Revista Brasileira de Geografia Física

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

Fatores que influenciam na modelagem de uso da terra da bacia hidrográfica do Rio Marapanim, Pará

Lucyana Barros Santos¹; Andréa dos Santos Coelho²; Francisco Gilney Silva Bezerra³; Márcia Nazaré Rodrigues Barros²; Marcos Adami⁴; Norbert Fenzl⁵

¹Bolsista do Programa de Capacitação Institucional do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais/Centro Regional da Amazônia (PCI/INPE/CRA), Avenida Perimetral, 2651, CEP: 66077-830, Parque de Ciência e Tecnologia do Guamá, Guamá, Belém. (12) 32087095 (PCI/INPE). lucyana_barros@hotmail.com (autor correspondente). ²Doutoranda em Ciências Ambientais, Universidade Federal do Pará/Embrapa Amazônia Oriental/Museu Paraense Emílio Goeldi-Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais (UFPA/EMBRAPA/MPEG-PPGCA), Rua Augusto Corrêa, 01, Básico, CEP: 66075-110, Guamá, Belém. (91) 32018833. andrea_geoambiente@hotmail.com, mnrbarros@gmail.com. ³Doutor em Ciências do Sistema Terrestre, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais/Centro de Ciências do Sistema Terrestre (INPE/CCST), Avenida dos Astronautas, 1758, CEP: 12227-010, Jardim da Granja, São José dos Campos, SP. (12) 982252301. franciscogilney@gmail.com. ⁴Pesquisador, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais/Centro Regional da Amazônia (INPE/CRA), Avenida Perimetral, 2651, CEP: 66077-830, Parque de Ciência e Tecnologia do Guamá, Guamá, Belém. (12) 32087095. marcos.adami@inpe.br. ⁵Professor Titular, Universidade Federal do Pará/Núcleo de Meio Ambiente-Programa de Pós-Graduação em Gestão de Recursos Naturais e Desenvolvimento Local na Amazônia (UFPA/NUMA-PPGEDAM), Rua Augusto Corrêa, 01, CEP: 66075-110, Guamá, Belém. (91) 32018198. norbert@ufpa.br.

Artigo recebido em 04/07/2020 e aceito em 01/12/2020

RESUMO

O estudo foi conduzido na bacia hidrográfica do Rio Marapanim, localizada na região Nordeste do estado do Pará, e se propôs a analisar os processos que desencadeiam transformações da paisagem e promover uma reflexão sobre cenários para a bacia. Para tanto, foram utilizadas técnicas de sensoriamento remoto, geoprocessamento e modelagem dinâmica. Foram construídos modelos dinâmicos através da utilização do arcabouço de modelagem LuccME, desenvolvido pelo Centro de Ciência do Sistema Terrestre (CCST) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e colaboradores, a fim de representar computacionalmente as mudanças de uso da terra e seus fatores determinantes, através de simulações para o período de 2008-2017. A bacia apresenta um estado de fragmentação florestal avançado e que há impactos sobre o regime hídrico considerando as classes de uso e cobertura da terra existentes. Os poucos remanescentes de floresta presentes na área da bacia estão sendo convertidos para atividades de agropecuária e silvicultura. Para além desse cenário de supressão vegetal, a fragmentação da floresta ocasiona fragmentação de habitat e perda de biodiversidade. Os modelos gerados, considerando os dados de entrada disponíveis, a dependência espacial entre usos da terra e a complexidade da área de estudo, mostraram um desempenho aceitável para alocar uma demanda que possibilitasse o ajuste espacial, bem como a validação para o período analisado de todas as variáveis dependentes em um mesmo processo. Recomenda-se que a partir desta pesquisa que sejam realizados outros modelos de simulação, com base na geração de cenários por meio de modelagem dinâmica espacial com a integração de planos de gestão territorial e os dados gerados podem auxiliar na formulação de políticas públicas.

Palavras-chave: Bacia hidrográfica. Uso da terra. Modelagem dinâmica.

Factors that influence land use modeling of the Marapanim River watershed, Pará

ABSTRACT

The study was conducted in the Marapanim River basin, located in the Northeast region of the state of Pará. We aimed to analyze the processes that trigger landscape transformations and promote a reflection on scenarios for the basin. For this, we used remote sensing, geoprocessing and dynamic modeling techniques. We constructed dynamic models through the LuccME modeling framework. To computationally represent changes in land use and its determining factors, through simulations for the period 2008-2017. The basin presents a state of advanced forest fragmentation and there are impacts

on the water regime considering the current land use and cover classes. The few remnants of forest present in the basin area are being converted to agricultural and forestry activities. In addition to this scenario of plant suppression, forest fragmentation causes habitat fragmentation and biodiversity loss. The generated models, considering the available input data, the spatial dependence between land uses, and the complexity of the study area, showed an acceptable performance to allocate a demand that would enable spatial adjustment, as well as validation for the analyzed period of all dependent variables in the same process. It recommended that from this research, other simulation models be performed based on the generation of scenarios through spatial dynamic modeling with the integration of territorial management plans, and the data generated can help in the formulation of public policies.

Keywords: Watershed. Land use. Dynamic modeling.

Introdução

Desde a colonização até o século XX, o território brasileiro teve sua espacialização ligada às populações rurais que, desprovidas de terras, viam nas terras comuns a possibilidade de sua subsistência, iniciando, assim, a ocupação e utilização do território espacialmente heterogênea. Um dos exemplos deste modelo de ocupação desordenada é a região amazônica, que desde o princípio despertou o interesse de atores na ocupação de seu território, os quais foram impulsionados pela disponibilidade de recursos naturais e pela vasta extensão territorial, gerando na região diferentes fronteiras de ocupação em períodos distintos (Becker 2004; Becker, 2010; Araújo et al. 2019). O impacto desta ocupação necessita ser estudado e compreendido, para que possam ser geradas medidas com a finalidade de garantir a proteção e a recuperação deste espaço.

A partir do século XX o Brasil passa a ter estudos pontuais de uso da terra, através de instituições como Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA e Universidades (IBGE, 2013). Na década de 1980, se iniciam estudos voltados para a análise de padrões de uso da terra e análises integradas da paisagem, incorporando técnicas de sensoriamento remoto a fim de servir de instrumento científico de interpretação do processo que levou diferentes atores a fazer uso do território (Briassoulis, 2000; IBGE, 2013; Côrtes & D'antona, 2014). Neste contexto, os estudos de uso da terra, antes voltados para os diagnósticos e zoneamentos ambientais, se reverteram para análises regionais e ordenamentos territoriais, por meio do reconhecimento de tipologias de uso da terra com a introdução do Projeto RadamBrasil (IBGE, 2013).

Neste sentido, a bacia hidrográfica pode ser entendida como uma área homogênea quanto às características geomorfológicas e hídricas, sendo uma unidade de interação das águas com o meio físico, biótico, social, econômico e cultural. Esta, ou o conjunto destas interligadas, pode ser entendida como unidade territorial no planejamento e gestão integrada dos recursos

hídricos (Yassuda, 1993). Assim, a gestão de bacias hidrográficas é essencial para o controle da degradação ambiental, visto que a manutenção das vegetações naturais é extremamente importante para o ciclo hidrológico, desempenhando um papel na distribuição de energia e água na superfície e influenciando os processos de interceptação, infiltração, escoamento superficial e erosão. Por consequência protege e restaura a qualidade ambiental dos ecossistemas aquáticos e terrestres (Balbinot et al., 2008; Pinheiro et al., 2009; Blainski et al., 2017; Cecílio et al., 2019).

Uma das maneiras para demarcar ou estudar estes territórios é por meio das geotecnologias que englobam ferramentas como o sistema de posicionamento global (GPS), o sensoriamento remoto e os sistemas de informação geográfica (SIG). Os SIGs são ferramentas computacionais que fazem a integração de dados de diferentes fontes para análise e geração de informações espaciais que permitem a tomada de decisão (Câmara et al., 2001).

Desta forma, auxiliam no planejamento e monitoramento de impactos ambientais a fim de garantir o uso sustentável dos recursos naturais (Alves & Azevedo, 2013). Aliadas a isso, surgem novas ferramentas como a modelagem, que buscam simular as transformações e impactos ocorridos pelas mudanças no uso do solo para possibilitar a análise e o entendimento deste fenômeno (Pijanowski et al., 2002; Almeida, 2003; Kuhn, 2005; Verburg et al., 2006; Carneiro et al., 2013).

Neste contexto, a modelagem espacialmente explícita tem se destacado dentre a diversidade de modelos. Os modelos dinâmicos espacialmente explícitos possuem vastas aplicações, tais como as de alterações de uso e cobertura da terra, desmatamento, expansão urbana, vulnerabilidade à erosão, degradação, desertificação, expansão da cana-de-açúcar e entre outras (Soares-filho et al., 2002; Almeida et al. 2003; Almeida et al., 2005; Aguiar, 2006; Ximenes et al., 2008; Amorim & Silva, 2009; Coelho, 2009; Nascimento, 2011; Macedo et al., 2013; Vieira, 2015; Cohenca, 2016; Medeiros, 2016).

Os modelos de sistemas tentam representar as interações entre todos os seus componentes, são eficientes ao abordar a dimensão espacial e

utilizam conceitos como as relações de vizinhança e o uso combinado de múltiplas escalas (Pedrosa & Câmara, 2003). Dessa maneira, devemos ter a compreensão do quão complexos são os processos e fatores que causaram influência direta e indireta nas mudanças da paisagem da Amazônia ao longo de um período de tempo, para que possamos gerar os modelos de sistemas com conhecimentos vindos do passado e presente.

