



Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe>



Região Metropolitana de Macapá: Expansão Urbana e Impactos Ambientais na Amazônia Setentrional

José Otávio Moreira Vasconcelos¹, Carlos Armando Reyes Flores², Helenilza Ferreira Albuquerque Cunha³

¹Geografo. Mestrando no Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais (PPGCA), Universidade Federal do Amapá (UNIFAP), Rodovia Josmar Chaves Pinto, km 02, S/N, Jardim Marco Zero, Amapá, 66.900-000, Brasil, vasconcelosotavioii@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-0974-9274>. ²Ms. em Ciências Ambientais (PPGCA-UNIFAP), doutorando no Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade Tropical (PPGBio), Universidade Federal do Amapá (UNIFAP), Rodovia Josmar Chaves Pinto, km 02, S/N, Jardim Marco Zero, Amapá, 66.900-000, Brasil, reyesflcarlos@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2973-1686>; autor correspondente. ³Dra. em Ciências da Engenharia Ambiental (CRHEA-USP), Professora Titular, Universidade Federal do Amapá (UNIFAP), Rodovia Josmar Chaves Pinto, km 02, S/N, Jardim Marco Zero, Amapá, 66.900-000, Brasil. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7101-9305>.

Artigo recebido em 19/12/2023 e aceito em 02/06/2024

RESUMO

Um dos fenômenos mais intensos vivenciados na atualidade é o avanço da urbanização nas mais diversas sociedades, com efeitos temporais e espaciais. A concentração demográfica nos ambientes urbanos, formando adensamentos humanos em determinadas regiões geográficas, tem ocasionado impactos de ordem socioambiental sem precedentes. Esta pesquisa teve como objetivo principal analisar quais espaços naturais vêm sendo mais afetados pela expansão da área antropizada da Região Metropolitana de Macapá (RMM), localizada na porção Setentrional do Brasil. A metodologia contou com a análise de imagens geoespaciais e informações ambientais acerca da área de estudos, no espaço temporal que compreendeu o período de 1990/2019. A partir do geoprocessamento de imagens e de modelagem estatística das informações, foi possível constatar o aumento contínuo de área antropizada nos três municípios que compõem a RMM. Pode-se concluir que, de todas as classes ambientais analisadas, apenas a classe florestal savânica e transição de superfície de água apresentaram alterações significativas, enquanto a classe área urbanizada manteve seu padrão de crescimento, oscilando em períodos de maior e menor expansão.

Palavras-chave: Impactos socioambientais; mudança espaço-temporal; urbanização; gestão ambiental; modelagem estatística.

Metropolitan Region of Macapá: Urban Expansion and Environmental Impacts in the Northern Amazon

ABSTRACT

One of the most intense phenomena experienced today is the advancement of urbanization in various societies, with temporal and spatial effects. The demographic concentration in urban environments, forming human densities in certain geographical regions, has caused unprecedented socio-environmental impacts. This research aimed to analyze which natural spaces have been most affected by the expansion of the anthropized area of the Metropolitan Region of Macapá (RMM), located in the Northern portion of Brazil. The methodology included the analysis of geospatial images and environmental information about the study area, in the temporal space that covered the period from 1990-2019. From the geoprocessing of images and the statistical modeling of information, it was possible to verify the continuous increase of anthropized area in the three municipalities that make up the RMM. It can be concluded that of all the environmental classes analyzed, only the savanna forest class and water surface transition showed significant changes, while the urbanized area class maintained its growth pattern, oscillating in periods of greater and lesser expansion.

Keywords: Socio-environmental impact; spatial-temporal change; urbanization, environmental management; statistical model.

Introdução

O fenômeno da urbanização se tornou preponderante no espaço geográfico mundial nos últimos dois séculos, impulsionado inicialmente pela industrialização e intensificado pelo avanço da globalização a partir da segunda metade do século

passado, principalmente nos países em desenvolvimento (Lessa da Rocha, 2021). A transferência gradual da população de ambientes rurais para os espaços urbanizados é uma tendência mundial, e tem se mantido e se acentuado com

diferentes graus de intensidade, temporalidade e espacialidade (Chauvin et al., 2017).

Atualmente no grupo de países que formam as maiores economias do mundo, onde a urbanização acentuada ainda causa problemas de ordem socioambiental, as políticas públicas e as legislações ambientais são mais eficientes no combate aos efeitos negativos do processo urbano, pois ao atingir um certo nível de desenvolvimento, os países estão dispostos a investir na melhoria da qualidade de seu meio ambiente (Frodyma et al., 2022).

Nos países em fase de desenvolvimento, as políticas e regulamentações ambientais não são tão rígidas quando comparadas com os países desenvolvidos, dessa forma, isso se torna vantajoso para indústrias poluidoras (Sarkodie & Strezov, 2018). O impulso para o desenvolvimento industrial entre essas nações exige a exploração de recursos juntamente com o aumento da demanda de energia (Adebayo et al., 2022). A população de menor poder aquisitivo, que representa o maior percentual demográfico nesse grupo de países, tende a priorizar seu sustento, deixando para segundo plano questões relacionadas ao meio ambiente (Khan et al., 2022).

Observa-se que, os países pobres priorizam o crescimento econômico em detrimento dos esforços de mitigação de emissões. E parcela significativa de sua população vive em situação de carência, dependendo principalmente dos recursos naturais para atender às suas necessidades básicas (Baloch et al., 2020).

É notório adensamentos humanos cada vez maiores, principalmente nos países em desenvolvimento, causando uma série de impactos de ordem socioambiental sem precedentes (Flores et al., 2022). Essas situações têm contribuído para diversos problemas relacionados a urbanização, como poluição ambiental, congestionamentos, supressão de áreas verdes e degradação da qualidade de vida (Zhang, 2016). Associado a grandes mudanças no uso da terra, especialmente no hemisfério sul, os adensamentos impactam os serviços ecossistêmicos urbanos (arborização das ruas, gramados e parques, florestas urbanas, lagos e córregos) (Lourdes et al., 2022).

Nos diferentes países e regiões do mundo, associado ao avanço da urbanização, é comum o processo de periurbanização. As áreas periurbanas consistem nas bordas externas de regiões metropolitanas, ou seja, áreas sob influência direta ou indireta da metrópole (Leaf, 2016). Um dos principais impulsionadores da periurbanização é a migração constante da população para áreas de crescimento periurbano (Mortoja & Yigitcanlar, 2022).

O discurso de que a modernidade reside na cidade e, é preciso transformar o campo num grande produtor, reforça o processo de expropriação e expulsão das populações rurais, que passam a migrar para a cidade, enchendo-a e iniciando um processo de crescimento das periferias (De Melo, 2018). Como resultado, surgiram comunidades satélites dispersas e descontinuas (Talkhabi et al., 2022).

No caso da América latina e especificamente do Brasil, os aglomerados urbanos têm apresentado um grande adensamento populacional e um espraiamento urbano cada vez maiores. O espraiamento de uma cidade ocorre quando o crescimento urbano desconcentrado, deixa vazios urbanos dentro da mancha urbana (De Sousa et al., 2021; Nadalin & Iglioni, 2015).

Atualmente, mais de 75% dos latino-americanos vivem em cidades, algumas imensas como São Paulo, que após a segunda metade do século XX, tornou-se a maior megacidade da América Latina (MartinCoy, 2014).

No Brasil, desde o início do século XX, o país mudou suas características econômicas e por consequência demográficas e espaciais, os adensamentos urbanos, principalmente no centro-sul do país, duplicaram ou triplicaram de tamanho exercendo uma pressão sobre áreas verdes remanescentes (Petroni et al., 2022). O espraiamento urbano desencadeia a periurbanização dos núcleos urbanos, que ao crescerem acabam se interconectando com regiões periurbanizadas de outras cidades, ocasionando manchas urbanas cada vez maiores.

Os núcleos urbanos se expandem e favorecem o surgimento das várias aglomerações urbanas nas regiões metropolitanas, que consistem em uma grande cidade central e sua zona de influência (Moreira Alves & Felício Chaveiro, 2007), originando impactos significativos no desenvolvimento regional e nos padrões de desenvolvimento verde (Liu et al., 2023).

Paralelo ao aumento da mancha urbana, são percebidas mudanças nos ecossistemas, que estão na área de influência direta e indireta da metrópole e suas cidades satélites. Nas cidades, espaços cada vez mais antropizados suprimem espaços naturais causando uma série de problemas. Esses problemas incluem a poluição do ar, dos recursos hídricos, má gestão de resíduos urbanos (Flores et al., 2022) e degradação de áreas verdes (Cobbinah et al., 2017). Estes problemas socioambientais se intensificam em ritmo equivalente ao crescimento do espaço construído (W. Chen & Chi, 2022).

Com a aceleração da urbanização, há aumento da pressão sobre o ambiente e

consequente agravamento da crise ecológica (Wang & Luo, 2022). O solo urbano tem se expandido mais rapidamente do que a população urbana, exercendo um profundo impacto negativo na conservação da biodiversidade e no sistema climático nas escalas local e global (G. Chen et al., 2020).

