

Uso da regressão espacial para o estudo da ocorrência de desmatamento em Novo Progresso, PA

Mateus de Souza Macul¹

¹Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE Caixa Postal 515 – 1222-010 - São José dos Campos – SP, Brasil
mateus.macul@inpe.br

Resumo: o presente estudo procura utilizar a regressão espacial para explorar a relação entre diversos fatores da configuração territorial, tais como distância de estradas, distancia de propriedades, área problemática, distância de unidades de de conservação, entre outros, e o desmatamento na região do município de Novo Progresso no sudoeste do Pará. Esta região é conhecida pelo conflito por terras e problemas entre lotes e unidades de conservação. Com a finalidade de explorar essas questões, o presente trabalho utiliza também no modelo os dados declarativos do Cadastro Ambiental Rural (CAR) de limites dos lotes evidenciando as áreas problemáticas, tais como sobreposição de lotes e intersecção com os limites de unidades de conservação e terras indígenas. Encontrou-se com o modelo de Regressão Espacial Autorregressivo (CAR) uma relação positiva entre o tamanho médio das áreas problemáticas e a área desmatada, uma vez que o desmatamento é uma forma de valorizar a terra e impor a posse em casos de problemas com terras.

Palavras chave: Desmatamento, Novo progresso, Análise espacial, Analise territorial, conflitos por terra.

Introdução

O desmatamento na amazônia é sempre tema importante no interesse público, pois além de estar relacionado com impactos aos e regimes de chuvas no Brasil e na biodiversidades, o país tem compromisso em reduzir o desmatamento e as emissões de gases de efeito estufa (GEE), que também são consequências desse desse processo. A NDC (Contribuições Nacionalmente Determinadas) brasileira objetiva a redução de emissões de 37% até 2025 e 43% até 2030, em relação aos níveis de 2005. Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima apontou o setor de Florestas e Outros Usos da Terra como responsável por 12% das emissões globais do país no período de 2000 a 2009. Apesar da redução do desmatamento na Amazônia ter contribuído a questão climática evitando emissões de toneladas de carbono na atmosfera nos últimos anos, a falta de incentivos pode estar associada ao crescimento das taxas de desmatamento de 24% em 2015 e 29% em 2016

em relação a 2014 (INPE, 2017). Com isso, incentivos financeiros voltados a redução de emissões relacionados a florestas, incluem o mecanismo de REDD significa “Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation in Developing Countries” (Redução de Desmatamento e Degradação Florestal em Países em Desenvolvimento) definidos no Acordo de Paris em 2015. A partir disso, entre os objetivos da Estratégia Nacional para REDD+ em contribuir para a mitigação da mudança do clima, inclui a eliminação do desmatamento ilegal (BRASIL, 2017).

O Monitoramento realizado pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) no desmatamento na Amazônia, pelo Programa PRODES, tem evidenciado o estado do Pará como primeiro em área desmatada na Amazônia Legal. Além disso, Novo progresso, uma recente fronteira da ocupação na amazônia, está entre os 10 municípios que mais desmataram no país e o 8º no estado. Esse fato é preocupante quando se associa a crescente taxa de desmatamento no município quem vem aumentando desde de 2010 (INPE, 2017).

O livro “Dono é quem desmata” publicado recentemente em parceria com o Instituto Socioambiental, traz a discussão acerca dos conflitos por terra e o desmatamento decorrentes do processo de caracterização de posse e valorização da terra. Esses conflitos são recorrentes em regiões de fronteira de ocupação onde não há muito a presença do Estado para mediar e resolver esses conflitos, como em Novo Progresso (TORRES et al. 2017). Tal tema é bastante tratado por Cabará especificamente na configuração territorial de Novo Progresso. O autor, que já foi responsável pela Flona Jamanxim, que ocupa grande proção do município, relata os conflitos relacionados com a terra e outras elementos do território como Unidades de Conservação, Assentamento, presentes no municipio (CAMBARÁ, 2017).

A análise espacial, tal como a regressão espacial, é uma importante ferramenta para estudar a relação entre variáveis que possuem correlação espacial e, assim, entender melhor como uma variável independente pode explicar a variável dependente (BIVAND et al., 2013).

Sendo assim, o presente trabalho tem como objetivo, utilizar técnicas de análise espacial, tal como a regressão espacial, para explorar variáveis da configuração do território associados ao desmatamento no município de Novo Progresso, Pará.

