

Dados de sensoriamento remoto de alta resolução para estudos de biodiversidade: Identificação de copas de palmeiras (Arecaceae) em Ubatuba, São Paulo

Vanessa Priscila Camphora^{1,2}
Simey Thury Vieira Fisch¹
Silvana Amaral²

¹ Universidade de Taubaté - UNITAU/IBB
Caixa Postal 515 - 12201-970 - Taubaté - SP, Brasil
simey.fisch@gmail.com
vanessa_camphora@hotmail.com

² Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais INPE/DPI
Caixa Postal 515 - 12227-010 - São José dos Campos - SP, Brasil
silvana@dpi.inpe.br

Abstract. The Atlantic rain forest has the largest continuous areas of forest remnant in the state of São Paulo, where palm trees are an important component of its biodiversity. The typical architecture of their crowns makes them easily to distinguish from other trees in the forest canopy by remote sensing. This study aimed to evaluate the potential of high resolution images for identification of palm trees in the region of Ubatuba, in the north coast of Sao Paulo state. A QuickBird image (0.6 m spatial resolution) referred to 2007 was first used to identify palm species by visual interpretation, that was checked by the fieldwork in 2012. From 50 points of palms identification, 23 corresponded to specimens identified correctly: *Elaeis guineensis* (oil palm), *Bactris gasipaes* (peach palm), *Roystonea oleracea* (imperial) and *Attalea dubia* (indaiá). Individuals of açai, juçara, hybrids of juraça with açai, *Euterpe oleracea* (açai), *Archontophoenix* sp. (royal Australian), *Syagrus romanzoffiana* (gerivá) and *Cocos nucifera* (coconut) were recognized only in the field and then located in the image. The second approach tested image segmentation with different thresholds of similarity and area, and the application of image contrast enhancement for areas with different contexts where palm trees were identified. Morphological characters and data segmentation off palm trees were summarized to facilitate the recognition of the crowns at QuickBird similar image. Our results indicated the palm species visually identifiable and evaluated the digital procedure to detect and map canopy palm trees at high resolution remote sensing image.

Palavras-chave: canopy, image processing, QuickBird, dossel, processamento de imagens, QuickBird.

1. Introdução

A Floresta Atlântica está classificada entre os 25 “hotspots” de conservação da biodiversidade mundial e devido sua importância requer acompanhamentos e cuidados para preservação de suas áreas (Myers et al., 2000). O bioma de originalmente 1.227.600 km², atualmente ocupa 91.930 km² limitados a pequenas remanescentes que correspondem a 7,5 % de sua cobertura original (Myers et al., 2000). O estado de São Paulo, apesar do avanço da urbanização sobre suas áreas verdes, é o estado que apresenta as maiores áreas remanescentes contínuas de Mata Atlântica (Instituto Florestal, 2009).

O monitoramento constante e os estudos em larga escala das florestas tropicais enfrentam dificuldades como o acesso no campo e limitações de recursos humanos. Para tanto, o sensoriamento remoto (SR) vem sendo utilizado como alternativa a estas restrições (Ximenes e Amaral, 2010). As imagens obtidas por satélite oferecem uma visão sinóptica que facilitam a seleção de áreas de estudo de relevância e também o planejamento de campo (Mantovani, 2006). Imagens que possuem alta resolução espacial, como as imagens obtidas do satélite QuickBird, com 0,6 m de resolução em sua banda pancromática, permitem individualizar copas de árvores, tornando-se úteis para estudos de larga escala que requerem maiores detalhes. Resoluções a partir de 1,5 m implicam em perda de detalhes e nitidez, e nessas imagens há a integração de todos os elementos estruturais da copa das árvores (Disperati e Oliveira Filho, 2005).

