

Quanto Sobra de Verde em uma Metrópole? Um Estudo Sobre a Cobertura Vegetal Remanescente em Fortaleza, Ceará, Brasil

How Much Green is Left in a Metropolis? A Study on the Remaining Vegetation Cover in Fortaleza, Ceará, Brazil

*Maria Ligia Farias Costa*¹ 

*Jader de Oliveira Santos*² 

*Liana Rodrigues Queiroz*³ 

*Marcelo Freire Moro*⁴ 

Palavras-chave

Áreas verdes urbanas
Fragments de vegetação
Perda de biodiversidade
Urbanização

Resumo

A expansão das atividades humanas tem causado uma perda significativa de biodiversidade globalmente, com os usos antrópicos do solo se expandindo fortemente e as zonas urbanas crescendo rapidamente, resultando em desmatamento e fragmentação de ecossistemas naturais. A cidade de Fortaleza, -um exemplo desse fenômeno, enfrentou ao longo de sua história crescimento urbano desordenado, perda de cobertura vegetal e desafios socioambientais profundos. Isso resultou na perda da maior parte da cobertura vegetal do município e na fragmentação das áreas remanescentes. Este estudo busca quantificar o quanto sobrou de fragmentos de vegetação na cidade de Fortaleza, mapear os ecossistemas originais do município e mapear a vegetação nativa restante. Usando mapas de geomorfologia e a correlação do tipo de vegetação típico em cada unidade de paisagem original, mapeamos os ecossistemas nativos da cidade, identificando sete categorias: campos de praia, dunas, tabuleiros costeiros, manguezais, matas ciliares, caatinga e mata seca. Usando imagens de satélite de alta resolução e o método da máxima verossimilhança, verificamos que 62% do território está urbanizado e boa parte das áreas restantes já estão desprovidas de vegetação. Apenas cerca de 16% da superfície do município ainda tem fragmentos de vegetação. A preservação da cobertura vegetal e da biodiversidade urbana é uma meta fundamental para o desenvolvimento sustentável das cidades, além de prover diversos serviços ecossistêmicos, como manutenção de fauna e prevenção de enchentes, especialmente em um contexto de emergência climática. O estudo identificou áreas naturais remanescentes e locais necessitando de proteção legal. Fazemos sugestões para a criação de Unidades de Conservação, Parques Urbanos e áreas verdes conectando fragmentos existentes, como objetivo vital para a sustentabilidade de Fortaleza e a conservação da biodiversidade urbana.

Keywords

Urban green areas
Vegetation fragments
Biodiversity loss
Urbanization

Abstract

The expansion of human activities has caused a significant loss of biodiversity globally, with anthropogenic land uses rapidly expanding and urban areas growing quickly, resulting in deforestation and fragmentation of natural ecosystems. The city of Fortaleza, an example of this phenomenon, has faced disorganized urban growth, loss of vegetation cover, and deep socio-environmental challenges throughout its history. This resulted in the loss of most of the municipality's vegetation cover and the fragmentation of the remaining areas. This study aims to quantify the remaining vegetation fragments in Fortaleza, map the municipality's original ecosystems, and map the remaining native vegetation. Using geomorphology maps and correlating the typical vegetation types in each original landscape unit, we mapped the city's native ecosystems, identifying seven categories: coastal grasslands, dune ecosystems, vegetation of coastal tablelands, mangroves, riparian forests, caatinga, and dry forests. Using high-resolution satellite images and the maximum likelihood method, we found that 62% of the territory is urbanized, and much of the remaining areas are already devoid of vegetation. Only about 16% of the municipality's surface still has vegetation fragments. The preservation of vegetation cover and urban biodiversity is a fundamental goal for the sustainable development of cities, providing various ecosystem services, such as maintaining fauna and preventing floods, especially in the context of climate emergency. The study identified remaining natural areas and locations requiring legal protection. We suggest the creation of Conservation Units, Urban Parks, and green areas connecting existing fragments, as a vital goal for the sustainability of Fortaleza and the conservation of urban biodiversity.

¹ Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG, Belo Horizonte, MG, Brasil. marialigiafcca@gmail.com

² Universidade Federal do Ceará – UFC, Fortaleza, CE, Brasil. jader.santos@gmail.com

³ Universidade Federal do Ceará – UFC, Fortaleza, CE, Brasil. lianarqueiroz@gmail.com

⁴ Universidade Federal do Ceará – UFC, Fortaleza, CE, Brasil. marcelomoro@ufc.br

INTRODUÇÃO

A expansão das atividades humanas, como agricultura, pecuária e urbanização, tem sido a principal responsável pela perda de biodiversidade ao longo dos últimos séculos (McDonald *et al.*, 2020; Vitousek *et al.*, 1997). Esse impacto é especialmente evidente na Europa Ocidental, onde se observa uma redução significativa da biodiversidade, estimada entre 20% e 30% (Newbold *et al.*, 2015). Esse problema se agravou após a Revolução Industrial devido a uma exploração predatória dos recursos naturais (Steffen *et al.*, 2007; Vitousek *et al.*, 1997). A história mostra um conflito contínuo entre o desenvolvimento humano e o meio ambiente, resultando em desmatamento generalizado, perda de cobertura vegetal e extinção de espécies, um processo que se intensificou desde os grandes impérios até o século XX (Bologna; Aquino, 2020).

Atualmente, estamos testemunhando um rápido crescimento populacional em torno das grandes áreas urbanas (Farias *et al.*, 2017). De acordo com o relatório World Urbanization Prospects - 2022 (UN, 2022), as áreas urbanas estão se expandindo duas vezes mais rápido do que o crescimento da população, e, até 2050, dois terços da população mundial viverão em áreas urbanas. As florestas tropicais e subtropicais estão sofrendo desmatamento em larga escala devido à agricultura comercial, seguida da agricultura de subsistência, expansão urbana, infraestrutura e mineração (FAO, 2020).

A partir do século XX, o Brasil passou por profundas transformações, passando de um país predominantemente rural para urbano. Esse processo de criação de cidades foi impulsionado pela industrialização e forte intervenção estatal, através da concentração de investimentos públicos e capitais nas áreas urbanas, o que gerou um imenso movimento de construção de cidades que concentraram pessoas e problemas socioambientais diversos (Maricato, 2001; Santos, 2008).

Nesse contexto, a cidade de Fortaleza teve seu crescimento urbano impulsionado pela concentração de investimentos públicos e capitais na sede do poder político local, em detrimento das áreas interioranas; da baixa complexidade e complementaridade da rede de núcleos urbanos do Ceará, fazendo com que Fortaleza se tornasse o principal lócus de recepção de êxodo rural em decorrência das constantes secas que ocorreram nas áreas interioranas do Estado (Bomtempo, 2015; Costa, 2008; Silva, 2000). Somente de 1950 a 1970 a população de Fortaleza passou de 213 mil para

mais 850 mil habitantes, iniciando o século XXI com mais de dois milhões de habitantes e tendo atualmente quase 2,5 milhões (IBGE, 2004; IBGE, 2023).

A cidade se expandiu sem planejamento e carente de infraestrutura e serviços, com uma grande parte da população vivendo na informalidade, abrigada em assentamentos precários e bairros distantes (Costa; Amora, 2015). Em paralelo a isso, o município foi perdendo sua cobertura vegetal, sendo o elemento mais modificado neste período (Cortez, 2000).

A rápida urbanização, principalmente nas grandes cidades, gera impactos negativos em aspectos ambientais, sociais e econômicos. O desaparecimento de áreas verdes e a supressão de fragmentos de vegetação e áreas de preservação permanente nas áreas urbanas prejudica a qualidade de vida da população e compromete os esforços de conservação da biodiversidade (Nucci, 2008). As poucas áreas de vegetação que resistem à urbanização geralmente se encontram como fragmentos isolados na paisagem urbana, o que resulta em uma perda significativa de biodiversidade devido ao desmatamento e à fragmentação (Rotermund, 2012).

