

## CHUVAS EXTREMAS E O INTENSO EL NIÑO DE 2015-2016: IMPACTOS NA REDE DE COLETA E ABASTECIMENTO DE ÁGUA DA CIDADE DE MARINGÁ, PARANÁ

LEANDRO ZANDONADI

Doutor em Geografia, Docente do Departamento de Geografia da  
Universidade Estadual de Maringá<sup>1</sup>

[lzandonadi@uem.br](mailto:lzandonadi@uem.br)

**RESUMO:** Maringá é uma cidade de médio porte da Mesorregião Norte Central Paranaense, recortada pelo Trópico de Capricórnio e, portanto, influenciada por sistemas atmosféricos tropicais e subtropicais que podem promover significativa variabilidade atmosférica e, eventualmente, intensos eventos de chuvas. Os regimes hídricos dos rios da região são dependentes e muitas vezes impactados pelo dinamismo da atmosfera tanto regional quanto global. A partir desta realidade, foi analisado o histórico de chuvas dessa região e a influência do El Niño de 2015-2016 sobre um episódio de chuvas extremas registrado no período, inundando a área de captação de água, impactando significativamente o abastecimento e gerando caos para toda a população. Foram constatados volumes diários extremos de chuvas durante tal episódio, bem como tendências históricas de aumento destes volumes para praticamente toda a região hidrográfica à montante da área de coleta. Neste sentido o monitoramento realizado pela empresa responsável pelo serviço também pode ter sido insuficiente ou deficitário.

**Palavras-chave:** El Niño; excesso de chuvas; inundação; coleta e abastecimento de água; Maringá.

### EXTREME RAINS ASSOCIATED WITH THE INTENSE EL NIÑO 2015-2016: IMPACTS ON THE WATER COLLECTION AND SUPPLY NETWORK OF MARINGÁ CITY, PARANÁ

**ABSTRACT:** Maringá is a medium-sized city of the Central North Mesoregion of the State of Paraná, cut by the Tropic of Capricorn and, therefore, influenced by tropical and subtropical atmospheric systems that can promote significant atmospheric variability and, eventually, intense events of rain. The region's river water regimes are dependent and often impacted by both regional and global atmospheric dynamism. Based on this reality, it was analyzed the rainfall history of this region and the influence of El Niño from 2015-2016 about an episode of extreme rains recorded in the period, flooding the water collection area, significantly impacting supply and generating chaos for the entire population. Extreme daily volumes of rain were observed during this episode, as well as historical trends of increasing these volumes for practically the entire hydrographic region upstream of the collection area. In this sense, the monitoring performed by the company responsible for the service may also have been insufficient or deficient.

**Key-words:** El Niño; excessive rainfall; inundation; water collection and supply; Maringá.

### LLUVIAS EXTREMAS ASOCIADAS CON EL INTENSO EL NIÑO DE 2015-2016: IMPACTOS EN LA RED DE RECOGIDA Y SUMINISTRO DE AGUA DE LA CIUDAD DE MARINGÁ, PARANÁ

**RESUMEN:** Maringá es una ciudad de tamaño medio de la Mesorregión Norte Central del Estado de Paraná, cortada por el Trópico de Capricornio y, por lo tanto, influenciada por sistemas atmosféricos tropicales y subtropicales que pueden promover una variabilidad atmosférica significativa y, eventualmente, eventos intensos de lluvia. Por lo tanto, los regímenes hídricos de los ríos de la región dependen y a menudo se ven afectados por el dinamismo atmosférico regional y global. A partir de esta realidad, se analizó el historial de lluvias de esa región y la influencia de El Niño de 2015-2016 acerca de un episodio de lluvias extremas registrado en el período, inundando la zona de captación de agua, impactando significativamente el suministro y generando caos para toda la población. Se observaron volúmenes diarios extremos de lluvia durante este episodio, así como tendencias históricas de aumento de estos volúmenes para prácticamente toda la región hidrográfica aguas arriba del área de recolección. En este sentido, el monitoreo realizado por la empresa responsable del servicio también puede haber sido insuficiente o deficiente.

**Palabras clave:** El Niño; lluvia excesiva; inundación; recogida y suministro de agua; Maringá.

<sup>1</sup> Endereço para correspondência: Avenida Colombo, 5790 - Bloco J12 - Sala 18, Jardim Universitário - CEP: 87020-900 - Maringá, PR - Brasil.

## Maringá e os bons indicadores econômicos e sociais

Atualmente, Maringá é uma cidade considerada de médio a grande porte, localizada na Mesorregião Norte Central Paranaense (IPARDES, 2012), com população estimada em 2019 de 423.666 habitantes (IBGE, 2019a), o que a destaca como sendo a segunda mais populosa desta mesorregião, enquanto que a nível estadual é a terceira, atrás somente de Londrina e da capital, Curitiba, enquanto que com relação à região sul do Brasil, Maringá é a sétima em número de habitantes, e em nível federal é a 63ª (IBGE, 2019b). De acordo com os dados do IPARDES (2019a), em 2018 a densidade demográfica do município era de 856,93 hab/km<sup>2</sup>.

A cidade é hoje bem conhecida no cenário nacional devido principalmente aos bons índices de desenvolvimento humano e renda dos seus habitantes, com IDH-M mensurado no ano de 2010 sendo igual a 0,808, o que é considerado muito alto e estando acima dos índices do próprio Estado (0,749) e também do país (0,727), lhe garantindo a 23ª posição entre todos os municípios brasileiros. Considere-se ainda que neste ranking o melhor índice é de 0,862 (ATLAS BRASIL, 2019).

Já o *Índice de Gini* indica que no censo do ano de 2010 a cidade possuía um indicador igual a 0,493, ficando mais uma vez a frente do próprio estado do Paraná, com 0,541 e que também é melhor do que o índice nacional. O *Índice de Gini* é um instrumento desenvolvido pelo estatístico italiano Corrado Gini, em 1912, e usado para medir o grau de concentração de renda *Per Capita*, numa escala que vai de 0 a 1, apontando a diferença entre os rendimentos dos mais pobres e dos mais ricos, ou seja, a desigualdade de renda entre a população do município. Quanto mais próximo de 0 (zero) estiver o índice, menor será a desigualdade, com todos tendo rendas muito similares e, quanto mais próximo de 1 (um), maior será a desigualdade. Já a proporção de pessoas pobres no município de Maringá, ou seja, com renda domiciliar per capita inferior a R\$ 140,00 (a preços de agosto de 2010), era de 1,39% (ATLAS BRASIL, 2019).

Em relação ao PIB *Per Capita*, o município também se destaca, pois de acordo com o IPARDES (2019a), no ano de 2016 apresentava um valor de R\$39.996, que novamente era maior do que o do próprio estado do Paraná, de R\$35.726, bem como o do Brasil, de R\$30.411, segundo o IPARDES (2019b).

## Indicadores de saúde, habitação e ambiente

De acordo com o IBGE (2018), a expectativa de vida de uma pessoa ao nascer no Brasil no ano de 2010 era de 73,9 anos, enquanto que no Estado do Paraná, que naquela ocasião se encontrava na sétima posição entre os estados da federação, era de 75,3. Maringá tinha expectativa de vida de 76,1 anos (IPARDES, 2019a), ou seja, um índice também acima daqueles registrados no estado e no país.

Em relação aos indicadores de habitação, o Atlas Brasil (2019) apontou que no ano de 2010 exatamente 99,22% da população do município possuía água encanada em seus domicílios, enquanto que a coleta de lixo era realizada em 99,86% destes domicílios e, na totalidade deles (100%) havia instalação de energia elétrica.

No que diz respeito ao esgotamento sanitário do município, o mesmo é considerado adequado, sendo que o índice de cobertura é de 83% dos domicílios. Já a taxa de urbanização, ou seja, a de domicílios urbanos em vias públicas com urbanização adequada (presença de bueiro, calçada, pavimentação e meio-fio) é de 90,6% (IBGE, 2019b). E no que concerne ao saneamento básico, de acordo com DGM - Desafios da Gestão Municipal (2018), produzido pela consultoria Macroplan, o município obteve índice 0,972 (varia de 0 a 1), o que a classificou como a segunda melhor do Brasil, ficando atrás apenas do município de Santos, no litoral paulista, que apresentou índice de 0,979.

A empresa responsável pela manutenção da qualidade e das melhorias da rede de saneamento da cidade de Maringá, a Companhia de Saneamento do Paraná - Sanepar, também é considerada uma das melhores do Brasil neste ramo de atividade. De acordo com PARANÁ (2019), no novo Ranking do Saneamento Básico das 100 maiores cidades do Brasil, divulgado em julho de 2019 pelo Instituto Trata Brasil e utilizando-se dos dados do SNIS - Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento, a Sanepar manteve suas cinco maiores cidades entre as 20 primeiras em saneamento no Brasil, sendo Maringá (4º lugar), Cascavel (6º), Curitiba (12º), Londrina (15º) e Ponta Grossa (17º). Já a cidade de Curitiba continuou como a melhor capital do País. Além disso, menciona-se ainda que

Todas as 345 cidades atendidas pela Sanepar no Paraná têm 100% da população urbana abastecida com água potável e 74,3% dos moradores têm acesso à rede coletora de esgoto, com 100% do esgoto tratado, bem acima da média nacional de 60,2%.

No quadro divulgado pelo Trata Brasil com as melhores cidades com índice total de atendimento com esgotamento sanitário, as cinco paranaenses figuram entre as cinco primeiras posições. Cascavel e Curitiba estão em 3º e Londrina, Maringá e Ponta Grossa, em 5º. Todas têm índice de atendimento com rede coletora acima de 90%: Maringá e Cascavel, com 100%; Curitiba, com 95,48%; Londrina, com 93,8%; e Ponta Grossa, com 91%.

Do mesmo modo, se em relação aos indicadores de saúde e habitação o município de Maringá aparece muito bem classificada, no quesito meio ambiente também merece destaque especial. Segundo a própria PMM (2019b), um fato que é facilmente percebido ao se caminhar pelas dependências da área urbana da cidade é o de que tudo ali é planejado, sejam as áreas residenciais, comerciais ou industriais. As avenidas são largas e há dezenas de praças e verde por todos os lados. É a ideia de “cidade jardim”, muito comum na Inglaterra, terra de origem da Companhia de Terras Norte do Paraná e que foi a idealizadora deste projeto e a responsável pelo bom planejamento urbano proporcionado desde a sua fundação, no ano de 1947.

Segundo a prefeitura, “a área urbana de Maringá tem hoje aproximadamente uma árvore para cada quatro moradores, uma média de 55,0 m<sup>2</sup> de área verde por habitante, em um total de 1,8 milhão m<sup>2</sup> de áreas verdes, em 21 reservas, das quais 14 parques públicos, um particular e seis áreas sem lei própria. O critério para a escolha das árvores plantadas em Maringá foram as flores [...]. As espécies [...] florescem em diferentes meses do ano e encantam pelos tapetes multicoloridos que formam as avenidas, praças e ruas da cidade” (PMM, 2019b).

Foram todas as qualidades acima elencadas, bem como outras tantas, que ao longo do tempo fizeram com que a cidade de Maringá sempre despontasse dentre as melhores do país para ser viver, fato que é atestado através dos diversos índices de pesquisas registrados por diferentes entidades especializadas no assunto, como o SNIS (2014), a Macroplan (2018), o Instituto Trata Brasil (2014) e o Portal Saneamento Básico (2016), e etc., fazendo com que a cidade e o município se tornassem parte do noticiário de diversas revistas e jornais de grande circulação de todo o país.

Todos esses indicadores proporcionam à cidade de Maringá, bem como aos seus moradores e frequentadores mais garantias quando o assunto é impacto ambiental, uma vez que ao apresentar uma qualidade de vida tão desejável, espera-se também que os planejamentos e as tomadas de decisões acerca do tema sejam também suficientes para saná-las totalmente, visando melhorar ainda mais esta qualidade de vida ou, se não, ao menos que sejam suficientes para mantê-la em grau elevado, garantia esta que será possível através de tomadas de decisões rápidas e eficientes quando da ocorrência de eventos associados ao tema.

Entretanto, quando os impactos ambientais estão associados à esfera atmosférica, de alta volatilidade e intenso dinamismo, bem como de grande poder de interação com outras esferas da natureza e sempre sujeita à reações ligadas às influências antrópicas, tais impactos

podem se traduzir em consequências que atingirão quaisquer cidades, municípios, estados ou nações, independentemente dos níveis de qualidade socioeconômicos e ambientais.

É neste sentido que procuramos abordar o tema proposto neste artigo, ou seja, procurou-se compreender os aspectos climatológicos associados a um evento de chuva extrema registrado na região de Maringá durante o fenômeno El Niño de 2015-16 e que culminou em um impacto ambiental de grandes proporções para toda a sua população. A seção a seguir indaga sobre algumas questões importantes para o prosseguimento da discussão deste fato.

### **Algumas indagações relevantes sobre o tema**

Se por um lado a cidade de Maringá tem todas as qualidades socioeconômicas e ambientais acima relatadas, apontando níveis de excelência acima dos padrões da maioria das cidades brasileiras e garantindo qualidade de vida para a população maringaense e, de outro, também as condições topográficas e climáticas favoráveis da região em que se encontra o município, garantindo a manutenção dos mananciais responsáveis pelo abastecimento urbano ao longo de todo o ano, as indagações que surgem são as seguintes:

- a) Existem relações entre as chuvas extremas registradas na cidade e na região com o evento de El Niño e com o aquecimento global?
- b) Quais as principais características do evento de El Niño ocorrido durante os anos de 2015-16 e como foram os seus impactos na região de Maringá?
- c) Quais medidas estão sendo tomadas pela empresa responsável visando se precaver de novos eventos de chuvas extremas e inundações?

Estas são algumas das perguntas que nortearam a produção deste artigo, bem como a busca pela compreensão climatológica do problema, pautada em uma análise episódica que culminou em uma situação de calamidade pública, deixando a população em uma condição de absoluto caos, impotência, desespero e revolta (O DIÁRIO, 2016a, b, c, d; G1 - GLOBO, 2016a, b, c, d).

Para melhor compreensão dos aspectos relacionados ao tema, foram consideradas informações não somente da cidade e do município de Maringá, mas também da bacia do rio Pirapó, em especial da área à montante do local de captação de água para abastecimento da cidade, uma vez que os volumes de chuvas registrados naquela área estavam diretamente relacionados ao processo de inundação da empresa.

