

ANÁLISE E MODELAGEM AMBIENTAL PARA SIMULAÇÃO DOS IMPACTOS DO CÓDIGO FLORESTAL BRASILEIRO NA ESTRUTURA DA PAISAGEM NO DF

<https://doi.org/10.4215/rm2023.e22025>.

Luiz, C.H.P. ^{a*} - Steiken, V.A. ^b

(a) Doutor em Análise Ambiental e Territorial.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2317-0593>. **LATTES:** <http://lattes.cnpq.br/2207907462621772>.

(b) Doutor em Ciências do Sistema Terrestre Meio Ambiente.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8738-6975>. **LATTES:** <http://lattes.cnpq.br/5334844470201838>.

ARTIGO

Article history:

Received 21 March, 2023
Accepted 15 August, 2023
Published 30 November, 2023

(*) CORRESPONDING AUTHOR

Address: UNICAMO. Rua Carlos Gomes, 250, CEP: 13083-855, Campinas (SP), Brazil. Phone:

E-mail: cpiresluiz@gmail.com

Resumo

Neste trabalho foram avaliados os impactos das mudanças na legislação ambiental e da implementação do Código Florestal Brasileiro - CFB, na estrutura da paisagem. Para isso são utilizados dados do Cadastro Ambiental Rural - CAR, mapas de uso e cobertura do solo, além de outras variáveis ambientais para a construção, calibração e validação de um modelo ambiental para simular os impactos das mudanças da Lei sob a estrutura da paisagem, em três cenários: 1) recuperação das Áreas de Preservação Permanente - APP e percentuais das Reservas Legais - RL em acordo com o CFB vigente, mantendo os excedentes de vegetação nativa - EVN que estão fora dessas áreas; 2) aplicação do CFB vigente e supressão de todas EVN que não estão localizadas em áreas protegidas; 3) recuperação integral das faixas de APP e de RL, independentemente do tamanho do imóvel e manutenção dos EVN. Como principais resultados, foi identificado que no Distrito Federal, em relação as APP, a mudança na Lei representa uma perda de 5.285 ha que deixarão de ser recuperados. A maior parte dessa área não recuperada, 53%, está localizada em imóveis acima de 15 módulos fiscais - as grandes propriedades. A anistia em relação às RL é de 2.459 ha devido principalmente as exceções do Artigo 67 do CFB.

Palavras-chave: Precipitação, Anomalia, Desastre.

Abstract / Resumen

ENVIRONMENTAL MODELING AND ANALYSIS FOR IMPACT SIMULATION OF THE BRAZILIAN FOREST CODE IN THE LANDSCAPE STRUCTURE OF DF

In this paper, we analyzed the impacts of changes in environmental legislation and the implementation of the Brazilian Forest Code - BFC, on the landscape structure. In order to achieve this, data from the Rural Environmental Registry - RER and vegetation/soil coverage maps were used, in addition to a series of other environmental variables, for the construction, calibration and validation of an environmental model capable of simulating the impacts of changes in the law in the Landscape structure, from the perspective of three distinct scenarios. Scenario 1 considers the recovery of Areas of Permanent Preservation - APP and percentages of Legal Reserves - LR in accordance with the current BFC, maintaining the excess of native vegetation - ENV, which are outside these areas; Scenario 2 considers the application of the current BFC and suppression of all remaining native vegetation - RNV which are not located in protected areas; Scenario 3 considers the full recovery of the APP and LR bands, regardless of the size of the property and maintenance of the ENV. As main results, it was identified that in the Federal District, in relation to APP, the change in law represents a loss of 5,285 ha that will no longer be recovered. Most of this unrecovered area, 53%, is located in properties with more than 15 fiscal modules - the larger properties. The amnesty in relation to LR represents 2,459 ha, mainly due to the exceptions found in article 67 of the BFC.

Keywords: Rural Environmental Registry, Environmental Regularization Program, Simulation.

ANÁLISIS AMBIENTAL Y MODELACIÓN PARA SIMULAR LOS IMPACTOS DEL CÓDIGO FORESTAL BRASILEÑO EN LA ESTRUCTURA DEL PAISAJE DEL DF

En este trabajo, se evaluaron los impactos de los cambios en la legislación ambiental y la implementación del Código Forestal Brasileño - CFB, en la estructura del paisaje. Para ello, se utilizan datos del Registro Ambiental Rural - CAR, mapas de uso y cobertura del suelo, así como otras variables ambientales para la construcción, calibración y validación de un modelo ambiental para simular los impactos de los cambios a la Ley del Medio Ambiente. estructura del paisaje, en tres escenarios: 1) recuperación de Áreas de Preservación Permanente - APP y porcentajes de Reservas Legales - RL de acuerdo con la actual CFB, manteniendo los excedentes de vegetación nativa - EVN que se encuentran fuera de estas áreas; 2) aplicación del actual CFB y supresión de todos los EVN que no estén ubicados en áreas protegidas; 3) recuperación total de las franjas APP y RL, independientemente del tamaño del predio y mantenimiento de la vegetación nativa excedente - EVN. Como principales resultados, se identificó que en el Distrito Federal (DF), en relación a las APP, el cambio de Ley representa una pérdida de 5,285 ha que ya no serán recuperadas. La mayor parte de esta superficie no recuperada, el 53%, se ubica en propiedades con más de 15 módulos fiscales - grandes propiedades-. La amnistía en relación con LR es de 2.459 ha debido principalmente a las excepciones del artículo 67 de la CFB.

Palabras-clave: Registro Ambiental Rural, Programa de Regularización Ambiental, Simulación.

INTRODUÇÃO

A paisagem é simultaneamente uma realidade de ordem física e resultante de uma construção social (BERTRAND, 1978). Portanto, está sujeita não apenas aos processos de ordem natural, mas também às transformações associadas às interferências humanas. Nesse contexto, as políticas públicas, em especial as legislações de regramento do uso e ocupação do solo e da proteção da vegetação nativa, influenciam na dinâmica da paisagem (COSGROVE, 1985); (COSGROVE, 2017).

Nessa perspectiva, se faz relevante observar as normas legais e políticas que podem direcionar o processo de transformação da paisagem em diferentes escalas e cenários, uma vez que o planejamento de gestão do território passa pela análise dos seus elementos (MATA et. al. 2009); (MATA, 2012); (SANZ et. al. 2018); (YACAMÁN et. al. 2020).

No Brasil, o Código Florestal Brasileiro - CFB, Lei Federal 12.651/2012, determina a proteção de áreas de Reserva Legal - RL e Áreas de Preservação Permanente - APP, além de regulamentar mecanismos de compensação ambiental e de recuperação ambiental. Esse fato confere a esse instrumento legal um papel definidor na modelagem da paisagem e seus elementos constituintes.

O CFB, completou em 2022, dez anos de implementação. Nesse período, o Cadastro Ambiental Rural - CAR se destaca como a principal política pública de gestão ambiental desenvolvida. O CAR possibilitou um diagnóstico, mesmo que em um primeiro momento de natureza declaratória, dos atributos ambientais das propriedades e posses rurais em escala nacional (SOARES-FILHO et al., 2014; TANIWAKI et al., 2018).

Sendo reservada para uma segunda etapa, a análise das informações declaradas e implementação de dispositivos de recuperação ambiental como o Programa de Regularização Ambiental - PRA e de reconhecimento dos ativos ambientais, com as Cotas de Reserva Ambiental - CRA. No SICAR estão armazenadas além do limite dos imóveis, informações de uso e cobertura do solo, das APP e de RL.

Segundo dados do SICAR (2022), até dezembro de 2021 havia, pouco mais de 6,9 milhões de inscrições na plataforma, o que corresponde a uma área cadastrada de aproximadamente 492 milhões de hectares (já desconsiderando as sobreposições), que equivale a 80% da área territorial passível de cadastramento. Diante da extensão dos cadastrados e da representatividade em termos de área, as informações do CAR permitem um diagnóstico sobre o estado dos remanescentes da vegetação nativa, das APP e sobre as áreas a recuperar no Brasil. Nesse sentido, o CAR, enquanto ferramenta de gestão pública, agrega uma gama de dados ambientais, cujo potencial precisa ser explorado através do desenvolvimento de pesquisas que também contribuam para a gestão ambiental no Brasil (SOARES-FILHO et al., 2014).