Metodologia

Área de estudo consiste na região do município de Novo Progresso, PA (Figura 1), com cerca de 3.816.232 ha. A vegetação natural da região é caracterizada predominantemente pela Floresta Ombrófila Densa, com árvores que podem atingir 50 m de altura e biomassa média de 281 Mg.ha⁻¹, podendo ser encontradas, em menor proporção, savanas amazônicas (VIEIRA et al., 2004). O clima é quente e úmido, com precipitação anual variando entre 1800 a 2800 mm, e estações definidas como chuvosa (janeiro a julho) e seca (agosto a dezembro). O município se apresenta bastante preservada, sendo que a Floresta Nacional do Jamanxim ocupa cerca de 34% da áreas do município.. A região também está sob forte influência da BR-163 (Santarém-Cuiabá) que liga os estado do Pará ao estado do Mato Grosso, e é responsável pelo escoamento de grande parte dos grãos produzidos na região. A rodovia também foi o central para a colonização da região, em que as pessoas foram atraídas para a região pela construção da BR e pela oferta de lotes de 2500 ha na décadas de 70, 80 e 90 (MONTEIRO E CASTRO, 2002).

Novo Progresso é classificado como uma fronteira madeireira em expansão, com menos de 20 anos de história de exploração, representando um importante polo madeireiro da Amazônia. Dados oficiais indicam que Novo Progresso encontra-se na 10^a posição entre os municípios da Amazônia Legal líderes em desmatamento por corte raso para o ano de 2014, sendo considerada região prioritária de ações de fiscalização e prevenção ao desmatamento (INPE, 2017).

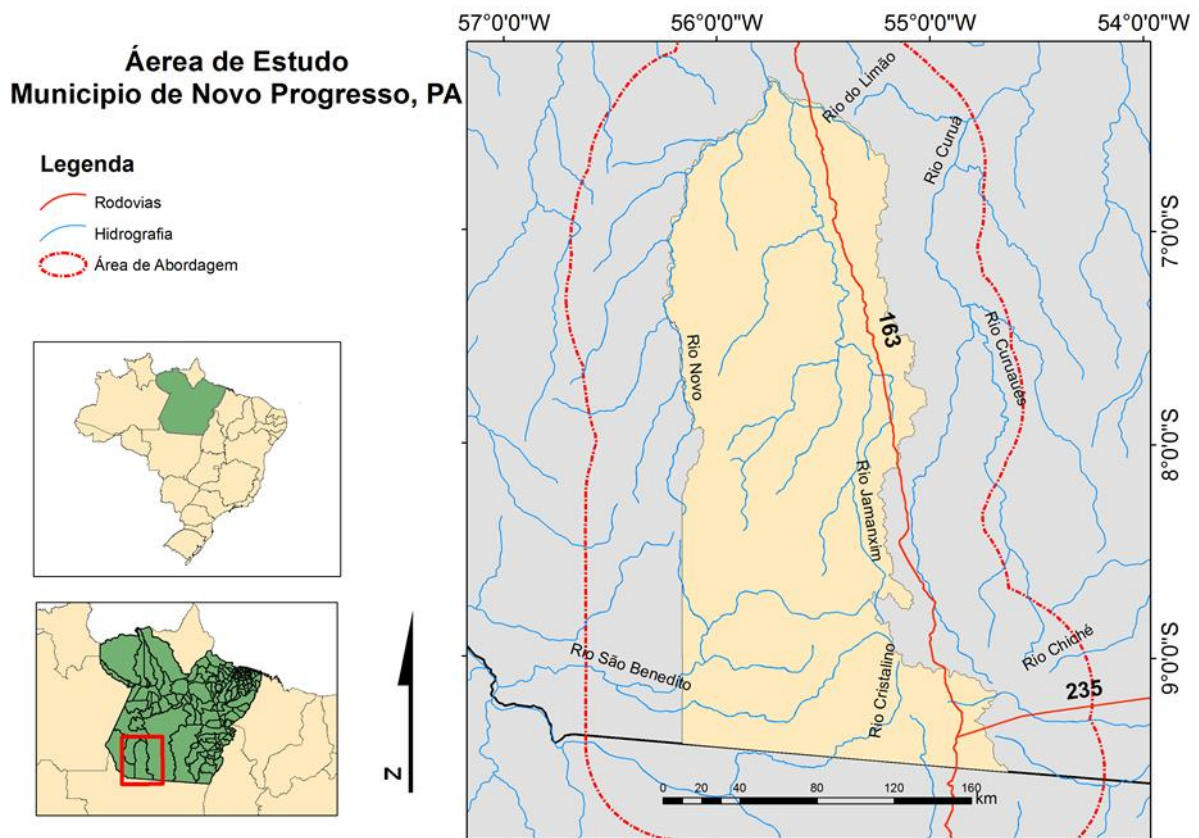


Figura 1: Mapa da Área de Estudo

Modelos de Regressão linear Globais

Os modelos de regressão linear ordinária, consagrados na literatura (MCCULLAGH; NELDER, 1983), tem como intuito encontrar a relação linear entre as variáveis independentes (ou preditoras) e a variável dependente (ou resposta) alvo do estudo. O modelo vai evidenciar o quanto as variáveis explicativas influenciam significativamente na variação da variável dependente. Sendo assim, pode-se denotar genericamente a partir da seguinte equação:

