

## **Efeito da topografia no padrão de uso e ocupação do solo no município de Santa Maria de Jetibá, ES, Brasil**

Luana D'Avila Centoducatte<sup>1</sup>  
Flávia Silva Martinelli<sup>1</sup>  
Francisco Candido Cardoso Barreto<sup>1</sup>  
Sérgio Lucena Mendes<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal do Espírito Santo - UFES  
Av. Marechal Campos 1468, Maruípe, Vitória – ES, Brasil. CEP 29043-900  
{luanadc, flavia.smarti, prof.francisco.barreto, slmendes1}@gmail.com

**Abstract.** Roads and topography can influence on patterns of land use and land cover, especially in regions of tropical forests. The objective of this work was to evaluate how road density and relief variation affected spatial arrangement of forest remnants and land use in Santa Maria de Jetibá, ES, Brazil using Geographic Information System (GIS). We mapped land use/land cover and roads from 2008 aerial photographs, using automatic segmentation and classification by visual photo interpretation. Maps of slope variation and hilltops were generated using Digital Elevation Models (DEM). Our results demonstrate that forests represents 36% of the study area, agriculture represents 27% and road density is low (3 km/km<sup>2</sup>) characterizing the rural municipality. The relief is marked by convex hills and inclinations of more than 8°. Hilltops are covered mostly by forest remnants (49%) and 14% by agriculture. Related to the difficulty of land management in steep areas, agricultural crops and roads are found in the valleys and forest remnants respond to the reverse pattern, being best preserved in areas with steeper slopes and higher elevations. In fact, the topography as a factor influencing patterns of deforestation was demonstrated in various regions of the Atlantic Forest. However the real drivers of deforestation are the broad-scale socio-economic conditions that provide demand for agricultural and forest products and roads and topography act as attractors of land-use change and deforestation, and thus play a role in land use/land cover patterns.

**Palavras-chave:** geographic information system (GIS), slope, digital elevation models (DEM), Atlantic Forest, sistema de informações geográficas (SIG), declividade, modelo digital de elevação (MDE), Mata Atlântica

### **1. Introdução**

O município de Santa Maria de Jetibá situa-se na região centro-serrana do Estado do Espírito Santo, a 80km da capital. A região tem sido estudada principalmente por abrigar populações de muriquis-do-norte, uma espécie de primata ameaçada de extinção. Dentre estes estudos, a construção de um mapa de uso e ocupação do solo, utilizando-se um sistema de informações geográficas (SIG), se destaca por sua importância em constituir base para estudos futuros, inclusive de conservação de espécies.

Por meio de um mapa de uso e ocupação do solo, é possível verificar o nível de urbanização de um município, identificar se existem regiões que consistiriam em áreas de preservação, além de ser possível quantificar e identificar os fragmentos florestais, verificar a localização de estradas, e relacionar tais classes com a topografia característica do município.

As estradas, por facilitarem o acesso a áreas anteriormente remotas, podem influenciar no uso e cobertura do solo, podendo também alterar a conectividade entre populações animais e vegetais, e desta forma influenciar na persistência das espécies na paisagem (Metzger et al., 2009). A compreensão das relações entre as estradas e o ambiente pode servir como ferramenta para a tomada de decisão em planejamento não só de transportes, mas também ambiental (Dramstad et al., 1996; Forman, 2004). Em particular, a delimitação de áreas prioritárias para conservação ou restauração pode ser aprimorada com a inclusão dos conhecimentos sobre os efeitos das estradas (Metzger et al., 2009). Por causa disso o estudo da localização das estradas no município de Santa Maria de Jetibá constitui uma estratégia interessante para estudos futuros.

Estradas e uso de solo desempenham um importante papel na dinâmica florestal. A demanda global, regional, e nacional por produtos agrícolas criam novos padrões de uso do solo e influenciam taxas de desmatamento. (Armenteras et al., 2006; Killeen et al., 2007; Fearnside, 2008). Estradas também podem agir como atrativo de indução de mudanças, porque são um caminho fácil para atividades que causam desmatamento e fragmentação.