Devido à fase de implantação do Código Florestal Brasileiro (CFB), a plena conformidade com as obrigações legais, especialmente aquelas relacionadas à recuperação de passivos ambientais, ainda não foi alcançada na maior parte dos imóveis (SICAR, 2022). Nesse sentido, o uso de modelos ambientais pode desempenhar um papel importante na simulação dos impactos resultantes das alterações promovidas pelo CFB, bem como pelo Cadastro Ambiental Rural (CAR) e pelos mecanismos associados, como o Programa de Regularização Ambiental (PRA) e as Cotas de Reserva Ambiental (CRA). Esses modelos podem fornecer informações valiosas sobre as mudanças no uso e cobertura do solo e seus respectivos efeitos na estrutura da paisagem (YANG et al., 2016; GOUNARIDIS et al., 2019; MILLINGTON et al., 2021), permitindo o mapeamento e o entendimento dos impactos decorrentes das possíveis alterações ambientais, sejam elas positivas ou negativas, que surgem da implementação do CFB em diferentes cenários.

O uso de modelos computacionais auxilia na compreensão das dinâmicas das mudanças na cobertura do solo, possibilitando explorar variáveis relacionadas com os processos de mudanças e realizar projeções baseadas em diferentes cenários (ARONOFF, 1989); (IONGLEY e BATTY, 1997); (CHRISTOFOLETTI, 1999); (GOODCHILD, 2000) (JELOKHANI-NIARAK, 2021).

A partir da abordagem integrada da construção de modelos, simulação e análise da paisagem, algumas questões relacionadas a impactos futuros de recuperação ou do aumento do desmatamento podem ser respondidas, como por exemplo:

I) qual o impacto que a recuperação das faixas de APP desmatadas podem ter no grau de isolamento dos remanescentes de vegetação nativa? II) como a anistia outorgada pelo CFB impactou na

estrutura da paisagem? III) quais os impactos para a estrutura da paisagem associadas a um cenário hipotético de desmatamento de tudo que é legalmente possível de acordo com CFB vigente?

Cabe ressaltar, porém, que a construção de modelos busca representar de forma simplificada a realidade, baseando-se em suposições, e que, portanto, possui fragilidades inerentes ao processo de representar variáveis complexas em ambiente computacional. Nesse sentido, as simulações dos diferentes cenários não podem ser encaradas como uma profecia, mas como um exercício, valendo-se desse tipo de análise para prever efeitos adversos e procurar traçar ações para sua mitigação, bem como reforçar os efeitos dos impactos positivos (JAKEMAN et al., 2008); (IWANAGA et al., 2021).

Como há mais de 6,9 milhões de imóveis na base do SICAR, é inviável a análise, modelagem e simulação dos dados para todo o Brasil. Por essa limitação, e considerando também que o Distrito Federal - DF é a unidade federativa que abriga a capital do país, foi selecionado como recorte territorial para exercício de como a simulação pode contribuir para o planejamento ambiental.

Segundo dados disponíveis no SICAR (2021), até dezembro de 2020 havia 15.091 imóveis no DF. A avaliação dos dados declarados desses imóveis, mostra que existe pouco mais de 2.500 ha de APP a recompor em um cenário de recuperação integral das faixas previstas no CFB. Por outro lado, cerca de 3.900 ha estão sendo anistiados em função de sobreposição com áreas consolidadas, conforme Artigo 61 do CFB. Do mesmo modo, a anistia prevista nas áreas de RL é da ordem de 2.012 ha, conforme previsto no Artigo 67 do CFB.

Como forma de mensurar o impacto das anistias do CFB no DF e de como seria a estrutura da paisagem caso não houvesse a mudança na lei, o presente trabalho propõe um modelo baseado em três cenários como forma de simular as mudanças na cobertura do solo e os possíveis impactos na estrutura da paisagem nos próximos anos.

Os cenários propostos, detalhados na Tabela 1 e na Figura 1, consideram mensurar o impacto na estrutura da paisagem para o ano 2040, a partir da construção de um modelo que utiliza redes neurais Multi-Layer Perceptron Neural Network - MLPNN (TIUMENTSEV, Y. e EGORCHEV, M., 2019), para associar os padrões de mudanças observadas na cobertura do solo com variáveis ambientais explanatórias das mudanças e na legislação ambiental.

Cenário	APP	RL	RVN
Cenário 1	Recuperação proporcional das faixas de APP previstas de acordo com o Artigo 61 do CFB vigente	Recuperação das áreas de RL de acordo com a anistia prevista no Artigo 67 do CFB	Manutenção dos remanescentes de vegetação nativa atuais - RVN excedente
Cenário 2	Recuperação proporcional das faixas de APP previstas de acordo com o Artigo 61 do CFB vigente	Recuperação das áreas de RL de acordo com a anistia prevista no Artigo 67 do CFB	Desmatamento da área legalmente passível - excedente de RVN
Cenário 3	Recuperação integral das faixas de APP	Recuperação integral das faixas da RL	Manutenção dos remanescentes de vegetação nativa atuais - RVN excedente

Tabela 1 - Cenários propostos para análise, modelagem e simulação dos impactos da legislação ambiental

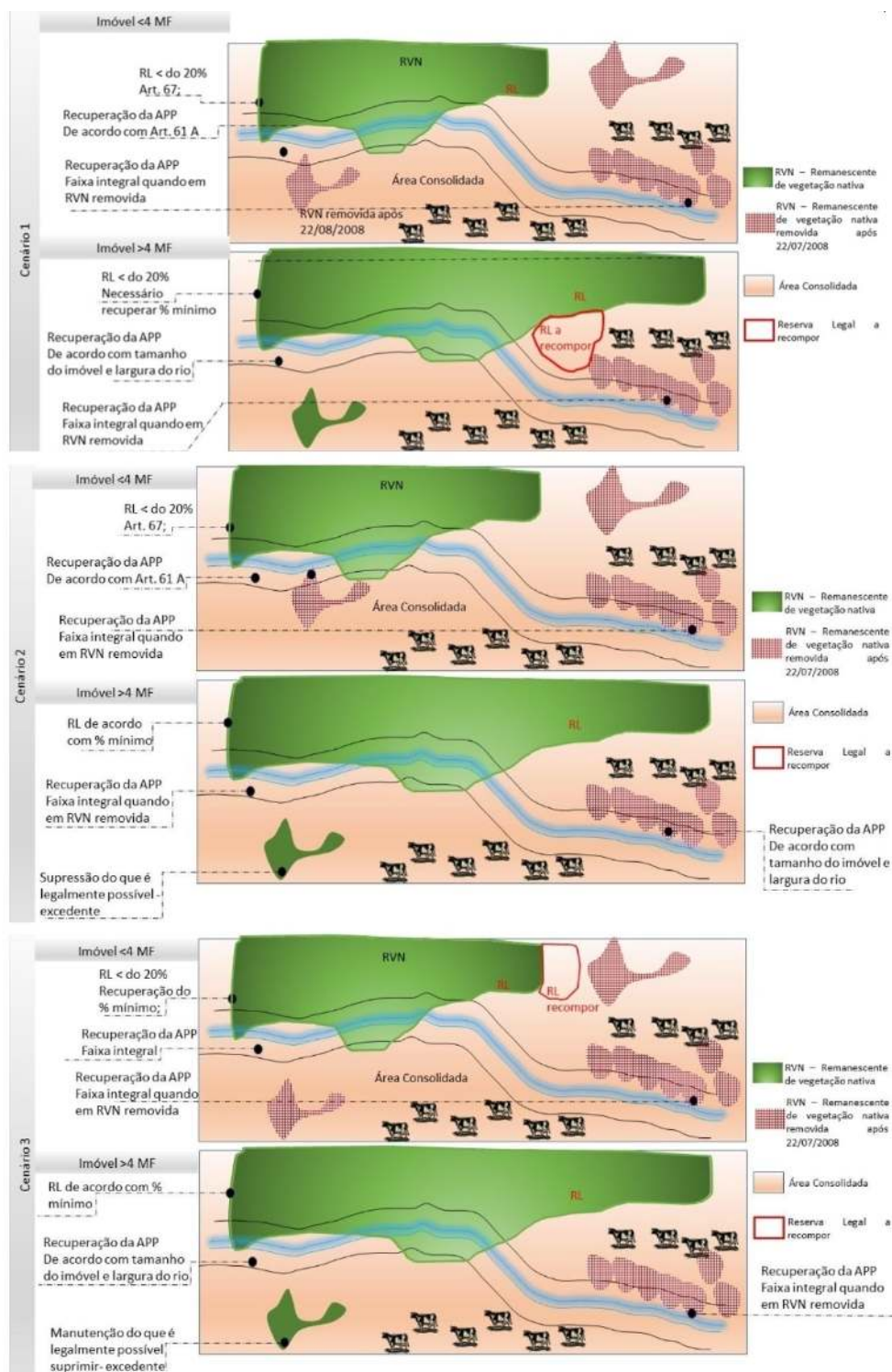


Figura 1 - Cenários propostos para análise, modelagem e simulação dos impactos da legislação ambiental

