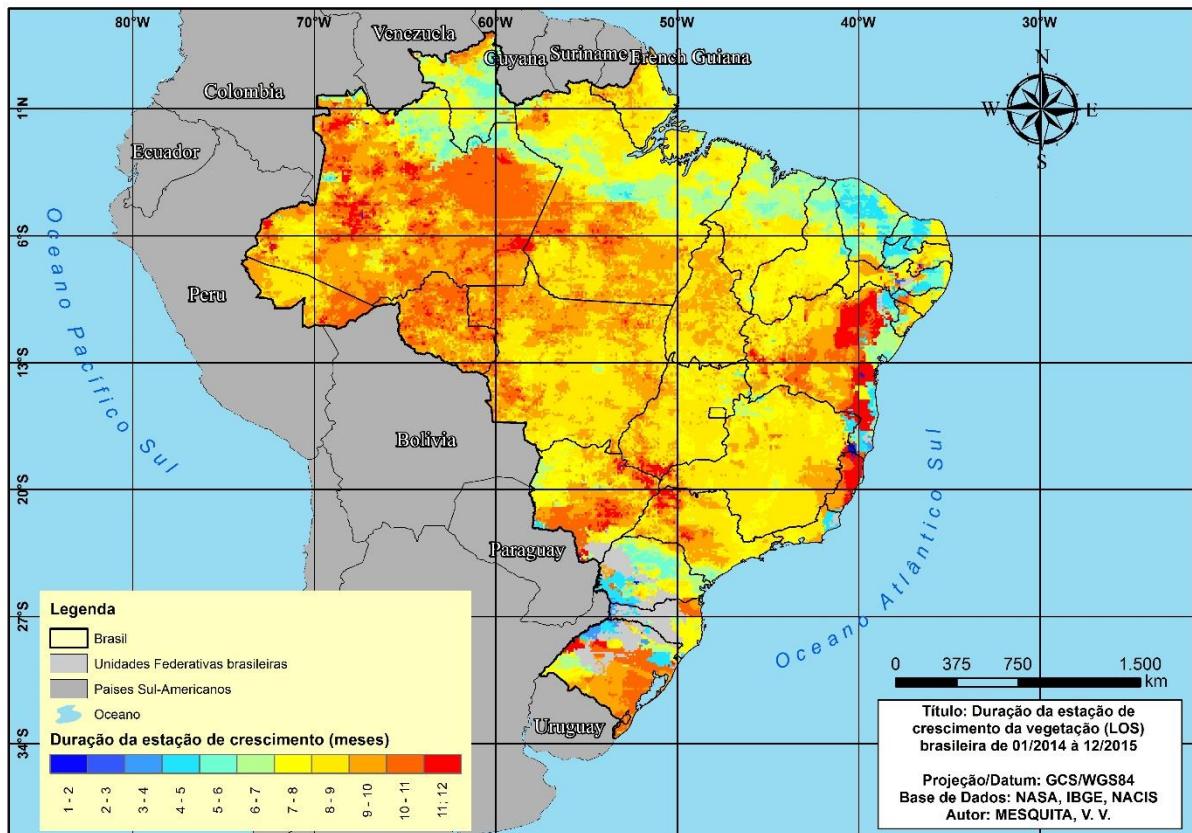


Figura 16. Mapa demonstrando a duração da estação de crescimento da vegetação no Brasil durante os anos de 2014 e 2015.

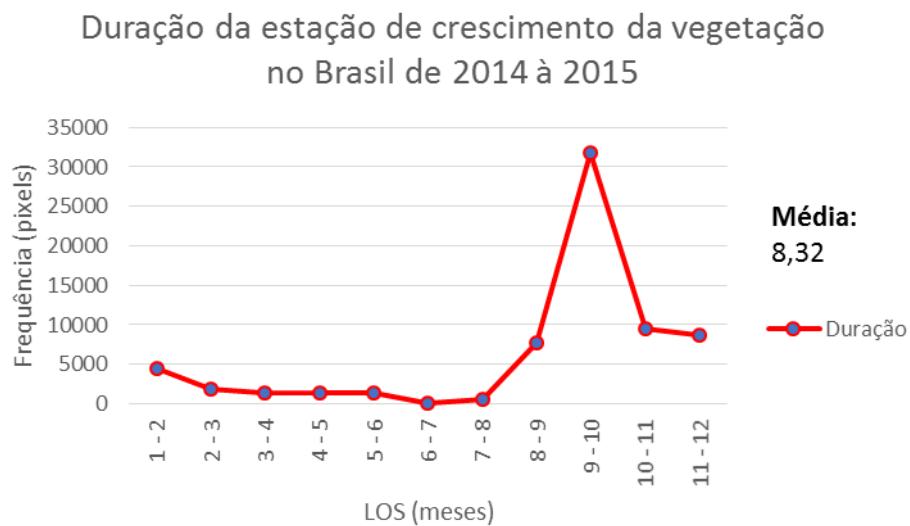


Figura 17. Gráfico demonstrando a frequência da duração da estação de crescimento da vegetação no Brasil durante os anos de 2014 e 2015.

3.3 DISTRIBUIÇÃO DA PRECIPITAÇÃO NAS PASTAGENS BRASILEIRAS E A SUA SAZONALIDADE

Utilizando os dados MSP como máscara para os dados IMERGM de 08/2014 à 07/2015 e para os dados SOS, EOS e LOS de 2014 - 2015 foi possível a obtenção de informações a respeito da distribuição das chuvas sobre as pastagens brasileiras e qual o período de crescimento das mesma.

O resultado obtido a respeito da precipitação pode ser visualizado pelas Figuras 18 e 19, apresentam a distribuição das chuvas pelas pastagens brasileiras e a sua frequência de ocorrência dos valores, sendo que, choveu em média 1429,2 mm sobre as áreas de pastagem e ocorreram extremos de 275,55 mm e 3703,17 mm sobre elas. Como observado nos dados IMERGH para o Brasil, as pastagens localizadas entre o norte de Minas Gerais e no Nordeste brasileiro tendem a receber pouca precipitação durante o período analisado, fator que possivelmente pode interferir na sua qualidade e manejo.

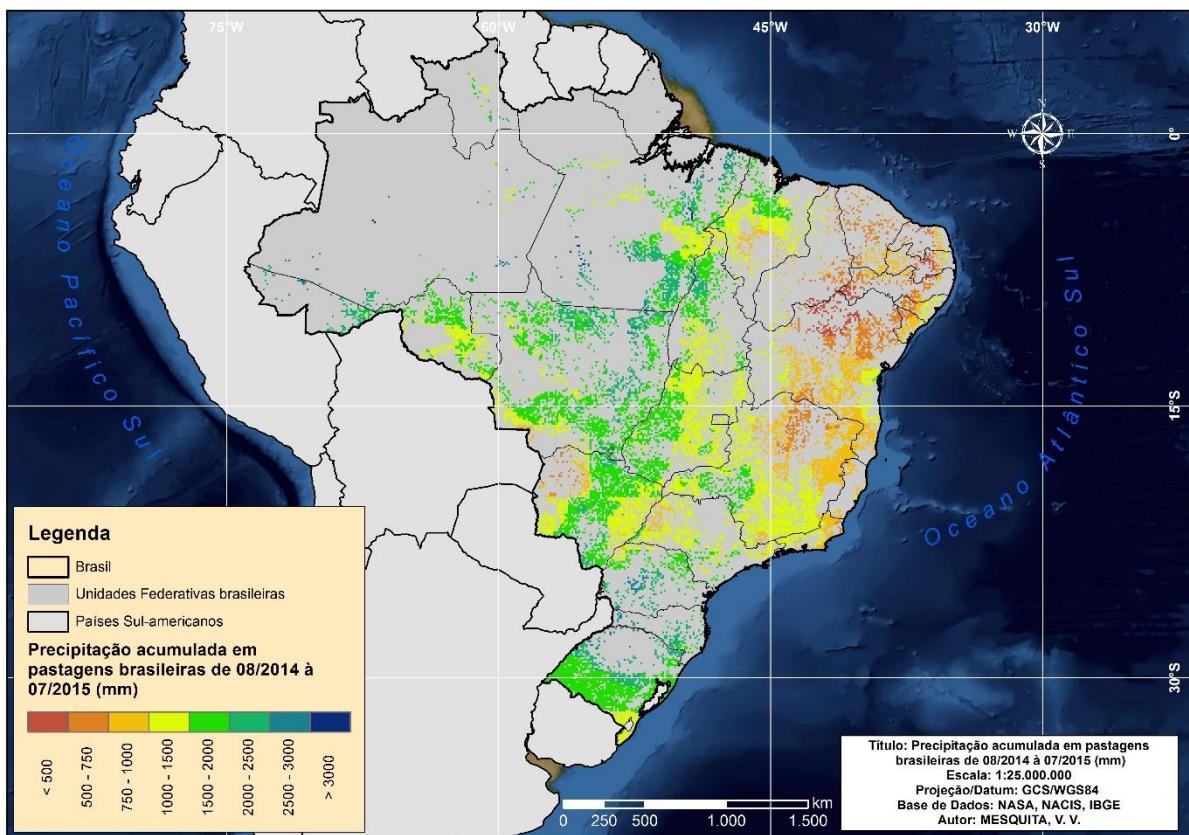


Figura 18. Mapa representando a taxa de precipitação acumulada nas pastagens brasileiras registrada pelos dados IMERGM durante o período de 08/2014 à 07/2015.

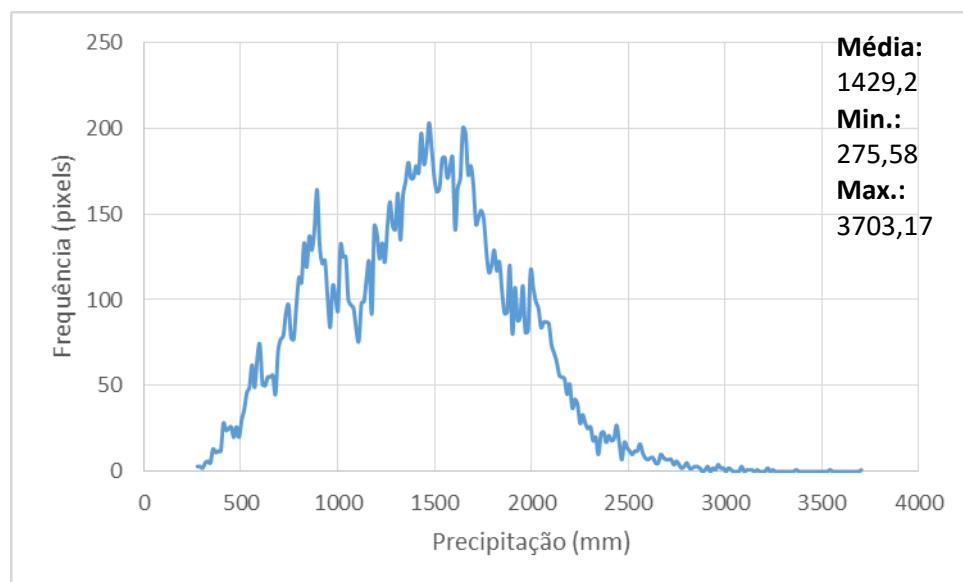


Figura 19. Gráfico representando a frequência da precipitação obtida pelo IMERGM sobre as áreas de pastagem no Brasil.

Já os dados de SOS, EOS e LOS das áreas cobertas por pastagem apresentam leves mudanças em relação aos dados amostrados para todo o Brasil. Como mostrado nas Figuras 20 e 21, o início e fim da estação de crescimento das pastagens no Brasil possui uma relativa de homogeneidade, tendo seu início geralmente entre agosto e outubro e seu fim entre abril e julho com uma duração de estação em média de 8 meses podendo esta variar facilmente entre 7 e 11 meses (Figuras 22 e 23).

