

Universidade do Estado do Pará
Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação
Centro de Ciências Naturais e Tecnologia
Pós-Graduação em Ciências Ambientais – Mestrado



Renata Sousa Tenório

**Classificação de vegetação em Concessões
Florestais: Estudo no Conjunto de Glebas
Estaduais Mamuru-Arapiuns (Pará), baseado em
técnicas de inteligência computacional,
sensoriamento remoto e inventário florestal**

Belém
2016



Universidade do Estado do Pará
Centro de Ciências Naturais e Tecnologia
Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais – Mestrado
Tv. Enéas Pinheiro, 2626, Marco, Belém-PA, CEP: 66095-100
www.uepa.br/paginas/pcambientais

Renata Sousa Tenório

Classificação de vegetação em Concessões Florestais: Estudo no Conjunto de Glebas Estaduais Mamuru-Arapiuns (Pará), baseado em técnicas de inteligência computacional, sensoriamento remoto e inventário florestal

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais no Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais.

Universidade do Estado do Pará.

Orientador: Prof. Dr. Gundisalvo Piratoba Morales.

Coorientador: Prof. Dr. José Alberto Silva de Sá.

Belém
2016

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP),
Biblioteca do Centro de Ciências Naturais e Tecnologia, UEPA, Belém - PA.

T295c Tenório, Renata Sousa

Classificação de vegetação em Concessões Florestais: estudo no Conjunto de Glebas Estaduais Mamuru-Arapiuns (Pará), baseado em técnicas de inteligência computacional, sensoriamento remoto e inventário florestal./ Renata Sousa Tenório; Orientador Gundisalvo Piratoba Morales; Coorientador José Alberto Silva de Sá. -- Belém, 2016.

34f. : il. ; 30 cm

Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Universidade do Estado do Pará, Centro de Ciências Naturais e Tecnologia, Belém, 2016.

1. Vegetação. 2. Engenharia Floresta. I. Morales, Gunsivalvo Piratoba. II. Sá, José Alberto Silva de. III. Título.

CDD 634.9

Renata Sousa Tenório

Classificação de vegetação em Concessões Florestais: Estudo no Conjunto de Glebas Estaduais Mamuru-Arapiuns (Pará), baseado em técnicas de inteligência computacional, sensoriamento remoto e inventário florestal

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de mestre em Ciências Ambientais no Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais. Universidade do Estado do Pará.

Data da Aprovação: 19/02/2016

Banca Examinadora

_____ – Orientador

Prof. Gundisalvo Piratoba Morales
Doutor em Geologia e Geoquímica
Universidade do Estado do Pará

Prof. Arthur da Costa Almeida
Doutor em Engenharia Elétrica
Universidade Federal do Pará

Prof. Osmar José Romeiro de Aguiar
Doutor em Ciências Florestais e da Madeira
Universidade do Estado do Pará

Prof. Altem Nascimento Pontes
Doutor em Ciências
Universidade do Estado do Pará

_____ – Suplente

Prof. Manoel Tavares de Paula
Doutor em Ciências Agrárias
Universidade do Estado do Pará

Aos meus avós, Renato e Isabel, sempre.

AGRADECIMENTOS

Aos Professores Dr. Gundisalvo Piratoba Morales, meu orientador, e Dr. José Alberto Silva de Sá, meu coorientador, pela construção deste trabalho;

Ao Prof. Dr. Arthur da Costa Almeida, meus sinceros agradecimentos, suas contribuições foram fundamentais para a realização desta pesquisa;

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsa de estudos ao longo de todo o mestrado;

Ao Núcleo de Altos Estudos Amazônicos (NAEA) e o projeto Pró-Integração, pela parceria;

Ao Instituto de Desenvolvimento Florestal e Biodiversidade (IDEFLOR-Bio) pelos dados presentes nesta dissertação;

Aos colegas do mestrado, especialmente a Thamiris, Nariane e Monique pela amizade construída e por tornarem mais leve o meu trabalho;

Aos professores e colaboradores do Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais, assim como os demais funcionários da Universidade do Estado do Pará, por tudo que me ensinaram em suas aulas, seminários e conversas, e pela estrutura que vocês mantêm nesta Instituição;

As Secretárias do Mestrado, Mircéia e Leonilde, pelo apoio nos momentos burocráticos;

Aos amigos da vida, que entenderam minha constante ausência, mas estiveram perto sempre que precisei; Em especial, Paulinha e Annícia, muito obrigada pelas palavras de motivação.

A minha Família, que sempre acreditou, incentivou e fez o que pode para que todos estudassem;

“Todas as vitórias ocultam uma abdicação.”

Simone de Beauvoir

RESUMO

Pesquisas em áreas de concessão florestal podem avaliar o potencial bioenergético do país, auxiliando no desenvolvimento de políticas públicas, além de ajudar a acompanhar a sustentabilidade dos recursos florestais. O objetivo deste estudo foi classificar estratos de vegetação em área de concessão florestal da região amazônica mediante imagens de satélite e inventário florestal, baseados na aprendizagem de técnicas de inteligência computacional. Os parâmetros de treinamento constituíram um conjunto de 400 exemplos de Classes (Estratos Dbe e Dbe + Abp), sendo 200 exemplos para cada estrato; e quatro variáveis (preditores) do sensoriamento remoto (bandas espectrais 3, 4, 5 e NDVI), adotadas para distinguir os ambientes florestais. Os resultados da árvore de decisão foram avaliados mediante a Matriz de Confusão e da Análise do gráfico ROC (*Receiver Operating Characteristic*). A classificação por árvore de decisão apresentou resultados satisfatórios em termos de correta discriminação das classes de tipologias vegetais, onde a acurácia dos dados foi de 90%. O classificador automático criado a partir da árvore de decisão apresentou uma taxa de verdadeiros positivos de 94% para Dbe e 86% para Dbe+Abp, sendo analisado pelo gráfico ROC como um classificador próximo do ideal. O método de árvore de decisão integrado com dados orbitais demonstrou-se adequado para este estudo configurando-se como um elemento auxiliar no monitoramento e reconhecimento de padrões florestais, o que pode servir como subsídio para a tomada de decisão quanto à criação de políticas públicas voltadas para o desenvolvimento regional.

Palavras-chave: Análise ROC. Concessão Florestal. Matriz de Confusão.

ABSTRACT

Research in forest concession areas can evaluate the energy potential of the country, assisting in the development of public policies and help to accompany the forest resource sustainability. The objective of this study was to classify vegetation strata in forest concession area of the Amazon region through satellite images and forestry inventory, based on techniques of artificial intelligence. The training parameters constituted are a set of 400 examples of Classes (Strata Dbe and Dbe + Abp), 200 examples for each stratum; and four variables (predictors) of remote sensing (spectral bands 3, 4, 5 and NDVI), adopted to distinguish the forest environments. The decision tree results were evaluated by Confusion Matrix and ROC graph analysis. The classification by decision tree presented satisfactory results in terms of correct discrimination of vegetation types classes, where the accuracy of the data was 90%. The automatic classifier created from the decision tree presented a true positive rate of 94% for Dbe and 86% for Dbe + Abp, being analyzed by the ROC graph as a next classifier ideal. The integrated decision tree method with orbital data was adequate for this study, setting up as auxiliary element in monitoring and recognition of forest standards, which can serve as input for decision making on the creation of public policies focused on regional development.

Key words: ROC analysis. Forest Concession. Confusion matrix.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Cinco primeiros exemplos de cada classe da Massa de Treinamento dos Estratos Dbe (1) e Dbe+Abp (2).	24
Tabela 2	Classificação em função do coeficiente Kappa.	25
Tabela 3	Matriz de Confusão da árvore de classificação, sem podagem.	26
Tabela 4	Matriz de Confusão da árvore de classificação, com podagem.	27

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Mapa de localização	22
Figura 2	Estrutura dos conglomerados	23
Figura 3	Gráfico ROC para classificadores discretos, sem podagem.	27
Figura 4	Gráfico ROC para classificadores discretos, com podagem no nível 5.	28

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Abp	Floresta Aberta com Palmeiras
Dbc	Floresta Ombrófila Densa Terras Baixas Dossel Emergente
FNDF	Fundo Nacional de Desenvolvimento Florestal
IDEFLOR-Bio	Instituto de Desenvolvimento Florestal e da Biodiversidade do Estado do Pará
ITERPA	Instituto de Terras do Pará
MMA	Ministério do Meio Ambiente
NDVI	Índice de Vegetação da Diferença Normalizada
PAOF	Plano Anual de Ordenamento Florestal
ROC	Características Operacionais do Receptor
SFB	Serviço Florestal Brasileiro
SIG	Sistema de Informações Geográficas
TM	<i>Thematic Mapper</i>
USGS	Serviço Geológico dos Estados Unidos