$$Y_i = b_0 + b_1 X_{1i} + \dots + b_n X_{ni} + e_i$$

Onde Y_i é a Variável Dependente na sua i -ésima observação; b_0 é o intercepto no eixo vertical; b_1 é o coeficiente de inclinação do modelo linear e representa o quanto a variação da variável X_1 influencia na variação da variável resposta Y ; X_{1i} é a variável Independente 1 na sua i -ésima observação. X_{ni} é variável independente n na sua i -ésima

observação, assim como seu coeficiente angular b_n ; e_i é o erro aleatório associado a regressão, distribuição normal e média 0 sob o eixo do modelo linear.

Na análise espacial, diversos autores apontam para o problema de autocorrelação espacial no modelo linear entre as variáveis quando se trata de dados com características espaciais (LEGENDRE, 1993; ANSELIN et al., 1996). Neste caso, os problemas associados aos dados espaciais aparecem nos resíduos associados a regressão que evidenciam a autocorrelação espacial apresentando heterocedasticidade, diferenças regionais sistemáticas e tendência espacial contínua.

Para solucionar tal questão, a investigação acerca dos resíduos é imprescindível para identificar a autocorrelação espacial. Analisar o mapa de resíduo é uma forma de encontrar indícios da dependência espacial do fenômeno estudado. Outra forma é utilizar testes de autocorrelação espacial nos resíduos, tal como o teste de Moran, para acusar a presença da dependência (ANSELIN, 2010).

Modelos com Efeitos Espaciais Globais

De acordo com o livro de Análise Espacial de Dados Geográficos, elaborado por Druck et al. (2004), uma maneira de lidar com a questão espacial nos dados em uma regressão é a aplicação de um modelo de regressão espacial global. Tais modelos, lidam com variáveis espaciais discretas no espaço e buscam resolver as limitações de dependência espacial aplicando ao modelo um único parâmetro capaz de capturar a estrutura de correlação espacial. Sendo assim, existem duas abordagens para tratar a autocorrelação espacial: o modelo espacial autorregressivo misto (“Spatial AutoRegressive - SAR Model” ou “Spatial Lag Model”) e o modelo do erro espacial (“spatial error model” ou ainda “Conditional AutoRegressive” - CAR). No caso do SAR, a relação espacial é incorporada a variável dependente, representada por um parâmetro no modelo, como pode ser observado a seguir:

$$Y = \rho WY + X\beta + \varepsilon$$

Em que W é a matriz de proximidade espacial, WY representa a dependência espacial de Y e ρ é o coeficiente espacial autoregressivo.

No modelo CAR, os efeitos espaciais são encarados como um ruído e, portanto, aparecem associados ao resíduo da regressão, conforme podemos observar a seguir:

$$Y = X\beta + \varepsilon ,$$

$$\varepsilon = \lambda W + \xi$$

Onde λW é a componente do erro com efeitos espaciais, λ é o coeficiente autoregressivo e ξ é a componente do erro aleatório. Sendo assim, para $\lambda = 0$, indica a não ocorrência de autocorrelação espacial, em que o erro não é espacialmente correlacionado (DRUCK et al., 2004).

Para a distinção de qual modelo utilizar, aplica-se o teste dos multiplicadores de Lagrange em que a partir da significância das estatísticas do teste LMerr (*Lagrange Multiplier error*) para o “*Spatial Error Model*” (CAR) e o LMlag (*Lagrange Multiplier lag*) para o “*Spatial Lag Model*”(SAR), assim como as estatísticas *Robust - LMerr* (RLMerr) e *Robust - LMlag* (RLMlag), escolhe-se o modelo mais adequado (ANSELIN, 1996).

Dados, Preparação das Variáveis e Premissas:

Para a realização da análise de regressão, foi necessário definir as variáveis e suas premissas para entrar no modelo. A partir disso buscou-se os dados necessários para gerar as variáveis de análise. As variáveis foram incorporadas em um espaço celular, cuja unidade espacial de análise foi de 2 x 2 km de tamanho, em uma malha cobrindo toda a área de estudo. A variável dependente estabelecida por este estudo foi a área desmatada dentro de cada célula, o dados utilizado para isso foi o desmatamento mapeado pelo programa PRODES de 2015 a 2017 no município. A partir disso, para cada variável, cada métrica foi calculada para cada célula de acordo como está detalhado na Tabela 1, para gerar as variáveis independentes da análise.