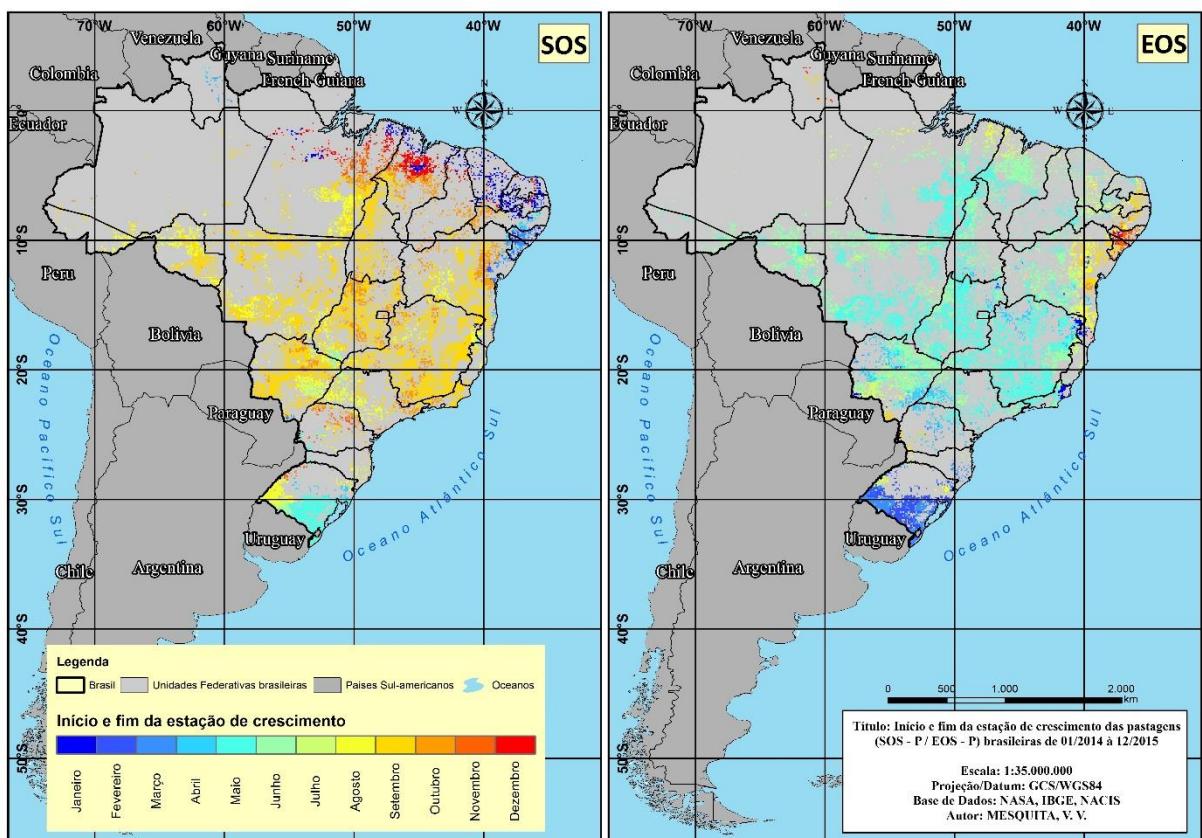


Figura 20. Mapa demonstrando o início e o fim da estação de crescimento das pastagens brasileiras durante os anos de 2014 e 2015.

Início e fim da estação de crescimento das pastagens no Brasil de 2014 à 2015

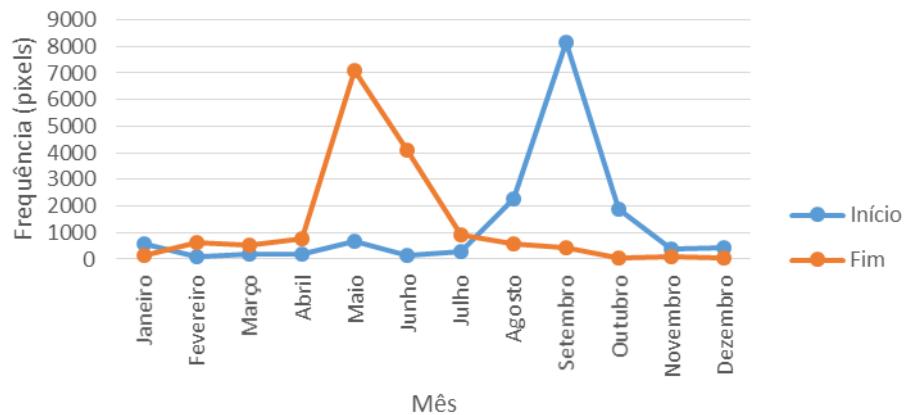


Figura 21. Gráfico representando a frequência do início e fim da estação de crescimento das pastagens no Brasil durante os anos de 2014 e 2015.

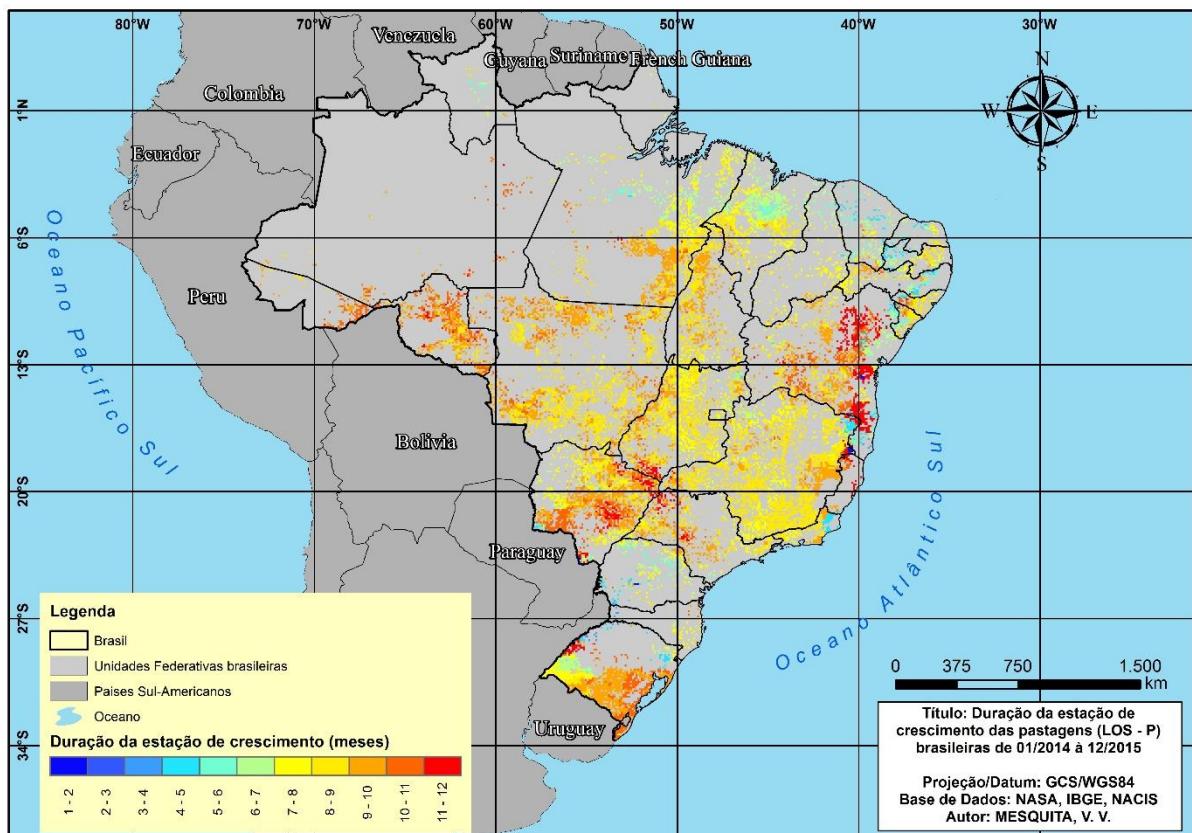


Figura 22. Mapa demonstrando a duração da estação de crescimento das pastagens no Brasil durante os anos de 2014 e 2015.

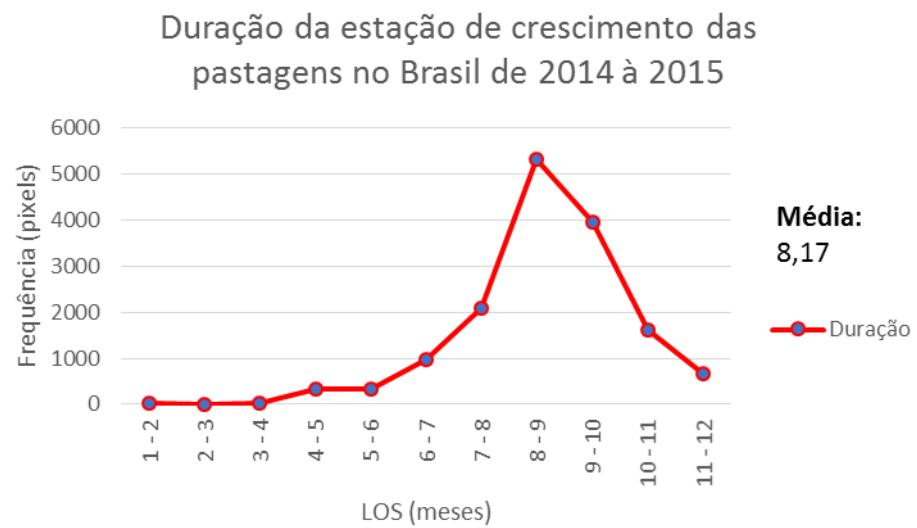


Figura 23. Gráfico demonstrando a frequência da duração da estação de crescimento das pastagens no Brasil durante os anos de 2014 e 2015.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho foi pensado com o intuito de explicar, divulgar e disponibilizar informações à respeito do composto água e de alguns processos relacionados, com foco na precipitação atmosférica e nos métodos e dados utilizados para sua estimativa, sobretudo os dados satelitários gerados no âmbito da missão GPM.

A possibilidade de utilizar o GADPP para disponibilizar os dados GPM para a comunidade, abre portas para que alunos, pesquisadores e até órgãos gestores possam utilizar-se destas informações a fim de atender a sua demanda por dados relacionados à estimativas de precipitação.

Mesmo que, e como foi demonstrado, haja uma relativa discrepância entre os dados IMERGM e as estações meteorológicas, a missão GPM, igualmente à TRMM, representa um grande avanço quanto à quantificação da precipitação atmosférica. Ainda que haja alguma imprecisão nos dados, a expectativa é de que esta venha a ser atenuada com o desenvolvimento de novas pesquisas e melhoramentos nos algoritmos de processamento dos dados GPM, como, por exemplo, a transição dos produtos GPM Versão 3 para Versão 4, com previsão de término em julho de 2016.

O Brasil é um país de dimensões continentais e com uma divisão e comportamentos climáticos bastante distintos. Neste trabalho demonstramos o potencial das imagens GPM IMERGM quanto à identificação do início, fim e duração da estação de crescimento da vegetação. Tendo por foco as áreas de pastagens brasileiras, geramos, com base em dados GPM IMERGM obtidos para os anos de 2014 e 2015 mapas e gráficos que demonstram, com clareza, a distribuição e frequência das chuvas.

A quantidade de pesquisas onde é possível aplicar os dados da Missão GPM é grande, podendo variar desde estudos locais à pesquisas globais. E foi esse fato que atuou durante todo este trabalho como um norteador, visando sempre demonstrar qual a ciência por detrás da obtenção destas informações.

