



CENTRO UNIVERSITÁRIO DE BRASÍLIA- UniCEUB

PROGRAMA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA

KAROLINE RIBEIRO DE ANDRADE

**AVALIAÇÃO DA UTILIDADE DE DADOS PLUVIOGRÁFICOS ESTIMADOS POR
SATÉLITE**

BRASÍLIA

2019



KAROLINE RIBEIRO DE ANDRADE

**AVALIAÇÃO DA UTILIDADE DE DADOS PLUVIOGRÁFICOS ESTIMADOS POR
SATÉLITE**

Relatório final de pesquisa de Iniciação Científica apresentado à Assessoria de Pós Graduação e Pesquisa.

Orientação: Dr. Bruno Collischonn

BRASÍLIA

2019

RESUMO

O monitoramento pluviográfico é fundamental para um adequado planejamento e projeto de estruturas de drenagem urbana. Entretanto, por diversas razões, o monitoramento convencional, com pluviógrafos de solo, é insuficiente. Uma alternativa que apresenta muito potencial é o uso de dados pluviográficos estimados por satélite. Entretanto, poucos trabalhos até hoje avaliaram o potencial dessas estimativas em drenagem urbana, onde a medição em pequenos intervalos de tempo é necessária. No presente trabalho, avaliamos as estimativas de precipitação oriundas da constelação de satélites GPM (Global Precipitation Measurement), comparadas a dados pluviográficos convencionais do INMET e do CEMADEN, em pontos do Distrito Federal e do município de Formosa (GO). Os resultados mostram que em intervalos de tempo muito curtos, a precisão do GPM não é muito alta, porém esta melhora expressivamente à medida em que os dados são agregados em escala temporal maior.

PALAVRAS-CHAVE: GPM, pluviografia, satélite

Sumário

1. INTRODUÇÃO	5
1.1. OBJETIVOS	6
1.2. JUSTIFICATIVA	7
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	7
3. METODOLOGIA	10
3.1. Índice POD	12
3.2. Dados Pluviométricos Acumulados	12
3.3. Máximas Anuais	12
4. RESULTADOS	12
4.1. Índice POD	12
4.2. Análise de Dados Pluviométricos Acumulados	14
4.3. Análise de Máximas Anuais	17
5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	22
6. BIBLIOGRAFIA	23

1. INTRODUÇÃO

É um consenso entre os meios acadêmicos e a sociedade que o desenvolvimento econômico sustentável passa por uma correta quantificação da disponibilidade de água, no tempo e no espaço (Collischonn W.; 2013, Beven, 2001). A avaliação da magnitude e a probabilidade de ocorrência de eventos hidrológicos, tanto os de escassez (secas) quanto os de excesso (enchentes) é um problema nem sempre trivial, e passa por investimentos de toda a sociedade no monitoramento e observação dos recursos hídricos, seja por meio de estações fluviométricas (para medição de vazão em rios) ou por meio de estações pluviométricas e pluviográficas (para medição da precipitação). Em geral, o monitoramento da vazão em rios é mais caro e apresenta maior escassez de informações, em particular no ambiente urbano, enquanto dados de chuva tendem a ser um pouco mais abundantes, no tempo e no espaço. Assim, a quantificação hidrológica para aplicações em drenagem urbana passa normalmente por alguma técnica de transformação da quantidade de chuva em vazão, por meio de modelos ou técnicas simplificadas (Beven, 2001, Tucci, 1998).

De fato, estudos e projetos, em drenagem urbana, como planos de saneamento, dimensionamento de galerias e estruturas de controle de cheia passam pelo conhecimento das relações entre intensidade, duração e frequência (IDF) de chuvas intensas, obtidas a partir de dados pluviográficos, coletados em intervalos de poucos minutos. Ainda assim, a disponibilidade destes dados pluviográficos é frequentemente insuficiente. Gonçalves (2011) aponta que a coleta e armazenamento de dados pluviográficos encontram-se dispersos em um grande número de instituições, não havendo um esforço em nível nacional de compilação e disponibilização dessas informações. Boa parte dos pluviógrafos instalados em meados do século XX, que deram origem a trabalhos clássicos como Pfaffstetter (1957) e Wilken (1978) não estão mais operantes, ou pelo menos, não tem seus dados disponíveis (Gonçalves, 2011). Essa ausência de dados é crítica, visto que todos municípios do país encontram-se atualmente obrigados a elaborar seus planos de saneamento (incluindo a drenagem urbana) como condição para a obtenção de recursos para saneamento. Após a elaboração desses planos, deverá ocorrer uma demanda expressiva pela elaboração de projetos de drenagem

urbana, que provavelmente irão esbarrar na ausência de dados pluviográficos e relações Intensidade Duração-Frequência para chuvas intensas na maior parte dos municípios. Essa escassez de dados é particularmente preocupante devido à alta variabilidade da precipitação, especialmente em regiões tropicais com incidência de chuva convectiva, como é o caso do Distrito Federal e de boa parte do Brasil. Nesses casos, a validade da informação medida é representativa somente para um pequeno raio no entorno do pluviômetro ou pluviógrafo. Uma alternativa para essa ausência e pouca representatividade de dados é o uso de estimativas pluviográficas por sensoriamento remoto, que vêm sendo crescentemente disponibilizados na internet em resoluções temporais e espaciais cada vez mais refinadas. Gonçalves (2011) fez uma primeira avaliação do uso do satélite TRMM (Tropical Rainfall Measuring Mission) em drenagem urbana. Este satélite foi lançado em 1998 com a missão específica de estimar a precipitação nas regiões tropicais do globo, tendo sido uma iniciativa conjunta das agências aeroespaciais dos EUA (NASA) e do Japão (JAXA) (Collischonn et al, 2008). Devido ao sucesso do TRMM, que saiu de órbita em 2015, as agências lançaram uma constelação de satélites com o mesmo propósito, denominada de GPM (Global Precipitation Measurement).

Este projeto tem disponibilizado dados de precipitação desde 2014, de forma gratuita, com intervalo de 30 minutos e resolução espacial de 10 km. A grande vantagem deste tipo de informação é fornecer um dado espacializado sobre áreas maiores, ao contrário dos dados pluviográficos, que são uma informação praticamente pontual (Collischonn et).

1.1. OBJETIVOS

O objetivo geral desta pesquisa é avaliar o desempenho da estimativa de precipitação a partir do satélite GPM. São três os objetivos específicos deste trabalho:

- Avaliar as estimativas de precipitação do satélite GPM com ênfase nas chuvas intensas e seu uso em drenagem urbana
- Verificar a precisão dos dados obtidos pelo GPM em comparação com dados de pluviógrafos existentes na bacia.

1.2. JUSTIFICATIVA

Considera-se que a avaliação de estimativas de precipitação por satélite se justifica na medida em que:

- O Brasil possui deficiência de estações pluviográficas, comparado ao número de bacias hidrográficas e as suas extensões territoriais.

- Há uma grande demanda por estudos e projetos em drenagem urbana, que deverão requerer informações confiáveis a respeito de chuvas intensas;

- Bacias Hidrográficas como a Bacia Amazônica, por exemplo, são de enormes extensões territoriais e possuem difícil acesso devido a sua topografia, fator que dificulta a instalação e manutenção de estações pluviométricas. As estimativas de precipitação por satélites, por sua elevada cobertura facilitam o alcance de regiões semelhantes.

- Na ausência de informações de um determinado local, utilizam-se estimativas das informações do ponto mais próximo onde está disponível. A utilização de um banco de dados produzidos por satélite permitiria a utilização de dados reais de qualquer ponto a ser estudado.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A medição mais usual da precipitação é feita por meio de pluviômetros, aparelhos de coleta do total de chuva em intervalos constantes. Como esta medição depende da intervenção humana de um observador (em geral um morador próximo), em geral torna-se inviável que este intervalo seja inferior a um dia. Assim, a observação pluviométrica é feita normalmente às 7h, correspondendo à precipitação acumulada nas 24 horas anteriores. Para a maioria das aplicações em drenagem urbana, este intervalo é muito grande, uma vez que os eventos de chuva intensa que causam inundações urbanas ocorrem em intervalos muito mais curtos, da ordem de minutos a poucas horas. Assim, faz-se necessário o uso de outros instrumentos, sendo o mais tradicional destes o pluviógrafo mecânico, que registra a precipitação de forma contínua em um papel de registro, a partir da utilização de uma balança para pesar a água da chuva coletada (Collischonn W., 2013). Estes

registros precisam ser posteriormente digitalizados, de forma que este tipo de aparelho se encontra em desuso.