### **Caracterização geral da área de estudo**

#### *O município de Maringá no âmbito da bacia hidrográfica do rio Pirapó*

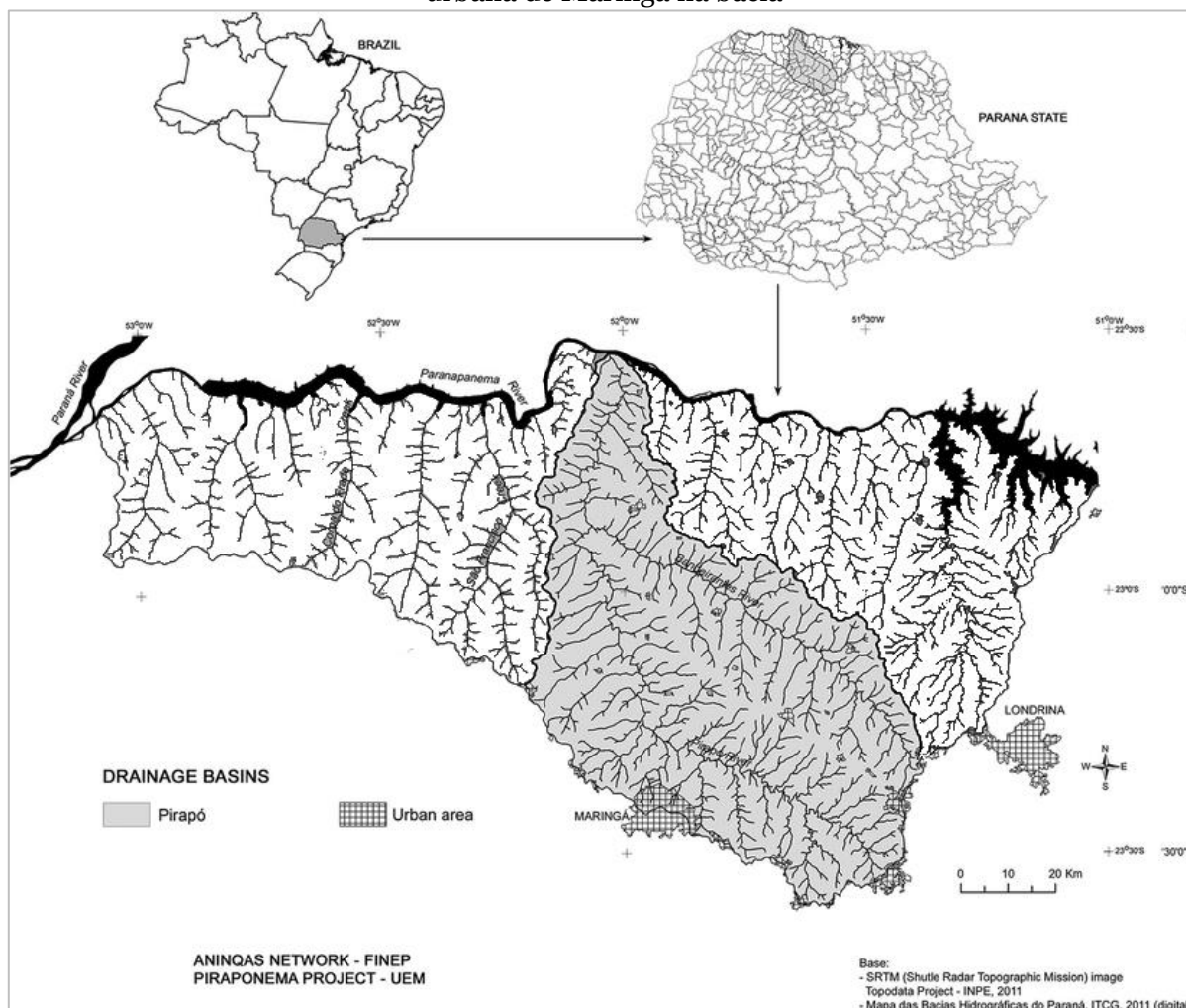
Geograficamente, o município de Maringá localiza-se entre as coordenadas 23°15'14" e 23°33'40" de latitude Sul e entre 51°50'01" e 52°05'40" de longitude Oeste. A área urbana é transpassada pelo Trópico de Capricórnio (latitude de 23°27'00"), e a maior parte da cidade se encontra no setor norte desta linha.

A altitude média da cidade é de 545 metros e encontra-se situada na região fisiográfica denominada de Terceiro Planalto Paranaense (MAACK, 1968). Foi implementada exatamente no interflúvio de duas bacias hidrográficas, a do rio Ivaí ao sul e de maior porte, e a do rio Pirapó ao norte, sendo este último o rio que abastece a maior parte da cidade de Maringá.

A bacia hidrográfica do rio Pirapó localiza-se na região norte central do Estado do Paraná, também no Terceiro Planalto Paranaense, entre as latitudes de 22°32'30" e 23°36'18" Sul e longitudes de 51°22'42" e 52°12'30" Oeste (Figura 1). Possui área de 5.098,92 km<sup>2</sup>, que equivale a 2,60% do território paranaense e drena parte dos territórios de 33 municípios de diferentes portes e com diversas atividades agropecuárias e industriais, que juntos somam uma população de aproximadamente 950 mil habitantes (ÁGUAS PARANÁ, 2015, p.12). Dentre tais municípios, Maringá é o mais populoso. A demanda de água da população e suas atividades na

bacia é amplamente atendida por águas superficiais, chegando a aproximadamente 75% (SEMA, 2013).

**Figura 1:** Localização da bacia hidrográfica do rio Pirapó no Estado do Paraná e da área urbana de Maringá na bacia



**Fonte:** Nóbrega, et al. (2015). **Adaptado por:** Zandonadi, L (2019).

Apenas a parte norte do município de Maringá (57%) se encontra dentro dos limites da bacia do rio Pirapó, totalizando uma área de 275,17 km<sup>2</sup> e, o restante, a parte sul, se encontra dentro dos limites da bacia hidrográfica do rio Ivaí. O mesmo ocorre com o perímetro urbano da cidade, porém, neste caso a maior parcela de área se concentra no setor sul.

O rio Pirapó nasce na área urbana de Apucarana, a aproximadamente 60 km de Maringá, via BR-376 ou a 50 km em linha reta), numa altitude de aproximadamente 1.000 metros, e escoar primeiramente para a direção noroeste e, na sequência, para norte, percorrendo uma extensão de 168 km até a sua foz, no rio Paranapanema, na divisa com o Estado de São Paulo, a cerca de 300 metros de altitude, no município de Jardim Olinda. Contribuem para a bacia aproximadamente 60 tributários diretos, não se levando em conta os pequenos riachos. O rio Bandeirantes do Norte é seu maior afluente e tem sua nascente no município de Arapongas, a aproximadamente 65 km de Maringá, via BR-376 ou a 51 km em linha reta) e possui uma extensão de 106 km. Ao todo, a bacia hidrográfica do rio Pirapó drena aproximadamente 5.098,10 Km<sup>2</sup> (Texto adaptado de Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos - SEMA, 2013).

## *Características climáticas de Maringá e da bacia hidrográfica do rio Pirapó*

De acordo com a classificação climática de Köppen e apresentada pelo Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR, 2019), o tipo climático da cidade de Maringá é o Cfa (Clima subtropical, com verão quente. As temperaturas são superiores a 22°C no verão e com mais de 30 mm de chuva no mês mais seco).

Cortada pela linha imaginária do Trópico de Capricórnio a cidade de Maringá tem na sua dinâmica climática as influências tanto de sistemas atmosféricos com características tropicais quanto subtropicais. Tais particularidades climáticas fazem com que a mesma seja marcada, muitas vezes ao ano, por intensas variabilidades atmosféricas que podem promover situações de eventos climáticos mais intensos e com impactos diretos para a população.

A posição latitudinal da cidade ainda a privilegia com a passagem de sistemas frontais que atuam o ano todo, com mais intensidade nos períodos de outono e inverno e associados às maiores frequências de passagens de massas polares neste período, sendo o ritmo das chuvas destas estações reguladas por estas frentes. Na primavera e no verão tais sistemas frontais podem se conectarem com os canais de umidade da região amazônica, podendo gerar chuvas muito mais persistentes e volumosas e que, por vezes, trazem consequências negativas, seja para o meio urbano ou rural do município maringaense.

É uma região também muito regada por chuvas convectivas, devido ao intenso aquecimento basal do interior do continente onde a mesma se localiza e que ocorrem principalmente durante os meses mais quentes, mas, podendo também serem registradas em quaisquer épocas do ano. Estas, apesar de caírem de forma mais isolada e rápida, em geral são bastante volumosas, uma característica que tem se intensificado em várias partes do planeta em função do aquecimento global.

Por outro lado, todo esse dinamismo climático e, principalmente a variabilidade pluviométrica, são também responsáveis pela existência e manutenção do regime hídrico das diversas bacias hidrográficas da região, em especial a do rio Pirapó, fonte de abastecimento e consumo de água da cidade de Maringá (O DIÁRIO, 2011).

De acordo com Ribeiro (1987), o clima da bacia apresenta um ritmo termopluiométrico marcado pela irregularidade interanual, com verões sempre chuvosos e invernos quase sempre úmidos, porém, apresentando um ou dois meses secos. Há o controle orográfico da temperatura e da precipitação, sendo que as cabeceiras da bacia apresentam temperaturas mais brandas e totais pluviométricos mais elevados que os setores mais baixos da bacia, onde as temperaturas são mais elevadas e os totais anuais de precipitação menores, porém, mais concentrados.

Segundo Galiani, Baldo e Dziubate (2011) a maior precipitação média mensal refere-se ao mês de janeiro, ultrapassando os 200 mm, enquanto que o mês de agosto possui o menor índice de pluviosidade, com pouco mais de 50 mm. A distribuição da precipitação na bacia apresenta grande irregularidade no tempo e espaço, sendo que a estação mais chuvosa é o verão e a mais seca é o inverno.

Terassi e Silveira (2013) utilizaram o sistema classificatório de Nimer e Brandão (1985) para caracterizar o clima da bacia do rio Pirapó e, de modo geral, observaram que as áreas situadas à jusante são as que apresentam as maiores médias térmicas e os menores totais pluviométricos, que se somados atribuem a essa área os maiores riscos de eventos de estiagem, sobretudo no período de inverno. Inversamente, a porção à montante detém os maiores totais pluviométricos, com uma distribuição pluviométrica mais regular, além de menores médias térmicas, apresentando assim menor vulnerabilidade aos períodos de deficiência hídrica.

### **Materiais e metodologias utilizadas**

Para se alcançar um entendimento do problema aqui abordado, foram levantados dados diários de chuvas de 9 postos pluviométricos da rede do Instituto das Águas do Paraná

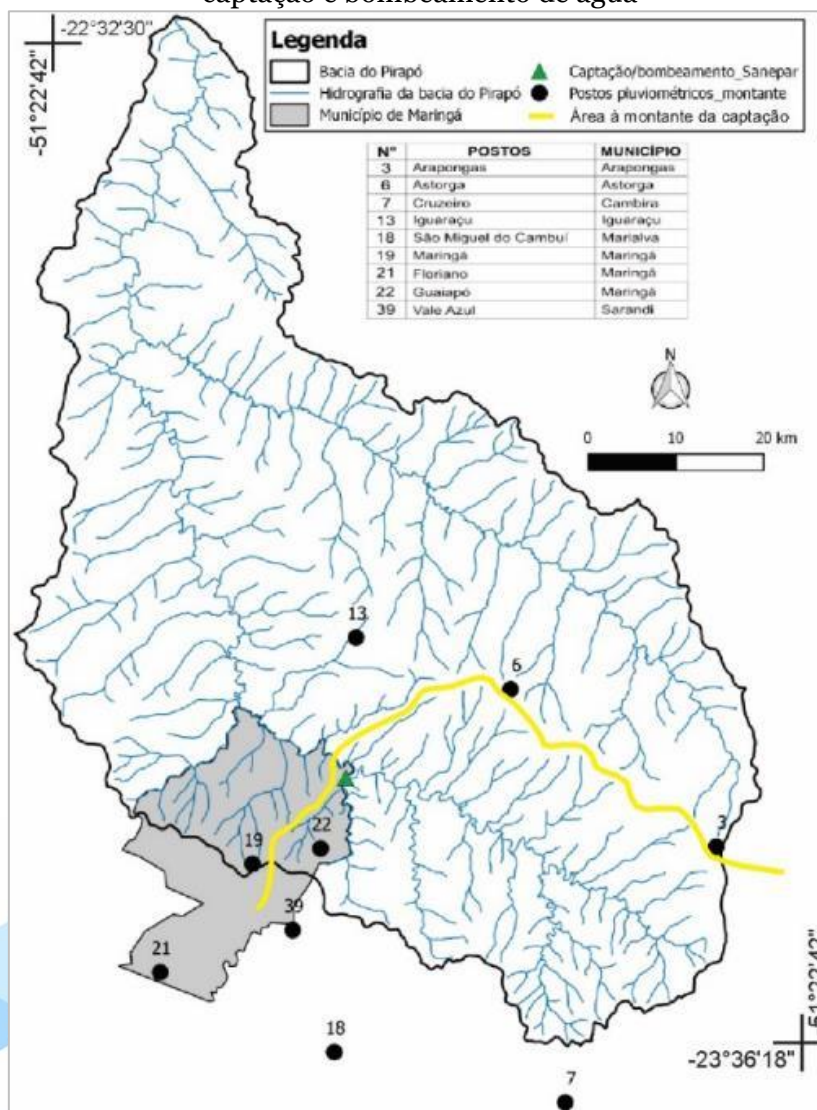
(AGUAS PARANÁ, 2017), ambos localizados em 8 municípios diferentes e que fazem parte da bacia hidrográfica do rio Pirapó, sendo 3 destes postos situados no município de Maringá (Quadro 1 e Figura 2).

**Quadro 1:** Características geográficas dos postos pluviométricos analisados

Nº	Postos	Município	Código	Latitude	Longitude	Alt. (m)
3	Arapongas	Arapongas	2351048	-23° 24' 00"	-51° 25' 59"	793
6	Astorga	Astorga	2351051	-23° 14' 14"	-51° 39' 41"	572
7	Cruzeiro	Cambira	2351043	-23° 39' 46"	-51° 36' 09"	601
13	Iguaraçu	Iguaraçu	2351050	-23° 10' 59"	-51° 49' 59"	581
18	São Miguel do Cambuí	Marialva	2351029	-23° 36' 35"	-51° 51' 36"	372
19	Maringá	Maringá	2351013	-23° 25' 00"	-51° 57' 00"	542
21	Floriano	Maringá	2352055	-23° 31' 35"	-52° 03' 13"	424
22	Guaiapó	Maringá	2351045	-23° 24' 00"	-51° 52' 26"	584
39	Vale Azul	Sarandi	2351044	-23° 29' 02"	-51° 54' 20"	504

Fonte: Zandonadi, L. (2019).

**Figura 2:** Localização dos postos pluviométricos em relação à área à montante do setor de captação e bombeamento de água



Fonte: Zandonadi, L. (2019).

A seleção dos postos acima elencados foi realizada considerando-se apenas aqueles localizados à montante ou próximos da área de captação de água da empresa que controla tal serviço, no caso a Companhia de Saneamento do Paraná - Sanepar, pois o objetivo era verificar os volumes de águas caídas nas áreas acima da área de captação, podendo contribuir para o processo de transbordamento do rio naquele local, e não após a sua localização, pois estas águas colaborariam pouco para o evento de enchente do rio no ponto de interesse da análise.

Posteriormente, houve ainda a seleção daqueles postos que apresentaram séries históricas correspondentes com o período de implantação da área de captação de água no local estudado, ou seja, a partir do ano de 1980 e se estendendo até o momento do episódio de chuva extrema registrado em janeiro de 2016, mais especificamente entre os dias 11 e 12 daquele mês. A escolha desta série histórica é justificada pela garantia de que o período de análise dos dados pluviométricos dos postos escolhidos coincidissem com o período em que a empresa assumiu os serviços de captação e abastecimento de água da cidade e, portanto, com condições técnicas e detalhadas de acompanhamento das informações pluviométricas e fluviais da bacia.

Com o período de análise dos dados definido para cada um dos 9 postos, foram verificados os valores máximos diários de chuvas de toda a série histórica (janeiro de 1980 a janeiro de 2016) na intenção de identificar se os volumes registrados durante o evento de 2016 foram realmente extraordinários do ponto de vista climatológico.

Foram identificados também, em toda a série histórica, os meses do ano em que tais valores elevados de chuvas ocorreram, objetivando saber se o mês de janeiro é realmente um período de risco mais elevado.

Em seguida, verificou-se as tendências de aumento ou de diminuição histórica das chuvas diárias para cada mês de todos os 9 postos pluviométricos, visando-se compreender se tais tendências poderiam servir de base para um monitoramento de longo prazo e uma tomada de decisão por parte da empresa.

Foram analisados os históricos de El Niños intensos e as condições de atuação do evento de 2015/16 para se compreender a real participação deste nos valores extremos de chuvas que culminou na inundação ocorrida em janeiro de 2016.

Por fim, foram analisadas cartas sinóticas e imagens de satélites dos dias que antecederam o episódio e também do próprio dia dos registros das chuvas extremas que culminaram para o evento de inundação, visando-se compreender se havia como a empresa ser alertada de modo antecipado.