Diante da variedade de modelos encontrados na literatura, esta pesquisa está direcionada à adoção dos modelos LUCC (Land Use Cover Change) espacialmente explícitos, pois buscamos tentar explicar as mudanças de uso e cobertura da terra ocorridas no passado, bem como os fatores que determinaram essas mudanças; planejar e conceber mudanças futuras, sua intensidade, posicionamento no espaço, a direção e data no tempo. Destacamos também que neste tipo de modelo as mudanças não são investigadas e descritas levando-se em consideração um único fator, mas um conjunto de fatores que interagem em determinado período de tempo no espaço (Aguilar, 2006).

Assim, associando o entendimento do processo de ocupação da bacia hidrográfica com o conhecimento da realidade local, estes modelos permitem identificar e estudar as relações no tempo e no espaço e auxiliar no entendimento do desenvolvimento econômico, social e ambiental da região. Ademais a construção de cenários possibilita a identificação de possíveis ameaças à população que habita a região onde a bacia está inserida, bem como analisar e avaliar os impactos das ações empregadas e suas tendências (Mertens et al. 2002; Soares-Filho et al. 2004; Soares-Filho et al., 2005; Soares-Filho et al., 2006; Aguilar, 2006

Aguilar et al. 2007; Dalla-nora et al., 2014), bem como, refletir sobre os fatores que podem condicionar a implementação de ações efetivas e políticas públicas (Folhes et al., 2015).

Assim, a presente pesquisa adotou um arcabouço de modelagem espacialmente explícita para mudanças de uso e cobertura da terra LuccME (*Land Use and Cover Change Modelling Environment*) que é uma extensão do ambiente de modelagem Terra-ME com a finalidade de parametrizar modelos dinâmicos que representem computacionalmente as mudanças de uso da terra (Carneiro et al., 2013) para analisar e quantificar as dinâmicas de uso da terra, além de levantar quais fatores influenciam na modelagem levando-se em consideração o histórico da área da região do Nordeste Paraense frente à nova fronteira agroenergética com a expansão do dendê, que vem alterando a dinâmica de uso da terra na bacia hidrográfica do Rio Marapanim.

A hipótese levantada nesta pesquisa é que há uma tendência de expansão da silvicultura, através do cultivo do dendê, sobre áreas anteriormente ocupadas por outros tipos de uso, significativamente sobre as florestas secundárias, culturalmente inseridas no modelo de produção adotado na região. Deste modo, além da dinâmica do uso da terra exercer pressão sobre os remanescentes de floresta nativa, as florestas secundárias também estão severamente ameaçadas, o que compromete o seu papel na formação de corredores ecológicos e sequestro de carbono (Almeida & Vieira, 2019 e Vieira & Almeida, 2013).

Material e Métodos

Área de estudo

A área delimitada deste estudo é a bacia hidrográfica do Rio Marapanim, ordem de grandeza nível 04, número 7132 (Pfafstetter, 1989, ANA 2015) cuja coordenada central é 47°46'33"W e 01°4'1"S, e área de 2.096 Km² (Figura 1). Esta bacia está nas Regiões Intermediárias de Belém e Castanhal, vinculada ao intenso processo de ocupação e ampliação dos espaços produtivos e ao acelerado movimento de criação de municípios, (IBGE, 2017).

Engloba parte territorial de 12 municípios: Castanhal, Curuçá, Igarapé-Açu, Magalhães Barata, Maracanã, Marapanim, Santa Isabel do Pará, Santo Antônio do Tauá, São Caetano de Odivelas, São Francisco do Pará, Terra Alta e Vigia. Limitando-se ao Norte pelo Oceano Atlântico, ao Sul pela bacia do rio Guamá - Moju, a Leste pela bacia do rio Gurupi, e a Oeste pela baía do Marajó. A bacia apresenta duas unidades de conservação federais de uso sustentável, a Reserva Extrativistas Cuiarana e a Reserva Marinha Mestre Lucindo, onde é permitida a exploração e o aproveitamento econômico direto dos recursos de forma planejada e regulamentada.

Figura 1 – Localização da bacia hidrográfica do Rio Marapanim.

Fonte: Elaboração dos autores

Material

A modelagem espacialmente explícita para a simulação das possíveis trajetórias de mudança de uso da terra, utilizou o software LuccME 3.1. sobre o ambiente computacional Terra-ME (Carneiro et al., 2013). Também foram utilizadas imagens Landsat5/TM dos anos de 1984 e 2008 (composição colorida das bandas 3, 4 e 5) e Landsat8/OLI do ano de 2017

(composição colorida das bandas 4, 5, 6), órbita-ponto 223-061, com resolução de 30x30 metros, as quais foram adquiridas no site do United States Geological Survey (USGS) Science for a Changing World (2017) para confecção dos mapas de uso e cobertura da terra. Os demais materiais utilizados estão listados na Tabela 1.

Tabela 1 – Categorias, fatores determinantes potenciais e operadores utilizados para o preenchimento do espaço celular

Categoria	Dados	Operadores	Fonte	Período
Alcançabilidade a mercados	Sedes municipais			
	Rodovias (estradas federais e estaduais)	Distância	IBGE (ano)	2017
	Rios		ANA	2006
Demográfica	População Rural	Média	IBGE	Censo: 2000 e 2010
Estrutura agrária	CAR	Porcentagem de pequenas, médias e grandes	SEMAS	2017
	CAR	Área total de sobreposição entre a célula e o layer de propriedades		
Política pública	Assentamentos	Porcentagem de área com projetos	INCRA	2018

	Unidades de Conservação	de assentamentos Porcentagem de áreas com unidades de conservação	MMA	2014
	ZAE dendê	Porcentagem de cada classe	EMBRAPA	2010
Produtividade	Produção de dendê Lavoura permanente Pecuária	Média	IBGE	2006
	Altitude		INPE	2011
Ambientais	Precipitação Temperatura	Média	WorldClim	2017
	Aptidão do solo	Porcentagem de cada classe	Embrapa	2016
Monitoramento	Focos de calor	Porcentagem de cada classe	INPE	2008

Método

Para o desenvolvimento de modelos de mudança de uso e cobertura do solo em múltiplas escalas, através da combinação de componentes existentes e/ou criação de seus próprios foram realizadas as seguintes etapas: definição do objeto

de estudo, classes de uso da terra e fatores determinantes, construção de um banco de dados celular, análise exploratória dos dados, parametrizar componentes de demanda, potencial e alocação, executar e validar o modelo (Figura 2).

Figura 2 – Etapas de construção do modelo de uso da terra no LuccME

Fonte: Adaptado de Aguiar et al. (2017).

Construção de um Banco de Dados Celular

Foi selecionado um conjunto de variáveis a fim de auxiliar o entendimento da dinâmica de mudança de uso e cobertura da terra na área de estudo. As variáveis correspondem aos mapas de uso da terra, aos rios, às localidades (Castanhal, Curuçá, Igarapé-Açu, Magalhães Barata,

Maracanã, Marapanim, Santa Isabel do Pará, Santo Antônio do Tauá, São Caetano de Odivelas, São Francisco do Pará, Terra Alta e Vigia), às estradas (estaduais e federais), à taxa populacional rural (sede localizada dentro da área da bacia), à distribuição espacial das propriedades rurais dos municípios (sede localizada dentro da área da

bacia), à distribuição espacial dos assentamentos e das unidades de conservação, ao ZAE Dendê, à taxa de produção de dendê dos municípios (sede localizada dentro da área da bacia), à lavoura permanente (sede localizada dentro da área da bacia), à pecuária dos municípios (sede localizada dentro da área da bacia), à altitude, à precipitação média anual, à temperatura média anual e à aptidão agrícola das

áreas alteradas e à categorização da densidade de focos de calor (2008). Estes dados foram agregados em um espaço celular com resolução espacial de 0,15 km x 0,15 km (Figura 3) com auxílio do plugin de preenchimento de células disponível em (<http://lucme.ccst.inpe.br/category/download-pt/>) ou diretamente no Terra-ME 2.0. O objetivo desse procedimento foi compatibilizar e integrar os dados provenientes de diferentes fontes e formatos.

Figura 3 – Compatibilização de dados no Espaço Celular
Fonte – Elaboração dos autores

Foram realizados testes iniciais em que os dados de entrada foram preenchidos no espaço celular com resolução espacial de 0,01 km², 0,0225 km², 0,0625 km², 0,1225 km² e 0,25 km², com a finalidade de analisar onde poderia haver perdas de informação. O espaço celular utilizado foi de 0,0225 km² com 94.727 células, pois o tamanho

anteriormente definido, 0,01 km², se mostrou limitado devido à dificuldade de processamento.

Os dados foram agregados utilizando diferentes métricas, como por exemplo: distância mínima euclidiana, média dos valores quantitativos, porcentagem da área ocupada, dentre outras.