METODOLOGIA

A metodologia proposta, consiste em analisar sobre diferentes cenários, o impacto na estrutura da paisagem do DF. Na Figura 2 é apresentado o fluxograma metodológico síntese do estudo. Inicialmente são coletados dados dos imóveis cadastrados no CAR. Do SICAR são baixados os limites dos imóveis e

as áreas de reserva legal. As APP utilizadas foram baixadas da Secretaria de Desenvolvimento Urbano e Habitação do DF. Do Mapbiomas são baixados dados de cobertura do solo. Os dados são então organizados por faixa de tamanho de módulo fiscal, uma vez que o Código Florestal determina diferentes faixas de recomposição de acordo com o porte do imóvel. O uso do solo também é reclassificado, considerando as classes de cobertura previstas no CAR.

A cobertura do solo adquirida em três datas serve de entrada para construção de um modelo de predição de mudanças na cobertura do solo. Esse modelo é calibrado por meio de uma rede neural multicamadas que faz a associação entre os padrões de mudança observados e as variáveis socioambientais que estimulam ou restringem as mudanças. A validação do modelo é feita com base na comparação entre a cobertura do solo mapeada e simulada para o ano de 2020. Após essa etapa é feita a simulação para os três cenários propostos.

Para cada um dos três cenários propostos são aplicadas métricas de paisagem que visam avaliar a estrutura da paisagem.

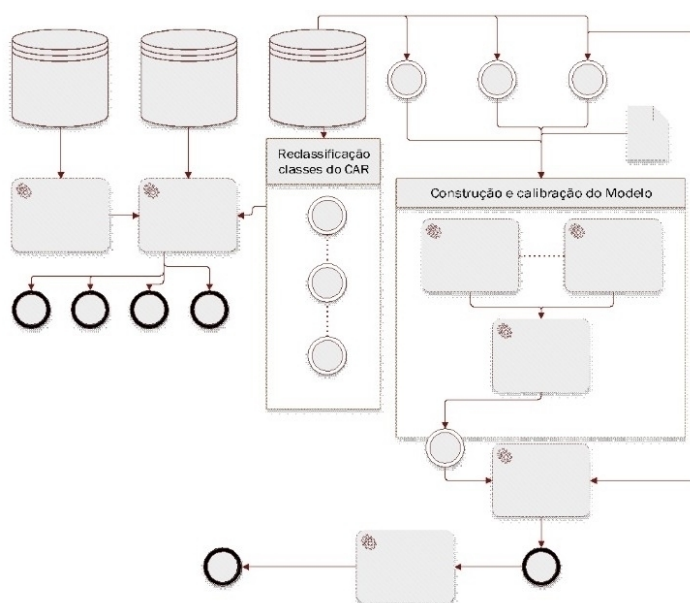


Figura 2 - Fluxograma metodológico

DADOS

Para obtenção dos dados dos imóveis rurais no DF foi feita uma busca no SICAR, sendo obtidas as camadas: limite do imóvel, área líquida do imóvel e reserva legal. Dados como APP e uso e cobertura do solo não foram considerados, uma vez que por serem de natureza declaratória, podem conter inconsistências que prejudicariam a análise. Por esse motivo, para a cobertura do solo foi considerado o mapeamento do MapBiomas (2021), coleção 5.

O mapeamento de uso e cobertura, foi obtido para o ano 2020, de onde extraiu-se os remanescentes de vegetação nativa; e para o ano de 2008, de onde obteve-se a área consolidada. A partir da comparação entre os remanescentes nativos dos mapas de 2020 e 2008, foi obtida a vegetação nativa removida após 22 de julho de 2008, marco temporal estabelecido no Decreto Federal 6.514 que definiu as infrações e sanções administrativas relacionadas no âmbito da regularização ambiental.

Adicionalmente, foram obtidas do MapBiomas, a cobertura do solo para os anos 1995, 2015 e 2020. Sendo essas três datas utilizadas para construção, calibração e validação do modelo de predição de mudanças da cobertura do solo. Para avaliação das APP foram utilizadas aquelas mapeadas pela SEGETH - Secretaria de Estado de Gestão do Território e Habitação do DF, sendo observadas todas as tipologias e características previstas no Artigo 4º do CFB.

CONSTRUÇÃO, CALIBRAÇÃO E VALIDAÇÃO DO MODELO DE PREDIÇÃO DE MUDANÇAS

Utilizando-se a plataforma de construção de modelos LCM - Land Change Modeler (CLARCKS LABS, 2009), é construído um modelo baseado nos padrões de mudanças identificados da cobertura do solo de 1995 e 2015 com variáveis explicativas. As variáveis explicativas podem ser limitantes, quando restringem as mudanças na cobertura do solo, como por exemplo, a existência de áreas de proteção integral; ou estimuladoras às mudanças, como por exemplo, a existência de uma rodovia ou de zonas de expansão urbana ou agropecuária (EASTMAN, 2009).

Os diferentes padrões de mudança e as variáveis explicativas são utilizadas para treinamento de uma MLPNN, o que permite a obtenção dos mapas de transição potencial, que subsidiaram a simulação baseada em cadeias de Markov (BAKER, 1989).

Como forma de avaliar o poder explicativo das variáveis ambientais explicativas, foi realizado um teste de associação espacial, teste Cramer-V (LIEBERTRAU, 1983), para selecionar aquelas mais correlacionadas às mudanças no uso e cobertura do solo. As variáveis testadas são apresentadas na Tabela 2.

Variável	Descrição	Unidade /tipo	Fonte
Altitude	MDE ALOS Palsar (intervalos de 100 m.)	m	Alaska Satellite Facility
Declividade	Processada a partir do MDE ALOS Palsar	%	Alaska Satellite Facility
Distância de vias	Mapa de distância de vias	m	IBGE (2019)
Distância de cursos d'água	Mapa de distância dos cursos d'água	m	SEGETH-DF (2021)
Tipos de solo	Mapa de solos	m	IBGE (2019)
Distância das unidades de conservação	Obtida a partir do mapa de unidades de conservação	m	CNUC (2020)
Distância de núcleos urbanos	Obtida a partir do mapa de uso e cobertura do solo	m	MapBiomias (2020)
Áreas de mudança	Mapa comparativo da cobertura do solo (2020-1995)	m	MapBiomias (2020)
Distância das reservas legais	Obtida a partir das reservas legais	m	SICAR (2021)
Zoneamento Ecológico Econômico	Mapa de Zoneamento Ecológico Econômico	m	SEGETH-DF (2021)
Áreas de recarga hídrica	Mapa de áreas de mananciais do DF		SEGETH-DF (2021)

Tabela 2 - Variáveis ambientais avaliadas quanto ao poder explicativo das mudanças observadas na cobertura do solo

Na etapa de calibração do modelo foram testados diversos conjuntos de variáveis, considerando as mudanças identificadas entre 1995 e 2015. Diferentes combinações foram testadas e realizadas simulações para o uso do solo de 2020, onde é feita a etapa de validação, a partir da comparação entre o uso do solo simulado e o uso do solo mapeado para 2020. Quando o modelo simulado atingiu 90% de acerto, foi então gerada a simulação do uso e cobertura do solo para 2040, considerando os três cenários propostos.

IDENTIFICAÇÃO DAS APP A RECOMPOR

Para determinar a faixa de APP a recompor, é feito um cruzamento da base de dados de APP com as áreas consolidadas¹ extraídas do uso do solo e com o módulo fiscal de cada imóvel, obtido no SICAR. Nas APP em área consolidada, é aplicado o Artigo 61 do CFB, sendo a faixa a ser recomposta determinada de acordo com o tamanho do imóvel, conforme apresentado na Tabela 3.