Para a extração das informações de interesse eventualmente faz-se necessário o processamento digital para capaz minimizar diferenças e realçar feições de modo a facilitar a fotointerpretação e identificação dos alvos. Por serem reconhecidas pela arquitetura da copa e características das folhas, as palmeiras que ocupam o dossel florestal são passíveis de serem avaliadas e identificadas por sensoriamento remoto. Os resultados de Arasato et al. (2011) indicam a possibilidade de segmentar e classificar algumas copas de palmeiras do estrato superior da Floresta Amazônica em imagens de videografia aérea.

As palmeiras, espécies da família Arecaceae, possuem distribuição tipicamente pantropical, ocorrendo em diversos habitats e altitudes, desde as orlas marítimas até regiões interioranas (Moore, 1973). Há uma grande diversidade de espécies, com aproximadamente 39 gêneros e 264 espécies de palmeiras no Brasil (Leitman et al., 2012). Além de sua importância paisagística, as palmeiras também representam uma admirável fonte de renda para os setores alimentício e medicinal, o que as torna a objeto de estudo de grande interesse (Henderson et al., 1995; Lorenzi, 2004). Esta importância das palmeiras torna o monitoramento de áreas de ocorrência natural e de plantios uma atividade imprescindível para conservação e manejo de suas espécies. O mapeamento realizado por meio de imagens de sensoriamento remoto, ainda que com limitações, pode facilitar a identificação taxonômica e agilizar esse monitoramento.

O objetivo deste trabalho foi verificar o potencial do sensoriamento remoto de alta resolução como ferramenta para estudo de biodiversidade de palmeiras no município de Ubatuba-SP. A partir da elaboração de um banco de dados geográficos contendo informações de campo e a imagem de alta resolução espacial (QuickBird), verificou-se a possibilidade de identificar espécies de palmeiras de dossel a partir de interpretação visual e segmentação digital da imagem, explorando técnicas de realce de contraste da imagem, verificando-se diferentes condições de contexto.

2. Metodologia de Trabalho

2.1 Área de estudo

A área de estudo compreende áreas de Floresta Atlântica, de plantios e urbanizadas no município de Ubatuba, litoral norte de São Paulo. Foram selecionadas subáreas nas seguintes localidades: Unidade de Pesquisa e Desenvolvimento (UPD) de Ubatuba, vinculada à Agência Paulista de Tecnologia dos agronegócios (APTA), conhecida como Estação Experimental do IAC (Instituto Agrônomico); diferentes trechos da Rodovia Oswaldo Cruz; e terrenos no interior do Condomínio Ressaca.

2.2 Identificação das palmeiras por Sensoriamento remoto

Utilizou-se uma imagem do satélite QuickBird (QB) produto da fusão da banda pancromática (445-900 nm) com as bandas multiespectrais verde (520-600 nm), vermelho (630-690 nm) e infravermelho (760-900 nm), bandas 2, 3 e 4 respectivamente em uma composição RGB-234, referente ao município de Ubatuba, adquirida em 21/10/2007.

A imagem, georreferenciada para o sistema de projeção UTM, zona 23 sul, Datum WGS-84, foi incorporada ao banco de dados geográfico no Sistema de Informação Geográfico SPRING, para identificação dos indivíduos de palmeiras a ser realizado em duas fases: interpretação visual e processamento digital da imagem.

A interpretação visual identificou inicialmente as copas de palmeiras, que foram avaliadas segundo o formato e diâmetro e coloração das copas com a finalidade de identificar o grupo taxonômico ao qual pertenciam. Pontos correspondentes às copas das espécies foram editados sobre a imagem gerando uma tabela das espécies inicialmente identificadas.

A expedição de campo, realizada em abril de 2012, verificou quantas e quais espécies foram reconhecidas corretamente na interpretação visual e suas localizações. A partir da interpretação visual, foram preparadas cartas de campo, com coordenadas e identificação das palmeiras (indivíduos) que foram visitadas. As palmeiras foram fotografadas e a identificação das espécies realizada por especialistas.

