

DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DA BRACATINGA NA REGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA COM IMAGENS DE SATÉLITE LANDSAT

SPACIAL DISTRIBUTION OF BRACATINGA IN CURITIBA REGION USING LANDSAT IMAGE

Carlos Alberto S. Mazza

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Centro Nacional de Pesquisa de Florestas - *Embrapa Florestas*
Estrada da Ribeira Km 111 - Cx. Postal 319 - CEP 83.411-000 – Colombo – PR
e-mail: mazza@cnpf.embrapa.br

RESUMO

O sensoriamento remoto apresenta considerável potencial para a geração de informações sobre várias propriedades das florestas, possibilitando o conhecimento não somente da extensão das florestas, mas também, a identificação das classes de florestas naturais para subsidiar a conservação da diversidade de espécies e o uso sustentado dos recursos. Grandes superfícies da área metropolitana de Curitiba estão reflorestadas pela bracatinga, que forma densas associações, de importância social, econômica e ecológica na região. Este trabalho estimou a distribuição espacial dos bracatingais na região metropolitana de Curitiba e avaliou o potencial de uso de dados TM, na discriminação de classes de bracatingais e capoeira. Foram coletadas 12 amostras, distribuídas entre as três classes analisadas: bracatinga jovem, bracatinga adulta e capoeira, localizadas através do uso do sistema Navstar/GPS., para posterior treinamento e determinação da assinatura espectral no sistema de processamento digital de imagens do satélite Landsat. Na estimativa do cálculo da área ocupada pelos bracatingais, verificasse que houve um acréscimo de 62,14% nos últimos doze anos. Os resultados obtidos até o momento demonstram que é possível identificar, através de imagens Landsat, os bracatingais cultivados segundo o sistema tradicional, distinguindo-os das áreas de capoeiras.

Palavras-chave: sensoriamento remoto, mimosaceae.

ABSTRACT

Remote sensing presents considerable potential for generation of information on several properties of the forests, enhancing the knowledge not only of the extension of the forests, but also, the identification of the classes of natural forests to subsidize the conservation of species diversity and the sustained use of the resources. Great surfaces of the metropolitan area of Curitiba are reforested by bracatinga, that form dense associations, of social, economic and ecological importance in the area. This work estimated the space distribution of the bracatingais in the metropolitan area of Curitiba and evaluated the potential use of TM data, in the discrimination of bracatingais classes and capoeira. Twelve samples were collected, distributed among the three analyzed classes: young bracatinga, adult bracatinga and capoeira, located through the use of the Navstar/GPS system, for latter training and determination of the spectral signature in the digital processing system of Landsat images. In the estimation of the occupied area by bracatingais, it was verified that there was an increment of 62,14% in the last twelve years. The results obtained until now demonstrate that it is possible to identify,

through Landsat images, the bracatingais cultivated according to the traditional system, distinguishing them from the capoeira areas.

Key words: remote sensing, mimosaceae.

INTRODUÇÃO

O sensoriamento remoto apresenta considerável potencial para a geração de informações sobre várias propriedades das florestas. Em zonas temperadas, dados de sensoriamento remoto têm sido usados, por exemplo, para mapear e monitorar classes de florestas (MUCHONEY & HAACK, 1994; RANSON & SUN, 1994), estimar propriedades bioquímicas e biofísicas das mesmas (DANSON, 1987; JOHNSON et al., 1994), e para habilitar, entre outras coisas, modelos de ecossistemas para serem aplicados sobre grandes áreas (CURRAN, 1994). Apesar da ampla variedade de florestas tropicais, muitas investigações com sensoriamento remoto têm tratado a floresta como uma classe única, tendendo a focalizar sobre a discriminação floresta/não floresta, fornecendo informações úteis sobre a extensão das florestas, com aplicação principalmente no mapeamento e monitoramento de desmatamentos (MALINGREAU et al., 1989; GREEN & SUSSMAN, 1990). No Brasil, têm crescido o uso do sensoriamento remoto para monitorar a cobertura vegetal na Bacia Amazônica, principalmente como uma importante ferramenta para estimar as taxas de desmatamento (SKOLER & TUCKER, 1993), mas com limitada aplicação no monitoramento da dinâmica da cobertura florestal, devido à grande heterogeneidade da vegetação.

FOODY & HILL (1996) ressaltam a importância de se conhecer não somente a extensão das florestas, mas também, a necessidade de identificar as classes de florestas para subsidiar a conservação da diversidade de espécies e o uso sustentado dos recursos. Diferentes classes de florestas podem diferir em termos de composição de espécies e, portanto, variar em valor econômico e ecológico, complicando o planejamento de estratégias de conservação e uso sustentado dos recursos (PHILLIPS, 1993). Entretanto, poucos estudos têm focado o papel do sensoriamento remoto na classificação das florestas tropicais.

Este trabalho estimou a distribuição espacial dos bracatingais na região metropolitana de Curitiba e avaliou o potencial de uso de dados TM, na discriminação de classes de bracatingais e capoeira.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

SENSORIAMENTO REMOTO APLICADO À DISCRIMINAÇÃO DE CLASSES DE FLORESTAS TROPICAIS

O processamento digital de imagens de sensoriamento remoto está ligado ao reconhecimento de feições e padrões registrados na imagem, através de programas computacionais, geralmente baseados em análise estatística (RICHARDS, 1986).

