

## **XXVI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS**

### **PROJEÇÕES CLIMÁTICAS EM MICROBACIAS URBANAS EM ÁREAS DE EXPANSÃO URBANA EM CUIABÁ, VÁRZEA GRANDE E CHAPADA DOS GUIMARÃES NO MATO GROSSO**

*Luciana Sanches<sup>1</sup>; Gersina Nobre Carmo Cesarone<sup>2</sup>; Jhonatan Barbosa da Silva<sup>3</sup>; Natallia Sanches e Souza<sup>4</sup>; Diana Carolina Jesus de Paula<sup>5</sup>; Camila Silva Franco<sup>6</sup>; Márcio Aurélio Freire<sup>7</sup> & Osvaldo Borges Pinto Júnior<sup>8</sup>*

**Abstract:** This study aims to analyze climate projections in three hydrographic microbasins located in areas of urban expansion. Two of them are part of the Metropolitan Region of the Vale do Rio Cuiabá (RMVRC): the Ribeirão do Lipa microbasin (in Cuiabá) and the Traíra and Piçarrão streams microbasin (in Várzea Grande). The third, although located outside the RMVRC, has hydrological influence over the region: the Cachoeirinha River microbasin, situated in the municipality of Chapada dos Guimarães. Climate analyses were conducted using the HadGEM3-GC31-LL climate model, under the SSP2-4.5 socioeconomic scenario, covering the period from 2021 to 2080. The variables evaluated included air temperature (mean, minimum, and maximum) and precipitation (monthly and annual). The results indicate a trend of increasing mean air temperature by up to 3.4 °C and a reduction in annual accumulated precipitation of up to 175 mm/year. The Cachoeirinha River microbasin, located in Chapada dos Guimarães at approximately 800 meters of altitude, showed the greatest reduction in precipitation according to the projections. However, under current climate conditions, it is the basin with the shortest dry season duration. The Ribeirão do Lipa microbasin, at 185 meters of altitude in Cuiabá, experienced less pronounced reductions. Regarding temperature, a similar pattern was observed across the three microbasins, with a consistent increase across all analyzed periods. The results highlight the importance of integrating climate modeling into urban planning and water resource management, especially in territories with varied topography and accelerated urbanization processes.

**Resumo:** Este estudo tem como objetivo analisar projeções climáticas em três microbacias hidrográficas localizadas em áreas de expansão urbana. Duas delas integram a Região Metropolitana

<sup>1</sup> Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Mato Grosso. Av. Fernando Correa da Costa, 2367, Cuiabá-MT, 78060-900, Brasil. e-mail: [luciana.sanches@ufmt.br](mailto:luciana.sanches@ufmt.br)

<sup>2</sup> Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Mato Grosso. Av. Fernando Correa da Costa, 2367, Cuiabá-MT, 78060-900, Brasil. e-mail: [gersinacesarone@hotmail.com](mailto:gersinacesarone@hotmail.com)

<sup>3</sup> Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Mato Grosso. Av. Fernando Correa da Costa, 2367, Cuiabá-MT, 78060-900, Brasil. e-mail: [jhonatan.silva@ufmt.br](mailto:jhonatan.silva@ufmt.br)

<sup>4</sup> Universidade de Várzea Grande. Av. Dom Orlando Chaves, 2655, Várzea Grande-MT, 78118-900, Brasil. e-mail: [natallia@univag.edu.br](mailto:natallia@univag.edu.br)

<sup>5</sup> Universidade de Várzea Grande. Av. Dom Orlando Chaves, 2655, Várzea Grande-MT, 78118-900, Brasil. e-mail: [diana.paula@univag.edu.br](mailto:diana.paula@univag.edu.br)

<sup>6</sup> Departamento de Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Lavras, Rotunda Professor Edmir Sá Santos, nº s/n, P.O. Caixa 3037, Lavras-MG, 37203-202, Brasil. e-mail: [camila.sfranco@ufla.br](mailto:camila.sfranco@ufla.br)

<sup>7</sup> Departamento de Ciências Ambientais, Universidade de Cuiabá. Av. Beira Rio, 3100, Cuiabá-MT, 78065-443, Brasil. e-mail: [freirebio@yahoo.com.br](mailto:freirebio@yahoo.com.br)