A falta de um planejamento para a expansão urbana nos países em desenvolvimento, especialmente na Amazonia, tem levado ao crescimento desordenado e a problemas socioambientais (Homma et al., 2020; McGranahan et al., 2021). Isto é agravado pelo desenvolvimento polarizado, que leva as pessoas de baixa renda a procurar melhores oportunidades nestas regiões e passam a ocupar áreas inundadas chamadas regionalmente de *ressaca*, as quais são Áreas de Proteção Permanente (APP) com importante papel para o sistema de drenagem e regulação do microclima local (McGranahan et al., 2021; Ribeiro, 2021; T. S. Sousa et al., 2021).

A expansão das cidades nestas regiões também levou à fragmentação do uso do solo e à deterioração ambiental, especialmente nas áreas periurbanas (Aguilar et al., 2022). Isso decorre de fatores como o modelo de urbanização acelerada e à falta de ordenamento territorial, presença de aglomerados subnormais (T. S. Sousa et al., 2021, 2023). Os efeitos da expansão urbana sobre a população local, como o aumento da ilha de calor urbana superficial, foram observados em diferentes áreas de conurbação no Brasil (Carneiro et al., 2021). Estes estudos destacam coletivamente a necessidade urgente de planejamento e desenvolvimento urbano sustentável nestas regiões.

No entanto, existe potencial para o desenvolvimento sustentável na região, conforme destacado pelo projeto Nova Economia para a Amazônia Brasileira, que enfatiza a necessidade de uma economia moderna e livre de desmatamento (Nobre et al., 2023). Apesar das melhorias nos indicadores de desenvolvimento humano, ainda existe uma disparidade significativa de emprego e rendimento na região (Almeida Freitas & Ferrera de Lima, 2022). Também é destacado o potencial do zoneamento ecológico-econômico e das políticas de desenvolvimento regional para mitigar as desigualdades sociais, econômicas e culturais na Amazônia (Coêlho et al., 2021; Rocha Neto, 2023).

Na região amazônica ainda persistem as “economias de aglomeração”, concentrando enormes contingentes demográficos nas principais cidades da Amazônia Legal, como as metrópoles de Belém e Manaus. Até meados do século XX, não havia conexões terrestres da Amazônia brasileira com o restante do Brasil (Fenzl et al., 2020). O

processo de metropolização foi impulsionado pela construção de grandes eixos rodoviários, a partir da década de 1970, como a Belém-Brasília, Cuiabá-Santarém e Transamazônica, adotadas durante o Governo Militar (Amorim, 2020). Até então, a ocupação era dispersa, seguindo um padrão *dentrítico*. Essa mudança no modelo de ocupação, impulsionada pelo governo militar, resultou em um crescimento populacional acelerado nas cidades ao longo das rodovias amazônicas, acima da média nacional (Sathler et al., 2009).

Apesar do crescimento econômico e demográfico impulsionado por políticas públicas nas últimas décadas, o Amapá se destaca por ter o maior percentual de áreas protegidas (APs) entre os estados brasileiros. A falta de conexões rodoviárias com o restante do país e conexões limitadas com a Guiana Francesa, facilitou a adoção de um modelo de desenvolvimento centrado na conservação (Cunha et al., 2019). No entanto, a Região Metropolitana de Macapá (RMM), ainda em processo de metropolização e conurbação, já apresenta problemas socioambientais. A produção do espaço urbano na RMM se diferencia da metropolização em outras regiões do país, por apresentar características como baixa densidade demográfica, oferta limitada de bens e serviços e infraestrutura precária (Amorim, 2020).

Com base na dinâmica da urbanização contemporânea, peculiar aos países em desenvolvimento, com foco na Amazônia, este estudo avaliará as mudanças espaciais e os impactos socioambientais do crescimento urbano dos municípios que compõem a Região Metropolitana de Macapá (RMM), localizada no extremo norte do Brasil, Amazônia Oriental. Este trabalho: analisou a mudança no uso e cobertura do solo (*land cover and land use - LULC*), no período de 1990 a 2019, para verificar a intensidade e velocidade do crescimento urbano nos três municípios da RMM, e que tipo de ecossistema ou ecossistemas foram os mais impactados pela expansão das suas manchas urbanas; em seguida foi analisado se as Áreas de Proteção Ambiental (APAs), inseridas na RMM, estão conseguindo conter o crescimento da área antropizada ou se estão sendo impactadas pelo avanço da urbanização; e por último foi avaliado o nível de engajamento institucional entre os municípios que compõem a RMM e sua capacidade de articulação na resolução de problemas e governança metropolitana e se existe algum mecanismo ambiental comum no plano metropolitano.

Material e métodos

Área de Estudo - A Região Metropolitana de Macapá se encontra a leste do estado do Amapá

e a oeste da ilha de Marajó/PA. Esta região é formada pelos municípios de Macapá, Santana e Mazagão (Figura 1).

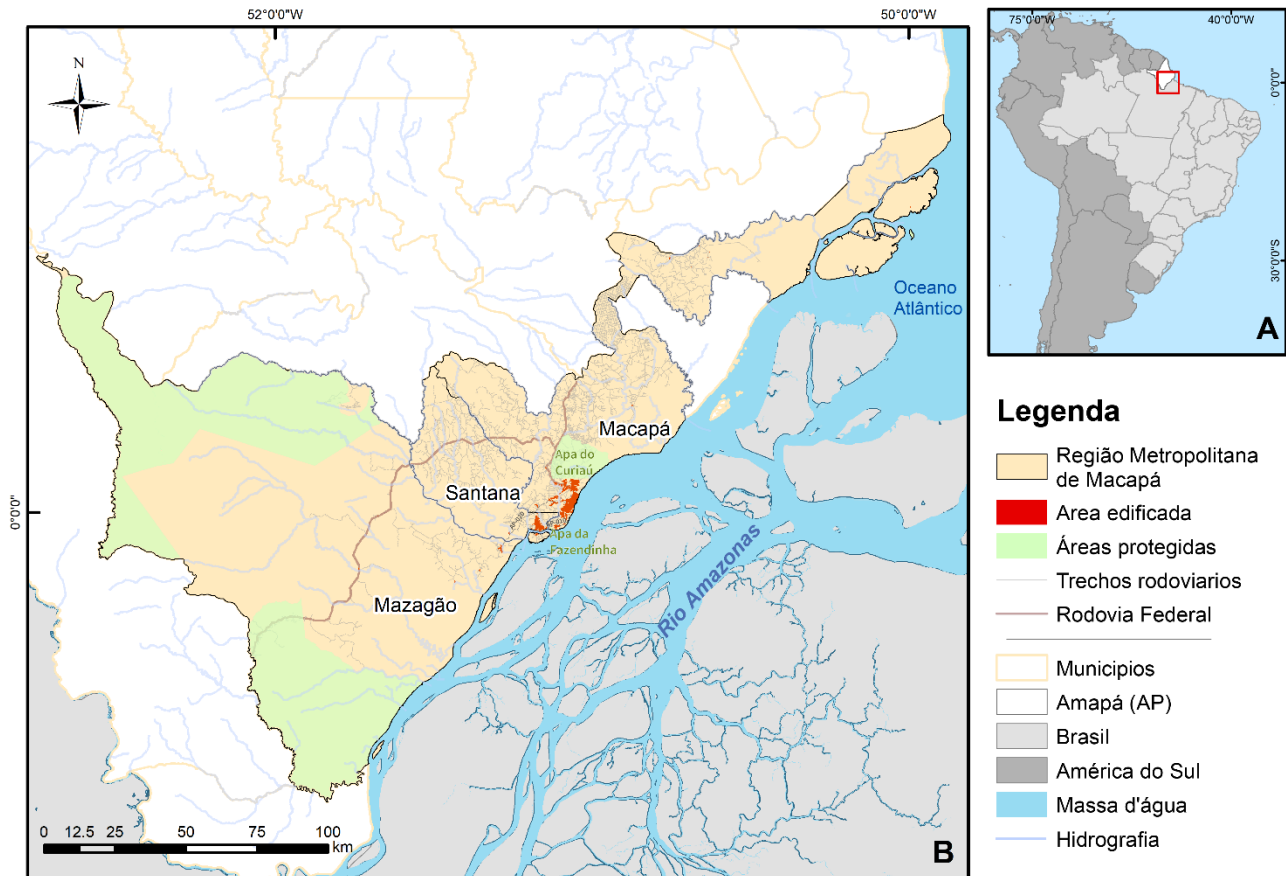


Figura 1. Localização geográfica da Região Metropolitana de Macapá.

O município de Macapá, capital do estado do Amapá, possui uma área total de 6.563,849 km² e conta com uma população de 442.933 habitantes em 2022 (IBGE, 2023). É a maior e mais populosa cidade da RMM e do estado. O Índice de Desenvolvimento Humano do município foi de 0,733 e suas principais fontes de rendimentos são obtidas majoritariamente do setor de serviços, seguida pela participação industrial e agropecuária. O PIB de Macapá correspondia a 98º no ranking nacional de maiores municípios do país e primeiro lugar no ranking estadual em 2019 (IBGE, 2023).

Com relação a cobertura e uso do solo, o município de Macapá apresenta cobertura natural florestada (formação florestal, savânica e manguezais) e cobertura natural não florestada (campos alagados, áreas pantanosas e formação campestre (MapBiomas Brasil, 2023).