Tabela 1: Resumo dos dados, variáveis e premissas

Variável	Premissa	Operação	Dados	Fonte
1 Distância de Áreas Problemáticas	Quanto maior a área problemática, maior será a área desmatada	Interseção entre as propriedades, Unidades de conservação e	Polígonos de Imóveis do CAR, UC e TI	CAR e ICMBio

2	Área Problemática	Quanto maior a área problemática, maior será a área desmatada	Terras indígenas	
3	Distância de Imóveis Grandes	Quanto mais próximo estiver de imóveis grandes, maior será a área desmatada	Distância Euclidiana dos polígonos de imóveis grandes (definido pelo INCRA: > 15 módulos fiscais)	
4	Distância de Imóveis Médios	Quanto mais próximo estiver de imóveis médios, maior será a área desmatada	Distância Euclidiana dos polígonos de imóveis médios (definido pelo INCRA: entre 4 e 15 módulos fiscais)	Imóveis declarados no CAR
5	Distância de Imóveis Pequenos	Quanto mais próximo estiver de imóveis pequenos, menor será a área desmatada	Distância Euclidiana dos polígonos de imóveis pequenos (definido pelo INCRA: entre 1 e 4 módulos fiscais)	CAR
6	Distância de Minifúndios	Quanto mais próximo estiver de minifúndios, menor será a área desmatada	Distância Euclidiana dos polígonos de minifúndio (definido pelo INCRA: < 1 módulo fiscal)	
7	Distância de Assentamentos	Quanto mais próximo de assentamentos, menor a área desmatada	Distância euclidiana dos polígonos de Assentamentos rurais	Assentamentos INCRA

8	Distância de Terras Indígenas	Quanto mais próximo de Terras Indígenas, menor será a área desmatada	Distância euclidiana dos polígonos de Terras Indígenas	Terra Indígenas do Brasil	FUNAI
9	Distância de Unidades de Conservação	Quanto mais próximo de unidades de conservação, menor será a área desmatada	Distância euclidiana a partir dos polígonos de Unidades de Conservação	Unidades de conservação do Brasil	ICMBio
10	Distâncias de Estradas	Quanto mais próximo de estradas, maior será a área desmatada	Distância euclidiana das linhas de estradas	Estradas	SEMA - PA/IBGE
11	Distâncias da Hidrografia	Quanto mais próximo de cursos d'água, menor será a área desmatada	Distância euclidiana das linhas que representam os rios	Hidrografia	ANA
12	Distância de Área Degradada (2012 - 2014)	Quanto mais próximo de áreas degradadas, maior será a área desmatada	Distância euclidiana dos polígonos de floresta degradada	DEGRAD: união dos dados de 2013-2014	INPE
13	Área Degradada (2012 - 2014)	Onde há mais floresta degradada, maior será a susceptibilidade ao desmatamento	Área de floresta degradada		
14	Distância de Áreas já Desmatadas (2013 - 2014)	Quanto maior a área já desmatada, maior será o desmatamento presente	Distância euclidiana dos polígonos de desmatamento	PRODES: união do desmatamento de 2013 a 2014	INPE

15	Área já desmatada (2013- 2014)	Quanto maior for a área desmatada, maior será o desmatamento presente	Área desmatada dentro da unidade espacial de estudo
----	--------------------------------	---	---

Todos os dados foram considerados para uma área de abordagem maior do que a área do município, pois é uma área que exerce influência na região de estudo, uma vez que métricas de distância foram calculadas para gerar as variáveis.

Paras os dados de tamanho de imóveis rurais, foi utilizado como base a Lei 8.629, de 25 de fevereiro de 1993 e leva em conta o módulo fiscal (e não apenas a metragem), que varia de acordo com cada município. No município de Novo progresso, o módulo fiscal é de 75 ha. Em 2013 haviam 2253 imóveis, nos dados do CAR há 2360, ou seja, uma diferença de 107 imóveis (INCRA. 2017).

Resultados

Na análise exploratória, após serem normalizados por meio de uma função logarítmica, os dados revelaram outliers que foram retirados para dar mais consistência a análise. Por fim, restaram 194 celular com dados de área desmatada dentro do município e sem outliers para as outras variáveis (Figura 2).