Os tratamentos estatísticos dos dados necessários para as análises, tais como cálculos dos totais de chuvas, frequências de ocorrências, médias, etc., bem como os gráficos, quadros e tabelas, foram realizados através de planilhas do software *Microsoft Excel 2016*.

Os mapeamentos foram realizados com o software *QGIS* versão 2.18.4.

## **Discussão dos resultados**

### *O local da inundação e as condições ambientais relacionadas*

Numa primeira análise, em relação ao episódio de chuva extrema envolvendo a população de Maringá, deve-se considerar que, uma vez instalados o setor de captação e bombeamento no local onde a mesma se encontra atualmente, entende-se que era necessário um monitoramento e uma avaliação contínua das chuvas caídas historicamente ao longo de toda a bacia do rio Pirapó, em especial à montante do local atual de captação, através da observação dos dados de diversos postos pluviométricos, visto que o regime fluviométrico do rio pode ser diretamente influenciado pelas águas das chuvas que caem ao longo de toda essa área acima e não somente por um único ponto ou subárea da mesma, como uma micro bacia, por exemplo.

Tais requisitos são ainda mais relevantes e essenciais na medida em que se percebe o intenso grau de alterações antrópicas a que foi imposta a bacia hidrográfica ao longo das



últimas décadas, principalmente a partir de 1980 que, inclusive, foi o ano da implantação da subestação de captação e bombeamento de água da empresa naquele local. Portanto, compreende-se que ignorar tais condições ao longo das décadas que se seguiram seja também assumir os riscos meteorológicos e climáticos ora associados, em especial os de variabilidade dos extremos pluviométricos.

Já no ano de 2001, Cassaro e Carreira alertavam para os riscos que a degradação ambiental que acometia a bacia do rio Pirapó poderia gerar para a captação de água. Alguns destes riscos apontados estavam relacionados a: emissões de efluentes líquidos contaminantes próximos das nascentes, muitas delas em áreas urbanas; chorume de lixões como no caso da cidade de Apucarana; assoreamento em diversos pontos; a intensa predominância de áreas agricultáveis ao longo das margens do rio e a ausência de matas ciliares em diversos setores, incluindo neste caso o próprio local de instalação da área de captação e bombeamento da Sanepar.

Atualmente, muitos dos problemas citados acima ainda persistem e até mesmo foram intensificados. No caso das matas ciliares houve ligeira melhora nos trechos do rio próximos da área de captação (Figura 3), mas existem muitos locais em que a ausência da vegetação ainda é total ou insuficiente, não estando de acordo com as leis vigentes para cursos hídricos deste porte.

**Figura 3:** Vista aérea da área de captação e bombeamento da Sanepar, do intenso uso do solo e da ausência de mata ciliar em alguns trechos do rio no ano de 2019



**Fonte:** Google Earth (2019). **Adaptação:** Zandonadi, L. (2019).

Especificamente, com relação às causas de enchentes e inundações, Freitas e Ximenes (2012, p. 1602) afirmaram que ambas podem ser atribuídas a fenômenos ou eventos naturais ou ainda às atividades humanas. Do ponto de vista natural, as cheias estão relacionadas a causas atribuídas aos fenômenos e eventos como: mudanças climáticas, aquecimento global, chuvas intensas e localizadas, furacões e ciclones, monções, derretimento intensivo de neve e geleiras, tsunamis e a Oscilação Sul - El Niño. Já as causas atribuídas às atividades humanas, também podem desencadear fenômenos semelhantes como: descarte de lixo de maneira inadequado, impermeabilizações de áreas urbanas, intensificação da agricultura, construções de barragens e hidrelétricas, desmatamento e erosão do solo.

Assim, tendo como referência as informações apontadas acima, pode-se considerar que a origem de uma enchente ou inundação pode advir de uma única causa ou através da conexão de várias delas, o que demanda um planejamento e um monitoramento ainda mais detalhado das atividades a serem implantadas. E do ponto de vista hidro-climatológico, pode-se considerar, neste caso, que as condições mencionadas por Cassaro e Carreira para a bacia do Pirapó são fatores agravantes, uma vez que o tipo de uso do solo existente na área, aliado à ausência de matas ciliares e o intenso assoreamento do rio principal, podem aumentar os riscos de tais desastres. E no caso em particular da área de captação e bombeamento da Sanepar para a cidade de Maringá, há ainda um outro agravante, que é o fato destas instalações terem sido alocadas em área da planície de inundação natural do rio, às suas margens, como foi possível de se observar através da figura 3 e agora também por meio das figuras 4 e 5, a seguir.

**Figura 4:** Localização do sistema de captação de água (à direita) implantado em área da planície de inundação, às margens do rio Pirapó



**Fonte:** Silva, J. de P. (março de 2016).

**Figura 5:** Localização do prédio com as bombas de recalque posicionada no talude da margem esquerda do rio Pirapó



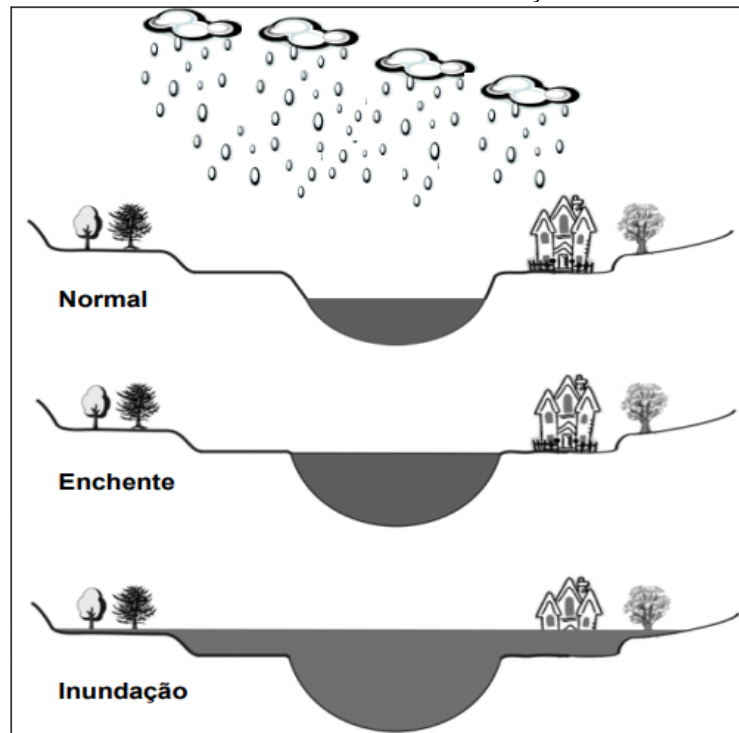
**Fonte:** Silva, J. de P. (março de 2016).

Frise-se, ademais, que a Estação de Captação foi edificada em Área de Preservação Permanente (APP), anexa à margem do Rio Pirapó, contrariando o Novo Código Florestal (Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012), de forma a desafiar permanentemente a área de planície de inundação, faixa de terra contígua à calha em relação à qual é possível e esperado o extravasamento ocasional das águas fora do canal fluvial.

Denomina-se planície de inundação aquelas áreas alagáveis continentais, adjacentes à calha fluvial dos rios. Contudo, sua expressividade espacial é normalmente notada em todos os tipos de rios, isto é, desde pequeno até de grande porte. A origem dessa planície é resultante da dinâmica fluvial dos rios. Desse modo, a planície de inundação guarda relações fisiológicas muito estreitas com o rio que lhe deu origem. Portanto, a análise desse ambiente deve ser integrada, tendo em foco a associação entre estes componentes, denominado de sistema rio-planície de inundação.

Quando as águas de um rio se elevam até a altura de suas margens, mas sem transbordar nas áreas adjacentes, diz-se que ocorreu uma enchente (Figura 6), porém, a partir do momento em que as águas transbordam em relação a essas margens, ocorre a inundação (GOERL E KOBİYAMA, 2005).

**Figura 6:** Elevação do nível de um rio provocada pelas chuvas, do nível normal até a ocorrência de uma inundação



**Fonte:** Goerl e Kobiyama (2005).

Segundo Kron (2002) *apud* Goerl e Kobiyama (2005), a partir do transbordamento de um rio podem ocorrer diversos tipos de inundações, sendo que os tipos mais comuns são as inundações costeiras, graduais e as bruscas. Citam ainda que

Enquanto a primeira é relacionada ao local específico, isto é, a zona costeira, as duas últimas estão ligadas à velocidade do próprio fenômeno e podem ocorrer em quaisquer locais. As inundações graduais são aquelas que, como o próprio nome diz, ocorrem gradualmente, ou seja, a elevação do nível das águas e o conseqüentemente transbordamento ocorrem lentamente. As inundações bruscas são aquelas que ocorrem repentinamente, com pouco tempo de alarme e alerta para o local de ocorrência.

Ao considerarmos, portanto, os apontamentos acima e também analisarmos a figura 7, a seguir, chega-se à conclusão de que o episódio ocorrido em janeiro do ano de 2016 é, de fato, caracterizado como sendo de inundação.

Pela localização em que foram instalados os maquinários tanto para a captação quanto para o bombeamento de água, bem como pelas condições ambientais do local, é possível prever, portanto, que era iminente o risco de uma inundação e que a ocorrência de tal evento seria apenas uma questão de tempo.

E, se forem analisados os aspectos climáticos atuais do planeta e também da região nas últimas décadas, principalmente no que tange aos impactos das mudanças climáticas associadas ao aquecimento global e, ainda, as condições meteorológicas dos dias que

antecederam e também do momento em que tal episódio de inundação foi registrado, verifica-se que a iminência do risco aqui discutido se torna ainda mais inquietante, por se entender que um monitoramento mais adequado e rotineiro deveria ser levado em conta neste tipo de atividade, ou seja, o da captação de água para abastecimento tendo como fonte principal um determinado rio ou bacia hidrográfica.

**Figura 7:** Área de captação e bombeamento da Sanepar completamente inundada no município de Maringá



**Fontes:** G1 - GLOBO (2016b); MARINGÁ POST (2017); LAUROBARBOSA.COM (2016).

### *A inundação e as questões climato-meteorológicas associadas*

Na ocasião de um aquecimento global, não podemos ignorar o fato de que os eventos extremos associados ao clima deverão, e estão, se tornando cada vez mais intensos, como tem sido demonstrado por diversas pesquisas em várias regiões do planeta. Neste sentido, tais implicações já vêm sendo alertadas há vários anos por entidades responsáveis por estudos climáticos e já foram, inclusive, apontadas em relatórios do *Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC*, uma organização político-científica criada em 1988 pela Organização das Nações Unidas - ONU. O *IPCC* já produziu cinco relatórios (*IPCC*, 2019) de estudos avançados sobre o aquecimento global, apontando suas causas, efeitos e riscos para o meio ambiente e a sociedade, bem como as medidas a serem tomadas para se tentar mitigar os impactos associados.

Segundo o Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC, 2019), o primeiro relatório do *IPCC* foi publicado no ano de 1990 e o último em 2014, ambos sendo denominados de: Primeiro Ciclo de Avaliação (AR1 - outubro de 1990); Segundo Ciclo de Avaliação (AR2 - junho de 1996); Terceiro Ciclo de Avaliação (TAR - outubro de 2001); Quarto Ciclo de Avaliação (AR4 - setembro de 2007); Quinto Ciclo de Avaliação (AR5 - outubro de 2014); e, atualmente, está em fase de produção o Sexto Ciclo de Avaliação (AR6), que tem

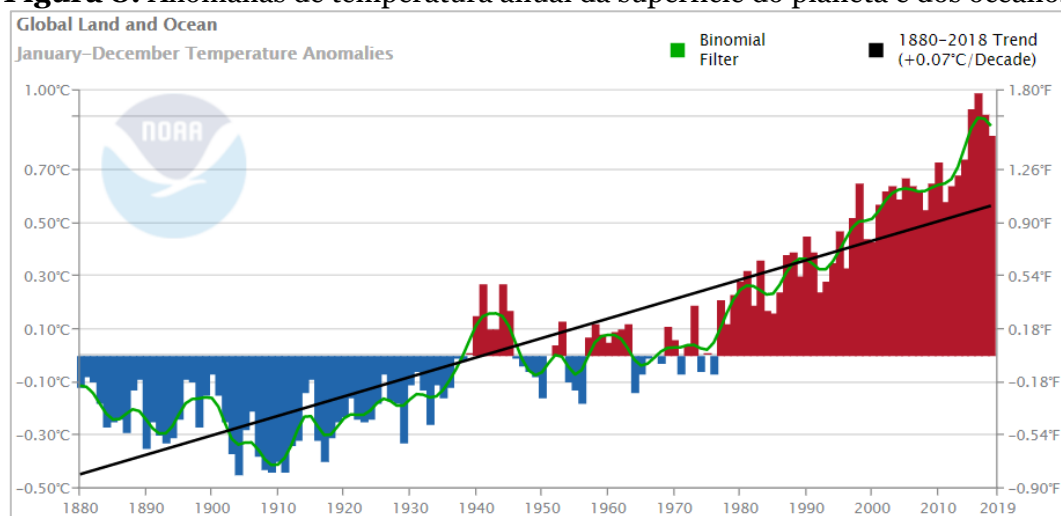
prazo para ser lançado na sua versão final em junho de 2022, mas já tendo publicado relatórios parciais nos anos de 2018 e 2019.

De modo geral, um dos principais alertas em relação ao aquecimento global é justamente o fato de que temperaturas mais altas tenderão a provocar eventos climáticos cada vez mais intensos, sobretudo aqueles relacionados à precipitação pluvial, seja para a sua intensa redução ou para o seu expressivo aumento, de acordo com cada região do planeta. E no caso das chuvas extremas, os relatórios do IPCC indicam ainda que em virtude do expressivo aumento dos processos convectivos, elas tenderão a ser cada dia mais frequentes e concentradas no tempo e no espaço, como de fato se tem registrado em diversas partes do globo terrestre, incluindo-se o Brasil.

Além da temperatura do ar, o aquecimento global tem potencial de elevar também as temperaturas oceânicas (Figura 8), numa resposta que se propaga como uma via de mão dupla, em que a atmosfera projeta suas alterações nos oceanos, os quais projetam de volta as suas transformações e, a partir daí uma série de mudanças podem ocorrer, tanto nos padrões das circulações das correntes marítimas quanto da atmosfera.

Tais dados, apresentados pela *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA, 2019a), demonstram que há nitidamente um período mais frio que se inicia um pouco antes de 1880 e vai até o final da década de 1930. A partir de então ocorre certa regularidade, com anos mais frios intercalando-se com outros mais quentes, do início da década de 1940 até o final da década de 1970 e, a partir de 1980, o que se vê é um aumento contínuo e mais agressivo das temperaturas. Há uma tendência de aumento de  $0,07\text{ }^{\circ}\text{C}$  por década nas temperaturas da superfície terrestre e também oceânica, totalizando aproximadamente  $1\text{ }^{\circ}\text{C}$  de aumento nos 139 anos da série histórica.

**Figura 8:** Anomalias de temperatura anual da superfície do planeta e dos oceanos



Fonte: NOAA (2019a).

Tendo em vista as relações intrínsecas existentes entre os oceanos e a atmosfera, é notável considerar que os volumes extremos de chuvas registrados em algumas regiões eventualmente estejam associados a fenômenos climáticos de escalas planetárias e que têm suas origens nas superfícies destes oceanos, como são os casos do El Niño e La Niña, sendo que o primeiro é o responsável por forte aumento das temperaturas e das chuvas em toda a região sul do Brasil e pode ter atuação que se prolonga por vários meses.

Os registros indicam que foi exatamente o que ocorreu a partir do final do ano de 2014, quando um El Niño começou a se formar no Oceano Pacífico Tropical, se estendendo por todo o ano de 2015 e atingindo seu pico de intensidade no final daquele ano e início do ano seguinte. O ciclo de vida do evento se encerrou em maio de 2016 (Quadro 2) e se estendendo, portanto,

por 19 meses, o que o configura como o mais duradouro desde 1950, quando se iniciou o monitoramento por agências especializadas.