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO GERAL	15
1.2	REFERÊNCIAS DA INTRODUÇÃO GERAL	18
2	CAPITULO I	20
	O USO DA TÉCNICA ÁRVORE DE DECISÃO PARA CLASSIFICAÇÃO AUTOMÁTICA DA VEGETAÇÃO NO CONJUNTO DE GLEBAS ESTADUAIS MAMURU-ARAPIUNGS, PARÁ	
	RESUMO	20
	ABSTRACT	20
2.1	INTRODUÇÃO	21
2.2	MATERIAL E MÉTODOS	21
2.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	25
2.4	CONCLUSÕES	28
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	28
	ANEXO	31

1. INTRODUÇÃO GERAL

A necessidade de políticas públicas que incentivem a conservar a cobertura vegetal das florestas brasileiras, por meio da melhoria da qualidade de vida da população que vive em seu entorno e do estímulo à economia formal com produtos e serviços oriundos de florestas manejadas (SFB, 2015) foi o que levou o Governo Federal a propor a aprovação da Lei 11.284, de 2 de março de 2006, que dispõe sobre a Gestão das Florestas Públicas e institui, na estrutura do Ministério do Meio Ambiente, o Serviço Florestal Brasileiro (SFB) e o Fundo Nacional de Desenvolvimento Florestal (FNDF), descentralizando a gestão florestal, criando a possibilidade da concessão de áreas de florestas públicas.

A concessão florestal, uma das modalidades de gestão de florestas públicas, é o instrumento utilizado para a delegação onerosa do direito de praticar manejo florestal para a exploração sustentável de produtos e serviços de base florestal em áreas pré-definidas, conforme as condições estabelecidas e capacidades demonstradas no âmbito de processo licitatório (PAOF, 2009), por um prazo determinado. Desta forma, o Governo reduz os riscos de exploração ilegal de suas reservas naturais e garante que a população residente nestas áreas não sofra um impacto social brusco.

A gestão e o contrato de concessão nas florestas públicas federais são feitos pelo SFB, enquanto que nas florestas públicas estaduais são conduzidos por seus Institutos de Floresta. No Pará é realizado pelo Instituto de Desenvolvimento Florestal e da Biodiversidade do Estado do Pará (Ideflor-bio), criado por meio da Lei Estadual N° 6.963/2007 e modificado pela Lei Estadual N° 8.096/2015, atendendo a exigência da Lei Federal N° 11.284/2006.

O Estado do Pará detém um território de 124,7 milhões de hectares (BRASIL, 2015), sendo que aproximadamente 82,4 milhões de hectares (66%) são florestas públicas. Deste total de florestas públicas, 65,3 milhões de hectares (79,25%) pertencem à União, e 17,1 milhões de hectares (20,75%) pertencem ao Pará (PAOF, 2015).

O Estado assinou em 2011 os seus primeiros contratos de concessão para exploração de recursos florestais que compõem as glebas Mamuru-Arapiuns, área de estudo desta pesquisa, situada na região oeste do Pará, abrangendo parte dos municípios de Santarém, Juruti e Aveiro (IDEFLOR, 2012). Para a gestão eficiente

dos contratos de concessão florestal, é necessário que haja o monitoramento das atividades propostas e obrigações contratuais assumidas pelo concessionário e pelo Ideflor-bio, de forma a garantir a sustentabilidade das florestas e gerar benefícios sociais, econômicos e ambientais (PAOF, 2015).

No entanto, esta é uma tarefa não muito fácil; experiências em países que já fizeram concessão em suas florestas revelaram certo fracasso, ocasionando atividades desenvolvidas, tampouco avaliar e quantificar os impactos causados pela atividade do manejo florestal desenvolvida pela concessionária (MONTEIRO, 2011). O regime de concessão florestal não é privatização das florestas (RIBEIRO & CASTRO, 2008), é necessário monitorar essas áreas, que mesmo em concessão, continuam sob domínio público. Pesquisas nestes locais podem avaliar o potencial bioenergético do país, auxiliando no desenvolvimento de políticas públicas, além de ajudar a acompanhar a sustentabilidade dos recursos florestais.

A identificação de áreas potenciais não deve ser confundida como um incentivo de exploração e sim como uma ferramenta para auxiliar o planejamento da matriz energética nacional, assim como para o monitoramento de florestas localizadas em áreas públicas, fornecendo informações necessárias para que os órgãos responsáveis possam definir qual o melhor ordenamento/planejamento territorial, orientando o uso do solo, preocupando-se em identificar e caracterizar unidades territoriais homogêneas, nas quais é possível estabelecer a setorização do espaço para atividades específicas (BRASIL, 2007).

Embora o método tradicional de monitoramento seja uma técnica amplamente difundida e utilizada, esse processo tem sido repensado por se tornar oneroso e demorado quando se aplica para florestas com localização remota e de grandes extensões (HIGUCHI; CARVALHO JÚNIOR, 1994; WATZLAWICK, 2003; QURESHI et al., 2012; CASSOL, 2013), como é o caso da região amazônica. De acordo com Monteiro (2005), fatores associados à localização geográfica e os problemas de acesso à área dificultam ações de monitoramento em campo, com uma frequência desejável, para acompanhar a execução de atividades do setor florestal, fato este que aponta para a necessidade de adoção de técnicas alternativas de monitoramento.

Este projeto de pesquisa surgiu da necessidade de utilizar novas metodologias para auxiliar no monitoramento e ordenamento territorial do Estado do Pará. Estudos nessa região têm tido como suporte o emprego de técnicas de sensoriamento

remoto. As propriedades biofísicas têm sido estimadas nessa faixa do espectro eletromagnético, por meio de índices de vegetação. Além da facilidade da aplicação, reduz o custo e tempo despendidos com inventários florestais (FOODY et al., 2003; WATZLAWICK et al., 2009; LE MAIRE et al., 2011).

Os dados gerados por meio de inventários florestais podem melhorar a eficiência do monitoramento ao serem correlacionados com valores obtidos do Sensoriamento Remoto (MONTEIRO, 2005), aliado a alimentação e ao treinamento de técnicas de Inteligência Artificial, tornando-a também uma alternativa viável. Carvalho Junior et al. (2008) apresentaram resultados satisfatórios sobre a distribuição da floresta tropical ao utilizar árvore de decisão associada a informações do sensoriamento remoto.

Além da possibilidade de integralizar e validar dados coletados em campo, que ainda serão necessários para fornecer resultados confiáveis na região onde o treinamento será estabelecido. Entretanto, o custo para a obtenção desses dados será muito inferior ao custo oriundo dos procedimentos clássicos de inventário florestal.

O objetivo desta pesquisa foi classificar estratos de vegetação em área de concessão florestal da região amazônica mediante imagens de satélite e inventário florestal, baseados na aprendizagem da técnica de inteligência computacional Árvore de Decisão.

Esta dissertação de mestrado está estruturada em introdução geral e capítulo I, que corresponde ao artigo “TÉCNICA DE INTELIGÊNCIA COMPUTACIONAL ÁRVORÉ DE DECISÃO PARA CLASSIFICAÇÃO AUTOMÁTICA DA VEGETAÇÃO NO CONJUNTO DE GLEBAS ESTADUAIS MAMURU-ARAPIUNS, PARÁ”, cuja formatação seguiu as normas da revista “Ciência Florestal”. No entanto, as numerações e margens das páginas estão de acordo com as normas de formatação de dissertação do Programa de Mestrado em Ciências Ambientais, da Universidade do Estado do Pará.

1.2. REFERÊNCIAS DA INTRODUÇÃO GERAL

BRASIL. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Secretaria de Gestão. Comissão Europeia. Textos de Referência em Planejamento Territorial Integrado. Brasília: Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, 90 p. 2007.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Departamento de Áreas Protegidas. Cadastro Nacional de Unidades de Conservação - CNUC; IBGE. **Área Territorial Brasileira**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/areaterritorial/principal.shtm>>. Acesso em: 16 de abril de 2015.

CARVALHO JÚNIOR, O. A. D.; COELHO, M. A. N.; MARTINS, É. D. S.; GOMES, R. A. T.; COUTO JUNIOR, A. F.; OLIVEIRA, S. N. D; Santana, A. O. Mapeamento da vegetação na floresta atlântica usando o classificador de árvore de decisão para integrar dados de sensoriamento remoto e modelo digital de terreno. *Revista Brasileira de Geofísica*, v. 26, n. 3, p. 331-345. 2008.

CASSOL, H. L. G. Estimativa de biomassa e estoque de carbono em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista com uso dados ópticos de sensores remotos. 2013. 143 f. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013.