<sup>8</sup> Departamento de Ciências Ambientais, Universidade de Cuiabá. Av. Beira Rio, 3100, Cuiabá-MT, 78065-443, Brasil. e-mail: [osvaldo.borges@gmail.com](mailto:osvaldo.borges@gmail.com)

do Vale do Rio Cuiabá (RMVRC): a microbacia do Ribeirão do Lipa (em Cuiabá) e a microbacia dos córregos Traíra e Piçarrão (em Várzea Grande). A terceira, embora situada fora da RMVRC, exerce influência hidrológica sobre a região: trata-se da microbacia do rio Cachoeirinha, localizada no município de Chapada dos Guimarães. As análises climáticas foram realizadas com base no modelo climático HadGEM3-GC31-LL, sob o cenário socioeconômico SSP2-4.5, abrangendo o período de 2021 a 2080. Foram avaliadas as variáveis de temperatura do ar (média, mínima e máxima) e precipitação (mensal e anual). Os resultados indicam uma tendência de aumento de até 3,4 °C na temperatura média do ar e redução de até 175 mm/ano na precipitação anual. A microbacia do rio Cachoeirinha, situada em Chapada dos Guimarães, a aproximadamente 800 m de altitude, apresentou a maior redução na precipitação conforme as projeções. No entanto, no clima atual, foi a que apresentou a menor duração do período seco. A microbacia do Ribeirão do Lipa, a 185 m de altitude em Cuiabá, apresentou perdas menos acentuadas. Em relação à temperatura, observou-se um comportamento semelhante entre as três microbacias, com tendência de aumento consistente ao longo dos períodos analisados. Os resultados reforçam a importância de integrar a modelagem climática ao planejamento urbano e à gestão de recursos hídricos, especialmente em contextos territoriais com relevo variado e processos acelerados de urbanização.

**Palavras-Chave** – microbacias urbanas de Mato Grosso, planejamento climático urbano, variação altitudinal, modelos climáticos.

## INTRODUÇÃO

O planejamento, enquanto instrumento técnico e político, refere-se ao conjunto de ações sistemáticas voltadas à consecução de objetivos previamente definidos, considerando os recursos disponíveis e os condicionantes externos que incidem sobre o território. A consolidação do planejamento urbano decorre da escala alcançada pela urbanização e da necessidade de uma ação governamental específica voltada à organização das cidades, conforme aponta Deák (1999).

O planejamento urbano consiste em antecipar transformações urbanas, identificar conflitos e orientar o uso do solo de forma integrada, articulando demandas sociais, econômicas e ambientais. Visa conter o crescimento desordenado e promover uma ocupação sustentável, com base nas potencialidades locais, políticas públicas e instrumentos normativos (Kalil, 2019). Além disso, ao priorizar o bem-estar coletivo, o planejamento deve incorporar a perspectiva ambiental, conforme o Art. 225 da Constituição Federal, garantindo um meio ambiente equilibrado para as atuais e futuras gerações. O equilíbrio ambiental está diretamente vinculado à qualidade de vida, o que exige uma revisão dos modelos tradicionais de planejamento urbano, incorporando de forma efetiva a variável ambiental. Essa integração é fundamental para consolidar um planejamento urbano ambientalmente orientado (Canepa, 2007).

A Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), instituída pela Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, representa um marco na gestão ambiental brasileira. Seu objetivo é garantir a oferta de água em quantidade e qualidade adequadas, reconhecendo esse recurso como estruturante para as políticas públicas setoriais, com a finalidade principal de assegurar as presentes e futuras gerações o acesso à água em padrões compatíveis com os respectivos usos (Brasil, 1997). O planejamento ambiental constitui um elemento essencial para o desenvolvimento econômico e social sustentável, ao possibilitar o uso racional do território por meio de estudos que indiquem suas potencialidades e fragilidades, superando fronteiras político-administrativas e adotando as bacias hidrográficas como referência territorial (Albano, 2013).

Portanto, a infraestrutura hídrica urbana desempenha um papel central na garantia da segurança hídrica, na promoção da qualidade ambiental e da saúde pública, bem como no suporte ao desenvolvimento urbano sustentável e à resiliência frente às mudanças climáticas (Ferdowsi *et al.*, 2024). Para cumprir essas funções em ambientes urbanos cada vez mais complexos e vulneráveis, é fundamental que sua concepção, operação e manutenção se baseiem em critérios técnicos, ambientais, climáticos, sociais e econômicos integrados (Borgomeo *et al.*, 2022). Os sistemas hídricos urbanos devem ser resilientes, adaptáveis e capazes de responder às pressões crescentes do crescimento populacional, da urbanização acelerada e das variabilidades climáticas (Alamdari e Hogue, 2022; Ferdowsi *et al.*, 2024).

Os efeitos das mudanças climáticas sobre a infraestrutura hídrica urbana são particularmente significativos, pois esses sistemas estão constantemente expostos a condições ambientais extremas, tendo a água como principal carga. Entre os impactos mais expressivos estão as inundações severas e a escassez hídrica, que comprometem o funcionamento da infraestrutura urbana. Há, portanto, a necessidade de análises críticas mais aprofundadas para compreender como os impactos das mudanças climáticas devem ser avaliados de maneira integrada entre os diferentes componentes de infraestrutura, especialmente em áreas com alta densidade populacional, infraestrutura precária e elevada sensibilidade ambiental.

