

**A eficiência de modelos de distribuição potencial de espécie  
para a determinação de áreas potências de ocorrência de desmatamento  
na Amazônia Brasileira**

Rodrigo Antônio de SOUZA, CIAMB, rasouzamail@gmail.com; Paulo DE MARCO JR., ICB, pdemarco@pq.cnpq.br

**Palavras Chaves:** Amazônia, Desmatamento, Modelos de distribuição potencial de espécie.

**Introdução**

Apesar da grande importância da floresta Amazônica, ela vem sendo desmatada, queimada, fragmentada e sobre-explorada em escalas sem precedentes (Laurance & Bierregaard, 1997). Já existe extensa literatura sobre as causas e fatores que contribuem para o aumento do desmate ou para a diminuição do desmatamento. Apesar disso, o Brasil continua líder no desmatamento de florestas tropicais com uma média de 19,500 Km<sup>2</sup>/ano entre 1996 e 2005, embora apresente um declínio nos últimos 4 anos de 36%. (Nepstad et al, 2009)

O combate, a esse problema é, na maioria das vezes, apenas paliativo, já que o dano à floresta já foi realizado. As taxas de desmatamento no Brasil parecem não ter nenhuma relação com a repensação, que necessita ser repensada (Fearnside, 2006). Tão importante quanto à punição ao ilícito ambiental cometido, é a prevenção deste. Para isso é necessária a identificação dos facilitadores do desmatamento e dos mitigadores, além de conhecer os locais onde a combinação desses fatores torna mais propensa a ocorrência do desmate.

De acordo com Soares-Filho (2004), a dinâmica de um sistema pode ser modelada no ambiente computacional levando em consideração a sua complexidade de desenvolvimento. Esses modelos simulam mudanças de atributos ambientais nos território geográfico, contribuindo para o entendimento de como os sistemas ambientais evoluem diante de um conjunto de condições. Assim, um modelo pode responder perguntas sobre as possíveis trajetórias de um sistema e suas implicações. Esses modelos espaciais se tornaram um importante instrumento para auxiliar as tomadas de decisões sobre ordenamento territorial e de estratégias de conservação ambiental.

Baseado no conceito de nicho ecológico, a abordagem que tem sido utilizada com maior ênfase nos últimos anos é o Modelo de Distribuição Potencial (MDP).

Essa abordagem é uma ferramenta numérica que combina observações de ocorrência de espécies ou abundância com parâmetros ambientais, predizendo distribuição através das paisagens, às vezes, exigindo a extrapolação no espaço (Elith & Leathwick, 2009).

Considerando que exista um conjunto de condições que aumentam a probabilidade de desmatamento em comparação com outras áreas, é possível tratar o desmatamento como uma espécie e determinar seu “nicho” usando técnicas de MDP. A única premissa básica dessa abordagem seria a existência de um conjunto de condições que determine a ocorrência de desmatamento, o que é fácil de admitir frente ao conhecimento disponível.

Evidentemente, o conjunto de variáveis que determinam a probabilidade de desmatamento deve ser diferente do que normalmente usamos para modelar a distribuição de espécies, podendo incluir também variáveis sócio-econômicas, além das informações sobre topografia e possivelmente clima. No entanto, de posse desses modelos, podemos discutir com mais profundidade sobre como fatores mitigadores do desmatamento - como ações de fiscalização – atuam e assim, determinar um ponto ideal no tempo e espaço para o desenvolvimento dessas ações.

Assim, o objetivo desse trabalho é testar a eficiência de modelos baseados em nicho ecológico para a definição de áreas potenciais ao desmatamento em uma área da Amazônia ocidental.

A área estudada situa-se na Amazônia ocidental, compreendendo 15 municípios dos estados do Acre (incluindo a capital Rio Branco) e Amazonas, na parte oeste do desmatamento. São 15.5000 Km<sup>2</sup> em municípios considerados pela metodologia de Rodrigues et al, 2009 como fronteira de desmatamento e, de acordo Vitel *et al.* (2009), essa área é um novo hotspot do desmatamento na Amazônia, com a consolidação da pecuária e conflitos pela a posse da terra.

### **Materiais e Métodos**

Foram geradas as previsões de distribuição de espécies com base na Máxima Entropia (MaxEnt), versão 3.2.1 (Departamento de Ciências da Computação, Universidade de Princeton, 2004). Os modelos foram gerados com 1.000 iterações e formato de saída cumulativo; a regularização foi igual a 1.