Atualmente a forma mais comum de medir precipitação em intervalos de tempo menores é por meio do pluviômetro de cubas basculantes, em que a água recolhida é dirigida para um conjunto de cubas articuladas por um eixo central. Quando a primeira cuba recebe uma quantidade de água de aproximadamente 20g (0,2mm), o conjunto gira em torno do eixo, a cuba vazia começa a receber água e a cuba antes cheia é esvaziada (Collischonn W, 2013). Cada movimento das cubas equivale a uma lâmina conhecida, e o aparelho registra o número de movimentos em intervalos de tempo definidos (usualmente 15 minutos).

Uma vez que se disponha de séries históricas suficientemente longas de pluviografia, é possível construir relações de intensidade, duração e frequência (IDF) para a localidade em que se encontra o pluviógrafo. Estas relações, expressas na forma de equações ou curvas, são o ponto de partida para qualquer correto estudo de drenagem urbana. Quando inexistem relações IDF para o local desejado, o problema normalmente é contornado com o emprego da equação IDF do pluviógrafo mais próximo, quando situado em região climática homogênea, ou utilizando métodos de desagregação de chuvas diárias medidas por pluviômetros (Damé, 2001).

Naturalmente, existem incertezas importantes nesse tipo de técnica aproximada. Os satélites e os sistemas de sensoriamento remoto têm aplicações em diversas áreas do conhecimento, entre as quais a obtenção de dados hidrológicos (Collischonn et al, 2008). Os satélites são em geral dotados de sensores passivos, que medem a radiação refletida ou emitida por alvos na superfície terrestre. Como esta radiação ocorre em diferentes intervalos de onda, os sensores permitem a quantificação da radiação em diferentes intervalos de comprimento de onda, ou bandas. Os primeiros métodos de estimativa de precipitação por satélite eram baseados em imagens em bandas no infravermelho (IR) e no visível (VIS). O princípio da estimativa de precipitação com base em imagens no visível é o fato de que o brilho da luz do sol refletida por nuvens pode ser uma indicação razoável de sua espessura, e conseqüentemente do volume de água em seu interior. Da mesma forma, temperaturas de topo de nuvem (obtidas

de imagens na banda do infravermelho) baixas estão associadas a um maior desenvolvimento vertical da nuvem e conseqüentemente de uma taxa de precipitação mais alta. Mais recentemente, começaram a surgir metodologias usando imagens de sensores de micro-ondas (LEVIZZANI, 1998), que respondem de forma mais física, e menos estatística, à presença de água e gelo nas nuvens. Atualmente, técnicas híbridas vêm sendo propostas, as quais se propõem a extrair as vantagens e minimizar as desvantagens de cada uma. O satélite TRMM foi dos pioneiros a utilizar sensores de micro-ondas na estimativa de precipitação, aliado a outros sensores, inclusive um radar meteorológico para obter informações sobre a espessura das nuvens monitoradas. Este satélite foi lançado em 1997 e gerou informações por quase 20 anos, tendo sido considerado um sucesso, pelo conhecimento que proporcionou a respeito da circulação de água na atmosfera, em grandes regiões que antes não eram monitoradas, bem como a da interrelação deste com outros ciclos como carbono e energia (<https://earthdata.nasa.gov/trmm-to-gpm>). Diversos trabalhos procuraram avaliar essa informação em aplicações de hidrologia no Brasil, tais como Collischonn et al (2008), Nóbrega et al. (2008), Danelichen et al, (2013), Kurek et al. (2015), todos com resultados satisfatórios, embora tenha sido constatado com frequência uma leve superestimativa da precipitação por parte deste instrumento.

Em fevereiro de 2014, a NASA e a JAXA lançaram o sucessor do TRMM, que foi denominado GPM (Global Precipitation Measurement), que utiliza sensores considerados mais avançados, bem como se vale de uma constelação de vários outros satélites hidrometeorológicos para gerar informações mais refinadas, no tempo e no espaço. Como estes dados são mais recentes, ainda não existem trabalhos científicos avaliando essas estimativas. Também há poucos trabalhos avaliando estimativas de precipitação por satélite no âmbito da drenagem urbana, uma vez que o TRMM gerava informações em intervalos de 3 horas, o que em geral ainda é um intervalo muito longo para esse tipo de aplicação. Gonçalves (2011) é um dos poucos trabalhos que procurou explorar essa possibilidade, com resultados razoáveis. Como o GPM disponibiliza dados em intervalos de 30 minutos, a expectativa é de que seja possível avançar na utilização de estimativas de precipitação por satélite em aplicações em drenagem urbana.

3. METODOLOGIA

De modo geral, a metodologia consistiu em comparar as estimativas pluviográficas obtidas do satélite, em diferentes durações, com medições pluviográficas convencionais (de solo).

Foram realizados os downloads de dados do satélite GPM Recommended (GPM_3IMERGHH v05) e Early Run (GPM_3IMERGHHE V05), para as estações Águas Emendadas-DF e Formosa-GO, para o período de 12/03/2014 a 30/06/2018 no site:

<https://giovanni.gsfc.nasa.gov/giovanni/#service=DiArAvTs&starttime=&endtime>

Existem diferentes níveis de informação disponibilizada pelo GPM, dependendo do refinamento da estimativa. Uma primeira estimativa fica disponível com latência (atraso) de poucas horas, e é denominada de “rodada prévia” (early run), sendo denominada pelo código GPM_3IMERGHHE v05. Já uma segunda informação (final run), mais refinada, combina a estimativa primária do GPM com outros satélites e sensores na banda do infravermelho.

Como se tratam de mais de 4 anos de dados com intervalo de meia hora, em duas estações, cada uma com dois produtos diferentes (recommended e early run), o volume total de dados do satélite obtidos é de mais de 300 mil informações.

A tabela abaixo apresenta as coordenadas das estações e a forma como são colocadas no site para download considerando a variação de 0,1°.

Estação	Latitude	Longitude	Coordenadas (Oeste,Sul,Leste,Norte)
Águas Emendadas-DF	"-47,622°"	"-15,583°"	"-47.7,-15.6,-47.6,-15.5"
Formosa-GO	"-47,303°"	"-15,535°"	"-47.4,-15.6,-47.3,-15.5"

Figura 1 - Estações e Coordenadas geográficas

Os dados do GPM Recommended são considerados mais precisos, pois passam por uma análise antes de serem disponibilizados para uso, enquanto os dados Early Run são dados brutos, emitidos quase que imediatamente.

Os dados obtidos possuem leitura de 30 em 30 minutos, para comparação com a estação de Águas Emendadas, fez-se necessário o agrupamento desses

dados de hora em hora, já que os dados emitidos pela respectiva estação são disponibilizados dessa forma.

Os dados do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia), foram obtidos solicitando-os, via o e-mail sadmet.df@inmet.gov.br. Esses dados originais são agrupados de hora em hora, de janeiro de 2014 a junho de 2018, disponibilizados em diversas planilhas, cada uma delas contendo várias colunas. Com o auxílio do programa Excel, converteu-se 4 anos de dados (2014 a 2018) em uma única planilha e apenas uma coluna que posteriormente foi comparada com os dados obtidos do satélite GPM.

Os dados pluviométricos de Formosa-GO foram obtidos no CEMADEN (Centro Nacional de Monitoramento e Alerta de Desastres Naturais), no site: <http://www.cemaden.gov.br/mapainterativo/#>, e foram medidos a cada 10 minutos e disponibilizados mensalmente. Em formosa são 3 estações cujos os nomes são de alguns bairros da cidade, são elas: Avenida maestro Joaquim de Abreu, Parque da Colina e Formosinha.

Os dados obtidos são de novembro de 2014 a agosto de 2018. Em 2014 só existia dados da estação Maestro Joaquim de Abreu, a partir de 2015 são disponibilizados dados das estações Parque da Colina e Formosinha que foram disponibilizados até os meses iniciais da pesquisa, enquanto a estação Maestro Joaquim de Abreu finalizou-se no final de 2016. Para contornar o fato da existência de várias estações em uma mesma cidade e a falta alguns dados em determinados períodos, foi realizado a média dos dados existentes em cada período.

