

Avaliação do NDVI/CBERS 2 - CCD em Mata Atlântica na identificação de áreas ocupáveis de *Callicebus coimbrai* no litoral sul do Estado de Sergipe

Camila dos Santos Junqueira¹
Elizangela Pereira da Silva¹
Carlos Alberto Borba Schuler¹
Leandro Jerusalinsky²

¹ Universidade Federal de Pernambuco – UFPE/DECart - Mestrado Acadêmico
Av. Acadêmico Hélio Ramos, s/n – Cidade Universitária, 50740-530 - Recife - PE, Brasil
cammysj@gmail.com, lili_makadesh@yahoo.com.br, cschuler@ufpe.br

² ICMBIO - Centro de Proteção de Primatas Brasileiros
Praça Antenor Navarro Nº 5 - Varadouro - Centro Histórico, 58010-480 - João Pessoa-PB,
Brasil leandro.jerusalinsky@icmbio.gov.br

Abstract. This paper shows the results of the research developed to assess the possibilities of images CBERS to identify areas of occurrence of a species of mammal threatened of extinguishing, the *Callicebus coimbrai*, founded in the south of Sergipe and north of Bahia States. They are esteem that they do not remain more than what a thousand individuals in the nature, and do not exist captive colonies of them. It was established, as experimental area, “Mata do Crasto”, located in the city of Santa Luzia do Itanh, south of Sergipe State (11°22'S, 37°25'W), next to a mangrove and the river Piauí. With a surface of 700 ha, it possesss the portion of bigger representation of this ecosystem. For temporal analysis of the vegetation images of satellite CBERS 2/CCD had been used of 5/5/2004 and 11/2/2005. These images had been acquired by download, of gratuitous form, the site <http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>. Being the images of 2004 and 2005 representative ones of rains and dry seasons, respectively and corresponding the scene orbit-point: 147-113. The hydric stress generated in dries seasons can reduce the total area of the “Mata do Crasto” in relation to some vegetable species harming the vital stability of the primates. The image of average resolution, the area is covered by clouds, particularly at the rains seasons, and the fragments are small, because of these reasons CBERS-2/CCD images are not configured as ideal for the mapping of potential areas of occupation of this species.

Palavras-chave: remote sensing, satellite images, seasons rain and dry, temporal analysis, sensoriamento remoto, imagens de satélite, estações chuvosa e seca, análise temporal

1. Introdução

O Brasil é o país com maior diversidade de primatas no mundo, contando com mais de 130 espécies, das quais 26 são consideradas ameaçadas de extinção. Os 10 táxons¹ de primatas mais ameaçados estão classificados como Criticamente em Perigo pelas listas de espécies ameaçadas nacional (MMA, 2003) e internacional (IUCN, 2006), dentre os quais está o guigó (*Callicebus coimbrai*).

As populações remanescentes do guigó estão delimitadas ao norte pelo rio São Francisco, ao sul pelo rio Paraguaçu, a leste pelo Oceano Atlântico, e a leste pelas formações mais secas associadas ao bioma Caatinga.

A área de extensão da espécie, ou seja, a superfície compreendida entre seus limitantes geográficos, não supera os 30.000km², entretanto a área efetivamente ocupada foi estimada entre 100 e 150 km². Estima-se, também, que não restem mais do que mil indivíduos na natureza, e não existem colônias cativas da espécie.

O Projeto Guigó, do Centro de Proteção de Primatas Brasileiros do Instituto Chico Mendes para a Conservação da Biodiversidade (ICMBIO), em parceria com a Universidade

1 **Táxon** (plural *taxa*, em latim, ou táxons, aporuguesado) é uma unidade taxonômica, essencialmente associada a um sistema de classificação. Táxons (ou *taxa*) podem estar em qualquer nível de um sistema de classificação: um reino é um táxon, assim como um gênero é um táxon, assim como uma espécie também é um táxon ou qualquer outra unidade de um sistema de classificação dos seres vivos. Fonte: <http://pt.wikipedia.org/wiki/T%C3%A1xon>

Federal de Sergipe, a Companhia para Desenvolvimento dos Vales dos rios São Francisco e Parnaíba – Codevasf, e a Superintendência Estadual do Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) em Sergipe, está desenvolvendo um conjunto de ações voltadas à pesquisa e à conservação de *Callicebus coimbrai*. Como prioridade deste projeto destacou-se a necessidade realizar o levantamento de áreas de ocorrência da espécie ao longo de sua distribuição, a fim de obter um diagnóstico mais refinado sobre seu estado de conservação.