ANÁLISE E MODELAGEM AMBIENTAL PARA SIMULAÇÃO DOS IMPACTOS DO CÓDIGO FLORESTAL BRASILEIRO NA ESTRUTURA DA PAISAGEM NO DF

Tipo	Até 1 MF	Até 2 MF	2 a 4 MF	> 4 MF
Curso d'água	5 m	8 m	15 m	Respectiva faixa de APP, observando o mínimo de 20 m
Lago/Lago	5 m	8 m	15 m	Respectiva faixa de APP, observando o mínimo de 30 m
Nascente	15 m	15 m	15 m	15 m
Vereda	30 m	30 m	30 m	50 m
Declividade >45°, chapadas, topo de morro e altitude > 1.800 m	Permitida a manutenção do uso consolidado em toda a APP, sendo desnecessária qualquer recomposição			

Tabela 3 - Faixas de APP a recompor

AVALIAÇÃO DAS RESERVAS LEGAIS

Cada imóvel é avaliado quanto à adequação de sua RL dentre dois critérios: em relação ao percentual exigido no Bioma e em relação ao uso do solo dentro da RL. A partir dessa avaliação, é possível identificar as áreas de déficit de RL, as áreas de RL anistiadas pelo Artigo 67 do CFB e as RL adequadas aos critérios legais do CFB.

MÉTRICAS PARA AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS POTENCIAIS DOS DIFERENTES CENÁRIOS NA ESTRUTURA DA PAISAGEM

A cobertura do solo simulada, considerando os três cenários escolhidos, são analisadas comparativamente com uma abordagem da Ecologia da Paisagem através da aplicação de métricas (FORMAN e GODRON, 1986; TURNER e GARDNER, 1991). Esse arcabouço teórico metodológico possibilita a avaliação de impactos em sua estrutura através do emprego de métricas de paisagem que visam mensurar as possíveis alterações em seus elementos componentes: matriz, mancha e corredor (FORMAN e GODRON, 1986).

As métricas escolhidas são a distância euclidiana para o vizinho mais próximo, que visa mensurar o grau de isolamento dos remanescentes de vegetação nativa; e o número de manchas da paisagem, utilizadas como forma de avaliar o quão coesa é a paisagem (LANG e BLASCHKE, 2009).

RESULTADOS

Até dezembro de 2020, considerando apenas os CAR com status ativo, havia 15.091 imóveis do DF cadastrados na base do SICAR. Desse total, 11.319 são pequenas propriedades de até 2 MF; 1.281 entre 2 e 4 MF; 1.444 entre 4 e 15 MF, e, 1.047 acima de 15 MF. Diante desse cenário, a estrutura fundiária do DF é composta majoritariamente por pequenas propriedades (até 4 MF), e por esse motivo, estão mais aptas a gozar do perdão de infrações ambientais cometidas até 22/07/2008, como as intervenções em APP e a conversão dos remanescentes de vegetação nativa em uso alternativo do solo, o que pode culminar na inexistência de área para composição da RL de forma integral ou parcial.

DIAGNÓSTICO DO PASSIVO AMBIENTAL E ESTABELECIMENTO DO CENÁRIO INTEGRAL - APP

As APP no cenário integral recobrem uma área de 45.639,87 ha, conforme representado na Figura 3 e quantificado (por diferentes faixas de tamanho de imóveis e total) na Tabela 4, que mostra que a maior concentração de APP ocorre nos imóveis maiores que 15 MF.

A avaliação da cobertura do solo nas APP indica que a maior parte é coberta por RVN, aproximadamente 74%, sendo os maiores percentuais encontrados nos imóveis acima de 15 MF. No DF,

22,66% das APP estão em área consolidada, sendo os imóveis acima de 15 MF os que detêm a maior parte do passivo ambiental. A área de APP em área consolidada nessa faixa de imóvel é de cerca de 6 mil ha, o que corresponde a 64,25% dos pouco mais de 10 mil ha de APP em área consolidada do DF.

Tamanho do Imóvel	Área de APP (ha)	Área de APP em RVN (ha)	APP em RVN (%)	Área de APP Consolidada (ha)	APP Consolidada (%)
Até 1 MF	1.900,80	1.377,10	3,02	528,75	1,16
1 a 2	1.465,95	1.049,57	2,30	416,38	0,91
2 a 4	2.384,92	1.716,60	3,76	668,31	1,46
4 a 15	7.598,21	5.510,82	12,07	2.082,34	4,56
>15	32.289,99	25.645,64	56,19	6.644,36	14,56
	45.639,87	35.299,73	74,33	10.340,14	22,66

Tabela 4 - Quantidade de APP nas diferentes classes de tamanho de imóvel

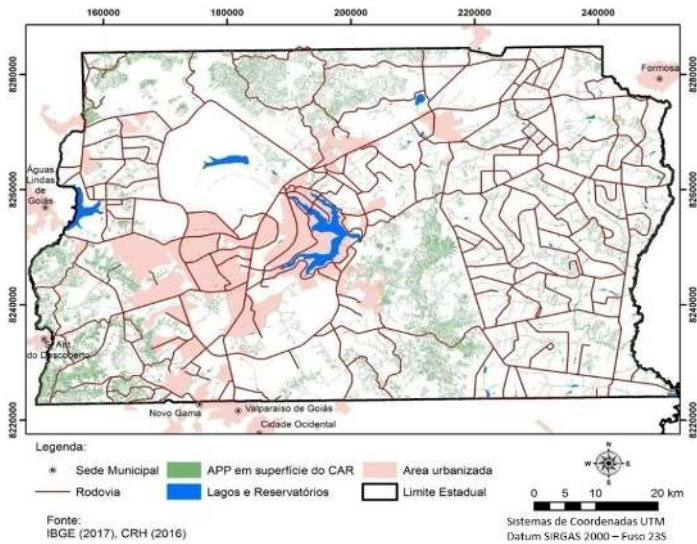


Figura 3 - Áreas de Preservação Permanente no DF: Cenário Integral

Considerando os Cenários 1 e 2, a área a recuperar das APP varia de acordo com o tamanho do imóvel e a quantidade de APP em área de uso consolidado. Conforme dados da Tabela 5Tabela 4, considerando a recuperação integral – Cenário 3, o DF possui pouco mais de 10 mil ha de APP em áreas consolidadas. Desse total, considerando as anistias do Cenário CAR/CFB, a área a recuperar é de 2.527,32 ha.

Tamanho do Imóvel (MF)	APP em área Consolidada	Faixa a recuperar (m)	Área a recuperar (ha)	Área que não será recuperada
Até 1 MF	528,75	5	221,84	306,91
1 a 2	416,38	8	239,24	177,14
2 a 4	668,31	15	515,13	153,18
4 a 15 MF	2.082,34	20 ¹	1.772,95	309,39
>15 MF	6.644,36	20	5.574,74	1.069,62
Total	10.340,14	-	8.323,90	2.016,24

Tabela 5 - Quantitativo de APP em área consolidada por faixa de tamanho de imóvel e área a recuperar.

Diante dos dados apresentados na Tabela 5, observa-se que mais de 2 mil hectares de APP não serão recuperados, o que representa quase 20% das APP em área consolidada.

Ainda em relação aos dados apresentados na Tabela 5, o gráfico Figura 4 a seguir mostra que considerando o percentual de área que não será recuperada por faixa de tamanho do imóvel, as propriedades acima de 15 MF são responsáveis por mais de 53% da área de APP que não será recuperada. Os imóveis entre 4 e 15 MF, consideradas de médio porte, são responsáveis por pouco mais de 15% das APP não recuperadas, e os imóveis abaixo de 4 MF, considerados pequenos, são responsáveis por aproximadamente 31% da área de APP não recuperada.

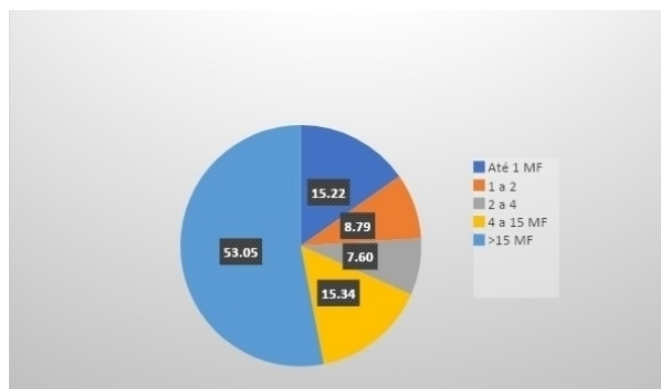


Figura 4 - Percentual de APP não recuperada por faixa de tamanho de imóvel.