Apesar de pouco abordados pelas pesquisas, fragmentos de vegetação em áreas urbanas, muitas vezes, representam os últimos remanescentes de áreas verdes de uma cidade, sendo fundamentais para a manutenção da biodiversidade local (Freire *et al.* 1990; Moro *et al.* 2011; Salles; Schiavini, 2007; Tanus *et al.* 2012). Além de tornarem o ambiente mais agradável psicológica e esteticamente, e melhorarem a saúde da população, as áreas urbanas vegetadas diminuem a poluição do ar e a sonora, ajudam na conservação da água e do solo, atuam na alimentação e sobrevivência da fauna, atenuam as ilhas de calor, promovem reserva de carbono, entre tantos outros serviços e funções ambientais (Milano; Dalcin, 2000; Souza *et al.*, 2013; Sonntag-Öström *et al.*, 2014; Ren *et al.*, 2018; Silva *et. al.*, 2020; Nascimento *et al.*, 2020).

Muitas cidades buscam preservar a biodiversidade por meio da proteção legal de grandes áreas naturais em seu território. Um exemplo marcante são as grandes áreas de conservação dentro do tecido urbano da cidade do Rio de Janeiro, com áreas como o Parque Nacional Floresta da Tijuca, Parque Estadual da Pedra Branca, Parque Natural Municipal da Serra do Mendanha e outros no Rio de Janeiro, além de unidades de conservação em diversas outras grandes cidades brasileiras, como São Paulo (e.g. Parques Estaduais Fontes do

Ipiranga, Serra do Mar, da Cantareira e outros), Natal (Parque Estadual Dunas do Natal), Fortaleza (Parque Estadual do Cocó) e várias outras cidades.

A estratégia de criação de áreas especialmente protegidas para conservação da natureza em áreas urbanas depende do mapeamento de onde essas áreas estão, da identificação de sua extensão, da identificação dos tipos de ecossistemas que sobreviveram à expansão urbana, além do mapeamento de locais com vegetação nativa ainda não protegida que poderiam ser preservados. Além disso, é essencial entender como os diferentes ecossistemas originais foram afetados pela expansão urbana, quantificar o que já foi perdido e determinar o que ainda pode ser conservado em cada município.

Neste estudo, exploramos essas questões no contexto de Fortaleza, a quarta cidade mais populosa do Brasil, a capital de maior densidade populacional, e uma das principais metrópoles do país. O objetivo do trabalho foi identificar e classificar os ecossistemas originais de Fortaleza, documentando os ecossistemas que existiam antes da expansão urbana, e mapeando sua extensão original, e indicar o quanto sobrou de cada um dos ecossistemas naturais. Além disso, busca-se quantificar a área que foi urbanizada, a vegetação que foi degradada e a vegetação nativa que ainda existe na metrópole de Fortaleza.

METODOLOGIA

Área de Estudo

A cidade de Fortaleza, capital do Estado do Ceará, ocupa uma área de 312 km². É o quarto município mais populoso do país, com quase 2,5 milhões de habitantes, e também o de maior densidade populacional (IBGE, 2023). Localizada na região litorânea do Ceará, possui 34 km de extensão de praia, sendo cercada ao sul por maciços residuais pré-litorâneos, e em seus limites oeste e leste marcados pela presença da foz do rio Ceará e da foz do rio Pacoti, respectivamente (Fortaleza, 2020). A umidade e a pluviosidade são consideradas moderadas, permitindo que a cidade seja caracterizada com clima tropical quente sub-úmido (IPECE, 2018; Petalas; Mota, 2013). Os padrões de formas de relevo se manifestam no predomínio de coberturas sedimentares cenozóicas, com ocorrência também de terrenos cristalinos e relevos esculpidos em rochas vulcânico-alcalinas terciárias em alguns trechos (Brandão, 1998;

CPRM, 2015; Santos, 2015). A vegetação do município está majoritariamente inserida no Complexo Vegetacional da Zona Litorânea (floresta, savanas e arbustais dos tabuleiros), além de Floresta Perenifólia Paludosa Marítima (manguezal) e Floresta mista dicótilo-palmácea (carnaúbal), na beira dos rios (FUNCEME, 2018; IPECE, 2018).

Elaboração do Mapa de Vegetação Originária do Município de Fortaleza

Neste estudo, o mapeamento dos ecossistemas naturais originais de Fortaleza baseou-se na classificação geomorfológica de Santos (2015) para a área do município e no Zoneamento Ecológico Econômico da Zona Costeira do Estado do Ceará (ZEEC), elaborado pela Secretaria Estadual de Meio Ambiente (SEMA). Estes trabalhos possuem bases cartográficas nas escalas de 1:10.000 e 1:25.000 (Ceará, 2021). Esses mapeamentos foram utilizados para identificar as principais geomorfologias do município. Por meio de vistorias em campo dos ecossistemas remanescentes e da relação já documentada na literatura entre as formas de relevo e os ecossistemas associados a cada unidade geomorfológica para o Ceará, produzimos um mapa que representava, aproximadamente, os ecossistemas naturais do município (Quadro 1).

A classificação geomorfológica abrangeu toda a extensão do município e permitiu mapear os tipos de ecossistemas naturais que existiam em cada unidade geomorfológica, com base na correlação entre tipos de vegetação e geomorfologia estabelecida por Moro *et al.* (2015) para o Ceará, além de trabalhos de campo, visitando os diferentes ecossistemas. Isso possibilitou estimar o tamanho da área de cada ecossistema, aproximando-se das condições naturais originais do município antes da expansão urbana.

É importante notar que, devido às intensas atividades humanas que alteraram o relevo e os recursos hídricos, como aterramento de lagoas, canalização de rios e mudanças na linha de costa, estabelecimento de espigões costeiros e aterros nas praias. Em uma cidade como Fortaleza, rios foram canalizados, lagoas aterradas, linhas de praia foram modificadas. Assim, não é possível obter um mapa completamente preciso dos ecossistemas originais, antes da presença da cidade no local. No entanto, o mapa geomorfológico gerado representa a melhor representação atual das condições naturais originais em Fortaleza, reconhecendo que algumas áreas, como as faixas

de praia e ecossistemas aquáticos, sofreram alterações irreversíveis.

Apesar disso, usamos a correspondência observada em campo e na literatura ([Moro *et al.*, 2015](#)) para criar, a partir do mapa geomorfológico de Fortaleza, um mapa

aproximado dos ecossistemas naturais originais do município, gerando um shapefile que está sendo disponibilizado para download e utilização junto com este trabalho (verificar o material suplementar em: <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.28802192>).

Quadro 1 – Unidades geomorfológicas e os relevos mapeados para o município de Fortaleza, e os tipos de ecossistemas que ocorrem em cada unidade

Unidades Geomorfológicas	Unidade de Relevo	Ecossistema original
Praia		
	Terraço Marinho	Campos Paraianos Arbustais Praianos
Planície Litorânea	Dunas Móveis	Ecossistema de Dunas
	Dunas Fixas	Ecossistema de Dunas
	Paleodunas	Ecossistema de Dunas
Modelos sedimentares		
	Tabuleiros Costeiros	Floresta de Tabuleiro Arbustal de Tabuleiro Cerrado e Cerradão Costeiro
Planície Flúvio-marinha		
Planícies Fluviais	Planície Fluvial	Manguezal
	Pl. Fluv. Lacustre	Matas (incluindo várzeas de rios e carnaubais)
	Pl. Fluv. Terraço	Ciliares
	Pl. Lacustre	
Modelos Cristalinos		
Vulcânicos Residuais		
	Depressão Sertaneja	Caatinga
	Serrote Ancuri	Mata Seca

Fonte: Os autores (2025).

Mapa de Uso e Cobertura da Terra

Para a análise do uso e cobertura da terra em Fortaleza, foram utilizadas imagens de satélite e técnicas baseadas em métodos de classificação supervisionada ([Rotermund, 2012](#); [Sousa *et al.*, 2020](#)). Para a classificação, optou-se por adotar a imagem do satélite Sentinel 2A; captada pelo sensor no dia 22/07/2020, adquirida através da plataforma do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). A imagem de satélite foi reprojetada para Datum SIRGAS 2000 em projeção UTM fuso 24S. Para manusear a imagem foi utilizado o software QGIS 3.16.13 ([QGIS, 2021](#)), e o raster da imagem de satélite foi recortado através da camada shapefile correspondente ao perímetro oficial do município de Fortaleza, obtido junto ao Instituto

Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). A classificação do uso da terra foi conduzida automaticamente com a ajuda do plugin Dzetsaka Classification Tool, utilizando o método da máxima verossimilhança, amplamente reconhecido na classificação supervisionada ([Fitz, 2008](#)). Esse método pertence à abordagem "pixel a pixel", que analisa a informação espectral isoladamente de cada pixel para achar regiões homogêneas. A área mínima mapeada corresponde a 0,00000004 km², sem um valor mínimo definido para os polígonos.