Os dados originalmente obtidos de 10 em 10 minutos foram agrupados para 30 em 30 minutos utilizando-se uma sequência de comandos no Excel, o motivo para o qual os dados foram agrupados desta maneira foi para facilitar a análise comparativa de dados entre essas estações e o satélite GPM que agrupa os dados desta forma.

Além de agrupamentos em 30 em 30 minutos e de hora em hora, também foram agrupados de 6 em 6, 12 em 12 e 24 em 24 horas para análise comparativa do Índice POD, Sungmin et al (2017).

Todas as Alterações e agrupamentos foram realizados pelo software Microsoft Excel, de forma manual e fórmulas simples, (SOMA, MÉDIA), já que a utilização de fórmulas mais sofisticadas, (SE, PROCV), causou uma perda significativa de dados.

3.1. Índice POD

Para se ter uma primeira ideia da performance do GPM em escala sub-horária, utilizou-se o indicador POD, apresentado em Sungmin et al (2017). A formulação do indicador é:

$$POD = \frac{hits}{hits + misses}$$

Um “hit”, acontece quando a estação pluviométrica e o satélite GPM registra uma precipitação superior a 0,05. Quando a estação pluviométrica registra uma precipitação superior a 0, enquanto o satélite não registra precipitação temos um “miss”.

O propósito desse indicador é verificar com que frequência o modelo alternativo (satélite) acertou a ocorrência de precipitações, sem detalhar sua magnitude. Quanto mais próximo de 1, melhor a performance.

3.2. Dados Pluviométricos Acumulados

Nessa metodologia, acumulou-se os dados no período de 01 ano hidrológico, que corresponde ao dia 01 de outubro, até o dia 30 de setembro do ano seguinte.

Comparou-se os dados acumulados das estações pluviométricas com os acumulados dos satélites GPM Recommended e Early run.

3.3. Máximas Anuais

As máximas anuais de cada estação foram comparadas com os satélites GPM recommended e Early Run simultaneamente.

4. RESULTADOS

4.1. Índice POD

Para a estação de Água Emendadas-DF – (INMET), no período de 1 hora, nota-se que o índice POD obteve uma performance de 63,76%. Quanto maior o período agrupado de precipitações, melhor a performance obtida do Índice POD, isso acontece porque quanto maior o período agrupado, maior será também o volume de precipitação obtido, tendo assim, maior probabilidade de encaixar-se nos requisitos do indicador. Observamos que para período de 24 horas, o índice aproxima-se dos 90% e que para as comparações INMET x GPM Recommended e INMET GPM Early run, obtivemos resultados próximos nos respectivos intervalos.

INMET x GPM RECOMMENDED	
PERÍODO (h)	POD (%)
1 HORA	63,76
6 HORAS	73,79
12 HORAS	79,4
24 HORAS	88,93

Figura 2 - Índice POD - INMET x GPM Recommended

INMET x GPM EARLY RUN	
PERÍODO (h)	POD (%)
1 HORA	61,96
6 HORAS	73,93
12 HORAS	80,02
24 HORAS	88,05

Figura 3 - Índice POD - INMET x GPM Early Run

Para a Estação de Formosa-GO – (Cemaden), nota-se que para o período de 30 minutos, o menor resultado obtido entre as comparações foi de 58,91%, observamos também que assim como a estação de Águas Emendadas, quanto maior for o período agrupado, maior será o Índice POD obtido.

CEMADEN x GPM RECOMMENDED	
PERÍODO (h)	POD (%)
30 MINUTOS	58,91
6 HORAS	72,41
12 HORAS	82,39
24 HORAS	90,41

Figura 4 - Índice POD - Cemaden x GPM Recommended

CEMADEN x GPM EARLY RUN	
PERÍODO (h)	POD (%)
30 MINUTOS	52,58
6 HORAS	69,8
12 HORAS	80,46
24 HORAS	89,57

Figura 5 - Índice POD - Cemaden x GPM Early Run

4.2. Análise de Dados Pluviométricos Acumulados

As figuras abaixo apresentam a comparação de precipitação acumulada no período de 01 ano hidrológico, entre o GPM Recommended x Cemaden (Figura 6) e GPM Recommended x INMET (Figura 7).