É o caso de algumas microbacias inseridas no estado do Mato Grosso, como a microbacia do Córrego Traíra e Piçarrão (município de Várzea Grande), microbacia do Rio Cachoeirinha (município de Chapada dos Guimarães) e Microbacia do Ribeirão do Lipa (município de Cuiabá). Essas microbacias, ainda que inseridas em contextos socioespaciais distintos, compartilham características como proximidade latitudinal, alterações expressivas no uso e ocupação do solo e exposição crescente a eventos extremos, como alagamentos e estiagens.

Estudos recentes sobre clima urbano em Cuiabá (Paula *et al.*, 2025) evidenciam que transformações na morfologia urbana, especialmente o aumento da verticalização e a substituição de vegetação densa por áreas impermeáveis, intensificam o efeito de ilhas de calor urbano (UHI), sobretudo durante o período seco. A classificação baseada em Zonas Climáticas Locais (LCZs) demonstrou que áreas com edificações médias e altas em arranjos compactos e com cobertura pavimentada apresentaram os maiores acréscimos térmicos noturnos, com variações de até 2,41 °C. Esses resultados ressaltam a relevância de considerar as características microclimáticas locais no planejamento urbano e na modelagem climática de microbacias urbanas em expansão, como as analisadas neste estudo.

As projeções climatológicas obtidas por meio de modelagem climática de alta resolução espacial têm se consolidado como uma ferramenta essencial para o planejamento urbano sustentável. Modelos de referência, como os do WorldClim, aliados aos Cenários Socioeconômicos Compartilhados (SSPs), permitem simular diferentes trajetórias climáticas e fornecem subsídios técnicos robustos para a formulação de políticas públicas e estratégias de adaptação climática. A partir da análise de variáveis como temperatura e precipitação em distintos cenários futuros, torna-se possível antecipar riscos e planejar ações preventivas nos âmbitos da drenagem urbana, do uso do solo e da segurança hídrica.

Nesse contexto, este estudo tem como objetivo simular projeções climáticas em microbacias urbanas localizadas em áreas de expansão urbana nos municípios de Cuiabá, Várzea Grande e Chapada dos Guimarães, no estado de Mato Grosso. Utilizando o modelo climático global HadGEM3-GC31-LL e o cenário socioeconômico SSP2-4.5, busca-se caracterizar as condições climáticas atuais e futuras até o ano de 2060. A proposta é evidenciar como essas informações podem subsidiar estratégias de planejamento territorial e gestão dos recursos hídricos urbanos, com ênfase

em regiões de maior vulnerabilidade climática. Além disso, pretende-se contribuir para a integração entre ciência climática, políticas públicas e ações de adaptação às mudanças ambientais no contexto urbano regional.

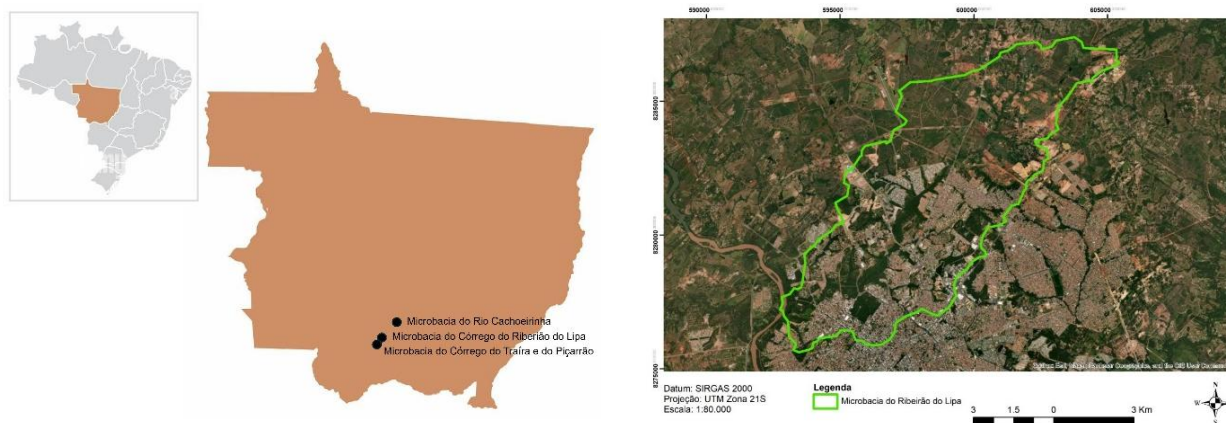
## MATERIAL E MÉTODOS

### Áreas de estudo

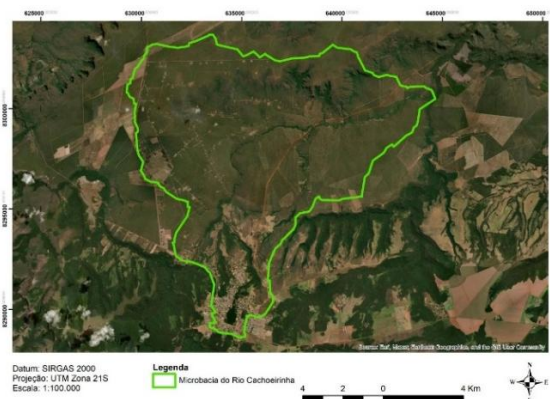
Os dados climáticos atuais e cenários climáticos futuros avaliados neste estudo foram desenvolvidos sobre três microbacias localizadas no estado de Mato Grosso, conforme Figura 1 e descrito a seguir:

- Microbacia do Ribeirão do Lipa: Localizada na região noroeste do perímetro urbano da cidade Cuiabá, Mato Grosso, abrangendo uma área de aproximadamente 64,43 km<sup>2</sup>. Ela é composta por diversos bairros, incluindo Santa Rosa, Quilombo, Duque de Caxias, Alvorada, CPA e Paraíso, e é caracterizada por uma combinação de áreas urbanas e remanescentes de vegetação nativa. A microbacia apresenta altitudes variando entre aproximadamente 165 e 215 m.
- Microbacia do Córrego Cachoeirinha: Situada no município de Chapada dos Guimarães (MT), abrange uma área total de aproximadamente 57,46 km<sup>2</sup>, e compõe uma sub-bacia da Bacia Hidrográfica do Rio Cuiabá, altitudes que variam entre 600 e 800 metros. O curso d'água é classificado como perene e desempenha um papel estratégico como principal manancial de abastecimento público da cidade. A cobertura do solo é composta por cerca de 52% de vegetação natural, 43% de áreas agrícolas e de pastagem, e 5% de área urbana (Lima *et al.*, 2017).
- Microbacia do Córrego Traíra e Piçarrão: A microbacia dos córregos Traíra e Piçarrão está localizada no município de Várzea Grande, Mato Grosso, e é parte integrante da sub-bacia do rio Cuiabá, com altitudes que variam entre 185 e 190 m.

Figura 1 – Localização da Microbacia do Córrego Traíra e Piçarrão no município de Várzea Grande, microbacia do Ribeirão do Lipa, no município de Cuiabá e Microbacia do Rio Cachoeirinha, no município de Chapada dos Guimarães no estado de Mato Grosso.







## Dados climáticos atuais e cenários climáticos futuros

O clima atual foi caracterizado por superfícies climáticas globais para temperaturas mínimas ( $T_{\min}$ ) e máximas ( $T_{\max}$ ) do ar ( $^{\circ}\text{C}$ ) e precipitação ( $P$ , mm), obtidas do banco de dados WorldClim (versão 2.1), com resolução espacial de 2,5 minutos de arco ( $\sim 21 \text{ km}^2$  no Equador), para o período de 2010 a 2019 (<https://www.worldclim.org/>). O WorldClim é um banco de dados climático global amplamente utilizado, que fornece variáveis climáticas interpoladas a partir de estações meteorológicas do mundo todo, com resolução espacial de até 30 segundos de arco (Fick & Hijmans, 2017), sendo amplamente aplicado em modelagem ecológica, estudos sobre mudanças climáticas e análises hidrológicas. Ele é periodicamente atualizado para aumentar a precisão das estimativas das variáveis climáticas em diferentes regiões.

Cada variável climática foi adquirida em formato compactado (ZIP), contendo 12 arquivos GeoTIFF (.tif), correspondentes a cada mês do ano (por exemplo, janeiro = 1, dezembro = 12) (Fick & Hijmans, 2017). Esses conjuntos de dados constituem o clima real, aqui denominado como “clima atual”. As projeções futuras para temperatura do ar e precipitação também foram obtidas do WorldClim e submetidas a um procedimento de *downscaling* estatístico (Fick & Hijmans, 2017), para melhorar a resolução espacial para 30 segundos de arco ( $\sim 1 \text{ km}$ ). Essas projeções abrangem o período de 2021 a 2080, subdividido em intervalos temporais: 2021–2040, 2041–2060, e 2061–2080. O modelo climático global foi o HadGEM3 (Hadley Centre Global Environment Model versão 3) (Andrews *et al.*, 2020). O Caminho Socioeconômico Compartilhado (SSPs, na sigla em inglês) adotado foi o SSP2-4.5, correspondente ao nível de forçamento radiativo de  $4,5 \text{ W/m}^2$  (Séférian *et al.*, 2019), que representa tendências de desenvolvimento moderadas, com crescimento econômico desigual e avanços lentos rumo à sustentabilidade (Fricko *et al.*, 2017; Riahi *et al.*, 2017). A temperatura média do ar foi calculada por meio da média aritmética entre as temperaturas mínima e máxima, tanto para o cenário atual quanto para os cenários futuros.