**Quadro 2:** Índice Oceânico Niño - ONI para o período de 2013 a 2016 evidenciando a intensidade e duração do El Niño de 2015-2016

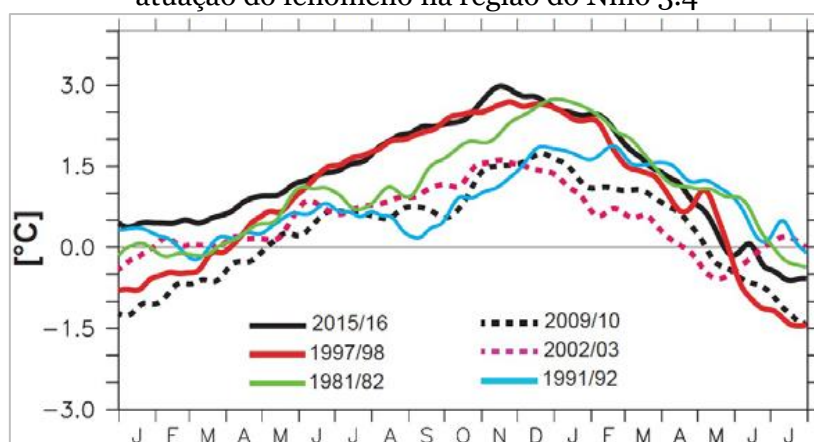
Year	DJF	JFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDJ
2013	-0.4	-0.3	-0.2	-0.2	-0.3	-0.3	-0.4	-0.4	-0.3	-0.2	-0.2	-0.3
2014	-0.4	-0.4	-0.2	0.1	0.3	0.2	0.1	0.0	0.2	0.4	0.6	0.7
2015	0.6	0.6	0.6	0.8	1.0	1.2	1.5	1.8	2.1	2.4	2.5	2.6
2016	2.5	2.2	1.7	1.0	0.5	0.0	-0.3	-0.6	-0.7	-0.7	-0.7	-0.6

**Nota:** Períodos quentes (vermelhos) e frios (azuis) com base em um limiar de +/- 0,5 °C para o Índice Oceânico Niño - ONI (média mensal de três meses de anomalias do ERSST.v5 SST na região Niño 3.4 (5°N -5°S e 120° -170° W), com base em períodos básicos de 30 anos, atualizados a cada 5 anos.

**Fonte:** NOAA (2019b).

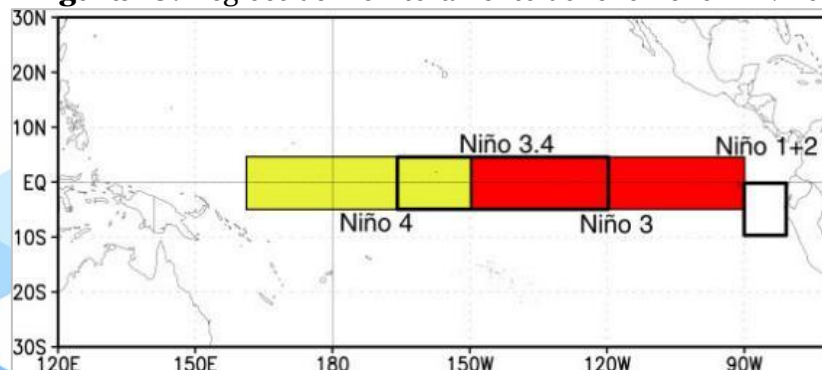
Os registros mostram que além da maior duração, o El Niño de 2015-16 alcançou um índice de aquecimento de 2,6 °C no mês de dezembro de 2015, sendo classificado também como o mais intenso já registrado, ultrapassando os índices observados anteriormente em outros anos de forte atuação do fenômeno, como em 1982-83 e 1997-98 (Figura 9) para a região do Niño 3.4 (Figura 10). Até então, os eventos destes três anos foram os únicos classificados como muito fortes, em uma escala definida como: Fraco (de 0,5 a 1,0 °C de aquecimento); Moderado (de 1,0 a 1,5 °C de aquecimento); Forte (de 1,5 a 2,0 °C de aquecimento); e Muito Forte (acima de 2,0 °C de aquecimento).

**Figura 9:** Comparação do índice de severidade do El Niño 2015-16 com outros anos de atuação do fenômeno na região do Niño 3.4



**Fonte:** Iskandar et al. (2018).

**Figura 10:** Regiões de monitoramento do fenômeno El Niño



**Fonte:** NOAA (2019c).

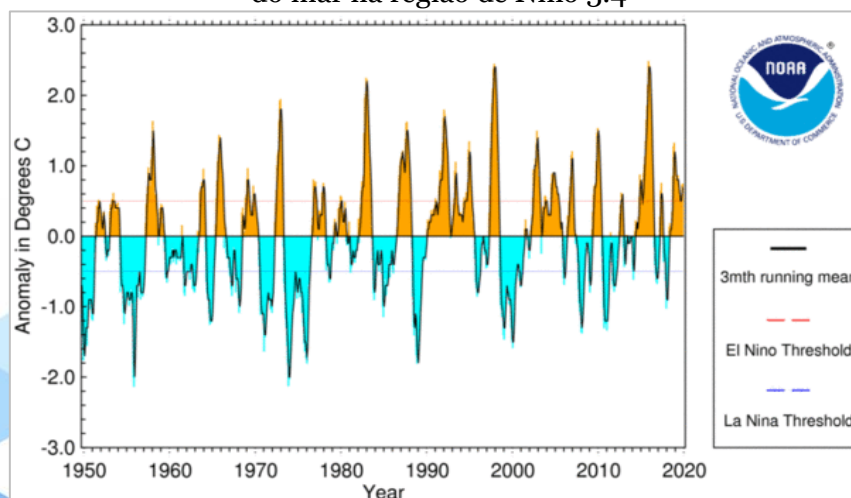
Conjuntamente, os dados da figura 8, do quadro 2 e da figura 9 nos evidenciam ainda que os três eventos de El Niño de intensidades muito fortes ocorreram após o período em que as temperaturas da superfície terrestre e oceânicas começaram a subir progressivamente, ou seja, a partir da década de 1980. Além disso, os dois mais intensos, o de 1997-98 e 2015-16 ocorreram após o final da década de 1990, período em que se configura o mais intenso patamar de aquecimento global.

Outro ponto possível de se analisar sobre o comportamento histórico do fenômeno El Niño e que é bem representado pela figura 9 é que o pico de intensidade sempre ocorre entre o final e o início dos anos de cada evento, coincidindo com o período de maior aquecimento das águas tropicais do Oceano Pacífico, já que a partir do início da primavera para o Hemisfério Sul e início do outono para o Hemisfério Norte (Equinócio de Primavera e de Outono) os raios solares incidem na região da linha do Equador com maior intensidade, promovendo maior absorção de energia.

Desta forma, o episódio 2015-16 do El Niño fez com que várias regiões do sul do Brasil, incluindo a de Maringá, registrassem recordes de chuvas ao longo dos mais de um ano e meio de atuação do fenômeno, principalmente durante o final de 2015 e início de 2016. Não obstante, ainda que no início de 2016 a intensidade do fenômeno já tivesse começado a diminuir, continuava muito intenso e, além disso, devido às distâncias espaciais entre a origem do fenômeno El Niño (no Pacífico Tropical) e a região sul do Brasil, os reflexos projetados na atmosfera não ocorrem de modo simultâneo, podendo os impactos serem verificados após dias ou até mesmo semanas, o que configura a necessidade de acompanhamento contínuo do desenvolvimento do fenômeno por parte dos diversos ramos de atividades, a fim de se precaver das ameaças que podem estar associadas.

E ainda, apesar de se tratar de um fenômeno climático que altera toda a normalidade da dinâmica climática de diversas regiões do planeta, o El Niño é intensivamente estudado e monitorado por entidades internacionais, como a NOAA. Assim, já são conhecidos os ciclos históricos de suas ocorrências ao longo de décadas, bem como o tempo médio de sua duração, as intensidades, os reflexos propagados na atmosfera global e os possíveis impactos associados à cada região do planeta. Além disso, tem-se percebido que nas últimas décadas houve uma diminuição no tempo de retorno do fenômeno e um significativo aumento em sua intensidade (Figura 11) que, para muitos cientistas da área, está correlacionado justamente aos recordes de temperatura associados ao aquecimento global, principalmente a partir de 1980 e, com maior intensidade, a partir dos anos 2000. Por outro lado, os eventos de La Niña têm sido cada vez menos intensos e duradouros.

**Figura 11:** Período recorde de séries temporais para anomalia na temperatura da superfície do mar na região de Niño 3.4



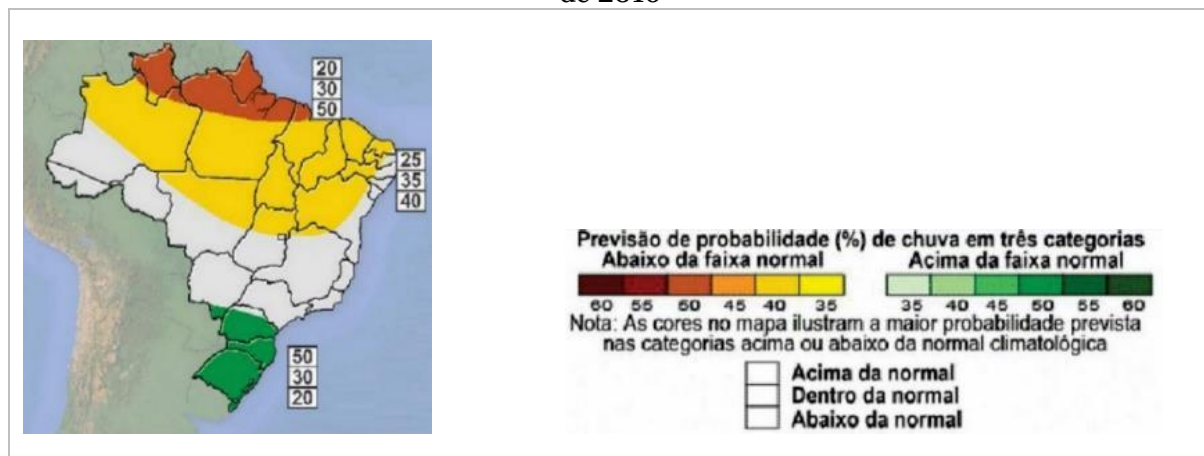
Fonte: NOAA (2019d).

Deste modo, a similaridade significativa do evento de 2015-16 com outros dois El Niños também classificados anteriormente como muito fortes, principalmente quanto aos estágios de desenvolvimento, de duração e de intensidade, reforça que tal evento se tornou recorrente e, diante do farto conhecimento e monitoramento histórico, bem como do reconhecimento e divulgação pública das informações sobre os impactos associados a tais eventos, era imprescindível e necessário que houvesse mais conhecimento destas condições e um acompanhamento mais detalhado sobre as chuvas e suas influências na bacia do rio Pirapó por parte da empresa responsável pela coleta de água, principalmente no setor à montante da área de captação, que é o mais chuvoso da bacia.

E se por um lado sabemos que o El Niño é um fenômeno que afeta intensivamente o clima da região sul do Brasil, de modo a fazer com que haja aumentos significativos de chuvas e é um fenômeno insistentemente monitorado há anos por agências renomadas na área, por outro temos os institutos e centros de previsões regionais de cada país sendo capazes de prever em curto e médio prazo sobre as possíveis mudanças na dinâmica atmosférica ocasionadas ou não por tal fenômeno e possibilitando tomadas de decisões para se evitar diversos tipos de impactos e danos à população em geral. E no que tange ao problema aqui exposto, muitos alertas foram emitidos previamente, como no caso do Boletim Prognóstico Climático (ProgClima, 2015) das chuvas para o trimestre que vai de dezembro 2015 a fevereiro de 2016 (Figura 12).

Os mapas contidos neste boletim, produzidos em novembro de 2015, indicavam que a faixa normal de precipitação acumulada historicamente para o trimestre DJF situava-se, aproximadamente, entre 400 mm e 700 mm. Indicava também que havia uma probabilidade em torno de 50 por cento de que as chuvas na região sul do Brasil pudessem exceder o valor máximo, ou seja, os 700 mm.

**Figura 12:** Prognóstico climático das chuvas para o trimestre dezembro de 2015 a fevereiro de 2016



**Fonte:** ProgClima (2015). **Adaptado por:** Zandonadi, L. (2019).

Uma vez que os registros históricos demonstram que historicamente o mês mais chuvoso na bacia do rio Pirapó é normalmente janeiro e que o El Niño 2015-16 atingiu a máxima intensidade entre dezembro e janeiro, era ao menos dedutível que os volumes de chuvas daquele período pudessem ser ainda mais elevados, mesmo que não fosse possível de se prever, de longo prazo, que as chuvas se concentrariam praticamente numa única semana ou em poucos dias.

#### *A pluviosidade durante o período pré-evento de inundação*

Após o evento catastrófico de inundação que danificou o setor de captação e bombeamento de água, ocorrido entre os dias 11 e 12 de janeiro de 2016, a empresa utilizou como referência para o acompanhamento das chuvas e para explicação das causas os dados do



posto pluviométrico Guaiapó que, sozinho, não é capaz de representar a espacialidade e temporalidade pluviométrica de toda a área à montante do setor de captação. Pesa-se, ainda, o fato de que o referido posto se encontra à aproximadamente 10 km da área problema, já praticamente dentro da área urbana da cidade de Maringá.

A empresa justificou que os volumes de chuvas registrados foram extraordinários, históricos e, portanto, imprevisíveis. Todavia, ao utilizar somente o posto pluviométrico Guaiapó como referência, tal afirmação passa a ser inconsistente, uma vez que é necessária a análise de diversos postos pluviométricos da região, principalmente à montante da área de captação e bombeamento, para se ter uma visão mais abrangente do problema.

Ainda, as possíveis mudanças históricas no fluxo de escoamento das águas pluviais, as quais dependerão também dos processos de alterações das características naturais ocorridas ao longo do tempo em toda a área da bacia, ou seja, transformações antrópicas como o desmatamento e alterações no uso dos solos, que ocorrem com a mecanização na agricultura e a urbanização, por exemplo, podem ter intensificado drasticamente o volume de água que escoou pela superfície de toda a região, e não somente na área onde se encontra o posto pluviométrico Guaiapó, alcançando o canal do rio e, assim, possibilitando cheias mais significativas.

Ao analisarmos os dados de outros postos pluviométricos (Tabela 1 - cor azul escura), percebemos que naquela ocasião o posto Guaiapó realmente apresentou volume histórico para janeiro (180,2 mm), porém, além dele, o posto de Floriano (94,0 mm), o de Maringá (137,7 mm), Astorga (158,2 mm) e o de Arapongas (285,5 mm) também registraram volumes expressivos, sendo que este último foi o que, de fato, exibiu registro histórico para a área de interesse naquele dia e que, coincidentemente, é o de maior altitude (793 metros) e o mais próximo da nascente do rio Pirapó.

**Tabela 1** – Máximos pluviométricos diários registrados em cada mês de 1980 a 2015

Posto	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Arapongas	285,5	110,1	84,5	102,0	114,5	160,5	98,5	66,2	99,3	83,2	99,4	119,1
Astorga	158,2	123,7	94,6	87,9	127,6	168,0	76,8	76,6	144,3	105,0	129,2	118,1
Cruzeiro	106,3	129,0	135,2	111,2	187,8	173,2	114,3	83,8	100,2	97,6	86,8	97,2
Iguaraçu	165,2	164,3	64,2	87,5	115,2	100,4	97,4	85,4	85,5	97,4	170,2	109,0
S. M. Cambuí	111,0	94,7	118,8	186,0	148,2	185,7	94,6	96,2	71,2	86,8	106,8	141,2
Maringá	137,7	101,2	127,2	111,2	94,4	151,5	87,2	57,6	110,6	115,9	104,8	127,3
Floriano	94,0	118,0	143,8	115,8	116,8	155,8	128,6	51,6	75,2	99,2	81,6	97,2
Guaiapó	180,2	108,7	113,4	110,2	105,6	151,9	103,5	58,2	107,9	104,8	98,9	93,5
Vale Azul	121,3	111,2	121,1	90,6	96,2	141,6	92,4	70,2	86,5	108,2	109,0	125,2

Fonte: Zandonadi, L. (2019).

