



Dinâmica multitemporal da cobertura e uso do solo do estado de Sergipe

Multitemporal dynamics of land cover and use in the State of Sergipe

A. B. Galina^{1*}; D. B. Ilha¹; M. A. Pagotto²

¹Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis, 49081-903, Aracaju-Sergipe, Brasil

²Departamento de Biologia/Laboratório de Anatomia e Dendroecologia Vegetal, Universidade Federal de Sergipe, 49100-000, Aracaju-Sergipe, Brasil

*beal@academico.ufs.br

(Recebido em 21 de fevereiro de 2022; aceito em 21 de junho de 2022)

A observação multitemporal das alterações na paisagem, que afetam a biodiversidade e os serviços ecossistêmicos, podem subsidiar tomadas de decisões relacionadas a conservação e a gestão de recursos naturais. O presente estudo realizou uma análise temporal do uso e da cobertura do solo no estado de Sergipe, avaliando os distintos fatores impulsionadores deste processo no período entre 1985-2020. As informações relativas às classes de cobertura e uso do solo e “cicatriz do fogo”, obtidas do Projeto MapBiomias, foram consolidadas em um banco de dados integrando-as às informações agropecuárias extraídas do Sistema IBGE de Recuperação Automática. A análise de regressão múltipla linear, realizada para avaliar as interrelações entre as distintas classes de uso do MapBiomias, indicaram a classe “agropecuária” como principal força motriz do processo de conversão de áreas naturais para áreas antropizadas ($r^2 = 0,99$; $p < 0,05$), com perda de cerca de 40% das tipologias que compõem a classe “floresta” no estado. As análises de correlação destacaram significativa relação entre a diminuição da classe “floresta” e o acréscimo de áreas destinadas à plantação de milho ($r = -0,62$) na Caatinga, e laranja ($r = -0,52$) e coco-da-baía ($r = -0,51$) na Mata Atlântica. O intenso avanço das atividades agropecuárias em detrimento dos ambientes naturais florestais impõe sérias ameaças à diversidade biológica. Além da proteção dos ambientes naturais florestais, faz-se necessário avançar em iniciativas de recuperação de áreas degradadas e de regeneração florestal, com o objetivo de mitigar os impactos na biodiversidade e nos serviços ecossistêmicos no estado de Sergipe.

Palavras-chave: ampliação da fronteira agrícola, geoprocessamento ambiental, monocultura.

The multitemporal observation of changes in the landscape, which affect the conservation of biodiversity and ecosystem services, can support decision-making related to the conservation and management of natural resources. The present study carried out a temporal analysis of land use and cover in the state of Sergipe, evaluating the different factors driving this process between 1985-2020. The information related to land cover, classes of use and fire scars were obtained from the MapBiomias Project and consolidated in a database with agricultural information extracted from the IBGE Automatic Recovery System. The multiple linear regression analysis, carried out to evaluate the interrelationships between the different classes of use in MapBiomias, indicated that the “agricultural” class as the main driving force in the process of converting natural areas to anthropized areas ($r^2 = 0.99$; $p < 0.05$), with a loss of about 40% of the forest class area in the state. The correlation analyses highlighted a significant relationship between the reduction of forest class and the increase of areas destined to the plantation of corn ($r = -0.62$) in Caatinga, and orange ($r = -0.52$) and coconut ($r = -0.51$) in Atlantic Forest. The intense advance of agricultural activities in what causes the loss of natural forest environments inflict serious threats to biological diversity. In addition to protecting forest natural environments, it is necessary to advance in initiatives for the recovery of degraded areas and forest regeneration, with the objective of mitigating impacts on biodiversity and ecosystem services in the state of Sergipe.

Keywords: agricultural frontier expansion, environmental geoprocessing, monoculture.

1. INTRODUÇÃO

A relação entre homem e natureza está inserida em uma realidade complexa, na qual o homem integra-se e interage com o ambiente, transformando-o e adaptando-o às suas necessidades. No entanto, as mudanças na paisagem geográfica têm alterado de forma desarmoniosa os ecossistemas (ex. solos, ciclos hidrológicos e biogeoquímicos), culminando na

extinção prematura de diversas espécies [1]. Além das implicações para a conservação da biodiversidade, esse cenário também é preocupante em razão de que as florestas proveem diversos serviços ecossistêmicos criticamente importantes [2].

Buscando enfrentar esse desafio, o geoprocessamento ambiental dispõe de ferramentas que propiciam gerar novas informações a partir de dados ambientais georreferenciados relativos aos componentes físicos, bióticos e antrópicos de determinada área em estudo. As pesquisas sobre dinâmica de apropriação e transformações antrópicas ocorridas no meio ambiente vêm sendo aprimoradas mediante a utilização do geoprocessamento para o mapeamento e a observação multitemporal da extensão e distribuição de classes de uso de solo. Os resultados destas análises permitem fazer a conexão entre o meio físico e o socioeconômico, podendo nortear a tomada de decisões relacionadas à conservação, ordenamento e planejamento do território, agropecuária, erosão do solo, impermeabilização, produtividade, impactos e à definição de políticas de gestão de recursos naturais [3, 4].