Posteriormente, a confiabilidade dos dados gerados foi avaliada com a ferramenta Accuracy, buscando uma acurácia mínima de 85%, conforme Metzger ([2006](#)). Foi utilizado o modelo de amostragem aleatória estratificada, em que a

distribuição dos pontos foi feita de forma aleatória dentro de cada estrato, enquanto a quantidade de amostras por estrato foi definida manualmente, considerando sua proporção de área para garantir uma representação

equilibrada. No total, foram utilizados 110 pontos de controle. Inicialmente foram definidas nove classes de cobertura, que foram agrupadas em seis tipos de uso da terra (Quadro 2).

Quadro 2 – Classes de uso e cobertura da terra mapeados para o Município de Fortaleza – CE

Classe	Uso e Cobertura	Descrição
Cursos d'água	Corpos hídricos em suas diversas formas, tanto natural como artificial	-
Dunas/Faixa de praia	Morros de areia e depósitos arenosos não consolidados ao longo da margem oceano-continentais	Sedimentos arenosos que apresentam elevada reflectância, sendo facilmente identificados nos classificadores de pixel
Vegetação degradada e arborização introduzida	Cobertura herbácea, que ocupa terrenos desmatados, ou árvores mais jovens ou árvores individuais da arborização, com indivíduos não adensados, como as árvores presentes nas calçadas e canteiros centrais	Essa categoria resultou da soma das classes vegetação rasteira derivada de ações humanas e vegetação antropizada
Vegetação florestal	Comunidades arbóreas que formam um dossel, correspondendo às que estão em complexos de maciços verdes	São as áreas florestais remanescentes na cidade. Parte dessas áreas correspondem a florestas secundárias, que rebrotaram após desmatamentos pretéritos. Eventualmente, maciços de árvores não nativas podem ter entrado nessa classe.
Vegetação campestre	Savanas nativas e os campos praianos	Foi feita a reclassificação manual dessa categoria, porque os ambientes naturalmente abertos como savanas e campos praianos foram agrupados com a vegetação degradada pela classificação automática. Assim, após visitas de campo e inspeção de imagens de satélite de alta resolução no software Google Earth, as áreas que constituíam campos e savanas naturais foram reclassificados nesta categoria.
Área antropizada	Terrenos onde há ocorrência de edificações, estradas e alterações do solo pela ação humana	Foi representada pela soma das classes telhado marrom, telhado cinza, telhado branco, vias de acesso, asfalto e solo totalmente exposto

Fonte: Os autores (2025).

O acesso aos dados brutos e aos arquivos gerados pela pesquisa devem ser fornecidos de modo aberto para atender aos requisitos da Ciência Aberta ([Moro *et al.* 2022](#)). Assim, aderindo a esses princípios, disponibilizamos de modo aberto os shapefiles, os mapas em alta resolução, e os arquivos criados por este estudo podem ser acessados livremente através do repositório científico Figshare no Link: <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.28802192>.

RESULTADOS

Classificação dos ecossistemas e da vegetação originária do município de Fortaleza

A partir das análises realizadas, foi possível apontar a existência de sete tipos de ecossistemas naturais no que hoje é o município de Fortaleza. Os ecossistemas mapeados foram: Campo e arbustal praiano (superfície de deflação), Ecossistema de dunas (Dunas móveis, dunas fixas e paleodunas), Vegetação dos tabuleiros costeiros (Tabuleiro costeiro, independente da vegetação original ser floresta,

arbustal ou savana), Manguezal (Planície flúvio-marinha), Mata ciliar (Planícies fluviais, lacustres e fluviolacustres), Caatinga (Depressão sertaneja) e Mata seca (superfícies vulcânicas residuais). Com isso, geramos o mapa mais detalhado de que temos ciência do que seriam, aproximadamente, os ecossistemas naturais originais do município de Fortaleza (Figura 1-A). Além da classificação da vegetação, observa-se também o mapeamento da faixa de praia e dos corpos d'água, os quais, devido ao longo histórico de alterações, com aterrramento de lagoas, mudança de curso dos rios, construção de portos, molhes, espiões, instalação de aterros costeiros e outras alterações, não puderam ser determinados com muita precisão em relação à sua disposição original, antes da intervenção humana.

As classes de ecossistemas naturais com maior extensão dentro dos limites do município foram: a vegetação dos tabuleiros costeiros, que ocupava 57% do território do município, o

ecossistema de dunas, que recobriam 16% da área de Fortaleza, e a caatinga, que correspondia a 9% da área total do município (Tabela 1). A caatinga apresentou uma mancha considerável a sudoeste e outras pequenas manchas a sudeste na transição entre a formação barreiras, sedimentar, e a Depressão Sertaneja, cristalina. Já a Mata Seca apresentou uma pequena área a sudeste do município, sobre o serrote vulcânico do Ancuri. Os Manguezais (Planície Flúvio-marinha) encontram-se junto à foz dos principais rios da cidade: o rio Ceará, a oeste; o rio Cocó, a leste; e um pouco mais a leste, na divisa territorial dos municípios de Fortaleza, Eusébio e Aquiraz, o rio Pacoti. A Mata Ciliar (Planícies Fluviais), por outro lado, interpenetra várias outras unidades, seguindo o curso dos rios, riachos e lagoas (Figura 1). Com isso, calculamos a área total ocupada por cada tipo de ecossistema no que é hoje o limite político oficial do município de Fortaleza (Tabela 1).

Tabela 1 – Ecossistemas naturais do município de Fortaleza, Ceará, e a extensão geográfica natural aproximada de cada um deles

Unidades Fitogeográficas	Área original (km ²)	% do município
Campo e arbustal praiano	8,2	2,6
Ecossistema de dunas	52,2	16,7
Tabuleiros costeiros	180,1	57,6
Manguezal	14,2	4,5
Mata ciliar	18,8	6
Caatinga	28,5	9,1
Mata seca	0,6	0,2
Praia	1,9	0,6
Corpos d'água	8,1	2,6
Total	312,6	100

Fonte: Os autores (2025).

Classificação do Uso e Cobertura da Terra

Na análise de uso e cobertura da terra em Fortaleza, sete classes de cobertura foram mapeadas. A maior delas foi a de áreas urbanizadas/antropizadas, abrangendo 197 km² (cerca de 63% do território), incluindo construções e vias. Outras categorias incluíram vegetação degradada e arborização introduzida (20%), vegetação florestal (11%), corpos d'água (2%), vegetação campestre nativa (0,5%), e dunas e faixa de praia não urbanizadas (1,5%) (Tabela 2).

A precisão da classificação supervisionada foi de 88%, o que indica uma análise bem-sucedida