O município de Santana possui a segunda maior área urbana do estado do Amapá com uma população de 107.618 habitantes em 2022. Em área territorial é o menor município da região metropolitana com 1.541.224 km² (IBGE, 2023). Juntamente com Macapá, as duas cidades se encontram em processo de conurbação e possuem

maior interação social, econômica e institucional. Com relação à economia, Santana possui o segundo maior PIB da RMM e do estado do Amapá, mas em termos nacionais ocupa a 462ª posição. O município também obtém suas receitas predominantemente do setor terciário (serviços) seguido pelo setor secundário e primário (IBGE, 2023).

No que diz respeito ao Desenvolvimento Humano, Santana apresenta um IDH de 0,692 considerado médio, colocando o município na terceira posição no panorama estadual e 2134º em abrangência nacional (2010). O município de Santana apresenta cobertura natural florestada composta apenas por formação florestal e savânica e sua cobertura não florestal é composta por campos naturais, campos alagados e áreas pantanosas (MapBiomas Brasil, 2023).

O município de Mazagão conta com uma população de 21.924 habitantes em 2022 (IBGE, 2023). Dentro da RMM, Mazagão é o menor município em população e domínio urbano, mais o de maior extensão territorial com uma área de 13.294,778 km². Em termos ambientais, Mazagão se destaca de maneira positiva no contexto da

região metropolitana, pois mantem a maior parte de sua cobertura natural preservada. Quanto ao Desenvolvimento Humano, apesar de avançar em relação ao censo do ano 2000 (IDH de 0,434), o município ainda se encontra ranqueado com IDH baixo 0,592 no 2010 (IBGE, 2023).

Entre os dezesseis municípios do Amapá, Mazagão é a 8ª maior economia e entre os municípios brasileiros ocupa a posição de 2031 (IBGE, 2023). Diferente de Macapá e Santana, cujo setor industrial corresponde a segunda maior participação econômica, em Mazagão este setor é incipiente e a agropecuária é responsável por gerar a segunda maior arrecadação, destacando ainda o crescimento da silvicultura e da mineração.

Com relação aos aspectos naturais de Mazagão, a cobertura florestal é predominante com um percentual muito baixo de savanas. Quanto a formação natural não florestada, predominam as formações campestres com a presença em menor percentual de campos alagados e áreas pantanosas (MapBiomias Brasil, 2023).

Os três municípios da RMM, são drenados pela Bacia Hidrográfica do Rio Amazonas e pelas sub-bacias do Rio Matapi, Rio Curiaú e bacias Setentrional e Meridional do Igarapé da Fortaleza (ANA - Agência Nacional das Águas, 2015).

Etapas metodológicas da pesquisa – As etapas estão divididas em três etapas. A primeira (Etapa 1) consistiu em realizar uma coleta das informações necessárias para a execução da pesquisa. A segunda (Etapa 2) consistiu em realizar o processamento e análise dos dados coletados, onde se aplicou a modelagem estatística. A terceira (Etapa 3) foi baseada na interação da gestão metropolitana, onde foi realizada uma análise comparativa do crescimento espacial e demográfico dos Municípios da RMM.

Etapa 1: Coleta de Dados – Os dados de sensoriamento remoto e Sistema de Informações Geográficas (SIG), que consiste em imagens tipo raster, foram coletadas na plataforma MapBiomias (<https://mapbiomas.org/>) (Souza et al., 2020).

Foi realizado um extenso levantamento, coleta e compilação de informações em periódicos, teses, dissertações com temáticas sobre os impactos socioambientais nos diversos tipos de ambientes urbanos e especificamente na RMM. O levantamento incluiu palavras-chave (expansão urbana, urbanização e impactos) em inglês e português, em base de dados como Scielo, Scopus, Web of Science e Google Scholar.

O levantamento de dados secundários incluiu documentos oficiais de organismos municipais, estaduais e federais. A informação acerca do levantamento do indicador demográfico foi: número de habitantes nos municípios,

coletadas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (www.ibge.gov.br). Os dados ambientais foram coletados na Secretaria de Estado do Meio Ambiente - SEMA (APAs da Fazendinha e Curiaú), e na plataforma MapBiomias, onde foram utilizadas informações de algumas classes como: cobertura natural florestal, formação natural não florestal e corpo d'água. Na classe não florestal, a categoria analisada foi a área urbanizada e na classe corpo d'água, foi utilizada a categoria transição de superfície de água. As informações referentes a gestão da RMM foram levantadas na esfera da gestão municipal dos entes que formam a RMM.

Etapa 2: Processamento e análise dos dados – As imagens da área de estudo foram submetidas ao processamento no software ArcGis, para gerar informações cartográficas de temporalidades diferentes do espraiamento urbano das áreas construídas, ou seja, áreas que foram antropizadas e consequentemente, a partir de sua análise, foram identificados os impactos visíveis sobre os espaços naturais, com as prováveis mudanças na cobertura e uso do solo. As imagens geraram informações cartográficas dos anos de 1990/2000, 1990/2010 e 1990/2020 que foram utilizadas como parâmetros para identificar a temporalidade a cada 10 anos do crescimento da mancha urbana da RMM, individualizando a antropização de cada unidade municipal dentro da RMM.

Os dados secundários foram inicialmente tabulados utilizando o software Excel e posteriormente foram submetidos a modelagem estatística. A modelagem estatística dos dados socioambientais da RMM utilizou o software R (versão 4.2.1) (R Core Team, 2020), com o intuito de analisar e demonstrar os possíveis impactos socioambientais na área de estudo.

Foi considerada uma margem de confiabilidade do 95% ($p\text{-valor} < 0,05$), onde foram utilizados no teste de aderência e o teste de correlação, os dados que não apresentaram normalidade foram transformados ou foi aplicado o teste para não-normalidade. A partir disso, a ANOVA ou o Kruskal–Wallis foram utilizados para modelagem linear avaliando-se adequadamente as premissas, respectivamente, e posteriormente, foi aplicado o teste de comparação múltipla para os casos que dizem respeito a natureza dos dados (paramétrico ou não-paramétrico). A modelagem estatística subsidiou as informações cartográficas, com o intuito de mensurar que tipo de espaços naturais foram perdidos, em detrimento do aumento da área urbanizada. Tal metodologia similar foi bem empregada na literatura (Branoff & Martinuzzi,

2020; Mortoja & Yigitcanlar, 2022; Wu et al., 2021).

Os dados secundários sobre a expansão urbana da área na RMM foram tabulados e tratados para a análise de correlação entre as 12 variáveis (Áreas em hectares: Urbana - urb, Florestal - flo, Savânica - sav, Manguezais - man, Pantanosas - pan, Campestre - cam, Transição de Superfície de Água - tsa, Agropecuária - agro, Total Verde - totV, Total Natural - totN, Natural Florestal - NatF, Não Florestal - NF).

A variável totV é o somatório das variáveis NatF e NF, enquanto para totN é o somatório do totV com a tsa. No caso da NatF representa o somatório flo, sav e man, e para NF é o somatório de pan e cam.

Foram realizados os testes na distribuição dos dados tanto por décadas (dec), quanto pelos 30 anos. Os valores em destaque foram aqueles que atendem aos testes estatísticos paramétricos e que possuem valores diferentes dos valores entre -0,5 à 0,5 ($<>0,5$), ou seja, são os que possuem correlação entre si.

Etapas 3: Interação da gestão metropolitana – Os dados levantados sobre os possíveis organismos, mecanismos ou instituições integradas da gestão pública compartilhada dentro da RMM, foram apresentados de forma descritiva, analisando o grau de interação dos municípios na RMM. Para isso, foram levantadas informações de possíveis Funções Públicas de Interesse Comum (FPICs) entre Macapá, Santana e Mazagão a exemplo de conselhos metropolitanos, câmaras técnicas, comitês metropolitanos e conselhos setoriais, para mensurar o seu nível de cooperação institucional principalmente em questões relacionadas ao meio ambiente.

Nesta etapa, os dados da modelagem estatística subsidiaram o estudo, com informações referentes ao grau de crescimento da mancha

urbana entre os três municípios estudados, a fim de demonstrar se os municípios apresentam a mesma consistência de expansão.

Resultados e discussão

Análises dos Dados Ambientais – As variáveis que apresentaram correlações foram: a variável urbana (urb) com as variáveis savânica (0,622), man (-0,523), pan (-0,527) e tsa (-0,677). A variável florestal (flo) com sav (0,686), agro (-0,610) e NatF (0,995). A variável savânica (sav) com a Tsa (-0,596) e NatF (0,640). A variável manguezais (man) com tsa (0,667). A variável pantanosa (pan) com cam (-0,508). A variável campestre (cam) com tsa (-0,528), totV (0,937), totN (0,804) e NF (0,951). A variável transição de superfície de água (tsa) com NF (-0,511). A variável agropecuária (agro) com NatF (-0,644). A variável total verde (totV) com totN (0,896) e NF (0,967). A variável total natural (totN) com NF (0,848).

Destas avaliações, as variáveis respostas savânica (sav), área pantanosa (pan) e transição de superfície de água (tsa) foram as mais representativas com os demais fatores socioambientais em conjunto com a variável preditora urbana, assim foram escolhidas para representar o comportamento das demais variáveis.