A topografia também pode influenciar nos padrões de cobertura florestal e fragmentação, como demonstrado por estudos anteriores em várias regiões, incluindo a região da Mata Atlântica (Miller et al., 1996; Cabral and Fiszon, 2004; Silva et al., 2007; Cabral et al., 2007). Normalmente, áreas com encostas íngremes ou solos pobres são menos usadas e nessas regiões há maior probabilidade de persistência de florestas. (Ranta et al., 1998; Resende et al., 2002; Silva et al., 2007). Atualmente, de acordo com a resolução nº 303 de 2002 do CONAMA, o terço superior de áreas de topo de morros e montanhas, constituem área de preservação permanente, influenciando no padrão de uso de solo de acordo com a topografia.

Pretendeu-se, nesse estudo, identificar de que forma as estradas e a topografia afetam o padrão espacial de uso e ocupação do solo no município de Santa Maria de Jetibá, destacando-se três classes: as estradas principais, os cultivos agrícolas, os fragmentos florestais e os afloramentos rochosos.

## **2. Metodologia de Trabalho**

### **2.1 Área de Estudo**

O presente trabalho foi conduzido no município de Santa Maria de Jetibá (figura 1), região centro-serrana do estado do Espírito Santo (41°02'W – 40°35'W; 19°56'S – 20°13'S), situado a 80 km da cidade de Vitória, ES. O município apresenta área de 734 km<sup>2</sup> e está situado na formação geomorfológica do Complexo Cristalino. A região insere-se no domínio fitogeográfico de Mata Atlântica Sub-Montana e Montana (SEBRAE 1998).

O histórico de ocupação levou a fragmentação da Mata Atlântica na região até a década de 1970. A partir de então, houve incremento de mata atingindo cerca de 35% de cobertura de florestas em estágio médio e avançado de sucessão no município (Almeida Jr 2006). A agricultura familiar representa a principal atividade econômica do município em termos de quantidade de propriedades e produtores envolvidos, com 80% das famílias envolvidas com olericultura. Porém, a avicultura é a principal fonte de renda do município (Prefeitura Municipal de Santa Maria de Jetibá 2010).

### **2.2 Fontes de dados**

As aerofotos da área de estudo referentes a 2008 foram cedidas pelo Instituto Estadual de Meio Ambiente (IEMA), com escala 1:15.000 e resolução espacial de 1m (Ortofotomosaico IEMA 2007/2008). Além disso, foram utilizadas cartas do IBGE 1978, escalas 1/50.000 e 1/100.000 e dados georreferenciados obtidos durante as campanhas de campo com auxílio de GPS no Sistema de Projeção UTM, Datum WGS84, zona 24S.

### **2.3 Segmentação e Classificação de mapas de uso/cobertura do solo e rodovias**

Mapas de uso/cobertura do solo e rodovias foram gerados a partir de método misto de classificação de fotografias aéreas, com segmentação automática através do programa Definiens Developer 7 seguido de classificação em tela por meio de fotointerpretação no programa ArcGIS 9.3. Foram definidas quatro classes, identificadas em uma escala padrão de 1:2.000 – (1) cobertura florestal (2) cultivos agrícolas, (3) afloramento rochoso e (4) rodovias e estradas. Foram considerados fragmentos florestais as áreas de vegetação natural com continuidade de copa, interrompidas por barreiras antrópicas ou naturais. O mapeamento da malha viária (rodovias e vias secundárias) foi complementado por rotas traçadas em campo

com auxílio de GPS. Para verificar a exatidão da classificação das aerofotos foi empregado o coeficiente Kappa ( $\kappa$ ) (Landis e Koch 1977), utilizando como referência 420 pontos amostrais coletados em campo. A distribuição das rodovias foi representada por densidade (comprimento/ área<sup>2</sup>, km/km<sup>2</sup>) e proporções de uso do solo e cobertura do solo foram medidas para cada uma das classes.