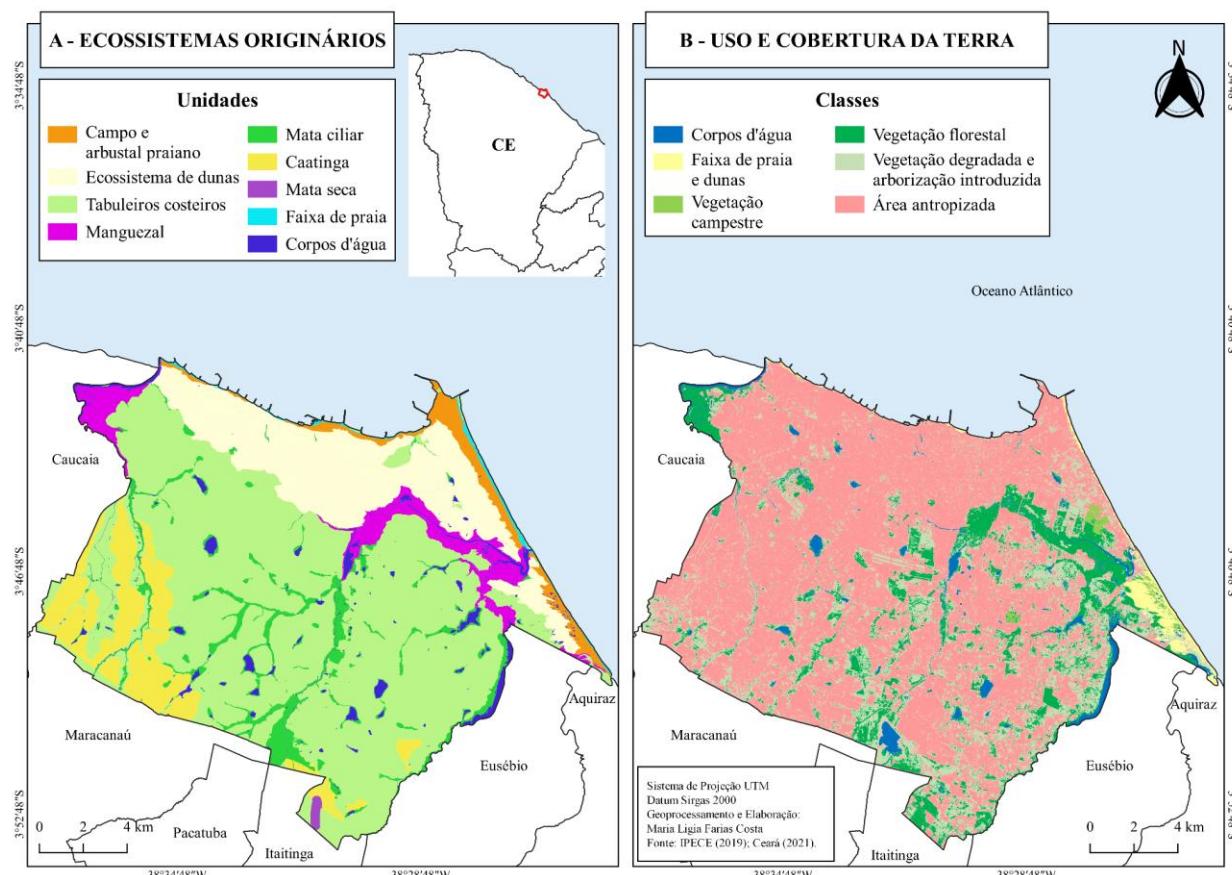
do uso da terra em Fortaleza, mas a revisão das classes revela erros, como na identificação de Corpos d'água (65%) e Dunas/Praia (20%), que apresentaram menores taxas de acerto. No caso dos Corpos d'água, a presença significativa de vegetação aquática influenciou na classificação, promovendo interações com outras classes de vegetação e aumentando a complexidade da análise. Da mesma forma, as áreas de Dunas e Praia mostraram forte interação com regiões de solo exposto, dificultando a distinção entre essas classes e impactando a precisão da classificação. Os ajustes manuais finais foram essenciais para reduzir essas imprecisões e tornar a análise mais confiável.

Tabela 2 – Área ocupada por cada classe da Classificação do Uso e Cobertura da Terra de Fortaleza, Ceará

Classes	Área (km ²)	%
Corpos d'água	7,5	2,4
Faixa de praia	2,6	0,8
Dunas	2,1	0,7
Vegetação campestre	1,7	0,5
Vegetação florestal	36,5	11,7
Vegetação degradada e arborização introduzida	64,8	20,8
Área antropizada	197	63,1
Total	312,2	100

Fonte: Os autores (2025).

Figura 1 – (A) Mapa aproximado dos ecossistemas naturais originais do território do município de Fortaleza, região costeira do estado do Ceará, Brasil. (B) Mapa de uso e cobertura da terra de acordo com o método de classificação supervisionado do município de Fortaleza, CE. Os mapas em alta resolução podem ser baixados nos suplementos digitais do artigo



Fonte: Costa (2022).

O cálculo da área perdida e remanescente de cada classe de vegetação em Fortaleza foi realizado com base na nova classificação de tipos de vegetação e uso da terra (Tabela 3). Isso incluiu a análise da perda de cobertura vegetal natural devido à urbanização e à degradação da vegetação (áreas desmatadas com vegetação degradada). Isso permitiu determinar a área

total já desmatada (áreas urbanizadas consolidadas e áreas desmatadas não edificadas), resultando na área remanescente de vegetação nativa no município.

Os ecossistemas que mais perderam área para a antropização foram: a caatinga do cristalino (77%), os ecossistemas de dunas (74%) e os tabuleiros costeiros (68%). Já o ambiente de

mata seca (2%) foi o que menos perdeu área para a antropização, mas vale destacar que esse tipo de vegetação em Fortaleza tem ocorrência muito pequena, restrita às antigas superfícies vulcânicas como o serrote Ancuri. Situado na franja sudeste de Fortaleza, de origem vulcânica, o serrote do Ancuri constitui o relevo mais acentuado e aguçado do município. Além da elevada declividade, a existência da estação elevatória de água tratada que abastece Fortaleza contribui para a proteção dessa vegetação.

Os ecossistemas naturais que mais apresentaram perda de cobertura vegetal natural por meio de conversão em vegetação degradada (ou seja, foram desmatados, mas ainda não consolidados com construções) foram: a mata ciliar (39% de perda), os tabuleiros costeiros (22%) e a caatinga do cristalino (17%). Já nos tabuleiros costeiros e área de dunas, houve no passado um forte processo de urbanização, que já consolidaram infraestruturas urbanas sobre os terrenos. Por fim, foi possível observar que os ambientes com

maiores áreas remanescentes foram: a mata seca (85%), o manguezal (75%) e a mata ciliar (39%). O ambiente que menos apresentou área remanescente foi a caatinga (4%). Vale ressaltar, que a classe corpos d'água inclui espelhos d'água convertidos para outros usos ou alterados, como os que podem ter secado e passaram a ser ocupados por vegetação.

De forma geral, a cidade de Fortaleza apresenta uma área total modificada de 83% da extensão do município, sendo 196,9 km² degradados por urbanização direta e 64,8 km² por áreas desmatadas, mas que ainda não estão pavimentadas ou construídas. No total, 261 km² da área total de Fortaleza já estão desmatados e apenas 51 km² ainda são áreas remanescentes. Com isso, temos ainda aproximadamente 16% da extensão do município como áreas nativas remanescentes, embora boa parte delas tenha algum grau de degradação, e em vários casos haja uma situação considerável de degradação, como poluição por despejo de efluentes, depósito de lixo, invasão por espécies exóticas invasoras, queimadas antrópicas, dentre outros impactos.

Tabela 3 – Área total dos tipos naturais de ecossistemas do município de Fortaleza e suas áreas urbanizadas/antropizadas, áreas degradadas não urbanizadas, e a área total remanescente de cada tipo de ecossistema dentro dos limites de Fortaleza

Unidades Fitogeográficas	Área da Vegetação Originária (km ²)	%	Área Antropizada (km ²)	%	Área com Vegetação Degradada (km ²)	%	Área Remanescente (km ²)	%
Campo e arbustal praiano	8,2	2,6	5,2	63,5	1,3	16,1	1,7	20,4
Ecossistema de dunas	52,2	16,6	39,1	74,8	6,9	13,2	6,3	12,0
Tabuleiros costeiros	180,1	57,6	124	68,9	40,5	22,5	15,6	8,7
Manguezal	14,2	4,5	1,3	8,8	2,2	15,4	10,8	75,8
Mata ciliar	18,8	6,0	4,1	21,9	7,3	39,0	7,4	39,1
Caatinga	28,5	9,0	22,1	77,7	5,0	17,7	1,3	4,6
Mata seca	0,6	0,2	0,0	2,7	0,1	11,9	0,5	85,4
Faixa de praia	1,9	0,6	0,7	37,9	0,2	9,0	1,0	53,1
Corpos d'água	8,1	2,6	0,4	5,1	1,3	15,9	6,4	79,0
Total	312,6	100	196,9	63	64,8	21	51	16,3

Fonte: Os autores (2025).