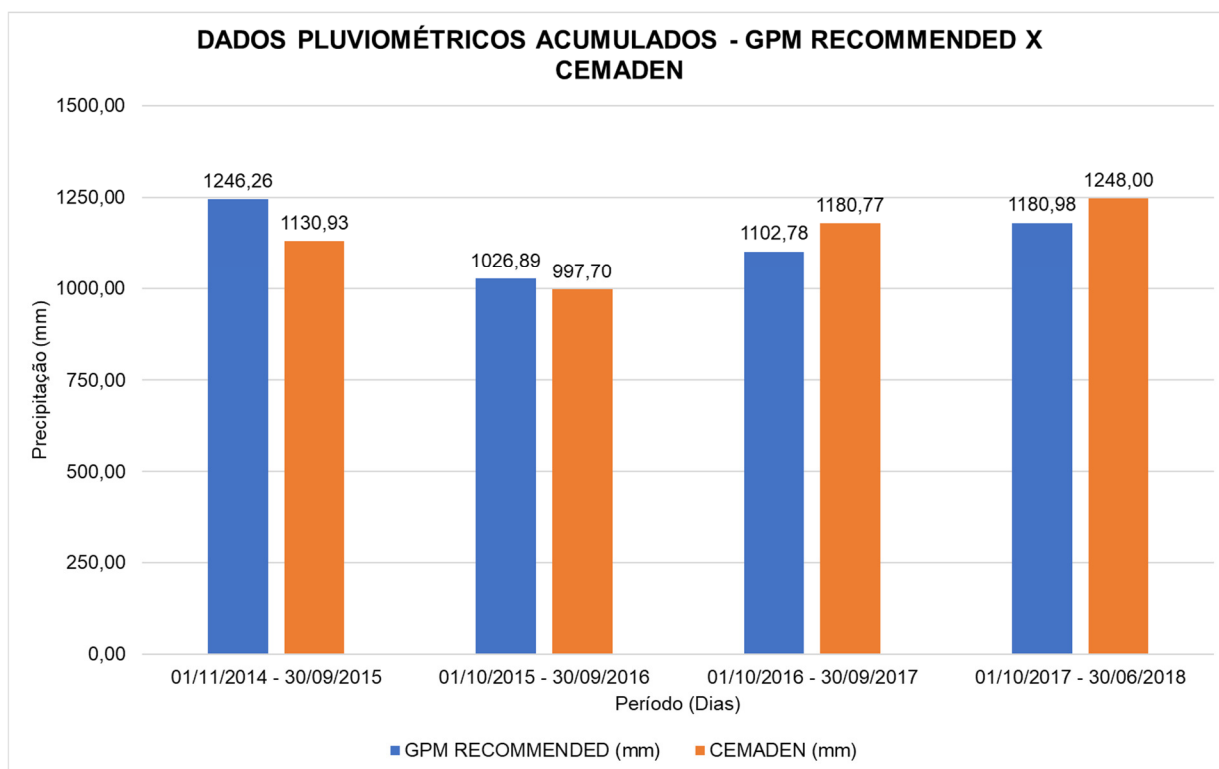


Figura 6 - Dados pluviométricos acumulados - GPM Recommended x Cemaden

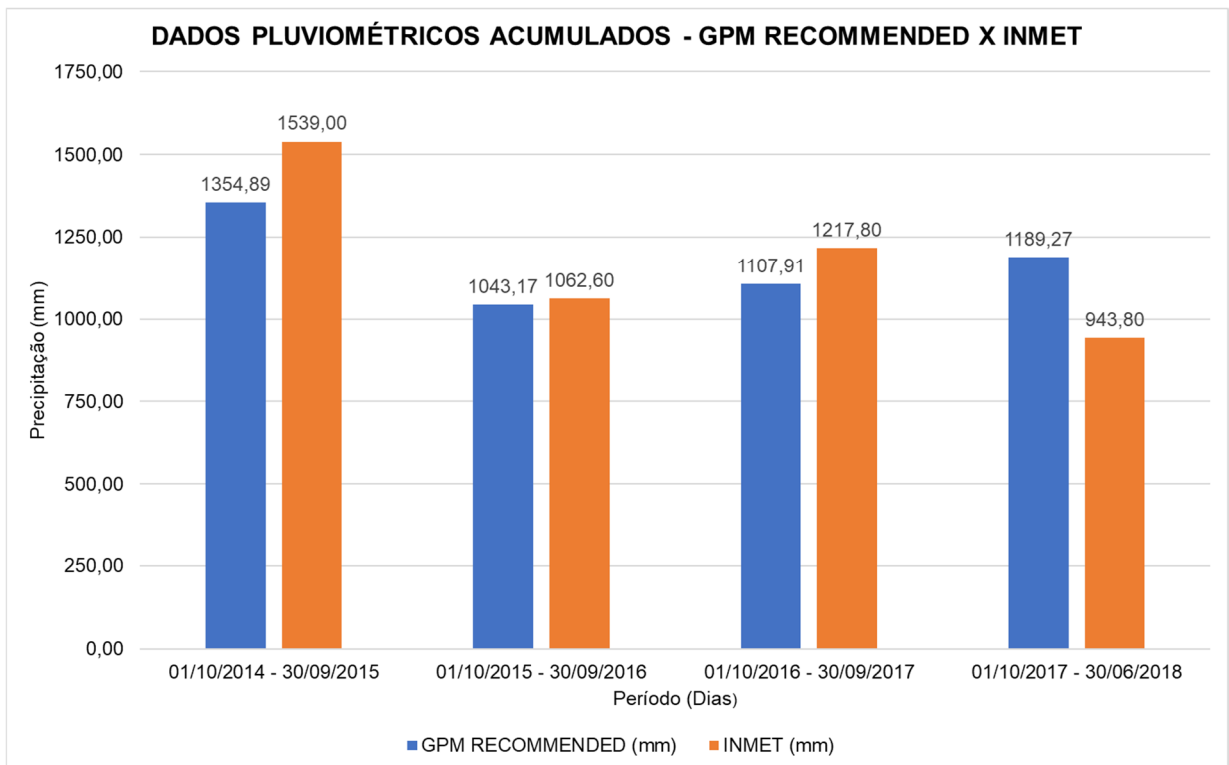


Figura 7 - Dados pluviométricos acumulados - GPM Recommended x INMET

O GPM Recommended apresenta uma diferença média de 139,73mm em comparação com a estação de Águas Emendadas e 72,28mm quando comparado com a estação Formosa. Observa-se que apesar da diferença entre as áreas comparadas, os dados acumulados apresentam resultados muito significativos e que a divergência é pequena quando relacionada ao período avaliado, que é aproximadamente 04 anos.

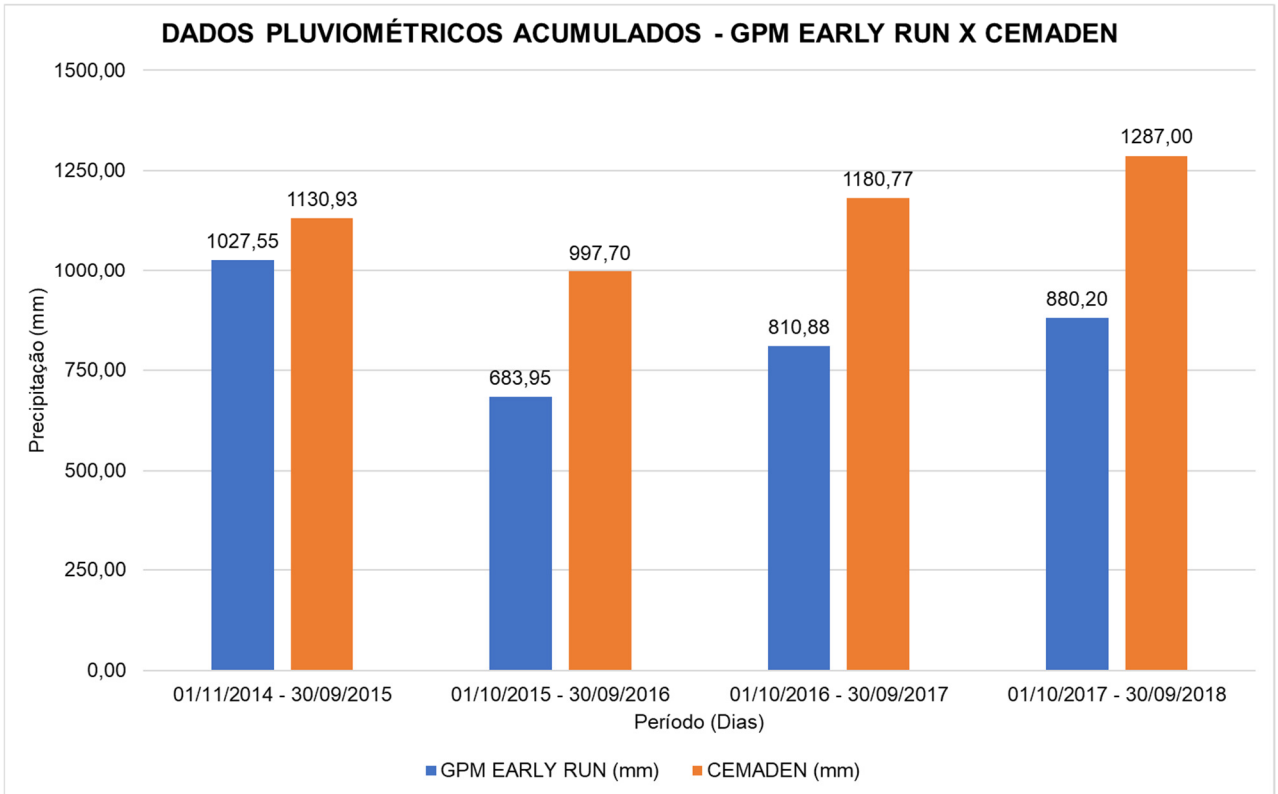


Figura 8 - Dados pluviométricos acumulados - GPM Early Run x Cemaden

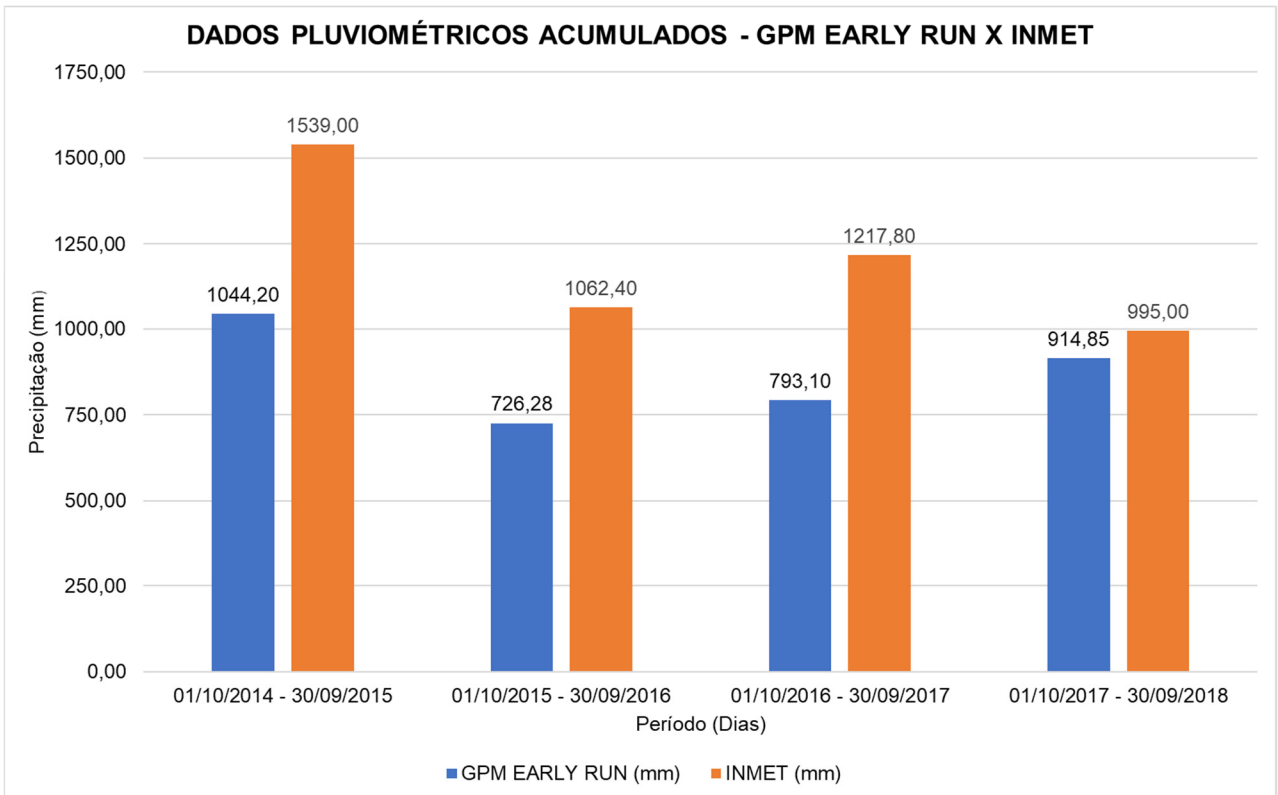


Figura 9 - Dados pluviométricos acumulados - GPM Early Run x INMET

As figuras 8 e 9, apresentam a mesma comparação, agora entre o GPM Early e as estações Cemaden e INMET respectivamente. Analisa-se que a diferença entre os acumulados anualmente do GPM e das estações possuem valores maiores, em média 333,94mm para Águas Emendadas e 298,46mm para Formosa. Possui uma divergência maior que o GPM Recommended pois trata-se de dados brutos com grau de confiança menor.

