

# Sistema Neural Integrado para a Identificação de Áreas Desflorestadas por Corte Raso na Floresta Amazônica

Viviane Todt Diverio<sup>1,2</sup>  
Yosio Edemir Shimabukuro<sup>1</sup>  
Antonio Roberto Formaggio<sup>1</sup>  
José Demísio Simões da Silva<sup>1</sup>  
Cleber Rubert<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE  
Caixa Postal 515 - 12201-970 - São José dos Campos - SP, Brasil  
{viviane,yosio,formaggio}@inpe.br, demisio@lac.inpe.br,cleber@dpi.inpe.br

<sup>2</sup> Universidade do Vale do Rio dos Sinos - UNISINOS  
Av. Unisinos, 950 - 93022-000 - São Leopoldo - RS, Brasil

**Abstract.** This paper shows the classification obtained with an integrated system based on artificial neural networks to map land use and cover areas in the Brazilian Amazon. This system is composed to three neural nets models: Multi-Layer Perceptron, Learning Vector Quantization, and Radial Basis Function. After the training and recognition phase, the results obtained with each net were combined and a final thematic map was generated through the integration module. The system showed to be very promising for studying the targets inside MODIS images for purposes as deforested areas monitoring.

**Keywords:** artificial neural networks, Brazilian Amazon, monitoring, MODIS/TERRA sensor.

**Palavras-chave:** redes neurais artificiais, Amazônia brasileira, monitoramento, sensor MODIS/TERRA.

## 1. Introdução

Devido a crescente preocupação com a preservação dos recursos naturais e a necessidade de entendimento de sua dinâmica, novas técnicas, metodologias e sensores têm sido desenvolvidos. Dentro desse contexto, a floresta Amazônica tem sido um dos principais focos de estudo devido a sua rica biodiversidade e importância no balanço climático.

Por outro lado, entre os diversos sensores disponíveis no momento, o sensor MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*), a bordo dos satélites TERRA e ACQUA, pode ser utilizado para o monitoramento de ações antrópicas, tais como o desflorestamento por corte raso, na região.

Concomitantemente, entre as técnicas disponíveis, as redes neurais artificiais têm sido utilizadas, desde 1980, como uma potencial ferramenta para a classificação de imagens multiespectrais, em abordagens individuais e integradas (Liu et al, 2002; Haykin, 2001).

Dessa forma, esse trabalho tem como objetivo principal apresentar os resultados obtidos com o desenvolvimento de um sistema neural integrado para a classificação de alvos. Assim, parte-se do pressuposto de que três “cérebros” cuidadosamente treinados para uma missão específica apresentam um desempenho melhor do que se a mesma fosse realizada por apenas um único “cérebro”. Considera-se aqui cada “cérebro” como sendo um determinado modelo de rede neural, dos diversos disponíveis na literatura (Haykin, 2001; Fausett, 1994; Freeman, 1991). O Sistema BLR aqui proposto foi anteriormente aplicado sobre imagens CCD/CBERS 1 (Diverio, 2004) e, nesse trabalho, é adaptado para imagens MODIS com a finalidade de averiguar o seu potencial para a identificação de desflorestamentos em tempo real.

## 2. Sistema BLR

O sistema BLR é formado por três modelos de Redes Neurais conhecidos como: *BackPropagation Multi-Layer Perceptron* (MLP), *Learning Vector Quantization* (LVQ) e *Radial Basis Function* (RBF), que realizam o mapeamento dos dados de entrada (níveis de cinza representativos das amostras obtidas sobre imagens-fração solo, vegetação e sombra oriunda de dados MODIS) para cada uma das classes consideradas (floresta, não floresta, água e desflorestamento).

Os *Perceptrons* de Múltiplas Camadas (MLP) têm sido aplicados com sucesso para resolver diversos problemas complexos, através de seu treinamento de forma supervisionada, com um algoritmo muito popular conhecido como retropropagação do erro ou *BackPropagation* (Haykin, 2001; Fausett, 1994).

As redes LVQ (*Learning Vector Quantization*) definem uma família de algoritmos de quantificação vetorial adaptativa, originalmente criada por Kohonen (Haykin, 2001), que podem ser utilizados para a classificação e reconhecimento de padrões, a partir de um conjunto de amostras de treinamento.

As Redes de Funções Radiais de Base (RBF) têm tido recentemente uma significativa posição dentro do domínio das redes neurais artificiais. A principal razão para isso é a simplicidade do processo de treinamento e a eficiência computacional (Haykin, 2001).

Após a obtenção dos três melhores mapas temáticos preliminares (cada qual oriundo de uma determinada rede neural), um procedimento de integração foi executado para gerar um mapa final a partir dos mesmos. O objetivo principal dentro dessa concepção era manter no mapa temático final o melhor resultado obtido com cada rede neural. Assim, a abordagem de integração utilizada considerou um critério de credibilidade para cada “cérebro” neural dependendo da classe para o qual ele estava sendo solicitado a “opinar”. Nesse caso, parte-se do princípio de que se uma rede, após o seu treinamento, se mostrou mais especialista na identificação de desflorestamento, quando a mesma atribuir um *pixel* a essa classe, então sua “opinião” deverá ser altamente considerada. Essas credibilidades foram definidas como se fossem pesos, após uma cuidadosa análise visual dos três melhores mapas temáticos gerados e dos resultados obtidos pelas Tabelas de Confusão e índices *Kappa*.