Os conjuntos de dados climáticos foram processados e analisados para avaliar os cenários climáticos atuais e projetados de temperatura do ar e precipitação. As superfícies climáticas de  $T_{\min}$ ,  $T_{\max}$  e  $P$  foram importadas, os limites da área de estudo foram delimitados, e os arquivos foram renomeados conforme a variável climática correspondente e o mês.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nas microbacias do Córrego do Traira e do Piçarrão e Microbacia do Ribeirão do Lipa, durante o clima atual, a precipitação pluvial apresenta uma sazonalidade característica com valores mais elevados entre novembro a abril, período definido como estação chuvosa com base em níveis

que excedem a média mensal anual (Tabelas 1 e 2), consequentemente resultando em um período de estiagem de 6 meses. Durante os períodos 2021–2040 e 2041–2060, haverá um período seco com duração de 7 meses, e a tendência de redução do período seco no período 2061–2080, esse é um comportamento típico do cenário SSP2-4.5, em consequência a retroalimentação para um novo equilíbrio climático global.

Além das variações de temperatura e precipitação previstas por modelos climáticos globais, os padrões de ocupação urbana e a tipologia edificada exercem influência direta sobre o microclima urbano. Estudo de Paula *et al.* (2025) demonstrou que, em Cuiabá, a substituição de áreas vegetadas por edificações de médio e grande porte contribuiu para o aumento significativo da temperatura do ar noturno, agravando as condições térmicas em áreas densamente ocupadas.

Dessa forma, a avaliação de cenários futuros nas microbacias urbanas deve considerar não apenas as projeções climáticas, mas também os efeitos sinérgicos das mudanças no uso e ocupação do solo, sobretudo em função da densidade edificada, definida pela razão entre a área construída e a área total do lote ou setor analisado. Esse fator tende a se intensificar na Região Metropolitana do Vale do Rio Cuiabá, cuja dinâmica populacional apresenta crescimento mais acelerado nas áreas urbanas centrais, especialmente na conurbação entre Cuiabá e Várzea Grande, em contraste com os demais municípios da região.

Na microbacia do Córrego Cachoeirinha, o período seco tem início em abril com duração de 6 meses (abril a outubro). E nos períodos 2021–2060, um período seco de 7 meses, com diminuição no período 2061–2080 (Tabela 3). A microbacia do Ribeirão do Lipa, apresentou queda de cerca de 100 mm nos totais anuais em relação ao clima atual, com os meses mais afetados concentrados na estação úmida, como janeiro e março.

As microbacias do Córrego Traíra e Piçarrão (Várzea Grande) e do Córrego Cachoeirinha (Chapada dos Guimarães) também registraram declínio principalmente entre março e abril. A sazonalidade na precipitação pluvial em períodos futuros sugere uma redução nos índices anuais (Tabela 4), com alteração na distribuição sazonal das chuvas.

Em paralelo à redução das chuvas, observou-se um aumento na temperatura média do ar nas três microbacias. Os valores médios mensais, que atualmente variam entre 24 °C e 27 °C, atingem valores acima de 30 °C em diversos meses até o final do horizonte projetado (2061–2080), principalmente nos meses do período seco (Tabelas 1, 2, 3 e 4). Esse aquecimento é impulsionado tanto pelo aumento das temperaturas máximas, que ultrapassam os 39 °C em outubro em áreas como o Ribeirão do Lipa, quanto pelas elevações nas mínimas.

Tabela 1 – Precipitação acumulada (mm/mês), temperatura mensal média, máxima e mínima do ar (°C) no clima atual, e períodos 2021–2040, 2041–2060, 2061–2080 na microbacia do córrego do Traíra e Piçarrão, município de Várzea Grande, Mato Grosso. A área sombreada representa o período seco considerando a variável precipitação acumulada (mm).

Precipitação acumulada (mm)												
Período	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Clima atual	259,68	275,28	229,51	122,00	58,93	19,12	11,00	15,69	31,88	112,33	174,60	182,25
2021–2040	230,70	246,90	205,76	116,20	57,26	20,32	18,18	14,04	48,22	90,54	173,14	211,86
2041–2060	209,70	224,80	189,16	114,20	64,38	23,32	17,18	15,04	46,76	98,46	177,76	211,76
2061–2080	237,36	231,04	160,18	140,18	54,70	20,32	15,18	14,56	40,16	93,46	167,62	233,12
Temperatura média do ar (°C)												
Período	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Clima atual	26,93	26,83	26,48	26,35	24,40	23,60	22,93	24,73	27,03	27,28	26,90	26,73