A partir dos testes observados (Tabela 1) houve normalidade e homogeneidade dos dados nesta periodicidade para as variáveis urbana (urb) e savânica (sav), mas para as demais variáveis, pantanosa (pan) e transição de superfície de água (tsa), houve violação no teste de homocedasticidade. Dessa maneira, a ANOVA foi aplicado apenas para urb e sav, para as variáveis pan e tsa aplicou-se o teste de Kruskal-Wallis para as décadas (dec) do período.

Tabela 1. Testes de normalidade e homocedasticidade para as variáveis (urb, sav, pan e tsa) analisadas.

Variável	Normalidade (Shapiro-Wilk Test)			Homocedasticidade (Levene Test)
	1990- 1999	2000- 2009	2010- 2019	1990 - 2019
urb	0,949	0,724	0,251	0,091
sav	0,288	0,134 ^a	0,302	0,2546
pan	0,427	0,196 ^b	0,721	0,001*
tsa	0,348	0,568	0,157	0,004*

Legenda: * Valor significativo para p-valor<0,05; ^a Ano de 2001 removida nesta análise; ^b Ano de 2003 e 2005 removidas nesta análise.

Nos resultados pela ANOVA (Tabela 2) os dados de urbanização (urb) são explicáveis em até 87,33% pelos grupos das décadas apresentados e que há diferença média entre um grupo ou mais, para a variável savânica (sav) o comportamento é

explicado em cerca de 63,7% e apresenta diferença em pelo menos um dos grupos avaliados. Na avaliação por Kruskal-Wallis somente transição de superfície de água (tsa) mostra que há pelo menos um grupo que se diferencia dos demais, enquanto

para área pantanosa (pan) os grupos possuem valores medianos semelhantes dentro das décadas observadas.

Tabela 2. ANOVA para as variáveis urbana e sav, e Kruskal-Wallis para as variáveis área pantanosa e Tsa.

ANOVA					Kruskal-Wallis			
Resposta	urb				Resposta	pan		
Fonte	GL	SQ	Fcalc	p-valor		GL	χ^2	p-valor
Dec	2	1,77.10 ⁷	93,08	<0,001*	Dec	2	2,8167	0,2445
Resíduos	27	2,56.10 ⁶						
Resposta	sav				Resposta	tsa		
Fonte	GL	SQ	Fcalc	p-valor		GL	χ^2	p-valor
Dec	2	1,36.10 ⁶	22,81	<0,001*	Dec	2	16,059	<0,001*
Resíduos	26	7,75.10 ⁵						

Legenda: * Valor significativo para p-valor<0,05.

Desses resultados, se avaliou qual dos grupos possui diferença média em destaque nos avaliados pela ANOVA e diferença mediana para os que foram aplicados o teste de Kruskal-Wallis. Nesse sentido, os testes post-hoc como o método de Tukey e de Nemenyi, respectivamente, subsidiaram na identificação dos grupos mais influentes, além da compreensão mais robusta da correlação do tempo com as variáveis.

Na Figura 2 observa-se que, a partir da virada do milênio, há mudanças em algumas áreas. Houve diferença significativa para as variáveis urbana (urb), savânica (sav) e transição de superfície de água (tsa) nos últimos 30 anos, com aumento significativo na urb e sav, mas redução na tsa. No entanto, não foram observadas mudanças significativas na mediana das áreas pantanosas (pan) no período de 1990 a 2019.

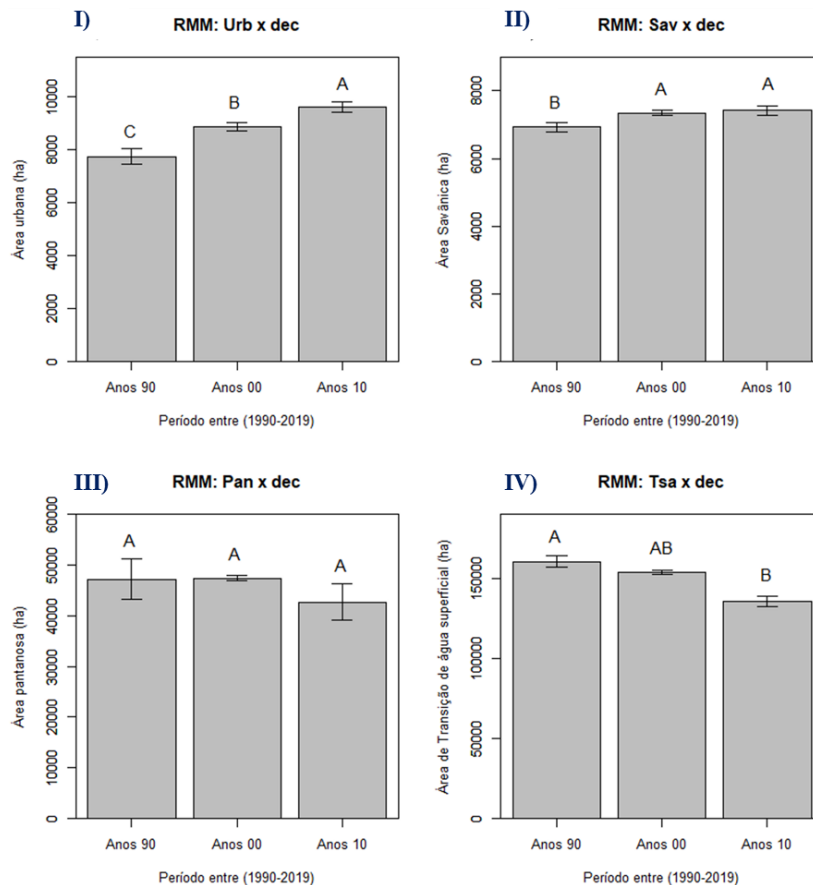


Figura 2. Gráfico de barras com erro padrão calculado pela média (I - II) ou mediana (III- IV) e classificação dado pelos testes post-hoc. Letras iguais indicam resultados equivalentes.

Análise da expansão urbana (urb) nas áreas sav, pan e tsa – A Tabela 3 mostra os resultados para a avaliação de ANOVA, seus pressupostos e as estimativas dos termos avaliados como significantes, para aqueles que não atenderam aos testes foi realizado a avaliação por Kruskal-Wallis. Ambas as respostas obtiveram somente relação

com urbana em 2 períodos das décadas, sendo savânica (sav) nas dec90 e dec00, pantanosa (pan) nas dec90 e dec10, e transição de superfície de água (tsa) nas dec90 e dec10. As demais obtiveram relação não significativa até mesmo na análise de Kruskal-Wallis.

Tabela 3. ANOVA, teste de homoscedasticidade (Breusch-Pagana), teste normalidade dos resíduos (Shapiro-Wilk) e estimativa do coeficiente para as variáveis sav, Pan e Tsa, conforme grupos separados pelas décadas (dec90: 1990-1999; dec00: 2000-2009; dec10: 2010-2019).

Variável	Década	ANOVA				Teste de Breusch-Pagana	Teste de Shapiro-Wilk	R ²	Média do Coef.
		Fonte	GL	SQ	p-valor				
sav	dec90	urb	1	2,58.10 ⁵	0,001*	0,051	0,971	80,33%	-0,496±0,093 ^a
		resíduos	7	6,32.10 ⁴					
	dec00	urb	1	1,87.10 ⁴	0,043*	0,155	0,191	89,68%	43,008±8,456 ^a -0,003±0,001 ^b
		urb ²	1	5,68.10 ⁴					
	dec10	resíduos	4	8,69.10 ³	0,536	0,156	0,162	36,47%	-
		urb	1	1,32.10 ⁴					
pan	dec90	urb	1	1,14.10 ⁹	<0,001*	0,700	0,305	79,33%	-28,114±5,074 ^a
		resíduos	8	2,97.10 ⁸					
	dec00	urb	1	2,03.10 ⁶	0,784	0,711	0,014*	0,99%	-
		resíduos	8	2,03.10 ⁸					
	dec10	urb	1	1,45.10 ⁶	0,853	0,060	0,684	62,03%	0,116±0,041 ^b
		urb ²	1	3,08.10 ⁸					
tsa	dec90	resíduos	5	1,89.10 ⁹	0,031*	0,821	0,053	45,91%	0,0001±0,0001 ^a
		urb	1	0,0201					
	dec00	urb	1	4,814	0,689	0,299	0,551	2,12%	-
		resíduos	8	222,78					
	dec10	urb	1	9,45.10 ⁸	<0,001*	0,091	0,904	94,82%	-36,392±3,007 ^a
		resíduos	8	5,16.10 ⁷					

Legenda: * Valor significativo para p-valor<0,05; ^a média do coeficiente para urb e ^b média do coeficiente para urb².

Desta forma, a variável urbana tem uma correlação linear com a variável savânica (sav) entre os anos de 1990-2009 com forte explicação de 80,33% a 89,68%, sendo que no primeiro período a relação é inversamente proporcional, logo, reduzindo em 0,5 de hectare de área savânica a cada hectare de área urbana. No segundo momento ocorre um aumento seguido de redução da área savânica.

Com relação a resposta área pantanosa (pan), a classe urbana possui correlação linear nos períodos de 1990-1999 e 2010-2019, em um nível de 79,33% e 62,03% de explicação respectivo aos

dados analisados (Tabela 3). Dentro do período inicial, o aumento da área urbana levou a diminuição acentuada da área pantanosa em valor reduzido de ~28 hectares de área pantanosa a cada hectare de área urbana, sendo que a partir de 2010 esta área teve um efeito quadrático positivo ao longo do aumento de área urbana.