As imagens de sensoriamento remoto provenientes de satélites artificiais, como Landsat Multispectral Scanner, Thematic Mapper e Spot, permitem, graças ao avanço da informática, mapear e monitorar grandes áreas da superfície terrestre.

O sensoriamento remoto pode ser definido, segundo BARRET & CURTIS (1992), como a ciência de observação à distância. Isto contrasta com o sensoriamento *in situ*, onde os objetos são medidos e observados no local onde ocorrem. Em outras palavras, o sensoriamento remoto está relacionado à

ausência de contato físico entre o sensor (câmara fotográfica, satélite) e o alvo (objeto). As imagens provenientes do sensoriamento remoto podem ser processadas por modernos sistemas de processamento digital de imagens, com a finalidade de se obter da imagem o maior número de informações possíveis. JENSEN (1986) denomina processamento digital de imagens o conjunto de procedimentos relativos à manipulação e análise de imagens por meio do computador.

O método de análise digital engloba uma série de técnicas de manipulação numérica de dados contidos em imagens digitais. Esses dados digitais normalmente provêm de sistemas de varredura multiespectral, que permite a saída de dados em meio magnético. Nada impede no entanto, que produtos obtidos através de sensores fotográficos sejam digitalizados. O processo de transformação em dados digitais é conhecido por digitalização. Qualquer informação pode, em princípio, ser digitalizada. Fotografias aéreas podem ser digitalizadas e processadas através de computadores. No caso das imagens de sensores remotos, temos condições de digitalizar o sinal em diversos níveis de cinza entre o preto e o branco. As imagens do Landsat-TM5, por exemplo, são digitalizadas em 256 diferentes níveis de cinza. Estes 256 valores de níveis de cinza são codificados em 8 bits. Desta maneira, para cada pixel da imagem, temos um valor de nível de cinza.

Para que as imagens digitais possam ser numericamente manipuladas e transformadas em informações sobre a cena em estudo, o usuário de dados de Sensoriamento Remoto precisará dispor de um sistema de Análise de Imagens Digitais (NOVO, 1989).

As imagens geradas pelos sensores remotos se desdobram na verdade em três diferentes parâmetros, resolução espacial, resolução espectral e resolução radiométrica. A resolução espacial é definida pela capacidade do sistema sensor em “enxergar” objetos na superfície terrestre. Quanto menor o objeto possível de ser visto, maior a resolução espacial. A resolução espectral é um conceito inerente às imagens multiespectrais de sensoriamento remoto. Ela é definida pelo número de bandas espectrais de um sistema sensor e pela largura do intervalo de comprimento de onda coberto por cada banda. Quanto maior o número de bandas e menor a largura do intervalo, maior é a resolução espectral do sensor. O conceito de banda pode ser exemplificado no caso de duas fotografias tiradas de um mesmo objeto, uma em preto e branco e outra colorida; a foto preto e branco representa o objeto de apenas uma banda enquanto a colorida representa o mesmo objeto em três bandas espectrais, vermelho, azul e verde que quando combinadas por superposição, mostram os objetos em cores.

Já a resolução radiométrica é dada pelo número de níveis digitais, representado pelos níveis de cinza, usados para expressar os dados coletados pelo sensor. Quanto maior o número de níveis, maior é a resolução radiométrica. Para entender melhor esse conceito, pensemos numa imagem com apenas 2 níveis (branco e preto) em comparação com uma imagem com 32 níveis de cinza entre o branco e o preto; obviamente a quantidade de detalhes perceptíveis na segunda imagem terá uma melhor resolução radiométrica (CROSTA, 1993).

Os procedimentos para o processamento digital de imagens podem ser classificados em quatro conjuntos de técnicas: pre-processamento(preparação de imagens), realce, retificação e classificação. As técnicas de pre-processamento referem-se ao conjunto de programas que permitem a transformação de dados digitais brutos em dados corrigidos radiométrica e geometricamente. A correção dos efeitos atmosféricos (remoção da bruma), bem como de ruídos gerados pelo sensor e/ou no processamento é uma operação típica do pre-processamento.

As técnicas de realce visam melhorar a qualidade “visual” da imagem. As imagens realçadas podem, posteriormente, ser submetidas à interpretação visual ou podem integrar um conjunto de canais a serem utilizados num processo de classificação.

Para que a imagem digital tenha propriedades cartográficas, é necessário que a mesma seja corrigida segundo um sistema de coordenadas pré-determinadas. O processo que possibilita que a imagem possua escala e sistema de projeção, denomina-se retificação ou correção geométrica (ANTUNES, 1996). A correção geométrica da imagem ou retificação permite a transformação de coordenadas da imagem (x,y), linhas e colunas em coordenadas de mapa. É fundamental obter pontos de controle, com coordenadas conhecidas, que sejam facilmente reconhecíveis na imagem.

As técnicas de classificação visam o reconhecimento automático de objetos da cena a partir da análise quantitativa dos níveis de cinza. Os objetos são classificados em diferentes categorias em função de algum critério previamente estabelecido. Esta técnica consiste na implementação de um processo de decisão para que o computador possa atribuir certo conjunto de pontos da imagem (pixels) a uma determinada classe. A classificação digital tem desta forma o objetivo de tornar o processo de mapeamento ou reconhecimento de características da superfície terrestre menos subjetivo e com maior potencial de repetição em situações subsequentes (NOVO, 1989).