REFERÊNCIAS

- ABIEC. Brasil será o maior produtor mundial de carne bovina em cinco anos, prevê Abiec. **Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carne**, 2015. Disponível em: <<http://www.abiec.com.br/noticia.asp?id=1357#.V37kWDXXqt2>>. Acesso em: 7 de julho de 2016.
- ANGELIS, C. F. D. et al. Rede de radares meteorológicos: ação conjunta decea – INPE/CPTEC. **REDEMET**, 2014. Disponível em: <<http://www.redemet.aer.mil.br/uploads/2014/04/radar.pdf>>. Acesso em: 23 de junho de 2016.
- ARANTES, A. E.; FERREIRA, L. G.; COE, M. T. The seasonal carbon and water balances of the Cerrado environment of Brazil: Past, present, and future influences of land cover and land use. **ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, v. 117, p. 66-78, 07/ 2016. ISSN 10.1016/j.isprsjprs.2016.02.008.
- BATTAN, L. J. **Radar observation of the atmosphere**. USA: The University of Chicago Press, 1973.
- BERTONI, J. C.; TUCCI, C. E. M. Precipitação. In: TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 2. ed. Porto Alegre: Editora da Universidade - UFRGS, 2000. Cap. 5, p. 177-241.
- BRANCO, S. M. **Água: origem, uso e preservação**. 1. ed. São Paulo: Editora Moderna, 1999. 96 p.
- ESA. Introducing Cryosat. **European Space Agency**. Disponível em: <http://www.esa.int/Our_Activities/Observing_the_Earth/CryoSat/Introducing_CryoSat>. Acesso em: 20 de junho de 2016.
- EVANS, J.; PERLMAN, H.; USGS. The Water Cycle - USGS Water Science School. **United States Geological Survey**, 2016. Disponível em: <<http://water.usgs.gov/edu/watercycle.html>>. Acesso em: 10 de julho de 2016.
- HOU, A. Y. et al. Global precipitation measurement. In: MICHAELIDES, S. **Precipitation: Advances in Measurement, Estimation and Prediction**. Berlin: Springer, 2008. Cap. 6, p. 131-169.
- HUFFMAN, G. J. The Transition in Multi-Satellite Products from TRMM to GPM (TMPA to IMERG). **GES DISC**, 2015. Disponível em: <https://pmm.nasa.gov/sites/default/files/document_files/TMPA-to-IMERG_transition.pdf>. Acesso em: 20 de junho de 2016.
- HUFFMAN, G. J.; BOLVIN, D. T.; NELKIN, E. J. Integrated Multi-satellitE Retrievals for GPM (IMERG) Technical Documentation. **GES DISC**, 2015. Disponível em: <https://pmm.nasa.gov/sites/default/files/document_files/IMERG_doc.pdf>. Acesso em: 23 de junho de 2016.
- IBGE. Brasil em Síntese - território. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**, 2004. Disponível em: <<http://brasilemsintese.ibge.gov.br/territorio.html>>. Acesso em: 7 de julho de 2016.

IBGE. Brasil em Síntese - agropecuária - utilização das terras - área. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**, 2006. Disponível em:
[<http://brasilemsintese.ibge.gov.br/agropecuaria/utilizacao-das-terras-area.html>](http://brasilemsintese.ibge.gov.br/agropecuaria/utilizacao-das-terras-area.html). Acesso em: 7 de julho de 2016.

INMET. PREVISÃO DO TEMPO - Saiba os passos para a elaboração da previsão do tempo. **Instituto Nacional de Meteorologia**. Disponível em:
[<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=home/page&page=sm_previsao_tempo>](http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=home/page&page=sm_previsao_tempo). Acesso em: 23 de junho de 2016.

INMET; MAPA. Rede de Estações Meteorológicas Automáticas do INMET. **Instituto Nacional de Meteorologia**, 2011. Disponível em:
[<http://www.inmet.gov.br/portal/css/content/topo_iframe/pdf/Nota_Tecnica-Rede_estacoes_INMET.pdf>](http://www.inmet.gov.br/portal/css/content/topo_iframe/pdf/Nota_Tecnica-Rede_estacoes_INMET.pdf). Acesso em: 13 de Julho de 2016.

KUMMEROW, C. et al. The Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) Sensor Package. **Journal of Atmospheric and Oceanic Technology**, p. 809 - 817, 1 Junho de 1998.

KUMMEROW, C. et al. The Evolution of the Goddard Profiling Algorithm (GPROF) for Rainfall Estimation from Passive Microwave Sensors. **Journal of Applied Meteorology**, p. 1801-1820, Novembro de 2001.

LENSKY, I. M.; LEVIZZANI, V. Estimation of precipitation from space-based platforms. In: MICHAELIDES, S. C. **Precipitation: Advances in Measurement, Estimation and Prediction**. 1. ed. [S.l.]: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2008. Cap. 8, p. 195-217.

MACHADO, P. J. D. O.; TORRES, F. T. P. **Introdução a Hidrogeografia**. São Paulo: CENGAGE Learning, 2012. 10 - 178 p.

MAPA. Bovinos e Bubalinos. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/animal/especies/bovinos-e-bubalinos>>. Acesso em: 07 de julho 2016.

MENESES, P. R. et al. **Introdução ao processamento de imagens de sensoriamento remoto**. Brasília: CNPQ, 2012.

MICHAELIDES, S. et al. Precipitation: Measurement, remote sensing, climatology and modeling. **Atmospheric Research**, Viena, v. 94, n. 4, p. 512–533, dezembro de 2009.

MMA. Água. **Ministério do Meio Ambiente**, a. Disponível em:
[<http://www.mma.gov.br/agua>](http://www.mma.gov.br/agua). Acesso em: 15 de julho de 2016.

MMA. Biodiversidade. **Ministério do Meio Ambiente**, b. Disponível em:
[<http://www.mma.gov.br/biodiversidade>](http://www.mma.gov.br/biodiversidade). Acesso em: 15 de julho de 2016.

NASA. Data Processing Levels. **NASA Science - Earth**, 2010. Disponível em:
[<http://science.nasa.gov/earth-science/earth-science-data/data-processing-levels-for-eosdis-data-products/>](http://science.nasa.gov/earth-science/earth-science-data/data-processing-levels-for-eosdis-data-products). Acesso em: 28 de junho de 2016.

NASA. TRMM and Other Data Precipitation Data Set Documentation. **GES DISC**, 2013. Disponível em:
[<http://disc.sci.gsfc.nasa.gov/precipitation/documentation/TRMM_README/TRMM_3B42_readme.shtml>](http://disc.sci.gsfc.nasa.gov/precipitation/documentation/TRMM_README/TRMM_3B42_readme.shtml). Acesso em: 20 de junho de 2016.

- NASA. Daily TRMM and Others Rainfall Estimate (3B42 V7 derived). **GES DISC**, 2016. Disponível em:
http://disc.gsfc.nasa.gov/uui/datasets/GES_DISC_TRMM_3B42_daily_V7/summary?keywords=TRMM_3B42_daily_7&start=1920-01-01&end=2016-06-20. Acesso em: 20 de junho de 2016.
- NASA. TRMM_3B42: TRMM/TMPA 3B42 TRMM and Others Rainfall Estimate Data V7. **GES DISC**, 2016a. Disponível em:
http://disc.gsfc.nasa.gov/uui/datasets/GES_DISC_TRMM_3B42_V7/summary?keywords=TRMM_3B42_7&start=1920-01-01&end=2016-06-20. Acesso em: 20 de junho de 2016.
- NASA. Datasets - GPM. **GES DISC**, 2016b. Disponível em:
<http://disc.gsfc.nasa.gov/uui/datasets?keywords=GPM&start=1920-01-01&end=2016-06-28>. Acesso em: 28 de junho de 2016.
- NASA. Gravity Recovery and Climate Experiment. **GRACE**, 2016c. Disponível em:
<http://www.csr.utexas.edu/grace/>. Acesso em: 20 de junho de 2016.
- NASA. TRMM- Tropical Rainfall Measurement Mission. **TRMM**, 2016d. Disponível em:
<http://trmm.gsfc.nasa.gov/>. Acesso em: 20 de junho de 2016.
- NASA. TRMM_3B43/3B42: TRMM/TMPA 3B43 TRMM and Other Sources Monthly Rainfall Product V7. **GES DISC**, 2016e. Disponível em:
http://disc.gsfc.nasa.gov/uui/datasets/GES_DISC_TRMM_3B43_V7/summary?keywords=TRMM_3B43_7&start=1920-01-01&end=2016-06-20. Acesso em: 20 de junho de 2016.
- NASA. GPM - Constellation Partners. **Precipitation Measurement Missions**, a. Disponível em: <https://pmm.nasa.gov/GPM/constellation-partners>. Acesso em: 23 de junho de 2016.
- NASA. GPM - Science Objectives. **Precipitation Measurement Missions**, b. Disponível em: <https://pmm.nasa.gov/GPM/science-objectives>. Acesso em: 23 de junho de 2016.
- NASA. GPM Data Downloads. **Precipitation Meseasurement Missions**, c. Disponível em: <https://pmm.nasa.gov/data-access/downloads/gpm>. Acesso em: 28 de junho de 2016.
- NASA. TRMM Mission Comes to an End after 17 Years. **Precipitation Measurement Missions**, d. Disponível em: <https://pmm.nasa.gov/index.php?q=trmm/mission-end>. Acesso em: 20 de junho de 2016.
- NOAA. Research Tools: Dual Polarized Radar. **NOAA National Severe Storms Laboratory**. Disponível em: <http://www.nssl.noaa.gov/tools/radar/dualpol/>. Acesso em: 05 de junho de 2016.
- ONU. The United Nations World Water Development Report 2016. **Un Water**, 2016. Disponível em: <http://unesdoc.unesco.org/images/0024/002439/243938e.pdf>. Acesso em: 15 de julho de 2016.
- SILVEIRA, A. L. D.; LOUZADA, J. A.; BELTRAME, E. L. F. Infiltração e Armazenamento no solo. In: TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 2. ed. Porto Alegre: Editora da Universidade - UFRGS, 2000. Cap. 9, p. 335-372.

SILVEIRA, A. L. L. D. Ciclo Hidrológico e Bacia Hidrográfica. In: TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação.** 2. ed. Porto Alegre: Editora da Universidade - UFRGS, 2000. Cap. 2, p. 35-51.

STRANGEWAYS, I. **Precipitation:** Theory, Measurement and Distribution. New York: Cambridge University Press, 2007. 190 - 228 p.

SUGUIO, K.; SUZUKI, U. **A evolução geológica da Terra e a fragilidade da vida.** São Paulo: Blucher, 2003. 152 p.

TUCCI, C. E. M. Escoamento Superficial. In: TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação.** 2. ed. Porto Alegre: Editora da Universidade - UFRGS, 2000. Cap. 11, p. 391- 441.

TUCCI, C. E. M.; BELTRAME, L. F. S. Evaporação e Evapotranspiração. In: TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação.** 2. ed. Porto Alegre: Editora da Universidade - UFRGS, 2000. Cap. 7, p. 253-287.

TUNDISI, J. G.; MATSUMURA-TUNDISI, T. **Recursos hidráticos no Século XXI.** São Paulo: Oficina de Textos, 2011. 29 - 51 p.

USGS. Shuttle Radar Topography Mission (SRTM). **U.S. Geological Survey,** 2015. Disponível em: <<https://lta.cr.usgs.gov/SRTM>>. Acesso em: 20 de junho de 2016.

VAREJÃO-SILVA, M. A. **Metereologia e climatologia.** 2. ed. Brasília: INMET, 2006. 99 - 367 p.

WMO. GPM Core Observatory. **Observing Systems Capability Analysis and Review Tool,** 2015a. Disponível em: <<https://www.wmo-sat.info/oscar/satellites/view/156>>. Acesso em: 23 de junho de 2016.

WMO. TRMM. **Observing Systems Capability Analysis and Review Tool,** 2015b. Disponível em: <<https://www.wmo-sat.info/oscar/satellites/view/445>>. Acesso em: 20 de junho de 2016.

WOLFF, C.; HOEL, K. Radar Basics. **radartutorial.eu,** 2016. Disponível em: <<http://www.radartutorial.eu/>>. Acesso em: 29 de maio de 2016.