A resposta da variável transição de superfície de água (tsa) apresentou relação de linearidade com a preditora urb nos períodos semelhantes ao ocorrido para a variável área pantanosa (pan), com explicação dos dados em 45,91% e 94,82% respectivos a cada período

(Tabela 3). O aumento da área urbana foi proporcional a resposta em efeito de 1 hectare de transição de água superficial para cada hectare urbano. No entanto, a partir do ano de 2010 as áreas de tsa sofreram drástica redução de ~36 hectares de área de transição de água superficial para cada hectare de área urbana. Acredita-se que para o presente ano, desse levantamento, as áreas de transição de superfície de água podem estar sendo

reduzidas visto que não foi encontrado políticas ou ações que possam diminuir tais efeitos observados.

A Figura 3 apresenta a relação preditiva da variável urbana (urb) com as demais respostas comparadas e estimadas nas suas respectivas décadas. Em observação aos gráficos percebe-se como a variável urbana tem provocado reduções nas áreas avaliadas e que em outros períodos ocorreu contribuições.

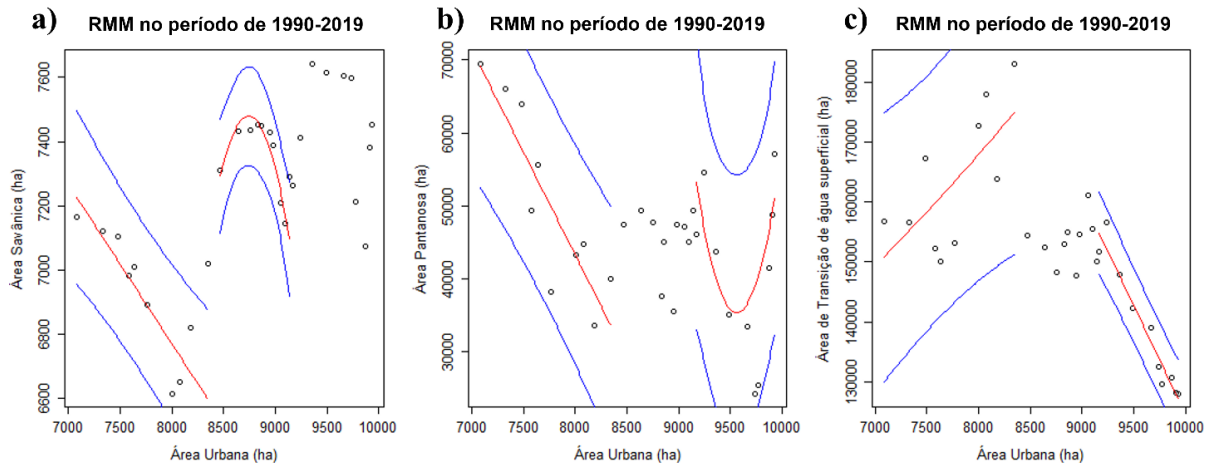


Figura 3. Gráficos das respostas savânica, pantanosa e transição de superfície de água em relação a urbana e suas estimativas (intervalo de confiança de 95%).

Nas áreas savânicas percebe-se como o incremento da área urbana reduz nitidamente a taxa de aumento desta classe ao passar das décadas, mantendo-a constante os valores da média na última década em cerca de ~7425 ha de área savânica. Em áreas pantanosas, foi apresentado que não há diferença entre as medianas nas décadas, logo, apesar do aumento da área urbana ter levado a reduções em determinados períodos, observa-se que não foi determinante em alterar o valor mediano de área pantanosa entre as décadas, permanecendo estável o valor mediano de ~42.612 ha de área pantanosa. Na avaliação da classe transição de superfície de água, os dados comparados mostravam redução da área com o

passar das décadas e tal comportamento está corroborado pelo aumento das áreas urbanas na RMM.

Análise da expansão dos municípios na RMM – A compreensão da expansão do crescimento urbano na RMM por seus municípios é mostrada em forma de estimativas médias por década observada (Figura 4). Dentro dos anos observados foi calculado o percentual representativo desses municípios à RMM em que Macapá detém a maior cobertura de expansão metropolitana ($80,96 \pm 0,10\%$) seguida por Santana ($17,25 \pm 0,07\%$) e Mazagão ($1,80 \pm 0,04\%$). Assim, observou-se que Macapá é um dos principais contribuidores da expansão metropolitana.

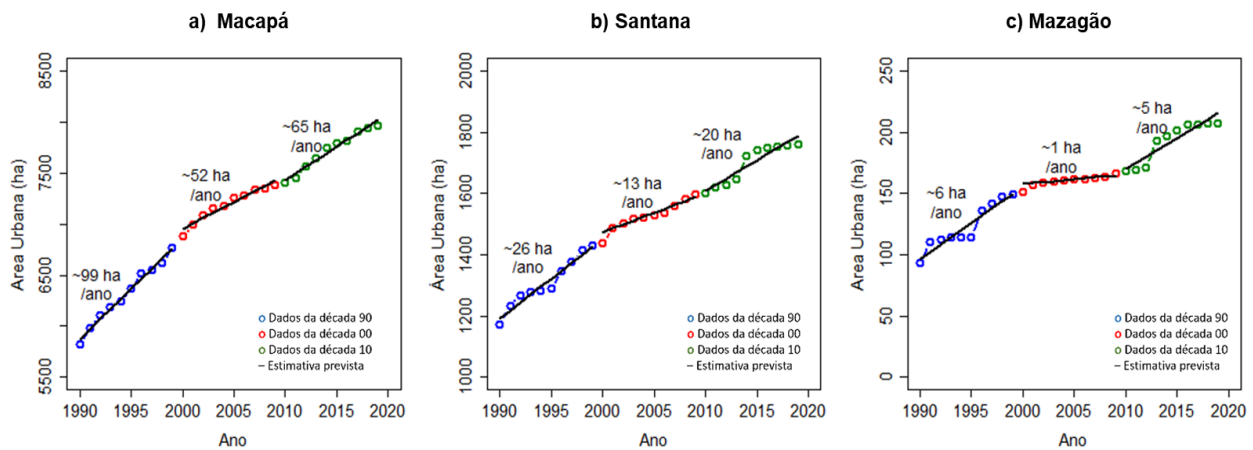


Figura 4. Gráficos de valores de área urbana em hectares por município ao longo do ano de 1990-2019 para Macapá (a), Santana (b) e Mazagão (c). Em destaque é mostrado a taxa média estimada por ano dentro das décadas.

A expansão de manchas urbanas geralmente se dá a partir de espaços naturais, podendo bloquear corredores ecológicos, fragmentar a paisagem e afetar a dispersão natural das plantas e a migração de animais (Li et al., 2023).

Em menção a expansão por município, primeiramente, os dados observados atenderam as análises respectivas à ANOVA e seus pressupostos. Desta forma, observamos como a taxa média de hectare urbana ao ano é positiva em todos os períodos por município ressaltando o seu crescimento contínuo. Macapá teve um crescimento médio de ~99 ha de área urbana nos anos 90 e que após isso reduziu sua taxa para ~65 ha ao ano. Santana teve uma taxa média inicial de ~26 ha de área urbana por ano e levemente reduziu para cerca de ~20 ha. No município de Mazagão menores taxas são observadas no período em ~6 ha de área urbana, com brusca queda a ~1 ha por ano e aumento da taxa para ~5 ha por ano.

Em síntese foi observado que existem áreas como as regiões pantanosas (pan) e de transição de água superficial (tsa) sendo reduzidas pela

expansão da RMM. Enfatiza-se que as áreas de tsa podem estar sendo afetadas nos anos presentes, conforme observado nos dados dos anos anteriores até 2019. Além disso, essa redução também pode ter causa indireta em outras áreas como as de manguezais e da cobertura Natural-Florestal.

No aspecto da expansão urbana foi observado o crescimento contínuo em todos os municípios pertencentes a RMM, com contribuição favorecida principalmente pela expansão do município de Macapá apesar do leve declínio no crescimento no último período analisado. Os demais municípios possuem contribuições bem inferiores à RMM.

Visão geral – O geoprocessamento das imagens obtidas por sensoriamento remoto corroborou as informações dos dados secundários. Houve uma expansão da área urbana dos municípios que compõem a RMM no período analisado. A cartografia apresenta uma mudança na cobertura e uso do solo dos três municípios com destaque maior para a expansão da mancha urbana de Macapá e Santana (Figura 5).