FOODY, G. M.; BOYD, D. S.; CUTLER, M. E. J. Predictive relations of tropical Forest biomass from Landsat TM data and their transferability between regions. **Remote Sensing of Environment**, New York, v. 85, p. 463-474. 2003.

HIGUCHI, N.; CARVALHO JR, JA de. Fitomassa e conteúdo de carbono de espécies arbóreas da Amazônia. Seminário emissão x sequestro de CO₂: Uma nova oportunidade de negócios para o Brasil, p. 125-153, 1994.

INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO FLORESTAL E DA BIODIVERSIDADE DO ESTADO DO PARÁ. Inventário Florestal Diagnóstico do Conjunto de Glebas Estaduais Mamuru-Arapiuns – Pará. (2012). Disponível em: <http://ideflorbio.pa.gov.br/wp-content/uploads/2015/10/INVENT%C3%81RIO-FLORESTAL-DISGN%C3%93STICO-DO-CONJUNTO-DE-GLEBAS-MAMURU-ARAPIUNS.pdf> Acesso em: 02 de junho de 2015.

LE MAIRE, G.; MARSDEN, C.; NOUVELLON, Y.; GRINAND, C.; HAKAMADA, R.; STAPE, J. L.; LACLAU, J. P. MODIS NDVI time-series allow the monitoring of *Eucalyptus* plantation biomass. **Remote Sensing of Environment**, v. 115, n.10, p 2613 - 2625, 2011.

MONTEIRO, A. L. S. Monitoramento de indicadores de manejo florestal na Amazônia legal utilizando sensoriamento remoto. 2005. 105 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

MONTEIRO, L. C. Os contratos de concessão de florestas públicas no Pará: Uma análise crítica e proposições para a gestão sustentável. 2011. 88 f. Dissertação (Mestrado em Gestão de Recursos Naturais e Desenvolvimento Local na Amazônia), Universidade Federal do Pará, Belém, 2011.

PLANO ANUAL DE OUTORGA FLORESTAL (PAOF) – 2009. MMA - Serviço Florestal Brasileiro. Brasília, 2008.

PLANO ANUAL DE OUTORGA FLORESTAL (PAOF-PARÁ) – 2015. Instituto de Desenvolvimento Florestal do Estado do Pará, 2015.

QURESHI, A.; PARIVA. S.; PADOLA, R.; HUSSAIN, S. A. A review of protocols used for assessment of carbon stock in forested landscapes. **Environmental Science & Police**. v. 16, p. 81-89. 2012.

RIBEIRO, A. C.; CASTRO, E. R. de. Lei sobre Gestão de Florestas Públicas e impactos na Br-163. In: CASTRO, E. R. Sociedade, Territórios e Conflitos: Br-163 em Questão. Belém: NAEA, 2008. P189-222.

SERVIÇO FLORESTAL BRASILEIRO (SFB). **Concessões Florestais**. Disponível em: <<http://www.florestal.gov.br/concessoes-florestais/o-que-e-concessao-florestal/concessao-florestal-um-novo-paradigma-de-uso-das-florestas>> Acesso em: 16 de abril de 2015.

WATZLAWICK, L. F. Estimativa de biomassa e carbono em Floresta Ombrófila Mista e plantações florestais a partir de dados de imagens do satélite IKONOS II. 119 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2003.

WATZLAWICK, L. F.; KIRCHNER, F. F.; SANQUETTA, C. R.. Estimativa de biomassa e carbono em floresta com araucária utilizando imagens do satélite IKONOS II. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 19, n. 2, p. 169-181, abr.-jun. 2009.

CAPITULO I

Este artigo será submetido à “Ciência Florestal”.

USO DA TÉCNICA ÁRVORE DE DECISÃO PARA CLASSIFICAÇÃO AUTOMÁTICA DA VEGETAÇÃO NO CONJUNTO DE GLEBAS ESTADUAIS MAMURU-ARAPIUNS, PARÁ

USE OF TECHNICAL DECISION TREE FOR AUTOMATIC CLASSIFICATION OF VEGETATION IN STATE GLEBAS OF MAMURU-ARAPIUNS, PARA

Renata Sousa Tenório¹, Thamiris das Graças Pereira², José Alberto Silva de Sá³, Arthur da Costa Almeida⁴, Gundisalvo Piratoba Morales⁵

RESUMO

A mineração de dados pela técnica computacional denominada Árvore de Decisão é uma proposta promissora na análise de dados do Sensoriamento Remoto, destacando-se entre as técnicas de classificação de dados. Esta técnica utiliza mecanismos de categorização por meio de divisão hierárquica dos dados, em que um padrão desconhecido é rotulado, usando-se uma sequência de decisões. O objetivo deste trabalho foi realizar a classificação automática de tipologias florestais, utilizando dados de Sensoriamento Remoto e uma técnica de Aprendizagem de Máquina. Os parâmetros de treinamento constituíram um conjunto de 400 exemplos de Classes (Estratos Dbe e Dbe + Abp), sendo 200 exemplos para cada estrato; e quatro variáveis (preditores) do sensoriamento remoto (bandas espectrais 3, 4, 5 e NDVI), adotadas para distinguir os ambientes florestais. Os resultados da árvore de decisão foram avaliados mediante a Matriz de Confusão e da Análise do gráfico ROC (*Receiver Operating Characteristic*). A classificação por árvore de decisão apresentou resultados satisfatórios em termos de correta discriminação das classes de tipologias vegetais, onde a acurácia dos dados foi de 90%. O classificador automático criado a partir da árvore de decisão apresentou uma taxa de verdadeiros positivos de 94% para Dbe e 86% para Dbe+Abp, sendo analisado pelo gráfico ROC como um classificador próximo do ideal. O método de árvore de decisão integrado com dados orbitais demonstrou-se adequado para este estudo configurando-se como um elemento auxiliar no monitoramento e reconhecimento de padrões florestais, o que pode servir como subsídio para a tomada de decisão quanto à criação de políticas públicas voltadas para o desenvolvimento regional.

Palavras-chave: árvore de classificação; análise ROC; matriz de confusão.

ABSTRACT

Data mining by the computational technique named Decision Tree is a promising proposal in remote sensing data analysis, standing out among the data classification techniques, this technique uses categorization mechanisms through hierarchical division of data, where an unknown pattern it is labeled, using a sequence of decisions. The aim of this study was the automatic classification of forest types using remote sensing data and a machine learning technique. The training parameters constituted are a set of 400 examples of Classes (Strata Dbe and Dbe + Abp), 200 examples for each stratum; and four variables (predictors) of remote sensing (spectral bands 3, 4, 5 and NDVI), adopted to distinguish the forest environments. The decision tree results were evaluated by Confusion Matrix and ROC graph analysis. The classification by decision tree presented satisfactory results in terms of correct discrimination of vegetation types classes, where the accuracy of the data was 90%. The automatic classifier created from the decision tree presented a true positive rate of 94% for Dbe and 86% for Dbe + Abp, being analyzed by the ROC graph as a next classifier ideal. The integrated decision tree method with orbital data was adequate for this study, setting up as auxiliary element in monitoring and recognition of forest standards, which can serve as input for decision making on the creation of public policies focused on regional development.

Keywords: classification tree; ROC analysis; confusion matrix.

INTRODUÇÃO

Nos últimos 40 anos, houve uma evolução no desenvolvimento de instrumentos que possibilitam a coleta de um grande volume de dados, tornando-os mais sofisticados, a exemplo do sensoriamento remoto (SR), a capacidade de processamento dos computadores e a evolução dos algoritmos de reconhecimento de padrões para a classificação (RUIZ et al., 2014).

Existem diferentes técnicas de reconhecimento de padrões em imagens de SR que podem auxiliar na identificação de áreas com maior probabilidade de ocorrência e auxiliar em estratificações espaciais. Enquanto que a Inteligência Artificial (IA) sistematiza e automatiza tarefas (TSO e MATHER, 2001; SILVA, 2005) e, portanto, é potencialmente relevante para a análise de dados.

A mineração de dados por árvore de decisão (AD), apesar de ser uma técnica relativamente nova, é relatada como promissora na análise de dados de SR, destacando-se entre as técnicas de classificação de dados. A árvore de decisão refere-se ao método de classificação supervisionada que utiliza mecanismos de categorização por meio de divisão hierárquica dos dados, em que um padrão desconhecido é rotulado, usando-se uma sequência de decisões. Na aplicação em dados multiespectrais, o desenho da árvore de decisão é baseado no conhecimento das propriedades espectrais de cada classe e na relação entre as classes (ZHAO e ZHANG, 2008; HAN e KAMBER, 2006; TSO e MATHER, 2001).