Após a verificação de campo dos indivíduos identificados visualmente, verificou-se o potencial da segmentação de imagem por crescimento de regiões (INPE, 2012) para delimitar automaticamente as copas. Na segmentação por crescimento de regiões, sem a suavização de arcos, testou-se diferentes limiares de similaridade (S) e de área (A). A imagem QB foi recortada em diversas cenas com tamanhos semelhantes e em mesma escala (1:600.000) de modo a incluir áreas de ocorrência das palmeiras em diferentes situações de contexto e contraste, demandando testes de opções de realce. O diâmetro médio das copas de cada espécie foi mensurado sobre a imagem, utilizando-se a ferramenta de cálculo de comprimento, em metros.

3. Resultados e Discussão

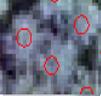
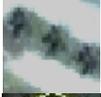
3.1 Análise Visual e Verificação em Campo

Da interpretação visual da imagem QB, 59 pontos de palmeiras foram identificados: 18 *Elaeis guineensis* (dendê), 3 *Archontophoenix sp* (real australiana), 2 *Bactris gasipaes* (pupunha), 4 *Roystonea oleracea* (imperial), 5 *Attalea dubia* (indaiá), 1 *Cocos nucifera* (coqueiro), 8 *Syagrus pseudococos* (pati), 6 *Euterpe edulis* (juçara); os outros 12 pontos não permitiram distinção. Destes pontos, apenas 9 não foram acessíveis e portanto não verificados em campo. A interpretação visual identificou corretamente 23 indivíduos (Tabela 1). A espécie *E. guineensis* foi a mais facilmente reconhecida pela interpretação visual, devido ao grande diâmetro de sua copa com arquitetura estrelada. A sobreposição de copas de indivíduos de mesma espécie ou de espécie diferente dificultou o reconhecimento das espécies de palmeiras por análise visual, o que foi agravado pela variação do diâmetro das copas de uma mesma espécie e a presença de sombras na imagem.

As espécies *Euterpe edulis* e *Syagrus pseudococos* são espécies nativas presentes no dossel da Floresta Atlântica na região e não foram visualizadas na imagem QuickBird, apenas em campo. A baixa estatura destas árvores e o diâmetro reduzido em relação à *E. guineensis*, dificultaram a observação dessas espécies na imagem utilizada.

As espécies *Cocos nucifera* (coqueiro) e *Syagrus romanzoffiana* (gerivá) foram observadas em campo e corretamente identificadas na imagem pela observação de suas sombras de formato estrelado. As copas de *Euterpe oleracea* (açai), *Archontophoenix sp* e os híbridos de juçara e açai, foram reconhecidas apenas em campo; a dificuldade de individualização das copas não permitiu a identificação por interpretação visual. Da imagem QuickBird pode-se delimitar a área de estudo, e identificar previamente 6 das 11 espécies de palmeiras encontradas em campo, através da análise da arquitetura e do diâmetro das copas na interpretação visual.

Tabela 1. Identificação das espécies de palmeiras a partir da interpretação visual de copas em imagem QuickBird e resultado de acertos da verificação de campo.

Espécie	Nome vulgar	Copa QB	Copa campo	Pontos imagem	Acertos
<i>Elaeis guineensis</i> Jacq.	Dendê			18	18
<i>Bactris gasipaes</i> Kunth	Pupunha			2	2
<i>Roystonea oleracea</i> (Jacq.) O. F. Cook.	Imperial			4	2
<i>Attalea dubia</i> (Mart.) Burret	Indaiá			5	1
<i>Cocos nucifera</i> L.	Coqueiro			1	0
<i>Syagrus romanzoffiana</i> (Cham.) Glassman	Gerivá			0	0
<i>Archontophoenix</i> sp.	Real			3	0
<i>Euterpe oleracea</i> Mart.	Açaí			0	0
Híbrido	Juçara com Açaí			0	0

3.2 Delimitação automática dos limites das palmeiras na Imagem QuickBird

As subáreas designadas de 1 a 13 (Q1-Q13) foram tratadas individualmente, de modo a identificar para cada contexto, o procedimento de realce que permitisse o uso de segmentação para identificar as copas das palmeiras. A tabela 2 resume os contextos tratados, as espécies identificadas e o procedimento que permitiu a delimitação automática das copas.