O uso do solo no estado de Sergipe está predominantemente associado as pastagens e diferentes culturas permanentes ou temporárias, inseridas nos dois biomas que compõem o estado: Caatinga e Mata Atlântica [5]. Na Caatinga, as fitofisionomias florestais compreendem a savana estépica hipoxerófila e hiperxerófila. Na Mata Atlântica, são predominantes a floresta estacional semidecidual e ecossistemas associados na baixada litorânea: restinga e manguezal [6]. Neste estudo foi realizada uma análise temporal do uso e da cobertura da terra no estado de Sergipe, a partir das informações disponibilizadas pelo MapBiomas (2021) [7] para a série histórica de 1985-2020, avaliando distintos fatores com papel de destaque no processo de conversão do uso do solo.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

O estudo foi realizado utilizando-se dados de todo o território do estado de Sergipe, que possui uma população de 2.338.474 habitantes e extensão territorial de cerca de 2.192.000 hectares, abrangendo 75 municípios [8]. Dois biomas ocorrem no estado: Caatinga e Mata Atlântica. A Caatinga é um bioma exclusivamente brasileiro caracterizado pela presença de floresta seca e submetida a clima semiárido, e em Sergipe ocupa aproximadamente 11.179 km² [9]. A Mata Atlântica, por sua vez, ocupa uma área equivalente a 10.741 km² [9] e, em razão de seu cenário de intensa fragmentação, apresenta elevado grau de endemismo e de perda da biodiversidade, o que a qualifica como um *hotspot*, incluída na lista de prioridades globais de pesquisa e conservação [10].

O estado de Sergipe contém 23 Unidades de Conservação (UCs) das quais, quatro são federais, seis estaduais, três municipais e dez são reservas particulares. Estas UCs abrangem cerca de 119 mil hectares de áreas protegidas [6]. Além disso, foram criados em Sergipe 215 assentamentos rurais reconhecidos pelo INCRA, em diferentes estágios de constituição, totalizando aproximadamente 175 mil hectares [11].

2.2 Coleta de dados

As informações georreferenciadas relativas ao uso do solo, bem como a proporção da cobertura e uso do solo, para o período compreendido entre os anos de 1985 a 2020, foram obtidas a partir da coleção 6.0 da plataforma aberta do Projeto MapBiomas (2021) [7]. Este projeto é uma iniciativa multi-institucional - que envolve uma rede colaborativa com especialistas nos biomas, usos da terra, sensoriamento remoto, SIG e ciência da computação - para gerar mapas anuais de uso e cobertura da terra do Brasil, a partir de processos de classificação automática aplicada a imagens de satélite. O projeto fornece um extenso conjunto de dados temporais para todos os biomas, com 30 m de resolução com base em imagens Landsat. Nesta coleção - desconsiderando-se a Classe “não observado” - o projeto apresenta

cinco classes e 19 subclasses de Uso e Cobertura do Solo: 1. Floresta: 1.1 Formação Florestal, 1.2. Formação Savânica, 1.3. Mangue, 1.4. Restinga Arborizada (beta); 2. Formação Natural não Florestal: 2.1. Campo Alagado e Área Pantanosa, 2.2. Formação Campestre, 2.3. Apicum, 2.4. Afloramento Rochoso, 2.5. Outras Formações não Florestais; 3. Agropecuária: 3.1. Pastagem, 3.2. Agricultura, 3.3. Silvicultura, 3.4. Mosaico de Agricultura e Pastagem; 4. Área não Vegetada, 4.1. Praia, Duna e Areal, 4.2. Área Urbanizada, 4.3. Mineração, 4.4. Outras Áreas não vegetadas, 5. Corpo D'água, 5.1. Rio, Lago e Oceano, 5.2 Aquicultura. Para padronização, procurou-se utilizar as cores de cada classe de acordo com a paleta de referência da coleção 6.0 nos mapas e gráficos gerados. Informação adicional relativa à área de “cicatriz do fogo” na região também foi obtida do projeto.

Os dados vetoriais utilizados para a confecção dos mapas foram obtidos através de site do INCRA [11] e Atlas Digital sobre Recursos Hídricos de Sergipe [12], o qual condensa uma série de mapas digitais em Sistema de Informações Geográficas. As informações relativas à produção agropecuária foram extraídas do Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA [5], nos links da Produção Agrícola Municipal da Pesquisa Agropecuária Municipal.

2.3 Análise de dados

Os procedimentos de tratamento das informações e de elaboração de mapas foram realizados em ambiente SIG, utilizando como base cartográfica o Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas - SIRGAS-2000. Os dados do MapBiomias, que são disponibilizados em formato matricial (pixel de 30x30 metros), foram convertidos em arquivos vetoriais por meio da ferramenta *Conversion tools* → *Raster to polygon*. De posse dos arquivos vetoriais dos anos de 1985 a 2020 procedeu-se o recorte para a área de estudo (ferramenta *Analysis tools* → *Extract* → *Clip*). Para realização dos cálculos e elaboração dos gráficos, as 19 subclasses foram agrupadas em apenas cinco classes: agropecuária, área não vegetada, corpo d'água, floresta, formação natural não florestal, sendo realizada a operação *Field Calculator* para atualizar valores dos novos campos (tabela de atributos) obtidos na operação anterior.

Foi construído um banco de dados que combinou os dados extraídos do MapBiomias com os dados referentes a três categorias de dados produtivos para o estado: 1. área plantada (em hectares) de lavouras permanentes (banana, coco-da-baía, goiaba, laranja, mamão, manga, maracujá e tangerina); 2. área plantada (em hectares) de lavouras temporárias (amendoim, arroz, batata-doce, cana-de-açúcar, feijão, fumo, mandioca e milho); 3. número de cabeças na pecuária (bovinos, caprinos e ovinos).

A regressão linear múltipla foi aplicada para estimar o valor de cada variável do MapBiomias (formação natural, agropecuária, área não vegetada, “cicatriz do fogo”) e identificar quais apresentam maior influência na determinação do total, em hectares, da classe “floresta”. Também foi realizada uma análise de correlação de Pearson para o período compreendido entre 1988-2019 (série histórica disponível para os dados de produção), para avaliar quais as variáveis agrícolas com maior área de produção apresentam correlação significativa com a classe “floresta”, em ambos os biomas. As análises foram feitas no software Past [13], considerando o nível de significância de 5%. Destaca-se que, para possibilitar a análise entre as diferentes fontes de dados, foram considerados pertencentes a cada um dos biomas os municípios que continham mais de 50% do bioma em seu território.