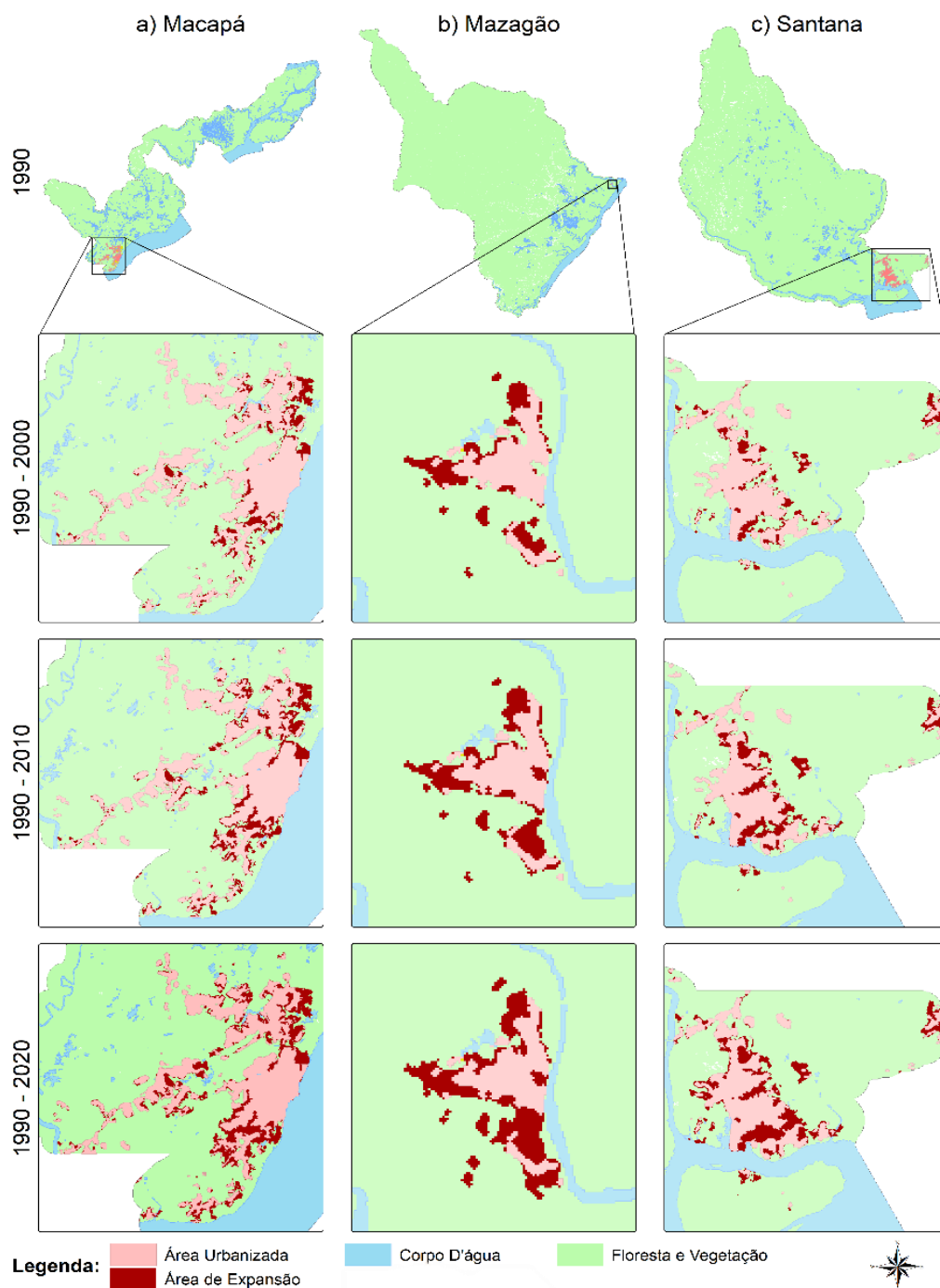


Figura 5. Expansão urbana de Macapá, Santana e Mazagão.

Na expansão urbana da região Metropolitana de Macapá, os fluxos de atração se dão pela dinâmica que prevalece no Norte do Brasil. Quando algumas cidades concentram funções urbanas em locais pontuais da imensa região, atraem fluxos populacionais do seu entorno imediato (McGranahan et al., 2021; Ribeiro, 2021), no caso em estudo, esses fluxos têm origem do interior do estado e do golfo das Ilhas do Marajó-PA (Amorim, 2020).

O crescimento contínuo, desde a década de 1990, dos três municípios da RMM, impacta de maneira mais intensa Macapá, que por ser a capital do estado do Amapá tende a ser a maior cidade,

apresenta a maior dinâmica estrutural, ocasionando um maior aporte demográfico que, por sua vez, amplia sua mancha urbana em ritmo mais intenso que os demais entes metropolitanos. Isto acontece pelo fato de que, a abundância de recursos naturais impede que os moradores de Macapá percebam que o crescimento populacional humano leva a maiores pressões ambientais, que resultam do aumento da demanda por recursos (Souza et al., 2021).

Os dados e informações levantadas sobre as Áreas de Proteção Ambiental (APAs) que estão dentro dos limites da RMM, áreas cujos objetivos seriam de proteger a diversidade biológica, assegurar a sustentabilidade do uso dos recursos

naturais dentro de seus limites, assim como, ordenar sua ocupação e o uso dos seus recursos naturais, mostraram que as duas APAs (Fazendinha e Curiaú) têm sofrido pressão antrópica por estarem situadas na área de expansão da mancha urbana de Macapá e Santana, que são as duas principais cidades da região Metropolitana e as duas maiores cidades do estado do Amapá.

A APA do Rio Curiaú, criada pela Lei Estadual nº 431, de 15 de setembro de 1998, com uma área de 21.676,00 hectares, sofre pressão da expansão urbana do município de Macapá sobre a bacia do rio Curiaú e seus ecossistemas. Dentro de sua área de abrangência encontram-se três comunidades quilombolas. O objetivo da APA é também garantir a integridade dessas comunidades. Pelo Decreto nº 3.099/2001, foi criado o seu conselho Gestor que ainda se encontra ativo, fato relevante se comparado as demais unidades que apesar de terem criado conselhos gestores, estes se encontram inativos.

Localizada na região limítrofe dos municípios de Macapá e Santana, e onde as duas cidades estão sofrendo o processo de conurbação pela Rodovia AP-010, a APA da Fazendinha, criada pela Lei Estadual nº 873, de 31 de dezembro de 2004, com uma área de 136,59 hectares, é a que mais sofre a pressão antrópica. Sua localização incide proximidade de região portuária, de lazer, ligação rodoviária de grande fluxo pendular e investimentos imobiliários na área de expansão das duas cidades, onde o periurbano paulatinamente se transforma em urbano. Segundo a Secretaria de Estado do Meio Ambiente (SEMA-AP) os desafios atuais enfrentados na Unidade é manter as ações de controle e fiscalização para inibir possíveis invasões, evitando, assim, o incremento acelerado de sua degradação e ocupação desordenada.

A dinâmica de expansão observada em Macapá e Santana e de maneira mais discreta em Mazagão, denota como principal vetor de expansão, as rodovias que permeiam os três municípios da RMM: a AP-010 (rodovia Josmar Chaves Pinto), por onde Macapá e Santana conurbam de maneira mais acentuada com uma barreira natural que é a APA da Fazendinha, a AP-020 (rodovia Duca Serra) que interliga os três municípios da região metropolitana e AP-070 (rodovia do Curiaú) onde a APA do Curiaú bloqueia parcialmente a expansão, apesar de ser cortada pela rodovia (Figura 1).

A respeito das Funções Públicas de Interesse Comum (FPICs) entre Macapá, Santana e Mazagão, constatou-se que não existe nenhum tipo de conselho ou comitê metropolitano tampouco quaisquer outras iniciativas de cooperação setorial, excetuando-se o uso compartilhado do aterro

sanitário de Macapá, que se deu por imposição judicial via Ministério Público Federal.

Dentro da RMM, apesar de serem municípios, cujos fluxos populacionais interagem mutuamente, principalmente entre Macapá e Santana, em movimentos pendulares de substancial volume, observa-se a ausência de parceria entre o poder público constituído. A gestão metropolitana e as articulações institucionais, para busca de governança consorciada, praticamente inexistem, a exemplo das demais regiões de igual status dentro do território nacional, excetuando-se as mais antigas criadas antes da Constituição Federal que possuem um certo grau de governança compartilhada (IPEA, 2013).

A falta de planejamento urbano preconiza grandes desafios entre o crescimento e a preservação ambiental (Figueiredo et al., 2021; Wang & Luo, 2022; Xue, 2022). Nas cidades da Amazônia como Belém, Manaus e Macapá, a expansão urbana tem eliminado ou fragmentado de maneira acentuada os espaços naturais. Geralmente essas áreas de expansão são ocupadas por população de menor renda (McGranahan et al., 2021; Trannin & Bruno, 2021), que precisam coabitar com problemas de ordem socioambiental (Ribeiro, 2021), como falta de estrutura urbana e ocupação de áreas suscetíveis a risco, que no caso de cidades amazônidas, ficam sujeitas a inundações periódicas (Silva et al., 2021; Furtado et al., 2020).

Em Macapá e Santana são comuns as ocupações em locais de ressaca (áreas úmidas sujeitas a sazonalidade hídrica), por vezes, tais ocupações convergem, interligando mais de um bairro através de palafitas a exemplo de bairros da Zona Sul de Macapá como Zerão e Congós. Nestas áreas de pontes inexistem qualquer forma de planejamento ou serviços bem estruturados por parte do poder público, como fornecimento de água potável e energia de forma eficiente ou segura. Todas as formas de resíduos ou efluentes não são devidamente recolhidos ou tratados. Isso resulta em riscos à saúde dos residentes, em violação da plena cidadania para esses moradores, além de impactos nas áreas de ressacas (Trannin & Bruno, 2021) que são ecossistemas frágeis que ficam comprometidos pelo avanço da área antropizada de Macapá e Santana (Takiyama, 2012).