DISCUSSÃO

Os Tabuleiros Costeiros, se destacam por serem a classe que ocupa a maior área do território do município, e pode apresentar distintos tipos de vegetação. Em Fortaleza, parte do território dos tabuleiros era coberto majoritariamente pelas florestas semidecíduas de tabuleiro, e parte pelas savanas costeiras (por exemplo, na Área de Relevante Interesse Ecológico - ARIE - Professor Abreu Matos – [Moro *et al.*, 2011](#)).

Apesar da limitação do método, com a ajuda da literatura e de pesquisadores da área neste trabalho, foi possível mapear parte das áreas com vegetação campestre ou savânica, entre elas, uma área de cerrado costeiro já identificada em campo ([Moro *et al.*, 2011](#)). Essa área faz parte da unidade de conservação de uso sustentável, a ARIE Prof. Abreu Matos, localizada no bairro do Cambeba. Apesar da área já ser protegida, é possível observar alguns pequenos fragmentos verdes que ficaram de fora da poligonal da ARIE. Estas áreas deveriam ser integradas à poligonal da UC, visto que a ARIE Prof. Abreu Matos, além de ser pequena, é um importante remanescente de cerrado costeiro em Fortaleza e é exemplo de resistência ao processo de expansão urbana na cidade de Fortaleza, haja vista que ela é circundada por uma matriz antropizada.

Outras áreas que se mostraram bem afetadas pelo avanço do processo de urbanização foram os Campos e os Arbustais Praianos, que se encontram altamente ameaçados pelos impactos antrópicos desde construções de casas à impermeabilização do solo para implantação de vias ([Fortaleza, 2020](#)). A vegetação de restingas, comum a esses ambientes, são ecossistemas protegidos por diversos diplomas legais como a Lei da Mata Atlântica e a Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) 303/2002. Algumas áreas dessa fisionomia foram mapeadas de forma manual, identificadas também como vegetação campestre. Os fragmentos encontram-se nas proximidades do Parque Estadual do Cocó, no bairro Praia do Futuro II, e os outros estão inseridos no Parque Natural Municipal das Dunas de Sabiaguaba. Já o ecossistema de dunas, como aqui apresentado, foi um agrupamento das dunas móveis, fixas e das paleodunas, e vale ressaltar, que a vegetação de restinga é típica de Campos e Arbustais Praianos e Dunas Fixas.

Um estudo realizado por Pinheiro ([2009](#)) apresentou conclusões que vão ao encontro dos resultados aqui obtidos, que identificou grandes perdas nos ambientes de dunas de Fortaleza. Em seu trabalho, foram analisados os ambientes

de dunas presentes na Praia do Futuro, Praia da Sabiaguaba e Setor Oeste, nos quais as dunas fixas foram majoritariamente perdidas e as dunas móveis também apresentaram perda considerável. A praia da Sabiaguaba foi o único local que ainda apresentou valores representativos de dunas móveis e fixas remanescentes, 58% e 42%, respectivamente ([Pinheiro, 2009](#)). Sabe-se que atualmente, as Dunas da Sabiaguaba representam o principal remanescente de dunas na cidade de Fortaleza. A partir daí, comparando-se os resultados encontrados por Pinheiro ([2009](#)), referente ao ano de 1958 e os dados aqui encontrados, pode-se afirmar que as dunas da Sabiaguaba perderam cerca de 69% da sua área.

Atualmente, os ecossistemas de dunas presentes na praia da Sabiaguaba são cobertos por unidades de conservação, a exemplo do Parque Natural Municipal das Dunas de Sabiaguaba e da Área de Proteção Ambiental da Sabiaguaba. Embora sejam protegidos por lei, sofrem com sérios impactos, desde o tráfego de veículos (como corridas de veículos *off road*, bugues e motos). Além disso, a pressão da especulação imobiliária e do estabelecimento de infraestrutura pública estão entre as maiores ameaças, com projetos de ampliação de áreas urbanizadas e, em 2018, a implantação da rodovia CE-010 ([Fortaleza, 2010; Fortaleza, 2020; Mota; Medeiros, 2021](#)).

A Mata Ciliar normalmente ocorre nas margens dos rios ou em terrenos alagadiços e são Áreas de Preservação Permanente (APP) de acordo com a Legislação Ambiental brasileira (Lei 12.651/2012) ([Brasil, 2012](#)). No Ceará, uma característica interessante desses ambientes sazonalmente alagáveis são os Carnaubais, ambientes em que ocorrem predominantemente a palmeira endêmica *Copernicia prunifera* (Mill.) H.E. Moore, a carnaúba ([Moro *et al.*, 2015](#)). Em Fortaleza, pode-se destacar ocorrência dessa vegetação nas margens dos rios, como o rio Maranguapinho (lado oeste) e o rio Cocó (lado leste), que cortam a cidade, e nas margens das diversas lagoas que se formaram ao longo dos tempos, em virtude da morfologia dos tabuleiros costeiros que facilitou a existência de reservatórios de águas paradas no município ([Claudino-Sales, 2005](#)).

Infelizmente, a cobertura vegetal que deveria margear os rios que cortam Fortaleza, são severamente impactadas com o avanço da urbanização. A Área de Proteção Ambiental do rio Maranguapinho, por exemplo, praticamente não tem mais vegetação nas margens do rio, e mesmo os carnaubais dentro do Parque Estadual do Cocó estão degradados ([Ceará, 2016; Fortaleza, 2020; Xavier-Sampaio *et al.*](#)

2024). As lagoas também sofrem com os impactos da urbanização, sendo inclusive suprimidas da paisagem urbana e, consequentemente, tendo sua vegetação circundante também sendo erradicadas (Claudino-Sales, 2005). Como são, pela lei, Áreas de Preservação Permanente, e 39% da mata ciliar de Fortaleza ainda não estão ocupadas por zonas urbanas consolidadas, essas áreas têm potencial de regeneração, e deveriam receber especial atenção para evitar novas ocupações, bem como promover o reflorestamento das áreas degradadas.

No que se refere ao ecossistema de Manguezais, eles são florestas alagadas especializadas que ocorrem em regiões de estuários tropicais, sendo muito importantes para a conservação, dado que são considerados berçário para a vida marinha (Lacerda, 2002), além de ser um importante armazenador de carbono (ICMBIO, 2018; Braga, 2024). Tanto o manguezal do rio Ceará quanto o do rio Cocó, em décadas passadas, sofreram com o desmatamento para instalação de salinas em sua área. Atualmente, essas áreas voltaram a formar manguezais ou outros tipos de ecossistemas após passarem por um processo de recuperação natural. Contudo, outros impactos foram surgindo com o tempo (Fortaleza, 2020; Gomes, 2020). O rio Ceará sofre principalmente com o despejo incorreto de poluentes, desde esfuentes a lixo e moradias irregulares (Gomes, 2020). E o rio Cocó, por sua vez, enfrenta a pressão do crescimento urbano, sobretudo a implantação de vias, fragmentando a floresta de mangue (Fortaleza, 2020).

Entre as classes de vegetação mapeadas, a Caatinga do Cristalino e a Mata Seca não são ecossistemas percebidos como típicos em Fortaleza, pois normalmente a população associa o território da cidade apenas a ecossistemas costeiros. De acordo com os resultados obtidos, foi possível observar que quase não há mais fragmentos verdes de Caatinga (menos de 5%), embora a unidade apresente uma área considerável de vegetação degradada. Na área, encontra-se a presença do Parque Urbano Lagoa da Viúva, no bairro Siqueira, na região do Grande Bom Jardim. Diferente da maioria dos Parques Urbanos de Fortaleza, é visível uma baixa cobertura vegetal na área verde, além de outras áreas próximas, com vegetação degradada.

Todas as áreas de vegetação de Caatinga correspondem à periferia de Fortaleza, a maior parte na região do Grande Bom Jardim e pequenos fragmentos próximo à parte sul do Parque Estadual do Cocó, na divisa com Maracanaú. Acredita-se que o estado ambiental

crítico ali encontrado, é fortemente influenciado pelos problemas que a região enfrenta, desde pressões do mercado imobiliário, falta de infraestrutura urbana, de saneamento básico e a exclusão social (Frota *et. al.* 2017). A área que já foi coberta por Caatinga, além de apresentar potencial para futuros trabalhos de recuperação da sua vegetação original, também deve ser contemplada com projetos socioambientais.