Este algoritmo estabelece uma relação entre variáveis preditoras e a variável resposta, sendo construído a partir de nós e ramos gerados para dividir um conjunto de dados. A partição em classes (nós) é decidida por meio das características que melhor dividem os dados e os ramos representam intervalo de valores (ALI et al., 2012). A árvore de decisão divide cada nó intermediário em nós descendentes: um nó, quando os dados satisfazem o teste lógico, e outro nó, quando não satisfazem (LATORRE et al., 2007), o processo termina quando todas as observações obtidas deste particionamento contenham casos que pertençam a uma única classe.

Ao utilizar a amostragem aleatória, a avaliação do modelo pode ser realizada por diferentes métodos sem que se obtenham falsos valores (super ou subestimados) da acurácia. Isso pode estar associado ao fato da acurácia obtida pela validação cruzada ser calculada a partir de uma matriz de confusão com base no uso de um subconjunto de dados que não tenham sido usados no treinamento (ELKAN, 2012).

Segundo Quinlan (1996), sua estrutura traduz uma árvore invertida, a qual se desenvolve da raiz para as folhas. O nó de decisão possui um teste para algum atributo, e cada ramo descendente corresponde a um possível valor para esse atributo, sendo a folha relacionada a uma classe. O caminho completo da árvore, que vai da raiz para a folha, determina uma regra de classificação. Os resultados obtidos são organizados de maneira compacta, podendo ser utilizados para classificar novos casos similares (FRIEDL e BRODLEY, 1997).

A integração das técnicas de sensoriamento remoto e inteligência computacional (JEBARAJ e INIYAN, 2006) também tem se mostrado promissora na identificação e estimativa de fontes de energias renováveis, na avaliação do perfil de demanda energética e no desenvolvimento de planos estratégicos de fontes renováveis de energia que, conforme Voivontas et al. (1998), constituem a base sobre a qual uma política regional realista deveria ser formada. Segundo Ramachandra (2009), somente quando as necessidades energéticas estão integradas às preocupações ambientais é possível alcançar o desenvolvimento sustentável para uma região.

O objetivo deste trabalho foi realizar a classificação automática de tipologias florestais, utilizando dados de Sensoriamento Remoto e uma técnica de Aprendizagem de Máquina.

MATERIAL E MÉTODOS

Caracterização da área de estudo

A área de estudo é denominada Conjunto de Glebas Estaduais Mamuru-Arapiuns, localizada entre os municípios de Santarém, Juruti e Aveiro, no Estado do Pará, abrangendo uma extensão aproximada de 600.000 hectares, matriculados em nome do Estado do Pará, através do Instituto de Terras do Pará (ITERPA). O limite de estudo fica inserido dentro das Glebas Nova Olinda I e II e a Gleba Mamuru, conforme a Figura 1.

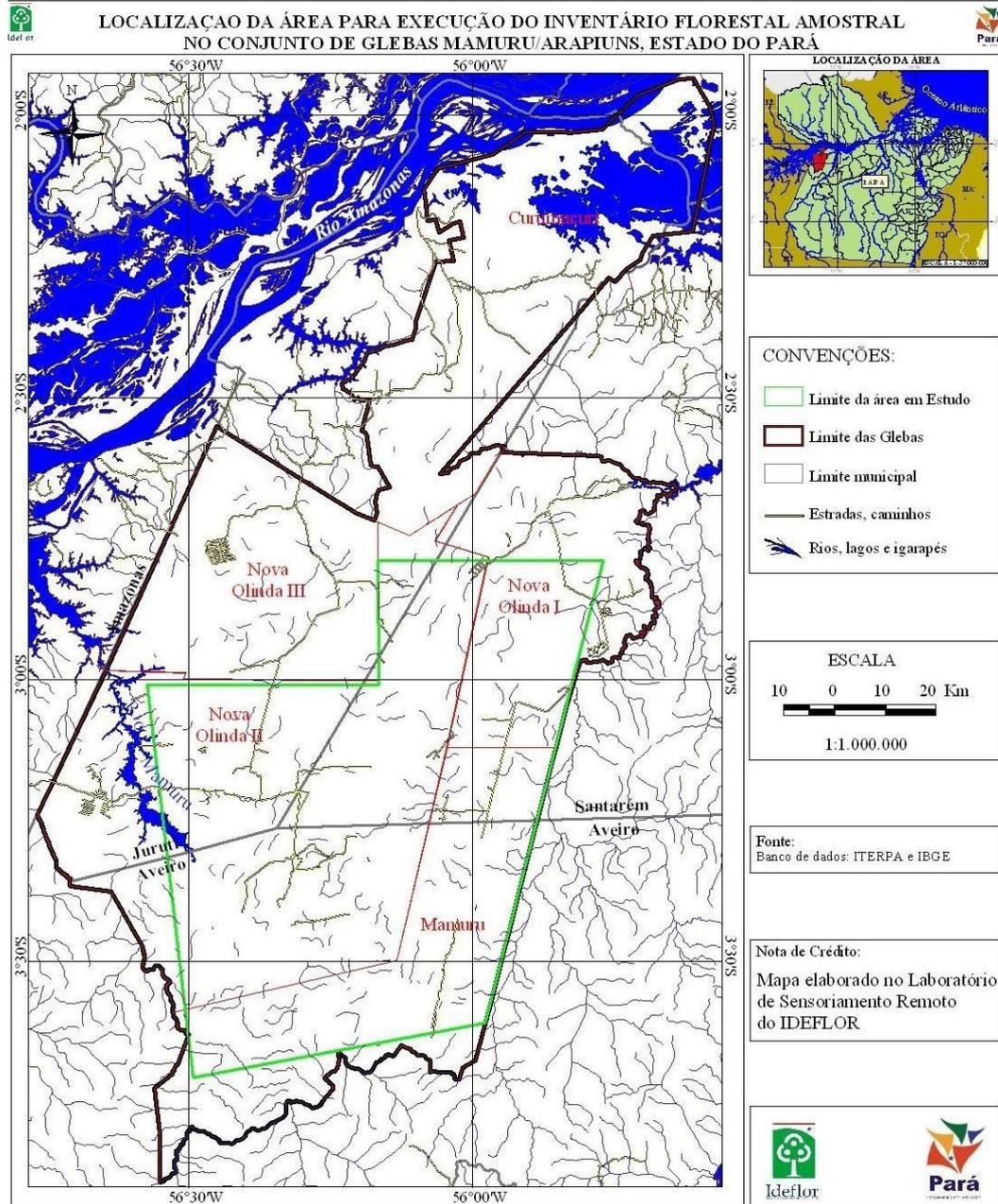


FIGURA 1: Mapa de localização.

FIGURE 1: Location map.

A região Mamuru-Arapiuns abrange as bacias hidrográficas dos rios Mamuru e Arapiuns, afluentes dos rios Amazonas e Tapajós, respectivamente (PAOF, 2015). O clima da região é do tipo Amw conforme Köppen, caracterizado como quente e úmido, onde temperatura média anual varia entre 25°C e 28°C, umidade relativa média do ar de 88%. O regime de chuvas apresenta grande variação durante o ano, com as maiores precipitações ocorrendo nos meses de janeiro a julho, a estação seca ocorre de agosto a dezembro. A precipitação pluviométrica média anual é de 1.900 mm.

Tipologias florestais utilizadas na criação da árvore de classificação

Foram utilizados dados do Inventário Florestal do Conjunto de Glebas Estaduais Mamuru-Arapiuns, conduzido em 2009 e concedidos por meio de parceria firmada entre o Instituto de Desenvolvimento Florestal e da Biodiversidade do Estado do Pará (Ideflor-Bio) e a Universidade do Estado do Pará (UEPA).

As áreas florestais estudadas correspondem a duas tipologias: Floresta Ombrófila Densa Terras baixas Dossel emergente (DbE) e Floresta Ombrófila Densa Terras baixas Dossel emergente e

Aberta com palmeiras (Dbe + Abp). Conforme o edital 04/2009 do Serviço Florestal Brasileiro, as classes obtidas foram validadas com dados de campo e do herbário da Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), como também, dados provenientes da literatura, segundo Veloso et al. (2012).

O sistema de amostragem utilizado, previamente definido pelo Serviço Florestal Brasileiro (SFB), adotou a Amostragem Estratificada, onde foram distribuídos aleatoriamente 30 conglomerados, com 15 unidades para cada estrato.

Cada conglomerado abrangia uma área de 100 hectares (1.000 x 1.000 m), composto por 8 subunidades de 20 x 200 m cada, alocadas sistematicamente a partir de um ponto central, sendo que a cada eixo cardinal (Leste-oeste, Norte-sul) duas unidades foram alocadas, a primeira a 50m do ponto central, e a segunda a 50m da primeira (Figura 2).