DIAGNÓSTICO DO PASSIVO AMBIENTAL E ESTABELECIMENTO DO CENÁRIO INTEGRAL - RL

Em relação às RL, dos 15.091 imóveis, a área líquida coberta pelo CAR (eliminando sobreposições), soma um total de 380.948,46 ha.

Tendo em vista que o percentual de RL exigido para o Bioma Cerrado, de acordo com a Lei Federal 12.651/2012, é de 20% do tamanho do imóvel, o DF em cenário integral deveria possuir no mínimo 76.189,69 ha de RL. Pelos dados declarados no SICAR – descontando as sobreposições – atualmente tem-se 85.934,64 ha destinados a RL no DF. Embora exista uma área de RL maior do que a exigida, esse número não reflete a realidade de muitos imóveis, pois enquanto alguns possuem excedente, outros possuem déficit de RL.

O déficit de RL atual pode ser dividido conforme dados apresentados na Tabela 6. A anistia para recuperação de RL prevista no CFB é relacionada aos imóveis abaixo de 4 MF e que em 22/07/2008 possuíam vegetação nativa em percentuais inferiores ao mínimo exigido. Nesse contexto, foram identificados 1.958 imóveis que são totalmente compostos de áreas consolidadas, ou seja, anistiados completamente de constituírem RL, conforme previsto no Artigo 67 do CFB. A área desses imóveis é de 5.790,46 ha, o que significa que na versão anterior do CFB haveria a necessidade de recompor a RL em 1.158,09 ha.

Situação	Quant.	Área dos imóveis (ha)	Área de RL (ha) a recuperar Cenário Integral	Área de RL (ha) a recuperar Cenário CAR
Imóveis < 4 MF e que não declararam RL e não há RVN disponível - Art. 67	1.958	5.790,46	1.158,09	0
Imóveis < 4 MF e que não declararam RL e há RVN disponível, mas abaixo do % mínimo	1.637	12.973,01	2.594,60	1.293,65
Total	3.595	18.763,47	3.752,69	1.293,65

Tabela 6 - Situação da RL no DF.

Em 1.637 imóveis foi identificado o lançamento da RL abaixo do percentual mínimo. Nesse caso, na versão atual do CFB a RL é constituída de RVN pré-existente em 2008, que no caso do DF equivale a 1.293,65 ha. No cenário de recuperação integral, esses imóveis deveriam somar 2.594,60 ha de RL.

Considerando a área de RL a recuperar no cenário do CFB atual e a que era exigida na versão anterior, perde-se uma área de 2.459,04 ha de RL.

MODELAGEM E SIMULAÇÃO DE CENÁRIOS FUTUROS

Avaliando a dinâmica de alteração da cobertura do solo, representados na Figura 5 e na Figura 6, observa-se que no período entre 1995 e 2020, as principais transformações estão relacionadas à expansão das áreas urbanizadas. Neste período houve uma expansão de 26% nesta classe de cobertura. A pressão da expansão urbana tem causado a supressão de áreas de Savana e de Campo Natural, cuja superfície diminuiu aproximadamente 10% e 16%, respectivamente, neste período. As áreas de Floresta, por estarem relacionadas às áreas protegidas de APP, sofreram pouca variação. Padrão semelhante é observado em relação à classe de Superfície Agropecuária, que se manteve estável no período.

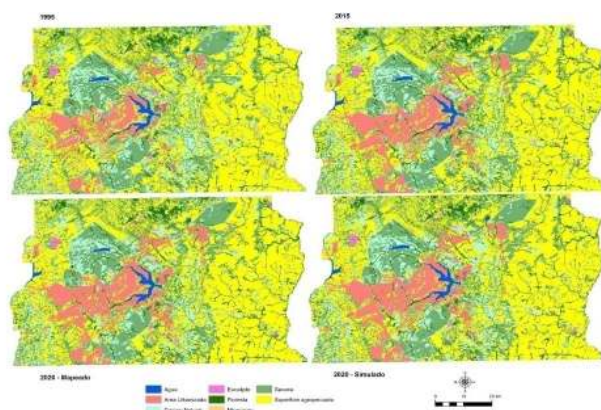


Figura 5 - Dinâmica do uso e cobertura do solo entre 1995 e 2020. A figura também mostra comparativo entre uso do solo mapeado x simulado para o ano 2020. Fonte: Uso e cobertura do solo mapeada dos anos 1995, 2015 e 2020: MapBiomias (2021). Uso e cobertura simulados para 2020, elaborado pelos autores (2021)

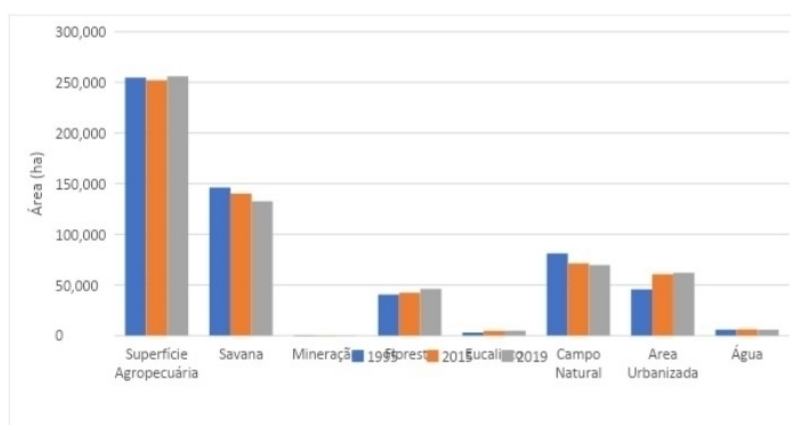


Figura 6 - Cobertura do solo no DF: 1995, 2015 e 2020. Fonte: MapBiomias (2021)

A partir da avaliação da dinâmica da cobertura do solo no período selecionado, foi construído um modelo para simulação da cobertura do solo. Para isso, conforme descrito no capítulo da metodologia, é necessário associar o padrão das mudanças da cobertura do solo às variáveis explicativas através de uma

rede neural MLPNN. Como forma de testar quais variáveis ambientais estão mais relacionadas às mudanças é realizado um teste de associação espacial Cramer-V, cujo resultado é apresentado na Tabela 7.

Variável	Cramer-V	Unidade	Status de Seleção
Altitude	0,68	m	Selecionada
Declividade	0,16	%	Não Selecionada
Distância de vias	0,62	m	Selecionada
Distância de cursos d'água	0,15	m	Não Selecionada
Tipos de solo	0,09	m	Não Selecionada
Distância das unidades de conservação	0,64	m	Selecionada
Distância de núcleos urbanos	0,54	m	Selecionada
Áreas de mudança	0,62	m	Selecionada
Distância das reservas legais	0,11	m	Não Selecionada
Zoneamento Ecológico Econômico	0,64	m	Selecionada
Áreas de recarga hídrica	0,69	temático	Selecionada

Tabela 7 - Resultado do teste Cramer-V

As variáveis com o valor de Cramer-V maior são selecionadas para treinamento da MLPNN. Segundo Eastman (2009), um valor de Cramer maior ou igual a 0,10 é recomendável para que a variável seja adicionada como explicativa no modelo de transição potencial, embora isso não garanta um desempenho ótimo ao modelo, que depende das iterações entre as diferentes camadas de sobreposição da rede neural de multicamadas - MLPNN. Após 15.000 iterações, o melhor resultado para treinamento da MLPNN foi de 99%, conforme gráfico apresentado na Figura 7, considerando a simulação da cobertura do solo para o ano 2020 e realizando uma comparação com o mapeamento real para o mesmo ano.