Uso da terra e cobertura vegetal/Variáveis dependentes

Os mapas de uso da terra gerados a partir das imagens Landsat foram mapeados na escala de 1:50.000 nos anos de 1984, 2008 e 2017 utilizando interpretação visual. As classes de uso e cobertura da terra resultantes desse mapeamento foram:

Fatores determinantes potenciais/Variáveis independentes

Para compor o banco de dados desta pesquisa foram selecionadas 16 variáveis socioeconômicas e ambientais que permitiu a espacialização da influência absoluta de cada vetor e que estariam potencialmente determinando as mudanças nos padrões de uso da terra encontrados

floresta, vegetação secundária, agropecuária, silvicultura e outros. O padrão de interpretação visual utilizado foi descrito por EMBRAPA-INPE, 2011.

na bacia hidrográfica do Rio Marapanim apresentadas na Tabela 1. A lista das variáveis foi elaborada segundo a disponibilidade de dados por município, e amostrados apenas os que possuíam sede na área da bacia. As variáveis selecionadas foram agrupadas da seguinte forma:

- Variáveis de alcançabilidade a mercados: distância a rodovias, rios e sedes municipais

(foi medida a distância ao objeto mais próximo, calculada a partir do centroide da célula até o ponto, linha ou borda mais próxima de um polígono)

- Variáveis demográficas: taxa de crescimento populacional rural (calculada a média de valores quantitativos dos objetos que tem alguma intersecção com a célula, sem levar em consideração suas propriedades geométricas);
- Variáveis de estrutura agrária: dados de Cadastro Ambiental Rural (CAR) referentes à distribuição/concentração de imóveis, mostrando a situação de pequenas (menores ou iguais a 55 ha.), médias (maiores que 55 até 165 ha) e grandes (maiores que 165 ha), em termos do número total de propriedades e da área dos municípios com a presença das sedes na área da bacia (calculada a porcentagem de cada valor qualitativo cobrindo a célula, utilizando dados de polígonos ou matriz);
- Variáveis de políticas públicas: projetos de assentamento, unidades de conservação (calculada a porcentagem de cada valor qualitativo cobrindo a célula, utilizando dados

de polígonos ou matriz) e Zoneamento Agroecológico do Dendê para as Áreas Desmatadas da Amazônia Legal - ZAE-Dendê (calculada a porcentagem de cada valor qualitativo cobrindo a célula, utilizando dados de polígonos ou matriz);

- Variável de produtividade: dados da produção de dendê e dados de lavoura permanente e pecuária (calculada a média de valores quantitativos dos objetos que tem alguma intersecção com a célula, sem levar em consideração suas propriedades geométricas);
- Variáveis ambientais: altitude, precipitação, temperatura (calculada a média de valores quantitativos dos objetos que tem alguma intersecção com a célula, sem levar em consideração suas propriedades geométricas) e aptidão do solo (calculada a porcentagem de cada valor qualitativo cobrindo a célula, utilizando dados de polígonos ou matriz);
- Variáveis de monitoramento: densidade de focos de calor (calculada a porcentagem de cada valor qualitativo cobrindo a célula, utilizando dados de polígonos ou matriz).

Análise exploratória

Antes da análise estatística multivariada foi realizada uma análise de correlação entre as variáveis dependentes (uso e cobertura da terra) e independentes (demais variáveis do banco) utilizando-se o software R para a definição das variáveis que teriam potencialidade para

representar melhorar cada uso da terra. Foi adotada a correlação de Spearman uma vez que os dados analisados não apresentavam distribuição normal e/ou sem relação linear. Foram inseridas no modelo as variáveis independentes que apresentaram uma correlação menor que 0.60 (60%) entre si, evitando assim a multicolinearidade.

Demanda

A demanda anual foi calculada a partir dos valores de área (km²) de cada classe de uso da terra

$$\text{Demanda anual} = \frac{\text{Uso do último ano} - \text{Uso do ano inicial}}{\text{Número de anos}}$$

nos anos de 2008 a 2017, utilizando-se a seguinte fórmula:

Potencial

Este componente é realizado através de regressões realizadas para analisar a relação das variáveis potenciais com as mudanças de uso da terra. Este componente é de grande importância, pois mostra a adequação ou vulnerabilidade de mudança de cada célula em um espaço de tempo.

As variáveis foram submetidas à regressão linear multivariada no software R e os resultados inseridos e parametrizados no LuccME conforme Tabela 2.

Alocação

O componente de alocação está baseado na demanda e no potencial de mudança de uso da terra

de cada célula para que seja alocada a distribuição espacial dessa mudança, ou seja, em cada ano é realizada a competição entre classes de uso da terra e determinada quais serão as células convertidas para determinada classe que atenda à demanda e ao potencial estabelecidas no ano de amostragem.

No LuccME diferentes regras de alocação podem ser definidas e sua parametrização dependerá da necessidade do usuário (Aguiar et al., 2017). Nesta pesquisa foi utilizado o algoritmo de alocação disponível no LuccME chamado *Clue Like*. Este algoritmo se baseia na competição entre as classes de uso alocadas em uma mesma célula, que se ajusta de forma iterativa a fim de executar

a demanda quando todas as células são (2017).
consideradas (Verbarg et al., 1999, Aguiar et al.,

Tabela 2 – Variáveis resultantes da regressão linear para parametrização da componente potencial

Uso_1 (AGROPECUÁRIA)				
Coefficients:	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	9,239e-01	2,844e-02	32,483	< 2e-16 ***
ass_CAS	1,623e-01	4,937e-02	3,288	0,00101 **
ass_SFP	-7,337e-02	9,093e-03	-8,069	7,18e-16 ***
precip	-6,178e-05	5,708e-06	-10,824	< 2e-16 ***
uc_RESEX	-3,118e-01	9,590e-03	-32,515	< 2e-16 ***
solo_1	-2,913e-01	7,041e-03	-41,369	< 2e-16 ***
solo_2	3,304e-02	2,708e-03	12,199	< 2e-16 ***
solo_3	-4,600e-02	1,329e-02	-3,460	0,00054 ***
foco_2	4,163e-02	2,822e-03	14,752	< 2e-16 ***
foco_3	2,570e-02	6,444e-03	3,988	6,66e-05 ***
ZAE_2	1,021e-01	2,443e-02	4,181	2,91e-05 ***
ZAE_3	2,343e-01	6,391e-03	36,657	< 2e-16 ***
mdend	5,852e-04	2,678e-05	21,855	< 2e-16 ***
logriodist	1,165e-01	3,500e-03	33,290	< 2e-16 ***
logrod_min	1,540e-02	1,647e-03	9,348	< 2e-16 ***
logsededist	-1,770e-01	4,964e-03	-35,661	< 2e-16 ***
Uso_2 (VS)				
Coefficients:	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	5,806e-03	6,923e-03	0,839	0,40163
ass_SFP	-2,571e-02	3,126e-03	-8,224	< 2e-16 ***
pop	4,062e-04	1,360e-04	2,986	0,00283 **
uc_RESEX	-6,585e-03	3,017e-03	-2,182	0,02910 *
solo_1	-1,082e-02	2,394e-03	-4,518	6,26e-06 ***
foco_2	-4,870e-03	9,641e-04	-5,052	4,39e-07 ***
foco_3	8,817e-03	2,214e-03	3,983	6,81e-05 ***
ZAE_3	9,544e-03	2,146e-03	4,447	8,74e-06 ***
precip	-9,362e-06	1,990e-06	-4,705	2,55e-06 ***
mdend	7,922e-05	1,056e-05	7,501	6,39e-14 ***
logriodist	1,233e-02	1,202e-03	10,253	< 2e-16 ***
logrod_min	-2,370e-03	5,620e-04	-4,217	2,48e-05 ***
Uso_3 (SILVICULTURA)				
Coefficients:	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-1,323e+00	2,092e-02	-63,247	< 2e-16 ***
ass_SFP	-5,468e-02	7,492e-03	-7,299	2,92e-13 ***
uc_RESEX	-1,527e-01	7,978e-03	-19,137	< 2e-16 ***
solo_1	-3,767e-02	5,787e-03	-6,509	7,61e-11 ***
solo_3	-4,039e-02	1,109e-02	-3,642	0,000271 ***
foco_2	-1,430e-02	2,313e-03	-6,182	6,34e-10 ***
ZAE_2	-6,417e-02	2,039e-02	-3,147	0,001650 **
ZAE_3	1,247e-01	5,240e-03	23,796	< 2e-16 ***
precip	8,143e-05	4,739e-06	17,183	< 2e-16 ***
mdend	-1,341e-04	2,223e-05	-6,030	1,64e-09 ***
logrod_min	-7,139e-03	1,372e-03	-5,202	1,98e-07 ***
logsededist	2,976e-01	4,113e-03	72,343	< 2e-16 ***
Uso_4 (FLORESTA)				
Coefficients:	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	3,287e-01	1,556e-02	21,126	< 2e-16 ***
ass_CAS	-5,823e-02	2,769e-02	-2,103	0,03549 *

ass_SFP	1,919e-01	5,125e-03	37,437	< 2e-16 ***
pop	-9,507e-04	2,222e-04	-4,279	1,88e-05 ***
uc_RESEX	3,431e-01	5,358e-03	64,040	< 2e-16 ***
solo_1	2,667e-01	3,948e-03	67,558	< 2e-16 ***
solo_2	-3,041e-02	1,519e-03	-20,029	< 2e-16 ***
solo_3	7,058e-02	7,452e-03	9,472	< 2e-16 ***
foco_2	-1,510e-02	1,576e-03	-9,584	< 2e-16 ***
foco_3	-7,978e-03	3,621e-03	-2,203	0,02758 *
ZAE_2	-6,723e-02	1,363e-02	-4,932	8,17e-07 ***
ZAE_3	-1,477e-01	3,587e-03	-41,161	< 2e-16 ***
precip	9,235e-06	3,256e-06	2,837	0,00456 **
mdend	-8,798e-05	1,824e-05	-4,823	1,42e-06 ***
logriodist	-8,308e-02	1,969e-03	-42,186	< 2e-16 ***
logsededist	3,107e-02	2,779e-03	11,179	< 2e-16 ***

Uso_5 (OUTROS)

Coefficients:	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	1,029e+00	1,276e-02	80,623	< 2e-16 ***
ass_SFP	-2,713e-02	4,099e-03	-6,619	3,64e-11 ***
pop	2,841e-03	1,776e-04	15,993	< 2e-16 ***
uc_RESEX	1,286e-01	4,302e-03	29,897	< 2e-16 ***
solo_1	7,117e-02	3,158e-03	22,539	< 2e-16 ***
solo_2	-7,089e-03	1,214e-03	-5,838	5,30e-09 ***
solo_3	1,584e-02	5,960e-03	2,658	0,00787 **
foco_2	-5,467e-03	1,268e-03	-4,313	1,61e-05 ***
foco_3	-2,491e-02	2,898e-03	-8,596	< 2e-16 ***
ZAE_2	2,521e-02	1,095e-02	2,302	0,02136 *
ZAE_3	-2,207e-01	2,869e-03	-76,943	< 2e-16 ***
precip	8,475e-06	2,607e-06	3,251	0,00115 **
mdend	-5,754e-04	1,458e-05	-39,452	< 2e-16 ***
logriodist	-5,162e-02	1,576e-03	-32,755	< 2e-16 ***
logrod_min	-6,176e-03	7,385e-04	-8,362	< 2e-16 ***
logsededist	-1,616e-01	2,224e-03	-72,680	< 2e-16 ***

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Validação do Modelo de Uso da Terra

Os dados de uso e cobertura entraram no formato contínuo para análise das transições. LuccME os modelos de uso da terra que foram implementados não operaram em função das transições/mudanças entre as classes de uso, ou

A pesquisa considerou a rotina de multiresolução das áreas, adaptada de Constanza (1989). Essa métrica tem como objetivo analisar o nível de similaridade entre os mapas reais e simulados, calcula a diferença na totalidade dos mapas e não apenas o acerto das células que sofreram mudanças.