Nem todos os indivíduos facilmente reconhecidos por interpretação visual obtiveram suas copas delimitadas corretamente através de segmentação. As cenas que apresentavam alto contraste, como áreas urbanas e remanescentes florestais com presença de solo exposto, gramíneas ou outras formações vegetais foram segmentadas sem utilização de realce, implicando assim em limiares de similaridade e de área elevados.

Os recortes com baixo contraste, referentes a localidades de ocorrência de espécies em plantios com formação de talhão, segmentou as imagens a partir da utilização de realce linear, linear negativo e banda 2, para as quais a utilização de limiares de similaridade e de área baixos facilitaram a delimitação das copas.

As copas que não foram capazes de serem delineadas por segmentação corresponderam às palmeiras: *S. romanzoffiana* e *R. oleracea* dispostas distanciadas por apresentarem um tamanho pequeno de copas para esse tipo de análise; *E. oleraceae*, *Archontophoenix* sp e híbridos de juçara e açaí plantadas em talhões, e *B. gasipaes* plantada em fileira, nas quais ocorrem sobreposição das copas por estarem posicionadas muito próximas, em ambos contextos. O único indivíduo de *A. dubia* encontrado apresentou subdivisão de sua copa em

todos os testes de segmentação. A aplicação de uma posterior classificação poderia evitar este problema.

Tabela 2. Avaliação das palmeiras identificadas por sensoriamento remoto. Contexto

ID	Espécie	Contexto	Arranjo espacial	Diâmetro (m)	Imagem		
					Contraste	Limiar	
					Realce	S	A
Q1	<i>Syagrus romanzoffiana</i>	Superfície pavimentada; posto policial	Identificação de sombras; isoladas; copa estrelada	2,75	linear negativo	4	15
Q2	<i>Elaeis guineensis</i>	Gramíneas	Espaçamento constante; talhão, copa estrelada	11,88 + 1,04	linear negativo	5	30
Q3	<i>Bactris gasipaes</i>	Gramíneas; outras espécies arbóreas	Fileiras separadas por suas sombras; copa estrelada	5,55 + 0,30	banda 2	2	10
Q4	<i>Archontophoenix</i> sp e híbridos de juçara com açai	Espécies arbóreas; solo exposto	Talhões; pouco espaçamento; copas arredondadas	-	-	-	-
Q5	<i>Euterpe oleracea</i>	Superfície pavimentada; gramíneas	Talhões; pouco espaçamento; copas arredondadas	-	-	-	-
Q6	<i>Elaeis guineensis</i>	Formação florestal; gramíneas; Superfície pavimentada; construções; solo exposto	Palmeiras entre outras espécies arbóreas; copas arredondadas	10,82 + 1,20	Linear, linear negativo	3	15
Q7	<i>Bactris gasipaes</i>	Superfície pavimentada; construções; gramíneas; solo exposto	Fileira; copas com diferentes diâmetros; copa estrelada	-	-	-	-
Q8	<i>Attalea dubia</i>	Formação florestal; gramíneas; Superfície pavimentada; construções	Palmeiras entre outras espécies arbóreas; copa estrelada	9,60	Sem realce	3	15
Q9	<i>Cocos nucifera</i>	Superfície pavimentada; construções; gramíneas;	Isoladas; copa estrelada	3,33 + 0,33	Sem realce; contraste Negativo	8	10
Q10	<i>Elaeis guineensis</i>	Superfície pavimentada; construções; gramíneas;	Isolada; copa estrelada	9,50	Sem realce	4	30
Q11	<i>Roystonea oleracea</i>	Superfície pavimentada; canteiro central	Separadas por suas sombras; fileira horizontal; copa estrelada	7,15 + 0,56	Sem realce	5	20
Q12	<i>Roystonea oleracea</i>	Superfície pavimentada; canteiro central	Isoladas; fileira horizontal; copa estrelada	4,62 + 1,45	-	-	-
Q13	<i>Bactris gasipaes</i>	Gramíneas; solo exposto	Isoladas ; plantio irregular	4,33 + 0,51	Linear	5	20