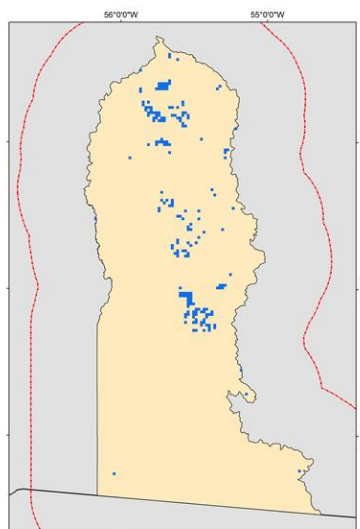


Figura 2: Celulas utilizadas para análise

Observa-se que apenas a porção nordeste do município apresentou maior concentração de células. Isso se deve provavelmente ao fato de ser a região mais ocupada de Novo Progresso, em que se encontra-se mais próximo da BR - 163, no entanto é, também, local limítrofe com a Floresta Nacional do Jamanxim.

Na Figura 3, é apresentado os gráficos de correlação e os coeficientes de pearson para verificar se há autocorrelação entre as variáveis independentes. Notou-se que não foi necessário a retirada de nenhuma das 15 variáveis devido a elevada autocorrelação.

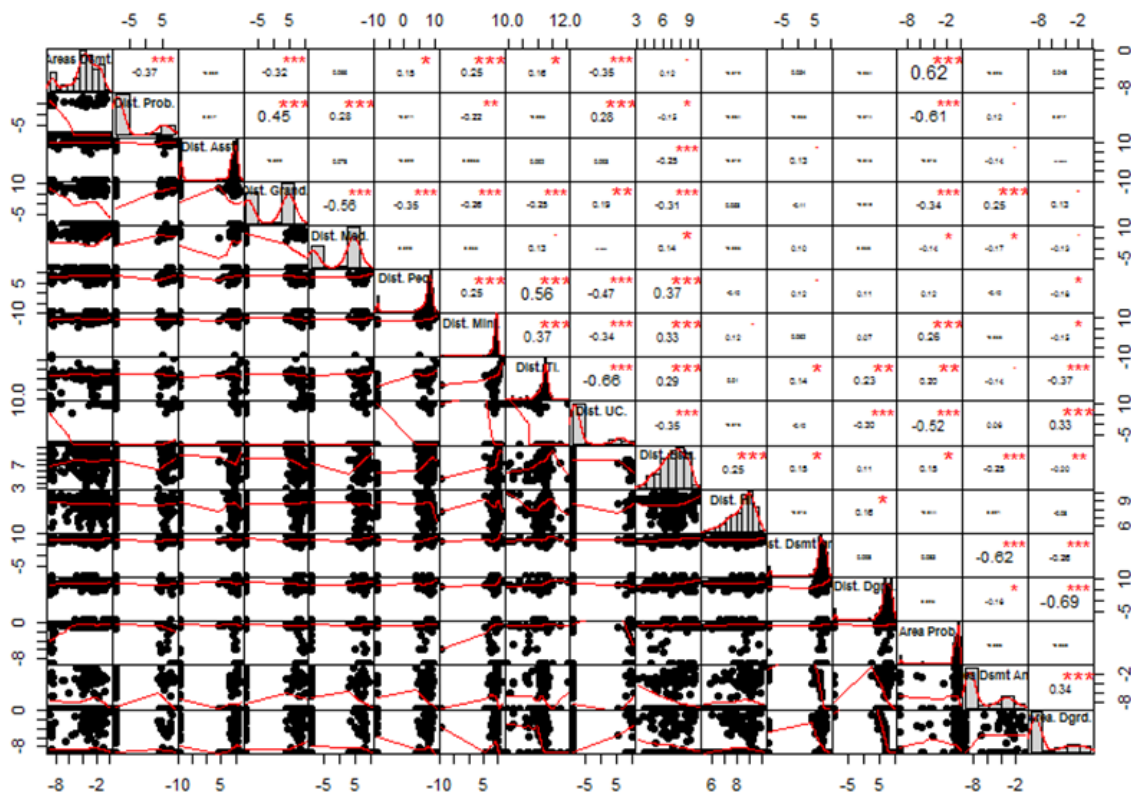


Figura 3: Gráfico da análise de autocorrelação entre as variáveis utilizadas no modelo

Regressão linear

Após inserir todas as variáveis no modelo de regressão linear múltipla, a seleção das variáveis para compor o modelo foi realizado automaticamente pelo método *stepwise* processado na linguagem R, conforme mostrado na tabela a seguir

Tabela 2: Resultados da Regressão Linear Ordinária pelo método *stepwise*

Estimado	Erro Padrão	Valor t	Pr(> t)
----------	-------------	---------	----------

Dist. Med.	0.05284	0.01721	3.07	0.00245	**
Área Prob.	0.75973	0.06541	11.616	2.00E-16	***
Área Dgd.	0.07664	0.04454	1.721	0.08692	.