Os resultados são mostrados em porcentagens de acerto considerados através de

seja, as variáveis foram analisadas através do *padrão histórico acumulado* e não pela transição ocorrida entre duas classes de uso da terra em um período determinado (Aguiar et al., 2017).

janelas de resolução (multiresoluções). Conforme mostra a Figura 4 é realizada uma similaridade entre os mapas observado e simulado em várias resoluções (1x1, 2x2, 3x3, 4x4, 5x5, 6x6, 7x7, 8x8, 9x9 e 10x10), através das janelas de amostragem que vão aumentando em cada espaço de tempo (AGUIAR et al., 2017).

Figura 4 – Exemplo de validação por múltipla resolução (agregação de células por meio de janelas de amostragem, onde Cena 1 é o dado real e Cena 2 é o dado simulado)

Fonte: Adaptado de Aguiar et al. (2017)

Resultados e discussão

Mapeamento

Os dados de uso da terra gerados a partir do processamento de imagens de satélite, para os anos de 1984, 2008 e 2017, mostram uma dinâmica

de mudanças na paisagem intensa, onde as classes Agropecuária e Vegetação Secundária (VS) passaram a compor a maior parte da paisagem modificada da área de estudo (Figura 5 e Tabela 3).

Figura 5 – Uso da terra e cobertura vegetal nos anos de 1984 (a), 2008 (b) e 2017 (c)

Fonte: Elaboração dos autores

Tabela 3 – Quantificação das áreas (km²) mapeadas e percentual das classes de uso da terra e cobertura vegetal (a classe OUTROS não entrou nesta análise) na área na bacia hidrográfica do Rio Marapanim

CLASSES	1984		2008		2017	
	Km ²	%	Km ²	%	Km ²	%
FLORESTA	232,27	12	↓ 180,93	9	↓ 174,62	9
VS	604,79	30	↓ 361,60	18	↑ 639,55	32
AGROPECUÁRIA	1126,38	56	↑ 1415,28	71	↓ 1047,66	52
SILVICULTURA	37,19	2	↑ 42,82	2	↑ 138,80	7
Total Geral	2000,63	100	2000,63	100	2000,63	100

↑ Aumento com relação ao ano anterior

↓ Diminuição com relação ao ano anterior

A classe floresta perdeu uma área de 57,65 km² de 1984 a 2017, aproximadamente um quarto da sua área foi convertida para outros usos, ficando restritas em grande parte ao longo da drenagem, protegendo assim os mananciais com limitada reserva (Santos, et al, 2020). Estudos de Cordeiro et al.(2017) no Nordeste do Pará constataram que áreas de floresta primária foram substituídas dando lugar à atividades agropecuárias, o que resultou em uma paisagem inteiramente antropizada. Segundo Lees et al (2015) a perda de floresta acarreta consequências na disponibilidade de recursos naturais, comprometendo os serviços ambientais; e afetando diretamente a diversidade biológica.

As áreas de Silvicultura estão aumentando em decorrência da expansão do cultivo do dendê no Nordeste Paraense, conforme analisado pelo ZAE Dendê (2010) que trata do Zoneamento Agroecológico do Dendê para as Áreas Desmatadas da Amazônia Legal. Os

resultados mostram que em seis dos doze municípios presentes na área da bacia já existe a presença desta expansão e estes são: Castanhal, Igarapé-Açu, Marapanim, São Francisco do Pará, Santo Antônio do Tauá e Vigia corroborando o trabalho de Benami et al. (2018).

Evidencia-se um aumento significativo da classe Agropecuária nos dois períodos analisados (1984-2008) e (2008-2017), sendo a classe de maior presença e abrangência. Destaca-se que os incrementos desta classe se dão sobre áreas anteriormente ocupadas pela classe VS. Por outro lado, essa é a classe que mais cedeu área para a expansão da Silvicultura. Resultados similares desta expansão da agropecuária sobre VS foram obtidos por Wang et al. (2020), demonstrando que esta classe está sendo utilizada para expansão da agropecuária, reduzindo a pressão de desmatamento sobre as áreas de floresta remanescentes.

Modelagem

Parametrização das Componentes

No ano de 1984 uma área no município de São Francisco do Pará que se apresentava como de Silvicultura (seringueira) e no ano de observação seguinte (2008) foi convertido para as classes Agropecuária e VS. Este fato se deu em decorrência da criação do Projeto de Assentamento (PA) Luiz Lopes Sobrinho no ano de 1998. Este tipo de evento poderia gerar um falso entendimento no padrão histórico acumulado neste município, e forçaria os modelos a alocarem áreas de Silvicultura nos anos seguintes a serem simulados.

Por esta razão, optou-se por simular o período de 2008-2017.

Através da fórmula de demanda apresentada no item *Componente de Demanda* foram gerados os valores para cada classe de uso da terra para posterior parametrização da componente demanda nos anos de 2008 a 2017, conforme Tabela 4. Os valores para os anos de 2008 (inicial) e 2017 (final) foram extraídos da somatória das áreas alocadas no espaço celular para cada classe de uso.

Tabela 4 – Valores de demanda anual (km²) para cada classe de uso da terra (a classe OUTROS não entrou nesta análise) da bacia hidrográfica do Rio Marapanim para o período de simulação 2008 a 2017

ANO	AGROP	SIL	VS	FLOR	TOTAL
2008	1.436,59	43,00	367,32	182,96	2.030
2009	1.395,18	53,87	398,57	182,25	2.030
2010	1.353,77	64,74	429,81	181,54	2.030
2011	1.312,36	75,61	461,06	180,84	2.030
2012	1.270,95	86,48	492,31	180,13	2.030
2013	1.229,54	97,35	523,56	179,42	2.030
2014	1.188,12	108,22	554,81	178,71	2.030
2015	1.146,71	119,09	586,06	178,01	2.030
2016	1.105,30	129,96	617,31	177,30	2.030
2017	1.063,89	140,83	648,55	176,59	2.030

Simulação dos Modelos para o período 2008-2017

Após definidos os passos de 1 a 4 (Figura 2) foram executados os modelos no LuccME. Esta seção se propõe a apresentar e discutir os resultados espacialmente explícitos das simulações de cada uso da terra na bacia hidrográfica do Rio Marapanim (Figuras 6 e 7).

Foram realizados múltiplos testes para tentar definir um modelo calibrado que permitisse

a geração de cenários até 2030, porém serão apresentados apenas os que tiveram um percentual de acerto maior quando comparados ao dado real. O modelo 1 não teve nenhum ajuste nos parâmetros do componente de alocação (valor mínimo, valor máximo, mudança mínima permitida, mudança máxima permitida, etc), o modelo 2 sim apresentou ajuste nos parâmetros do componente de alocação, para melhor capturar os processos de mudança que estão sendo simulados.

Figura 6 – Dado real e dado simulado e a diferença percentual entre o dado real e o simulado para a variáveis dependentes AGROPECUÁRIA e SILVICULTURA, modelo 1 (figura A) e 2 (figura B)

Fonte: Elaboração dos autores

Embora o modelo 2 apresentasse ajustes no parâmetros de alocação que permitisse valores mínimos e máximos de mudança permitida nas células dadas as variáveis independentes este também apresentou um resultado próximo ao dado real. Para os dois modelos os valores das simulações validadas considerando as janelas de 10x10 células, apresentaram um nível de similaridade de 66,26% (Agropecuária) e 22,76% (Silvicultura) quando foram analisadas apenas as áreas onde ocorreram mudanças (transição de uso no decorrer do tempo) (Apêndice C).

Nas Figuras 6c e 6f são apresentados os valores percentuais das áreas onde ocorreram mudanças encontradas nas janelas 2x2, na Figura 6c os valores negativos indicam que as células

foram preenchidas erroneamente como pertencente à outra classe, ou seja, o dado simulado está alocando mais que o dado real. Na Figura 6f os valores positivos indicam que as células não foram preenchidas como as classes de referência (dado real), ou seja, o dado simulado está alocando menos que o dado real. Na Figura 6f nota-se um espalhamento nas áreas onde ocorreram mudanças associadas ao percentual de 0% a -1% supõe-se que este efeito tenha sido decorrente da presença da variável independente altitude que exerceu uma relação direta com a classe de uso da terra silvicultura indicando que onde existisse a presença desta maior seria a possibilidade de ser alocada silvicultura (Figura 9).