A principal causa de ameaça à espécie é a contínua destruição de seus habitats desde a colonização europeia no séc. XVI, inicialmente para o plantio de cana-de-açúcar, e, mais recentemente, para a implantação de pastagens para produção pecuária. A caça também representa uma ameaça à espécie – apesar de não ser um item preferencial de caçadores mais experientes –, assim como o corte seletivo para venda de madeira ou consumo de lenha que diminui a qualidade dos habitats. A apanha para domesticação não representa uma grande ameaça à espécie, com raros casos registrados. Com isso, a principal estratégia de conservação para a espécie está relacionada ao mapeamento das populações, à caracterização das áreas ocupadas, e à identificação de outras áreas potencialmente ocupáveis pela espécie.

Como resultado, foi possível conhecer as mais de 30 áreas efetivamente ocupadas pela espécie, em fragmentos que acompanham a Mata Atlântica de Sergipe e litoral norte da Bahia, a maioria concentrada no sul de Sergipe. O próximo passo seria delimitar os parâmetros que caracterizam estas áreas, a fim de identificar outras áreas potencialmente ocupadas pela espécie que ainda não tenham sido localizadas. Isto pode ser alcançado por meio de imagens de satélite.

Os dados de sensoriamento remoto têm-se mostrado extremamente úteis para estudos e levantamentos de recursos naturais, dá suporte a diversas atividades como monitoramento de desastres ambientais, identificação de áreas de preservação permanente e avaliação do uso do solo, entre outros.

As imagens de satélite são indispensáveis para a conservação ecológica e aplicações biológicas e apresenta-se, em alguns casos, como a única alternativa para se dimensionar as características de habitats de grandes áreas. Além de ter a possibilidade de detectar mudanças, resultados de ações antrópicas ou naturais (Kerr e Ostrovsky, 2003).

A observação da Terra por meio de satélites é a maneira mais efetiva e econômica de coletar os dados necessários para monitorar e modelar estes fenômenos naturais, especialmente em países de grande extensão territorial, como o Brasil, (Sausen, 2007).

A possibilidade de serem utilizadas imagens gratuitas e com média resolução espacial impulsionou o estudo das áreas de ocorrência da espécie com imagens do programa CBERS (*China-Brazil Earth Resources Satellite* ou Satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres). O mesmo foi iniciado em 1988 e é um projeto conjunto entre o Brasil e a China para a construção de uma família de satélites de Sensoriamento Remoto.

Trata-se de modelo de cooperação e intercâmbio tecnológico entre países em desenvolvimento. Atualmente, está em operação o CBERS-2, lançado em outubro de 2003 e o CBERS-2B em 19 de setembro de 2007 e até 2013, estão previstos os lançamentos de mais dois satélites: CBERS-3 e CBERS-4. A sua principal missão do programa CBERS é contribuir para o melhor entendimento do nosso planeta. Isto é possível devido ao conjunto de câmeras que continuamente imageiam a Terra em diferentes regiões óptico-espectrais e numa variedade de resoluções espaciais e temporais, (INPE, 2008).

Os objetos na Terra possuem um comportamento espectral muito variado em virtude de sua estrutura, ângulo de visada do sensor e sua posição na superfície, dentre outros. Uma árvore quase seca, por exemplo, tem cor diferente daquela sadia, devido à produção da clorofila.

É sabido que os números digitais existentes nas imagens orbitais são proporcionais a valores de radiação que foram medidos por cada um dos detectores, em cada faixa espectral que o sensor atua. Tais valores diferenciam-se de acordo com a faixa. No caso específico da vegetação, sendo ela sadia, na região do visível (0,3 a 0,7 μ m), a maior parte da radiação eletromagnética é absorvida devido à ação de pigmentos fotossintetizantes e a transmitância é muito baixa. Já na região do infravermelho próximo, os valores apresentam-se elevados, porque a estrutura morfológica da folha controla a reflectância nessa região (Ponzoni e Shimabunkuro, 2007; Centeno, 2004).

Como forma de se obter uma melhor diferenciação para uma análise de cobertura vegetal e explorar suas propriedades, diversos índices espectrais de vegetação têm sido propostos, especialmente nas regiões do infravermelho próximo e do vermelho. Tais índices estão relacionados a parâmetros biofísicos da cobertura vegetal, como biomassa e índice de área foliar, (Ponzoni e Shimabunkuro, 2007).

Dentre os índices, um dos mais utilizados é o NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) – Índice de Vegetação de Diferença Normalizada. É utilizado para construir perfis sazonal e temporal das atividades da vegetação, permitindo comparações inter-anuais desses perfis.