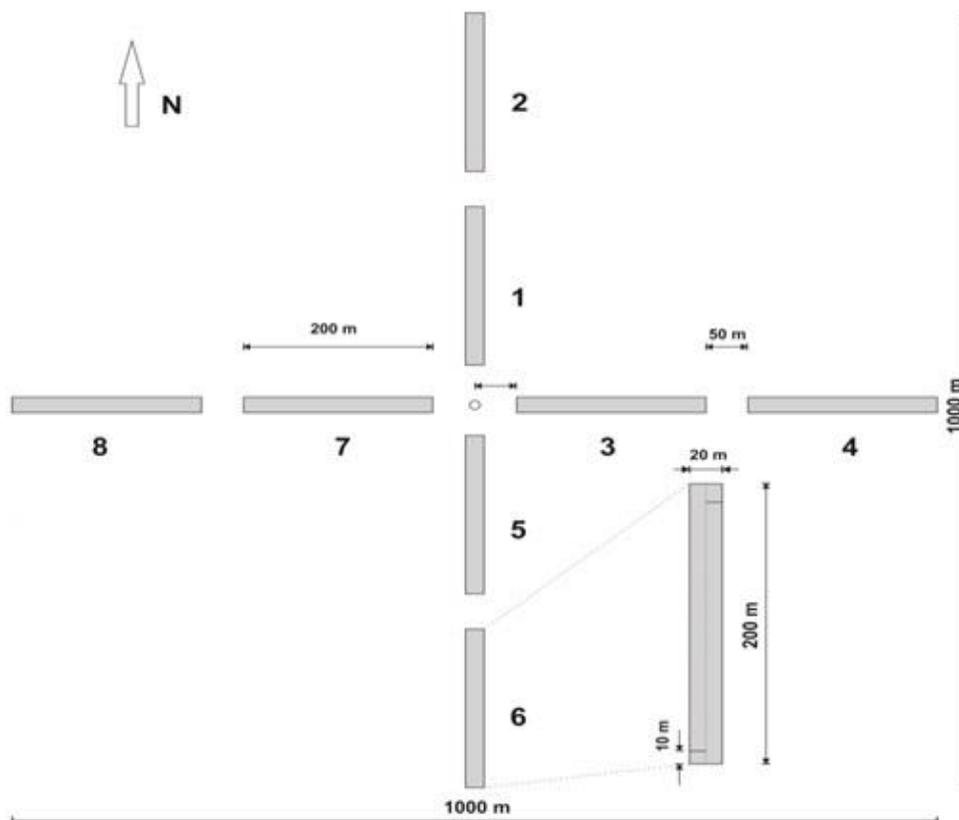


FIGURA 2: Estrutura dos conglomerados.

FIGURE 2: Conglomerates's structure.

Características e Seleção dos Dados

Bandas espectrais

Foram adquiridas imagens do sensor *Thematic Mapper* (TM), abordo do satélite Landsat 5, órbita-ponto 228/62 e 228/63 de 29 de junho de 2009, com menor cobertura de nuvens e ano de execução do inventário florestal. As imagens tem resolução espacial de 30 m e foram obtidas de forma gratuita através da página do Serviço Geológico dos Estados Unidos (*United States Geological Survey* - USGS).

O critério de seleção das bandas espectrais para o desenvolvimento da pesquisa sucedeu mediante suas aplicações e para fins de cálculo do Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI).

Foram utilizadas as bandas espectrais: 3 (vermelho) que permite medir níveis de absorção de clorofila pelas plantas, contribuindo para a diferenciação de tipos de vegetação, a banda 4 (infravermelho próximo) que é muito utilizada para a identificação de tipos diferentes de vegetação, assim como para avaliar o potencial de biomassa e a banda 5 (infravermelho médio) usada para mapeamentos de corpos d'água, unidade da vegetação e apresenta sensibilidade ao teor de umidade das plantas (LILLESAND e KIEFER, 2004).

Os valores de pixels das Bandas 3, 4 e 5 foram extraídos com base na amostragem utilizada no inventário florestal, partindo das coordenadas do ponto central de cada conglomerado em direção as subunidades.

Índice de vegetação da diferença normalizada (Normalized difference vegetation index – NDVI)

O NDVI é considerado um bom estimador de biomassa por ser um indicador sensível à presença de clorofila no processo de fotossíntese e da condição da vegetação, produzindo valores pertencentes ao intervalo de -1 a +1. (HUETE et al., 1997; LÊDO et al, 2011).

O índice, gerado a partir de valores de Números Digitais (DNs) originais, proposto por Rouse et al. (1973), é dado pela Equação 1:

$$NDVI = \frac{(IVP-V)}{(IVP+V)} \quad (1)$$

Em que: IVP= Infravermelho próximo; V= Vermelho.

A Tabela 1 mostra um exemplo de dados de entrada para a Árvore de Classificação.

TABELA 1: Cinco primeiros exemplos de cada classe da Massa de Treinamento dos Estratos Dbe (1) e Dbe+Abp (2).

TABLE 1: Five examples of each class of Training Mass of Strata Dbe (1) e Dbe+Abp (2).

Banda 3	Banda 4	Banda 5	NDVI	Estratos
23	106	73	0.6434	1
24	104	76	0.6250	1
23	109	70	0.6515	1
25	108	77	0.6241	1
25	104	74	0.6124	1
22	82	65	0.5769	2
22	84	65	0.5849	2
22	90	67	0.6071	2
22	87	66	0.5963	2
22	90	63	0.6071	2

Processo de Criação da Árvore de Classificação

A Árvore de Classificação é um modelo de Árvore de Decisão, que neste estudo tem a finalidade de classificar os dados em estratos: Dbe ou Dbe +Abp. Os dados de cada estrato foram divididos aleatoriamente em dois conjuntos independentes, conforme Han e Kamber (2006): um de treinamento e o outro de teste.

Os parâmetros de treinamento constituem um conjunto de 400 exemplos de Classes (Estratos Dbe e Dbe + Abp), sendo 200 exemplos para cada estrato; e quatro variáveis do sensoriamento remoto (bandas espectrais 3, 4, 5 e NDVI), adotadas para distinguir os ambientes florestais.

Uma vez definido o conjunto dos elementos preditores (bandas e NDVI) com suas respectivas classes (Estratos) o algoritmo computacional cria uma árvore de classificação, ou seja, um conjunto de regras de classificação capaz de rotular novas entradas. A acurácia das árvores pode ser otimizada pela redução do número de regras geradas, ação conhecida como poda (*prunning*) nas árvores (DEL TORO ESPIN et al., 2015), o que em geral proporciona melhores resultados na classificação.

Avaliação da Árvore de Classificação

Na classificação a predição é feita para um aprendizado supervisionado que assume valores de saída categóricos (KECMAN, 2001), onde as divisões são subconjuntos disjuntos das categorias de entrada, sendo assim sua saída é apenas um rótulo de classe, cujas taxas de Verdadeiros Positivos e Falsos Positivos são referentes aos 100 exemplos teste das Classes (Estratos Dbe e Dbe + Abp), sendo 50 exemplos para cada estrato; e as quatro variáveis do sensoriamento remoto (bandas espectrais 3, 4, 5 e NDVI).

Os resultados da árvore de classificação foram analisados por meio de uma Matriz de Confusão, amplamente utilizada em análise estatística, que identifica o erro da classificação para cada categoria e como se deram as confusões entre categorias (HAN e KAMBER, 2006), e por intermédio

das Características Operacionais do Receptor (*Receiver Operating Characteristic*) ou Análise ROC e o Índice Kappa.

Segundo Dutra e Carvalho (2008), a análise ROC é baseada na medida da sensibilidade, que é a taxa de verdadeiros positivos (ausência de erro de omissão) *versus* a especificidade que é a taxa de falso positivo (erro de sobreprevisão).

As taxas são calculadas, conforme Fawcett (2006), por meio das equações (2), (3) e (4):

$$\text{Taxa FP} = \text{FP} / \text{FP} + \text{VN} \quad (2)$$

Em que: FP= Falsos Positivos; VN= Verdadeiros Negativos.

$$\text{Taxa VP} = \text{VP} / \text{VP} + \text{FN} \quad (3)$$

Em que: VP=Verdadeiros Positivos; FN=Falso Negativo.

$$\text{Acurácia} = \text{VP} + \text{VN} / \text{VP} + \text{VN} + \text{FP} + \text{FN} \quad (4)$$

Em que: VP = Verdadeiros Positivos; VN = Verdadeiros Negativos; FP = Falsos Positivos; FN = Falsos Negativos.

Quando um exemplo positivo for classificado como positivo pelo classificador, então ele será computado como um verdadeiro positivo (VP); caso o exemplo seja classificado como negativo, ele será denominado falso negativo (FN). Se um exemplo é negativo e é classificado como negativo, é chamado de verdadeiro negativo (VN); caso seja classificado como positivo, é considerado um falso positivo (FP) (FAWCETT, 2006). Assim, dos cruzamentos tem-se: VP e FP que totalizam os Positivos Previstos (PP); FN e VN que totalizam os Negativos Previstos (NP). A soma de VP e FN resulta nos Positivos Reais (PR) e com a soma de FP e VN obtêm-se os Negativos Reais (NR).