3. RESULTADOS

A partir da quantificação da cobertura e uso do solo na área de abrangência do estado de Sergipe observa-se que os dois tipos de usos com maior ocorrência ao longo da série histórica são as categorias “agropecuária” e “floresta”. No entanto, nota-se declínio acentuado desta última em detrimento da primeira. No ano de 1985 a classe “floresta” correspondia a aproximadamente 628.170 hectares (29% do território estadual), enquanto no ano de 2020 representou 374.620 hectares (17% do território estadual, o que reflete perda de cerca de 40% de ambientes naturais florestais (Figura 1). As áreas agrícolas, por sua vez, corresponderam a

1.423.958 hectares (65% do território estadual) no ano de 1985, e 1.683.653 hectares (77% do território estadual) no ano de 2020 (Figura 1). Os anos de 2003 e 2020 foram os que obtiveram os maiores avanços da atividade agropecuária e os menores valores em hectares da classe “floresta” ao longo de toda série histórica.

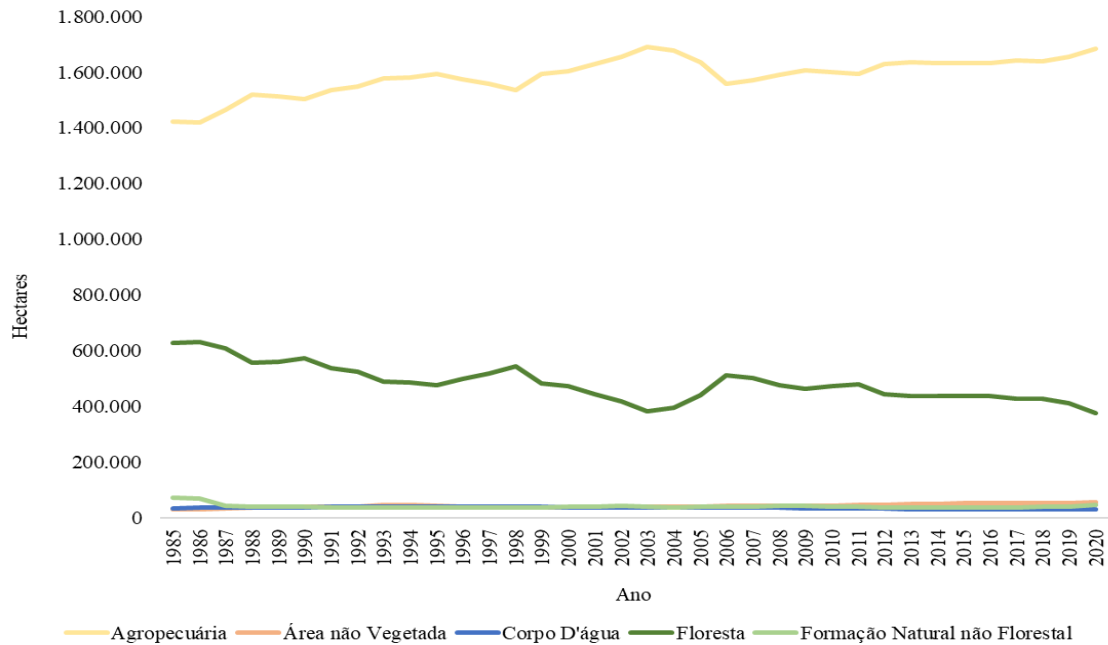


Figura 1: Série histórica do uso do solo no estado de Sergipe, conforme classes estabelecidas pelo MapBiomias.

Para os biomas no estado, observa-se padrão semelhante de declínio da categoria “floresta”, em especial para a Caatinga, na qual houve redução de 47,1% da área florestal entre o ano inicial e o ano final da série histórica analisada (445.094,7 ha e 235.252,3 ha, respectivamente). Para a Mata Atlântica, apesar de apresentar redução da classe “floresta” entre o ano inicial e o ano final da série histórica (183.076 ha e 139.368 ha, respectivamente) – redução de 23,9% - observa-se um padrão de redução continuada até o ano de 1995, e aparente estabilização no período subsequente (1996-2006), com acréscimo de ambientes naturais florestais nos últimos anos (2007-2020) (Figura 2).

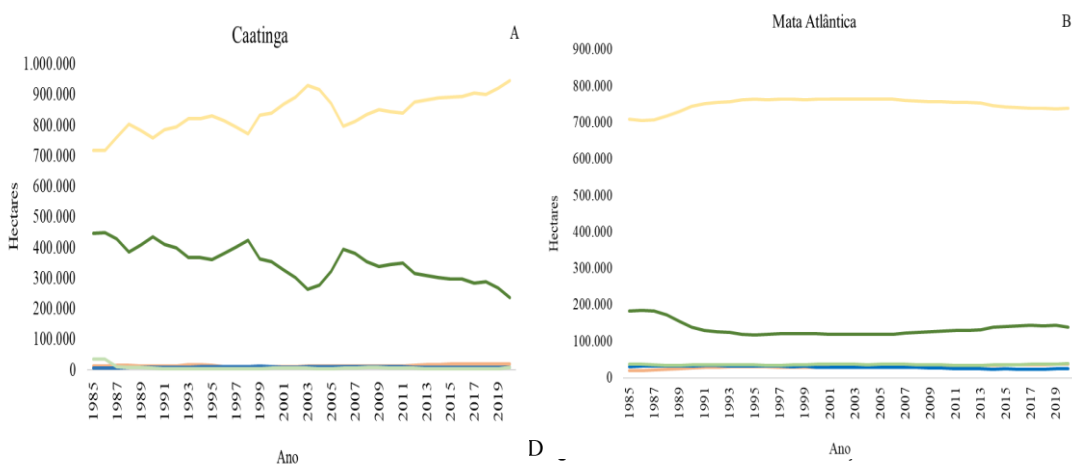


Figura 2: Série histórica do uso do solo para os biomas Caatinga e Mata Atlântica no estado de Sergipe, conforme classes estabelecidas pelo MapBiomias.