Os modelos MaxEnt são baseados no ajuste de uma função mais próxima para a distribuição uniforme com as restrições das informações ambientais dos pontos de ocorrência (Phillips et al., 2006). Utilizamos a curva de operação (ROC) para produzir um modelo de avaliação para a espécie “desmatamento”, utilizando a área sob a curva ROC (AUC) como medida descritiva.

Valores da AUC variam entre 0 e 1, e os valores preditos maiores que 0,5 são aceitos. Caso contrário, não há modelo teórico para classificar os valores de AUC. Para fazer essa análise, utilizamos como ocorrências os desmatamentos ocorridos na área no ano de 2007, medidos pelo sistema PRODES -INPE e como variáveis de restrição, as distâncias de multas e operações do IBAMA, estradas, terras indígenas, unidades de conservação, desmatamentos ocorridos anterior a 2007.

A validação do modelo foi feita comparando o desmatamento da Amazônia levantado pelo sistema do INPE, PRODES, para o ano de 2008, com a área potencial determinada pelo modelo. Para isso, utilizamos uma matriz de confusão.

### **Resultados e Discussão**

O modelo resultante apresentou uma área sobre a curva operacional de 0,888, valor apropriado, já que a literatura atual exige valores acima de 0,7 para que os resultados do modelo não se deva ao acaso. O modelo também identificou que os fatores que mais contribuíram para ocorrência de desmatamentos em 2007 foram a proximidade com desmatamentos anteriores (54,1%) e estradas (23,9%). Isso está em consonância com a dinâmica de desmatamento da região, que cita as estradas como o primeiro vetor para o desmatamento (Fearnside, 1979) e que a ocupação das áreas se dá de forma sequencial de atores e transformações. Assim, o desmatamento cresce de forma adjacente a áreas já desmatadas, dificilmente ocorrendo de forma isolada. O limiar acumulativo da sensibilidade máxima mais a especificidade (14.743) determinou uma área potencial que englobou todas as áreas previamente desmatadas (Figura 1).

A validação do Modelo foi feita utilizando os dados de desmatamento da Amazônia levantados pelo sistema do INPE, PRODES, para o ano de 2008. Para a comparação dos dados de desmatamento de 2008 e área potencial utilizamos uma matriz de confusão, com pixels de desmatamentos de 2008 e pixels da área potencial determinada pelo modelo (Tabela1).