## 2.4 Mapa de topografia

Os mapas de relevo e cursos d'água foram gerados em ambiente SIG a partir de cartas topográficas do IBGE. As curvas de nível foram digitalizadas e convertidas em um modelo numérico de terreno (MNT) com resolução espacial 10 x 10m a partir de interpolação espacial. A partir do MNT foram gerados mapas de classes de altitude, a partir da reclassificação da imagem; e classes de declividade, a partir da ferramenta *slope* do SIG. A declividade foi categorizada em cinco classes, relativas ao grau de inclinação do terreno: (0-3°, 3-8°, 8-20°, 20-45° e >45°). Os topos de morro (terço superior) foram delimitados a partir do mapa de altitude utilizando a metodologia descrita por Peluzio et al (2010), que delimita cumes máximos e altitude da base para classificar as elevações como morros e montanhas, além de agrupar os que apresentam distância de proximidade inferior a 500m.

## 2.5 Análise dos dados

Os mapas de relevo gerados em formato raster foram convertidos para vetor e depois cruzados com os dados de uso e cobertura do solo, onde foram quantificadas as porcentagens de uso e de cobertura do solo em cada classe de declividade e nos topos de morro.

## 3. Resultados e Discussão

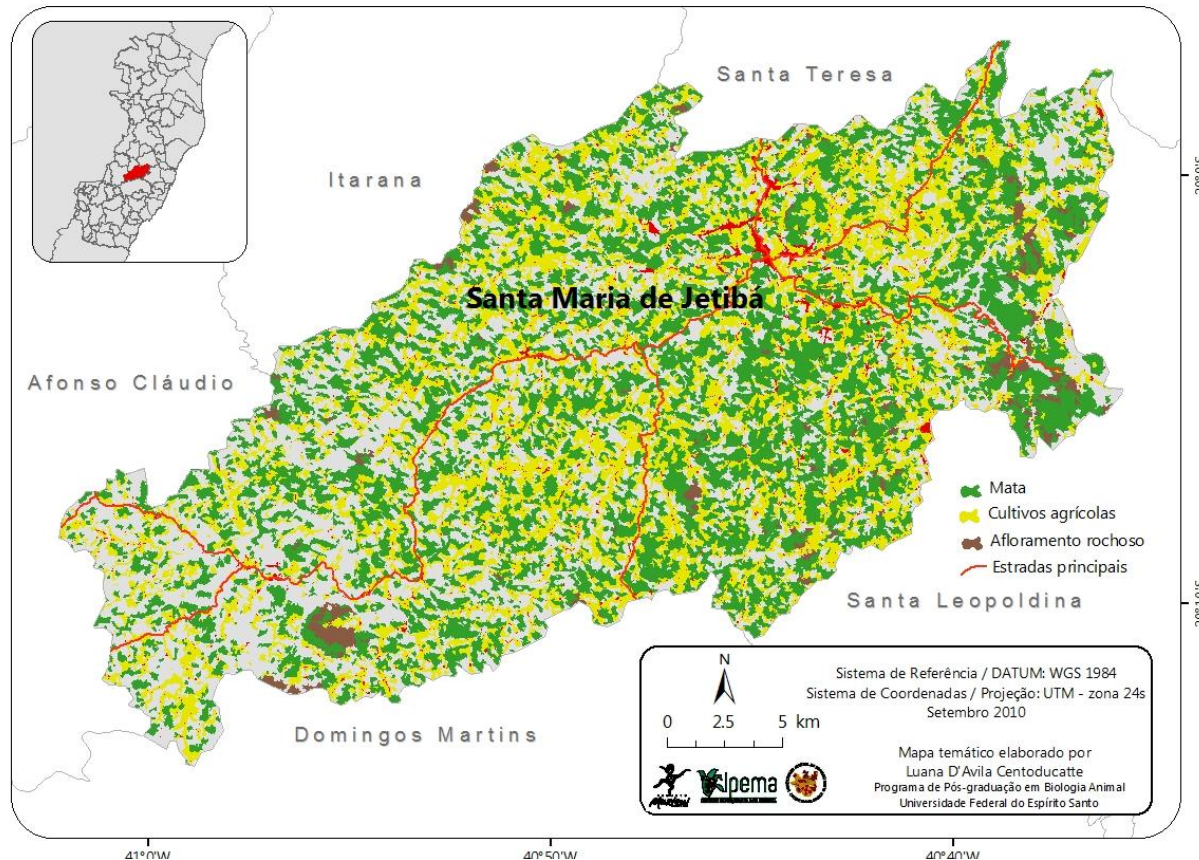


Figura 1. Uso e cobertura do solo no município de Santa Maria de Jetibá, ES, Brasil no ano de 2008.