A conversão da vegetação nativa para uso antrópico foi elevada (aproximadamente 60%) ao longo do período de análise (35 anos) no bioma Mata Atlântica e na Caatinga (Figura 3). A paisagem em ambos é atualmente composta por pequenos fragmentos florestais cercados por matrizes antrópicas, tais como pastagens, culturas agrícolas e áreas urbanas.

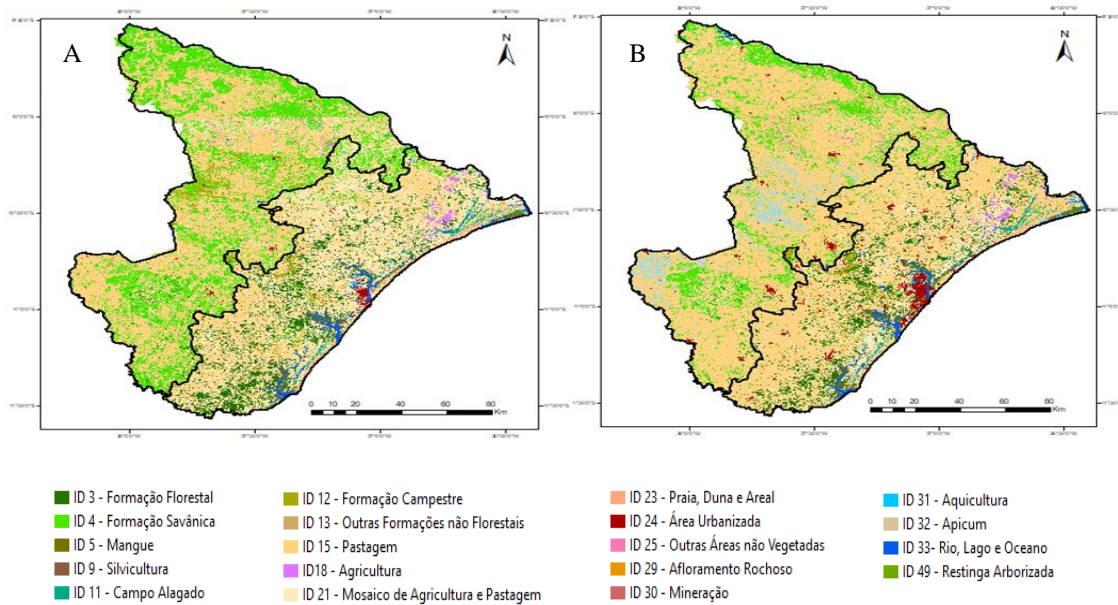


Figura 3. Uso e ocupação do solo no estado de Sergipe, com a linha divisória dos biomas Mata Atlântica e Caatinga, nos anos de 1985 e 2020.

Destaca-se que dos 374.620 hectares de ambientes naturais florestais que ocorrem atualmente em Sergipe, aproximadamente 6,7% (25.068,46 hectares) são encontrados nas Unidades de Conservação (UCs) instituídas no território estadual pelo poder público Federal, Estadual e Municipal, além das Reservas Particulares do Patrimônio Natural (RPPNs), enquanto 12,8% (47.788,13 hectares) são encontrados no interior de 215 Projetos de Assentamento (Tabela 1).

Tabela 1: Área em hectares, no interior de Unidades de Conservação (UCs), Reservas Particulares do Patrimônio Natural (RPPNs) e Projetos de Assentamentos (PAs), no ano de 2020. Fonte: Sergipe (2011), INCRA (2021), *SFB (2017).

	Quantidade	Total	Florestal Total	Formação Florestal	Formação Savânica	Mangue	Restinga
UCs Federais	4	39.015,52	7.060,00	3.512,65	3.539,50	5,45	2,40
UCs Estaduais	6	48.583,87	16.737,80	5.733,20	1.389,66	8.219,26	1.395,67
UCs Municipais	3	454,51*	442,59*	-	-	-	-
RPPNs	10	1.397,93	828,09	566,95	95,46	104,99	60,68
Pas	215	175.045,00	47.788,13	10.251,84	37.473,42	57,30	5,57

Dentre as atividades antrópicas mais significativas na Caatinga, os dados do MapBiomias destacaram o uso do solo para a pastagem, que representava aproximadamente 49,6% da área do bioma no ano de 1985, ampliando sua representatividade para 69,9% em 2020. As áreas utilizadas para agricultura, segundo uso antrópico com maior ocorrência ao final da série histórica, representaram cerca de 4,3% da área do bioma no ano de 2020. Com relação às áreas

naturais, houve redução da área ocupada pelas categorias formação campestre (79,5%), formação savânica (47,3%) e formação florestal (42,6%) (Tabela 2).

Tabela 2: Série histórica (quinquênio) do uso do solo para o bioma Caatinga no estado de Sergipe, conforme subclasses estabelecidas pela coleção 6.0 do MapBiomias – valores em hectares.