Em contrapartida, a unidade de Mata Seca se apresenta como um raro fragmento de maciço residual verde dentro da cidade de Fortaleza, que não se encontra atualmente protegido por nenhum tipo de Unidade de Conservação. Tal fragmento verde é conhecido como o “Serrote do Ancuri”. É um representante único de um relevo vulcânico, e apresenta aproximadamente 2 km de extensão e 119 m de altitude. O corpo ígneo do Ancuri não sofre influência de depósitos eólicos ou de morfologia dunares por estar mais distante do litoral (Costa; Claudino-Sales, 2020). Ele está localizado na parte Sul de Fortaleza, próximo ao município de Itaitinga, inserido em uma área com vias de transporte e meios de comunicação, além de ter em seu topo um reservatório de abastecimento hidráulico (Costa; Claudino-Sales, 2020; Fortaleza, 2014). Esse maciço verde representa uma área com grande potencial para maiores estudos, principalmente sobre sua flora e fauna, visto que são relevantes para entender sobre o grau de diversidade e o quanto a área está conservada, sendo fundamental a implantação de uma Unidade de Conservação.

Em Fortaleza, o Plano Diretor (Fortaleza, 2009), dentro do seu planejamento prioritário e estratégico para a cidade, visa a criação de corredores ecológicos, para garantir a interconexão entre os fragmentos de vegetação e a fauna da cidade, como também, a criação de Unidades de Conservação (UCs) e de áreas verdes. A literatura destaca que ambientes urbanos bem arborizados têm uma influência positiva na biodiversidade, principalmente em áreas com predomínio de árvores nativas. Dessa forma, compreende-se que mais cobertura vegetal, e consequentemente, mais áreas verdes urbanas são essenciais, não só para conectar os fragmentos de vegetação, mas também, para manter saudável a vida de todos os seres que sobrevivem no meio urbano.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A cobertura vegetal em ambientes urbanos desempenha um papel crucial na promoção do equilíbrio em áreas altamente modificadas,

oferecendo serviços ecossistêmicos e melhorando as condições ambientais. Em face da emergência climática, preservar a infraestrutura verde de Fortaleza é essencial para mitigar e adaptar a cidade aos desafios climáticos. Este estudo identificou os principais ecossistemas em Fortaleza, fornecendo informações cruciais para a conservação da biodiversidade urbana. Apesar da extensa urbanização, há oportunidades para recuperar parte da cobertura vegetal e proteger áreas sensíveis que carecem de amparo legal. No entanto, é imperativo iniciar esse processo imediatamente, considerando as constantes pressões sobre essas áreas. Os resultados revelam que Fortaleza perdeu uma parcela significativa de sua cobertura vegetal e biodiversidade devido à expansão urbana. Ainda assim, existem fragmentos florestais não protegidos que poderiam ser incorporados à UCs. A recuperação de aproximadamente 20% das áreas degradadas é viável por meio de políticas públicas sérias, que incluem a expansão e manutenção de UCs, parques urbanos e áreas verdes, conectando os fragmentos remanescentes na cidade. Esse esforço é fundamental para fortalecer a sustentabilidade e a biodiversidade urbana em Fortaleza.

AGRADECIMENTOS

À Fernanda Rocha de Oliveira e à Mariana Bezerra Macêdo, pelo apoio e pelas valiosas contribuições durante as discussões que enriqueceram o desenvolvimento deste trabalho.

REFERÊNCIAS

- BOLOGNA, M.; AQUINO, G. Desmatamento e sustentabilidade da população mundial: uma análise quantitativa. *Scientific Reports*, v. 10, n. 7631, 2020. doi.org/10.1038/s41598-020-63657-6
- BOMTEMPO, D. C. A dinâmica demográfica da Região Metropolitana de Fortaleza no início do século XXI. In: COSTA, M. C. L.; PEQUENO, R. **Fortaleza: transformações na ordem urbana**. 1. ed. Rio de Janeiro: Letra Capital: Observatório das Metrópoles, 2015. 451p.
- BRAGA, M. M.; SANTOS, J. O.; MORO, M. F.; BRANCO, M. S. D. Manguezais como estoques de carbono: biomassa acima do solo e o potencial econômico desse estoque na floresta de mangue do Rio Pacoti, Ceará. *Caderno de Geografia*, v. 34, n. 77, p. 450–469, 2024.

<https://doi.org/10.5752/P.2318-2962.2024v34n77p450>

BRANDÃO, R. de L. **Diagnóstico geoambiental e os principais problemas de ocupação do meio físico da Região Metropolitana de Fortaleza**. 2. reimpressão. Fortaleza: CPRM – Serviço Geológico do Brasil, 1998. 105 p. il. (Série Ordenamento Territorial, v. 1). Disponível em: https://rigeo.sgb.gov.br/jspui/bitstream/doc/8567/1/Diagnostico_Reimpress%C3%A3o%201998.pdf

BRASIL. **Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012**. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938/1981, 9.393/1996 e 11.428/2006; revoga as Leis nºs 4.771/1965 e 7.754/1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67/2001. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 28 maio 2012. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm. Acesso em: 10 jan. 2022

CEARÁ. Secretaria de Recursos Hídricos. **Relatório de diagnóstico ambiental das Bacias Metropolitanas**. Fortaleza, 2016. Disponível em: <https://portal.cogerh.com.br/wp-content/uploads/2018/10/Relatorio%20Diagnostico%20Ambiental%20das%20Bacias%20Metropolitanas.pdf>. Acesso em: 18 mar. 2022.

CEARÁ. Secretaria do Meio Ambiente (SEMA). **Demanda 19 - Zoneamento Ecológico Econômico da Zona Costeira do Ceará - ZEE**. Fortaleza, 2021. Disponível em: <https://www.sema.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/36/2022/02/Diagnostico-do-Meio-Fisico-da-Planicie-Litoranea.pdf>. Acesso em: 18 mar. 2022.

CLAUDINO-SALES, V. Lagoas Costeiras na Cultura Urbana da Cidade de Fortaleza, Ceará. *Revista da ANPEGE*, v. 02, n. 02, p. 89-96, 2005. <https://doi.org/10.5418/RA2005.0202.0007>

CORTEZ, A. P. **O estado e a formação da paisagem urbana de Fortaleza quanto à vegetação arbórea: enfoques urbanísticos e de sustentabilidade**. 2000. 724 p. (Dissertação de Mestrado) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2000.

COSTA, A. T.; CLAUDINO-SALES, V. “Os Vulcões Cearenses” gênese e evolução dos relevos vulcânicos da Região Metropolitana de Fortaleza, Ceará. *Revista de Geografia* (Recife), v. 37, n. 1, p. 1-36, 2020. <https://doi.org/10.51359/2238-6211.2020.239442>

COSTA, M. C. L.; AMORA, Z. B. Fortaleza na rede urbana brasileira: de cidade à metrópole. In: COSTA, M. C. L.; PEQUENO, R. (eds.). **Fortaleza: transformações na ordem urbana**. 1. ed. Rio de Janeiro: Letra Capital: Observatório das Metrópoles, 2015. 451p.