O planejamento urbano, particularmente no contexto de degradações, é crucial para facilitar uma redução da economia e promover a sustentabilidade (Xue, 2022). No entanto, a ausência de diretrizes consistentes e a complexidade dos contextos de desenvolvimento tornaram difícil para os planejadores conciliar objetivos de desenvolvimento conflitantes (Moisseev, 2023). A área de planejamento precisa

levantar um contra-discurso para abordar as crises das mudanças climáticas, perda da natureza e desigualdade (Næss, 2023). Além disso, a atual desconexão entre o planejamento urbano e ambiental levou a uma falta de equilíbrio na abordagem dos conflitos multidimensionais no planejamento urbano ecológico (Wang & Luo, 2022).

Para enfrentar esses desafios, é necessário o planejamento urbano sustentável que leva em consideração o ambiente imediato e incorpora estratégias para mitigar o impacto da rápida urbanização (Figueiredo et al., 2021). Isso pode ser alcançado através de uma abordagem participativa que envolve a comunidade e os governos locais, guiados pelos princípios da justiça ambiental e do desenvolvimento sustentável (Trannin & Bruno, 2021).

Conclusões

A Urbanização como fenômeno mundial alcançou os limites da Amazônia brasileira de forma mais acentuada a partir de meados do século XX e começou a intensificar em pontos específicos da região, sendo o sudeste do Amapá uma dessas áreas onde encontra-se a região Metropolitana de Macapá.

Comprovou-se que a expansão urbana da RMM está ocorrendo de forma contínua em todo o período estudado, onde todas as informações levantadas confirmam o espraiamento urbano dos três municípios da RMM, dando ênfase a cidade de Macapá, por apresentar a maior mudança espaço-temporal e foi a principal responsável pela perda de espaço natural dentro da área de estudo.

De todas as categorias naturais que foram estudadas e que potencialmente estavam dentro do perímetro de expansão urbana da RMM, as que mostraram relação de comprometimento, devido ao crescimento de sua área antropizada, foram a vegetação florestada do tipo savânica e a transição de superfície de água, ou seja, para cada hectare de crescimento urbano, estão sendo perdidos hectares das classes mencionadas de acordo com o espaço-temporal analisado individualmente para cada classe. As demais classes não apresentaram mudanças significativas apesar de estarem indiretamente ligadas as que apresentaram declínio.

As Áreas de Proteção Ambiental, localizadas dentro da região estudada, estão conseguindo bloquear parcialmente a expansão de Macapá e Santana apesar de estarem sofrendo pressão antrópica, principalmente a APA da Fazendinha.

A expansão urbana das cidades da RMM, e a malha rodoviária são um dos principais vetores da mudança do uso e cobertura do solo, principalmente, nas áreas savânicas, pantanosas e corpos d'água que estão sendo afetadas, fato associado aos investimentos públicos e privados de residenciais ao longo desses eixos de mobilidade entre os três municípios e demais cidades do estado.

Contudo, a pesquisa aplicada é a primeira realizada em uma região metropolitana da amazônica brasileira, onde se tem um território eminentemente verde (92%), tentando explicar como a expansão urbana influencia na perda dos ambientes naturais. Neste contexto, esperamos que os resultados possam auxiliar na tomada de decisão no planejamento urbano ambiental da RMM.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Pro-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação (PROPESPg) e ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da Universidade Federal do Amapá (PPGCA/UNIFAP).

Referências

- Adebayo, T. S., Onifade, S. T., Alola, A. A., & Muoneke, O. B. (2022). Does it take international integration of natural resources to ascend the ladder of environmental quality in the newly industrialized countries? *Resources Policy*, 76. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2022.102616>
- Aguilar, A. G., Flores, M. A., & Lara, L. F. (2022). Peri-Urbanization and Land Use Fragmentation in Mexico City. Informality, Environmental Deterioration, and Ineffective Urban Policy. *Frontiers in Sustainable Cities*, 4. <https://doi.org/10.3389/frsc.2022.790474>
- Almeida Freitas, L. B., & Ferrera de Lima, J. (2022). Desenvolvimento municipal nas mesorregiões diferenciadas da amazônia ocidental. *Gestão & Regionalidade*, 38(115). <https://doi.org/10.13037/gr.vol38n115.7609>
- Amorim, J. P. D. A. (2020). O processo de formação e metropolização da região metropolitana de Macapá – breves reflexões. *Geografia Ensino & Pesquisa*, 23, 45. <https://doi.org/10.5902/2236499439329>
- ANA - Agência Nacional das Águas. (2015). *Avaliação dos Aquíferos das Bacias Sedimentares da Província Hidrogeológica Amazonas no Brasil*.
- Baloch, M. A., Danish, Khan, S. U. D., & Ulucak, Z. Ş. (2020). Poverty and vulnerability of

- environmental degradation in Sub-Saharan African countries: what causes what? *Structural Change and Economic Dynamics*, 54, 143–149.
<https://doi.org/10.1016/j.strueco.2020.04.007>
- Branoff, B. L., & Martinuzzi, S. (2020). The Structure and Composition of Puerto Rico's Urban Mangroves. *Forests*, 11(10), 1119.
<https://doi.org/10.3390/f11101119>
- Carneiro, E., Lopes, W., & Espindola, G. (2021). Linking Urban Sprawl and Surface Urban Heat Island in the Teresina–Timon Conurbation Area in Brazil. *Land*, 10(5), 516.
<https://doi.org/10.3390/land10050516>
- Chauvin, J. P., Glaeser, E., Ma, Y., & Tobio, K. (2017). What is different about urbanization in rich and poor countries? Cities in Brazil, China, India and the United States. *Journal of Urban Economics*, 98, 17–49.
<https://doi.org/10.1016/j.jue.2016.05.003>
- Chen, G., Li, X., Liu, X., Chen, Y., Liang, X., Leng, J., Xu, X., Liao, W., Qiu, Y., Wu, Q., & Huang, K. (2020). Global projections of future urban land expansion under shared socioeconomic pathways. *Nature Communications*, 11(1).
<https://doi.org/10.1038/s41467-020-14386-x>
- Chen, W., & Chi, G. (2022). Urbanization and ecosystem services: The multi-scale spatial spillover effects and spatial variations. *Land Use Policy*, 114.
<https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2021.105964>
- Cobbinah, P. B., Poku-Boansi, M., & Peprah, C. (2017). Urban environmental problems in Ghana. In *Environmental Development* (Vol. 23, pp. 33–46). Elsevier B.V.
<https://doi.org/10.1016/j.envdev.2017.05.001>
- Coêlho, A. C. de A., Gumiero, R. G., Redón, S. M., & Lopes, A. R. de B. C. (2021). A natureza e a região na Amazônia: zoneamento ecológico-econômico e políticas de desenvolvimento regional. *Confins*, 49.
<https://doi.org/10.4000/confins.35364>
- Cunha, H. F. A., Souza, A. F. De, & Cardoso Da Silva, J. M. (2019). Public support for protected areas in new forest frontiers in the Brazilian Amazon. *Environmental Conservation*.
<https://doi.org/10.1017/S0376892919000262>
- Da Silva, G. F., Galdino França, S. D. S., Vitoria, G. D. B., & Ribeiro Gonçalves, J. R. M. (2021). O planejamento urbano-ambiental. *Projectus*, 3(4), 1–17.
<https://doi.org/10.15202/25254146.2018v3n4p1>
- De Melo, T. S. (2018). Cidade/Urbano versus Campo/Rural: a necessidade de políticas públicas que superem esta dicotomia para inclusão das populações pobres no Brasil. *Kult-Ur Revista Interdisciplinária Sobre La Cultura de La Ciutat*, 4(8), 209–234.
<https://doi.org/10.6035/kult-ur.2017.4.8.8>
- De Sousa, I. C. N., Menzori, I. D., & Braga, R. (2021). Urbanização sustentável: métricas espaciais e tipologias de crescimento. *Caminhos de Geografia*, 22(84), 36–55.
<https://doi.org/10.14393/RCG228456557>
- Fenzl, N., Sombra, D., Canto, O. do, Farias, A., & Nascimento, F. (2020). Os Grandes Projetos e o Processo de Urbanização da Amazônia Brasileira: Consequências Sociais e Transformações Territoriais. *InterEspaço: Revista de Geografia e Interdisciplinaridade*, 5(19), 202002. <https://doi.org/10.18764/2446-6549.e202002>
- Figueiredo, A. C. C., Xavier, G. H. S., & Insuela, T. A. (2021). Planejamento urbano sustentável. *Revista Científica ANAP Brasil*, 14(32).
<https://doi.org/10.17271/19843240143220212881>
- Flores, C. A. R., da Cunha, A. C., & Cunha, H. F. A. (2022). Solid waste generation indicators, per capita, in Amazonian countries. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(22), 33138–33151.
<https://doi.org/10.1007/s11356-022-18509-3>
- Fródyma, K., Papież, M., & Śmiech, S. (2022). Revisiting the Environmental Kuznets Curve in the European Union countries. *Energy*, 241.
<https://doi.org/10.1016/j.energy.2021.122899>
- Furtado, L. S., Alves, L. R. de M., Macedo, A. B. F. de, Pinto, Á. J. de A., Tourinho, H. L. Z., & Raiol, R. D. O. (2020). Impactos ambientais oriundos do crescimento urbano/demográfico: um estudo no bairro da Pedreira, Belém/PA. *Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais*, 11(7), 484–500.
<https://doi.org/10.6008/cbpc2179-6858.2020.007.0039>
- Homma, A. K. O., Menezes, A. J. E. A. de, Santana, C. A. M., & Navarro, Z. (2020). O desenvolvimento mais sustentável da região amazônica: entre (muitas) controvérsias e o caminho possível. *COLÓQUIO - Revista Do Desenvolvimento Regional*, 17(4), 1–27.
<https://doi.org/10.26767/1804>
- IBGE. (2023). *Cidades@: Portal Cidades e Estados do Brasil*. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).
<https://cidades.ibge.gov.br/>