CROSTA (1993) define classificação das imagens de sensoriamento remoto como associar a cada pixel uma informação qualitativa (atributo). Os valores de cada nível de cinza(digital number - DN) para cada pixel pode ser associado à reflectância dos materiais que o compõem no terreno. Desta forma, cada pixel ou um conjunto de pixels, estará associado a uma classe ou tema. Para classificar tipos de vegetação numa imagem multiespectral deve-se coletar amostras representativas de pixels, nas quais os níveis de cinza variem dentro de um intervalo pré-determinado. Existem essencialmente duas abordagens na classificação de imagens multiespectrais. A primeira delas denomina-se classificação supervisionada e nela o usuário identifica alguns pixels pertencentes às classes desejadas e deixa ao computador a tarefa de localizar todos os demais pixels pertencentes àquelas classes, baseado em algumas regras estatísticas pré-estabelecidas. A segunda abordagem é chamada de classificação não-supervisionada e nela o computador decide, também com base em regras estatísticas, quais as classes a serem separadas e quais os pixels pertencentes a cada uma.

As técnicas de classificação supervisionada mais adotadas são a Maxver, Maxver ICM e Distância Euclidiana. Considerado o método mais comum entre os classificadores pixel a pixel, o Maxver estima a ponderação das distâncias entre médias de nível digital das classes, utilizando parâmetros estatísticos. Para que a classificação por máxima verossimilhança seja precisa, é necessário um número razoavelmente elevado de pixels para cada conjunto treinado. Os conjuntos de treinamento definem o diagrama de dispersão das classes e suas distribuições de probabilidade, considerando a distribuição normal para cada classe. Estas distribuições representam a probabilidade de um pixel pertencer a uma ou outra classe, dependendo de sua posição em relação a esta distribuição. Existem situações onde duas classes quando representadas em um diagrama, apresentam uma sobreposição de suas curvas, indicando que determinados pixels tem igual probabilidade de pertencer às duas classes. Nesta situação estabelece-se um critério de decisão a partir da definição de limiares. Estes limites de classificação são definidos a partir da definição de limiares. Estes limites de classificação são definidos a partir de pontos de mesma probabilidade de classificação de uma ou outra classe. Para diminuir o confundimento entre classes deve-se proceder a aquisição de amostras significativas durante o processo de treinamento.

Enquanto o classificador Maxver associa classes considerando pontos individuais da imagem, o classificador Maxver ICM (Modo Condicional Iterativo), considera também a dependência espacial na classificação. Numa primeira etapa a imagem é classificada pelo algoritmo Maxver, atribuindo classes aos pixels. Na fase seguinte, leva-se em conta a informação contextual da imagem, ou seja a classe atribuída depende tanto do valor observado nesse pixel quanto das classes atribuídas aos seus vizinhos.

O método de classificação por Distância Euclidiana é um procedimento de classificação supervisionada que utiliza esta distância para associar um pixel a uma determinada classe. O classificador compara a distância Euclidiana do pixel à média de cada agrupamento. O pixel será então incorporado ao agrupamento que apresentar a menor distância Euclidiana. Este procedimento é repetido até que toda a imagem seja classificada. Na classificação, cada pixel será incorporado a um agrupamento, através da análise da medida de distância Euclidiana. A seleção do tipo de classificador mais adequado ficará na dependência da origem da imagem digital, bem como do tipo de objeto a ser classificado, além da finalidade para o qual a imagem será classificada.

OS SISTEMAS AGROFLORESTAIS DE BRACATINGA

A bracatinga *Mimosa scabrella* Benth., espécie arbórea, heliófila, pertencente à família Mimosaceae, ocorre naturalmente na região sul do Brasil, geralmente em solos com textura argilosa. Segundo ROTTA & OLIVEIRA (1981), sua área mais expressiva e contínua de ocorrência natural situa-se entre as latitudes 23° 50' e 29° 40' S e longitude de 48° 50' W até 53° 50' W, nos estados MG (sul), SP (leste e sul), PR (sul e centro-sul), SC (leste e sul) e RS (nordeste), preferencialmente em altitudes de 400 m a 1800 m.

A bracatinga é uma espécie característica e exclusiva da vegetação secundária, da Floresta Ombrófila Mista (Florestas com *Araucaria angustifolia*), nas formações Montana e Alto-Montana. Derrubando-se por completo a floresta primitiva, já parcialmente devastada pela extração das madeiras de lei, e ateando-se fogo ao material seco, verifica-se em geral, o surgimento de densos agrupamentos de bracatinga, que caracterizam grandes áreas de vegetação secundária. Espécie pioneira muito comum em capoeira e capoeirões, forma associações com alta densidade, conhecidas por "bracatingais". Os densos e tão característicos capoeirões de bracatinga são muito comuns no primeiro e segundo planaltos do Paraná, bem como em quase todo o planalto do estado de Santa Catarina e na parte oriental do planalto do Rio Grande do Sul (KLEIN, 1963; REITZ & KLEIN, 1964; KLEIN, 1968). Contudo, a exuberância e a densidade dos agrupamentos de bracatinga se evidenciam principalmente, nos planaltos dos estados do Paraná e de Santa Catarina, indicando possivelmente, as áreas mais adequadas para o seu desenvolvimento (KLEIN, 1981).