A tabela 1 (cor azul clara) nos mostra ainda que o posto de Cruzeiro, o segundo com maior altimetria (601 metros) aqui analisado, já apresentou em outra ocasião (mês de maio) valor mais expressivo (187,8 mm) de chuvas do que aquele registrado no posto Guaiapó em janeiro. O mesmo ocorreu com o posto de São Miguel do Cambuí, já numa altitude mais baixa (372 metros), nos meses de abril (186,0 mm) e junho (185,7 mm), denotando a variabilidade temporal destes intensos registros. Estes dois postos têm características diferenciadas também em relação às suas localizações e, portanto, as dinâmicas climáticas atuantes podem ser distintas em algumas épocas do ano, pois estão fora dos limites da bacia do rio Pirapó, já na bacia vizinha do rio Ivaí, mais ao sul, o que faz com que sejam mais regados por chuvas intensas associadas à sistemas frontais, advindos de sul e sudoeste, gerando chuvas à barlavento do relevo mais acentuado da margem norte desta vizinha bacia.

Tais condições sugerem que o mês de janeiro pode não ser o único passível de apresentar riscos referentes à inundação e, nem mesmo o posto Guaiapó pode ser utilizado como a única explicação para o evento catastrófico ocorrido em 2016.

As discussões até aqui elencadas já demonstram, portanto, que era imprescindível o reconhecimento da realidade das chuvas caídas em toda a região à montante, e não de modo

localizado, uma vez que o maior registro diário de chuvas ocorreu justamente na área mais elevada, caso de Arapongas, além do que outras áreas da região apresentaram volumes históricos que se somaram, para aumentar de modo ainda mais significativo a vazão e o nível do rio Pirapó.

Não obstante, ao considerarmos a temporalidade dos máximos registros diários de chuvas, destaque também é dado para o mês de junho, em que valores elevados maiores do que 150 mm já foram registrados em ao menos sete dos nove postos pluviométricos. Entretanto, este não é um mês que registra altos volumes de chuvas diárias costumeiramente, já que a média das frequências de ocorrências de valores máximos diários para tal mês é de 7,4 episódios em 36 anos para os 9 postos analisados (Tabela 2).

**Tabela 2** – Frequência absoluta de ocorrência de volumes máximos diários registrados em cada mês no período de 1980 a 2015

Posto	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Σ	X
Arapongas	15	14	12	13	15	8	9	3	11	13	11	14	138	11,5
Astorga	17	19	11	13	14	11	9	3	15	16	14	20	162	13,5
Cruzeiro	12	15	18	13	17	11	7	4	9	12	12	11	141	11,8
Iguaraçu	21	20	16	14	19	10	8	8	16	16	15	21	184	15,3
S. M. Cambuí	16	20	15	10	17	12	8	4	11	14	14	13	154	12,8
Maringá	19	18	11	15	14	9	8	2	13	16	15	18	158	13,2
Florianópolis	14	19	17	11	15	13	6	3	11	14	9	15	147	12,3
Guaiapó	20	19	14	16	14	6	4	2	11	13	12	19	150	12,5
Vale Azul	18	16	19	14	15	10	8	6	8	17	13	20	164	13,7
Σ	152	160	133	119	140	90	67	35	105	131	115	151		
X	16,9	17,8	14,8	13,2	15,6	10,0	7,4	3,9	11,7	14,6	12,8	16,8		

Fonte: Zandonadi, L. (2019).

Nos postos pluviométricos à montante da área estudada são os meses de fevereiro, janeiro e também dezembro, nesta ordem, que apresentam as mais elevadas frequências absolutas (tons de azul mais escuro da tabela 2) de volumes máximos diários, com médias de 17,8 ocorrências em fevereiro, 16,9 em janeiro e 16,8 em dezembro, ou seja, são os meses mais quentes do ano, de verão, que geralmente apresentam volumes diários mais expressivos. E percebe-se novamente que o posto Guaiapó não é o que apresenta as maiores frequências de ocorrências, mas sim Iguaraçu (média 15,3), bem como Vale Azul (13,7) e Astorga (13,5), evidenciando novamente que somente o posto Guaiapó (12,5) é insuficiente para um bom planejamento ou tomada de decisão para o caso de cheias no rio Pirapó.

Ao investigarmos as tendências de ocorrências de volumes máximos de chuvas diárias de cada mês (Tabela 3) para o período de 1980 a 2015 percebemos que a maioria dos meses (63 vezes - cor azul) apresentam tendências de aumento (positivas) destes volumes mais expressivos, enquanto que 37 se apresentaram com tendências de diminuição (negativas) nos volumes e apenas 8 não apresentaram tendências de modificação ou tiveram modificação inexpressiva.

Para esta análise o mês de janeiro foi nitidamente o que apresentou maior destaque, juntamente com o mês de julho, já que ambos registraram tendências de aumento nos volumes máximos diários de chuvas em todos os nove postos analisados. Outros meses que merecem destaque são outubro, em que apenas o posto pluviométrico de Cruzeiro não apresentou alteração, e novembro, em que não houve alteração no posto de Maringá e tendência negativa para Arapongas.

Especialmente, chama a atenção o fato de que justamente o posto pluviométrico Guaiapó foi o que mais apresentou meses com tendências de aumento nos volumes máximos diários de chuvas, totalizando 9 meses. Somente no período de março a maio é que as chuvas apresentaram tendência de diminuição destes volumes. O posto Vale Azul também apresentou resultado semelhante, somente havendo a troca do mês de março pelo mês de agosto com redução dos volumes. Ambos os postos citados se encontram na área urbana da cidade de Maringá.

**Tabela 3** – Análise das tendências de ocorrência de volumes máximos diários para cada mês do período de 1980 a 2015

Posto	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Arapongas	+	+	-	=	+	-	+	+	-	+	-	-
Astorga	+	+	-	-	+	-	+	+	-	+	+	-
Cruzeiro	+	=	-	-	-	+	+	=	-	=	+	-
Iguaraçu	+	+	-	-	+	=	+	+	+	+	+	+
S. M. Cambuí	+	-	=	-	+	+	+	-	+	+	+	=
Maringá	+	+	-	-	-	-	+	+	+	+	=	-
Floriano	+	+	-	-	+	-	+	-	-	+	+	-
Guaiapó	+	+	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+
Vale Azul	+	+	+	-	-	+	+	-	+	+	+	+

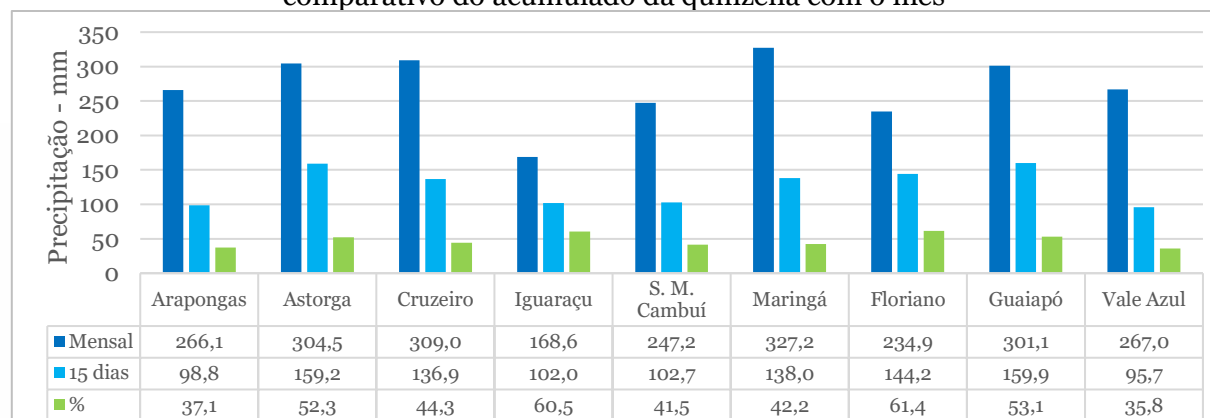
Legenda:	+	Aumento	-	Diminuição	=	Sem alteração
----------	---	---------	---	------------	---	---------------

Fonte: Zandonadi, L. (2019).

Outra questão importante a ser considerada é a disposição geográfica da bacia que, tendo o rio Pirapó escoando de sudeste-noroeste, força o direcionamento dos sistemas atmosféricos quentes e úmidos provenientes da região amazônica (vindos de noroeste) pela calha da bacia, entrando pela divisa com o Estado de São Paulo e atingindo as áreas à montante, que começa a ter o relevo mais elevado a partir de onde se encontra o sistema de captação e abastecimento, já potencializando a partir de lá os efeitos das chuvas orográficas à barlavento do relevo que vão se intensificando bacia acima. Estes sistemas atmosféricos são bastante comuns na região durante os meses de verão, principalmente em janeiro, quando as temperaturas geralmente já estão bastante elevadas, colaborando para processos convectivos mais intensos e gerando chuvas mais volumosas e que podem ser agravados em anos de intensos episódios de El Niño.

Quando os volumes diários excessivos foram registrados, entre os dias 11 e 12 de janeiro, os solos da região provavelmente já se encontravam bastante saturados, dados os registros de chuvas que já vinham ocorrendo desde o mês de dezembro (Figura 13), uma vez que mesmo os postos pluviométricos com menos chuvas já haviam registrado praticamente 100 mm apenas nos últimos 15 dias daquele mês. Ao compararmos estes volumes quinzenais com os mensais, os postos que apresentaram maiores concentrações de chuvas no período foram Floriano, Iguaraçu, Guaiapó e Astorga, ambos com mais de 50 por cento dos volumes mensais acumulados naquela segunda quinzena de dezembro. O posto Guaiapó foi justamente o que apresentou o maior acumulado de chuvas daquele período, com 159,9 mm e em todo o mês de dezembro teve registro de 301,1 mm.

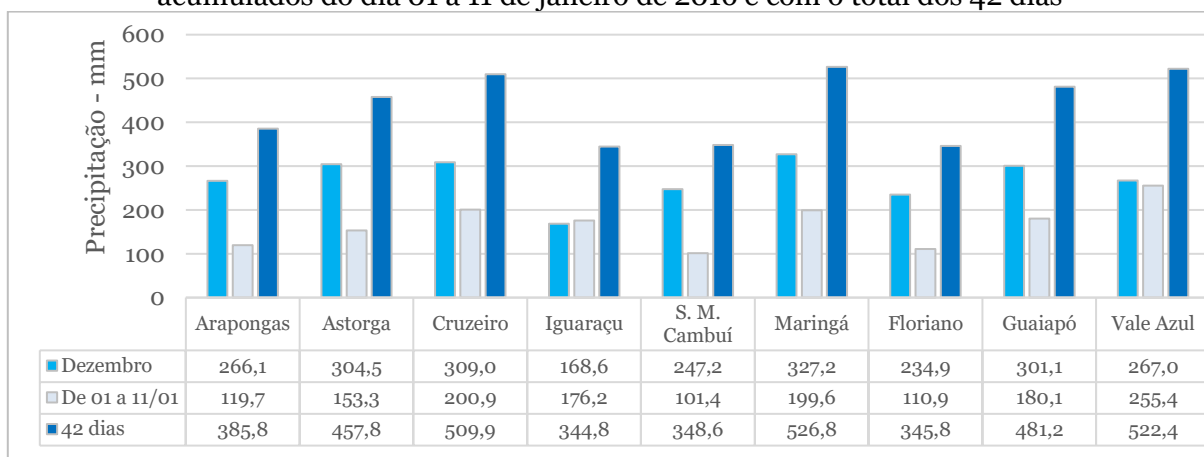
**Figura 13** – Acumulado de chuvas no mês e na última quinzena de dezembro de 2015 e comparativo do acumulado da quinzena com o mês



Fonte: Zandonadi, L. (2019).

Quando analisados os volumes de chuvas caídos nos onze primeiros dias do início do mês de janeiro de 2016 (Figura 14), percebe-se que as chuvas continuaram de forma significativa, tanto é que o posto que menos registrou chuvas nesse período foi o de São Miguel do Cambuí com 100 mm. Chama ainda mais atenção o caso dos postos com volume bem mais expressivos em tão curto período, como nos casos de Maringá (199,6 mm), Cruzeiro (200,9 mm) e Vale Azul (255,4 mm). E, somando-se as chuvas caídas desde o dia primeiro de dezembro de 2015 até o dia onze de janeiro de 2016, estes mesmos postos já haviam computado mais de 500 mm de chuvas, ou seja, um volume bastante elevado para o período e que demonstra, de fato, o quanto os solos da região já deveriam estar saturados, não conseguindo mais absorver tanta água e, portanto, passando a escoar todo o volume caído diretamente para a calha do rio Pirapó de forma bem mais intensa, elevando-se rapidamente o seu nível.

**Figura 14** – Acumulados de chuvas no mês dezembro de 2015 comparados com os acumulados do dia 01 a 11 de janeiro de 2016 e com o total dos 42 dias



Fonte: Zandonadi, L. (2019).

Praticamente toda a água proveniente destas chuvas se tornaram excedentes hídricos que passaram a escoar velozmente pela superfície à montante da bacia hidrográfica que, em diversos setores já não apresenta mais matas ciliares (ou é insuficiente) e tem uso do solo extremamente intensificado, seja pela vigorosa atividade agrícola, de pastagens ou pela urbanização, esta última com ocorrência mais expressiva principalmente nas áreas das nascentes dos afluentes do rio Pirapó ou em suas nascentes principais, como são os casos das cidades de Apucarana e também de Arapongas onde, inclusive, se encontra um dos postos utilizados nestas análises.

Soma-se a isso tudo o desnível apresentado pelas vertentes no setor à montante da área de captação e bombeamento de água, pois é a mais íngreme de toda a bacia hidrográfica. O rio Pirapó nasce no município de Apucarana, a uma altitude em torno de 820 metros, naquelas áreas mais chuvosas, percorrendo um trajeto equivalente a 85 quilômetros até chegar ao ponto de captação da Sanepar, que se encontra a aproximadamente 390 metros de altitude, configurando-se, assim, um desnível de aproximadamente 430 metros. Tal desnível, num trajeto tão curto, favorece a inundação da área de captação em dias com intensos volumes de chuvas à montante, tendo em vista o fato de que boa parte do volume de água das chuvas drenada das áreas mais elevadas tenderá a confluir na direção da área de captação e também que a obra se encontra numa seção de relevo bem mais plano que as demais áreas à montante.

#### *A pluviosidade e as condições meteorológicas do dia do evento de inundação*

Ainda que as chuvas que culminaram no evento catastrófico tenham ocorrido de forma mais extrema somente no dia doze de janeiro de 2016, percebe-se que já no dia nove começou

a chover em toda a região (Tabela 4) e que alguns postos pluviométricos apresentaram volumes consideráveis neste dia, como nos casos de Maringá (49,6 mm), Astorga (49,3 mm), Vale Azul (35,3 mm) e Iguaraçu (33,7 mm).

**Tabela 4** – Valores de chuvas diárias registrados em cada posto pluviométrico à montante da área de captação entre os dias 9 e 13 de janeiro de 2016

Posto/Dia	Arapongas	Astorga	Cruzeiro	Iguaraçu	S.M.Cambu	Maringá	Floriano	Guaiapó	Vale Azul
9	16,0	49,3	10,2	33,7	11,3	49,6	24,2	17,5	35,3
10	52,0	25,9	24,2	0,0	26,7	25,8	9,4	38,7	0,0
11	23,7	46,8	47,5	142,5	24,8	56,4	16,7	37,9	33,3
12	285,5	158,2	100,0	0,0	27,9	137,7	60,1	180,2	87,7
13	10,9	4,6	16,4	0,0	6,8	2,1	0,0	2,2	0,0

Fonte: Zandonadi, L. (2019).