## 3. Área de estudo

Como área de estudo para o presente trabalho, selecionou-se o tile H11V09 do sensor MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*), do satélite TERRA, obtida em 27 de julho de 2004 que cobre cerca de 14.400 km<sup>2</sup> na região de Porto Velho, estado de Rondônia, entre as latitudes 07º 50” e 09º 03” S e entre as longitudes 64º 10” e 62º 52” O. Essa área foi escolhida por representar alguns dos padrões característicos de desflorestamentos ocorridos na Amazônia brasileira. Verifica-se, também, a presença do rio Madeira, que atravessa a cena no sentido nordeste/sudoeste, a represa Samuel e a existência de algumas áreas florestais e de outras sem fisionomia florestal predominante (como o cerrado e áreas ribeirinhas).

## 4. Material e Método

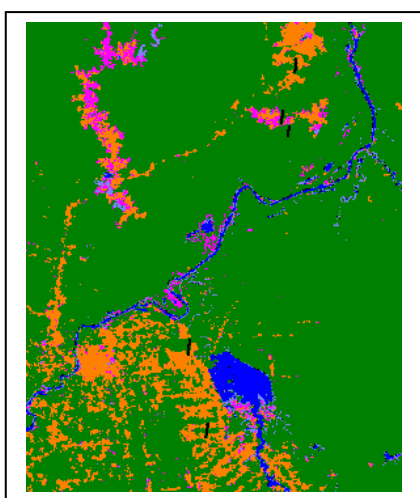
Para a realização desse trabalho fez-se uso de imagens-fração geradas a partir do produto MODIS de índice de vegetação, com resolução espacial nominal de 250 metros. No que se refere ao *software*, utilizou-se o MATLAB (versão 6) para a implementação dos três modelos neurais e dos algoritmos de integração

A metodologia empregada pode ser descrita através dos seguintes passos: 1) obtenção das imagens-fração, a partir do Modelo Linear de Mistura Espectral (Shimabukuro & Smith,

1991), 2) aquisição de amostras de treinamento e teste para calibração e avaliação dos modelos neurais, 3) implementação e treinamento de cada modelo neural individual, 4) integração dos resultados parciais, a partir de um critério de credibilidade ou atribuição de pesos, 5) geração do mapa temático final, 6) análises quantitativas.

## 5. Resultados

Na Figura 1 é possível observar áreas de desflorestamento (tons alaranjados), cerrado, rebrota, áreas ribeirinhas (em tons rosados), queimadas (em tons de roxo), água (em azul), floresta (em verde) e até mesmo os ruídos do sensor MODIS (em preto). De acordo com a hipótese testada nessa pesquisa, a abordagem de integração obteve um desempenho final considerado “bom” (Kappa entre 70 e 80%), mesmo não se realizando testes exaustivos com cada modelo neural.



Porém, ressalta-se que a maior dificuldade para a realização do processo de integração está associada ao estabelecimento dos parâmetros neurais juntamente com a definição dos critérios. Entretanto, acredita-se que a adoção de outras técnicas tais como *Fuzzy* poderia minimizar a subjetividade inerente à escolha dos critérios de credibilidade e aumentar a acurácia na classificação.

Por fim, salienta-se que as redes neurais permitem o reconhecimento de padrões em tempo real o que viabilizaria, teoricamente, o emprego do sistema BLR na detecção de novos desflorestamentos funcionando como um sistema de alerta.

**Figura 1. Classificação através do Modelo Neural Integrado**

## Referências

- Diverio, V.T.; Shimabukuro, Y.E.; Formaggio, A.R.; Silva, J.D.S.; Rubert, C. Um Sistema Neural Integrado para a Identificação de Alvos em Imagens CCD/CBERS. In: Simposio LatinoAmericano de Percepción Remota y Sistemas de Información Espacial, XI, 2004, Santiago - Chile. *Anais...* Santiago: SELPER, 2004. pp.
- Fausett, L. **Fundamentals of neural networks: architectures, algorithms and applications**. Ed. Prentice Hall. New Jersey, 1994.
- Freeman, J.A. and Skapura, D.M. **Neural networks, algorithms, applications, and programming techniques**. New York: Addison Wesley, 1991.
- Haykin, S. **Redes Neurais: princípios e prática**. Trad. Paulo Martins Engel. 2.ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.
- Liu, X.; Skidmore, A.K. and Oosten, H.V. Integration of Classification Methods for Improvement of Land-Cover Map Accuracy, *ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing*, v. 56, p.257-268,2002.
- Shimabukuro, Y.E. and Smith, J.A. The least-squares mixing models to generate fraction images derived from remote sensing multispectral data, *IEEE Transaction on Geoscience and Remote Sensing*, v. 29, n. 1, pp.16-20, 1991.