Grandes superfícies da área metropolitana de Curitiba e outras áreas, principalmente nos estados do Paraná e Santa Catarina, estão reflorestadas pela bracatinga, que forma densas associações, onde cerca de 61% corresponde a bracatinga e os restantes 35% englobam mais de 80 espécies (BAGGIO, 1994). Visto de cima, os bracatingais parecem constituir agrupamentos puros, uma vez que nas áreas de cultivo, o dossel é exclusivamente formado pelas copas da mesma (CARVALHO, 1981).

O sistema tradicional de cultivo da bracatinga é realizado principalmente em propriedades agrícolas com até 50 hectares, evidenciando sua importância para esta faixa de produtores, pela facilidade de manejo. No entanto, a produção florestal não é a atividade principal na maioria das propriedades, as quais subsistem em função da cultura agrícola. Em cada propriedade, a área total com bracatinga normalmente não ultrapassa 20 hectares, em talhões de 2 a 4 ha. Este sistema vem sendo desenvolvido a mais de 80 anos e neste contexto estão inseridos cerca de 3.000 pequenos produtores rurais da Região Metropolitana de Curitiba que dependem diretamente do sistema agrossilvicultural da bracatinga para sua sobrevivência e continuidade no campo (MAZUCHOWSKI, 1990).

A bracatinga é considerada uma das espécies de crescimento inicial mais rápido no sul do Brasil. Árvore perenifólia, normalmente com 10 a 18 metros de altura e 20 a 30 centímetros de DAP, podendo atingir até 29 metros de altura e 50 centímetros de DAP. Tronco alto e esbelto em maciços ou curto e ramificado, quando isolada. Fuste com até 15 m de comprimento e diâmetro da copa variando 1,5 m em povoamento até 10 m em árvores isoladas (ROTTA & OLIVEIRA, 1981). Alguns povoamentos

implantados por mudas alcançaram produtividade de até 36 m³/ha ano ou 55 m³ st/ha ano com casca, sob regeneração artificial (AHRENS, 1981; CARVALHO, 1994).

Espécie indicada para utilização como lenha e carvão, a bracatinga tradicionalmente é usada em fornos caseiros rurais, em indústrias e no aquecimento de residências urbanas. Além disto é utilizada nas propriedades rurais, como varas para olericultura, estacas para construções civis, madeira para pequenas construções rurais, laminados, tabuados e outros usos diversos (MAZUCHOWSKI, 1990). Ao seu reconhecido potencial energético, alia-se o potencial silvicultural, tendo em vista ser uma espécie rústica e de rápido crescimento, frutificando regularmente e em abundância. Favorece com isto, a produção de mudas, sendo que as sementes não apresentam problemas de germinação. Por esta razão é empregada por grandes empresas, na revegetação de terrenos profundamente alterados, em regiões frias, com efeitos comprovadamente benéficos sobre o solo (ROTTA & OLIVEIRA, 1981).

A bracatinga, também, é fundamental na apicultura regional. Sua floração abundante, que ocorre desde maio até setembro, é uma opção de alimento para as colônias de abelhas permitindo o desenvolvimento contínuo da colmeia, (EMBRAPA, 1988). As sementes da bracatinga contém um composto denominado galactomanana, utilizado como espessante em diversos setores industriais (GANTER, 1991; MAZZA, 1995). Estudos recentes têm sugerido o aproveitamento dos resíduos florestais e subprodutos gerados no sistema agroflorestal da bracatinga, visando o aumento da renda e conseqüente melhoria da qualidade de vida dos pequenos produtores. Nestas pesquisas têm sido identificadas, nos sistemas tradicionais de cultivo da bracatinga, várias plantas com propriedades medicinais (MAZZA et al., 1998), além de outros usos (BAGGIO, 1994).

A importância da bracatinga como fonte de matéria prima energética e para a proteção das florestas naturais remonta ao início do século, quando se desencadeou um esforço para o fomento da espécie como produtora de lenha, estimulando um aumento gradativo da superfície ocupada pelos bracingais. Em 1980, a área com bracatinga foi estimada, através de fotografia aérea, em 41.180 ha (Tabela 1), correspondendo à 4,70% da área total dos municípios que compõem a região metropolitana de Curitiba (COPEL, 1985). Atualmente, este cenário parece estar mudando profundamente em decorrência do uso de fontes energéticas alternativas, com conseqüências sócio-econômicas ainda pouco definidas para o cultivo da bracatinga.

Tabela 1. Estoques florestais por tipologia da RMC.

Table 1. Forest stocks by RMC type.