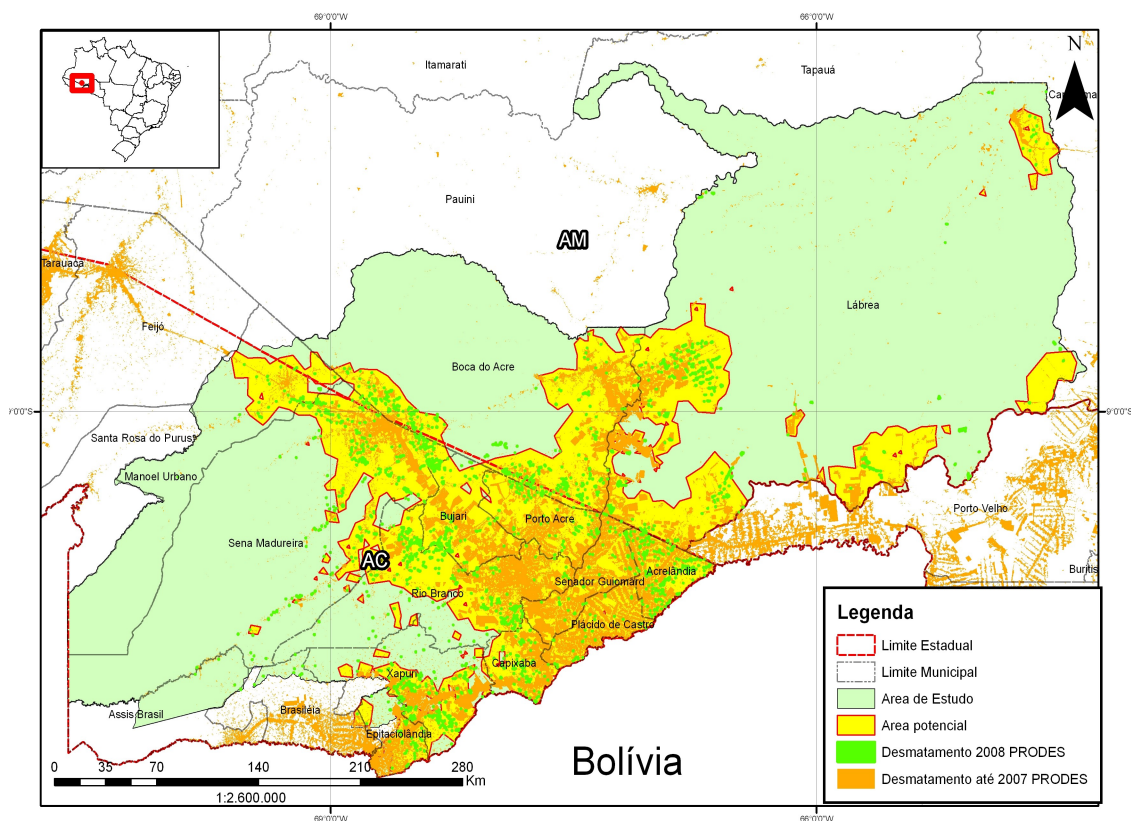


Figura 1- Área de estudo, área potencial e desmatamentos antes de 2007 e em 2008  
 Tabela 1- Matriz de confusão dos pixels da área potencial determinada pelo modelo e o desmatamento detectado pelo PRODES em 2008.

Desmatamento 2008	Área Potencial	
	+	-
+	1611	2093
-	254	31524
Total	1865	33617

A matriz de confusão apresentou que o modelo acertou 86%, um erro global de 6% e uma sobreprevisão de 93%. O acerto já é bastante satisfatório, dos 2.387 polígonos detectados pelo PRODES no ano de 2008, 1.903 estavam dentro da área potencial. A sobreprevisão, apesar de alta, é interessante, pois a área potencial determinada não é apenas para o ano de 2008, mas é uma área que deve ser desmatada por vários anos, se não mudarem os vetores que determinam o desmatamento na região.

### Conclusão

Esse trabalho demonstrou que os modelos baseados em nicho ecológico são eficientes na definição de áreas potenciais ao desmatamento na Amazônia ocidental. Assim esse modelos podem ser uma alternativa rápida, barata e fácil para produção de informação sobre desmatamento para os tomadores de decisão.

### **Referências Bibliográficas**

ELITH, J. & LEATHWICK, J., 2009, R.Species Distribution Models: Ecological Explanation and Prediction Across Space and Time, *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics* 40, 677-697

FEARNSIDE, P. M. 1979,O Desenvolvimento da Floresta Amazônica: Problemas Prioritários Para A Formulação de Diretrizes . *Acta Amazônica*, BRASIL, v. 9, n. 4, p. 123-129.

FEARNSIDE, P. M., 2008: The roles and movements of actors in the deforestation of Brazilian Amazonia. *Ecology and Society*, v. 13, p. 1-18.

FEARNSIDE, P. M.,2006. Desmatamento na Amazônia: dinâmica, impactos e controle. *Acta Amazonica*. [online]. v. 36, n. 3, 395-400.

LAURANCE, W.F. & R.O. BIERREGAARD Jr. 1997: *Tropical forest remnants: ecology, management, and conservation of fragmented communities*. The University of Chicago Press, Chicago.,

NEPSTAD, D., SOARES-FILHO, B.S., *et al.* 2009: The End of Deforestation in the Brazilian Amazon. *Science* 326 (5958) 1350-1351.

PHILLIPS, S. J.; ANDERSON, R. P. & SCHAPIRE, R. E., 2006 Maximum entropy modeling of species geographic distributions .pp. 121-151.

SOARES-FILHO B.S., CERQUEIRA G.C., ARAÚJO, WL, VOLL E.,2004. Modelagem de dinâmica de paisagem: concepção e potencial de aplicação de modelos de simulação baseados em autômato celular. In: *Ferramentas para modelagem da distribuição de espécies em ambientes tropicais*. Albernaz A.L., Silva J.M.C. da, Valeriano, D.(editores) Editora Museu Paraense Emílio Goeldi. 2004.

VITEL, C.S.M.N., FEARNSIDE, P.M., GRAÇA, P.M.L.A., 2009, Análise da inibição do desmatamento pela áreas protegidas na parte sudoeste do Arco do desmatamento. Anais do XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal, Brasil, p 6377-6384