Categorias/Ano	1985	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020
Antrópico								
Agropecuária								
Agricultura	17			1	1	12.840	32.629	52.509
Silvicultura				1	1	1	1	31
Mosaico de Agr-Pas	114.588	37.463	23.753	20.758	19.689	16.912	11.075	45.113
Pastagem	601.055	720.514	806.631	818.346	851.206	813.631	847.253	847.652
Área não vegetada								
Mineração	13	30	34	28	35	51	57	64
Outras Áreas	9.340	5.952	5.953	1.249	1.808	1.713	6.209	6.495
Área Urbana	2.922	5.870	6.732	8.048	8.871	9.553	10.716	11.461
Natural								
Floresta								
Formação Savânica	432.632	428.402	352.184	350.922	317.699	331.905	293.855	228.103
Formação Florestal	12.463	4.418	8.128	2.058	3.363	12.701	2.185	7.149
Formação Natural não Florestal								
Formação Campestre	34.959	4.287	1.471	3.569	1.693	5.548	2.340	7.167
Afloram. Rochoso		1		2	15	10	7	122
Corpo D'água								
Rio, Lago e Oceano	4.957	6.006	8.062	7.964	8.564	8.080	6.619	7.080

O mesmo panorama relativo à ampliação de áreas de pastagens é observado para a Mata Atlântica, uma vez que as áreas com este tipo de uso representavam aproximadamente 31,3% da área do bioma no ano de 1985, atingindo 54,1% em 2020. Destaca-se para esse bioma o acentuado acréscimo de áreas destinadas à infraestrutura urbana, que representavam aproximadamente 0,8% da área do bioma no ano de 1985, chegando a 2,8% em 2020, com a terceira maior ocorrência entre as atividades antrópicas ao final da série histórica. Com relação as áreas naturais, observaram-se reduções nas categorias: outras formações não florestais (84,8%), formação savânica (53,3%); apicum (25,0%); formação florestal (24,2%); rio, lago e oceano (20,7%); e praia, duna e areal (6,9%) (Tabela 3).

Tabela 3: Série histórica (quinquênio) do uso do solo para o bioma Mata Atlântica no estado de Sergipe, conforme subclasses estabelecidas pela coleção 6.0 do MapBiomias – valores em hectares.

Categorias/Ano	1985	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020
Antrópico								
Agropecuária								
Agricultura	8.423	8.366	8.321	8.365	8.757	8.410	10.189	10.487
Silvicultura	50	2	4	4	21	42	215	577
Mosaico de Agr-Pas	393.905	353.053	236.069	219.011	228.406	228.632	173.849	198.239
Pastagem	305.921	382.823	519.536	536.581	526.387	519.868	558.382	529.045
Área não vegetada								
Mineração	107	197	233	248	287	532	401	356
Outras Áreas	1.566	254	142	294	314	229	475	1.429
Área Urbana	8.129	15.976	18.589	21.020	22.661	23.942	25.798	26.964
Corpo D'água								
Aquicultura	730	583	402	449	547	630	1.123	1.168
Natural								
Floresta								
Formação Savânica	23.735	8.827	4.254	7.159	6.975	9.633	10.832	11.077
Manguezal	18.062	18.911	18.813	20.135	20.214	20.649	20.948	20.516
Restinga Arborizada	1.764	1.372	1.223	1.175	1.363	1.621	1.792	2.004
Formação Florestal	139.515	109.904	92.964	91.955	89.884	95.303	107.464	105.771
Formação Natural não Florestal								
Formação Campestre	15.203	19.464	20.635	20.426	19.592	16.934	17.589	19.371
Outras Formações	4.417	1.786	699	1.079	1.419	1.301	723	669
Apicum	2.143	2.162	2.134	1.994	2.022	2.216	2.095	1.608
Campo Alagado	15.750	12.632	12.281	13.554	14.060	14.388	15.403	16.902
Área não vegetada								
Praia, Duna e Areal	9.374	10.825	11.071	7.193	7.717	8.218	8.150	8.722
Corpo D'água								
Rio, Lago e Oceano	29.572	31.232	31.000	27.725	27.742	25.822	22.938	23.460

A análise de regressão indicou a prevalência das áreas ocupadas pela classe “agropecuária” como principal força motriz do processo de conversão de áreas naturais para áreas antropizadas ($r^2 = 0,99$; $p < 0,05$), seguida das “áreas não vegetadas” ($r^2 = 0,53$; $p < 0,05$). A área de “cicatriz do fogo” não foi significativa, indicando que esta atividade não é utilizada no estado para conversão direta do uso do solo (Tabela 4).

Tabela 4: Análise de regressão múltipla entre os dados de área em hectares para a classe “Floresta” (variável dependente), com outras classes e informações obtidas da coleção 6.0 do MapBiomias.

Variáveis	Coefficiente	Desvio Padrão	t	p	r ²
Intercepto	2.1134E06	12574	168.08	1.8643E-47	
Formação Natural	-0.78302	0.05329	-14.694	1.6293E-15	0.26203
Agropecuária	-0.99074	0.0080305	-123.37	2.6782E-43	0.99223
Área não vegetada	-0.57031	0.072	-7.9209	6.0931E-09	0.53527
Cicatriz do Fogo	-0.03264	0.1188	-0.27475	0.78533	0.053189

$p < 0,05$; $F: 10271$; $r^2: 0.99925$; r^2 ajustado: 0.99915 ; $n: 35$; $gl = 33$

Os principais produtos agropecuários nos municípios que compõem o bioma Caatinga em Sergipe, ao longo do período entre os anos de 1988 e 2019, foram as lavouras temporárias de milho (média = 121.274,50 hectares; desvio padrão = 44.065,53), feijão (média = 43.447,50 hectares; desvio padrão = 19.967,39) e mandioca (média = 18.773,00 hectares; desvio padrão = 5.933,28). Na pecuária, destaca-se a criação de bovinos (média = 671.995 cabeças; desvio padrão = 99.484,88). Houve significativa correlação entre a diminuição da classe “floresta” e o acréscimo de áreas destinadas a plantação de milho ($r = -0,62$) (Tabela 5). Observa-se ainda, a relação negativa entre a área cultivada de milho com as áreas cultivadas de feijão ($r = -0,61$) e mandioca ($r = -0,50$), e a relação positiva entre a área cultivada de milho e o número de cabeças de gado ($r = 0,66$) (Tabela 5).