Figura 7 – Dado real, dado simulado e a diferença percentual entre o dado real e o simulado para a variáveis dependentes VS e FLORESTA, modelo 1 (figura A) e 2 (figura B)

Fonte: Elaboração dos autores

Para a variável dependente VS os resultados dos modelos 1 e 2 demonstram através de uma análise visual e percentual que os resultados simulados apesar de conseguirem reproduzir o padrão do dado real, foram capazes de reproduzir os eventos reais em sua totalidade. Para a Floresta os resultados dos modelos 1 e 2

demonstram através de uma análise visual e percentual que os resultados simulados parecem ter sofrido poucas mudanças, isto se deve ao baixíssimo percentual de mudança entre o do real e o dado simulado.

Para os dois modelos os valores das simulações validadas considerando as janelas de

10x10 células, apresentaram um acerto de 64,87% (VS) e 0% (Floresta) quando foram analisadas apenas as áreas onde ocorreram mudanças (Apêndice D). Os valores da simulação analisados entre os dados real e simulado para a variável dependente Floresta nas janelas se aproximaram do valor 0 como se não ocorresse validação, o modelo não conseguiu alocar a quantidade correta do percentual de floresta na célula, ou seja, o modelo não foi capaz de captar o processo da dinâmica da floresta.

Nas Figuras 7c e 7f são apresentados os valores percentuais das áreas onde ocorreram mudanças encontradas nas janelas 2x2, na Figura 7c os valores positivos indicam que as células não foram classificadas como as classes de referência (dado real), ou seja, o dado simulado está alocando menos que o dado real. Figura 7f os valores negativos indicam que as células foram preenchidas erroneamente como pertencente à outra classe, ou seja, o dado simulado está alocando mais que o dado real. Na figura 7c nota-se um espalhamento nas áreas onde ocorreram mudanças

Após gerada a matriz de correlação (Apêndice B) entre as variáveis dependentes e independentes no software R, foi realizada a análise exploratória dos dados e optou-se por realizar a regressão multivariada espacial a fim de calcular as chances de ocorrência das alocações entre as classes (variáveis dependentes) de forma binária no software geoestatístico GeoDA (encontrar o melhor modelo para descrever a relação entre variável dependente e uma ou mais variáveis explicativas) quando os diversos vetores

associadas ao percentual de 0% a -1% supõe-se que este efeito tenha sido decorrente da presença da variável independente altitude que exerceu uma relação direta com a classe de uso da terra VS indicando que onde existisse a presença desta maior seria a possibilidade de ser alocada VS (Figura 10).

As variáveis socioeconômicas e ambientais potenciais disponíveis foram capazes de reproduzir o evento uma vez que as todas as variáveis dependentes estão competindo para serem alocadas em uma mesma célula, que tenta se ajustar de forma interativa para executar os valores de demandas anuais (Tabela 4) quando todas as células são consideradas. Segundo Sobral & Barreto (2011) existe uma elevada possibilidade de que dados reais de maneira nenhuma consigam se ajustar de forma satisfatória a algum modelo, isso porque determinados dados trazem anormalidades (ruídos de medição ou interferências), ou porque meramente o modelo proposto ou escolhido não consegue alcançar as características necessárias dos dados a serem simulados.

de mudança (variáveis independentes) incidissem sobre a célula fora do LuccME para gerar o conjunto dos fatores potenciais para cada uso da terra, permitindo escolher o conjunto mais adequado de variáveis independentes. Neste software avaliamos os valores da probabilidade estatística de cada variável e foram selecionadas as que apresentaram até 5% de probabilidade (Figuras 8 a 11 e Apêndice A).

Figura 8 – Conjunto de variáveis selecionadas para o uso da terra AGROPECUÁRIA na área da bacia hidrográfica do Rio Marapanim

Nota-se que a variável aptid_2 (área recomendada à agricultura e pastagem) de maior

relevância se relaciona de forma direta (coeficiente positivo) ao processo de maior ocorrência na bacia

que é a classe de uso da terra agropecuária, ou seja, existe uma alta possibilidade de alocação da classe agropecuária em áreas com a presença dessa variável. Observa-se a chance da presença da classe de uso da terra agropecuária ser alocada em baixa intensidade em áreas que foram classificadas na categoria ZAE_3 (Zoneamento Agroecológico do

Dendê para as Áreas Desmatadas da Amazônia Legal), por este motivo a relação inversa (coeficiente negativo), ou seja, nas áreas classificadas com a presença para alocar silvicultura (dendê) menor será o potencial para alocar polígonos com agropecuária (Figura 8).

Figura 9 – Conjunto de variáveis selecionadas para o uso da terra SILVICULTURA na área da bacia hidrográfica do Rio Marapanim

Na Figura 9 nota-se a presença da variável carsit_GRA (áreas de propriedades classificadas com 4 ou mais módulos fiscais, com área de aproximadamente 220 ha) tendo relação direta com a classe de uso da terra silvicultura (coeficiente positivo), isso indica que onde existir a presença de grandes propriedades maior será a possibilidade de ser alocada silvicultura. Contudo observa-se a chance de áreas de silvicultura serem alocadas em

menor quantidade em áreas próximas às propriedades pequenas, segundo variável carsit_PEQ que apresenta coeficiente negativo. Indicando que a introdução da silvicultura pelos grandes proprietários de terra vem reorganizando a paisagem, a configuração do território, da dinâmica social diante do uso do espaço territorial usado (Nahum & Bastos, 2014; Nahum & Santos, 2015).

Figura 10 – Conjunto de variáveis selecionadas para o uso da terra VS na área da bacia hidrográfica do Rio Marapanim

A Figura 10 apresenta uma relação direta das variáveis llocaldist (log da distância às sedes dos municípios na área da bacia) e lrodfedest (log

das rodovias federais e estaduais) de maior importância com a classe de uso da terra VS, ou seja, quanto menor a distância a essas variáveis

maior a possibilidade de ser alocado VS, pois próximo a essas áreas já existem desmatamentos consolidados e antigos com a possibilidade de ter a presença de VS. Nota-se a probabilidade da presença de VS ser alocada em baixa intensidade em áreas próximas a áreas com UC_RESEX (áreas com % de cobertura de unidades de conservação

ocupadas por populações extrativistas tradicionais), pois estas áreas encontram-se protegidas e com baixo valor de desflorestamento e quanto maior a presença delas menos VS será alocada. Com isto verifica-se que as áreas de proteção estão exercendo o seu papel e conservando a vegetação natural.

Figura 11 – Conjunto de variáveis selecionadas para o uso da terra FLORESTA na área da bacia hidrográfica do Rio Marapanim

Na Figura 11 observa-se uma relação direta da variável incra_SF (%) de área coberta com o Projeto de Assentamento Luiz Lopes Sobrinho com a classe floresta, pois próximo à essa variável coberta pelo PA existe uma grande área com a presença de floresta. Nota-se a

probabilidade de presença de floresta ser alocada em baixa intensidade em áreas próximas a áreas com aptid_2 (área recomendada à agricultura e à pastagem), pois estas se encontram alteradas e será demandado baixo potencial de alocação da classe de floresta para estas áreas.

Considerações Finais

O período da pesquisa foi de 1984 a 2017 a fim de refletir o tempo, intensidade e padrões que envolvem os processos que motivaram as mudanças do uso da terra. Para tanto, foram utilizadas técnicas de Sensoriamento Remoto, geoprocessamento, modelagem dinâmica associadas ao levantamento de campo realizado em dezembro de 2017.

A bacia do Rio Marapanim apresenta um grau avançado de desmatamento, e os remanescentes de floresta nativa encontram-se altamente fragmentados. As simulações geradas pela modelagem aplicada mostra que há impactos sobre o regime hídrico considerando as classes de uso e cobertura da terra existentes. Esses remanescentes de floresta estão sendo convertidos para às atividades de agropecuária e silvicultura. Para além desse grave quadro de supressão vegetal, a fragmentação da floresta ocasiona fragmentação de habitat e perda de biodiversidade

Os principais fatores potenciais que mais influenciaram na modelagem dinâmica integram quatro categorias, são elas, os ambientais com os dados de aptidão do solo; estrutura agrária que leva em consideração os dados do CAR; alcançabilidade a mercados representada pelos dados de distância a sede municipais, rodovias e rios dentro da bacia, além da política pública caracterizada pelos dados de assentamentos e unidades de conservação. Essas quatro categorias se mostraram fundamentais para a modelagem, pois entraram em conformidade com as classes de uso da terra atuais, Agropecuária, Silvicultura, VS e Floresta, respectivamente. Isso reforça a importância que a modelagem dinâmica espacial tem, quando aliada aos planos de gestão do território servindo de auxílio para as políticas públicas de uma bacia hidrográfica.

Os principais fatores potenciais que mais influenciaram na modelagem dinâmica integram quatro categorias, são elas, as ambientais com os

dados de aptidão do solo; estrutura agrária que leva em consideração os dados do CAR; alcançabilidade a mercados representada pelos dados de distância a sede municipais, rodovias e rios dentro da bacia, além da política pública caracterizada pelos dados de assentamentos e unidades de conservação. Essas quatro categorias se mostraram fundamentais para a modelagem, pois entraram em conformidade com as classes de uso da terra atuais, Agropecuária, Silvicultura, VS e Floresta, respectivamente. Isso reforça a importância que a modelagem dinâmica espacial tem, quando aliada aos planos de gestão do território servindo de auxílio para as políticas públicas de uma bacia hidrográfica.