4.3. Análise de Máximas Anuais

As figuras abaixo mostram a comparação das máximas anuais para a duração de 1h, 6h, 12h e 24h do GPM com os dados convencionais na estação Águas Emendadas do INMET.

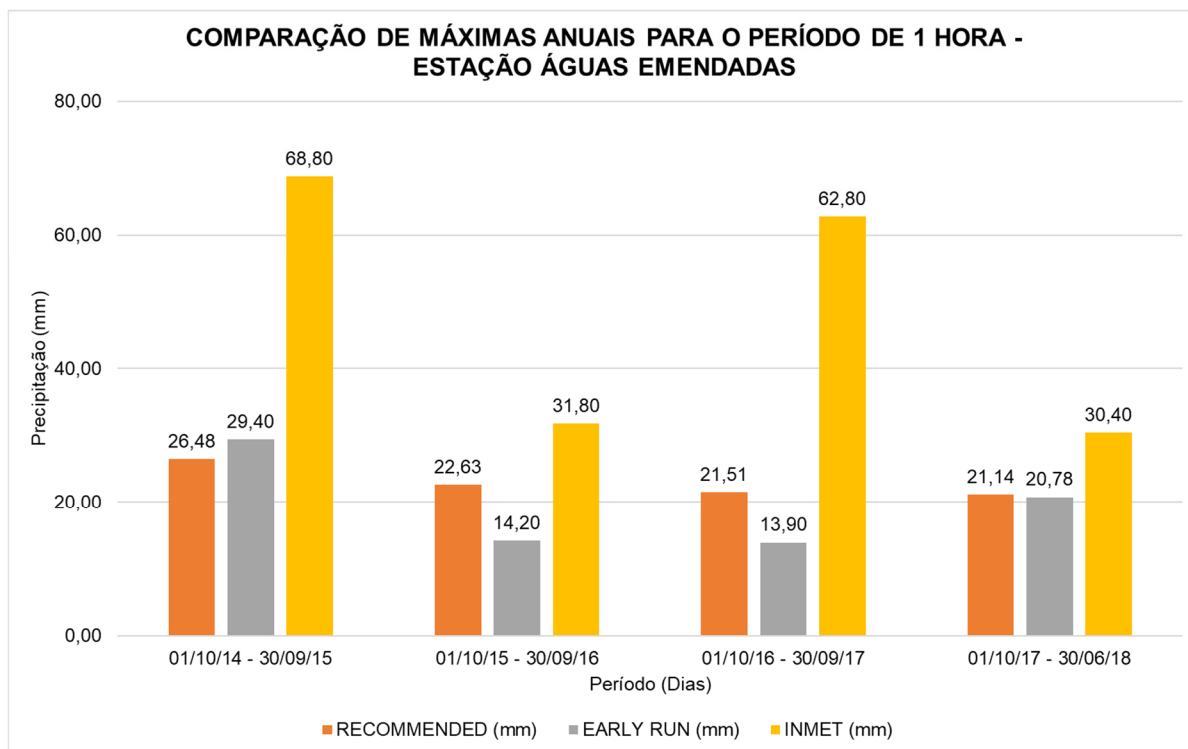


Figura 10 - Comparação de máximas anuais para o período de 1 hora - Estação Águas Emendadas

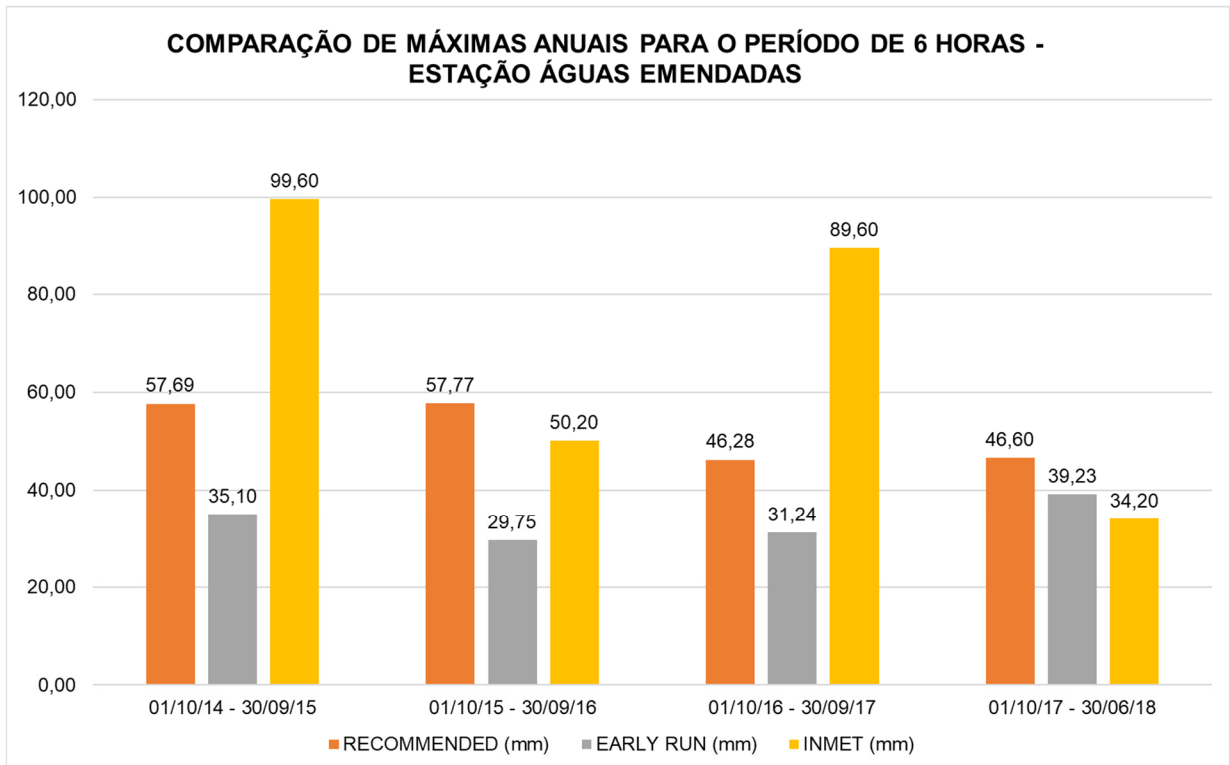


Figura 11 - Comparação de máximas anuais para o período de 6 horas - Estação Águas Emendadas