TIPOLOGIA	ÁREA TOTAL	
	Há	%
Mata com Araucária	16.600	1,89
Mata natural	143.830	16,41
Capoeiras	173.828	22,24
Bracatinga	41.180	4,70
Outros	500.862	54,76

Fonte: adaptado de COPEL (1985)

A evolução do consumo de lenha passou a ser acompanhada de forma sistemática após o segundo “choque do petróleo”, ocorrido no final da década de 70. A partir da superação do primeiro impacto da elevação dos preços do petróleo a busca de outras fontes de energia passou a ser ditada por outros parâmetros. Entre eles destacam-se: os preços dos diferentes produtos alternativos; as questões relacionadas à facilidade operacional; e mais recentemente, as relacionadas ao meio ambiente. Neste novo contexto, o mercado da lenha foi o que mais sofreu impactos negativos. No que se refere a questão operacional a lenha traz embutida no seu manuseio as maiores restrições, tanto devido a sua

eficiência calorífica, quanto a aspectos relacionados ao seu armazenamento e ao envolvimento de grande quantidade de mão de obra. A questão ambiental, em especial a partir do final da década de 80, tem suscitado uma pressão cada vez maior sobre os usuários de produtos que impliquem no abate de árvores (CONTO et al., 1998). Além disso, o surgimento de produtos alternativos ao uso da lenha e o aprimoramento do processo tecnológico de queima de biomassa, tem provocado mudanças no perfil da demanda de lenha (Tabela 2).

Tabela 2. Consumo de cada fonte. 1000 tEP%
 Table 2. Consume of each source.

FONTE	1980	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
LENHA	1566 22,0	1630 16,4	1641 16,1	1640 15,7	1598 15,1	1617 14,9	1665 14,5	1619 13,3	1496 11,8	1448 10,6	1262 8,8
RESÍDUOS DE MADEIRA	106 1,5	150 1,5	153 1,5	175 1,7	183 1,7	191 1,8	233 2,0	269 2,2	307 2,4	384 2,8	593 4,2
ÓLEO DIESEL	1406 19,7	1766 17,7	1814 17,8	1782 17,1	1861 17,6	1891 17,4	2023 17,6	2180 18,0	2195 17,3	2343 17,2	2427 17,0
ÓLEO COMBUSTÍVEL	716 10,0	606 6,1	580 5,7	598 5,7	591 5,6	653 6,0	719 6,2	718 5,9	786 6,2	904 6,6	1087 7,6
GLP	171 2,4	326 3,3	336 3,3	356 3,4	357 3,4	383 3,5	404 3,5	412 3,4	433 3,4	458 3,4	464 3,2
QUEROSENE	42 0,6	59 0,6	61 0,6	63 0,6	60 0,6	58 0,5	60 0,5	65 0,5	71 0,6	60 0,4	79 0,6
ELETRICIDADE	1565 21,9	2874 28,8	2990 29,3	3095 29,7	3214 30,4	3360 31,0	594 31,2	3746 30,9	4054 32,0	4307 31,7	4526 31,7
CARVÃO VEGETAL	57 0,8	85 0,9	81 0,8	81 0,8	47 0,4	49 0,5	50 0,4	52 0,4	56 0,4	56 0,4	56 0,4

Fonte: adaptado de COPEL (1998)

Pelos dados pode-se perceber que a substituição a lenha não ocorreu somente através do aumento do consumo de GLP, mas também através do consumo de eletricidade. É válido supor-se que a troca da lenha pela energia elétrica ocorreu na substituição do fogão na função de estufa e mesmo de lareiras por aquecedores com resistência elétrica, bem como na readequação dos fornos no caso das indústrias. Tal circunstância tem acarretado em queda acentuada no preço pago aos produtores (Tabela 3), levando a categoria a situação crítica.

Tabela 3. Preços médios de energia (US\$ 1996/barril equivalente de petróleo – BEP).
Table 3. Energy average prices.

FONTES	90	91	92	93	94	95	96
ÓLEO DIESEL	93,7	86,8	108,9	85,0	80,3	69,7	64,3
ÓLEO COMBUSTÍVEL	48,1	48,6	41,8	37,6	34,3	30,7	30,4
GASOLINA	210,7	187,3	184,4	130,2	127,6	112,5	120,3
ÁLCOOL	245,9	218,1	224,9	169,4	160,2	141,4	153,8
GLP	65,1	71,9	86,2	68,4	66,0	56,4	73,1
GÁS NATURAL COMBUSTÍVEL	48,8	43,6	38,8	35,3	34,9	25,3	23,4
ELETRICIDADE INDUSTRIAL	188,0	168,0	167,5	125,2	126,6	127,9	123,6
ELETRICIDADE RESIDENCIAL	248,8	290,0	277,6	199,9	206,0	229,7	300,2
CARVÃO MINERAL	18,0	18,4	19,4	17,1	21,0	21,0	20,4
CARVÃO VEGETAL	34,0	36,4	26,2	22,2	22,4	20,0	18,4
LENHA REFLORESTAMENTO	30,3	28,7	23,7	17,1	18,3	19,5	18,5

Fonte: adaptado de COPEL (1998)

MATERIAL E MÉTODOS

Adotou-se como área de estudo, o quadrilátero limitado entre as coordenadas: latitude S 24° 51'19'', longitude W 49° 32'22'' e latitude S 25° 40'25'', longitude W 48° 38'58'', compreendendo todos os municípios que compõem a região metropolitana de Curitiba (RMC): Bocaiúva do Sul, Colombo, Almirante Tamandaré, Rio Branco do Sul, Campo Largo, Campina Grande do Sul, Piraquara, São José dos Pinhais, Quatro Barras, Araucária, Contenda, Balsa Nova e Mandirituba.