Observando a sensibilidade das variações espaciais e temporais das mudanças dos padrões de usos da terra, a complexidade da área de estudo com respeito aos dados disponibilizados (variáveis independentes explicativas com base em diversas fontes, escala e extensão) que amplificam ou reduzem a diversidade dos fenômenos estudados,

ênfatiza-se que os modelos apresentaram um desempenho aceitável para alocação de demanda que possibilitasse o ajuste espacial e a validação para o período analisado de todas as variáveis dependentes em um mesmo processo. Mais importante que simplesmente modelar e gerar modelos que representem as mudanças é entender quais os fatores biofísicos, socioeconômicos, políticos estão provocando as mudanças de uso da terra e cobertura vegetal em um dado espaço no tempo e criar alternativas que impulsionem o desenvolvimento da região.

Dessa forma, recomenda-se que a partir desta pesquisa, que se mostrou eficiente no fornecimento de diretrizes para que futuros monitoramentos dessa área possam ser realizados, a partir de outros modelos de simulação, com base na geração de cenários por meio de modelagem dinâmica espacial e a integração de planos de gestão territorial como subsídio na formulação de políticas públicas.

Agradecimento

Este artigo é um produto da dissertação de pesquisa Modelagem de uso da terra na bacia hidrográfica do Rio Marapanim no Nordeste do estado do Pará do Programa de Pós-Graduação em Gestão de Recursos Naturais e

Desenvolvimento Local na Amazônia (PPGEDAM). Agradecemos ao Instituto Nacional de Pesquisas/Centro Regional da Amazônia (INPE/CRA), pelo apoio técnico e científico.

Referências

- Aguiar, A. P. D. et al. 2017. Trabalhando com LuccME. Guia do usuário versão 3.1. São José dos Campos. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Disponível em: <http://lucme.ccst.inpe.br/wp-content/uploads/2017/11/LuccME_GuiaUsuário_v_3_1.pdf>. Acesso em: 08 jan. 2018.
- Aguiar, A. P. D., Câmara, G.; Escada, M. I. 2007. Spatial statistical analysis of land-use determinants in the Brazilian Amazon: exploring intra-regional heterogeneity. Ecological modelling, v. 209, p. 169-188.
- Aguiar, A. P. D. 2006. Modelagem de mudança do uso da terra na Amazônia: explorando a heterogeneidade intraregional. 182p. Tese (Doutorado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos.
- Almeida, C. M., Batty, M., Monteiro, M. V., Câmara, G., Soares-Filho, B. S., Cerqueira, G. C., and Pennachin, C. L. 2005. GIS and remote sensing as tools for the simulation of urban land-use change. International Journal of Remote Sensing. v. 26, n.4. p. 759-774.

- Almeida, A. S., Vieira, I. C. G. 2019. Transformações antrópicas da paisagem agrícola com palma de óleo no Pará. Novos Cadernos NAEA v. 22, n. 2, p. 9-26, ISSN 1516-6481 / 2179-7536.
- Almeida, C. M. 2003. Modelagem da dinâmica espacial como uma ferramenta auxiliar ao planejamento: simulação de mudanças de uso da terra em áreas urbanas para as cidades de Bauru e Piracicaba (SP) / C. M. Almeida. – São José dos Campos: INPE, 351p.
- Amorim, R. de F., Silva, F. M. da. 2009. Modelagem do processo de vulnerabilidade à erosão do Solo utilizando o SPRING. Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Natal, RN. INPE. p. 5073-5080.
- Alves, T. L. B., Azevedo, P. V. 2013. Estudos de bacias hidrográficas como suporte a gestão dos recursos naturais. Engenharia Ambiental - Espírito Santo do Pinhal, v.10, n. 2, p. 166-184, mar./abr.
- Araújo, R., Vieira, I. C. G., Toledo, P. M., Coelho, A. S., Dalla-nora, E., Milanez, F. 2019. Territórios e alianças políticas do pós-ambientalismo. Estudos Avançados, 33 (95).

- Balbinot, R., Oliveira, N. K. de, Vanzetto, S. C., Pedroso, K., Valerio, A. F. 2008. O papel da floresta no ciclo hidrológico em bacias hidrográficas. *Ambiência - Revista do Setor de Ciências Agrárias e Ambientais*. v. 4, n. 1, p. 131-149, jan./abr.
- Becker, B. K. 2004. Amazônia: geopolítica na virada do III milênio. Garamond. Rio de Janeiro. 172p.
- Becker, B. K. 2010. Rede de parcerias e modelo socioambiental. In: ARAÚJO, R.; LÉNA, P. (Org.) *Desenvolvimento sustentável e sociedades na Amazônia*. Belém: Museu Paraense Emílio Goeldi. p.57-84.
- Blainski, et al. 2017. Simulation of land use scenarios in the Camboriú River Basin using the SWAT model. *RBRH*, v. 22.
- Briassoulis, H. 2000. Analysis of land use change: theoretical and modeling approaches. West Virginia University, Regional Research Institute, 2000.
- Câmara, G., Davis, C., Monteiro, A. M. V. 2001. Introdução à ciência da geoinformação. INPE. São José dos Campos. 345p. Disponível em: <<http://mtc-m12.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/sergio/2004/04.22.07.43/doc/>>. Acesso 01 nov. 2017.
- Carneiro, T. G. S., Andrade, P. R., Câmara, G., Monteiro, A. M. V., & Pereira, R. R. 2013. An extensible toolbox for modeling nature–society interactions. *Environmental Modelling & Software*, 46, 104-117.
- Cecílio, R. A., Pimentel, S. M., Zanetti, S. S. 2019. Modeling the influence of forest cover on streamflows by different approaches. *CATENA*, v. 178, p. 49–58, jul.
- Coelho, A. dos S. 2009. Modelagem de dinâmica do uso da terra e cobertura vegetal na região de Santarém, oeste do Pará. 128p. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) - Universidade Federal do Pará, Museu Paraense Emílio Goeldi, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Belém.
- Cohenca, D. 2016. Modelagem de cenários de ocupação no litoral sul de Santa Catarina utilizando técnicas de análise geoespacial. 149p. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina.
- Cordeiro, I. M. C. C., Arbage, M. J. C., Schwartz, G. 2017. Nordeste do Pará: configuração atual e aspectos identitários. In: Cordeiro, I. M. C. C.; Rangel-Vasconcelos, L. G. T.; Schwartz, G.; Oliveira, F. de A. (Org.). *Nordeste Paraense: panorama geral e uso sustentável das florestas secundárias*. EDUFRA, Belém 19-58.
- Côrtes, J. C., D'antona, A. O. 2014. Dinâmicas no uso e cobertura da terra: perspectivas e desafios da Demografia. *Revista Brasileira de Estudos de População*, Rio de Janeiro, v. 31, n.1, p. 191-210, jan./jun.
- Dalla-Nora, E. L. et al. 2014. Why have land use change models for the Amazon failed to capture the amount of deforestation over the last decade? *Land Use Policy*, v. 39, p. 403–411, jul.
- EMBRAPA. 2016. Mapas de Solos e de Aptidão Agrícola das Áreas Alteradas do Pará. Disponível: <<https://www.embrapa.br/documents/1354300/0/Mapas+de+solos+e+aptid%C3%A3o+agr%C3%ADcola+das+%C3%A1reas+alteradas+do+Par%C3%A1/80b10a04-8d10-419a-918d-8b22773ee44a>>. Acesso em: 08 mai. 2018.
- EMBRAPA/INPE. 2011. Levantamento de informações de uso e cobertura da terra na Amazônia: sumário executivo. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Brasília, DF. Disponível em: <http://www.inpe.br/cra/projetos_pesquisas/su_mario_executivo_terraclass_2008.pdf>. Acesso em: 23 jul. 2017.
- Folhes, R. T. et al. 2015. Multi-scale participatory scenario methods and territorial planning in the Brazilian Amazon. *Futures*, v. 73, p. 86–99, 2015.
- IBGE. 2013. Manuais técnicos em geociências: manual técnico de uso da terra. 3ª ed. Rio de Janeiro, RJ. Disponível em: <<https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv81615.pdf>>. Acesso 06 de novembro de 2017.
- IBGE. 2016. Malha Municipal Digital. ftp://geofp.ibge.gov.br/organizacao_do_territorio/malhas_territoriais/malhas_municipais/municipio_2016. Acesso 01 de nov. 2017. 2016.
- IBGE. SIDRA: 2006. Produção Agrícola Municipal. <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pam/tabelas>. Acesso 01 de nov. 2017.
- INCRA. 2018. Assentamentos do Brasil. http://acervofundiario.incra.gov.br/i3geo/geodados/ASSENTAMENTOS_BRASIL/. Acesso 01 de maio.
- INPE-PRODES Digital. 2017. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, SP. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/prodesdigital/prodes.php>>. Acesso 20 nov. 2017.
- Kuhn, C. 2005. Uma análise sistêmica das transformações de uso como suporte à decisão