A Figura 1 apresenta exemplos de segmentação da palmeira *E. guineensis* detectando suas copas em contextos diferenciados, apresentando assim, a espécie com maior número de indivíduos identificados através desta análise. Os testes de segmentação das outras espécies estão descritos em Camphora (2012), que apresentou a possibilidade de delinear corretamente as copas de *B. gasipaes*, *C. nucifera* e *R. oleracea*

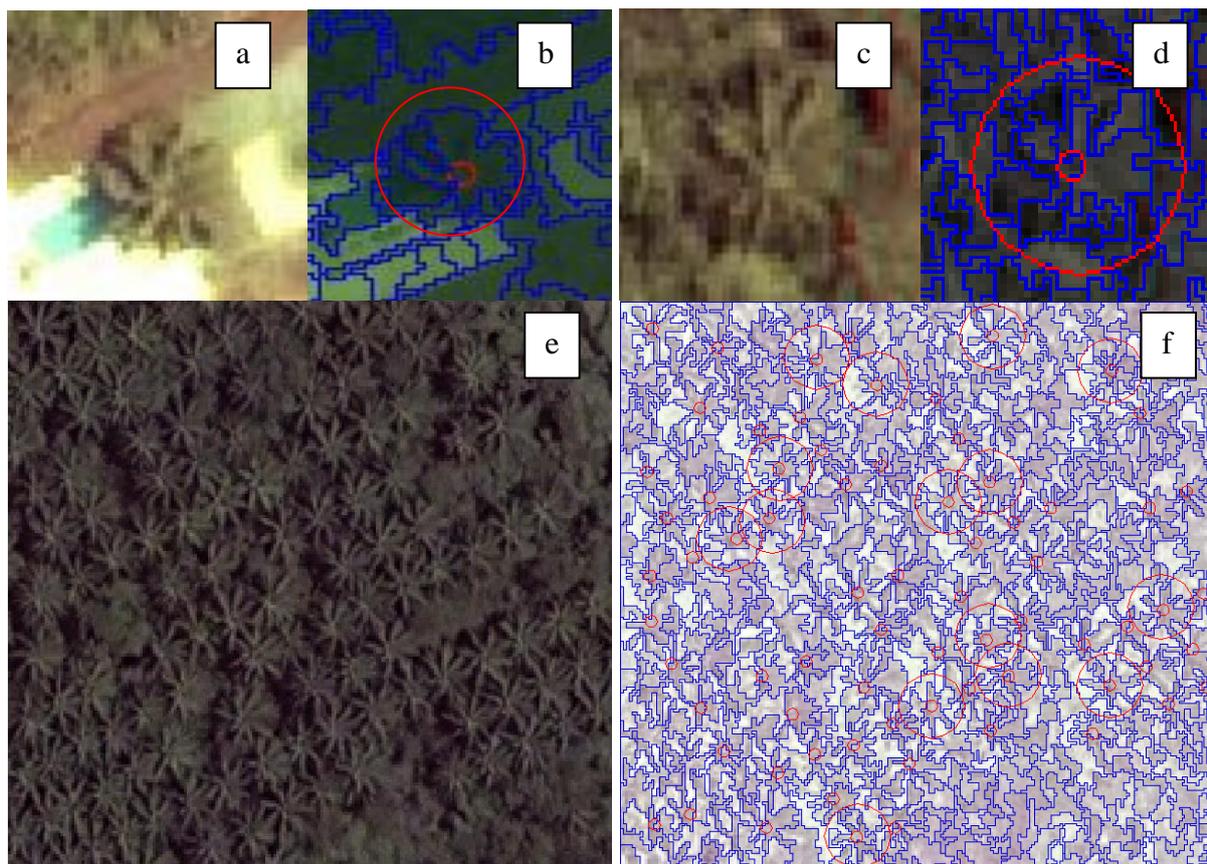


Figura 1. Exemplos de resultados da segmentação para identificar palmeiras: a) Q10 - *E. guineensis* em área urbana (a) e segmentação (b); c) Q6 - *E. guineensis* em formação florestal (c) e segmentação (d); e) Recorte *E. guineensis* em talhão (e) e a segmentação (f).

Obteve-se assim para cada espécie e contexto, um conjunto de procedimentos que permitem a identificação através da detecção de suas copas. A Tabela 3 descreve as principais características que permitiram a identificação taxonômica das de palmeiras por sensoriamento remoto. Os dados macromorfológicos de copa e do tipo de caule, que podem ser únicos (solitários) ou perfilhados (múltiplos), foram baseados na literatura (LORENZI *et al.*, 2004; HENDERSON *al.*, 1995).

De acordo com a forma em que a copa se apresenta na imagem do QuickBird, diz-se estrelada as palmeiras que permitem distinção das pontas de seus ramos; as palmeiras arredondadas têm as pontas dos ramos misturando-se ao contorno da copa da árvore devido ao arqueamento ou a pendência das folhas nas pontas da ráquis. Indica-se ainda na Tabela 3 o procedimento mais adequado e a possibilidade final de detecção, seja por interpretação visual, segmentação automática dos limites, ou apenas com dados de campo.

Tabela 3. Classificação das palmeiras de dossel para auxílio na identificação de espécies.

Características morfológicas das espécies e contexto				Possibilidade de detecção (SR)	
Espécie	Tipo de caule	Forma da copa	Situação	Tipo de realce	Identificação