Escolheu-se a RMC como alvo deste estudo, em função do grande número de propriedades que tradicionalmente fornecem lenha de bracatinga para a indústria, comércio e residências da região. Em função da característica de cultivo da bracatinga, estando disperso em pequenas áreas, o que dificulta a identificação em imagens orbitais, optou-se pela localização e coleta de amostras, através do uso do sistema Navstar/GPS, para posterior treinamento e determinação da assinatura espectral no sistema de processamento digital de imagens satelitárias.

Para a determinação da assinatura espectral, grau de separabilidade entre os alvos estudados e área ocupada pelos bracatingais, utilizou-se de imagens geradas pelos sensores orbitais do satélite Landsat TM5. A escolha da imagem, (Tabela 4), baseou-se na data de passagem do satélite que coincidissem com a época de floração da bracatinga e evitando a ocorrência de cobertura de nuvens.

Tabela 4. Característica da imagem Landsat TM5.

Table 4. Landsat image characteristic.

ÓRBITA	PONTO	BANDAS	DATA
220	78	3 4 5	18.07.1994

As imagens foram processadas usando o software, PCI Easi-Pace, versão 6.22, instalado em estação de trabalho Unix, Sun/Sparcstation 5, sistema operacional Solaris versão 2.4.

As imagens foram georeferenciadas a partir de cartas topográficas, UTM/SAD69, na escala 1:50.000. A correção geométrica foi efetuada, tomando-se diferentes pontos de controle nas cartas topográficas, e relacionando-os com as feições correspondentes na imagem.

Foram definidas como classes a serem analisadas quanto ao grau de separabilidade e área ocupada, a ocorrência de bracatingais jovens com idade variando entre 1 a 5 anos, bracatingais adultos com idade entre 6 a 10 anos e capoeiras. Coletou-se 12 amostras, distribuídas equitativamente entre as três classes analisadas: bracatinga jovem, bracatinga adulta e capoeira. A amostragem foi efetuada, em propriedades com plantios controlados, nos municípios de Colombo, Bocaiúva do Sul, Rio Branco do Sul, Tunas e Quatro Barras, com o auxílio de GPS, Garmin Survey II, sistema diferencial pós-processado. Os pontos tomados, foram dispostos de modo a formar um polígono em torno do alvo, visando facilitar sua identificação quando sobrepostos à imagem, e facilitar o treinamento quanto ao reconhecimento de cada classe.

Adotou-se na classificação supervisionada o método de Maxver de modo a gerar uma tabela contendo os valores percentuais de ocupação de cada classe estudada. Antes de proceder a classificação supervisionada, verificou-se o grau de confundimento entre as classes estudadas, através da medida de separabilidade fornecida pela “Distância de Bhattacharyya” (RICHARDS, 1986).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na matriz a que se refere a Tabela 5, constata-se que a classe bracatinga jovem poderá apresentar maior confundimento quando comparada com a classe capoeira em função do valor apresentado.

Tabela 5. Medida de separabilidade “Distância de Bhattacharyya”.

Table 5. Separability measure “Bhattacharyya Distance”.

	bracatinga jovem	bracatinga madura
Bracatinga madura	0.808893	-
Capoeira	0.413790	0.873918

Na estimativa do cálculo da área ocupada pelos bracatingais (classes, jovem e maduro), Tabela 6, verifica-se que houve um acréscimo de 62,14% da área ocupada pelos bracatingais, nos últimos doze anos, quando comparado com os dados de COPEL (1985).

Tabela 6. Classificação supervisionada (Maxver).

Table 6. Supervised classification (Maximun-likelihood).

Classes	pixels (n°)	Hectares	imagem (%)
Bracatinga jovem	177.330	21.441,24	2,63
Bracatinga adulta	374.877	45.326,96	5,55
Capoeira	197.749	23.910,14	2,93
Outras	6.004.994	726.073,12	88,90
Imagem total	6.754.950	816.751,45	100,00

A medida de separabilidade “Distância de Bhattacharyya” sugere que valores próximos a “0”, indicam que duas assinaturas são estatisticamente semelhantes, enquanto que valores próximos de “2” são estatisticamente diferentes, podendo acarretar em resultados satisfatórios na classificação da imagem estudada. Portanto, os valores obtidos na matriz a que se refere a Tabela 5, poderão estar influenciando

nos resultados da classificação Tabela 6, em maior grau para a distância entre capoeira e bracatinga jovem.

Estes valores podem ter sido acarretados, devido a característica do cultivo da bracatinga estar disperso em pequenos talhões e ser pequeno, o número de amostras de plantios controlados, de modo a identificar a idade dos talhões, bem como pela possível proximidade das assinaturas espectrais dos alvos estudados.

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Os resultados obtidos até o momento demonstram que é possível identificar, através de imagens Landsat, os bracatingais cultivados, segundo o sistema tradicional, distinguindo-os das áreas de capoeiras, ainda que com algum confundimento entre as classes estudadas.

O aumento de precisão é desejável, mas devido ao reduzido tamanho e a pouca informação a respeito da idade, dos talhões de bracatinga, será pouco provável conseguir aumentar a precisão através do aumento do número e tamanho das amostras. Um caminho a ser perseguido e que tem sido usado com relativo sucesso no aumento da discriminação de classes de florestas naturais é o uso da segmentação. Tal procedimento, o qual deverá anteceder a classificação, tem por meta reconhecer e dividir a imagem por regiões ou conjunto de "pixels" que apresentem uniformidade.