Significância: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' ,

R² Múltiplo: 0.4198

R² Ajustado: 0.4106

Apesar dos índices de determinação R² Múltiplo e Ajustado terem diminuído indicando a piora na adequação do modelo, preferiu-se por manter dessa forma, uma vez que encontra-se nesse modelo apenas variáveis com estatística t com significância baixa (p valores mais baixos). Por fim, resultaram no modelo apenas as variáveis Distância de Imóveis Médios, Área Problemática e Área Degradada.

Para verificar se há autocorrelação espacial, analisou-se os resíduos do modelo através do teste de Moran e o Indicador de associação espacial local (*Local Indicator of Spatial Association - LISA*). Os resultados das análises indicaram autocorrelação espacial, conforme mostra a Figura 4.

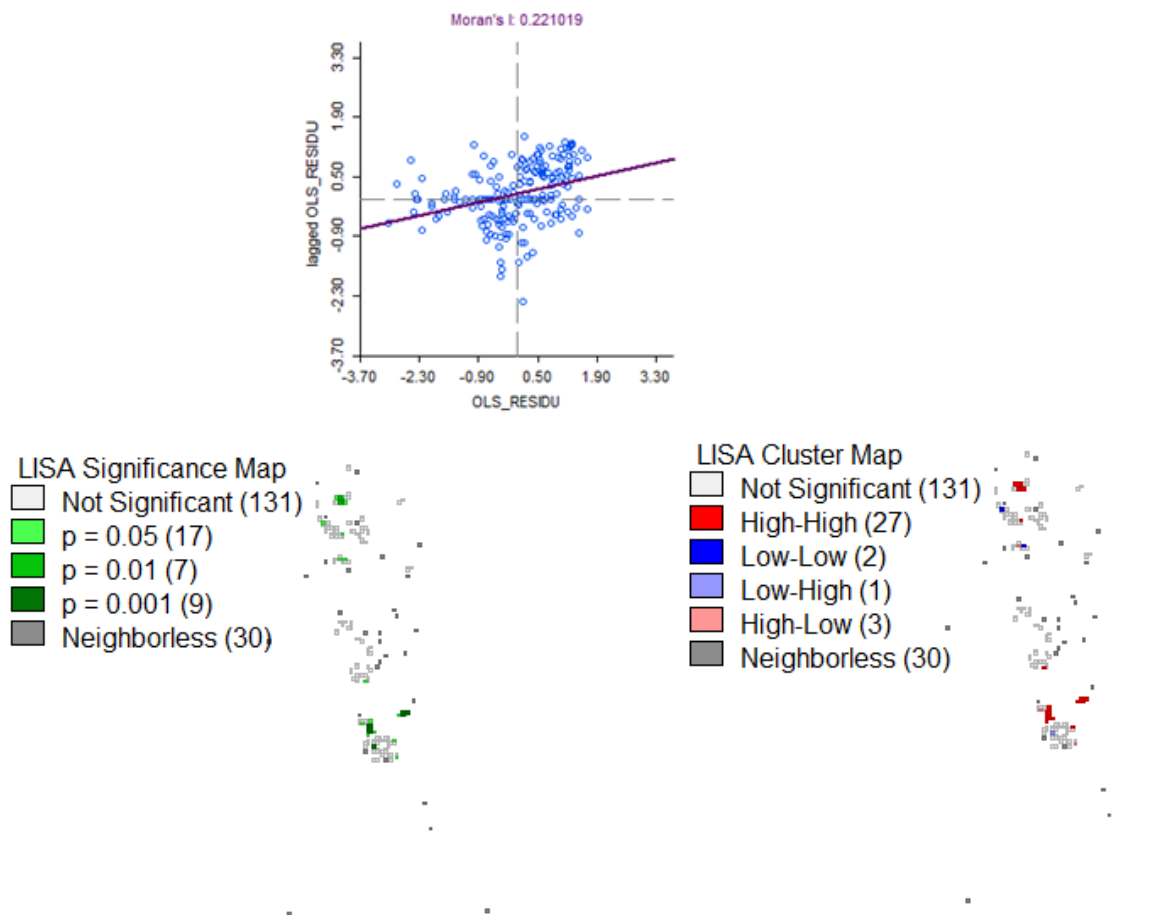


Figura 4: Gráfico do Teste de Moran e Mapa do Teste LISA

Ao observar o gráfico do teste de Moran, pode-se notar que há uma tendência no espalhamento dos resíduos no quadrante 1 e 3 que indica regiões com resíduo positivo (negativo) e vizinhos também com resíduos positivo (negativo). O teste de Moran revelou um índice de 0,22, ou seja, maior que zero, portanto há correlação espacial predominante positiva (DRUCK, et al., 2004).