- IPEA. (2013). *Volume 1 Regiões Metropolitanas 40 anos de no Brasil Série Rede Ipea Projeto Governança Metropolitana no Brasil*.
- Khan, S., Yahong, W., & Zeeshan, A. (2022). Impact of poverty and income inequality on the ecological footprint in Asian developing economies: Assessment of Sustainable Development Goals. *Energy Reports*, 8, 670–679.
<https://doi.org/10.1016/j.egyr.2021.12.001>
- Leaf, M. (2016). The politics of periurbanization in Asia. In *Cities* (Vol. 53, pp. 130–133). Elsevier Ltd.
<https://doi.org/10.1016/j.cities.2016.01.008>
- Lessa da Rocha, A. C. (2021). O fenômeno de segunda residência como um dos indutores da expansão urbana das metrópoles no contexto de globalização: uma análise sobre o Rio de Janeiro. *Geo UERJ*, 39, e39604.
<https://doi.org/10.12957/geouerj.2021.39604>
- Li, J., Xie, B., Dong, H., Zhou, K., & Zhang, X. (2023). The impact of urbanization on ecosystem services: Both time and space are important to identify driving forces. *Journal of Environmental Management*, 347(October), 119161.
<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.119161>
- Liu, K., Sun, Y., & Yang, D. (2023). The Administrative Center or Economic Center: Which Dominates the Regional Green Development Pattern? A Case Study of Shandong Peninsula Urban Agglomeration, China. *Green and Low-Carbon Economy*, 3, 110–120.
<https://doi.org/10.47852/bonviewGLCE3202955>
- Lourdes, K. T., Hamel, P., Gibbins, C. N., Sanusi, R., Azhar, B., & Lechner, A. M. (2022). Planning for green infrastructure using multiple urban ecosystem service models and multicriteria analysis. *Landscape and Urban Planning*, 226, 104500.
<https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2022.104500>
- MapBiomas Brasil. (2023). *Projeto MapBiomas – Coleção 7.1 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso da Terra do Brasil*. Observatório Do Clima.
<https://brasil.mapbiomas.org/>
- MartinCoy. (2014). *Tendências atuais de fragmentação nas cidades latino-americanas e desafios para a política urbana e o planejamento urbano*.
- McGranahan, G., Songsore, J., & Kjellén, M. (2021). Sustainability, Poverty and Urban Environmental Transitions. In *The Earthscan Reader in Sustainable Cities* (pp. 107–133). Routledge.
<https://doi.org/10.4324/9781315800462-8>
- Moisseev, I. (2023). Political mission of urban planning: reconciling conflicting development goals. *E3S Web of Conferences*, 458, 04001.
<https://doi.org/10.1051/e3sconf/202345804001>
- Moreira Alves, T., & Felício Chaveiro, E. (2007). *Metamorfose Urbana: A Conurbação Goiânia-Goianira e suas Implicações Sócio-Espaciais*.
- Mortoja, M. G., & Yigitcanlar, T. (2022). Factors influencing peri-urban growth: Empirical evidence from the Dhaka and Brisbane regions. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 26.
<https://doi.org/10.1016/j.rsase.2022.100762>
- Nadalin, V., & Iglioni, D. (2015). *Espraiamento urbano e periferização da pobreza na região metropolitana de São Paulo: evidências empíricas*.
- Næss, P. (2023). Urban sustainability responsibilities of the European planning profession in the next decades. *European Planning Studies*, 31(11), 2342–2353.
<https://doi.org/10.1080/09654313.2023.2217857>
- Nobre, C. A., Feltran-Barbieri, R., de Assis Costa, F., Haddad, E. A., Schaeffer, R., Domingues, E. P., Rocha Frasson, C. M., Camuri, P., Genin, C., Szklo, A., Lucena, A. F. P., Fernandes, D. A., Silva, H., Ventura, R., Folhes, R. T., Fiorini, A. C. O., Rocha, A. M., Santos, A. J. L., da Rocha Klautau Junior, A. B., ... Barbosa, V. (2023). Nova Economia da Amazônia. *World Resources Institute*.
<https://doi.org/10.46830/wriprt.22.00034>
- Petroni, M. L., Siqueira-Gay, J., & Gallardo, A. L. C. F. (2022). Understanding land use change impacts on ecosystem services within urban protected areas. *Landscape and Urban Planning*, 223, 104404.
<https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2022.104404>
- R Core Team. (2020). *R: A Language and Environment for Statistical Computing* (4.2.1). R Foundation for Statistical Computing.
<https://www.R-project.org/>
- Ribeiro, W. de O. (2021). *Rede Urbana e Interações Espaciais na Região Nordeste do Pará*. Editora da Universidade do Estado do Pará - Eduepa. <https://doi.org/10.31792/978-65-88106-16-7>
- Rocha Neto, J. M. (2023). Mais um desafio: governança para o desenvolvimento da Amazônia. *Gestão & Regionalidade*, 39,

- e20237986.
<https://doi.org/10.13037/gr.vol39.e20237986>
- Sarkodie, S. A., & Strezov, V. (2018). Empirical study of the Environmental Kuznets curve and Environmental Sustainability curve hypothesis for Australia, China, Ghana and USA. *Journal of Cleaner Production*, 201, 98–110.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.08.039>
- Sathler, D., Monte-Mór, R. L., Alberto, J., & De Carvalho, M. (2009). *As redes para além dos rios: urbanização e desequilíbrios na Amazônia brasileira*.
- Sousa, T. S., Cunha, H. F. A., & Cunha, A. C. da. (2021). Risco de alagamentos influenciados por fatores ambientais em zonas urbanas de Macapá e Santana/AP. *Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais*, 12(4), 245–259. <https://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2021.004.0021>
- Sousa, T. S., Viegas, C. J. T., Cunha, H. F. A., & Cunha, A. C. da. (2023). Drainage and Preliminary Risk of Flooding in an Urban Zone of Eastern Amazon. *Journal of Geoscience and Environment Protection*, 11(05), 1–16.
<https://doi.org/10.4236/gep.2023.115001>
- Souza, C. M., Shimbo, J. Z., Rosa, M. R., Parente, L. L., Alencar, A. A., Rudorff, B. F. T., Hasenack, H., Matsumoto, M., Ferreira, L. G., Souza-Filho, P. W. M., de Oliveira, S. W., Rocha, W. F., Fonseca, A. V., Marques, C. B., Diniz, C. G., Costa, D., Monteiro, D., Rosa, E. R., Vélez-Martin, E., ... Azevedo, T. (2020). Reconstructing three decades of land use and land cover changes in brazilian biomes with landsat archive and earth engine. *Remote Sensing*, 12(17).
<https://doi.org/10.3390/RS12172735>
- Souza, A. F. de, Cunha, A. C. da, & Cunha, H. F. A. (2021). The environmental attitude of the urban population living in Macapá City, Brazilian Amazon region. *Environment, Development and Sustainability*, 0123456789.
<https://doi.org/10.1007/s10668-021-01287-2>
- Takiyama, L. R. (2012). *Projeto Zoneamento Ecológico Econômico Urbano das Áreas de Ressacas de Macapá e Santana, Estado do Amapá Relatório Técnico Final*.
- Talkhabi, H., Ghalehtemouri, K. J., Mehranjani, M. S., Zanganeh, A., & Karami, T. (2022). Spatial and temporal population change in the Tehran Metropolitan Region and its consequences on urban decline and sprawl. *Ecological Informatics*, 101731.
<https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2022.101731>
- Trannin, M. C., & Bruno, S. F. (2021). Justiça ambiental e planejamento urbano: construindo resiliência em comunidades vulneráveis. *REPAAE - Revista de Ensino e Pesquisa Em Administração e Engenharia*, 7(1), 37–58.
<https://doi.org/10.51923/repae.v7i1.238>
- Wang, B., & Luo, L. (2022). Service value of a bay city ecosystem based on green buildings and landscape pattern changes. *Sustainable Computing: Informatics and Systems*, 35, 100758.
<https://doi.org/10.1016/j.suscom.2022.100758>
- Wu, J., Cheng, D., Xu, Y., Huang, Q., & Feng, Z. (2021). Spatial-temporal change of ecosystem health across China: Urbanization impact perspective. *Journal of Cleaner Production*, 326.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.129393>
- Xue, J. (2022). Urban planning and degrowth: a missing dialogue. *Local Environment*, 27(4), 404–422.
<https://doi.org/10.1080/13549839.2020.1867840>
- Zhang, X. Q. (2016). The trends, promises and challenges of urbanisation in the world. *Habitat International*, 54, 241–252.
<https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2015.11.018>