No dia dez de janeiro as chuvas continuaram e com volumes ainda mais expressivos em alguns locais, como no posto Guaiapó, que registrou 38,7 mm, e também o de Arapongas, que é o mais alto e próximo da nascente do rio Pirapó, registrando 52,0 mm. Neste dia, entretanto, não foi registrada chuva nos postos de Iguaraçu e Vale Azul.

No dia onze as chuvas continuaram, agora novamente de formas mais espacializadas e também mais intensificadas, inclusive voltando a chover naquelas áreas que não haviam registros no dia anterior, com destaque para os volumes intensos registrados nos postos de Astorga (46,8 mm), de Cruzeiro (47,5 mm), Maringá (56,4 mm) e, ainda, o volume extremo registrado em Iguaraçu (142,5 mm).

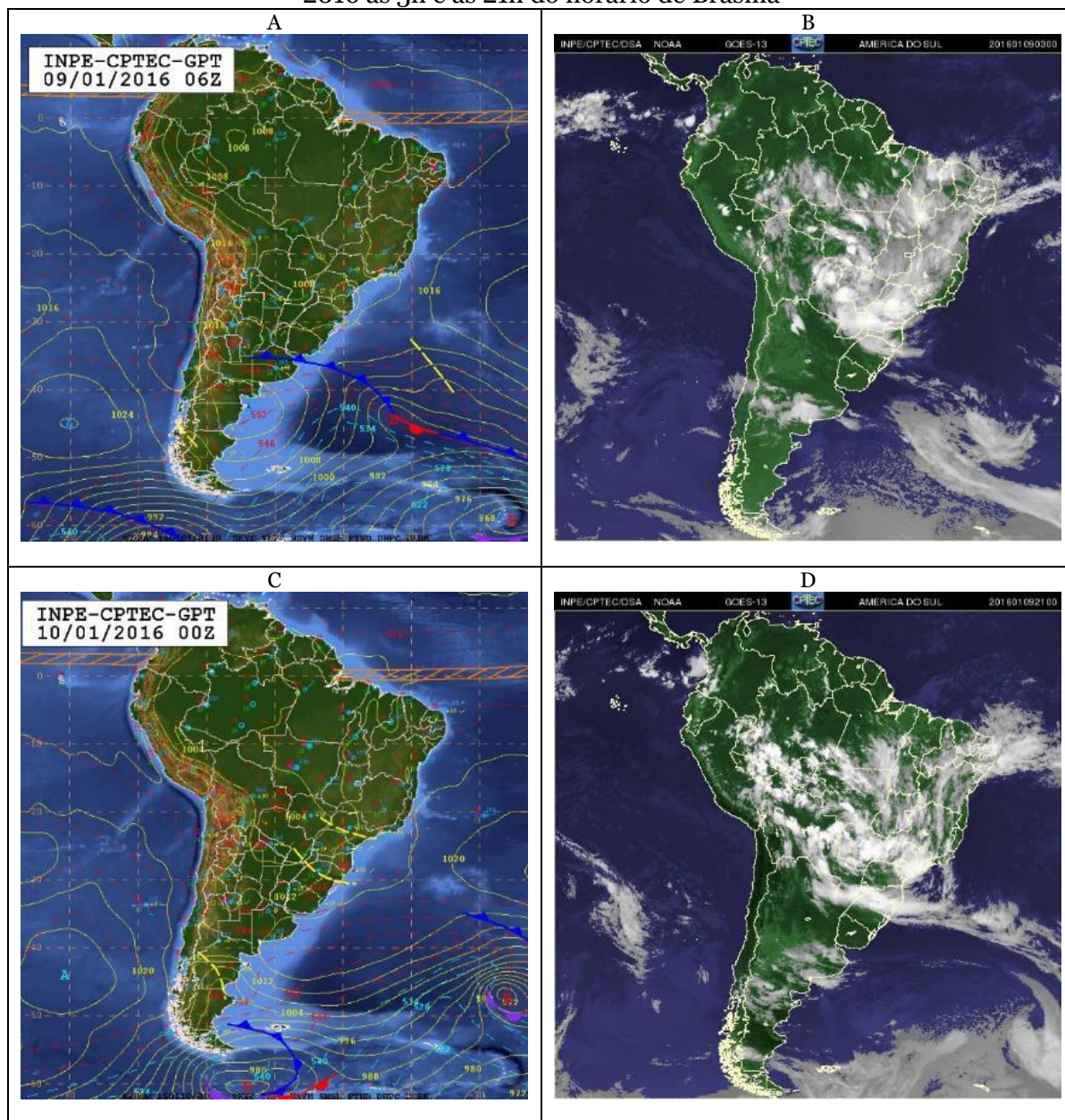
Entretanto, foi de fato no dia 12, mais precisamente durante a madrugada, que os volumes considerados extremos se generalizaram por quase toda a região, a ponto de somente o posto de Iguaraçu não apresentar chuva neste dia, mas já havendo registrado volume extremo no dia anterior. O maior destaque agora ficou por conta do posto Arapongas, na nascente do rio, com impressionantes 285,5 mm de chuvas.

Neste dia doze, em função das chuvas que já vinham caindo na região desde dezembro e, principalmente, nos últimos 3 dias, os solos de toda a região muito provavelmente já não eram mais capazes de absorver tanta umidade, fazendo com que todos os expressivos volumes caídos na superfície escoassem em direção à calha do rio Pirapó, provocando eventos de cheias e inundações naquelas áreas onde o relevo é mais plano, como ocorre na área de captação e bombeamento da empresa Sanepar.

Ao analisarmos a carta sinótica de superfície e a imagem do satélite Goes 13 (T realçada), disponibilizadas pelo Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos - CPTEC/INPE (2019a; 2019b), percebemos que já no dia 09 de janeiro de 2016, às 3h da manhã, uma área de baixa pressão (Figura 15 A) se estendia da região Amazônica até ao sul do Brasil. Com a alta umidade predominando e a aproximação de uma frente fria pelo sul do continente sul-americano, intensos aglomerados de nuvens (Figura 15 B) se formaram sobre os estados do Paraná e de São Paulo.

No período da noite daquele mesmo dia já se observava a frente fria com ramo apenas pelo Oceano Atlântico (Figura 15 C), porém, havia a presença de dois cavados sobre o continente, um posicionado sobre o norte do Rio Grande do Sul e o outro sobre o estado de São Paulo, próximo ao Paraná. A dinâmica e movimentação destes sistemas deixou a atmosfera bastante instável nestas regiões naquele dia (Figura 15 D).

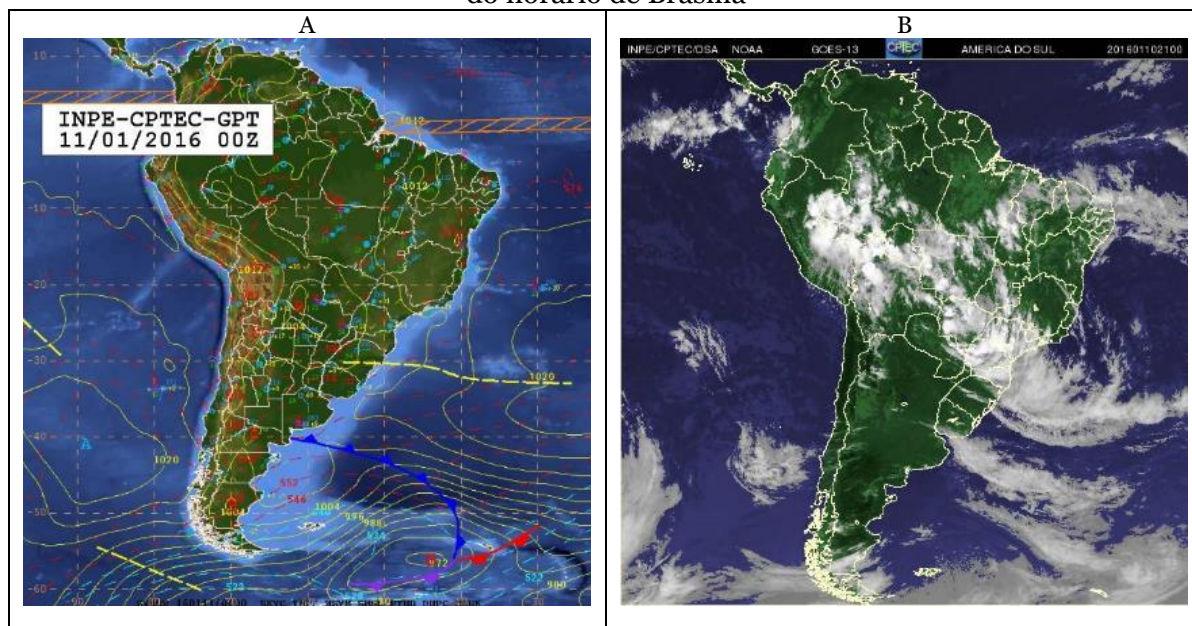
**Figura 15** – Cartas sinóticas (A e C) e imagens de satélite (B e D) do dia 09 de janeiro de 2016 às 3h e às 21h do horário de Brasília



Fonte: CPTEC/INPE, 2019a; 2019b. Adaptado por: Zandonadi, L. (2019).

No final do dia dez de janeiro, às 21h do horário de Brasília (Figura 16 A), exatamente vinte e quatro horas depois, era possível perceber que um dos dois cavados do dia anterior já não existia mais, porém, aquele centrado sobre o Rio Grande do Sul ganhou força e extensão, agora se estendendo desde este estado até ao interior do Oceano Atlântico, atraindo ainda mais umidade para a região devido a maior articulação do canal de ligação amazônico, mantendo a alta instabilidade em todo o Paraná (Figura 16 B).

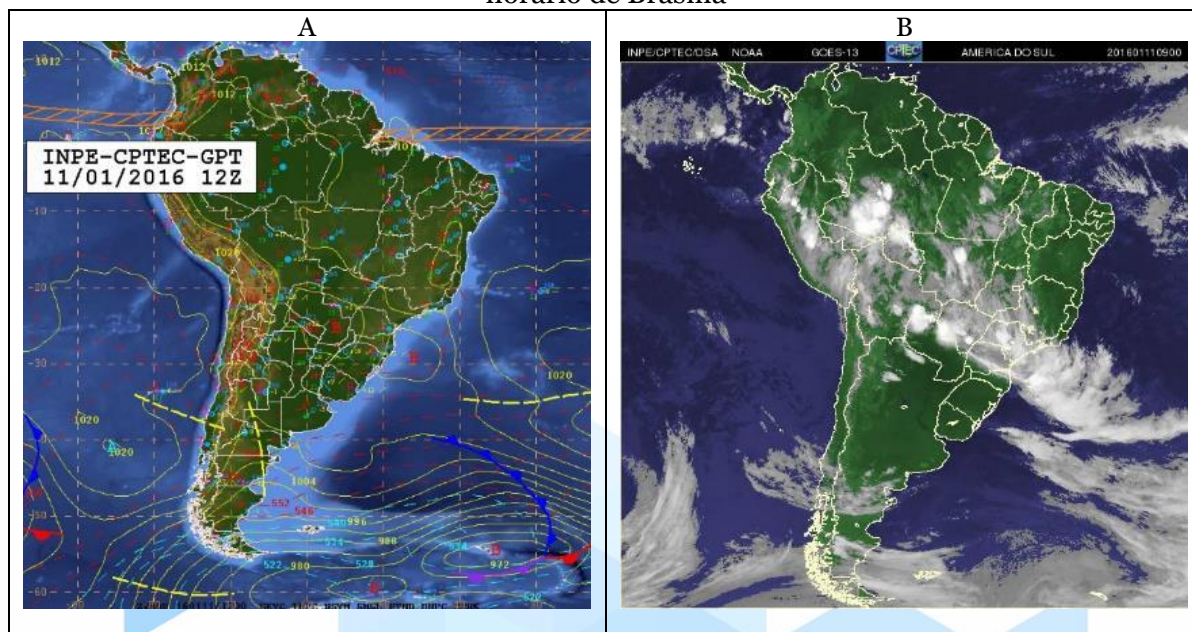
**Figura 16** – Carta sinótica (A) e imagem de satélite (B) do dia 10 de janeiro de 2016 às 21h do horário de Brasília



**Fonte:** CPTEC/INPE, 2019a; 2019b. **Adaptado por:** Zandonadi, L. (2019).

A partir das 9h do dia 11 de janeiro observou-se que, além do centro de baixa pressão com centro sobre o Paraguai que se estendia em direção ao Paraná, havia outro centro de baixa no Oceano Atlântico, no litoral da região sul do Brasil, que contribuiu ainda mais para a incursão de calor e umidade desde a região Amazônia até o Oceano, passando por praticamente todo o estado do Paraná (Figura 17 A). A redução da nebulosidade sobre boa parte do estado (Figura 17 B) foi algo momentâneo, se tornando mais expressiva ao longo do dia.

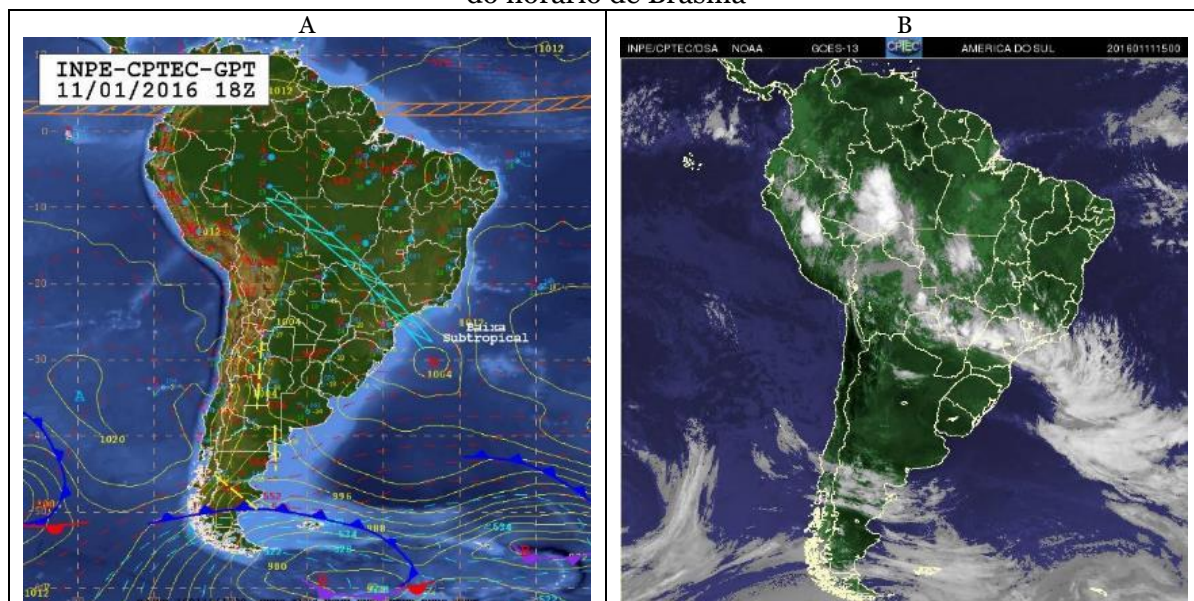
**Figura 17** – Carta sinótica (A) e imagem de satélite (B) do dia 11 de janeiro de 2016 às 9h do horário de Brasília



**Fonte:** CPTEC/INPE, 2019a; 2019b. **Adaptado por:** Zandonadi, L. (2019).

A carta sinótica das 15h (Figura 18 A) indicou que apesar de se afastar para o litoral, houve a intensificação daquele centro de baixa pressão com núcleo no Oceano Atlântico e, ainda, seu centro adquiriu pressão mínima abaixo de 1004 hPa, sendo classificada como área de Baixa Subtropical. O afastamento do litoral favoreceu a estabilidade atmosférica nas regiões ao sul do Paraná, porém, houve intensificação na região norte devido ao seu alinhamento com o canal de umidade proveniente da Amazônia, favorecendo ainda mais as condições de instabilidade da atmosfera devido ao surgimento da Zona de Convergência de Umidade - ZCOU. Nestas condições, muitas células convectivas intensas começaram a se formar sobre a região norte do estado (Figura 18 B).