COSTA, M. C. L. Urbanização da sociedade fortalezense. *Revista do Instituto do Ceará*, p. 183–204, 2008. Disponível em: <https://institutodoceara.org.br/revista/Rev-apresentacao/RevPorAno/2008/08->

- [Art_Urbanizacaodasociedadefortalezense.pdf](#). Acesso em: 22 jan. 2022.
- COSTA, M. L. F. **Quanto sobra de verde em uma metrópole?** Um estudo sobre a cobertura vegetal e corredores ecológicos em Fortaleza, Ceará. 2022. 91 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Ambientais) – Instituto de Ciências do Mar, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2022. Disponível em: <https://repositorio.ufc.br/handle/riufc/65479>. Acesso em: 03 abr. 2023.
- COX, C. B.; MOORE, P. D. **Biogeografia:** uma abordagem ecológica e evolucionária. 7. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009. 398 p.
- CPRM - Companhia de Pesquisa de Recursos Naturais. **Mapa Geológico Simplificado do Ceará.** IPECE: 2015. Disponível em: http://www2.ipece.ce.gov.br/atlas/capitulo1/12/pdf/Mapa_Geologico_Simplificado_2020.pdf. Acesso em: 25 jan. 2022.
- FAO; UNEP. The State of the World's Forests 2020. **Forests, biodiversity and people.** Rome, 2020. <https://doi.org/10.4060/ca8642en>
- FARIAS, A. R.; MINGOTI, R.; VALLE, L. B. do. Identificação, mapeamento e quantificação das áreas urbanas do Brasil. Campinas, SP: **Embrapa**, 2017. (Comunicado Técnico, 6). <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.12462.31043>
- FORTALEZA. **A cidade, Fortaleza.** 2022. Disponível em: <https://www.fortaleza.ce.gov.br/acerca>. Acesso em: 10 jan. 2022.
- FORTALEZA. Lei Complementar nº 062, de 02 de fevereiro de 2009. **Institui o Plano Diretor Participativo do Município de Fortaleza e dá outras providências.** Fortaleza, 2009. Disponível em: https://urbanismoemeioambiente.fortaleza.ce.gov.br/images/urbanismo-e-meio-ambiente/catalogodeservico/pdp_com.Alteracoes_da_lc_0108.pdf. Acesso em: 24 set. 2021.
- FORTALEZA. Secretaria Estadual de Meio Ambiente. **Plano de Manejo do Parque Natural Municipal das Dunas de Sabiaguaba e da Área de Proteção Ambiental de Sabiaguaba.** Fortaleza, 2010. Disponível em: https://urbanismoemeioambiente.fortaleza.ce.gov.br/images/urbanismo-emeioambiente/planejamento/plano_de_manejo_da_sabiaguaba.pdf. Acesso em: 30 jan. 2022.
- FORTALEZA. Plano Municipal de Saneamento Básico de Fortaleza Convênio de Cooperação Técnica Entre Companhia de Água e Esgoto do Ceará – CAGECE e Agência Reguladora de Fortaleza – ACFOR - **Relatório de andamento e diagnóstico do sistema de abastecimento de água.** Fortaleza, 2014. Disponível em: https://urbanismoemeioambiente.fortaleza.ce.gov.br/images/urbanismo-e-meioambiente/infocidade/diagnostico_de_abastecimento_de_agua.pdf. Acesso em: 30 jan. 2022.
- FORTALEZA. Secretaria Estadual de Meio Ambiente. **Plano de Manejo do Parque Estadual do Cocó.** Fortaleza, 2020. Disponível em: https://www.sema.ce.gov.br/wpcontent/uploads/sites/36/2021/03/PMPC_01.pdf. Acesso em: 30 jan. 2022.
- FITZ, P. R. Geoprocessamento sem complicações. São Paulo: **Oficina de Textos**, 2008. p. 160.
- FREIRE, M. S. B. Levantamento florístico do parque estadual das dunas do Natal. **Acta Botanica Brasilica**, v. 4, p. 41-59, 1990. <https://doi.org/10.1590/S0102-33061990000300006>
- FROTA, N. T. S.; QUEIROZ, C. F.; GONÇALVES, F. L. **Parque urbano Lagoa da Viúva: desafios e conquistas no grande Bom Jardim.** Regime urbanos e governanças metropolitana. In: Encontro nacional de rede observatório das metrópoles, 2017. **Anais** [...] Natal - RN: Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2017.
- FUNCENE - Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos. **Unidades Fitogeográficas.** Estado do Ceará: FUNCENE, 2018. Disponível em: http://www.funceme.br/wp-content/uploads/2019/02/15-Mapa_CE_FItogeologico_A2.pdf. Acesso em: 25 jan. 2022.
- GOMES, B. A. C. Análise dos impactos ambientais ocorridos pela ocupação irregular no manguezal do estuário do rio Ceará -Fortaleza, CE. **Revista Ensaios de Geografia.** Niterói, v. 6, n 11, p. 11-31, 2020. <https://doi.org/10.22409/eg.v6i11.36346>.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Situação demográfica.** 2004. Disponível em: https://seculoxx.ibge.gov.br/images/seculoxx/arquivos_download/populacao/1950/populacao1950aeb_23_a_26.pdf. Acesso em: 25 jan. 2022.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Panorama das cidades.** 2023. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ce/fortaleza/panorama>. Acesso em: 15 set. 2023.
- ICMBIO - Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. **Atlas dos Manguezais do Brasil.** Brasília, p. 170, 2018. Disponível em: https://ava.icmbio.gov.br/pluginfile.php/4592/mod_data/content/14085/atlas%20dos_manguezais_do_brasil.pdf. Acesso em: 10 mar. 2023
- IPECE - Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará. **Perfil municipal 2017 - Fortaleza.** Fortaleza, 2018. Disponível em: https://www.ipece.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/45/2018/09/Fortaleza_2017.pdf. Acesso em: 10 jan. 2022.
- IPECE - Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará. **Ceará em Mapas Interativos.** 2019. Disponível em: <http://mapas.ipece.ce.gov.br/i3geo/interface/gm.p>

- html?&iardovrbuof42bc5gassqem6o6. Acesso em: 10 set. 2020.
- LACERDA, L. D. (Ed.). Mangrove ecosystems: functioning and management. Springer Berlin Heidelberg, 2002. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-04713-2>
- MARICATO, E. Brasil Cidades: alternativas para a crise urbana. 2º ed. Petrópolis, Vozes, 2001.
- MCDONALD, R. I.; MANSUR, A. V.; ASCENSÃO, F.; COLBERT, M.; CROSSMAN, K.; ELMQVIST, T.; GONZALEZ, A.; GÜNERALP, B.; HAASE, D.; HAMANN, M.; HILLEL, O.; HUANG, K.; KAHNT, B.; MADDOX, D.; PACHECO, A.; PEREIRA, H. M.; SETO, K. C.; SIMKIN, R.; WALSH, B.; WERNER, A. S.; ZITER, C. Research gaps in knowledge of the impact of urban growth on biodiversity. *Nature Sustainability*, v. 3, n. 1, p. 16–24, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s41893-019-0436-6>. Acesso em: 10 jan. 2022.
- METZGER, J. P. Estrutura da paisagem: o uso adequado de métricas. In: JUNIOR, L. C.; PADUA, C. V. P.; RUDRAN, R. (Orgs.). **Métodos de estudos em biologia da conservação e manejo da vida silvestre**. 2. ed. Revista. Curitiba: Ed. Universidade Federal do Paraná, 2006. p. 652.
- MILANO, M. e DALCIN, E. **Arborização de vias públicas**. Ed. Rio de Janeiro: Light, 2000, p. 226.
- MORO, M.F.; H'ORA, I.; BRANCO, M. S. D.; GOMES, P. W. P. Dados como patrimônio para as gerações futuras: armazenamento e compartilhamento de dados científicos em botânica, biogeografia e ecologia. In: MOURA, C. W. DO N.; SHIMIZU, G. H. (org.). **Botânica: para que e para quem? Desafios, avanços e perspectivas na sociedade contemporânea**. Brasília, DF: Sociedade Botânica do Brasil, 2022. p. 351–36. Disponível em: <https://www.botanica.org.br>. Acesso em: 30 jan. 2025.
- MORO, M.F.; MACEDO, M.B.; MOURA-FÉ, M.M. de; CASTRO, A.S.F.; COSTA, R.C. da. Vegetação, unidades fitoecológicas e diversidade paisagística do estado do Ceará. **Rodriguesia**, Rio de Janeiro, v. 66, n. 3, p. 717-743, 2015. <https://doi.org/10.1590/2175-7860201566305>
- MORO, M.F.; CASTRO, A.S.F.; ARAÚJO, F.S. Composição florística e estrutura de um fragmento de vegetação savânica sobre os tabuleiros pré-litorâneos na zona urbana de Fortaleza, Ceará. **Rodriguesia**. 2011, v. 62, n. 2, p. 407-423. <https://doi.org/10.1590/2175-7860201162214>
- MOTA, A. B. M. G.; MEDEIROS, E. C. C. Direito, sustentabilidade e o desenvolvimento econômico e social: reflexões sobre a preservação das dunas milenares no bairro Sabiaguaba, em Fortaleza - Ceará. In: SEMANA DO MEIO AMBIENTE, 14., 2021, Fortaleza. **Anais [...] Fortaleza: [s.n.]**, 2021. Acesso em: 10 set. 2020.
- NASCIMENTO, V. T.; AGOSTINI, K.; SOUZA, C. S.; MARUYAMA, P. K. Tropical urban areas support highly diverse plant-pollinator interactions: An assessment from Brazil. *Landscape and Urban Planning*, v. 198, p. 103801, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2020.103801>
- NEWBOLD, T.; HUDSON, L. N.; HILL, S. L. L.; CONTU, S.; LYSENKO, I.; SENIOR, R. A.; BÖRGER, L.; BENNETT, D. J.; CHOIMES, A.; COLLEN, B.; DAY, J.; DE PALMA, A.; DÍAZ, S.; ECHEVERRIA-LONDOÑO, S.; EDGAR, M. J.; FELDMAN, A.; GARON, M.; HARRISON, M. L. K.; ALHUSSEINI, T.; INGRAM, D. J.; ITESCU, Y.; KATTGE, J.; KEMP, V.; KIRKPATRICK, L.; KLEYER, M.; CORREIA, D. L. P.; MARTIN, C. D.; MEIRI, S.; NOVOSOLOV, M.; PAN, Y.; PHILLIPS, H. R. P.; PURVES, D. W.; ROBINSON, A.; SIMPSON, J.; TUCK, S. L.; WEIHER, E.; WHITE, H. J.; EWERS, R. M.; MACE, G. M.; SCHARLEMANN, J. P. W.; PURVIS, A. Global effects of land use on local terrestrial biodiversity. *Nature*, 520, p. 45–50, 2015. <https://doi.org/10.1038/nature14324>
- NUCCI, J. C. **Qualidade ambiental e adensamento urbano**: um estudo de ecologia e planejamento da paisagem aplicado ao distrito de Santa Cecília (MSP). 2. ed. Curitiba: O Autor, 2008. 150 p.
- PETALAS, K. V.; MOTA, F. S. B. Avaliação das condições bioclimáticas da região costeira do nordeste brasileiro: O município de Fortaleza, CE. *Revista Brasileira de Climatologia*, Fortaleza, v. 13, p. 185-201, 2013. <http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v13i0.34904>
- PINHEIRO, M. V. DE A. **Evolução geoambiental e geohistórica das dunas costeiras do município de Fortaleza, Ceará**. 2009. (Dissertação - Centro de Ciências. Depto. de Geografia) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2009.
- QGIS (Sistema de Informação Geográfica). Versão 3.16.13. [S.I.]: Open Source Geospatial Foundation, 2021. Disponível em: <https://qgis.org/>. Acesso em: 30 mar. 2022.
- REN, Z.; HE, X.; PU, R.; ZHENG, H. The impact of urban forest structure and its spatial location on urban cool island intensity. *Urban Ecosystems*, v. 21, n. 5, p. 863–874, 2018. <https://doi.org/10.1007/s11252-018-0776-4>
- ROTERMUND, R. M. **Análise e planejamento da floresta urbana enquanto elemento da infraestrutura verde**: estudo aplicado à Bacia do Córrego Judas/ Maria Joaquina, São Paulo. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