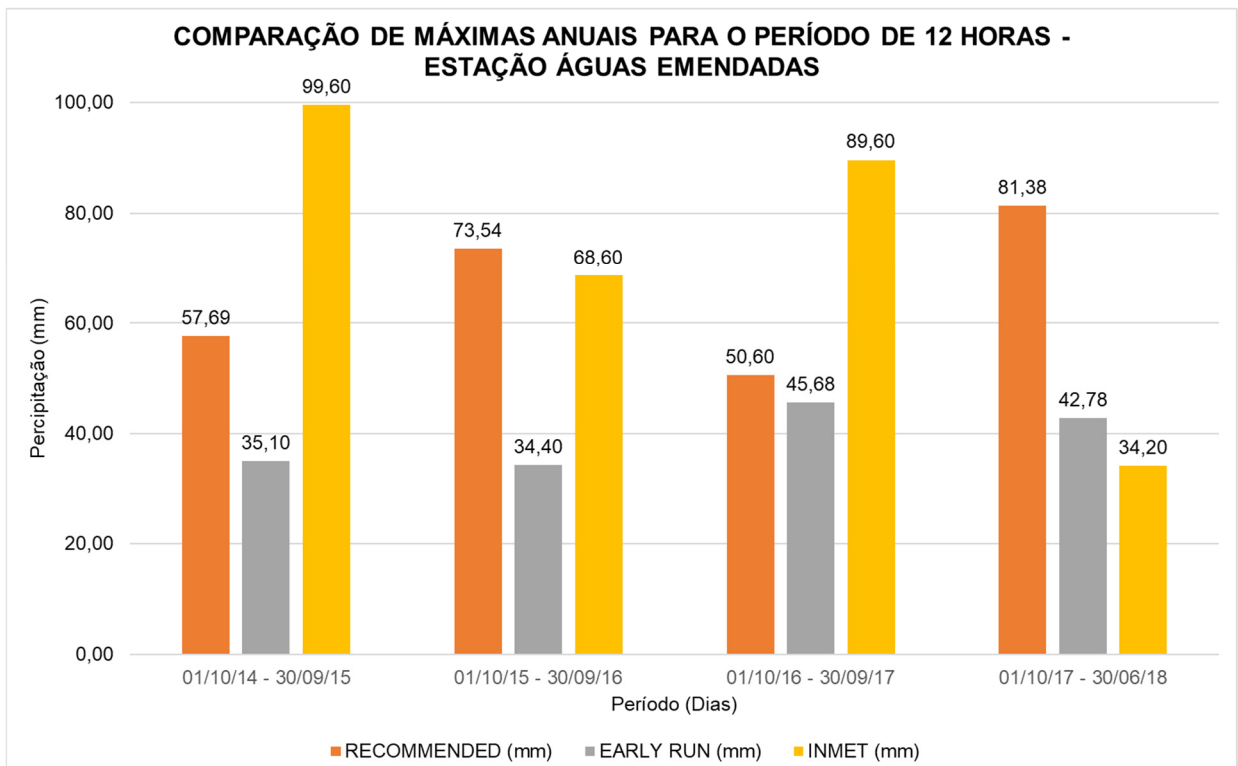


Figura 12- Comparação de máximas anuais para o período de 12 horas - Estação Águas Emendadas

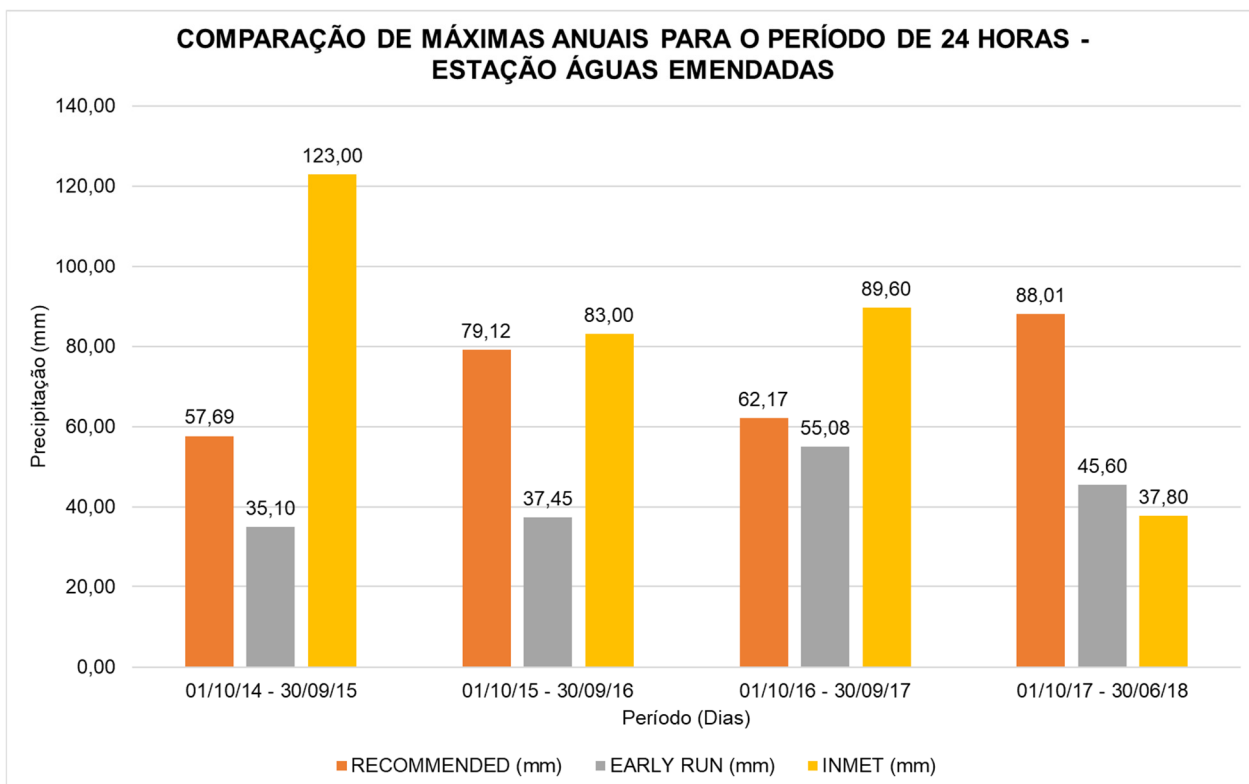


Figura 13- Comparação de máximas anuais para o período de 24 horas - Estação Águas Emendadas

Observa-se que em 68% dos casos, a máxima anual medida em solo no pluviógrafo do INMET foi superior à máxima dos dados do GPM. Este resultado é esperado, visto que a medição do pluviógrafo convencional é pontual, enquanto a do GPM é uma média em uma área de cerca de 10x10km, portanto acaba amortecendo valores extremos.

Abaixo são mostradas as comparações com as medições do CEMADEN em Formosa (GO).

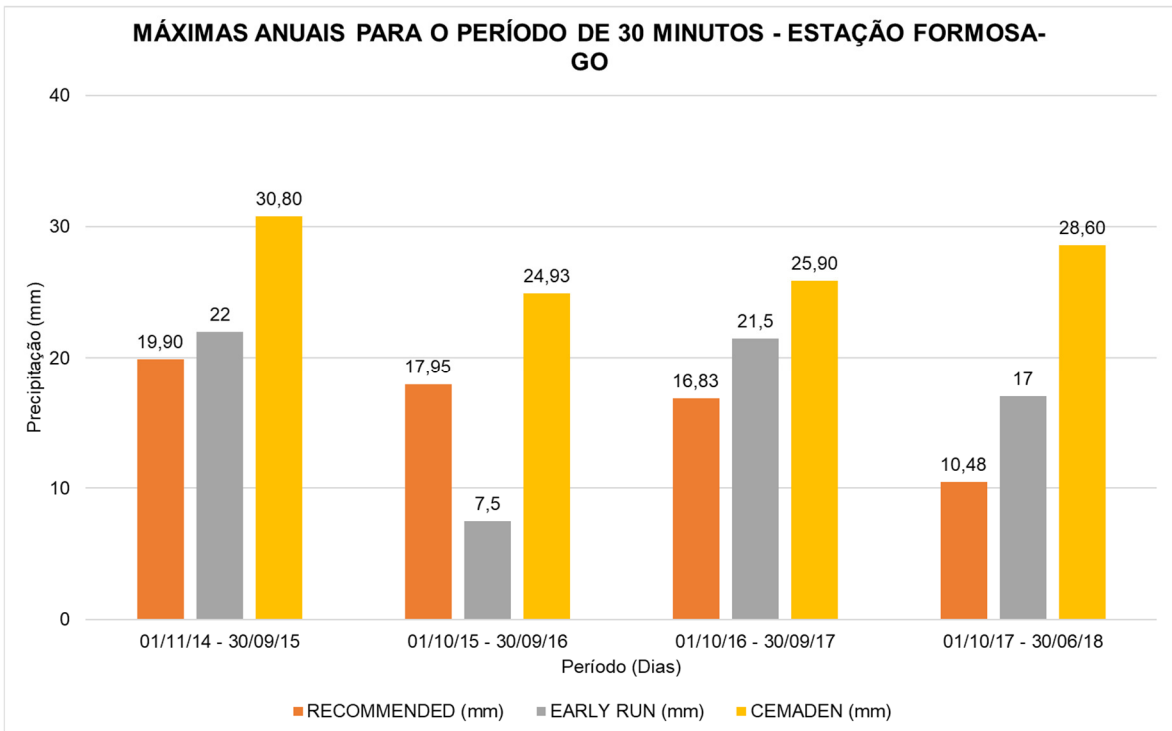


Figura 14- Comparação de máximas anuais para o período de 30 minutos - Estação Formosa-GO