- para o planejamento de Unidades de Conservação, 2005. 166p. UFRGS. Dissertação (Mestrado em Planejamento Urbano e Regional) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- Lees, A., Moura, N. G., Almeida, A. S., Vieira, I. C. G. 2015. Poor Prospects for Avian Biodiversity in Amazonian Oil Palm. *Plos One*, n. 5, v. 10.
- Macedo, R. C., Almeida, C. M., Santos, J. R., Rudorff, B. F. T. 2017. 2013. Modelagem dinâmica espacial das alterações de cobertura e uso da terra relacionadas à expansão canavieira. *Boletim de Ciências Geodésicas*. v. 19. n. 2. p. 313-337. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S1982-21702013000200009>>. Acesso 20 ago. 2017.
- Medeiros, G.O. R. 2016. Diagnóstico da erosão e a expansão da cultura da cana-de-açúcar no Estado de São Paulo. 279p. Tese (Doutorado em Ciência do Sistema Terrestre) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos.
- Mertens, B., Pocard Chapuis, R., Piketty, M. G., Laques, A. E., Venturieri, A. 2002. Crossing spatial analyses and livestock economics to understand deforestation process in the Brazilian Amazon: the case of São Felix do Xingu in South Pará. *Agricultural economics*, v. 27, p. 269-294.
- Nahum, J. S.; Santos, C. B. dos. 2016. A dendeicultura na Amazônia paraense. *Geosp – Espaço e Tempo (Online)*, v. 20, n. 2, p. 281-294. ISSN 2179-0892. Disponível em <http://www.revistas.usp.br/geosp/issue/view/6465>. Acesso 20 jul.2018 doi: <http://dx.doi.org/10.11606/issn.2179-0892.geosp.2014.84539>.
- Nahum, J. S., Santos, C. B. dos. 2015. Uma interpretação geográfica da dendeicultura na Amazônia paraense. *Revista da Associação Nacional de Pós-graduação e Pesquisa em Geografia - ANPEGE*. p.309-331, V.11, n.15, jan-jun. Disponível em: <http://anpege.org.br/revista/ojs-2.4.6/index.php/anpege08/article/viewFile/423/pdf>. Acesso em: 07 nov. 2018.
- Nahum, J. S; Bastos, C. S. 2014. Dendeicultura e descampesinização na Amazônia paraense. In: CAMPO-TERRITÓRIO: revista de geografia agrária, v. 9, n. 17, p. 469-485, abr. Disponível em: <<http://www.seer.ufu.br/index.php/campoterritorio/issue/view/1113>>. Acesso em 20 nov. 2018.
- Nahum, J. S., Malcher, A. T. C. 2012. Dinâmicas territoriais do espaço agrário na Amazônia: a dendeicultura na microrregião de Tomé-Açu (PA). *Revista Confins*. Disponível em: <https://journals.openedition.org/confins/7947> . Acesso em: 07 nov. 2018.
- Nascimento, N. C. C. do. 2011. Cenários de uso da terra nas mesobacias hidrográficas dos igarapés Timboteua e Buiuna, Pará. 111 p. Dissertação (Mestrado em Gestão de Recursos Naturais e Desenvolvimento Local na Amazônia) - Universidade Federal do Pará, Núcleo de Meio Ambiente, Belém.
- Pedrosa, B. M., Câmara, G. 2003. Modelagem dinâmica: Conceitos básicos e exemplos de sistemas. 41p. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/cursos/tutoriais/modelagem/cap1_conceitos.pdf>. Acesso 26 nov. 2017.
- Pijanowski, B. C. et al. 2002. Using neural networks and GIS to forecast land use changes: a Land Transformation Model. *Computers, Environment and Urban Systems*, v. 26, n. 6, p. 553–575, nov.
- Pinheiro, M. R. C., Werneck, B. R., Oliveira, A. F. de; Moté, F., Marçal, M. dos S., Silva, J. A. F. da., Ferreira, M. I. P. 2009. Geoprocessamento aplicado à gestão dos recursos hídricos na bacia hidrográfica do Rio Macaé-RJ. *Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, Natal, RS., INPE, p. 4247-4254.
- Pfaffstetter, O. 1989. Classificação de bacias hidrográficas-metodologia de codificação. Rio de Janeiro, RJ: DNOS.
- Santos, L.B., Barros, M. N. R., Coelho, A. S., Fenzl, N. 2020. Análise da dinâmica do uso da terra na bacia hidrográfica do Rio Marapanim, Pará. *Revista Brasileira de Geografia Física. Ciências Naturais*, vol. 13, n. 4. Disponível: [http:// dx.doi. org/10.26848/rbgf.v13.4.p%25p](http://dx.doi.org/10.26848/rbgf.v13.4.p%25p). Acesso: 13 jul. 2020.
- Silva, L. G. T., Morão Junior, M., Homma, A. K. O., Mattos, G. B. D. 2009. Caracterização dos solos em áreas manejadas com bacurizeiros nativos nas mesorregiões do nordeste paraense e Marajó. XXXII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo: O solo e a produção de bioenergia: perspectivas e desafios. Fortaleza, CE. *Anais. Fortaleza: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo*.
- Soares-Filho, B. S., Cerqueira, G. C., Pennachin, C. L. 2002. DINAMICA- A stochastic cellular automata model designed to simulate the landscape dynamics in an Amazonian colonization frontier. *Ecological Modelling*. v. 154. p. 217- 235. Disponível em: <[https://doi.org/10.1016/S0304-3800\(02\)00059-5](https://doi.org/10.1016/S0304-3800(02)00059-5)>. Acesso 18 dez. 2017.

- Soares-Filho, B., Alencar, A., Nepstad, D., Cerqueira, G., Diaz, M. C. V., Rivero, S., Solorzano, L., Voll, E. 2004. Simulating the response of land-cover changes to road paving and governance along a major Amazon highway: the Santarém-Cuiabá corridor. *Global Change Biology*. n. 10.
- Soares-Filho, B. S., Nepstad, D. C., Curran, L.; Cerqueira, G. C., Garcia, R. A., Ramos, C. A., Voll, E., McDonald, A., Lefebvre, P., Schlesinger, P., Mcgrath, D. 2005. Cenários de desmatamento para a Amazônia. *Estudos Avançados*, 19, (54), p. 137-152. Disponível em: <<https://dx.doi.org/10.1590/S0103-40142005000200008>>. Acesso 18 dez. 2017.
- Soares-Filho, B. S., Nepstad, D.; Curran, L., Voll, E., Cerqueira, G., Garcia, R. A., Ramos, C. A., McDonald, A., Lefebvre, P., Schlesinger, P. 2006. Modeling conservation in the Amazon basin. *Nature*, v. 4389.
- Sobral, T. E. L., Barreto, G. 2011. Análise dos critérios de informação para a seleção de ordem em modelos auto-regressivos. *Dincon. X Conferência Brasileira de Dinâmica, Controle e Aplicações* Disponível em: <<http://www.sbmec.org.br/dincon/2011/files/articles/097.pdf>>. Acesso em: 26 nov. 2018.
- Verburg, P. H., Veldkamp, A., Fresco, L. O. 1999. Simulation of changes in the spatial pattern of land use in China. *Applied geography*. v. 19, p. 211-233. Disponível em: <[https://doi.org/10.1016/S0143-6228\(99\)00003-X](https://doi.org/10.1016/S0143-6228(99)00003-X)>. Acesso 21 dez. 2017.
- Verburg, P. H., Kok, K., Pontius Jr, R. G., Veldkam, P. A. 2006. Modeling land-Use and landcover change. In: LAMBIN, E.F.; GEIST, H. (Eds.). *Land-use and land-cover change: local processes and global impacts*. Berlin: Springer. p. 117-135.
- Vieira, R. M. S. P. 2015. Susceptibilidade à degradação/desertificação no semiárido brasileiro: tendências atuais e cenários decorrentes das mudanças climáticas e do uso da terra. 87p. **Tese** (Doutorado em Ciência do Sistema Terrestre) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos.
- Vieira, I. C. G. ALMEIDA, A. S. 2013. Dinâmica de uso da terra e regeneração de florestas em uma paisagem antrópica do leste do Pará. In book: *Conservação da Biodiversidade em paisagens antropizadas do Brasil*, pp.83-93, Edition: 1ª, Chapter 5, UFPR, Carlos Peres, Jos Barlow, Toby Gardner, Ima Célia Guimarães Vieira (Orgs.).
- Vieira, I. C. G., Almeida, A. S. D., Davidson, E. A., Stone, T. A., Carvalho, C. J. R. D., Guerrero, J.B. 2003. Classifying successional forests using Landsat spectral properties and ecological characteristics in eastern Amazônia. *Remote Sensing of Environment* 87: 470–481.
- Wang, Y., ZIV, G., Adami, M. et al. 2020. Upturn in secondary forest clearing buffers primary forest loss in the Brazilian Amazon. *Nat Sustain* 3, 290–295. <https://doi.org/10.1038/s41893-019-0470-4>. 2020.
- Yassuda, E. R. 1993. Gestão de recursos hídricos: fundamentos e aspectos institucionais. *Revista de Administração Pública*, 27, 5-18.
- Ximenes, A. C., Almeida, C. M., Amaral, S., Escada, M. I. S., Aguiar, A. P. D. 2008. Modelagem Dinâmica do Desmatamento na Amazônia. *Boletim de Ciências Geodésicas*. Curitiba, SC. 14, 370- 391.