<i>R. oleracea</i>	Solitário	Estrelada	Fileira	Sem realce	Interpretação visual e segmentação
<i>C. nucifera</i>	Solitário	Estrelada	Isolados em área urbana	Sem realce	Interpretação visual e segmentação
<i>E. guineenses</i>	Solitário	Estrelada	Isolados; talhão e em formações florestais	Linear, linear negativo, sem realce	Interpretação visual e segmentação
<i>B. gasipaes</i>	Múltiplo	Estrelada	Talhão e irregular	Linear, realce banda 2	Interpretação visual e segmentação
<i>S. romanzoffiana</i>	Solitário	Estrelada	Isoladas	linear negativo	Interpretação visual e segmentação
<i>A. dubia</i>	Solitário	Estrelada	Formação florestal	linear	Interpretação visual
<i>Archontophoenix</i> sp.	Solitário	Arredonda da	Talhão	-	Campo
<i>E. oleracea</i>	Múltiplo	Arredonda da	Talhão	Sem realce	Campo
Híbrido	Múltiplo	Arredonda da	Talhão	-	Campo
<i>E. edulis</i>	Solitário	-	Formação florestal	-	Campo
<i>S. pseudococos</i>	Solitário	-	Formação florestal	-	Campo

4. Considerações Finais

O produto de fusão das bandas do QuickBird utilizado de alta resolução espacial (0,6 m) permitiu individualizar palmeiras de dossel e distingui-las de outras espécies arbóreas através de interpretação visual. Esta abordagem permitiu reconhecer as características relevantes das espécies para facilitar a identificação taxonômica no processo digital.

Na segmentação foi possível observar que nem todas as espécies visualmente identificadas apresentaram suas copas delimitadas corretamente. A classificação da imagem possivelmente seria eficaz para evitar subdivisões de copas de uma mesma espécie.

A dificuldade em individualizar certas copas de palmeiras pode ser atribuída à impossibilidade de utilizar a resolução espectral original deste satélite, uma vez que a imagem original poderia fornecer informações importantes para distinção de espécies, a partir das informações espectrais do tipo de folhagem de cada palmeira estudada.