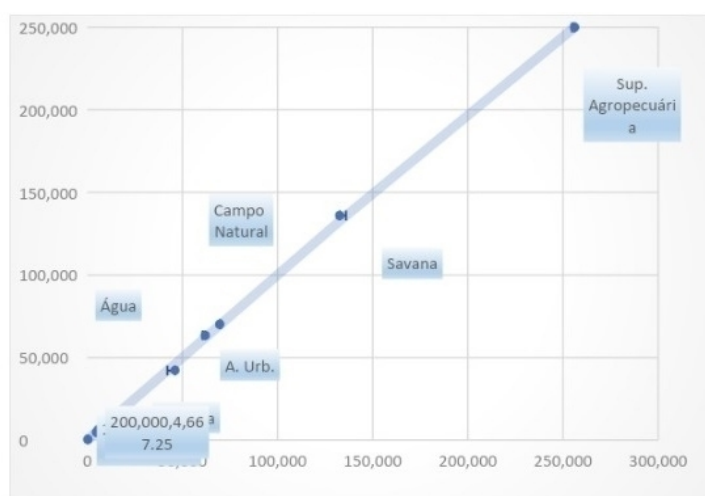


Figura 7 - Comparação entre a cobertura do solo mapeada x simulada: 2020

Alcançado esse índice de acerto do modelo, foram gerados os três cenários futuros do uso e cobertura do solo para 2040, apresentados na Figura 8 e na Figura 9, considerando os pressupostos assumidos na metodologia.

O Cenário 1 considera a aplicação das anistias do CFB vigente e manutenção da vegetação nativa atual; O Cenário 2 considera as mesmas anistias, porém, com a supressão da vegetação nativa localizada fora de áreas legalmente protegidas; no Cenário 3 foi considerada a manutenção da vegetação nativa atual e recuperação das faixas integrais de APP e de RL.

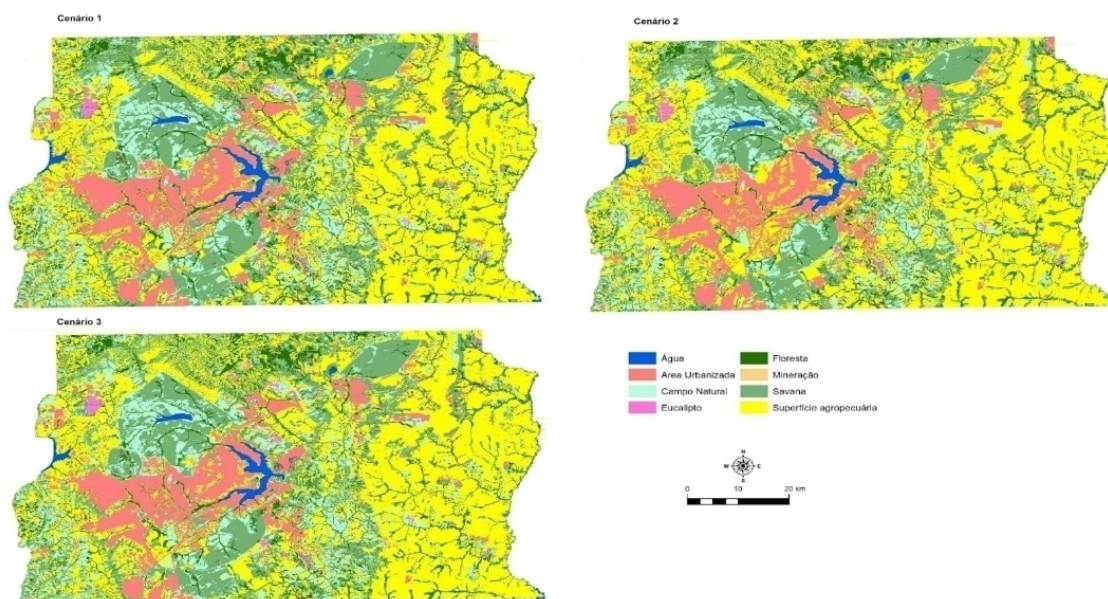


Figura 8 - Uso do solo simulado para 2040 no DF, Cenários 1, 2 e 3

A classe mais representativa em todos os cenários é a Superfície Agropecuária, ocupando, 38,03 %, 55,50 % e 37,40 %, nos cenários 1, 2 e 3, respectivamente. No Cenário 2, essa classe possui a maior área em função desse cenário considerar a possibilidade do CFB a supressão dos remanescentes de vegetação nativa fora das áreas legalmente protegidas.

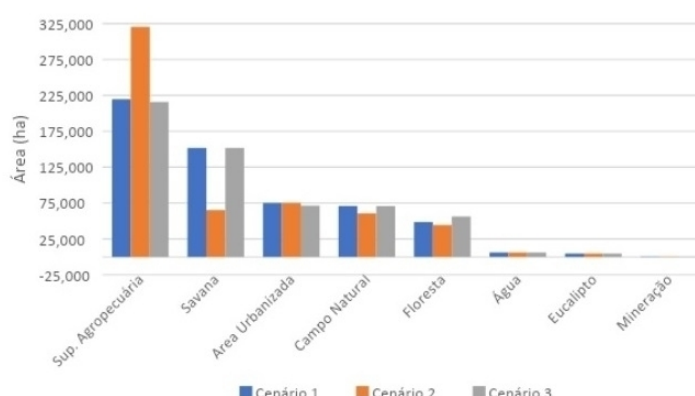


Figura 9 - Uso do solo simulado para 2040 no DF: Cenários 1, 2 e 3.

As coberturas naturais de Savana, Floresta e Campo apresentam redução significativa no Cenário 2. Enquanto no Cenário 1 e 3 essas classes de cobertura representam 46,97 % e 48,27 %, respectivamente; no Cenário 2, o percentual é de 29,50 %.

A consolidação do Cenário 2 significaria uma redução significativa na cobertura vegetal nativa, impactando a estrutura da paisagem, que passaria a possuir manchas mais isoladas uma das outras, o que por sua vez apresenta consequências para a manutenção da fauna e diversidade florística. Como forma de medir em que grau seria o isolamento dos remanescentes de vegetação nativa, a seguir é apresentada uma avaliação comparativa do impacto na estrutura da paisagem nos três cenários.

GRAU DE ISOLAMENTO DA ESTRUTURA DA PAISAGEM - AVALIAÇÃO COMPARATIVA

Ao avaliar o grau de isolamento dos remanescentes de vegetação nativa nos três cenários, é possível analisar o impacto na estrutura da paisagem ao contabilizar a área de vegetação nativa acumulada em diferentes intervalos de distância, conforme representado na Figura 10 e Figura 11.

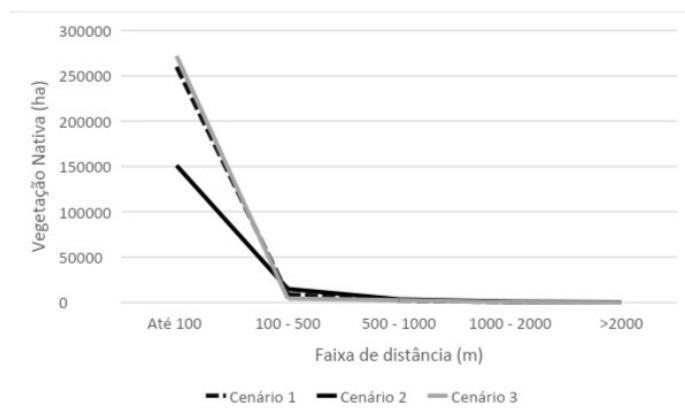


Figura 10 - Área de remanescente de vegetação nativa por faixa de distância.

A principal diferença entre os cenários é a quantidade de vegetação nativa numa distância de até 100 m, faixa adotada como mínima para manutenção da conectividade entre duas manchas distintas (McGARIGAL e MARKS, 1995; RIBEIRO, 2010).

No Cenário 1 e Cenário 3, 259.851 ha e 271.971 ha, respectivamente, da área de remanescentes de vegetação nativa, está localizada numa distância de até 100 m. No Cenário 2, nessa mesma faixa de distância estão concentrados 151.076 ha, área de vegetação nativa 41 % menor que o Cenário 1 e 44 % menor que o Cenário 3.

O Cenário 3 é o que apresentou maior proporção área de vegetação nativa numa distância de até 100 m. Isso se deve, principalmente, ao impacto da recuperação integral das faixas de APP e RL simuladas nesse cenário. Como forma de avaliar os efeitos da fragmentação na paisagem, além da área por faixa de distância, foi estudada a quantidade de manchas por faixa de distância os três cenários e os resultados são apresentados na Tabela 8.