O valor do coeficiente Kappa ( $\kappa = 0,93$ ) do mapeamento é considerado por Landis e Koch (1977) como excelente, indicando que as classes mapeadas não comprometem as análises. As principais contradições ocorreram principalmente pelas diferenças nas fases dos ciclos agrícolas. A cobertura florestal foi a cobertura dominante e apresentou uma área de 26.500 ha (36,01%) do município, enquanto que os cultivos agrícolas apresentaram área de 19.769 ha (26,92%) e afloramentos rochosos área de 1.285 ha (1,66%). Apesar da alta porcentagem de cobertura florestal, a paisagem é bastante fragmentada, composta por 1631 fragmentos com área entre 10 e 953 ha ( $SD=49,34$ ), sendo apenas 97 fragmentos maiores que 60 ha. A alta porcentagem de uso do solo destinado a culturas agrícolas corrobora com o histórico de ocupação da região (Prefeitura Municipal de Santa Maria de Jetibá 2010). O município é essencialmente rural, com manchas urbanas pouco representativas, reflexo do sistema de agricultura familiar implantado no local.

A malha viária apresentou uma densidade baixa de 3.02 km/km<sup>2</sup>, sendo que apenas 0,15 km/km<sup>2</sup> foi composto por rodovias asfaltadas (figura 2). Além disso, houve um decréscimo na densidade de estradas a medida que o terreno se tornava mais inclinado. A baixa densidade de estradas é característica de zonas rurais. A construção de estradas está associada à ocorrência de impactos na mata nativa, com modificação física do ambiente, uso constante do espaço pelo homem, alteração no comportamento da fauna próxima, e facilidade de propagação de espécies exóticas (Young 1994; Soares-Filho et al. 2004). Especialmente a partir da década de 1920, a Mata Atlântica nativa foi degradada primariamente para o uso do solo e em seguida por estradas, ao contrário da Amazônia brasileira, onde a construção de estradas foi promovida pelo governo para promover ocupação (Pfaff 1999).

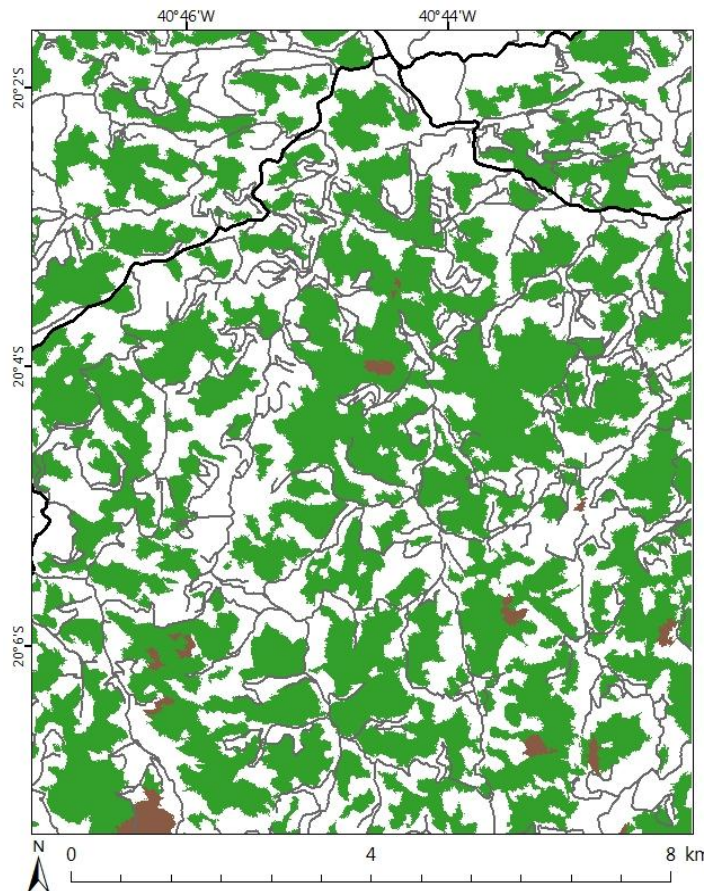


Figura 2. Parte da área de estudo, caracterizada por 36% de cobertura florestal nativa (verde), afloramentos rochosos (marrom) circundados pela malha viária (rodovias asfaltadas em preto e estradas secundárias em cinza), município de Santa Maria de Jetibá, ES, Brasil (2008).