2021–2040	28,48	28,21	28,03	27,65	26,30	24,91	24,61	25,71	27,82	29,79	29,54	28,26
2041–2060	29,23	29,17	28,98	28,75	27,15	25,62	25,37	27,11	28,97	30,30	30,19	29,02
2061–2080	29,98	30,21	30,03	29,58	28,05	26,77	25,77	27,86	30,17	31,40	31,15	29,71
<b>Temperatura máxima do ar (°C)</b>												
<b>Período</b>	<b>Jan</b>	<b>Fev</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>Mai</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Set</b>	<b>Out</b>	<b>Nov</b>	<b>Dez</b>
2021–2040	33,52	33,33	33,40	33,30	32,50	32,35	32,65	34,28	35,51	37,75	35,73	33,73
2041–2060	34,42	34,46	34,40	34,60	33,20	33,05	33,87	35,68	36,91	37,95	36,33	34,44
2061–2080	35,32	35,73	35,90	35,46	34,60	34,55	34,65	37,08	38,51	39,75	37,53	35,13
<b>Temperatura mínima do ar (°C)</b>												
<b>Período</b>	<b>Jan</b>	<b>Fev</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>Mai</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Set</b>	<b>Out</b>	<b>Nov</b>	<b>Dez</b>
2021–2040	23,43	23,08	22,66	22,00	20,11	17,48	16,57	17,13	20,14	21,83	23,34	22,79
2041–2060	24,03	23,88	23,56	22,90	21,11	18,19	16,87	18,53	21,04	22,66	24,04	23,59
2061–2080	24,63	24,68	24,16	23,70	21,51	18,99	16,88	18,65	21,83	23,06	24,77	24,29

Tabela 2 – Precipitação acumulada (mm/mês), temperatura mensal média, máxima e mínima do ar (°C) no clima atual, e períodos 2021-2040, 2041-2060, 2061-2080 na sub bacia do córrego do Ribeirão do Lipa, Município de Cuiabá, Mato Grosso. A área sombreada representa o período seco considerando a variável precipitação acumulada (mm).

<b>Precipitação acumulada (mm)</b>												
<b>Período</b>	<b>Jan</b>	<b>Fev</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>Mai</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Set</b>	<b>Out</b>	<b>Nov</b>	<b>Dez</b>
Clima atual	262,78	281,09	237,46	127,42	59,50	18,85	10,48	14,63	31,76	113,79	177,73	185,38
2021–2040	225,23	243,74	204,78	111,65	56,27	19,80	17,32	13,95	47,38	89,96	172,85	208,68
2041–2060	208,10	222,37	187,70	110,07	64,23	22,58	16,32	14,99	46,28	99,30	177,32	209,86
2061–2080	233,59	228,70	157,86	137,74	55,22	19,58	14,32	14,01	39,62	93,64	166,30	233,59
<b>Temperatura média do ar (°C)</b>												
<b>Período</b>	<b>Jan</b>	<b>Fev</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>Mai</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Set</b>	<b>Out</b>	<b>Nov</b>	<b>Dez</b>
Clima atual	26,95	26,88	26,52	26,43	24,50	23,77	23,03	24,92	27,10	27,20	26,82	26,73
2021–2040	28,31	28,09	27,86	27,58	26,21	24,88	24,62	25,65	27,72	29,61	29,29	28,09
2041–2060	29,06	29,04	28,81	28,68	27,08	25,63	25,37	27,00	28,87	30,06	29,96	28,84
2061–2080	29,81	30,06	29,85	29,48	27,98	26,78	25,81	27,80	30,02	31,16	30,91	29,54
<b>Temperatura máxima do ar (°C)</b>												
<b>Período</b>	<b>Jan</b>	<b>Fev</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>Mai</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Set</b>	<b>Out</b>	<b>Nov</b>	<b>Dez</b>
2021–2040	33,39	33,19	33,26	33,25	32,47	32,41	32,69	34,22	35,46	37,60	35,52	33,59
2041–2060	34,30	34,30	34,30	34,50	33,20	33,10	33,90	35,50	36,90	37,70	36,10	34,30
2061–2080	35,19	35,53	35,74	35,35	34,57	34,61	34,69	37,02	38,46	39,50	37,32	34,99
<b>Temperatura mínima do ar (°C)</b>												
<b>Período</b>	<b>Jan</b>	<b>Fev</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>Mai</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Set</b>	<b>Out</b>	<b>Nov</b>	<b>Dez</b>
2021–2040	23,23	22,99	22,46	21,90	19,94	17,35	16,54	17,08	19,98	21,62	23,06	22,58
2041–2060	23,83	23,79	23,36	22,80	21,00	18,15	16,84	18,48	20,87	22,42	23,80	23,38
2061–2080	24,44	24,59	23,96	23,60	21,40	18,95	16,94	18,58	21,59	22,82	24,50	24,08

Tabela 3 – Precipitação acumulada (mm/mês), temperatura mensal média, máxima e mínima do ar (°C) no clima atual, e períodos 2021-2040, 2041-2060, 2061-2080 na microbacia do Rio Cachoeirinha, município de Chapada dos Guimarães, Mato Grosso. A área sombreada representa o período seco considerando a variável precipitação acumulada (mm).