Tabela 5: Matriz de correlação de Pearson ($r = 0,36$ considerando $n = 32$ e nível de significância de 5%; $gl = 30$; $t = 2,11$), considerando os dados históricos disponíveis (1988-2019), entre a classe “floresta” e principais produtos agropecuários em hectares, e o número de bovinos, na Caatinga.

	Floresta	Milho	Feijão	Mandioca	Bovino
Floresta		-0,62*	0,55*	0,66*	-0,23 ^{ns}
Milho			-0,61*	-0,50*	0,66*
Feijão				0,72*	-0,77*
Mandioca					-0,49*
Bovino					

*Significativo a 5% de probabilidade. ^{ns}Não significativo.

Os principais produtos agropecuários nos municípios que compõem o bioma Mata Atlântica em Sergipe, ao longo do período compreendido entre os anos de 1988 e 2019, foram as lavouras perenes de laranja (média = 32.190,5 hectares; desvio padrão = 5.807,63) e coco-da-baía (média = 12.900,00 hectares; desvio padrão = 3.711,88), e as lavouras temporárias de cana-de-açúcar (média = 33.646,50 hectares; desvio padrão = 11.590,46). Na pecuária, a criação de bovinos se destacou das demais (média = 349.853,5 cabeças; desvio padrão = 31.337,12). Os resultados da análise de correlações entre a área ocupada pela classe “floresta” no bioma Mata Atlântica e os principais produtos agropecuários indicaram uma correlação significativa das culturas perenes para a dinâmica observada na classe “floresta”: laranja ($r = -0,52$) e coco-da-baía ($r = -0,51$) (Tabela 6).

Tabela 6: Matriz de correlação de Pearson ($r = 0,36$ considerando $n = 32$ e nível de significância de 5%; $gl = 30$; $t = 2,11$), considerando os dados históricos disponíveis (1988-2019), entre a classe “floresta”, os principais produtos agropecuários em hectares, e o número de bovinos, na Mata Atlântica.

	Floresta	Cana	Coco	Laranja	Bovino
Floresta		0,50*	-0,51*	-0,52*	0,14 ^{ns}
Cana			-0,12 ^{ns}	0,20 ^{ns}	0,77*
Coco				0,53*	0,29 ^{ns}
Laranja					0,39*
Bovino					

*Significativo a 5% de probabilidade. ^{ns}Não significativo.

4. DISCUSSÃO

Os resultados da análise da dinâmica multitemporal da cobertura e o uso do solo no estado de Sergipe descrevem uma profunda transformação na paisagem geográfica ao longo das últimas décadas. Os dados do MapBiomias indicam a estimativa atual de cerca 333.874 hectares de cobertura florestal para o estado (incluindo as distintas formações vegetacionais abrangidas pelos biomas Mata Atlântica e Caatinga), o que corresponde a aproximadamente 17% de seu

território. Esta estimativa diverge da obtida no Diagnóstico Florestal do Estado de Sergipe [9], que estimou a cobertura florestal em aproximadamente 286 mil hectares (13% do território estadual). Apesar de o Diagnóstico Florestal ter sido publicado em 2014, as imagens Spot e Cbers2 utilizadas foram do período compreendido entre 2004-2009. Por sua vez, o MapBiomias dispõe de processamento automatizado de imagens de satélite Landsat do ano de referência (neste caso da comparação, o ano de 2020), com posterior validação a partir de mapas de referência de diferentes organizações – incluindo o Diagnóstico Florestal supracitado [7]. Portanto, além da diferença metodológica, o cômputo pelo MapBiomias de áreas em processo de regeneração ocorridas após 2009, incidiu no aumento na porcentagem de cobertura florestal do Estado.

Os dados do MapBiomias indicaram as pastagens como principal subclasse de uso do solo no estado, para ambos os biomas. O aumento das áreas de pastagem na região semiárida de Sergipe está relacionado à tendência de expansão da pecuária, pois a maior parte (68%) das propriedades rurais está voltada à formação de pastagem e produção pecuária [9]. Em um estudo realizado na região semiárida do estado de Sergipe, para o período entre 1992-2013, foi observado um acréscimo de 26% no desmatamento da Caatinga para conversão em novas áreas de pastagens e de cultivos agrícolas, indicando estrita relação entre a diminuição das classes caatinga e capoeira em função do incentivo fiscal e da modernização da produção [14]. Os resultados do presente estudo corroboram este fato, dando ênfase ao papel da produção de milho nesse processo, que é comercializado na forma de grãos e utilizado na alimentação das criações, por meio do processo de silagem. Ou seja, a medida em que aumenta o número de bovinos, há uma tendência no aumento das áreas destinadas a pecuária, assim como das áreas de plantio de milho. Por consequência, há um avanço dessas áreas plantadas sobre as áreas de vegetação nativas.

Culturas tradicionais na região de transição entre o Agreste e o Sertão de Sergipe, como o feijão e a mandioca foram substituídas pela monocultura do milho - cuja produção cresceu com taxa média de 18% ao ano - durante o período compreendido entre 1990-2014 [15]. Esta tendência continua sendo observada na região denominada de “SEALBA”, nova fronteira agrícola que compreende quase todo o estado de Sergipe, o leste, agreste e sertão alagoano e o nordeste da Bahia, e vem se destacando a cada ano na safra de produção de grãos, em especial o milho. Dentro do perímetro do SEALBA, o estado de Sergipe se destaca dos demais em relação à produção de milho, notadamente em função de conseguir alcançar maiores produtividades [16].