APÊNDICE A - Algoritmo GADPP (Gpm Autonomous Download And Processing Package)

A.1 Módulo - GPM_DOWNLOAD_V1_2

```

from ftplib import FTP
from ftplib import FTP_TLS
import time
import sys
import os
import tkFileDialog
import Tkinter
import string
import progressbar

def data_dir(datalist):
    dirs = []
    for i in range(0,len(datalist),1):
        if len(datalist[i]) == 4:
            dirs.append(datalist[i])

    return dirs

def dwl_images(image_data,download_dir,ftp):
    #for i in range(0,len(image_data),1):
    print "Download de %s iniciado, aguarde um momento..." % image_data
    #file = open(download_dir + '%s' % image_data, 'wb').write
    file = open(download_dir + '%s' % image_data, 'wb')

    def callback(chunk):
        file.write(chunk)
        progress + len(chunk)

        # Visual feedback of the progress!
        progress.show_progress()
    ftp.retrbinary('RETR %s' %(image_data), callback, 1024)
    #ftp.retrbinary('RETR %s' %(image_data), file, 1024)
    print " Download finalizado!"
    file.close()

```

```

def download_data(datalist,ftp,download_dir):
    print "Archive directory list:", datalist
    data_inscribe = data_dir(datalist)
    data_inscribe.sort()
    print "Data year directories:", data_inscribe
    for i in range(0,len(data_inscribe),1):
        print data_inscribe[i]

        #Create data directorie list
        ftp.cwd(data_inscribe[i])
        #ftp.cwd("2015")
        data = ftp.nlst()

        #Create an empty list
        image_data = []
        #filter data list images
        for i in range(0,len(data),1):
            if data[i].endswith('HDF5') is True:
                print "HDF FOUND!", data[i]
                image_data.append(data[i])
            else:
                print "%s is not an image file!" % data[i]

    #image_data.sort

    #Downlaod por ordem alfabetica e numerica :p
    image_data = sorted(image_data, key = lambda x: x.rsplit('.', 1)[0])

    for i in range(0,len(image_data),1):
        ftp.voidcmd('TYPE I')
        totalSize = ftp.size(str(image_data[i]))
        global progress
        progress      =      progressbar.AnimatedProgressBar(end=totalSize,
width=50)
        print totalSize
        dwl_images(image_data[i],download_dir,ftp)
        totalSize = None

    image_data = []
    ftp.cwd('..')

```

A.2 Módulo - NC_2 TIFF_FLIPPER_HDF

```
import os
import sys
import string
import commands
import argparse
import time
import subprocess
import shutil
import string
import numpy
import re
import numpy as np
from osgeo import gdal
from osgeo.gdalnumeric import *
from osgeo.gdalconst import *

def nc_2_tiff_flipper_hdf(out_dir,data_file):
    print "Preparando para converter", data_file

    fname = str(data_file)
    outname = str(out_dir)
    ds = gdal.Open(fname, GA_ReadOnly)
    band = ds.GetRasterBand(1)
    ar = BandReadAsArray(band)
    # .T means transpose 2D array
    #TPSGPM = rot90(ar,2)
    TPSGPM = rot90(ar,1)
    driver = gdal.GetDriverByName("GTiff")
    dsOutGPM = driver.Create(outname , ds.RasterYSize, ds.RasterXSize, 1,
band.DataType)
    CopyDatasetInfo(ds,dsOutGPM)
    bandOut=dsOutGPM.GetRasterBand(1)
    BandWriteArray(bandOut, TPSGPM)
    ds = band = None # save, close
```

A.3 Módulo – GET_INFO

```

import os
import sys
import string
import commands
import argparse
import time
import subprocess
import shutil
import string

def get_info(input_dir,data_file):
    print "Arquivos RASTER encontrados!"
    return os.system('gdalinfo ' + input_dir + '\\\\' + data_file + ' -stats')

```

A.4 Módulo – NC_2_TIFF_HDF

```

import os
import sys
import string
import commands
import argparse
import time
import subprocess
import shutil
import string
from osgeo import gdal

def nc_2_tiff_hdf(input_dir,out_dir,data_file):
    print "Preparando para converter", data_file
    return os.system('gdal_translate -of GTiff -a_nodata -1 -stats ' + input_dir + '\\\\' +
data_file + ' -a_srs EPSG:4326 -a_ullr -179.95 89.95 179.95 -89.95 ' + out_dir + '\\\\' +
data_file + ' -co TFW=YES')

```

A.4 Módulo – CALIBRATE_GPM

```

import os
import sys
import string
import commands
import argparse
import time
import subprocess
import shutil
import string

def calibrate_gpm(input_dir,out_dir,data_file):
    print "Processando", data_file

    if int(data_file[20:26]) == 20140312:
        print 'Ano comum: primeiro dado, mes de marco com 19 dias amostrados'
        return os.system('python gdal_calc.py -A ' + input_dir + '\\' + data_file + ' --type=Float32 --outfile=' + out_dir + '\\' + data_file + ' --cal="(((A.astype(float))>0)*(((A.astype(float))*456)) + (((A.astype(float))<0)*((A.astype(float))*0)))" --co TFW=YES --NoDataValue=0')
    if (int(data_file[20:24]) % 4) == 0:
        if int(data_file[24:26]) == 02:
            print 'Ano bissexto: fevereiro com 29 dias'

            return os.system('python gdal_calc.py -A ' +
input_dir + '\\' + data_file + ' --type=Float32 --outfile=' + out_dir + '\\' + data_file + ' --cal="(((A.astype(float))>0)*((A.astype(float))*696)) + (((A.astype(float))<0)*((A.astype(float))*0)))" --co TFW=YES --NoDataValue=0')

        elif int(data_file[24:26]) in [01,03,05,07,08,10,12]:
            print 'Ano bissexto: mes com 31 dias'
            return os.system('python gdal_calc.py -A ' +
input_dir + '\\' + data_file + ' --type=Float32 --outfile=' + out_dir + '\\' + data_file + ' --cal="(((A.astype(float))>0)*((A.astype(float))*744)) + (((A.astype(float))<0)*((A.astype(float))*0)))" --co TFW=YES --NoDataValue=0')

    else:
        print 'Ano bissexto: mes com 30 dias'
        return os.system('python gdal_calc.py -A ' +
input_dir + '\\' + data_file + ' --type=Float32 --outfile=' + out_dir + '\\' + data_file + ' --cal="(((A.astype(float))>0)*((A.astype(float))*720)) + (((A.astype(float))<0)*((A.astype(float))*0)))" --co TFW=YES --NoDataValue=0')

```

```

elif int(data_file[24:26]) == 02:
    print 'Ano comum: fevereiro com 28 dias'
    return os.system('python gdal_calc.py -A ' + input_dir + '\\' + data_file + ' --type=Float32 --outfile=' + out_dir + '\\' + data_file + ' --cal="(((A.astype(float))>0)*(A.astype(float))*672)) + (((A.astype(float))<0)*(A.astype(float))*0)))" --co TFW=YES --NoDataValue=0')

elif int(data_file[24:26]) in ['01','03','05','07','08','10','12']:
    print 'Ano comum: mes com 31 dias'
    return os.system('python gdal_calc.py -A ' + input_dir + '\\' + data_file + ' --type=Float32 --outfile=' + out_dir + '\\' + data_file + ' --cal="(((A.astype(float))>0)*(A.astype(float))*744)) + (((A.astype(float))<0)*(A.astype(float))*0)))" --co TFW=YES --NoDataValue=0')

else:
    print 'Ano comum: mes com 30 dias'
    return os.system('python gdal_calc.py -A ' + input_dir + '\\' + data_file + ' --type=Float32 --outfile=' + out_dir + '\\' + data_file + ' --cal="(((A.astype(float))>0)*(A.astype(float))*720)) + (((A.astype(float))<0)*(A.astype(float))*0)))" --co TFW=YES --NoDataValue=0')

```

A.5 Módulo – RASTER_CUT

```

import os
import sys
import string
import commands
import argparse
import time
import subprocess
import shutil
import string

def raster_cut(input_dir,output_dir,data_file,limite_cut):
    print "Preparando para recortar", data_file, "utilizando", limite_cut
    return os.system('gdalwarp -t_srs EPSG:4674 -cutline ' + limite_cut + ' ' +
input_dir + '\\' + data_file + ' -of Gtiff -crop_to_cutline ' + output_dir + '\\' + data_file + ' -co TFW=YES')

```

A.5 Principal – FATHER_FUNCTION_HDF_V2

```
#!/usr/bin/python
# -*- coding: Latin-1 -*-

import os
import sys
import string
import commands
import argparse
import time
import shutil
import string
import re
import numpy
import Tkinter
import tkFileDialog
import string

from gpm_download_v1_2 import *
from ftplib import FTP
from ftplib import FTP_TLS
from osgeo import gdal
from osgeo import gdal

from nc_2_tiff_flipper_hdf import *
from get_info import get_info
from nc_2_tiff_hdf import nc_2_tiff_hdf
from nc_2_tiff import nc_2_tiff
from calibrate_gpm import calibrate_gpm
from raster_cut import *

#GPM FTP INFORMATION

page = 'gpm1.gesdisc.eosdis.nasa.gov'

global ftp
ftp = FTP(page)
ftp.login()
```

```
locftpdata = '/data/s4pa/GPM_L3/GPM_3IMERGM.03/'
ftp.cwd(locftpdata)
print ftp.nlst()
#ftp.cwd('/data/s4pa/GPM_L3/GPM_3IMERGM.03/2015')
datalist = ftp.nlst()

#DIRECTORY INFOS

# Chamar funcoes do Tkinter e invocar janela de selecao de diretorio
Tkinter.Tk().withdraw()

try:
    input_dir_data = tkFileDialog.askdirectory(initialdir="/",title='Por favor selecione o diretorio de saida dos dados!')
    print input_dir_data
except:
    print "ERROUUUUUUU! Voce nao inseriu o diretorio de entrada"
    quit()

output_data_dir = string.replace(str(input_dir_data), '/', '\\\\')
print output_data_dir

try:
    os.mkdir(output_data_dir + '\\'+ 'GPM_BRUTO')
except:
    print "Esse diretorio ja existe"

#Diretorio arquivo de recorte - SHP
try :
    fft_dir = tkFileDialog.askopenfilename(initialdir="/",title='Insira um arquivo Shapefile que voce deseja utilizar como mascara de recorte para os dados GPM!',filetypes=[('shapefiles', '.shp')])
except:
    print "QUE LOUCURA MEU! Voce nao inseriu um arquivo Shapefile!"
    quit()
```

```
# Diretorio de saida dos dados baixados - organizar para o algoritmo pai  
download_dir = output_data_dir + '\\GPM_BRUTO\\'  
  
#Download dos dados do FTP  
download_data(datalist,ftp,download_dir)  
  
# Fechar FTP  
ftp.close()  
  
zero_dir = download_dir[:-1]  
  
try:  
    os.mkdir(output_data_dir + '\\'+ '1')  
except:  
    print "Esse diretorio ja existe"  
  
try:  
    os.mkdir(output_data_dir + '\\'+ '2')  
except:  
    print "Esse diretorio ja existe"  
  
try:  
    os.mkdir(output_data_dir + '\\'+ '3')  
except:  
    print "Esse diretorio ja existe"  
  
try:  
    os.mkdir(output_data_dir + '\\'+ 'GPM_BRASIL')  
except:  
    print "Esse diretorio ja existe"  
  
fst_dir = output_data_dir + '\\'+ '1'  
scd_dir = output_data_dir + '\\'+ '2'  
thd_dir = output_data_dir + '\\'+ '3'  
fth_dir = output_data_dir + '\\'+ 'GPM_BRASIL'
```

```

#=====
=====LIST
ZERO=====
=====

zero_list = os.listdir(zero_dir)

zero_list.sort

for n in range(0,len(zero_list),1):
    if zero_list[n].find('.tif') > -1 or zero_list[n].find('.nc') > -1 or
    zero_list[n].find('.HDF5') > -1 and zero_list[n].find('.xml') == -1 and
    zero_list[n].find('.aux') == -1 and zero_list[n].find('.tfw') == -1:
        if      zero_list[n].find('.HDF5') > -1:
            print zero_list[n]
            extract_subdata = 'HDF5:"%s\\%s"://Grid/precipitation' % (zero_dir,
zero_list[n])
            #HDF5:"3B-MO.MS.MRG.3IMERG.20140312-S000000-
E235959.03.V03D.HDF5"://Grid/precipitation'
            #extract_subdata =
'HDF5:%s\\%s://Grids/G2/surfPrecipTotRateProb' % (zero_dir, zero_list[n])
            #extract_subdata = 'HDF5:%s\\%s://Grid/HQprecipitation' %
(zero_dir, zero_list[n])
            print extract_subdata
            outfile = '%s\\%s.tif' % (fst_dir, zero_list[n][:-5])
            print outfile
            nc_2_tiff_flipper_hdf(outfile,extract_subdata)
            extract_subdata = outfile = None
    else:
        print zero_list[n]
        #nc_2_tiff_flipper(zero_dir,fst_dir,extract_subdata)