A identificação taxonômica de palmeiras do dossel da Floresta Atlântica pode ser realizada por sensoriamento remoto de alta resolução espacial, ainda que com limitações. O uso dessa técnica pode contribuir para seu monitoramento e conservação desse bioma e contribuir também para planejamento de plantios e arborização urbana.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao INPE e ao CNPq pelo apoio financeiro, na concessão da bolsa PIBIC/CNPq; às especialistas do Instituto Agrônomo de Campinas (IAC) Dra. Valéria Aparecida Modolo e Dra. Maria Luiza Sant'Anna Tucci pelo apoio e identificação das espécies e suporte no trabalho de campo; à empresa PROMAPS Soluções de Mapeamento,

que cedeu a imagem do satélite QuickBird, do município de Ubatuba, para uso exclusivo das atividades desenvolvidas nesta pesquisa.

Referências Bibliográficas

Arasato, L. S.; Amaral, S. ; Rennó, C. D. Detecting individual palm trees (Arecaceae family) in the amazon rainforest using high resolution image classification. In: Simpósio Brasileiro de sensoriamento remoto, Curitiba. **Anais do XV SBSR**, 2011. p. 7628-7635, 2011.

Camphora, V. P. **Identificação de copas de palmeiras (Arecaceae) por sensoriamento remoto de alta resolução em Ubatuba, São Paulo**. 2012. 52p. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Ciências Biológicas) – Universidade de Taubaté, Taubaté. 2012.

Disperati, A.A.; Oliveira Filho, P.C. R. Delineamento de copas de árvores em fotografias aéreas de alta resolução, através de suas sombras periféricas: Estudo de caso na Floresta Ombrófila Mista. **Árvore**. Viçosa-MG, v.29, n.2, p.195-202, 2005

Henderson, A.; Galeano, G.; Bernal, R. **Field Guide to the Palms of the Americas**. New Jersey: Princeton University Press, 1995. 352 p.

Instituto Florestal. Plano de manejo. In **Plano de Manejo Alberto Lofgren**. Instituto Florestal, Secretaria do Meio Ambiente do estado de São Paulo, São Paulo, p.1-4, 2009.

Leitman, P.; Henderson, A.; Noblick, L.; Martins, R.C. Arecaceae in **Lista de Espécies da Flora do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. 2012. (<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/2012/FB000053>).

Lorenzi, H.; Souza, H.M.; Costa, J.T.M.; Cerqueira, L.S.C.; Ferreira, E. **Palmeiras Brasileiras e Exóticas Cultivadas**. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum de Estudos da Flora. 2004. 432p.

Mantovani, J. E. Estudo e monitoramento de animais através do sensoriamento remoto e do geoprocessamento. **Anais 1º Simpósio de Geotecnologias no Pantanal**, Campo Grande, Brasil, 11-15 novembro 2006, Embrapa Informática Agropecuária/INPE, p.358-367.

Moore, H.E. Palms in the tropical forest ecosystems in Africa and South America. In: MEGGERS, B.J.; AYENSY, E.S.; DUCKWORTH, W.D. (eds.). **Tropical forest ecosystems in Africa and South America: a comparative review**. Washington DC, Smithsonian Institution Press, p. 63-88. 1973.

Myers, N.; Mittermeier, R.A.; Mittermeier, C.G.; Fonseca, G.A.B.; Kent, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature** 403:853-858. 2000.

INPE. **SPRING**: Tutorial de geoprocessamento, São José dos Campos : Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, Divisão de Processamento de Imagens., SP. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/spring>. Acesso em: 20 out. 2012.

Ximenes, A. C.; Amaral, S. Predição de parâmetros estruturais de florestas tropicais a partir de técnicas de Transformada de Fourier e delimitação manual de copas aplicadas em imagens de alta resolução espacial. **Caminhos de Geografia (UFU)**, v. 11, p. 202-207, 2010.