A exploração do espaço territorial da Caatinga, por meio do pastoreio extensivo e conversão de ambientes naturais florestais em agrícolas intensificam a pressão sobre a região mais vulnerável aos efeitos promovidos pela desertificação de todo o país, suscetível ao cenário de aumento das temperaturas globais devido as mudanças climáticas - uma vez que o aumento da temperatura aliado à supressão da vegetação favorece a ocorrência de aridização e desertificação [17-19]. Além disso, o decréscimo de áreas de Caatinga resulta em perda de espécies endêmicas e produtos e serviços ecossistêmicos, como, por exemplo, a restauração da fertilidade, proteção do solo, produção de água e de produtos florestais como lenha, madeira e forragem [20]. O percentual de espécies endêmicas à Caatinga varia de 6% entre os mamíferos a 52,9% entre os peixes [21]. Considerando os prejuízos decorrentes da perda de cobertura natural, os elevados índices endêmicos e de biodiversidade da Caatinga, e a crescente ameaça pelas ações do homem, essa região requer ações imediatas, particularmente políticas públicas, que confirmem suporte à sustentabilidade e a implementação de programas de conservação na região.

Para a Mata Atlântica, outras atividades agrícolas apresentaram maior correlação na oscilação da área da classe “floresta”, dentre as quais destacam-se as culturas perenes de laranja e coco-da-baía. O polo citrícola de Sergipe é o quarto produtor nacional em área colhida e produção [5]. No entanto, durante o período compreendido entre 2010-2017, observou-se uma retração significativa da produção devido aos fatores: irregularidade climática, ataque de pragas chaves e reduzidos investimentos destinados à citricultura [22]. De mesmo modo, Sergipe destaca-se como o segundo produtor nacional de coco-da-baía, e juntamente a Bahia e Ceará respondem por mais de 50% da produção nacional de coco [23]. Em Sergipe houve redução de área plantada de coqueiro no período compreendido entre 1990-2009, mesmo assim a região

sergipana aumentou sua produtividade, fruto da evolução tecnológica da cultura [24]. O possível abandono das áreas de produção dessas fruticulturas com o consequente início da sua regeneração natural, aliado a criação de Unidades de Conservação neste período (e.g. Floresta Nacional do Ibura – 2005, Parque Nacional da Serra de Itabaiana – 2005, Refúgio da Vida Silvestre Mata do Junco – 2007, Área de Relevante Interesse Ecológico Mata do Cipó - 2017), podem ter influência na estabilização e posterior acréscimo de área da classe “floresta”, observada na Mata Atlântica. O fato de a cana-de-açúcar não apresentar correlação com a oscilação da classe “floresta” na Mata Atlântica, deve-se possivelmente ao seu plantio ser uma cultura secular no estado, ocupando principalmente áreas convertidas em períodos anteriores ao analisado no presente estudo [5].

Os resultados apresentados corroboram com o fato de que os fragmentos da Mata Atlântica de Sergipe ocorrem rodeados por áreas totalmente descaracterizadas da sua vegetação original, conforme apontado por Santos et al. (2013) [25], os quais indicaram que a maior parte da cobertura florestal do Estado foi substituída por uma paisagem constituída por remanescentes de ambientes naturais florestais desconectados e cercados por pequenas e médias propriedades agrícolas e áreas urbanas. Este intenso avanço das atividades agropecuárias em detrimento dos ambientes naturais florestais - consequência da falta de planejamento do uso do solo ao longo dos anos avaliados - impõe sérias ameaças à diversidade biológica, uma vez que pequenos fragmentos e bordas florestais podem apresentar capacidade limitada de reter espécies e de prover serviços ambientais essenciais às populações humanas, como o sequestro de carbono, o controle de enchentes e a proteção do solo [26]. A proteção e a restauração do bioma são fundamentais para garantir serviços ecossistêmicos para 70% da população que vivem em seus domínios e 80% da economia brasileira [27].

Ressalta-se, por fim, que provavelmente os Projetos de Assentamentos constituídos em ambos os biomas foram criados sobre áreas de florestas nativas, e por esse motivo, parte deles ainda apresentam quantidades significativas de remanescentes florestais. Faz-se necessária uma nova avaliação especificamente para esses espaços territoriais, quanto à intensificação do processo de desmatamento e/ou homogeneização das florestas, por meio da exploração seletiva de espécies arbóreas de maior valor comercial, bem como a implementação das culturas citadas nesse estudo.

O cenário identificado no presente estudo, revela que no atual momento é premente a proteção e preservação das áreas naturais florestais dos distintos biomas. De mesmo modo, é imprescindível avançar em iniciativas de recuperação de áreas degradadas e de regeneração florestal, com o objetivo de mitigar os impactos na biodiversidade e nos serviços ecossistêmicos no estado de Sergipe.

5. CONCLUSÃO

O presente estudo demonstra o avanço das atividades agropecuárias no Estado de Sergipe, com consequente perda de ambientes naturais florestais. Em 2020, a classe agropecuária já representava 77% do território estadual, e durante os 35 anos avaliados observou-se redução de 40% da área categorizada na classe “floresta”. Este cenário impõe sérias ameaças à diversidade biológica regional. Além da necessidade de proteção das áreas florestais, faz-se necessário avançar em iniciativas de recuperação de áreas degradadas e de regeneração florestal, com o objetivo de mitigar os impactos na biodiversidade e nos serviços ecossistêmicos no estado de Sergipe.