**Figura 18** – Carta sinótica (A) e imagem de satélite (B) do dia 11 de janeiro de 2016 às 15h do horário de Brasília



Fonte: CPTEC/INPE, 2019a; 2019b. Adaptado por: Zandonadi, L. (2019).

Durante a noite do dia 11 as células convectivas se intensificaram, ainda que tenha havido um leve deslocamento da ZCOU para nordeste (Figura 19 A). O canal de umidade (Figura 19 B) foi impulsionado devido à evolução e a intensificação do centro de pressão oceânico, que anteriormente havia sido classificado como Baixa Subtropical e agora evoluiu para o status de Ciclone Subtropical (Figura 19 A).

É importante salientar que a ZCOU tem um comportamento similar ao da Zona de Convergência do Atlântico Sul - ZCAS, porém com menor intensidade. Ambas são descritas pelo CPTEC/INPE (2019c) como sendo

uma região de convergência de umidade em baixos e médios níveis que ocorre em uma faixa orientada de nordeste para sudeste atravessando o Brasil. Geralmente esta região está associada com abundante nebulosidade e precipitação [...] e ocorre entre os meses de outubro a abril.

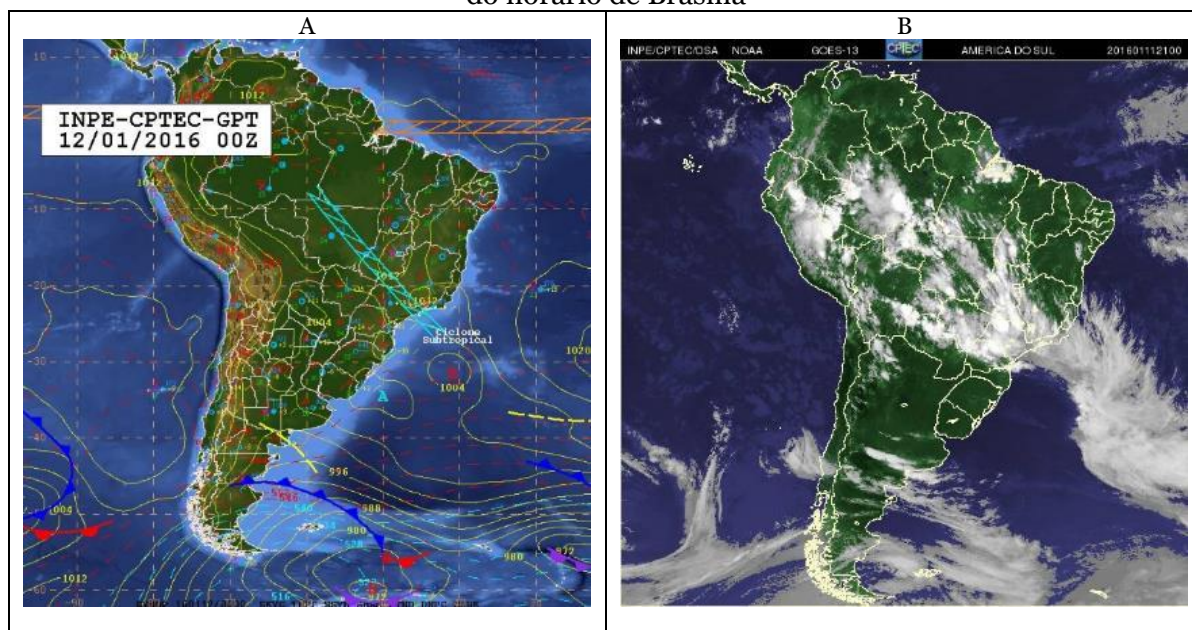
Ainda, segundo o mesmo instituto, o que diferencia estes dois sistemas são as suas durações, sendo que a ZCOU persiste por até dois dias, enquanto que a ZCAS se estende por mais de três, podendo perdurar por até 10 dias.

Quanto às variações nas posições destes dois sistemas, o Climatempo (2017) salienta que existem ao menos três posições distintas e que a posição de número três é a que pode atuar sobre o estado do Paraná (Figura 20). Desta forma,



[...] a terceira posição (3), quando o eixo da ZCAS fica mais ao sul de sua posição média normal, a chuva mais frequente ocorre sobre São Paulo, o centro-sul do Rio de Janeiro e de Minas Gerais, sul de Goiás, de Mato Grosso, em Mato Grosso do Sul e também atinge o Paraná. Em algumas situações excepcionais, a chuva da ZCAS pode avançar mais sobre a Região Sul do Brasil atingindo até Santa Catarina e parte do Rio Grande do Sul.

**Figura 19** – Carta sinótica (A) e imagem de satélite (B) do dia 11 de janeiro de 2016 às 21h do horário de Brasília



Fonte: CPTEC/INPE, 2019a; 2019b. Adaptado por: Zandonadi, L. (2019).

**Figura 20** – Variação da posição de atuação da ZCAS e ZCOU no Brasil

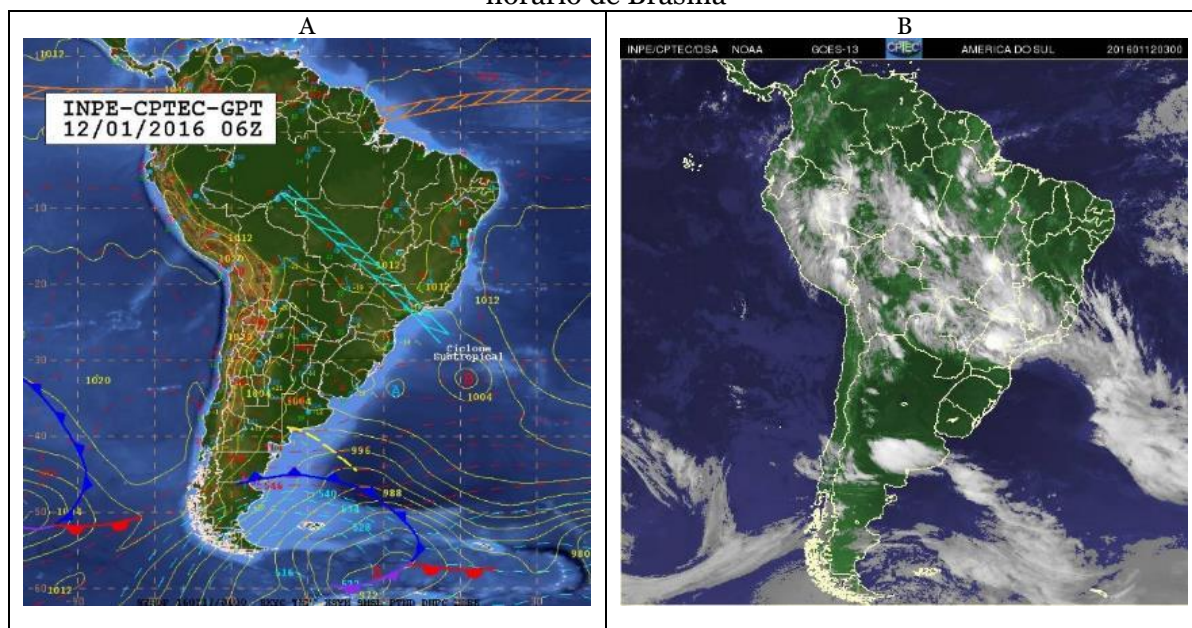


Fonte: Climatempo (2017).

Diante de tais registros, percebe-se claramente que do dia 11 para o dia 12 de janeiro de 2016 houve uma influência muito significativa da ZCOU sobre a região de Maringá, fazendo com que os acumulados de chuvas se concentrassem de forma extrema neste período, ocasionando problemas dos mais variados tipos.

Durante a madrugada do dia 12 (às 3h) a ZCOU ainda persistia em sua atuação, ainda alimentada pelo Ciclone Subtropical, que neste momento atingia a pressão mínima em seu centro, abaixo dos 1000 hPa (Figura 21 A). Com isso, houve a formação de uma profunda célula convectiva na divisa entre os estados de São Paulo e Paraná, abrangendo toda a região à montante da bacia do rio Pirapó (Figura 21 B). Esta célula de chuva foi quem colaborou ao longo de boa parte da madrugada para os altíssimos volumes pluviométricos registrados naquele dia.

**Figura 21** – Carta sinótica (A) e imagem de satélite (B) do dia 12 de janeiro de 2016 às 3h do horário de Brasília

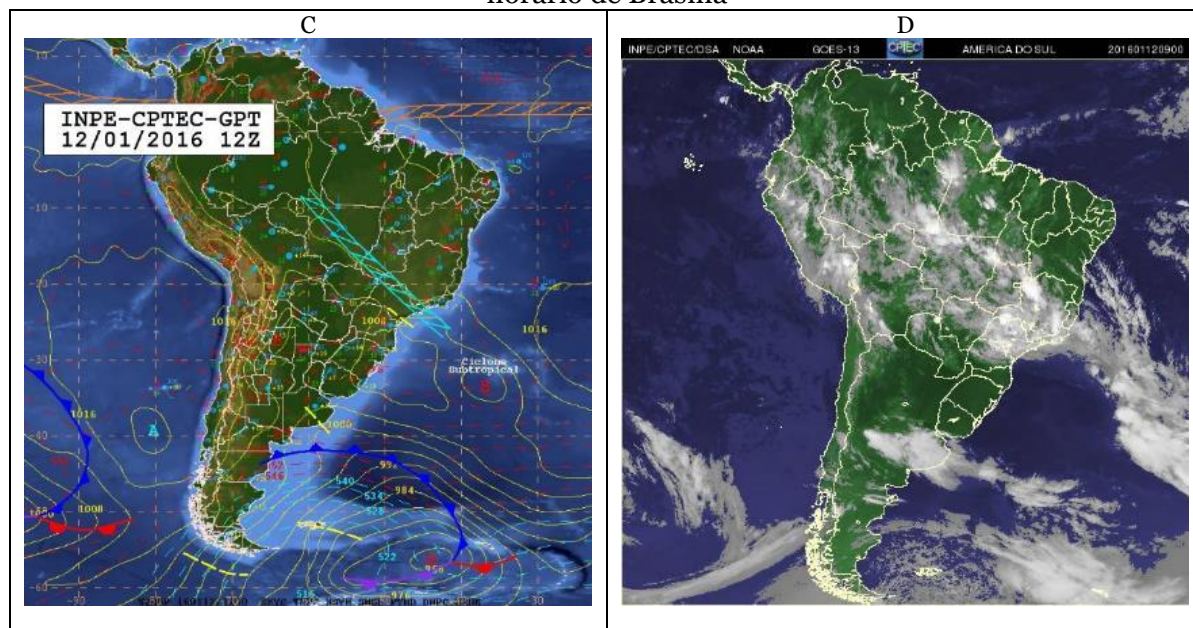


Fonte: CPTEC/INPE, 2019a; 2019b. Adaptado por: Zandonadi, L. (2019).

Já na manhã do dia 12, às 9h, além do afastamento do Ciclone Subtropical do litoral brasileiro, houve também diminuição de sua intensidade (Figura 22 A), o que favoreceu a estabilização da atmosfera em praticamente toda a região sul do Brasil, bem como a consequente diluição e afastamento daquela intensa célula convectiva no norte paranaense (Figura 22 B) e o cessar das chuvas.

Entretanto, naquele momento os setores de captação e bombeamento da Sanepar já se encontravam todos inundados, não havendo mais o que se fazer para sanar os danos pelo qual a população maringaense viria a ser submetida, ficando sem abastecimento de água adequada e devidamente tratada pelos próximos 10 dias, até que as bombas fossem recuperadas, as águas do rio voltassem ao seu leito normal e as atividades fossem retomadas normalmente.

**Figura 22** – Carta sinótica (A) e imagem de satélite (B) do dia 12 de janeiro de 2016 às 9h do horário de Brasília



Fonte: CPTEC/INPE, 2019a; 2019b. Adaptado por: Zandonadi, L. (2019).

## Considerações

Vários foram os fatores que colaboraram para os problemas ocorridos durante o mês de janeiro de 2016 na área de captação da Sanepar, sediada no rio Pirapó, e que era a principal e única fonte de captação e abastecimento de água da cidade de Maringá até aquela ocasião, o que a torna uma catástrofe infrequente, porém, não totalmente imprevista, já que os levantamentos aqui realizados apontam que a empresa se utilizava de poucos recursos para o acompanhamento e prevenção de desastres na área estudada.

Todas as condições climáticas e geográficas acima elencadas foram conjuntamente determinantes para que altos volumes de chuvas caíssem de modo contínuo, por vários dias, do mês de dezembro de 2015 a janeiro de 2016 em toda a região à montante da área de captação da Sanepar. Conhecer e monitorar tais condições é de extrema importância para um bom planejamento e a garantia de que haja segurança na coleta e abastecimento de água da cidade e para que eventos futuros como aquele não voltem a transtornar a população maringaense novamente.

Neste sentido, é importante salientar que estudos da variabilidade temporal e espacial das chuvas realizados de modo mais detalhado, por meio de séries temporais longas, bem como o acompanhamento das influências antrópicas no uso do solo da bacia deveriam ser essenciais para garantir um bom planejamento a médio e longo prazo.

Porém, todas essas considerações revestem-se de pouca importância sem que haja um levantamento histórico também das cheias da bacia hidrográfica do rio Pirapó, bem como um estudo hidrológico mais detalhado, com dados da própria bacia e do rio Pirapó. Recomenda-se um estudo integrado e multidisciplinar, visando melhor compreender o regime hidrológico da referida bacia, bem como o uso do solo e as diversas alterações antrópicas existentes na área.

Para o bem de todos, o que se verifica após o trágico evento é que, ao responder às ações e processos impetrados pelo Ministério Público, a Sanepar tem tomado algumas medidas para se tentar evitar novos problemas futuros, tais como: a elevação de todo o sistema de painéis elétricos do setor de captação e bombeamento para um nível bem acima do alcançado pelas

águas na fatídica inundação; a aquisição e instalação de bombas anfíbias que podem captar água mesmo estando submersas; a perfuração de poços profundos em áreas distantes do rio para suprir parte das necessidades em caso de ocorrências de novos problemas associados; e a construção de reservatórios para captação de águas das chuvas.

Todas estas são medidas necessárias não somente para que hajam garantias perante a um novo episódio de inundação, mas também pelo fato de que Maringá, apesar de possuir uma população que cresce de forma acelerada, possui um histórico e reputação excelente de cidade construída sob o alicerce do planejamento, merecendo também serviços públicos de qualidade para o seu povo.

## REFERÊNCIAS

ÁGUAS PARANÁ - INSTITUTO DAS ÁGUAS DO PARANÁ. Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Governo do Estado do Paraná. 2015. **Elaboração do Plano das Bacias: Pirapó, Paranapanema 3 e 4**. Disponível em: <[http://www.aguasparana.pr.gov.br/arquivos/File/PIRAPONEMA/plano\\_de\\_bacia/Produto1A\\_Revisao3\\_Piraponema.pdf](http://www.aguasparana.pr.gov.br/arquivos/File/PIRAPONEMA/plano_de_bacia/Produto1A_Revisao3_Piraponema.pdf)>. Acesso em: 20 nov. de 2017.

\_\_\_\_\_. Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Governo do Estado do Paraná. 2017. **Sistema de Informações Hidrológicas**. Disponível em: <<http://www.aguasparana.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=264>>. Acesso em: 10 fev de 2017.