Precipitação acumulada (mm)												
Período	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Clima atual	297,78	300,08	256,86	127,94	53,94	17,33	8,01	19,59	30,50	141,98	191,85	215,51
2021–2040	247,82	254,84	221,41	107,62	53,00	17,43	12,29	16,62	46,36	104,89	185,51	236,80
2041–2060	236,14	232,15	201,52	107,94	61,00	20,10	12,29	17,98	46,14	120,24	191,59	238,87
2061–2080	261,43	242,37	167,53	140,93	52,90	17,43	10,29	16,30	39,11	112,18	176,17	260,52
Temperatura média do ar (°C)												
Período	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Clima atual	24,11	24,42	23,83	24,15	22,02	21,41	20,64	22,30	24,53	24,34	24,01	24,16
2021–2040	25,66	25,84	25,45	25,45	24,01	22,67	22,31	23,20	25,33	27,01	26,71	25,69
2041–2060	26,36	26,75	26,32	26,55	24,91	23,45	23,06	24,60	26,43	27,45	27,36	26,44
2061–2080	27,16	27,77	27,37	27,40	25,75	24,55	23,52	25,30	27,57	28,52	28,36	27,14
Temperatura máxima do ar (°C)												
Período	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
2021–2040	30,98	31,15	31,13	31,39	30,86	30,74	30,77	31,94	33,35	35,16	33,22	31,53
2041–2060	31,80	32,30	32,10	32,70	31,60	31,50	31,90	33,30	34,70	35,20	33,80	32,20
2061–2080	32,68	33,43	33,57	33,59	32,86	32,94	32,68	34,70	36,35	37,00	35,02	32,93
Temperatura mínima do ar (°C)												
Período	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
2021–2040	20,34	20,52	19,77	19,52	17,17	14,60	13,85	14,47	17,32	18,85	20,19	19,85
2041–2060	20,94	21,25	20,57	20,42	18,27	15,35	14,25	15,87	18,11	19,71	20,89	20,65
2061–2080	21,64	22,12	21,17	21,22	18,65	16,15	14,35	15,90	18,78	20,05	21,69	21,35

Tabela 4 – Precipitação acumulada (mm/ano), média anual da temperatura média, máxima e mínima do ar (°C) no clima atual, e períodos 2021-2040, 2041-2060, 2061-2080 na microbacia do Rio Cachoeirinha, município de Chapada dos Guimarães, Mato Grosso.

Período	Microbacia do Córrego do Traíra e Piçarrão	Sub bacia do Córrego do Ribeirão do Lipa	Microbacia do Rio Cachoeirinha
	Precipitação acumulada (mm)		
Clima atual	1492,27	1520,87	1661,37
2021–2040	1433,12	1411,61	1504,59
2041–2060	1392,52	1379,12	1485,96
2061–2080	1407,88	1394,17	1497,16
Período	Temperatura média do ar (°C)		
Clima atual	25,85	25,90	23,33
2021–2040	27,44	27,33	24,94
2041–2060	28,32	28,20	25,81
2061–2080	29,22	29,10	26,70

As projeções climáticas realizadas com o modelo HadGEM3-GC31-LL, sob o cenário SSP2-4.5 indicam uma tendência de aquecimento atingindo mais de 3 °C nas três microbacias até 2080, combinado com a redução na precipitação. A microbacia do rio cachoeirinha haverá uma redução de mais de 10% na precipitação (Tabela 5).



Tabela 5 – Diferenças entre a Precipitação acumulada anual e Temperatura média anual nos períodos futuros (períodos 2021-2040, 2041-2060 e 2061-2080) e o período atual na microbacia do Rio Cachoeirinha, município de Chapada dos Guimarães, Mato Grosso, Sub bacia do Córrego do Ribeirão do Lipa e Microbacia do Rio Cachoeirinha.

Período	Microbacia do Córrego do Traíra e Piçarrão	Sub bacia do Córrego do Ribeirão do Lipa	Microbacia do Rio Cachoeirinha
	Precipitação acumulada anual (mm)		
(2021–2040) - Atual	-59,15	-109,26	-156,78
(2041–2060) - Atual	-99,75	-141,75	-175,41
(2061–2080) - Atual	-84,39	-126,7	-164,21
	Temperatura média do ar (°C)		
(2021–2040) - Atual	1,59	1,42	1,62
(2041–2060) - Atual	2,47	2,30	2,48
(2061–2080) - Atual	3,37	3,20	3,37

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados deste estudo indicam tendências de elevação da temperatura média e redução da precipitação nas microbacias analisadas, com variações espaciais determinadas por fatores como altitude e grau de urbanização. Essas alterações no regime climático local evidenciam a crescente pressão sobre os recursos hídricos, particularmente em áreas com intensa expansão urbana e alta vulnerabilidade socioambiental.

Nesse contexto, torna-se imprescindível a incorporação de projeções climáticas ao planejamento territorial, com vistas à adaptação às mudanças climáticas e à gestão integrada e eficiente da água. Tal abordagem está em consonância com os princípios estabelecidos pela Política Nacional de Recursos Hídricos (Lei nº 9.433/1997), que define a bacia hidrográfica como a unidade territorial para a implementação das ações de planejamento e gestão dos recursos hídricos. Complementarmente, com objetivo central assegurar à presente e às futuras gerações a disponibilidade de água em qualidade e quantidade adequadas aos seus diversos usos.