Em função do aumento de área ocupada pelos bracatingais, constatado nesta pesquisa, sendo inclusive maior, o estoque de madeira em idade de corte, sugere-se que sejam adotadas medidas urgentes, no sentido de viabilizar os bracatingais, pois estes constituem-se numa renda suplementar para os pequenos produtores da região. Uma das alternativas seria o aumento da demanda de consumo, através da desmistificação do seu uso, pois a bracatinga como fornecedora de lenha deve ser vista como uma atividade ajustada ao meio ambiente e que possibilita um equilíbrio na emissão e captação de CO₂. Além do incremento no uso da lenha, deve-se avaliar o uso alternativo do sub-bosque, com a utilização de espécies medicinais encontradas ou pelo aproveitamento de compostos presentes na sementes, tais como a galactomanana.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AHRENS, S. 1981. Um modelo matemático para volumetria comercial de bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth.). In: **Seminário sobre atualidades e perspectivas florestais**, 4.: "Bracatinga uma alternativa para reflorestamento", Curitiba. Anais. Curitiba: EMBRAPA-URPFCS, 1981. p. 77-90. (EMBRAPA-URPFCS. Documentos, 5).
- ANTUNES, A. F. B. 1996. **Análise do uso do processamento digital de imagens na segmentação de tipologias vegetais da APA de Guaraqueçaba - PR**. Curitiba: UFPR. Escola de Florestas. 109 p. Tese de Mestrado.
- BAGGIO, A. J. 1994. **Estudio sobre el sistema agroflorestal tradicional de la bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth.) en Brasil: productividad, manejo de residuos y elaboracion de compost**. Madrid: Universidad Politecnica de Madrid, 242 p. Tese de Doutorado.
- BARRET, E. C., CURTIS, L. 1992. **Introduction to environmental remote sensing**. Londres: Chapman & Hall.

- BRONDIZIO, E.; MORAN, E.; MAUSEL, P.; WU, Y. 1996. Land cover in the amazon estuary: linking of the thematic mapper with botanical and historical data. **Photogrammetric Engineering & Remote Sensing**, 62(8): 921-9.
- CARNEIRO, M. R. 1983. Importância das técnicas do sensoriamento para a ciência florestal. **Brasil Florestal**, Curitiba, 13:55.
- CARVALHO, P. E. R. 1994. **Espécies florestais brasileiras: recomendações silviculturais, potencialidades e uso da madeira**. Colombo: EMBRAPA-CNPf. 640 p.
- CARVALHO, P. E. R. 1981. Composição e crescimento de um povoamento natural de bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth.). In: **Seminário sobre atualidades e perspectivas florestais**, 4.: "Bracatinga, uma alternativa para reflorestamento", Curitiba. Anais. Curitiba: EMBRAPA-URPFCS, 1981. p. 67-75. (EMBRAPA-URPFCS. Documentos, 5).
- COPEL.(Curitiba, PR). 1985. **Estudo da biomassa e do mercado de energéticos de produtos florestais no sudeste paranaense**. Curitiba: Convênio COPEL/ITCF/FUPEF/COMEC, 425 p.
- COPEL. (Curitiba, PR). 1998. **Sinopse do balanço energético do Paraná 1980-1997**. Curitiba. 39 p.
- COPPOCK, J. T., RHIND, D. W. 1991. The history of GIS. In MAGUIRE, D.J., GOODCHILD, M. F.; RHIND, D. W. , eds. **Geographical information systems: principles and applications**, London: Longman, and New York: Wiley. p. 21-43.
- CRÓSTA, A. P. 1993. **Processamento digital de imagens de sensoriamento remoto**. Campinas: UNICAMP. 170 p.
- CONTO, A. J. de; HOEFLICH, V. A.; BITENCOURT, S. M.; WOESL, J. H. 1998. **O segmento consumidor na cadeia produtiva da lenha, no estado do Paraná**. Curitiba: Embrapa-CNPf. (Série Documentos). (no prelo)
- EMBRAPA. Centro nacional de Pesquisas de Florestas. (Curitiba, PR). 1988. **Manual técnico da bracatinga** (*Mimosa scabrella* Benth.). Curitiba: (EMBRAPA-CNPf, Documentos, 20). 70 p.
- FOODY, G. M.; HILL, R. A. 1996. Classification of tropical forest classes from Landsat TM data. **Int. J. Remote Sensing**, 17(12):2353-67.
- GAGLIUSO, R. A. 1991. Remote sensing and GIS technologies: an example of integration in the analysis of cougar habitat utilization in Southwest Oregon. In: HEIT, M.; SHORTREID, A. **GIS applications in natural resource**. British Columbia: GIS World Inc.
- GANTER, J. L. M. S. 1991. **Estudos dos carboidratos de sementes de *Mimosa scabrella* (Bracatinga)**. Análise estrutural dos oligossacarídeos e propriedades reológicas da galactomanana. Curitiba. 130 p. Dissertação (Doutorado) - Departamento de Bioquímica, Universidade Federal do Paraná.
- GREEN, G. M.; SUSSMAN, R. 1990. Deforestation history of the eastern rainforests of Madagascar from satellite images. **Science**, 248:212-215.
- JENSEN, J. R. 1986. **Introductory digital image processing**. New Jersey: Prentice Hall.