ATLAS BRASIL - ATLAS DO DESENVOLVIMENTO HUMANO DO BRASIL. **Perfil - Maringá, PR**. 2019. Disponível em: <[http://www.atlasbrasil.org.br/2013/pt/perfil\\_m/maringa\\_pr#renda](http://www.atlasbrasil.org.br/2013/pt/perfil_m/maringa_pr#renda)>. Acesso em: 18 de out. 2019.

BOVO, M. C.; AMORIM, M. C. C. T. A cidade verde, imagens e discursos: o caso de Maringá (Pr) Brasil. **Ra'ega**, v. 26, p. 100-127, 2012.

CASSARO, L.; CARREIRA, M. F. Fatores da degradação ambiental da bacia de captação de água para a cidade de Maringá - Rio Pirapó. **Sanare (SANEPAR)**, v. 16, p. 10/16, 2001.

CLIMATEMPO - O MELHOR SITE DE METEOROLOGIA DO BRASIL. Como a ZCAS se forma? 2017. Disponível em: <<https://www.climatepo.com.br/noticia/2017/11/17/como-a-zcas-se-forma--2964>>. Acesso em: 11 de dez. 2019.

CPTEC/INPE - CENTRO DE PREVISÃO DE TEMPO E ESTUDOS CLIMÁTICOS / INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. 2019a. **Cartas de superfície**. Disponível em: <<http://tempo.cptec.inpe.br/cartas.php?data=20160111&hora=18&tipo=Superficie>>. Acesso em: 10 de dez. 2019.

CPTEC/INPE - CENTRO DE PREVISÃO DE TEMPO E ESTUDOS CLIMÁTICOS / INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. 2019b. **Banco de dados de imagens**. Disponível em: <<http://satelite.cptec.inpe.br/acervo/goes16.formulario.logic>>. Acesso em: 10 de dez. 2019.

CPTEC/INPE - CENTRO DE PREVISÃO DE TEMPO E ESTUDOS CLIMÁTICOS / INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. 2019a. **Cartas de superfície: Legenda**. Disponível em: <<http://tempo.cptec.inpe.br/cartas.php?data=20160111&hora=18&tipo=Superficie>>. Acesso em: 10 de dez. 2019.

DGM - Desafios da Gestão Municipal. **Análise comparativa da evolução dos 100 maiores municípios brasileiros**. 2018. Disponível em: <<https://www.desafiosdosmunicipios.com/>>. Acesso em: 19 de out. 2019.

FREITAS, C. M.; XIMENES, E. F. Enchentes e saúde pública – uma questão na literatura científica recente das causas, consequências e respostas para prevenção e mitigação. **Ciência & Saúde Coletiva**, 17(6):1601-1615, 2012.

GALIANI, D. L. A.; BALDO, M. C.; DZIUBATE, E. R. Caracterização Espacial da Deficiência e do Excedente Hídrico na Bacia do rio Pirapó - PR. In: XVI Seminário de Iniciação Científica e Tecnológica da UTFPR, 2011, **Anais...** Ponta Grossa- PR. Ambiental. v. 16. 2011. p. 1-6.

GOERL, R. F.; KOBIYAMA, M. Considerações sobre as Inundações no Brasil. In: XVI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, João Pessoa. **Anais...**, 2005.

G1 - GLOBO.COM. Norte e Noroeste. **Prefeitura e Sanepar distribuem água a moradores desabastecidos no Paraná**. 2016a. Disponível em: <<http://g1.globo.com/pr/norte-noroeste/noticia/2016/01/prefeitura-e-sanepar-distribuem-agua-moradores-desabastecidos-no-pr.html>>. Acesso em: 14 de mar. 2017.

\_\_\_\_\_. **Prefeitura notifica Sanepar e cobra solução para falta de água em Maringá**. 2016b. Disponível em: <<http://g1.globo.com/pr/norte-noroeste/noticia/2016/01/prefeitura-notifica-sanepar-e-cobra-solucao-para-falta-de-agua-em-maringa.html>>. Acesso em: 14 de mar. 2017.

\_\_\_\_\_. Disponível em: **Sem água há quase uma semana moradores protestam em Maringá**. 2016c. <<http://g1.globo.com/pr/norte-noroeste/noticia/2016/01/sem-agua-ha-quase-uma-semana-moradores-protestam-em-maringa.html>>. Acesso em: 14 de mar. 2017.

\_\_\_\_\_. Disponível em: **Sem água moradores de Maringá cavam buraco e encontram mina**. 2016d. <<http://g1.globo.com/pr/norte-noroeste/noticia/2016/01/sem-agua-moradores-de-maringa-cavam-buraco-e-encontram-mina.html>>. Acesso em: 14 de mar. 2017.

IAPAR - Instituto Agrônomo do Paraná. **Atlas climático do Paraná**. Londrina, Paraná. Produzido por: NITSCHKE, P. R.; CARAMORI, P. H.; RICCE, W. da S.; PINTO, L. F. D. Disponível em: <<http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=677>>. Acesso em: 17 de nov. 2019.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Sinopse do censo demográfico**. 2010. Rio de Janeiro. Disponível em: <<https://censo2010.ibge.gov.br/sinopse/index.php?dados=8>>. Acesso em: 18 de out. 2019.

\_\_\_\_\_. **Tábua completa de mortalidade para o Brasil – 2017. Breve análise da evolução da mortalidade no Brasil**. 2018. Rio de Janeiro. Disponível em: <<https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101628.pdf>>. Acesso em: 18 de out. 2019.

\_\_\_\_\_. **Estimativas da População**. 2019a. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/9103-estimativas-de-populacao.html?=&t=resultados>>. Acesso em: 18 de out. 2019.

\_\_\_\_\_. **Cidades. Panorama**. 2019b. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pr/maringa/panorama>>. Acesso em: 18 de out. 2019.

INSTITUTO TRATA BRASIL - SANEAMENTO É SAÚDE. **Ranking do Saneamento - As 100 maiores cidades do Brasil (SNIS 2014)**. 2014. Disponível em: <<http://www.tratabrasil.org.br/ranking-do-saneamento-4>>. Acesso em: 15 de mar. 2017.

IPARDES - INSTITUTO PARANAENSE DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL. 2012. **Relação dos municípios do Estado ordenados segundo as mesorregiões e as microrregiões geográficas do IBGE - Paraná - 2012**. Disponível em:

<[http://www.ipardes.gov.br/pdf/mapas/base\\_fisica/relacao\\_mun\\_micros\\_mesos\\_parana.pdf](http://www.ipardes.gov.br/pdf/mapas/base_fisica/relacao_mun_micros_mesos_parana.pdf)>.  
Acesso em: 18 de out. 2019.

\_\_\_\_\_. **Caderno Estatístico. Município de Maringá.** 2019a. Disponível em:  
<<http://www.ipardes.gov.br/cadernos/MontaCadPdf1.php?Municipio=87000&btOk=0>>. Acesso  
em: 18 de out. 2019.

\_\_\_\_\_. **Indicadores Econômicos. Produto Interno Bruto per capita do Paraná e Brasil.** 2019b. Disponível em:  
<[http://www.ipardes.gov.br/index.php?pg\\_conteudo=1&sistemas=1&cod\\_sistema=5&grupo\\_indic=1](http://www.ipardes.gov.br/index.php?pg_conteudo=1&sistemas=1&cod_sistema=5&grupo_indic=1)>. Acesso em: 18 de out. 2019.

IPCC - INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. World Meteorological Organization. United Nations Organization. **Reports.** Disponível em:  
<<https://www.ipcc.ch/reports/>>. Acesso em: 20 de out. 2019.

ISKANDAR, I. et al. How strong was the 2015/2016 El Niño event? **J. Phys.: Conf. Ser.** 1011, 012030, 2018. doi :10.1088/1742-6596/1011/1/012030. Disponível em:  
<<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1011/1/012030/pdf>>. Acesso em: 20 de nov. 2019.

MAACK, R. **Geografia Física do Estado do Paraná.** Curitiba: Badep: UFPR, 1968. 438 p.

KRON, W. **Keynote lecture: Flood risk = hazard x exposure x vulnerability.** Proceedings of Second International Symposium of Flood Defense, Beijing, p. 82-97, 2002.

LAUROBARBOSA.COM. **Inundação da captação de água interrompe abastecimento em Maringá.** 2016. Disponível em: <<https://laurobarbosa.com/?p=215952>>. Acesso em: 17 mar. de 2017.

MAACK, R. **Geografia física do Estado do Paraná.** Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 1968. 450p.

MACROPLAN - RESULTADOS COM VISÃO DE FUTURO. **100 melhores cidades do Brasil.** 2018. Disponível em: <<https://www.macroplan.com.br/100-melhores-cidades-do-brasil/>>. Acesso em: 10 nov. de 2019.

MARINGÁ POST. Independente sempre. **Ulisses cogita aguardar Cida assumir Governo do Paraná para renegociar com a Sanepar.** 2017. Disponível em:  
<<https://maringapost.com.br/poder/2017/10/21/ulisses-cogita-aguardar-cida-assumir-governo-do-parana-para-renegociar-com-sanepar/>>. Acesso em: 17 mar. de 2017.

MCTIC - MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA, INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES. **Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas.** 2019. Disponível em:  
<[http://www.mctic.gov.br/mctic/opencms/ciencia/SEPED/clima/ciencia\\_do\\_clima/painel\\_intergovernamental\\_sobre\\_mudancas\\_climaticas.html?searchRef=IPCC&tipoBusca=expressaoExata](http://www.mctic.gov.br/mctic/opencms/ciencia/SEPED/clima/ciencia_do_clima/painel_intergovernamental_sobre_mudancas_climaticas.html?searchRef=IPCC&tipoBusca=expressaoExata)>. Acesso em: 18 de nov. 2019.

NIMER, E; BRANDÃO, A.M.P.M. Balanço hídrico anual a partir de valores normais e tipologia climática. **Revista Brasileira de Geografia**, Rio de Janeiro, v. 43, pp. 373-416, 1985.

NOAA - National Oceanic and Atmospheric Administration. National Weather Service. Climate Prediction Center. National Centers for Environmental Information. **Climate at a Glance: Global Time Series.** 2019a. Disponível em: <[https://www.ncdc.noaa.gov/cag/global/time-series/globe/land\\_ocean/ann/12/1880-2019?trend=true&trend\\_base=10&begtrendyear=1880&endtrendyear=2019&filter=true&filterType=binomial](https://www.ncdc.noaa.gov/cag/global/time-series/globe/land_ocean/ann/12/1880-2019?trend=true&trend_base=10&begtrendyear=1880&endtrendyear=2019&filter=true&filterType=binomial)>. Acesso em: 15 dez. de 2019.

NOAA - National Oceanic and Atmospheric Administration. National Weather Service. Climate Prediction Center. **Cold & Warm Episodes by Season**. 2019b. Dispon. em: <[https://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis\\_monitoring/ensostuff/ONI\\_v5.php](https://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ONI_v5.php)>. Acesso em: 15 dez. de 2019.

\_\_\_\_\_. **El Niño Regions**. 2019c. Disponível em: <[https://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis\\_monitoring/ensostuff/nino\\_regions.shtml](https://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/nino_regions.shtml)>. Acesso em: 15 dez. de 2019.

\_\_\_\_\_. National Centers for Environmental Information. **Equatorial Pacific Sea Surface Temperatures**. 2019d. Disponível em: <<https://www.ncdc.noaa.gov/teleconnections/enso/indicators/sst/>>. Acesso em: 15 de dez. 2019.

NÓBREGA, M. T. et al. Landscape structure in the Pirapó, Paranapanema 3 and 4 Hydrographic Unit, in the state of Paraná, Brazil. **Braz. J. Biol.**, vol.75, n°.4, supl.2, São Carlos, Dec. 2015, Epub Nov 27, 2015.

O DIÁRIO DO NORTE DO PARANÁ. **Rio Pirapó vai abastecer Maringá por mais 30 anos**. 2011. Disponível em: <<http://digital.odiario.com/cidades/noticia/503806/rio-pirapo-vai-abastecer-maringa-por-mais-30-anos/>>. Acesso em: 14 de mar. 2017.

\_\_\_\_\_. **Inundação da captação de água no rio Pirapó interrompe abastecimento em Maringá**. 2016a. Disponível em: <<http://maringa.odiario.com/maringa/2016/01/inundacao-da-captacao-de-agua-no-rio-pirapo-interrompe-abastecimento-em-maringa/2061205/>>. Acesso em: 14 de mar. 2017.

\_\_\_\_\_. **MP-PR cobra indenização da Sanepar por falta de água em Maringá**. 2016b. Disponível em: <<http://maringa.odiario.com/maringa/2016/06/mp-pr-cobra-indenizacao-da-sanepar-por-falta-de-agua-em-maringa/2180313/>>. Acesso em: 14 de mar. 2017.

\_\_\_\_\_. **Procon diz que vai multar Sanepar por falta de água em Maringá**. 2016c. Disponível em: <<http://maringa.odiario.com/maringa/2016/01/procon-diz-que-vai-multar-sanepar-por-falta-de-agua-em-maringa/2064042/>>. Acesso em: 14 de mar. 2017.

\_\_\_\_\_. **Sanepar prevê normalização total do sistema de abastecimento de água em Maringá até a noite desta segunda-feira**. 2016d. Disponível em: <<http://maringa.odiario.com/maringa/2016/01/sanepar-preve-normalizacao-total-do-sistema-de-abastecimento-de-agua-em-maringa-ate-a-noite-desta-segunda-feira/2064904/>>. Acesso em: 14 de mar. 2017.

PARANÁ - GOVERNO DO ESTADO DO PARANÁ. Agência de Notícias do Paraná. **Cinco maiores cidades do Paraná estão entre as melhores em saneamento**. Disponível em: <<http://www.aen.pr.gov.br/modules/noticias/article.php?storyid=103030&tit=Cinco-maiores-cidades-do-Parana-estao-entre-as-melhores-em-saneamento>>. Acesso em: 12 nov. de 2019.

PROGCLIMA - PROGNÓSTICO CLIMÁTICO. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos. Instituto Nacional de Meteorologia. Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos. **Boletins de Prognóstico Climático - ANO 2015**. Ano 12, n. 11, novembro, 2015. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/prognosticoClimaticoTrimestral>>. Acesso em: 16 dez. de 2019.

PMM - PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE MARINGÁ. Nossa cidade. **Histórico do Município**. Disponível em: <<http://www2.maringa.pr.gov.br/turismo/?cod=nossa-cidade/>>. Acesso em: 10 de nov. 2019a.

PMM - PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE MARINGÁ. Curiosidades. **Cidade Jardim**. Disponível em: <<http://www2.maringa.pr.gov.br/turismo/?cod=nossa-cidade/>>. Acesso em: 10 de nov. 2019b.

PORTAL SANEAMENTO BÁSICO. **Maringá é a quarta melhor cidade do Brasil em saneamento**. 2016. Disponível em: <<https://www.saneamentobasico.com.br/portal/index.php/concessoes/maringa-e-a-quarta-melhor-cidade-do-brasil-em-saneamento/>>. Acesso em: 15 de mar. 2017.

RIBEIRO, A. G. Caracterização termo pluviométrica da bacia hidrográfica do rio Pirapó - PR. **Boletim de Geografia**. Maringá, v. 5, n.1, p. 91-135, 1987.

SEMA - SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS. 2013. **Bacias hidrográficas do Paraná**: série histórica. 2.ed. Curitiba: Governo do Estado do Paraná, 2013, 140 p.

SNIS - SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO. Ministério do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional de Saneamento [SNS]. 2014. **Água e Esgotos**. Disponível em: <<http://app4.cidades.gov.br/serieHistorica/>>. Acesso em: 12 nov. de 2019.

TERASSI, P.; SILVEIRA, H. Aplicação de sistemas de classificação climática para a bacia hidrográfica do rio Pirapó - PR. **Revista Formação**, Volume 1, Número 20, Ano 2013, p. 111-128.

**Recebido em:** 25/01/2020

**Aprovado para publicação em:** 27/07/2020