Para decidir qual modelo de regressão espacial global utilizar realizou-se o teste dos Multiplicadores de Lagrange e os resultados estão mostrados na Tabela 4.

Tabela 4: Resultado do teste de Multiplicadores de Lagrange

Estatística	Valor	p-valor
LMerr	11.795	0.000594

LMlag	2.1253	0.144900
RLMerr	13.722	0.000212
RLMlag	4.0521	0.044120

Ao observar a significância das estatísticas do teste, observou-se que o modelo mais adequado é o modelo do erro espacial (“spatial error model” ou ainda “Conditional AutoRegressive” - CAR), p-valor para LMerr < p-valor para LMlag (ANSELIN, 1996).

Para rodar o modelo espacial, foi inserido apenas as variáveis que tiveram significância na regressão linear, como Distância de Imóveis Médios, Área Problemática e Área Degradada. Os resultados são apresentados a seguir.

Tabela 5: Resultado da Regressão Espacial (CAR)

	Coefficiente	Erro Padrão	Valor z	Pr(> t)
	-2.94245	0.18267	-16.10800	0.00000
Dist. Med.	0.04138	0.01753	2.36095	0.01823
Área Prob.	0.73087	0.06476	11.28550	0.00000
LAMBDA	0.27413	0.07227	3.79319	0.00015

R²: 0.462757

Ao realizar a modelagem espacial da área desmatada, a variável Área Degrada não apresentou significância considerável e por isso foi retirada do modelo. O R² do modelo de regressão espacial foi maior do que para o modelo linear ordinário, indicando que o modelo espacial se adequa melhor ao explicar as variáveis associadas na análise. Para se verificar se

os resíduos da regressão espacial não apresentaram tendência a autocorrelação espacial, realizou-se novamente o teste de Moran, apresentado a Figura 5

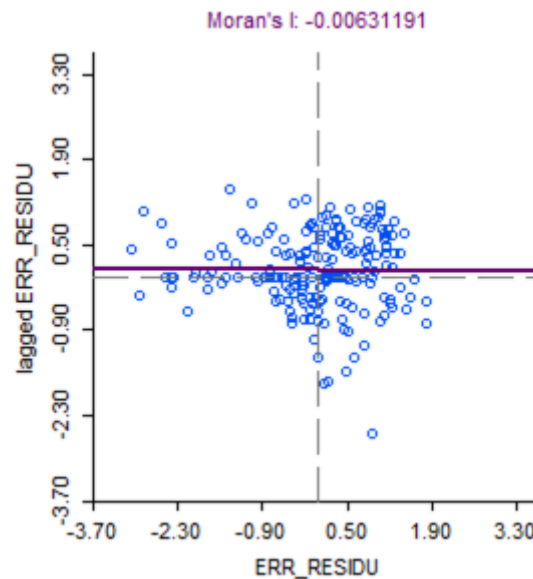


Figura 5: Teste de Moran para os resíduos da Regressão Espacial

A partir dessa análise, observou-se que o modelo retirou a tendência dos resíduos se adequando melhor à análise do que a regressão linear ordinária. O índice de Moran foi bastante próximo de 0 e os pontos no gráfico não apresentaram muita tendência no eixo que corta os quadrantes 1 e 3.

Os resultados dos coeficientes da regressão espacial indicaram um Lambda positivo que representa a dependência espacial.

A Área problemática e a Distância de Imóveis Médios tiveram influencia positiva à Área Desmatada em cada célula. Isso quer dizer que conforme a distância de imóveis médios e a área problemática é maior, maior será a área desmatada dentro da célula. No entanto, a Área problemática influencia mais do que a distância de propriedades Médias. O resultado para a Distância de Imóveis Médios foi o contrário do que se esperava, pois a premissa para esse dados é de que quanto mais próximo, maior a área desmatada, uma vez que são imóveis maiores.

A modelagem espacial não revelou nenhuma variável que tivesse relação que indicasse um fator que inibisse o desmatamento na região, . Esperava-se que quanto menor a distância à assentamentos ou a terras indígenas, menor fosse a área desmatada, por se tratar

de áreas em que a posse é consolidada (assentamentos) e local com outro regime de uso (Terra Indígena).