- JOHNSON, L. F.; HLAVKA, C. A.; PETERSON, D. L. 1994. Multivariate analysis of AVIRIS data for canopy biochemical estimation along the Oregon transect. **Remote sensing of environment**, 47:216-230.
- KLEIN, R. M. 1963. Observações e considerações sobre a vegetação do planalto nordeste catarinense. **Sellowia**, Itajaí, 14(15):39-56.
- KLEIN, R. M. 1968. Árvores nativas da mata pluvial da costa atlântica de Santa Catarina. In: **Congresso Florestal Brasileiro**, Curitiba, 1968. Anais. Curitiba: s.d. p. 65-103.
- KLEIN, R. M. 1981. Aspectos fitossociológicos da bracatinga (*Mimosa scabrella*). In: **Seminário sobre atualidades e perspectivas florestais**, 4.: "Bracatinga uma alternativa para reflorestamento", Curitiba. Anais. Curitiba: EMBRAPA-URPFCS, 1981. p. 145-8. (EMBRAPA-URPFCS. Documentos, 5).
- MALINGREAU, J. P., TUCKER, C.; LAPORTE, N. 1989. AVHRR for monitoring global tropical deforestation. **International Journal of Remote Sensing**, 10:855-67.
- MAZZA, M. C. M. 1995. **Análise de *Mimosa flocculosa* Burkart e *Mimosa taimbensis* Burkart (MIMOSACEAE) visando a produção de galactomanana**. Curitiba: PUC/UFPR, 42 p. (Especialização em Processos Biotecnológicos. Monografia)
- MAZZA, M. C. M.; ZILLER, S. R.; NAKASHIMA, T.; RODIGHERI, H. R.; MAZZA, C. A. S.; CURCIO, G. R.; RACHWAL, M. G.; BAGGIO, A. J.; MAIA, C. M. B. F.; DE CONTO, A. J. 1998. Análise do potencial de aproveitamento de espécies medicinais da sub-mata dos bracatingais. In: **FOREST**, Anais. Curitiba: 1998. (no prelo)
- MAZUCHOWSKI, J. Z. 1990. **Organização da reposição florestal**. Curitiba: PROJETO FAO-GCP/BRA/025/FRA. 126 p. (Série Subsídios Florestais, 2).
- MORAN, E.; BRONDIZIO, E.; MAUSEL, P.; WU, Y. 1994. Integrating amazonian vegetation, Land-use ~, and satellite data. **BioScience**, 44:329-39.
- MUCHONEY, D. M.; HAACK, B. N. 1994. Changing detection for monitoring forest defoliation. **Photogrammetric Engineering & Remote Sensing**, 60:1243-51.
- NOVO, E. M. L. 1993. **Sensoriamento remoto - princípios e aplicações**. 2.ed. São Paulo: Edgard Blucher Ltda., p. 207-77.
- PHILLIPS, O. 1993. The potential for harvesting fruits in tropical rainforests: new data from amazonian Peru. **Biodiversity and Conservation**, 2:18-38.
- RANSON, K. J.; SUN, G. 1994. Northern forest classification using multifrequency and multipolarization SAR images. **Remote Sensing of Environment**, 47:142-53.
- REITZ, R.; KLEIN, R. M. 1964. O reino vegetal de Rio do Sul. **Sellowia**, Itajaí, 16(16):9-118.
- RICHARDS, J. A. 1986. **Remote sensing digital image analysis**. Berlim: Springer-Verlag. p. 206-25.
- ROLLER, N. E. G.; COLWELL, J. E. 1986. Coarse-resolution satellite data for ecological surveys. **BioScience**, 36:468-75.

- ROTTA, E.; OLIVEIRA, Y. M. M. 1981. Área de distribuição natural da bracatinga (*Mimosa escabrella*). In: **Seminário sobre atualidades e perspectivas florestais**, 4.: "Bracatinga uma alternativa para reflorestamento". Curitiba. Anais. Curitiba: EMBRAPA-URPFCS, 1981. p.117-122. (EMBRAPA-URPFCS. Documentos, 5).
- SADER, S.; STONE, T.; JOYCE, A. 1990. Remote sensing of tropical forests: an overview of research and applications using non-photographic sensors. **Photogrammetric Engineering & Remote Sensing**, 56:1343-51.
- SCOTT, J. M., ESTES, J. E., SCEPAN, J., DAVIS, F. W., STOMS, D. M.. 1991. An information systems approach to the preservation of biological diversity. In: HEIT, M.; SHORTREID, A. **GIS Applications in Natural Resource**. British Columbia: GIS World Inc.
- SKOLE, D.; TUCKER, C. 1993. Tropical deforestation and habitat fragmentation in the Amazon: satellite data from 1978 to 1988. **Science**, 260:1905-10.
- WOODWELL, G. M.; HOUGHTON, R.; STONE, T.; NELSON, R.; KOVALICK, W. 1987. Deforestation in the tropics: new measurements in the amazon basin using Landsat and NOAA advanced very high resolution radiometer imagery. **Journal of Geophysical Research**, 92:2157-63.