APÊNDICE A – Correlograma gerado com os dados da tabela de correlação

APÊNDICE B – Tabela de correlação

Tabela 2 – Correlação

	incra_CAS	incra_SFP	carsit_MAD	carsit_PEQ	carsit_GRA	mun_dende	poprural	UC_RESEX	altitude	focos_2	focos_3	precip	ZAE_3	ui_1	ui_2	ui_3	ui_4	ui_5	uf_1	uf_2	uf_3	uf_4	uf_5	aptid_2	lriodist	llocaldist	lrodfedest
incra_CAS	1	0	-0,01	0	0,05	-0,02	-0,04	-0,01	0,01	-0,02	-0,01	-0,02	0,01	0,01	0	-0,02	-0,01	0,02	0,01	-0,01	-0,01	-0,01	0,02	0,01	-0,02	-0,04	-0,04
incra_SFP	0	1	-0,04	-0,03	0,29	-0,23	0,19	-0,03	0,06	-0,04	-0,03	-0,13	0,04	0,02	-0,03	-0,05	0,04	-0,03	0,01	-0,05	-0,01	0,04	-0,03	0,06	0,19	-0,14	0,03
carsit_MAD	-0,01	-0,04	1	0,01	-0,08	-0,04	-0,02	-0,05	0,12	-0,01	-0,01	-0,1	0,07	0,06	0,06	-0,04	-0,06	-0,05	0,04	0,08	-0,03	-0,06	-0,05	0,06	0,04	-0,13	-0,07
carsit_PEQ	0	-0,03	0,01	1	-0,1	0	0,05	-0,06	0,17	0	-0,05	-0,15	0,08	0,13	-0,01	-0,07	-0,08	-0,06	0,09	0,02	-0,03	-0,08	-0,06	0,08	0,09	-0,19	-0,1
carsit_GRA	0,05	0,29	-0,08	-0,1	1	-0,23	-0,1	-0,1	0,1	-0,08	-0,06	-0,29	0,11	0,18	0,06	-0,15	-0,05	-0,11	0,17	0,09	-0,17	-0,05	-0,11	0,09	0,1	-0,35	0,03
mun_dende	-0,02	-0,23	-0,04	0	-0,23	1	-0,03	0,08	-0,17	-0,05	-0,04	0,38	-0,11	-0,15	-0,03	0,14	0,04	0,06	-0,12	0,1	0,03	0,04	0,06	-0,11	-0,18	0,22	-0,02
poprural	-0,04	0,19	-0,02	0,05	-0,1	-0,03	1	0,02	-0,08	0	-0,06	-0,04	-0,05	0	-0,07	0,02	0,04	-0,03	0,05	-0,17	0,04	0,04	-0,03	-0,07	0,07	0,13	0,19
UC_RESEX	-0,01	-0,03	-0,05	-0,06	-0,1	0,08	0,02	1	-0,27	-0,12	-0,04	0,26	-0,48	-0,27	-0,03	-0,04	0,33	0,29	-0,21	-0,06	-0,11	0,33	0,29	-0,4	-0,17	0,31	0,09
altitude	0,01	0,06	0,12	0,17	0,1	-0,17	-0,08	-0,27	1	-0,03	0	-0,35	0,4	0,28	0,15	-0,07	-0,34	-0,23	0,17	0,21	-0,04	-0,33	-0,23	0,48	0,34	-0,33	-0,2
focos_2	-0,02	-0,04	-0,01	0	-0,08	-0,05	0	-0,12	-0,03	1	-0,13	-0,05	-0,01	0,02	-0,02	0,03	-0,02	-0,04	0,01	-0,04	0,07	-0,02	-0,04	-0,02	-0,04	0,06	0,16
focos_3	-0,01	-0,03	-0,01	-0,05	-0,06	-0,04	-0,06	-0,04	0	-0,13	1	0,06	0,04	-0,02	0,01	0,04	0,01	-0,04	0,01	-0,05	0,04	0,01	-0,04	-0,02	-0,08	0,09	0,02
precip	-0,02	-0,13	-0,1	-0,15	-0,29	0,38	-0,04	0,26	-0,35	-0,05	0,06	1	-0,16	-0,3	-0,1	0,26	0,14	0,11	-0,15	-0,15	0,12	0,13	0,11	-0,18	-0,25	0,51	0,13
ZAE_3	0,01	0,04	0,07	0,08	0,11	-0,11	-0,05	-0,48	0,4	-0,01	0,04	-0,16	1	0,3	0,05	0,07	-0,35	-0,38	0,24	0,08	0,11	-0,36	-0,38	0,55	0,27	-0,27	-0,16
ui_1	0,01	0,02	0,06	0,13	0,18	-0,15	0	-0,27	0,28	0,02	-0,02	-0,3	0,3	1	-0,2	-0,64	-0,45	-0,34	0,56	0,04	-0,2	-0,45	-0,34	0,4	0,23	-0,32	-0,04
ui_2	0	-0,03	0,06	-0,01	0,06	-0,03	-0,07	-0,03	0,15	-0,02	0,01	-0,1	0,05	-0,2	1	-0,07	-0,06	-0,04	-0,11	0,43	-0,08	-0,06	-0,04	0,06	0,05	-0,01	-0,1
ui_3	-0,02	-0,05	-0,04	-0,07	-0,15	0,14	0,02	-0,04	-0,07	0,03	0,04	0,26	0,07	-0,64	-0,07	1	-0,07	-0,1	-0,26	-0,11	0,5	-0,08	-0,1	0,03	-0,03	0,25	0,02
ui_4	-0,01	0,04	-0,06	-0,08	-0,05	0,04	0,04	0,33	-0,34	-0,02	0,01	0,14	-0,35	-0,45	-0,06	-0,07	1	0,09	-0,33	-0,1	-0,11	0,98	0,09	-0,57	-0,26	0,19	0,13
ui_5	0,02	-0,03	-0,05	-0,06	-0,11	0,06	-0,03	0,29	-0,23	-0,04	-0,04	0,11	-0,38	-0,34	-0,04	-0,1	0,09	1	-0,26	-0,07	-0,17	0,09	1	-0,34	-0,2	0,06	-0,05
uf_1	0,01	0,01	0,04	0,09	0,17	-0,12	0,05	-0,21	0,17	0,01	0,01	-0,15	0,24	0,56	-0,11	-0,26	-0,33	-0,26	1	-0,28	-0,57	-0,33	-0,26	0,3	0,17	-0,19	-0,03
uf_2	-0,01	-0,05	0,08	0,02	0,09	0,1	-0,17	-0,06	0,21	-0,04	-0,05	-0,15	0,08	0,04	0,43	-0,11	-0,1	-0,07	-0,28	1	-0,17	-0,1	-0,07	0,11	0,07	-0,11	-0,14
uf_3	-0,01	-0,01	-0,03	-0,03	-0,17	0,03	0,04	-0,11	-0,04	0,07	0,04	0,12	0,11	-0,2	-0,08	0,5	-0,11	-0,17	-0,57	-0,17	1	-0,12	-0,17	0,09	0	0,14	0,06
uf_4	-0,01	0,04	-0,06	-0,08	-0,05	0,04	0,04	0,33	-0,33	-0,02	0,01	0,13	-0,36	-0,45	-0,06	-0,08	0,98	0,09	-0,33	-0,1	-0,12	1	0,09	-0,57	-0,26	0,18	0,13
uf_5	0,02	-0,03	-0,05	-0,06	-0,11	0,06	-0,03	0,29	-0,23	-0,04	-0,04	0,11	-0,38	-0,34	-0,04	-0,1	0,09	1	-0,26	-0,07	-0,17	0,09	1	-0,34	-0,2	0,06	-0,05
aptid_2	0,01	0,06	0,06	0,08	0,09	-0,11	-0,07	-0,4	0,48	-0,02	-0,02	-0,18	0,55	0,4	0,06	0,03	-0,57	-0,34	0,3	0,11	0,09	-0,57	-0,34	1	0,35	-0,21	-0,14
lriodist	-0,02	0,19	0,04	0,09	0,1	-0,18	0,07	-0,17	0,34	-0,04	-0,08	-0,25	0,27	0,23	0,05	-0,03	-0,26	-0,2	0,17	0,07	0	-0,26	-0,2	0,35	1	-0,22	-0,07
llocaldist	-0,04	-0,14	-0,13	-0,19	-0,35	0,22	0,13	0,31	-0,33	0,06	0,09	0,51	-0,27	-0,32	-0,01	0,25	0,19	0,06	-0,19	-0,11	0,14	0,18	0,06	-0,21	-0,22	1	0,04
lrodfedest	-0,04	0,03	-0,07	-0,1	0,03	-0,02	0,19	0,09	-0,2	0,16	0,02	0,13	-0,16	-0,04	-0,1	0,02	0,13	-0,05	-0,03	-0,14	0,06	0,13	-0,05	-0,14	-0,07	0,04	1

APÊNDICE C – Resultado final Validação do modelo (AGROPECUÁRIA (ui_1) e VS (ui_2))

Validation Metric for Continuous Data - version 1.1	Validation Metric for Continuous Data - version 1.1
attr REAL initial:ui_1	attr REAL initial:ui_2
attr REAL final :uf_1	attr REAL final :uf_2
attr SIM final :ui_1_out	attr SIM final :ui_2_out
Accepted error :0.0%	Accepted error :0.0%

Porcentagem de acertos DE MUDANCA em cada janela:

1	45.90 %
2	50.87 %
3	54.33 %
4	56.81 %
5	58.99 %
6	60.82 %
7	62.38 %
8	63.66 %
9	65.25 %
10	66.26 %

Porcentagem de acertos DE MUDANCA em cada janela:

1	9.75 %
2	12.28 %
3	13.98 %
4	15.72 %
5	17.01 %
6	18.87 %
7	19.38 %
8	20.60 %
9	21.74 %
10	22.76 %

APÊNDICE D – Resultado final Validação do modelo (SILVICULTUR (ui_3) e FLORESTA (ui_4))

Validation Metric for Continuous Data - version 1.1	Validation Metric for Continuous Data - version 1.1
attr REAL initial:ui_3	attr REAL initial:ui_4
attr REAL final :uf_3	attr REAL final :uf_4
attr SIM final :ui_3_out	attr SIM final :ui_4_out
Accepted error :0.0%	Accepted error :0.0%
Porcentagem de acertos DE MUDANCA em cada janela:	Porcentagem de acertos DE MUDANCA em cada janela:
1 39.53 %	1 0.00 %
2 45.86 %	2 0.00 %
3 50.20 %	3 0.00 %
4 53.32 %	4 0.00 %
5 56.11 %	5 0.00 %
6 58.24 %	6 0.00 %
7 60.11 %	7 0.00 %
8 61.72 %	8 0.00 %
9 63.34 %	9 0.00 %
10 64.87 %	10 0.00 %