```

```

#=====
=====LIST
ONE=====
=====
fst_list = os.listdir(fst_dir)

fst_list.sort

for n in range(0,len(fst_list),1):
    if fst_list[n].find('.tif') > -1 and fst_list[n].find('.xml') == -1 and
fst_list[n].find('.aux') == -1 and fst_list[n].find('.tfw') == -1:
        print fst_list[n]
        get_info(fst_dir,fst_list[n])

for n in range(0,len(fst_list),1):
    if fst_list[n].find('.tif') > -1 and fst_list[n].find('.xml') == -1 and
fst_list[n].find('.aux') == -1 and fst_list[n].find('.tfw') == -1:
        print fst_list[n]
        nc_2_tiff_hdf(fst_dir,scd_dir,fst_list[n])
        #nc_2_tiff(fst_dir,scd_dir,fst_list[n])

#=====
=====LIST
TWO=====
=====

scd_list = os.listdir(scd_dir)

scd_list.sort

for n in range(0,len(scd_list),1):
    if scd_list[n].find('.tif') > -1 and scd_list[n].find('.xml') == -1 and
scd_list[n].find('.aux') == -1 and scd_list[n].find('.tfw') == -1:
        get_info(scd_dir,scd_list[n])

for n in range(0,len(scd_list),1):
    if scd_list[n].find('.tif') > -1 and scd_list[n].find('.xml') == -1 and
scd_list[n].find('.aux') == -1 and scd_list[n].find('.tfw') == -1:
        calibrate_gpm(scd_dir,thd_dir,scd_list[n])

```

```

#-----
=====LIST
THREE=====
=====

thd_list = os.listdir(thd_dir)

thd_list.sort

for n in range(0,len(thd_list),1):
    if thd_list[n].find('.tif') > -1 and thd_list[n].find('.xml') == -1 and
    thd_list[n].find('.aux') == -1 and thd_list[n].find('.tfw') == -1:
        get_info(thd_dir,thd_list[n])

for n in range(0,len(thd_list),1):
    if thd_list[n].find('.tif') > -1 and thd_list[n].find('.xml') == -1 and
    thd_list[n].find('.aux') == -1 and thd_list[n].find('.tfw') == -1:
        raster_cut(thd_dir,fth_dir,thd_list[n],fft_dir)
#-----
=====LIST
FOUR=====
=====

fth_list = os.listdir(fth_dir)

fth_list.sort

for n in range(0,len(fth_list),1):
    if fth_list[n].find('.tif') > -1 and fth_list[n].find('.xml') == -1 and
    fth_list[n].find('.aux') == -1 and fth_list[n].find('.tfw') == -1:
        get_info(fth_dir,fth_list[n])

#
print "Apagando diretorios auxiliares"
shutil.rmtree(fst_dir)
shutil.rmtree(scd_dir)
shutil.rmtree(thd_dir)
print "Processo concluido! Os dados se encontram na pasta GPM_BRASIL"

```

APÊNDICE B - Metodologia de processamento de dados IMERGM no TIMESAT visando obter dados sazonais

Este anexo tem como objetivo explicar a metodologia utilizada para a obtenção de dados sazonais com o produto GPM IMERGM utilizando o software livre TIMESAT.

Primeiramente para que seja possível inserir os dados IMERGM no TIMESAT é necessário que os mesmos se encontrem em formato **.bin** (Figura B1) e que haja um arquivo de texto onde se encontre na primeira linha o número de arquivos e nas linhas posteriores os arquivos o nome e diretório dos arquivos ordenados (Figura B2).

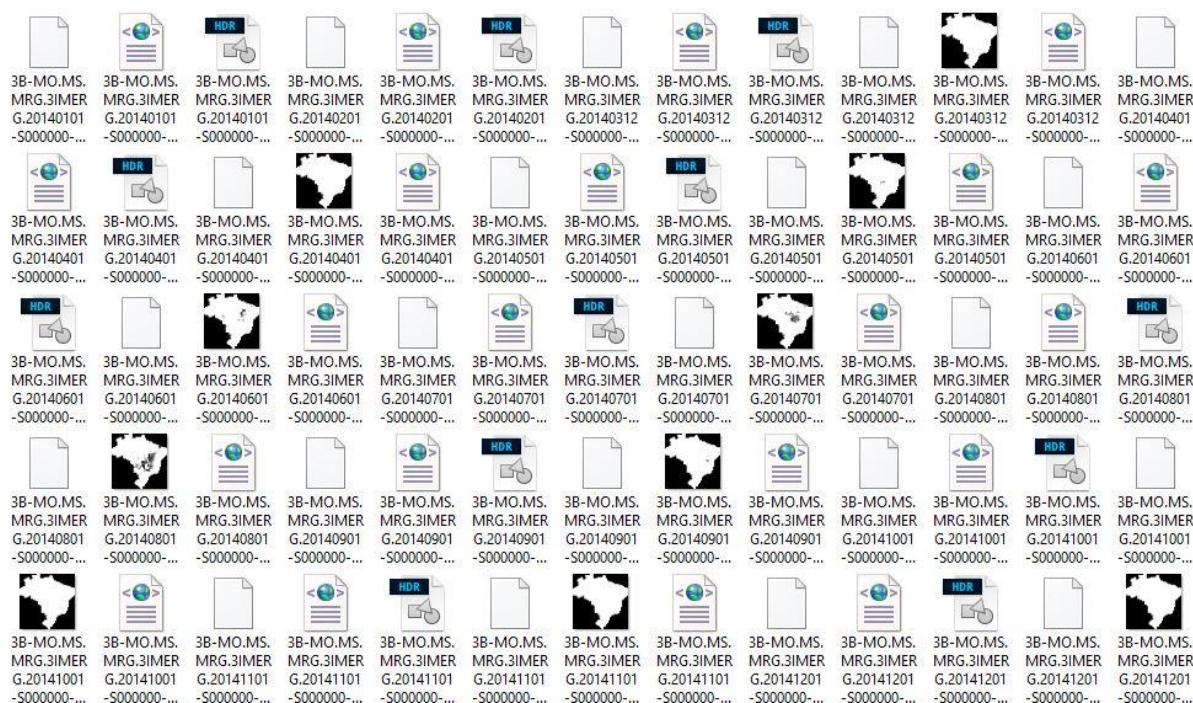


Figura B1. Exemplo de dados IMERGM em formato **.bin** prontos para serem inseridos no software TIMESAT.

```

24
C:\Users\Vinicius\Desktop\GPM_DATA_TIMESAT\gpm_to_tmst\GPM_BRASIL\3B-MO.MS.MRG.3IMERG.20140101-S000000-E235959.03.V03D.bin
C:\Users\Vinicius\Desktop\GPM_DATA_TIMESAT\gpm_to_tmst\GPM_BRASIL\3B-MO.MS.MRG.3IMERG.20140201-S000000-E235959.03.V03D.bin
C:\Users\Vinicius\Desktop\GPM_DATA_TIMESAT\gpm_to_tmst\GPM_BRASIL\3B-MO.MS.MRG.3IMERG.20140312-S000000-E235959.03.V03D.bin
C:\Users\Vinicius\Desktop\GPM_DATA_TIMESAT\gpm_to_tmst\GPM_BRASIL\3B-MO.MS.MRG.3IMERG.20140401-S000000-E235959.04.V03D.bin
C:\Users\Vinicius\Desktop\GPM_DATA_TIMESAT\gpm_to_tmst\GPM_BRASIL\3B-MO.MS.MRG.3IMERG.20140501-S000000-E235959.05.V03D.bin
C:\Users\Vinicius\Desktop\GPM_DATA_TIMESAT\gpm_to_tmst\GPM_BRASIL\3B-MO.MS.MRG.3IMERG.20140601-S000000-E235959.06.V03D.bin
C:\Users\Vinicius\Desktop\GPM_DATA_TIMESAT\gpm_to_tmst\GPM_BRASIL\3B-MO.MS.MRG.3IMERG.20140701-S000000-E235959.07.V03D.bin
C:\Users\Vinicius\Desktop\GPM_DATA_TIMESAT\gpm_to_tmst\GPM_BRASIL\3B-MO.MS.MRG.3IMERG.20140801-S000000-E235959.08.V03D.bin
C:\Users\Vinicius\Desktop\GPM_DATA_TIMESAT\gpm_to_tmst\GPM_BRASIL\3B-MO.MS.MRG.3IMERG.20140901-S000000-E235959.09.V03D.bin
C:\Users\Vinicius\Desktop\GPM_DATA_TIMESAT\gpm_to_tmst\GPM_BRASIL\3B-MO.MS.MRG.3IMERG.20141001-S000000-E235959.10.V03D.bin
C:\Users\Vinicius\Desktop\GPM_DATA_TIMESAT\gpm_to_tmst\GPM_BRASIL\3B-MO.MS.MRG.3IMERG.20141101-S000000-E235959.11.V03D.bin
C:\Users\Vinicius\Desktop\GPM_DATA_TIMESAT\gpm_to_tmst\GPM_BRASIL\3B-MO.MS.MRG.3IMERG.20141201-S000000-E235959.12.V03D.bin
C:\Users\Vinicius\Desktop\GPM_DATA_TIMESAT\gpm_to_tmst\GPM_BRASIL\3B-MO.MS.MRG.3IMERG.20150101-S000000-E235959.01.V03D.bin
C:\Users\Vinicius\Desktop\GPM_DATA_TIMESAT\gpm_to_tmst\GPM_BRASIL\3B-MO.MS.MRG.3IMERG.20150201-S000000-E235959.02.V03D.bin
C:\Users\Vinicius\Desktop\GPM_DATA_TIMESAT\gpm_to_tmst\GPM_BRASIL\3B-MO.MS.MRG.3IMERG.20150301-S000000-E235959.03.V03D.bin
C:\Users\Vinicius\Desktop\GPM_DATA_TIMESAT\gpm_to_tmst\GPM_BRASIL\3B-MO.MS.MRG.3IMERG.20150401-S000000-E235959.04.V03D.bin
C:\Users\Vinicius\Desktop\GPM_DATA_TIMESAT\gpm_to_tmst\GPM_BRASIL\3B-MO.MS.MRG.3IMERG.20150501-S000000-E235959.05.V03D.bin
C:\Users\Vinicius\Desktop\GPM_DATA_TIMESAT\gpm_to_tmst\GPM_BRASIL\3B-MO.MS.MRG.3IMERG.20150601-S000000-E235959.06.V03D.bin
C:\Users\Vinicius\Desktop\GPM_DATA_TIMESAT\gpm_to_tmst\GPM_BRASIL\3B-MO.MS.MRG.3IMERG.20150701-S000000-E235959.07.V03D.bin
C:\Users\Vinicius\Desktop\GPM_DATA_TIMESAT\gpm_to_tmst\GPM_BRASIL\3B-MO.MS.MRG.3IMERG.20150801-S000000-E235959.08.V03D.bin
C:\Users\Vinicius\Desktop\GPM_DATA_TIMESAT\gpm_to_tmst\GPM_BRASIL\3B-MO.MS.MRG.3IMERG.20150901-S000000-E235959.09.V03D.bin
C:\Users\Vinicius\Desktop\GPM_DATA_TIMESAT\gpm_to_tmst\GPM_BRASIL\3B-MO.MS.MRG.3IMERG.20151001-S000000-E235959.10.V03D.bin
C:\Users\Vinicius\Desktop\GPM_DATA_TIMESAT\gpm_to_tmst\GPM_BRASIL\3B-MO.MS.MRG.3IMERG.20151101-S000000-E235959.11.V03D.bin
C:\Users\Vinicius\Desktop\GPM_DATA_TIMESAT\gpm_to_tmst\GPM_BRASIL\3B-MO.MS.MRG.3IMERG.20151201-S000000-E235959.12.V03D.bin

```

Figura B2. Exemplo de estrutura de linhas que deve estar contida em um arquivo de teste a fim de ser utilizada como referência pelo TIMESAT.