- SALLES, J. C.; SCHIAVINI, I. Estrutura e composição do estrato de regeneração em um fragmento florestal urbano: implicações para a dinâmica e a conservação da comunidade arbórea. *Acta Botanica Brasilica*, v. 21 n. 1 São Paulo Jan./Mar. 2007. <https://doi.org/10.1590/S0102-33062007000100021>
- SANTOS, M. A **urbanização brasileira**. 5^a ed. São Paulo, Editora da Universidade de São Paulo, 2008.
- SANTOS, J. de O. Relações entre fragilidade ambiental e vulnerabilidade social na susceptibilidade aos riscos. *Mercator*, Fortaleza, v. 14, n. 2, p. 75-90, set. 2015. <https://doi.org/10.4215/RM2015.1402.0005>
- SANTOS, J.de O. **Fragilidade e riscos socioambientais em Fortaleza - CE**. Tese de Doutorado - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011. <https://doi.org/10.11606/T.8.2011.tde-30032012-131857>
- SILVA, J. B. da. A cidade contemporânea no Ceará. In: SOUZA, S. de (org). **Uma nova história do Ceará. Fortaleza**. Edições Demócrito Rocha, 2000.
- SILVA, P. A.; SILVA, L. L.; BRITO, L. Using bird-flower interactions to select native tree resources for urban afforestation: the case of Erythrina velutina. *Urban Forestry & Urban Greening*, p. 126677, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2020.126677>
- SONNTAG-ÖSTRÖM, E.; NORDIN, M.; LUNDELL, Y.; DOLLING, A.; WIKLUND, U.; KARLSSON, M.; CARLBERG, B.; SLUNGA JÄRVHOLM, L. Restorative effects of visits to urban and forest environments in patients with exhaustion disorder. *Urban Forestry & Urban Greening*, v. 13, n. 2, p. 344–354, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2013.12.007>
- SOUZA, B. A. A.; NOGUEIRA-NETO, C. S.; BARROZO, G. F.; PEREIRA, B. F.; SILVA, J. Análise do crescimento urbano da cidade de Cajazeiras-PB através de imagens do RapidEye. *Brazilian Journal of Development*, Curitiba, v. 6, n. 9, p. 65020-65033, sep. 2020. <https://doi.org/10.34117/bjdv6n9-075>
- SOUZA, S. M.; SILVA, A. G.; SANTOS, A. R.; GONÇALVES, W.; MENDONÇA, A. R. Análise dos fragmentos florestais urbanos da cidade de Vitória – ES. *Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana - REVSBAU*, Piracicaba, v. 8, n. 1, p. 112-124, 2013. <https://doi.org/10.5380/revsbau.v8i1.66348>
- STEFFEN, W.; CRUTZEN, P. J.; McNEILL, J. R. The Anthropocene: Are Humans Now Overwhelming the Great Forces of Nature? *Ambio*, v. 36, n. 8, p. 614-621, 2007. <https://www.jstor.org/stable/25547826>.
- TANUS, M. R.; PASTORE, M.; BIANCHINI, R. S.; GOMES, E. P. C. Estrutura e composição de um trecho de mata atlântica no Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, São Paulo, SP, Brasil. *Hoehnea*, v. 39, p. 157-168, 2012. <https://doi.org/10.1590/S2236-89062012000100010>
- UN - United Nations. Department of Economic and Social Affairs, Population Division. **World Population Prospects 2022: Summary of Results.**, 2022. Disponível em: https://www.un.org/development/desa/pd/sites/www.un.org.development.desa.pd/files/wpp2022_summary_of_results.pdf. Acesso em: 10 jan. 2023.
- VITOUSEK, P. M.; D'ANTONIO, C. M.; LOOPE, L. L.; REJMÁNEK, M.; WESTBROOKS, R. Introduced species: a significant component of human-caused global change. *New Zealand Journal of Ecology*, v. 21, n. 1, p. 1–16, 1997. Disponível em: <https://newzealandecology.org/nzje/2008.pdf>. Acesso em: 25 abr. 2022.
- XAVIER-SAMPAIO, L.; QUEIROZ, L. R.; GOMES, M. M.; COSTA, M. L. F.; ZANELLA, M. E.; MORO, M. F. Tão verde quanto possível: eficiência das unidades de conservação na metrópole de Fortaleza e vulnerabilidade da cobertura vegetal remanescente na malha urbana da cidade. *Revista Brasileira de Geografia*, v. 69, n. 1, p. 44-68, 2024. https://doi.org/10.21579/issn.2526-0375_2024_n1_44-68

CONTRIBUIÇÕES DOS AUTORES

Maria Ligia Farias Costa: Análise de dados, Redação do manuscrito original, Conceitualização, Redação - revisão e edição. Jader de Oliveira Santos: Curadoria de dados, Redação - revisão e edição. Liana Rodrigues Queiroz: Redação - revisão e edição. Marcelo Freire Moro: Conceitualização, Análise de dados, Redação - revisão e edição.



Este é um artigo de acesso aberto distribuído nos termos da Licença de Atribuição Creative Commons, que permite o uso irrestrito, distribuição e reprodução em qualquer meio, desde que o trabalho original seja devidamente citado.