Além da Acurácia Global de Fawcett (2006) que foi obtida pela divisão do número de pontos corretamente classificados com o total de pontos, outro procedimento foi utilizado para mensurar a exatidão das classificações, o coeficiente Kappa (*k*) (ROSENFELD e FITZPATRICK-LINS, 1986), por representar inteiramente a matriz de confusão. O índice foi calculado por meio do *Software Bioestat* (Versão 5.3) cuja classificação está especificada na Tabela 2.

TABELA 2: Classificação em função do coeficiente Kappa.

TABLE 2: Classification based on the Kappa coefficient.

Kappa	Conceito
< 0	Péssima
0 < k ≤ 0.2	Má
0.2 < k ≤ 0.4	Razoável
0.4 < k ≤ 0.6	Boa
0.6 < k ≤ 0.8	Muito Boa
0.8 < k ≤ 1.0	Excelente

Fonte: Latorre et al. (2007)

A Árvore de Classificação gerada para este trabalho foi feita por meio de funções nativas do *Software Matlab*, versão R2011b, com licença do Laboratório de Engenharia de Produção (LEP), da Universidade do Estado do Pará.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A classificação por árvore de decisão apresentou resultados satisfatórios em termos de correta discriminação das classes de tipologias vegetais, considerando os critérios estabelecidos sobre as informações levantadas.

A árvore inicial, sem realizar podagem, possuía um conjunto de 26 regras de decisão com 16 folhas para o Estrato Dbe e 11 folhas para o Estrato Dbe+Abp, sendo que a sua avaliação, com a aplicação da massa de teste, resultou em nível de acurácia global igual a 85%.

A fim de minimizar os efeitos do ajuste específico (*overfitting*) e também para deixar a base de decisão mais compreensível mediante a redução do número de regras da árvore gerada, foi executado progressivamente um processo de podagem. O nível de podagem 5 apresentou a melhor acurácia da árvore quando utilizada a massa de teste, o que resultou em 90% de acertos. Segundo Del Toro Espín et al. (2015), uma árvore assim gerada pode então ser utilizada para classificar novos casos.

Os resultados conseguidos neste trabalho corroboram com os obtidos por Nonato e Oliveira (2013), nos estudos sobre classificação de vegetação de cana-de-açúcar. Os autores concluíram que os atributos que produziram o melhor resultado de classificação foram compostos apenas pelo NDVI e bandas 3, 4 e 5, do Landsat 5, apresentando uma taxa de acerto de 96,68%, indicando que apenas nessas três bandas, devidamente combinadas, há informação suficiente para se alcançar um resultado de classificação muito bom.

As Tabelas 3 e 4 mostram a Matriz de Confusão gerada por meio do conjunto de teste aplicado à árvore sem poda e com poda no nível 5, respectivamente. A matriz de confusão tem função de avaliação por descrever os acertos e os erros ocorridos durante a classificação. As linhas representam as previsões e as colunas representam as verdadeiras classes, enquanto que a diagonal principal indica os valores corretamente classificados.

Na árvore original, sem realizar podagem, a matriz de confusão apresentou acurácia de 85%, obtendo-se uma taxa de verdadeiros positivos de 88% e uma taxa de falsos positivos de 18% para o estrato Dbe e uma taxa de verdadeiros positivos de 82% e uma taxa de falsos positivos de 12% para o estrato Dbe + Abp (Tabela 3).

TABELA 3: Matriz de Confusão da árvore de classificação, sem podagem.

TABLE 3: Confusion matrix of classification tree, without pruning.

		Real		
		Classe	Dbe	Dbe+Abp
Predição	Dbe	44	9	53
	Dbe+Abp	6	41	47
Soma		50	50	100

Em que: Dbe = Floresta Ombrófila Densa Terras baixas Dossel emergente; Dbe + Abp = Floresta Ombrófila Densa Terras baixas Dossel emergente e Aberta com palmeiras.

A avaliação do modelo gerado foi feita utilizando o gráfico de análise das Características Operacionais do Receptor (*Receiver Operating Characteristic*) ou Análise ROC. Uma técnica de visualização, organização e seleção de classificadores com base no seu desempenho (FAWCETT, 2006), que ao avaliar a qualidade das previsões indicou uma acurácia acima de 50% para os dois estratos.

Na árvore inicial, sem podagem, o gráfico exibiu uma taxa de verdadeiros positivos de 88% para o estrato Dbe e 82% para o estrato Dbe + Abp. Segundo Fawcett (2006), estes resultados representam bons desempenhos por estarem distantes da linha diagonal. Percebe-se também uma avaliação favorável quanto à taxa de falsos positivos sendo obtidos 12% e 18% para os estratos Dbe e Dbe+Abp, respectivamente (Figura 3).

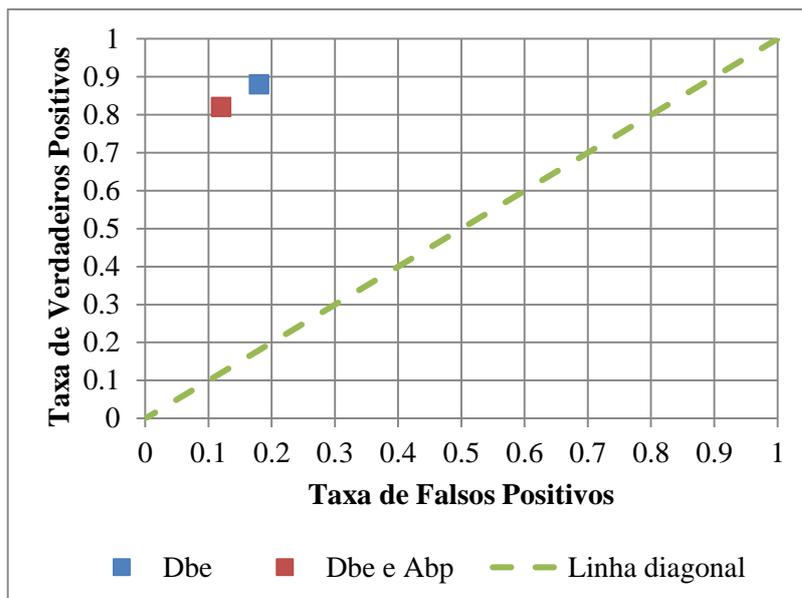


FIGURA 3: Gráfico ROC para classificadores discretos, sem podagem.

FIGURE 3: ROC graph for discrete classifiers, without pruning.

Na árvore após o processo de podagem, a matriz de confusão apresentou acurácia de 90%, obtendo-se uma taxa de verdadeiros positivos de 94% e uma taxa de falsos positivos de 6% para o estrato Dbc e uma taxa de verdadeiros positivos de 86% e uma taxa de falsos positivos de 14% para o estrato Dbc + Abp. (Tabela 4).

TABELA 4: Matriz de Confusão da árvore de classificação, com podagem.

TABLE 4: Confusion matrix of classification tree, with pruning.

		Real		
		Classe	Dbc	Dbc+Abp
Predição	Dbc	47	7	54
	Dbc+Abp	3	43	46
Soma		50	50	100

Em que: Dbc = Floresta Ombrófila Densa Terras baixas Dossel emergente; Dbc + Abp = Floresta Ombrófila Densa Terras baixas Dossel emergente e Aberta com palmeiras.

O coeficiente Kappa calculado por meio da Matriz de Confusão da Árvore de Classificação com podagem apresentou um valor de 0.8 (80%), correspondendo ao conceito “Excelente” de desempenho classificatório (0.8 – 0.1), indicando uma alta concordância dos resultados preditos com os observados.

No gráfico de Análise ROC, com a árvore no nível 5, foi observado que a taxa de verdadeiros positivos aumentou e a taxa de falsos positivos diminuiu, nos dois estratos, indicando esta podagem como a ideal (Figura 4).

Após a podagem, o classificador para o estrato Dbc continuou apresentando o melhor desempenho, inclusive, aumentou de 88% para 94% a classificação de exemplos verdadeiros positivos. Enquanto que o estrato Dbc + Abp exibiu um crescimento de 82% para 86% em relação à taxa de verdadeiros positivos. A taxa de falsos positivos diminuiu de 12% para 6% em relação ao estrato Dbc e reduziu de 18% para 14% em relação ao estrato Dbc+Abp. A diferença na taxa de verdadeiros positivos entre os estratos pode estar relacionada ao fato de que o estrato Dbc + Abp apresenta duas tipologias florestais, Floresta Ombrófila Densa Terras baixas Dossel emergente e Aberta com palmeiras, indicando que o método de Árvore de Decisão pode ter mais dificuldade ao classificar vegetações heterogêneas.