O software TIMESAT se encontra disponível através do site <http://web.nateko.lu.se/timesat/timesat.asp>, onde é possível fazer o seu download e ter acesso a diversas informações referentes ao seu uso e aplicação. Como demonstrado na Figura B3, O TIMESAT possui diversas ferramentas desde de visualização e análise como de processamento. Para obter um produto simples referente a sazonalidade da vegetação é necessário primeiro criar uma configuração informando o local da lista de arquivos, dimensões das imagens, amplitude dos valores, número de anos, número de imagens por ano e amplitude do filtro Savitzky-Golay. Feito isso o programa estará pronto para processar os dados IMERGM (Figura B4).

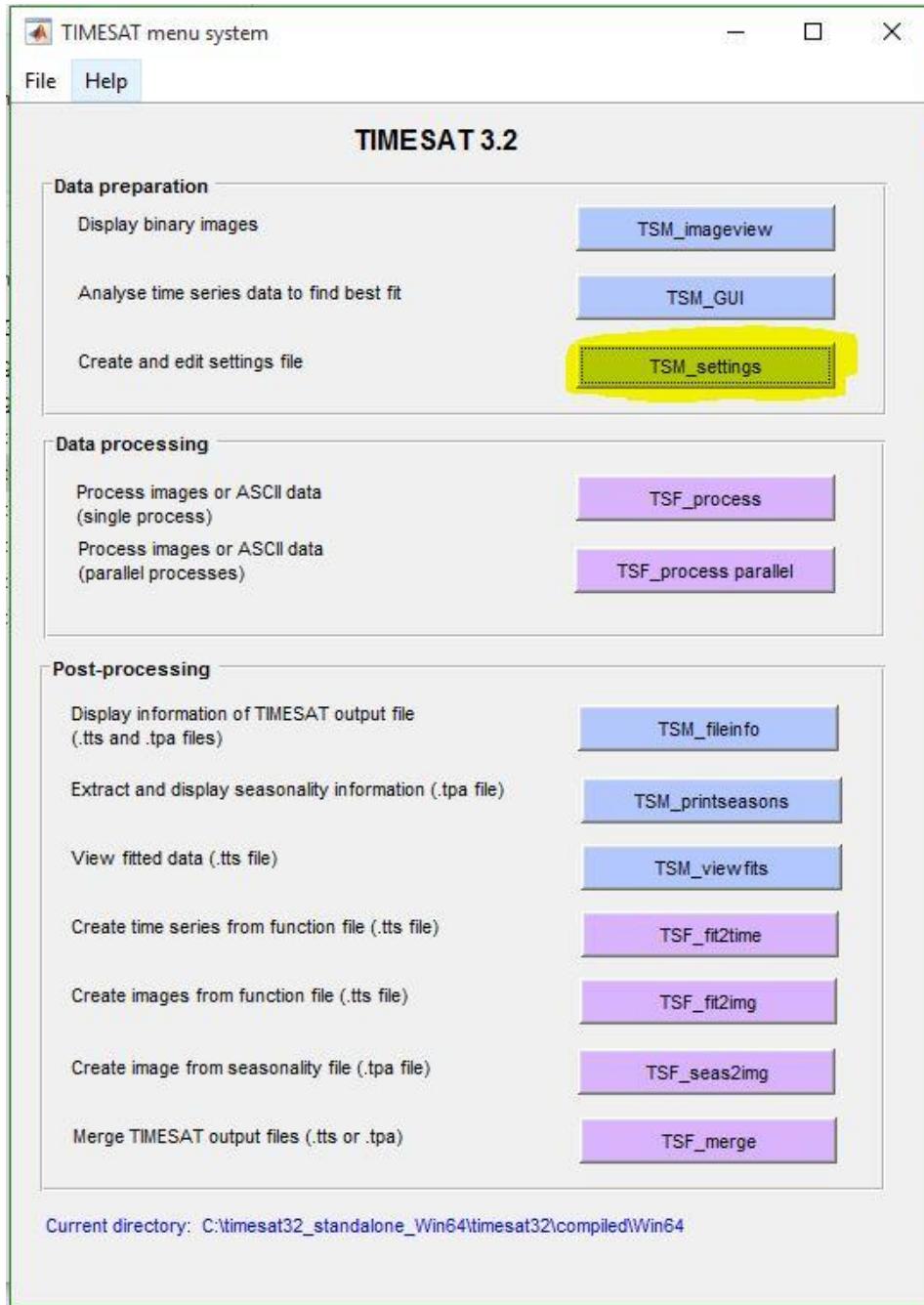


Figura B3. Interface principal do TIMESAT com destaque para a ferramenta de configuração de processamento de dados.

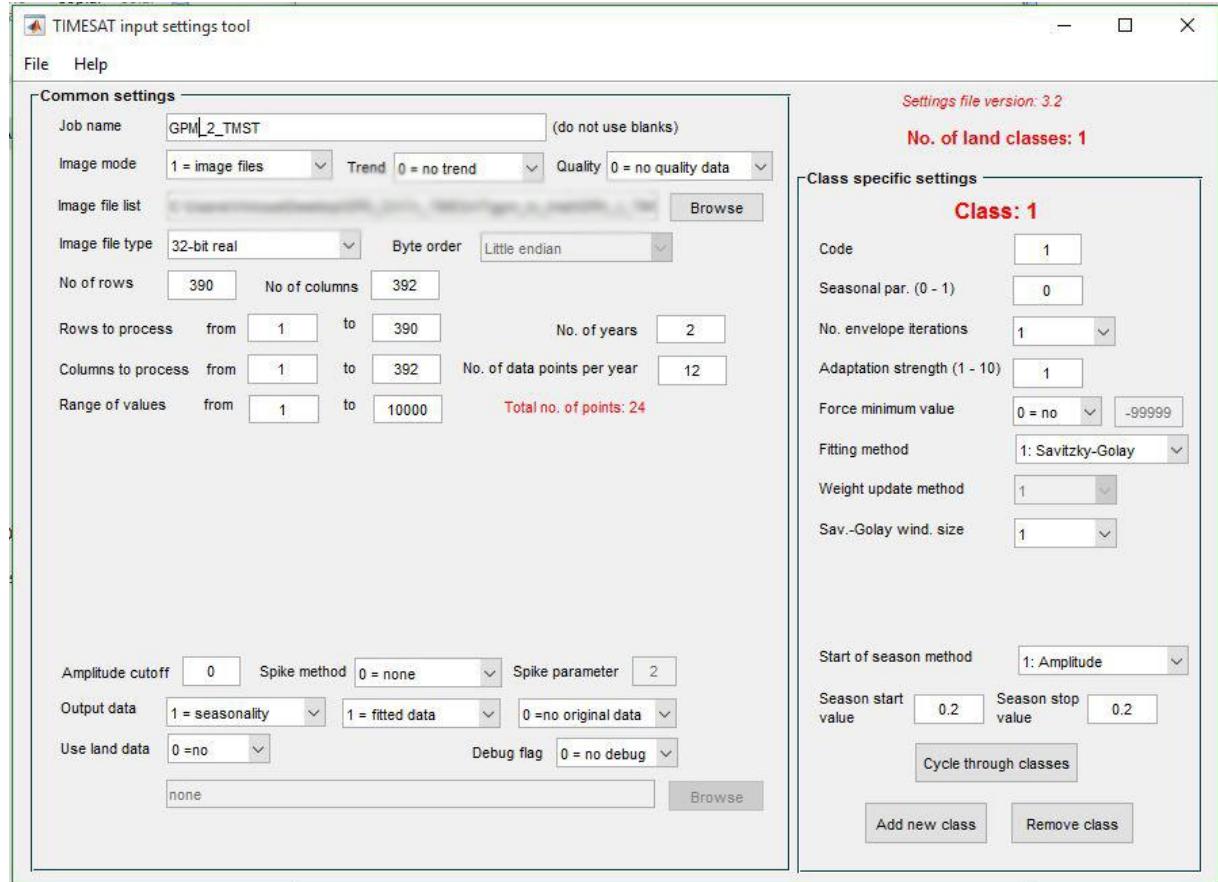


Figura B4. Exemplo da configuração utilizada para processar os dados IMERGM no software TIMESAT.

Após a criação e salvamento da configuração de processamento, pode-se seguir para a ferramenta TSF_process (Figura B5) e dar início ao processamento dos dados IMERGM que em poucos minutos resultará em alguns dados na pasta matriz do programa em formato .TSS e .TSA e que serão utilizados na extração de informações e geração de imagens de sazonalidade utilizando as ferramentas TSM_printseasons e TSF_seas2img (Figura B6).