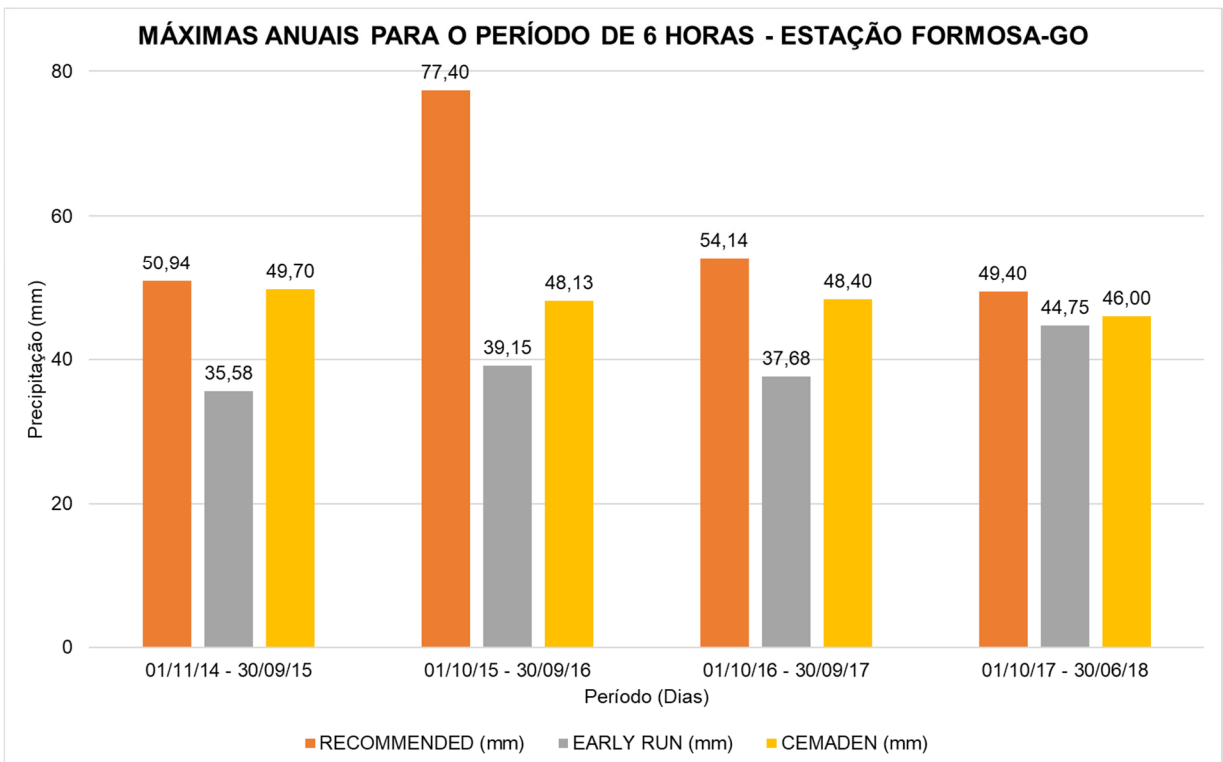


Figura 15- Comparação de máximas anuais para o período de 6 horas - Estação Formosa-GO

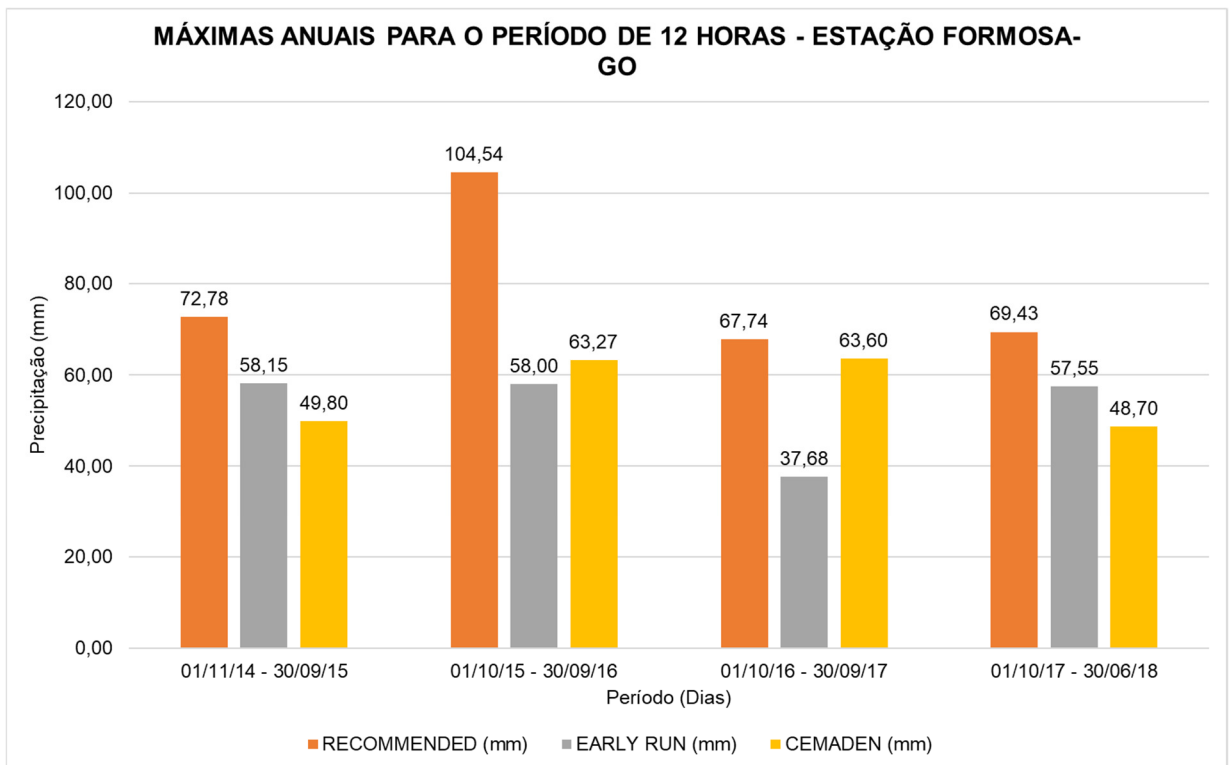


Figura 16- Comparação de máximas anuais para o período de 12 horas - Estação Formosa-GO