A partir do MNT produzido, a altitude variou de 386 a 1446 m e a declividade variou de 0° a 70° (Tabela 1). A variação altimétrica observada foi alta, e cerca de 40% da superfície do município apresenta declividade acentuada (> 20°). Os topos de morro apresentaram uma área total de 229,69 ha, sendo 49,42% formado por cobertura natural (cobertura florestal e afloramento rochoso) e 14,01 formado por cultivos agrícolas (principalmente olericultura e café).

Apesar da dominância de cobertura natural em declividades maiores que 45° (67,5%) e em topos de morro (49,42%), essas regiões tratam-se de áreas de preservação permanente (APPs) (Brasil, 2002) e por isso deveriam apresentar 100% de cobertura natural. Esse fato indica que a legislação não está sendo devidamente cumprida, ou que o desmatamento foi anterior ao estabelecimento da lei.

Tabela 1. Uso e cobertura do solo por classe de declividade no município de Santa Maria de Jetibá, ES, Brasil.

Classe de declividade	Área do município	% município	% de cobertura natural	% de agricultura	Dens. de estradas (km/km <sup>2</sup> )
0 - 3°	46.0828	6.2779	23.3920	41.2551	4.3941
3 - 8°	118.8551	16.1917	27.5221	35.5698	4.3109
8 - 20°	278.2586	37.9072	35.4886	27.7072	3.1641
20 - 45°	289.4692	39.4345	46.5213	20.4288	2.1377
> 45°	1.3856	0.1888	67.5244	9.1146	1.2536
<b>TOTAL</b>	<b>734.0513</b>	<b>100</b>			

Relacionado à dificuldade de manejo da terra em áreas íngremes, os cultivos agrícolas e as estradas encontram-se em fundo de vale, em cotas de menor altitude e pouca declividade (declividade <8°). Os fragmentos florestais respondem ao padrão inverso, encontrando-se mais preservados em áreas com declividade mais acentuada e maiores altitudes. Cerca de 48% da cobertura florestal em Santa Maria de Jetibá encontra-se em declividades bastante acentuadas (> 20°), caracterizadas como encostas. De fato, a topografia como um fator que influencia nos padrões de desmatamento foi demonstrado em várias regiões da Mata Atlântica (Cabral & Fiszon 2004; Silva et al. 2007). Entretanto, o real fator que direciona o desmatamento é a demanda sócio-econômica por produtos agrícolas e florestais (Verburg et al. 2002; Freitas et al. 2010), sendo a construção de estradas e a topografia meios que influenciam indiretamente nas mudanças de uso do solo.

#### 4. Conclusões

A topografia, nesse caso declividade e altitude, está diretamente relacionada com o padrão de uso e ocupação do solo do município de Santa Maria de Jetibá, o que corrobora com outras regiões de Mata Atlântica. À medida que acentua-se a inclinação do terreno, os remanescentes florestais encontram-se mais preservados, diminui-se a densidade de estradas e também diminui a ocupação humana para o cultivo agrícola. A agricultura e as estradas encontram-se principalmente em fundo de vale, em cotas de menor altitude e pouca declividade.

#### Agradecimentos

Agradecemos aos CNPq pelo financiamento da pesquisa e á CAPES pela concessão da bolsa de pós-graduação.