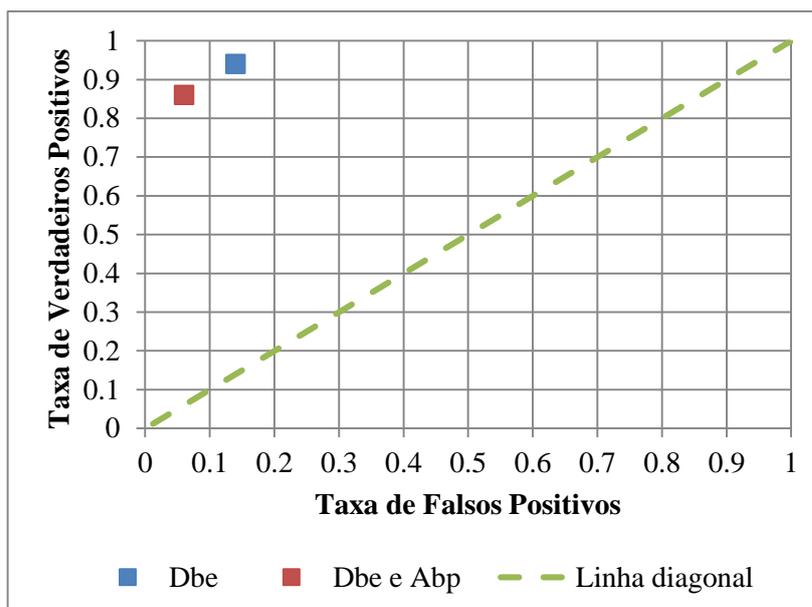


FIGURA 4: Gráfico ROC para classificadores discretos, com podagem no nível 5.
 FIGURE 4: ROC graph for discrete classifiers, with pruning at level 5.

Este gráfico indica que após o processo de podagem o classificador aproximou-se do ponto (0,1), ou seja, um classificador próximo do que Fawcett (2006) considera com ideal.

CONCLUSÕES

O classificador obtido mediante a técnica computacional denominada árvore de decisão mostrou-se adequado para futuras classificações das diferentes tipologias florestais estudadas. A árvore criada apresentou inicialmente uma acurácia global na ordem de 85% de acertos. Entretanto, após um processo contínuo e progressivo de podagem, pôde-se elevar o nível de acurácia global de 85% para 90%, sendo sempre avaliado o classificador pela massa de treinamento, ou seja, pelos dados não utilizados durante o processo de criação da árvore de decisão, e dessa forma, tal construção configura-se como um elemento auxiliar no monitoramento e reconhecimento de padrões em florestas, o que pode servir como subsídio para a tomada de decisão quanto à criação de políticas públicas voltadas para o desenvolvimento regional. Pode-se concluir, também, que os dados orbitais, além de serem eficientes para o mapeamento da vegetação, o direcionamento da amostragem e as observações de campo, serviram de forma satisfatória como elementos preditores para a construção da árvore de decisão, o que sugere a aplicação dos mesmos em outras técnicas de inteligência computacional para se verificar a corroboração dos resultados obtidos quanto à classificação de vegetação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALI, J. et al. Random forests and decision trees. **International Journal of Computer Science Issues (IJCSI)**, [s.1], v. 9, n. 5, p. 272-278. 2012.

DEL TORO ESPÍN, N. et al. Comparación de métodos de clasificación de imágenes de satélite en la cuenca del río Argos (Región de Murcia). **Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles**, [s.1], n. 67, p. 327-347. 2015.

DUTRA, G. C.; CARVALHO, L. M. T. D. Modelos de distribuição geográfica de *Amaioua guianensis* Aubl. em Minas Gerais, Brasil. **Ambiência - Revista do Setor de Ciências Agrárias e Ambientais**. Guarapuava, PR. v. 4, p.47-55. 2008.

ELKAN, C. **Evaluating classifiers**. San Diego: University of California, 2012.

FAWCETT, T. An introduction to ROC analysis. **Pattern Recognition Letters**. [s.1], v. 27, n. 8, p. 861-874. 2006.

- FRIEDL, M. A.; BRODLEY, C. E. Decision tree classification of land cover from remotely sensed data. **Remote Sensing of Environment**. [s.1], v. 6, p. 399-409. 1997.
- HAN, J.; KAMBER, M. **Data mining: concepts and techniques**. San Francisco: Morgan Kaufmann Publishers, v. 5, p. 770. 2006.
- HUETE, A. et al. A comparison of vegetation indices over a global set of TM images for EOS - MODIS. **Remote Sensing of Environment**, [s.1], v. 59, p. 440-451. 1997.
- JEBARAJ, S.; INIYAN, S. A review of energy models. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, [s.1], v. 10, n. 4, p. 281-311. 2006.
- KECMAN, V. Learning and soft computing: support vector machines, neural networks, and fuzzy logic models. Cambridge: **MIT Press**, 2001.
- LATORRE, M. L. et al. Integração de dados de sensoriamento remoto multiresoluções para a representação da cobertura da terra utilizando campos contínuos de vegetação e classificação por árvores de decisão. **Revista Brasileira de Geofísica**. [s.1], v. 25, n. 1, p. 63-74. 2007.
- LÊDO, E. R. F. et al. Análise Comparativa da Temperatura de Superfície Obtida com o Auxílio de Imagens Orbitais e Temperatura Medida na Cidade de Iguatu-CE. **Acta Tecnológica**, [s.1], v. 6, n. 1, p. 73-88. 2011.
- LILLESAND, T.; KIEFER, R. **Remote Sensing and Image Interpretation**. 5th ed. John Wiley & Sons. New York, 2004.
- NONATO, R. T.; OLIVEIRA, S. E. M. Técnicas de mineração de dados para identificação de áreas com cana-de-açúcar em imagens Landsat 5. **Eng. Agríc. Jaboticabal**, v. 33, n. 6, p. 1268-1280. 2013.
- PAOF. Plano Anual de Outorga Florestal (Pará) – Instituto de Desenvolvimento Florestal do Estado do Pará. p. 42. 2015.
- QUINLAN, R. Improved use of continuous attributes in C4.5. **Journal of Artificial Intelligence Research**, [s.1], v. 4, p. 77-90. 2012.
- RAMACHANDRA, T. V. RIEP: Regional integrated energy plan. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, Washington, v. 13, n. 2, p. 285-317. 2009.
- ROUSE, J. W. et al. Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. In: **Proceedings of the Third Earth Resources Technology Satellite-1 Symposium**. Greenbelt: NASA, 1974. v. 1, p. 309-317. 1973.
- ROSENFELD, G. H.; FITZPATRICK-LINS, K. A coefficient of agreement as a measure of thematic classification accuracy. **Photogrammetric engineering and remote sensing**, [s.1], v. 52, n. 2, p. 223-227, 1986.
- RUIZ, L. F. C.; TEN CATEN, A.; DALMOLIN, R. S. D. Árvore de decisão e a densidade mínima de amostras no mapeamento da cobertura da terra. **Ciência Rural**, [s.1], v. 44, n. 6, p. 1001-1007. 2014.
- SILVA, R. A. C. Inteligência Artificial Aplicada a Ambientes de Engenharia de Software: Uma Visão Geral. **INFOCOMP**, [s.1], v. 4, n. 4, p. 27-37. 2005.
- TSO, B.; MATHER, P. M. **Classification methods for remotely sensed data**. New York: Taylor & Francis, p. 332. 2001.

VELOSO, H. P. et al. **Manuais Técnicos em Geociências número 1: Manual técnico da vegetação brasileira**. 2ª edição revista e ampliada. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). 2012.

VOIVONTAS, D. et al. Evaluation of Renewable Energy potential using a GIS decision support system. **Renewable Energy**. Oxford, v. 13, n. 3, p. 333-344. 1998.

ZHAO, Y.; ZHANG, Y. Comparison of Decision Tree methods for finding active objects. **Advances in Space Research**. Beijing, China. v. 41, n. 12, p. 1955-1959. 2008.

ANEXO

Normas de Submissão da revista “Ciência Florestal”:

Diretrizes para Autores

1. A revista CIÊNCIA FLORESTAL publica artigos técnico-científicos inéditos, resultantes de pesquisa de interesse da área florestal. Também são aceitas notas técnicas e artigos de revisão. Os textos podem ser redigidos em português, inglês ou espanhol.

2. Para submeter um trabalho para publicação são cobrados os seguintes valores:

§1 Taxa de submissão: R\$50,00 (cinquenta reais). O pagamento dessa taxa não garante a publicação do trabalho.