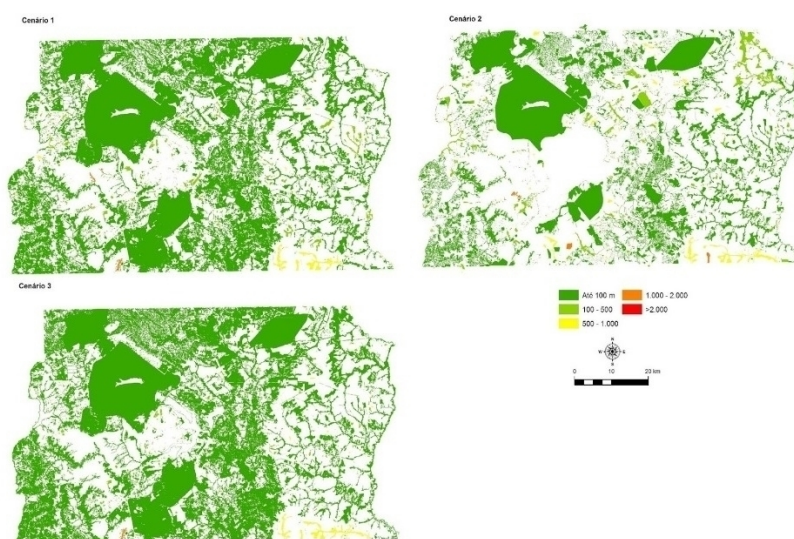


Figura 11 - Grau de isolamento das manchas de vegetação nativa.

Distância	Cenário 1		Cenário 2		Cenário 3	
	Quant. de manchas	Área (ha)	Quant. de manchas	Área (ha)	Quant. de manchas	Área (ha)
Até 100	3.476	259.851,79	5.207	151.076,11	2.186	271.971,15
100 - 500	1.496	8.829,75	2.107	14.927,12	1.129	4.256,12
500 - 1000	109	2.197,00	183	3.428,68	82	2.282,18
1000 - 2000	22	358,50	38	704,84	14	246,58
>2000	2	5,75	7	227,89	0	0,00
-	5.105	271.242,79	7.542	170.364,65	3.411	278.756,03

Tabela 8 - Quantidade de manchas de vegetação nativa por faixa de distância.

O quantitativo de manchas que compõem a paisagem indica o quão coesa é cada uma das paisagens simuladas, quanto maior o número de manchas, mais fragmentada é a paisagem.

Observa-se que a paisagem simulada mais fragmentada é a do Cenário 2, com maior quantidade de manchas, porém com áreas pequenas. Ao avaliar o tamanho médio das áreas das manchas que compõem cada uma das três paisagens simuladas, observa-se que a área média do Cenário 1 é de 53,13 ha; 22,58 ha no Cenário 2 e 81,72 ha no Cenário 3. Ou seja, em relação ao Cenário 2, o tamanho médio das manchas no Cenário 1 é 57% maior; e em relação ao Cenário 3 é 72% maior. O Cenário 3 possui manchas 35% maiores em relação ao Cenário 1, mostrando ser o Cenário mais coeso em relação ao nível de isolamento dos remanescentes de vegetação nativa.

A avaliação da quantidade de manchas sobre diferentes faixas de distância mostra que em todos os cenários simulados a quantidade de manchas é maior numa distância de até 100 m. Porém, com uma variação significativa na quantidade de manchas e áreas entre os cenários. Embora o Cenário 2 tenha apresentado a maior quantidade de manchas nesse intervalo de distância - 5.207, a área de vegetação é a menor (151.076,11 ha) entre os três cenários. O Cenário 3, apresenta a menor quantidade de manchas, 2.186, e a maior área, 271.971,15 ha, nesse intervalo de distância, demonstrando que essa paisagem simulada é a mais coesa. O Cenário 1, apresenta 3.476 manchas e área de 259.851,79 ha, valor intermediário entre os cenários simulados.

CONCLUSÃO

Neste trabalho foi construída uma metodologia integrada de geoprocessamento, ecologia de paisagem e modelagem ambiental para simulação dos impactos das mudanças na legislação ambiental, nos remanescentes de vegetação nativa e na estrutura da paisagem. Foram utilizados dados de limite dos imóveis e de RL (SICAR), dados de cobertura do solo (MapBiomias) e de APP (SEGETH-DF).

Foi possível identificar sobre três cenários, o balanço entre perdas e ganhos da aplicação do CFB em relação à versão anterior da legislação. Foi identificado que em relação as APP, o DF ainda conta com quase 75% da área em remanescentes de vegetação nativa e pouco mais de 22% em área consolidada. Essas APP em área consolidada foram distribuídas por tamanho de imóvel e avaliadas as faixas a recompor sobre a ótica do CFB atual e da versão anterior, sendo identificado que existe uma perda de 5.285,50 ha de APP, considerando as anistias impostas pelo CFB de 2012. Essa perda de APP a recompor pode ter impactos diretos e indiretos sobre a fauna, flora e recursos hídricos.

A distribuição das APP em área consolidada por tamanho de imóvel mostrou que o passivo de APP é maior nas propriedades maiores (acima de 15 MF), que concentram mais de 53% das APP em área consolidada; os imóveis pequenos (abaixo de 4 MF) são responsáveis por 31 % da APP em área consolidada e os imóveis de médio porte (entre 4 e 15 MF), são responsáveis por aproximadamente 15% das APP em área consolidada.

Através da modelagem e simulação, utilizando dados de cobertura do solo e variáveis ambientais, foi produzido um modelo e realizada a simulação de cenários de uso do solo futuro relacionados a aplicação da legislação ambiental, para o ano 2040.

Através da simulação do uso e cobertura do solo para os três cenários foi possível obter um

prognóstico das consequências de diferentes aplicações da legislação e seus impactos para a estrutura da paisagem para 2040. Em todos os cenários a classe de cobertura do solo mais representativa é a superfície agropecuária. No Cenário 2, que avalia a possibilidade de supressão em toda a área legalmente possível de ser suprimida, essa classe de cobertura ocuparia 55,50% de toda a paisagem e nos outros cenários esse percentual é de 38,03 % para o Cenário 1 e de 37,40 % para o Cenário 3.

As áreas de remanescentes de vegetação nativa apresentam o menor percentual no Cenário 2, com 29,50%. No Cenário 1 e Cenário 3 essas classes de cobertura representam 46,97 % e 48,27 %, respectivamente.

A análise da estrutura da paisagem a partir da aplicação de métricas, possibilitou avaliar os impactos na conectividade e na coesão da paisagem. Através do grau de isolamento dos remanescentes de vegetação nativa foi identificado que a uma distância de até 100 m está concentrada a maior quantidade de área nos três cenários, porém com número de manchas e áreas diferentes. A quantidade de manchas nesse intervalo de distância no Cenário 2 é 41% menor que no Cenário 1 e 44% menor que o Cenário 3.

Essas análises permitem concluir que o Cenário 3 seria mais ambientalmente restritivo, por considerar a recuperação integral APP e RL. Como a legislação ambiental foi por outro caminho (Cenário 1), esse cenário serve apenas para mensurar o quanto de APP e RL se perdeu com a mudança na lei.

No Cenário 1 são considerados: a recuperação das faixas de APP e percentuais de RL de acordo com o CFB vigente, mas mantendo os excedentes de vegetação nativa que estão fora dessas áreas. Isso resulta num cenário intermediário, porém pouco provável de se manter de forma integral, uma vez que, possivelmente, haverá, nos próximos anos, aumento da pressão da expansão das áreas urbanas, sobretudo, considerando o déficit habitacional. Para evitar um aumento da pressão sobre os remanescentes de vegetação nativa, localizados fora das áreas protegidas, é preciso o direcionamento de novas áreas de expansão urbana para as áreas de superfície agropecuária ao invés de abertura de novas áreas com supressão da vegetação nativa.

O Cenário 2 considera a aplicação do CFB vigente e supressão de todas as áreas excedentes de vegetação nativa que não estão localizadas em áreas protegidas. Nesse cenário, o impacto no grau de isolamento dos remanescentes de vegetação nativa é maior, resultando em uma paisagem mais fragmentada e consequentemente com mais impactos associados como redução de habitats, afugentamento da fauna, perda de espécies raras, endêmicas e ameaçadas, diminuição da diversidade florística.

A prevenção da consolidação do Cenário 1 passa por incentivo a medidas de conservação e recuperação de áreas. É fundamental que sejam criadas políticas públicas de pagamento por serviços ambientais, remunerando os produtores que mantenham os excedentes de vegetação nativa, uma vez que a supressão dessas áreas tem um impacto significativo na estrutura da paisagem e em toda uma cadeia de relações ambientais.