## Referências Bibliográficas

- Armenteras, D., Rudas, G., Rodriguez, N., Sua, S., Romero, M. Patterns and causes of deforestation in the Colombian Amazon. **Ecological Indicators**, v. 6, p. 353–368, 2006.
- Cabral, D.C.; Fizon, J.T. Padrões sócio-espaciais de desflorestamento e suas implicações para a fragmentação florestal: Estudo de caso na Bacia do Rio Macacu, RJ. **Scientia Forestalis** v. 66, p. 13–24, 2004.
- Cabral, D.C., Freitas, S.R., Fizon, J.T., Combining sensors in landscape ecology: imagery-based and farm-level analysis in the study of human-driven forest fragmentation. **Sociedade & Natureza**. v. 19, p. 69–87, 2007.
- CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. RESOLUÇÃO Nº 303, DE 20 DE MARÇO DE 2002. Artigo 3º, parágrafo V. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res02/res30302.html>> Acesso em 20 de novembro de 2010.
- Dramstad, W. E.; Olson, J. D.; Forman, R. T. T. **Landscape ecology principles in landscape architecture and land-use planning**. Washington: Island Press, 1996. 80 p.
- Fearnside, P.M. The roles and movements of actors in the deforestation of Brazilian Amazonia. **Ecology and Society** v. 13, p. 23, 2008.
- Forman, R. T. T. Road ecology's promise: What's around the bend? **Environment**, v. 46, n. 3, p. 8-21, 2004.
- Freitas, S.R.; Hawbaker, T.J.; Metzger, J.P. Effects of roads, topography, and land use on forest cover dynamics in the Brazilian Atlantic Forest. **Forest Ecology and Management** v. 259, p. 410–417, 2010.
- Killeen, T.J., Calderon, V., Soria, L., Quezada, B., Steininger, M.K., Harper, G., Solórzano, L.A., Tucker, C.J. Thirty years of land-cover change in Bolivia. **Ambio**, v. 36, p. 600–606, 2007.
- Landis, J.R.; Koch, G.G. "The measurement of observer agreement for categorical data". **Biometrics** v. 33, p. 159–174, 1977.
- Ortofotomosaico IEMA 2007/2008. 2009. Convênio “VALE DE QUALIDADE AMBIENTAL”. Companhia VALE e Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos – IEMA.
- Peluzio, T.M.O, Santos, A.R., Fiedler, N.C. (org). **Mapeamento das áreas de preservação permanente no ArcGIS 9.3**. Alegre: CAUFES, 2010. 58p.
- Pfaff, A.S.P. What drives deforestation in the Brazilian Amazon? **Journal of Environmental Economics and Management** v. 37, p. 26–43, 1999.
- Prefeitura Municipal de Santa Maria de Jetibá. 2010. História do município. Disponível em: <<http://www.pmsmj.es.gov.br/>>. Acesso: 20 abr 2010.
- SEBRAE-ES. 1998. Inventário da oferta turística do município de Santa Maria de Jetibá. <<http://www.sebrae.com.br/uf/espírito-santo/>>. Acesso: 20 abr 2010
- Silva, W.G.; Metzger, J.P.; Simões, S.; Simonetti, C. Relief influence on the spatial distribution of the Atlantic Forest cover on the Ibiúna Plateau, SP. **Brazilian Journal of Biology**, v. 67, p. 631–637, 2007.
- Soares-Filho, B.; Alencar, A.; Nepstad, D.; Cerqueira, G., Diaz, M.C.V.; Rivero, S.; Solórzano, L.; Voll, E. Simulating the response of land-cover changes to road paving and governance along a major Amazon highway: the Santarém-Cuiabá corridor. **Global Change Biology**, v. 10, p. 745–764, 2004.
- Sousa, C.O.M.; Freitas, S.R.; Dias, A.A.; Godoy, A.B.P.; Metzger, J.P. O papel das estradas na conservação da vegetação nativa no Estado de São Paulo. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 14, 2009, Natal. **Anais...São José dos Campos: INPE, 2009. Artigos**, p.3087-3094. Disponível em: <<http://mar.te.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2008/11.13.19.24/doc/3087-3094.pdf>>. Acesso em: 18 de outubro de 2010.
- Verburg, P.H.; Soepboer, W.; Veldkamp, A.; Limpiada, R.; Espaldon, V. Modeling the spatial dynamics of regional land use: the CLUE-S model. **Environmental Management**, v. 30, p. 391–405, 2002.
- Young, K.R. Roads and the environmental degradation of tropical montane forests. **Conservation Biology**, v. 8, p. 972–976, 1994.