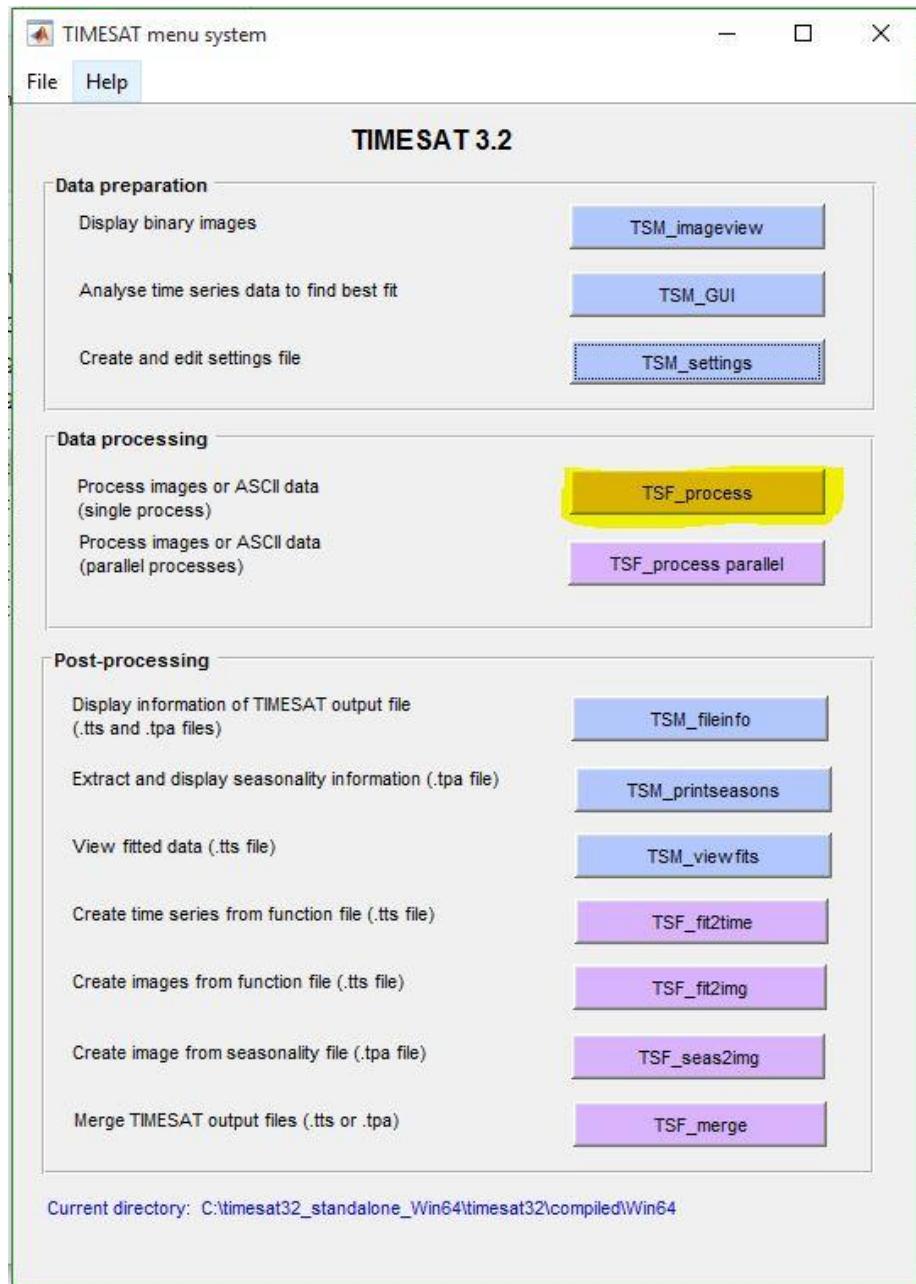


Figura B5. Interface principal do TIMESAT com destaque para a ferramenta de processamento de dados.

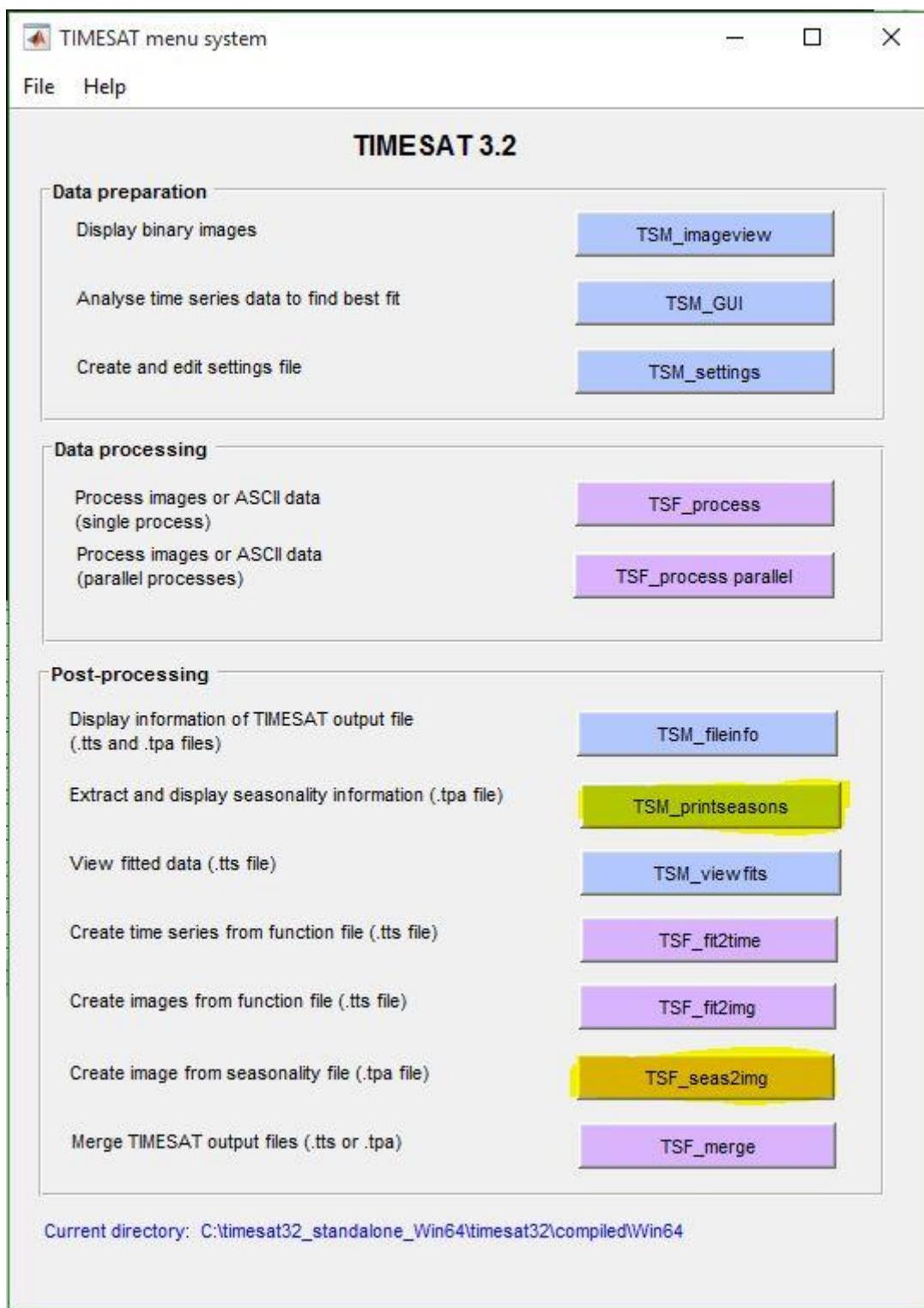


Figura B6. Interface principal do TIMESAT com destaque para as ferramentas de extração de informações e de criação de imagens de sazonalidade.

Ao selecionar o arquivo .TSA referente ao processamento realizado com os dados IMERGM, você será levado a uma tela em prompt de comando com algumas opções de

extração de dados como SOS (*Start of season*), EOS (*End of season*), LOS (*Lenght of season*), etc. (Figura B7). Para se obter uma imagem com representatividade das estações deve-se buscar no arquivo de texto criado com a ferramenta TSM_printseasons, o valor mínimo representativo da SOS e máximo representativo da EOS (Figura B8) e utiliza-los como parâmetro sazonal de saída como destacado na figura B9.

```

TSF_seas2img "C:\timesat32_standalone_Win64\timesat32\compiled\Win64\gpm_TS.tpa"
Type ctrl-C to stop execution, "TSF_seas2img " to run again
-----
Program TSF_seas2img
Program for generating images from TIMESAT seasonality files
Arguments: infile seaspar datemin datemax misseason misspix nameout filetype

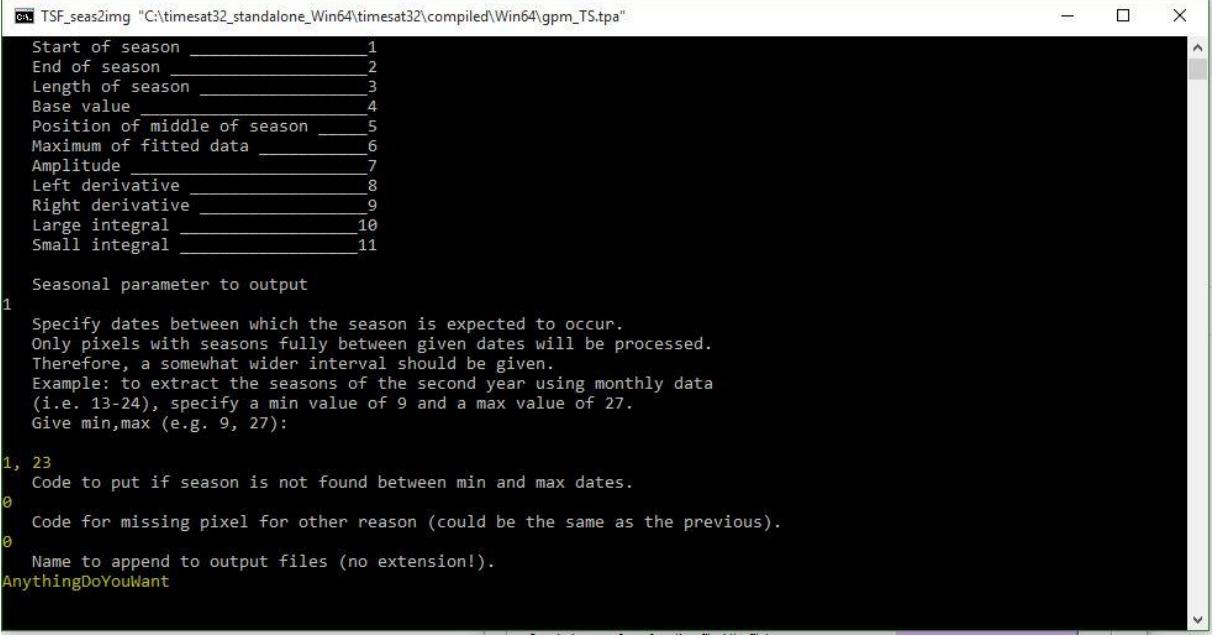
TIMESAT version 3.2
Copyright Per Jonsson and Lars Eklundh
per.jonsson@mah.se, lars.eklundh@nateko.lu.se
Jan. 2015
-----
Start of season _____ 1
End of season _____ 2
Length of season _____ 3
Base value _____ 4
Position of middle of season _____ 5
Maximum of fitted data _____ 6
Amplitude _____ 7
Left derivative _____ 8
Right derivative _____ 9
Large integral _____ 10
Small integral _____ 11
-----
Seasonal parameter to output

```

Figura B7. Interface da ferramenta de criação de imagens de sazonalidade.

Length	Base	Mid-x	Max.	Amp.	L-der.	R-der.	L-integ.	S-integ.	Rc	C	Seas	Beg.	End.	Length	Bas	Mid	Mai	Am	L-dé	R-dé	L-inté	S-inté
7,5	2,1	15,9	223,3	221,2	56,8	49,8	1130	1110,9	149	98	1	1,2	5,2	4	134,9	2,6	252,8	117,9	10,7	70,4	1002,1	192,6
7,5	2,1	15,9	223,3	221,2	56,8	49,8	1130	1110,9	219	335	3	17,5	23,8	6,3	39,6	22,9	65,6	26	3,7	20,2	371	54,1

Figura B8. Exemplo de valores de início e fim da estação utilizados como entrada na ferramenta de criação de imagens de sazonalidade.



```

TSF_seas2img "C:\timesat32_standalone_Win64\timesat32\compiled\Win64\gpm_TS.tpa"
Start of season _____ 1
End of season _____ 2
Length of season _____ 3
Base value _____ 4
Position of middle of season _____ 5
Maximum of fitted data _____ 6
Amplitude _____ 7
Left derivative _____ 8
Right derivative _____ 9
Large integral _____ 10
Small integral _____ 11

Seasonal parameter to output
1 Specify dates between which the season is expected to occur.
Only pixels with seasons fully between given dates will be processed.
Therefore, a somewhat wider interval should be given.
Example: to extract the seasons of the second year using monthly data
(i.e. 13-24), specify a min value of 9 and a max value of 27.
Give min,max (e.g. 9, 27):
1, 23
Code to put if season is not found between min and max dates.
0
Code for missing pixel for other reason (could be the same as the previous).
0
Name to append to output files (no extension!).
AnythingDoYouWant

```

Figura B9. Exemplo de valores de mínimo (início da estação) e máximo (fim da estação) inseridos na ferramenta de criação de imagens de sazonalidade visando obter uma imagem de início da estação.