Portanto, os achados desta pesquisa reforçam a urgência de políticas públicas para ações de mitigação e adaptação climática, promovendo o uso sustentável da água frente aos desafios impostos pelo aquecimento global e pela urbanização desordenada.

## REFERENCIAS

- ALAMDARI, N.; HOGUE, T. S. (2022). “Assessing the effects of climate change on urban watersheds: A review and call for future research”. *Environmental Reviews* 30(1), pp. 61–71. <https://doi.org/10.1139/er-2021-0003>
- ALBANO, M. P. (2013). *A importância do planejamento urbano ambiental – a habitação social e a expansão urbana em Presidente Prudente-SP*. (Dissertação de mestrado). Universidade do Oeste Paulista, Presidente Prudente.
- ANDREWS, M. B., RIDLEY, J. K., WOOD, R. A., ANDREWS, T., BLOCKLEY, E. W., BOOTH, B., ... SUTTON, R. T. (2020). “Historical simulations with HadGEM3-GC3. 1 for CMIP6”. *Journal of Advances in Modeling Earth Systems* 12(6), e2019MS001995. <https://doi.org/10.1029/2019MS001995>

BRASIL. *Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997*. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regula o uso da água e dá outras providências. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, p. 470, 09 jan. 1997.

BORGOMEIO, E., KINGDOM, B., PLUMMER-BRAECKMAN, J., YU, W. (2023). “*Water infrastructure in Asia: financing and policy options*”. International Journal of Water Resources Development 39(6), pp. 895-914. <https://doi.org/10.1080/07900627.2022.2062707>

CANEPA, C. (2007). *Cidades sustentáveis: o município como locus da sustentabilidade*. São Paulo: RCS Editora

DEÁK, C.; SCHIFFER, S. R. *O Processo de Urbanização no Brasil*. São Paulo: Editora Universidade de São Paulo, 1999.

FERDOWSI, A., PIADDEH, F., BEHZADIAN, K., MOUSAVI, S. F., EHTEHAM, M. (2024). “*Urban water infrastructure: A critical review on climate change impacts and adaptation strategies*”. Urban Climate 58, pp. 102132. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2024.102132>

FICK, S. E., HIJMANS, R. J. (2017). “*WorldClim 2: new 1-km spatial resolution climate surfaces for global land areas*”. International Journal of Climatology 37(12), pp. 4302-4315. <https://doi.org/10.1002/joc.5086>

FRICKO, O., HAVLIK, P., ROGELJ, J., KLIMONT, Z., GUSTI, M., JOHNSON, N., ... RIAHI, K. (2017). “*The marker quantification of the Shared Socioeconomic Pathway 2: A middle-of-the-road scenario for the 21st century*”. Global Environmental Change 42, pp. 251-267. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2016.06.004>

KALIL, R. M. L. (2019). *Planejamento urbano e regional: conceitos, processos e metodologias* / Rosa Maria Locatelli Kalil, Adriana Gelpi. – Passo Fundo: Ed. Universidade de Passo Fundo, 2019.

LIMA, E. B. N. R.; MODESTO FILHO, P.; MOURA, R. M. P. de (Orgs.) (2017). *Plano Municipal de Saneamento Básico: Chapada dos Guimarães-MT*. Cuiabá: EdUFMT, 685 p.

PAULA, D. C. J., VALIN JR, M. D. O., SANTOS, F. M. D. M., NOVAIS, J. W. Z., VENTURA, T. M., & SOUZA, N. S. (2025). “*The effects of urban morphology in a city with a tropical continental climate in the context of heat islands*”. Urban Climate 61, pp. 102381. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2025.102381>

RIAHI, K., VAN VUUREN, D. P., KRIEGLER, E., EDMONDS, J., O’NEILL, B. C., FUJIMORI, S., ... TAVONI, M. (2017). “*The Shared Socioeconomic Pathways and their energy, land use, and greenhouse gas emissions implications: An overview*”. Global Environmental Change 42, pp. 153-168. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2016.05.009>

SANTOS, A. M. S. P. (2006). “*Planejamento urbano: para quê e para que?*” Revista de Direito da Cidade 1(1). pp. 51-94.

SÉFÉRIAN, R., NABAT, P., MICHOU, M., SAINT-MARTIN, D., VOLDOIRE, A., COLIN, J., DECHARME, B., DELIRE, C., BERTHET, S., CHEVALLIER, M., SÉNÉSI, S., FRANCHISTEGUY, L., VIAL, J., MALLET, M., JOETZJER, E., GEOFFROY, O., GUÉRÉMY, J.-F., MOINE, M.-P., ... AUMONT, O. (2019). “*Evaluation of CNRM Earth System Model, CNRM-ESM2-1: Role of Earth System Processes in Present-Day and Future Climate*”. Journal of Advances in Modeling Earth Systems 11(12), pp. 4182–4227. <https://doi.org/10.1029/2019MS001791>