NOTAS

1 - Área de imóvel rural com ocupação antrópica (resultante da ação humana) preexistente a 22 de julho de 2008, com edificações, benfeitorias ou atividades agrossilvipastoris.

2 - Para imóveis acima de 4 MF, 20 m é a faixa mínima a ser recomposta de APP em área consolidada

REFERÊNCIAS

ARONOFF, S. Geographic information systems: a management perspective. Ottawa, Ont., Canada : WDL Publications, 294 p., 1989

BAKER, W. L. A review of models of landscape change. Landscape Ecology, v. 2, p. 111-133, 1989. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF00137155>.

- BERTRAND, G. Le paysage entre la nature et la société. *Revue Géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest*, v. 49, p. 16-26, 1978. DOI: <https://dx.doi.org/10.3406/rgpso.1978.3552>.
- BRASIL. 2008. Decreto Federal 6.514 de 22 de julho de 2008. Brasília, DF: PR, 2008.
- BRASIL. 2012. Lei Federal nº 12.651, de 25 de maio de 2012. DOU, Brasília, DF: PR, 2012.
- CLARCK LAB. The land change modeler for ecological sustainability. Worcester, 2009. Catálogo. Disponível em: <http://clarklabs.org/applications/upload/Land-Change-Modeler-IDRISI-Focus-Paper.pdf>
- CHRISTOFOLETTI, A. Modelagem de sistemas ambientais. 1a ed. São Paulo: Edgar Blucher, 1999. 240 p.
- CNUC. Cadastro Nacional de Unidades de Conservação. Disponível em: <https://www.icmbio.gov.br/portal/geoprocessamentos/51-menu-servicos/4004-downloads-mapa-tematico-o-e-dados-geoestatisticos-das-uc-s>
- COSGROVE, D. Prospect, perspective and the evolution of the landscape idea. *Transactions of the Institute of British Geographers*, 45-62, 1985. DOI: <https://doi.org/10.2307/622249>.
- COSGROVE, D. Cultural landscapes. In: *A European Geography* (pp. 65-81). Routledge, 2017.
- EASTMAN, J. R. IDRISI Taiga: guide to GIS and image processing: Clarcks Lab, 2009. 342 p.
- FORMAN, R. T. T., GODRON, M. Landscape ecology. New York: John Wiley & Sons, 1986. 619 p.
- GOODCHILD, M. F. Part 1 Spatial analysts and GIS practitioners: The current status of GIS and spatial analysis. *Journal of Geographical Systems*, v. 2 p. 5-10, 2000. DOI: <https://doi.org/10.1007/s101090050022>.
- GOUNARIDIS, D.; CHORIANOPOULOS, I.; SYMEONAKIS, E.; KOUKOULAS, S. A Random Forest-Cellular Automata modelling approach to explore future land use/cover change in Attica (Greece), under different socio-economic realities and scales. *Sci Total Environ*. v. 646, p. 320-335, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.07.302>.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Base Cartográfica Continua do Brasil, Escala 1:250.000 - BC250.
- IWANAGA, T.; WANG, H. H.; HAMILTON, S. H.; GRIMM, V.; KORALEWSKI, T. E.; SALADO, A.; LITTLE, J. C. Socio-technical scales in socio-environmental modeling: Managing a system-of-systems modeling approach. *Environmental Modelling & Software*, v. 135, 104885. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2020.104885>.
- JAKEMAN, A.; HAMILTON, S.; RIZZOLI, A.; CHEN, S. H. Modelling and software as instruments for advancing sustainability. In: *Environmental modelling, software and decision support: state of the art and new perspectives*. Holanda: Elsevier, 2008. cap. 1, p. 1-12.
- JELOKHANI-NIARAKI, M. Collaborative spatial multicriteria evaluation: A review and directions for future research. *International Journal of Geographical Information Science*, 35(1), 9-42, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1080/13658816.2020.1776870>.
- LANG, S.; BLASCHKE, T. Análise da paisagem com SIG. São Paulo: Oficina de Textos, 2009. 424 p.
- LIEBETRAU, A. M. Measures of association. Beverly Hills: Sage Publications, 1983. 96 p.
- LONGLEY, P. A., & BATTY, M. (EDS.). Spatial analysis: modelling in a GIS environment. John Wiley & Sons, 1997. 400 p.
- MATA, R., GALIANA, L., ALLENDE ÁLVAREZ, F., FERNÁNDEZ, S., LACASTA, P., LÓPEZ, N.; SANZ, C. Evaluación del paisaje de la Comunidad de Madrid: de la protección a la gestión territorial. *Urban*. 14, 34-57, 2009.

MATA, R. Retorno al paisaje mediterráneo. Cultura territorial, conflictos y políticas. Asociación de Geógrafos Españoles; Colegio de Geógrafos de España; Universidad de Alicante, p. 17-68, 2012.

McGARIGAL, K.; MARKS, B. FRAGSTATS: spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure. Forest Service General, US. (Technical Report PNW: 351), 1995.

MILLINGTON, J.D.A.; KATERINCHUK, V.; SILVA, R. F. B.; VICTORIA, D. C.; BATISTELLA, M. Modelling drivers of Brazilian agricultural change in a telecoupled world, Environmental Modelling & Software, Volume 139, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2021.105024>.

MapBiomias - Coleção 5 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso de Solo do Brasil, acessado em maio de 2021 através do link: https://mapbiomas.org/colecoes-mapbiomas-1?cama_set_language=pt-BR.

RIBEIRO, M. C. Modelos de simulação aplicados à conservação de paisagens fragmentadas da Mata Atlântica brasileira. 2010. 277 p. Tese (Doutorado em Ecologia) - Universidade de São Paulo (USP), São Paulo, 2010. Disponível em: . Acesso em: 10 mar. 2021.

SANZ, E.; YACAMÁN, C.; MATA, R. Sistemas agroalimentarios: apropiación del territorio a través de la alimentación. Los ejemplos de Aviñón y de Madrid. Cultura territorial e innovación social. ¿Hacia un nuevo modelo metropolitano en Europa del sur. Valencia: Publicacions de la Universitat de Valencia, 453-476, 2018.

SEGETH - Secretaria de Estado de Desenvolvimento Urbano e Habitação. Disponível em: <https://www.geoportal.seduh.df.gov.br/geoportal/>

SICAR - Sistema Nacional de Cadastro Ambiental Rural. Dados Disponíveis em: <https://www.car.gov.br/#/>

SOARES-FILHO, B., RAJÃO, R., MACEDO, M., CARNEIRO, A., COSTA, W., COE, M., RODRIGUES, H., ALENCAR, A. Cracking Brazil's Forest Code. Science. v. 344, p. 363-364, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.1246663>.

TANIWAKI, R. H.; FORTE, Y. A.; SILVA, G. O.; BRANCALIONA, P. H. S.; COGUETOC, C. V.; FILOSO, S.; FERRAZA, S. B. The Native Vegetation Protection Law of Brazil and the challenge for first-order stream conservation. Perspectives in Ecology and Conservation. v. 16, p. 49-53, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.pecon.2017.08.007>.

TIUMENTSEV, Y.; EGORCHEV, M. Neural Network Modeling and Identification of Dynamical Systems. Academic Press, 2019. 332 p.

YACAMÁN, O.; C., FERRER, J. D.; MATA O. R. Green infrastructure planning in metropolitan regions to improve the connectivity of agricultural landscapes and food security. Land, 9(11), 414, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/land9110414>.

YANG, X.; CHEN, R.; ZHENG, X. Q. Simulating land use change by integrating ANN-CA model and landscape pattern indices, Geomatics, Natural Hazards and Risk, v. 7:3, p. 918-932, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1080/19475705.2014.1001797>.

TURNER, M. G.; GARDNER, R. H. (Ed). Quantitative methods in landscape ecology. New York: Springer, 1991. 536 p.

Afiliação dos Autores

Luiz, C.H.P. - Universidade de Brasília.

Steiken, V.A. - Professor da Universidade Estadual de Campinas.

Contribuição dos Autores

Luiz, C.H.P. - O autor elaborou todo o texto.
Steiken, V.A. - O autor elaborou todo o texto.

Editores Responsáveis

Jader de Oliveira Santos
Lidriana de Souza Pinheiro