O resultado final dos processamentos realizados no software TIMESAT origina imagens em formato *.bin* sem metadados de localização, assim, é necessário clonar os metadados de uma imagemIMERGM utilizada e aplicar aos dados como exemplificado na Figura B10. Após todas estas etapas de processamento estes dados podem ser utilizados na elaboração de mapas como demonstrado na Figura B11.

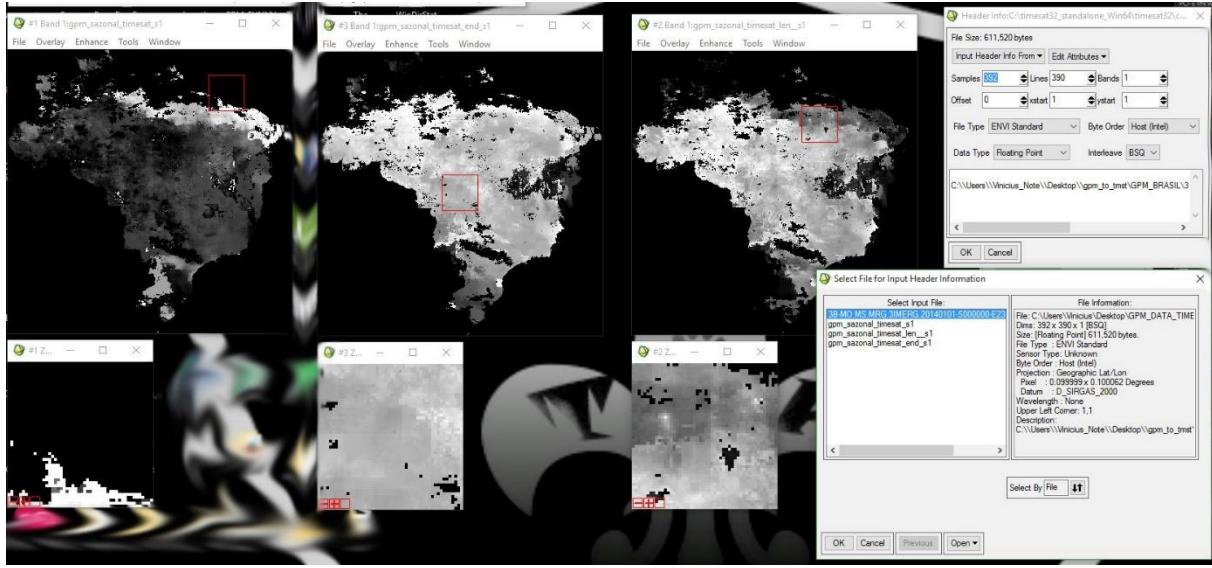


Figura B10. Exemplo de imagens de início (SOS), fim (EOS) e duração (LOS) da estação da vegetação geradas pelo TIMESAT utilizando os dados IMERGM recortados para o Brasil.

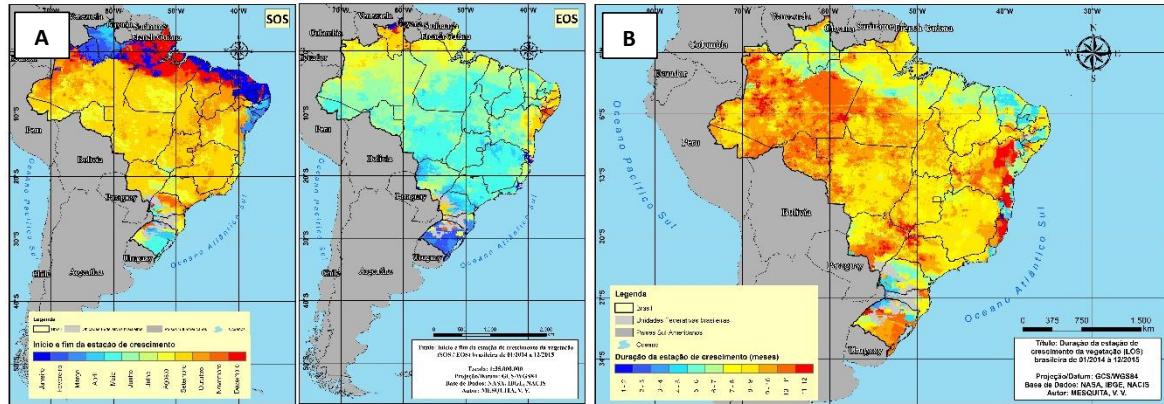


Figura B11. Mapas representando o início e fim da estação de crescimento da vegetação (A) e duração da estação de crescimento da vegetação (B).

Para se aplicar estes dados sazonais as áreas de pastagens mapeadas pelo Mapa Síntese da ÁREA de Pastagem (MSP) brasileira é necessário a conversão dos dados vetoriais nativos do MSP para dados matriciais contendo a resolução espacial nativa dos dados IMERGM (10 km x 10km), obtendo assim um produto mais fiel a natureza do dado (Figura B12).

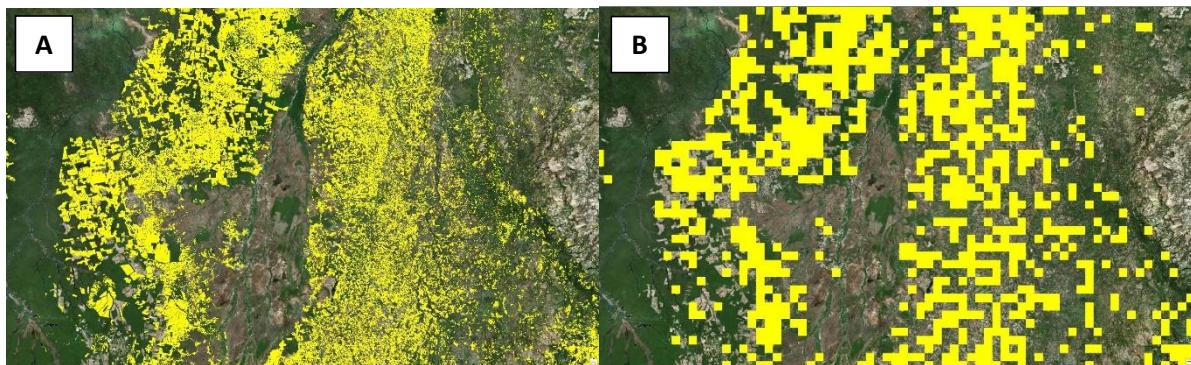


Figura B12. Comparação entre o Mapa Síntese da Área de Pastagem (A) e o Mapa Síntese da Área de Pastagem (MSP) convertido em raster com a mesma resolução (10 km x 10 km) dos dados IMERGM (B).

O MSP matricial pode ser amplamente utilizado como máscara de recorte espacial tanto para os dados referentes a precipitação (Figura B13) quanto para os dados de SOS, EOS e LOS (Figura B14) obtendo assim, um produto especificamente para as áreas de pastagem no Brasil.

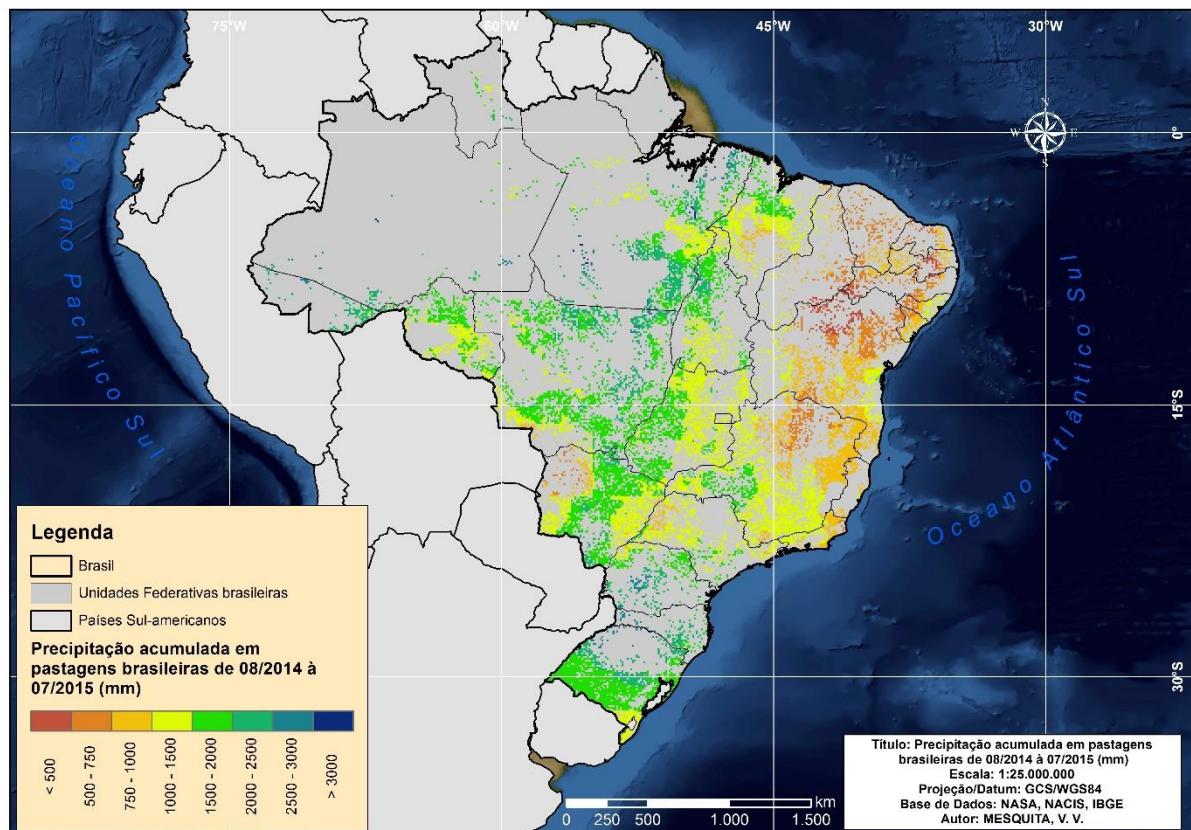


Figura B13. Mapa de precipitação acumulada obtido através de dados IMERGM e recortados utilizando como máscara os dados MSP rasterizados à resolução do IMERGM.

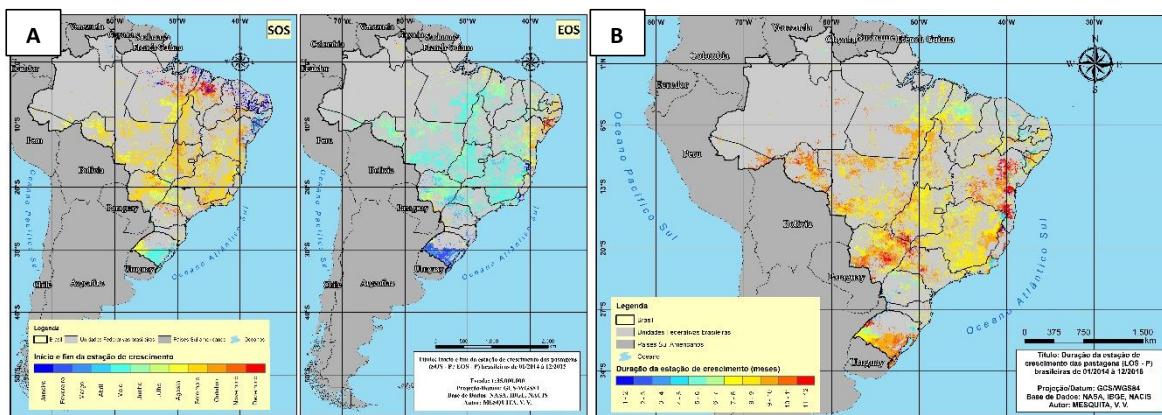


Figura B14. Mapa de precipitação acumulada obtido através de dados IMERGM e recortados utilizando como máscara os dados MSP rasterizados à resolução do IMERGM.