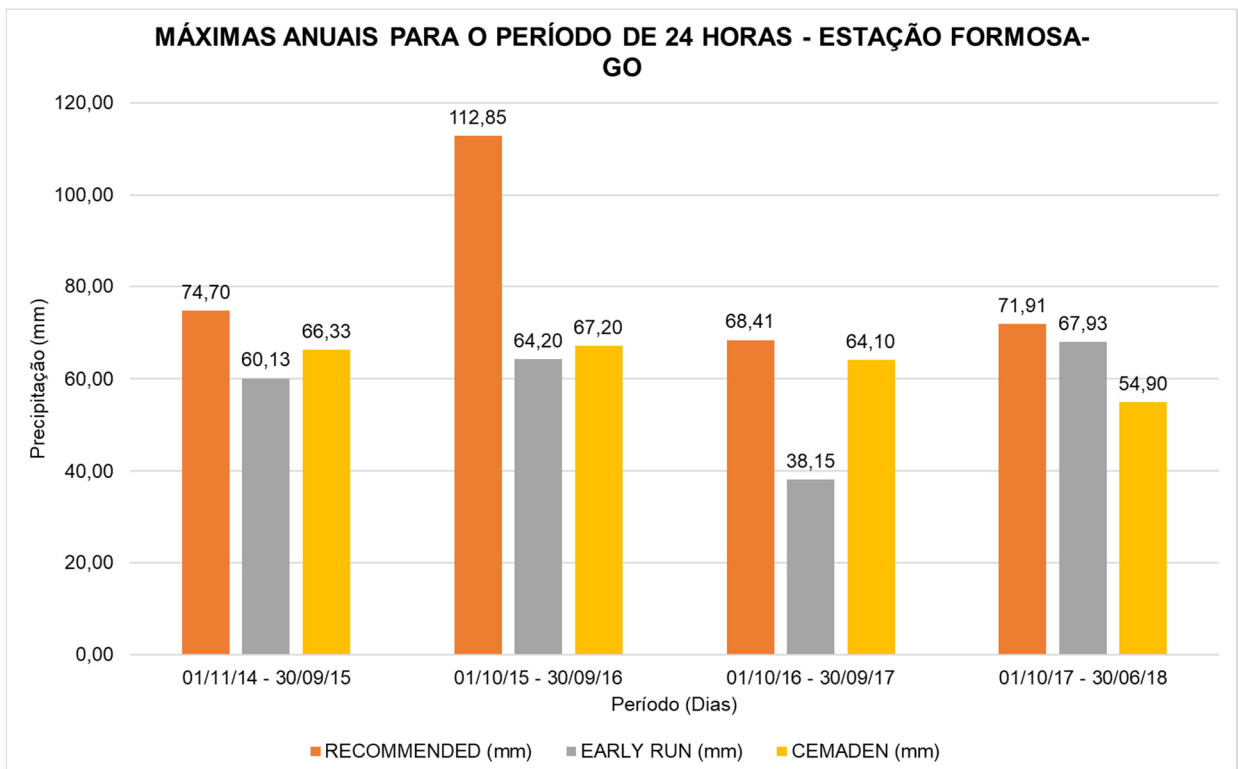


Figura 17- Comparação de máximas anuais para o período de 24 horas - Estação Formosa-GO

Nesse caso, contrariamente ao esperado, em 80% dos casos o GPM recommended estimou máximas anuais superiores à medição de solo. O pluviógrafo do CEMADEN apresenta períodos de falha com maior frequência do que o do INMET, é possível que isto explique este resultado, uma vez que possivelmente o pluviógrafo do CEMADEN tenha estado fora do ar nos períodos com chuvas mais intensas.

5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O presente trabalho fez uma análise preliminar da viabilidade de uso de estimativas de precipitação do satélite GPM em aplicações que exigem dados em intervalos de tempo pequenos, de uma hora ou menos, notadamente estudos de drenagem urbana.

Quanto aos objetivos iniciais, considera-se que foram cumpridos. Foram feitas avaliações das estimativas de precipitações dos satélites em 3 metodologias, e verificou-se a precisão dos dados obtidos em comparação com as estações existentes.

A metodologia exigiu o processamento de uma massa muito grande de dados, dado o período de análise, o pequeno intervalo de tempo e o número de estudos de caso. Como as estimativas do GPM são dadas em intervalos de tempo diferentes do que os dados pluviométricos convencionais, foram necessários vários procedimentos para compatibilização de dados, que foram realizados em MS Excel.

A partir das análises apresentadas e dados obtidos, conclui-se que o satélite GPM expõe estimativas e verificações relativamente próximas das estações pluviométricas. O índice POD mostrou que o GPM tem boa probabilidade de detecção de chuvas, independentemente de sua magnitude. Foi possível constatar que a performance em termos desse índice melhora com o aumento da duração da chuva, resultado que é consistente com estudos anteriores.

Em termos de máximas anuais, o GPM também apresentou resultados próximos, o que é importante para estudos de drenagem urbana, uma vez que as curvas de intensidade-duração-frequência são construídas a partir desses valores

de máximas. Naturalmente, o fato de acertar a máxima não significa que o GPM detectou exatamente quando esta ocorreu.

De modo geral, o GPM estimou máximas inferiores do que os dados pluviográficos convencionais, o que pode ser explicado pela natureza pontual destes últimos, em contraponto à estimativa de satélite, que é ponderada em uma área muito maior, atenuando valores extremos.

No entanto, isso não ocorreu na comparação com os dados do CEMADEN. Observou-se que os pluviógrafos deste instituto têm períodos recorrentes de falha, o que pode explicar essa diferença, pelo fato do pluviógrafo estar fora do ar no momento da chuva intensa.

Como uma análise adicional, foram avaliados os acumulados anuais de chuva a partir das duas fontes de dados, em que o GPM mostrou um excelente desempenho, no caso da estimativa corrigida (GPM recommended). Esses acumulados não são tão fundamentais para estudos de drenagem urbana, mas para aplicações de recursos hídricos consistem em uma informação fundamental. Assim, entende-se que as estimativas do GPM podem ser usadas em análises a respeito da crise hídrica do Distrito Federal, por exemplo.

Como recomendações para futuras pesquisas, sugere-se o desenvolvimento de um script de programação para agrupamento dos dados com porcentagem de perda reduzida. Sugere-se também uma análise que leve em conta a magnitude das chuvas, e não somente sua detecção. Sugere-se ainda avaliar detalhadamente os períodos de falha dos dados do CEMADEN para explicar melhor as diferenças encontradas no caso desse dado.

6. BIBLIOGRAFIA

BEVEN, K.J. 2001 Rainfall-runoff-modeling. The primer Wiley. 360pp.

BRAVO, J.M, TUCCI, C.E.M.; TASSI, R. ALLASIA D. Regionalização de curvas intensidade, duração e frequência de

Precipitação: aplicação ao Distrito Federal. In: Simpósio de Recursos Hídricos do Sul-Sudeste, 12 a 17 de outubro de

2008, Rio de Janeiro.

COLLISCHONN, B. COLLISCHONN, W. Tucci, C.E.M. Daily hydrological modeling in the Amazon basin using TRMM rainfall estimates. *Journal of Hydrology*, v. 360, p. 207-216, 15 outubro 2008.

COLLISCHONN, W. DORNELES, F. Hidrologia para engenharia e ciências ambientais. Porto Alegre: ABRH, 2013.

DAMÉ, R.C.F. Desagregação de precipitação diária para estimativa de curvas intensidade-duração-frequência. 2001.

131 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) - Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

DANELICHEN, V. H. M.; B IUDES, M . S .; S OUZA, M . C.; M ACHADO N. G.; CURADO, L. F. A.; NOGUEIRA, J. S.

Soil Thermal Diffusivity of a Gleyic Solonetz Soil Estimated by Different Methods in the Brazilian Pantanal. *Scientific Research Journal*, v.3, n.1, p.15-22, March, 2013.

GONÇALVES, L. S. Estabelecimento de relações IDF com base em estimativas de precipitação por satélite.

Dissertação de mestrado, IPH-UFRGS, 96p, 2011.

<http://g1.globo.com>. Formosa receberá ajuda do governo federal após sofrer inundação. Disponível em

<http://g1.globo.com/goias/noticia/2017/03/formosa-recebera-ajuda-do-governo-federal-apos-sofrer-inundacao.html>.

Consulta em 02/05/2018.

<http://gestorpcd.ana.gov.br>. Cadastro de estações telemétricas. Consulta em 02/05/2018.

KUREK, R. K. M.; TASSI, R.; PICCILLI, D. G. A. Aplicabilidade da precipitação estimada pelo satélite TRMM na Modelagem chuva-vazão: uma análise na sub-bacia do Rio Guaporé/RS. XXI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Brasília-DF, p.1-8, 2015.

LEVIZZANI, V. Intense Rainfall Monitoring From Geostationary Satellites. *Conference Satellite Meteorology and Oceanography, AMS*, 327-330. 1998.

NÓBREGA, R.S.; SOUZA, E.P.; GALVÍNCIO, J.D. Análise da estimativa de precipitação do TRMM em uma sub-bacia da Amazônia Ocidental. *Revista de Geografia*, v. 25, n.1, p. 6-20, 2008.

PFAFSTETTER, O. Chuvas intensas no Brasil. Brasília: Departamento Nacional de Obras e Saneamento, 1957. 246 p.

TUCCI, C. E. M. Modelos hidrológicos. Porto Alegre: Ed. da Universidade, 1998. 680 p.

WILKEN, P. S. Engenharia de drenagem superficial. São Paulo: CETESB p477. 1978.

Sungmin O, U. F. (2017). Evaluation of GPM IMERG Early, Late, and Final rainfall estimates using WegenerNet gauge data in southeastern Austria. Hydrology and Earth System Sciences.