6. AGRADECIMENTOS

Aos docentes da disciplina Ecologia de Campo e Comunicação Científica, vinculados ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação da Universidade Federal de Sergipe, que orientaram a execução deste projeto ao longo da realização das disciplinas pelo primeiro autor.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Groom MJ, Meffe GK, Carroll CR. *Principles of Conservation Biology*. 3th ed. Massachusetts (US): Sinauer Associates; 2012.
2. Brockhoff EG, Barbaro L, Castagnyrol B, Forrester DI, Gardiner B, González-Olabarria JR, et al. Forest biodiversity, ecosystem functioning and the provision of ecosystem services. *Biodiv Conserv*. 2017 Nov;26:3005-35. doi: 10.1007/s10531-017-1453-2.
3. Santos RF. *Planejamento ambiental: Teoria e prática*. São Paulo: Oficina de Textos; 2004.
4. Silva JX, Zaidan RT. *Geoprocessamento & análise ambiental: Aplicações*. Rio de Janeiro: Bertrand; 2004.
5. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Estimativas da Produção agrícola municipal e da Pesquisa agropecuária municipal do SIDRA [Internet]; 2021 [citado em 13 set 2021]. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pam/tabelas>; <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/ppm/quadros/brasil/2020>.
6. Serviço Florestal Brasileiro. *Inventário Florestal Nacional: Sergipe: principais resultados*. Brasília (DF): Serviço Florestal Brasileiro/MMA; 2017.
7. Projeto MapBiomas - Coleção 6.0 da série anual de mapas de uso e cobertura da terra do Brasil [Internet]; 2021 [citado em 13 set 2021]. Disponível em: <http://mapbiomas.org>.
8. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Estimativas da população residente para os municípios e para as unidades da federação brasileiros com data de referência em 1º de julho de 2021 [Internet]; 2021 [citado em 13 set 2021]. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/9103-estimativas-de--populacao.html?=&t=downloads>.
9. Sergipe (Estado). *Diagnóstico florestal de Sergipe*. Aracaju (SE): Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos; 2014.
10. Myers N, Mittermeier RA, Mittermeier CG, Fonseca GAB, Kent J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*. 2000 Feb;403:853-8. doi: 10.1038/35002501
11. INCRA. Exportar shapefile [Internet]; 2021 [citado em 13 set 2021]. Disponível em: https://certificacao.incra.gov.br/csv_shp/export_shp.py
12. Sergipe (Estado). *Atlas digital sobre recursos hídricos (CD-ROM)*. Aracaju (SE): Secretaria de Estado do Planejamento, da Ciência e da Tecnologia (SEPLANTEC/SRH); 2011.
13. Hammer Ø, Harper DAT, Ryan PD. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontol Electron*. 2001;4(1):1-9.
14. Fernandes MRM, Matricardi EAT, Almeida AQ, Fernandes MM. Mudanças do uso e de cobertura da terra na Região Semiárida de Sergipe. *Floresta e Ambiente*. 2015 Oct;22(4):472-82. doi: 10.1590/2179-8087.121514
15. Cuenca MAG, Dompieri MHG, Santos FR. Expansão da produção do milho e substituição de cultivos na Região do Sertão Ocidental, no Estado de Sergipe. Aracaju (SE): Embrapa Tabuleiros Costeiros; 2016. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 120).
16. Procópio SO, Cruz MAS. Sealba: região de alto potencial agrícola no Nordeste brasileiro. Aracaju (SE): Embrapa Tabuleiros Costeiros; 2019. (Documentos, 221).
17. Oyama MD, Nobre CA. A new climate-vegetation equilibrium state for Tropical South America. *Geoph Res Letter*. 2003 Dec;30(23):2199-203. doi: 10.1029/2003GL018600
18. Lima RCC, Cavalcante AMB, Marin MP. *Desertificação e mudanças climáticas no semiárido brasileiro*. Campina Grande (PB): Instituto Nacional do Semiárido-INSA; 2011.
19. Guimarães SO, Costa AA, Vasconcelos Júnior FC, Silva EM, Sales DS, Araújo Júnior LM, et al. Projeções de mudanças climáticas sobre o nordeste brasileiro dos modelos do CMIP5 e do CORDEX. *Rev Bras Meteorol*. 2016 Jul;31(3):337-65. doi: 10.1590/0102-778631320150150
20. Tabarelli M, Leal IR, Scarano FR, da Silva JMC. The future of the Caatinga. In: da Silva JMC, Leal IR, Tabarelli M, editors. *Caatinga: The largest tropical dry forest region in South America*. Cham (CH): Springer; 2017. p. 461-474.
21. Silva JMC, Leal IR, Tabarelli M. *Caatinga: The largest tropical dry forest region in South America*. Cham (CH): Springer; 2017.
22. Panta AMDS, Santos VRA. Agronegócio da citricultura sergipana entre 2010 a 2017. *Citrus R&T*. 2019 Oct;40:e1050. doi: 10.4322/crt.17419
23. Brainer MSCP. Produção de coco: o Nordeste é destaque nacional. *Caderno Setorial ETENE*. 2018 Dec;3(61):1-24.
24. Martins CR, Júnior LAJ. Produção e comercialização de coco no Brasil frente ao comércio internacional. Aracaju (SE): Embrapa Tabuleiros Costeiros; 2014. (Documentos, 184).

25. Santos AL, Carvalho CM, Carvalho TM. Importância de remanescentes florestais para a conservação da biodiversidade: estudo de caso na Mata Atlântica em Sergipe através de sensoriamento remoto. *Rev Geogr Acad.* 2013 Dec;7(2):58-84. doi: 10.18227/1678-7226rga.v7i2.2992
26. Tabarelli M, Venceslau-Aguiar A, Cezar-Ribeiro M, Metzger JP. A conversão da floresta atlântica em paisagens antrópicas: Lições para a conservação da diversidade biológica das florestas tropicais. *Interciencia.* 2012 Feb;37(2):88-92.
27. Fundação SOS Mata Atlântica. Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica: período 2019/2020, relatório técnico. São Paulo: Fundação SOS Mata Atlântica; 2021.