§2 Taxa de publicação: R\$250,00 (duzentos e cinquenta reais). Esse valor deve ser recolhido somente após o aceite do trabalho.

Os valores devem ser depositados na conta corrente n. 220611-0, da agência do Banco do Brasil n. 1484-2 (FATEC - CNPJ: 89.252.431/0001-59). O comprovante do depósito da taxa de submissão deverá ser enviado juntamente com o trabalho. O comprovante da taxa de publicação deverá ser enviado a CIÊNCIA FLORESTAL, por fax (55-3220.8444/22) ou e-mail (cienciaflorestal@ufsm.br), informando o nome do trabalho ao qual se refere o depósito. Os valores depositados não serão devolvidos.

3. Os manuscritos devem ser encaminhados à revista via online por meio da PLATAFORMA SEER. O autor que cadastra o artigo assume a responsabilidade pelas informações, que os demais autores estão de acordo com submissão e que o artigo é inédito. Os conceitos e afirmações emitidas no artigo são de exclusiva responsabilidade dos autores. Contudo, o Conselho Editorial reserva-se o direito de solicitar ou sugerir modificações no texto original.

4. Os artigos devem ser organizados na seguinte sequência:

4.1. Artigo científico e nota técnica: Título, Resumo, Introdução com Revisão de Literatura, Materiais e Métodos, Resultados e Discussão, Conclusões, Agradecimentos e Referências Bibliográficas. Antes do item Referências Bibliográficas, quando apropriado, mencionar a aprovação pela Comissão de Ética e Biossegurança da Instituição.

4.2. Artigo de revisão bibliográfica: Título, Resumo, Introdução, Desenvolvimento, Considerações finais, Agradecimentos e Referências Bibliográficas.

5. O manuscrito deve ser editado no Microsoft Word, com espaço simples, linhas numeradas continuamente e sem os nomes dos autores, fonte Times New Roman, tamanho 11, tabulação de 1,25 cm, formato A4, com 2 cm de margens esquerda, inferior e superior, e 1,5 cm de margem direita, orientação retrato e máximo de 12 páginas.

6. O Título do manuscrito, com no máximo duas linhas, deve ser centralizado e em negrito, com letras maiúsculas, redigido em português ou espanhol, seguido da versão em inglês.

7. O Resumo deve ser apresentado em um único parágrafo e redigido em dois idiomas, sendo um deles o inglês. As palavras RESUMO e ABSTRACT devem ser redigidos em letras maiúsculas e centralizados.

8. Logo após o texto do Resumo e do Abstract devem ser incluídos os termos Palavras-chave e Keywords, respectivamente, com alinhamento à esquerda, contendo até quatro termos, separados por ponto e vírgula.

9. Os grandes itens devem ser escritos em letras maiúsculas, alinhados à esquerda. Os demais itens devem obedecer à sequência exemplificada a seguir:

MATERIAL E MÉTODO - (item primário) - todo em maiúsculo e negrito.

Caracterização do local - (item secundário) - só a inicial maiúscula e em negrito.

Solo - (item terciário) - só a inicial maiúscula, em negrito e itálico.

Horizonte A - (item quaternário) - só a inicial maiúscula, em itálico.

10. As siglas e abreviaturas, ao aparecerem pela primeira vez no trabalho, deverão ser colocadas entre parênteses, precedidas do nome por extenso.

11(alterada). Figuras (gráficos e fotografias), com resolução mínima de 300dpi, PODENDO SER EM CORES, sem-contorno. As dimensões (largura e altura) não podem ser maiores que 17 cm, sempre com orientação da página na forma retrato (fonte: Times New Roman, tamanho da fonte: 11, não-negrito e não-italico).

12. As figuras e tabelas devem ser autoexplicativas e alocadas no texto logo após sua primeira chamada. A identificação das mesmas deve ser expressa em dois idiomas, sendo um deles o inglês. As tabelas devem ser produzidas em editor de texto (Word) e não podem ser inseridas no texto como figuras. Para tabelas com conteúdo numérico, as vírgulas devem ficar alinhadas verticalmente e os números centralizados na coluna.

13. Nomes científicos devem ser escritos por extenso (Ex: *Araucaria angustifolia*) e em itálico.

14. Fórmulas editadas pelo módulo Equation Editor, do Microsoft Word, devem obedecer à fonte do texto, com símbolos, subscrito/sobrescrito etc., em proporções adequadas.

15. Citações bibliográficas serão feitas de acordo com a NBR 10520 da ABNT, usando o sistema "autor-data". Todas as citações mencionadas no texto devem ser relacionadas na lista de Referências Bibliográficas, de acordo com a norma NBR 6023 da ABNT.

16. Na versão final do artigo o autor deve inserir os nomes dos coautores, posicionados logo abaixo do título em inglês, e identificados com número sequencial sobrescrito. O chamamento dos autores deve ser indicado no rodapé da primeira página, antecedido do número de identificação.

17. Os manuscritos submetidos à revista passam pela triagem inicial do comitê de área, são enviados para revisores *ad hoc*, devolvidos aos autores para correções e, posteriormente, passam pela avaliação final do Conselho Editorial. Os artigos aceitos são publicados preferencialmente na ordem de aprovação e os não-aceitos são comunicados aos autores. Não são fornecidas separatas. Os artigos estão disponíveis, no formato "pdf", no endereço eletrônico da revista (www.ufsm.br/cienciaflorestal).

18. Em caso de dúvidas, consultar os artigos já publicados ou o Conselho Editorial no e-mail cienciaflorestal@ufsm.br.

Condições para submissão

Como parte do processo de submissão, os autores são obrigados a verificar a conformidade da submissão em relação a todos os itens listados a seguir. As submissões que não estiverem de acordo com as normas serão devolvidas aos autores.

1. *A contribuição é original e inédita, e **NÃO** está sendo avaliada para publicação por outra revista.
2. *Os arquivos para submissão estão em formato Microsoft Word (DOC ou RTF), não ultrapassando os 2MB.
3. *O texto do trabalho deve estar conforme as **NORMAS** da revista (em espaço simples, com linhas numeradas de forma continuada, fonte 11 Time New Roman, empregando itálico em vez de sublinhado (exceto em endereços URL), Figuras e Tabelas inseridas no texto (logo após o seu chamamento - Figuras em alta resolução, com no mínimo 300 dpi - formato JPEG, RGB ou EXCEL). Leia as demais instruções nas **NORMAS**. Os trabalhos não devem exceder as 12 páginas em espaço simples. **ATENÇÃO:** trabalhos fora das **NORMAS** serão devolvidos.
4. *O item 2, §1 das **NORMAS** foi cumprido? (recolhimento da **Taxa de Submissão** no valor de R\$50,00 - cinquenta reais - CC 220.611-0, Ag. BB 1484-2, conta do Projeto da revista junto a Fundação). O recibo deve ser enviado com **ARQUIVO "Documento Suplementar"**, logo após o envio do arquivo contendo o trabalho, com o nome

COMPROVANTE (através da digitalização do Recibo de Depósito Bancário ou de Transferência, no formato JPG, PDF, BMP, GIF ou JPEG).

5. *O texto segue os padrões de estilo e requisitos bibliográficos descritos em Diretrizes para Autores (NORMAS), na seção SOBRE - Submissões.
6. *A **identificação de autoria do trabalho foi removida** do arquivo e da opção **Propriedades no Word** (CUIDADO: verifique as partes em negrito), garantindo desta forma o critério de sigilo da revista, caso submetido para avaliação por pares (ex.: artigos), conforme instruções disponíveis em Assegurando a Avaliação Cega por Pares.

Declaração de Direito Autoral

A CIÊNCIA FLORESTAL se reserva o direito de efetuar, nos originais, alterações de ordem normativa, ortográfica e gramatical, com vistas a manter o padrão culto da língua, espeitando, porém, o estilo dos autores. As **provas finais** poderão ou não ser enviadas ao autor. Os **trabalhos publicados passam a ser propriedade da revista CIÊNCIA FLORESTAL**, sendo permitida a reprodução parcial ou total dos trabalhos, desde que a fonte seja citada. Os originais não serão devolvidos aos autores.

As opiniões emitidas pelos autores dos trabalhos são de sua exclusiva responsabilidade. Cada autor receberá um exemplar da revista.

Política de Privacidade

Os nomes e endereços informados nesta revista serão usados exclusivamente para os serviços prestados por esta publicação, não sendo disponibilizados para outras finalidades ou a terceiros.



Universidade do Estado do Pará
Centro de Ciências Naturais e Tecnologia
Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais – Mestrado
Tv. Enéas Pinheiro, 2626, Marco, Belém-PA, CEP: 66095-100
www.uepa.br/paginas/pcambientais