Este resultado corrobora com o trazido por Cambrá (2017) e Torres et al. (2017), relacionando os problemas associados a posse de terra ao desmatamento. As áreas problemáticas representam a interseção entre os imóveis e entre os imóveis rurais e unidades de conservação. A Flona da Jamanxim, criada em 2009 quando já havia ocupação dentro de onde hoje são seus limites, é elemento central nessas disputas, pois cobre grande parte do município e é constantemente pressionada pela expansão da ocupação na região. O desmatamento está presente no processo para caracterizar posse sobre a terra e agregar valor ao imóvel, principalmente quando há um potencial problema que garanta estabelecer o imóvel. O Cadastro Ambiental Rural (CAR), também é uma forma de dar respaldo documental aos imóveis, uma vez que ele é feito de maneira declarativa. Esses fatores corroboram para o que foi esperado a cerca da associação do desmatamento aos conflitos presentes na configuração do território.

Conclusões

O Modelo de Regressão Espacial apresentou melhora em relação a Regressão Ordinária, apresentando R^2 maior e ausência de autocorrelação espacial nos resíduos.

O modelo revelou as áreas problemáticas como associadas ao desmatamento em Novo Progresso, que era esperado para a região, relatado pelos livros do Cambrá e de Torres et al.

A distância de imóveis médios apresentou associação contrária ao esperado, o que necessita maiores estudos para entender o regime de uso da terra nesse tipo de imóvel.

No modelo, não houve métrica com relação que representasse um fator de inibição à variável resposta. Isso pode ter relação à escolha das variáveis que podem ser aprimoradas em estudos posteriores.

A análise permitiu explorar melhor o comportamento das variáveis relacionadas a configuração do território no município e, em estudos posteriores, é proposto reavaliar os usos dessas métricas e/ou uso de outras abordagens, tais como modelos geograficamente ponderados (GWR), levando em conta alterar as variáveis para se adequar ao modelo contínuo, ou Regressão Espacial Local.

REFERÊNCIAS

ANSELIN, L. Local indicators of spatial association - LISA. *Geographical Analysis* v.27, p.91-115, 1995.

ANSELIN, L. Local Indicators of Spatial Association-LISA. **Geographical analysis**, v. 27, n. 2, p. 93–115, 1995.

ANSELIN, L.; BERA, A. K.. **Spatial Dependence in Linear Regression Models with an Introduction to Spatial Econometrics**. 1996.

BIVAND, R. S.; PEBESMA, E.; GÓMEZ-RUBIO, V. *Applied Spatial Data Analysis with R*. [s.l.] Springer Science & Business Media, 2013

BRASIL, MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, Estratégia Nacional para REDD+. Disponível em <http://redd.mma.gov.br/images/publicacoes/enredd_documento_web.pdf>. Acesso em novembro 2017.

DRUCK, S.; CARVALHO, M.S.; CÂMARA, G.; MONTEIRO, A.V.M. (eds) "Análise Espacial de Dados Geográficos". Brasília, EMBRAPA, 2004

INSTITUTO NACIONAL DE COLONIZAÇÃO E REFORMA AGRÁRIA (INCRA). *Tabela com módulo fiscal dos municípios*. Disponível em: <<http://www.incra.gov.br/tabela-modulo-fiscal>> Acesso em: novembro de 2017.

INPE, PROJETO PRODES DIGITAL: Mapeamento do desmatamento da Amazônia com Imagens de Satélite. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2017. [on line] <http://www.obt.inpe.br/OBT/assuntos/programas/amazonia/prodes>

LEGENDRE, P. Spatial Autocorrelation: Trouble or New Paradigm? **Ecology**, v. 74, n. 6, p. 1659–1673, 1993.

MCCULLAGH, P.; NELDER, J. A. **Generalized Linear Models**, *European Journal of Operational Research*, 1983.

MOUTINHO, Paulo. Desmatamento na Amazônia: desafios para reduzir as emissões de gases de efeito estufa do Brasil. <http://www.ipam.org.br/biblioteca>>. Acesso em: nov 2017, v. 5, n. 2009, p. 2-3, 2009.

PRINTES, R. C. **Adeus Amazônia: conflitos agrários e socioambientais por trás do desmatamento no sudoeste do Pará**. Editora Prismas, 2017.

TORRES, M. **Dono é quem desmata : conexões entre grilagem e desmatamento no sudoeste paraense**. Mauricio Torres, Juan Doblas, Daniela Fernandes Alarcon. São Paulo : Urutu-branco; Altamira : Instituto Agrônômico da Amazônia, 2017.

VIEIRA, S. et al. Forest structure and carbon dynamics in Amazonian tropical rain forests. *Oecologia*, v. 140, n. 3, p.468-479, 17 jun. 2004. Springer Science + Business Media.