Por isso busca-se uma alternativa relevante para a identificação das áreas da espécie *Callicebus coimbrai* e avaliação dessa vegetação em períodos de seca e de chuvas. Para este trabalho foi escolhida a Mata do Crasto, uma das áreas ocupadas pela espécie no Estado de Sergipe.

2. Material e Métodos

Foi estabelecida, como área experimental, a Mata do Crasto que está localizada no município de Santa Luzia do Itanhy, sul do Estado de Sergipe (11°22'S, 37°25'W), próxima a um manguezal e ao rio Piauí. Com uma superfície de 700 ha, ela possui a porção de maior representatividade desse ecossistema. Como este município está situado em um antigo território de engenhos, a mata resistiu às queimadas, as plantações de cana-de-açúcar, logo depois, a pecuária e mais recentemente a monocultura do coco.

Os fragmentos de Mata Atlântica do Estado estão situados na zona litorânea compreendendo uma faixa de aproximadamente 40 km de largura (Souza e Siqueira, 2001). A mata do Crasto foi decretada Reserva Particular de Patrimônio Natural (RPPN) no dia 10 de agosto de 1989 pela Portaria No. 442/89 do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Sousa, 2003).

A RPPN é uma categoria de área protegida, instituída em áreas de domínio privado, por iniciativa de seu proprietário e mediante reconhecimento do poder público. Assim sendo a instituição de uma portaria é uma alternativa para salvar o bioma, formando redes e corredores para manter a biodiversidade e seus processos naturais em longo prazo, (Mesquita, 2004)

Faz-se relevante ressaltar a importância das RPPNs para a conservação da biodiversidade, visto que, esses pequenos fragmentos podem servir de conectividade com fragmentos maiores. Essa fragmentação é uma das principais causas de perda de biodiversidade na Mata Atlântica, que atualmente está reduzido a menos de 8% de sua área original. Chegando a 1% na região do Estado de Sergipe. O Quadro 1 resume a estrutura da vegetação neste estado.

A Mata Atlântica sergipana apresenta duas estações bem definidas, uma chuvosa (abril a agosto) e outra seca (setembro a março). Pelo fato de ser uma região mais próxima da linha do Equador não apresenta grande variação de temperatura ao longo do ano, mas a quantidade de chuva varia bastante. Essa variação entre meses, e anos é muito importante para as plantas.

Nem todas toleram tantos meses com tão pouca chuva e, portanto, isso seleciona as espécies que podem viver nesse ambiente, (Souza e Siqueira, 2001).

Quadro 1: Estrutura da vegetação do Estado de Sergipe

Dossel	Copa das árvores mais altas, mais ou menos contínuo de altura variável Ex.: carne-d'anta (<i>Maytenus obtusifolia</i>)
Intermediário	Árvores emergentes Ex.: ingá-poca (<i>Sclerolobium desiflorum</i>)
Sub-bosque	Árvores, arbustos, ervas e plantas (<i>Inga nutans</i> e <i>Psychotria</i> cf. <i>Barbiflora</i>)

Fatores como declividade e fertilidade do solo podem estar associados a essa variação, assim como a ação antrópica na área, esta última visualizada na utilização da Mata do Crasto como fonte de madeira e lenha.

O Bioma Mata Atlântica do Estado ocupa desde regiões em baixada litorânea, sobre areias quartzosas, a regiões de tabuleiros costeiros, sobre solos do tipo Podzóico Amarelo Distrófico.

Para análise temporal da vegetação foram utilizadas imagens do satélite CBERS 2 de 05 de maio de 2004 e 02 de Novembro 2005. Essas imagens foram adquiridas por download, de forma gratuita, do site <http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>. Sendo as imagens de 2004 e 2005 representativas de época de chuvas e seca, respectivamente.

As imagens do CBERS-2, sensor CCD têm resolução espacial de 20m. O sensor possui cinco bandas espectrais: uma pancromática, três no visível e uma no infravermelho próximo. Para a pesquisa foi utilizada a cena órbita-ponto: 147-113.

Para a geração do NDVI foram utilizadas as bandas 4 (Infravermelho próximo) e 3 (Vermelho).

A relação de bandas é calculada pela seguinte equação:

$$NDVI = (pivp - pv) / (pivp + pv) \quad (1)$$

onde:

pivp é a reflectância no infravermelho próximo;

pv é a reflectância no vermelho.

A razão simples do NDVI gera um intervalo entre -1 e +1

A aplicação do índice espectral de vegetação foi executada no *software* SPRING 5.0, disponibilizado gratuitamente pelo site do INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) e as matizes de cores enfatizadas no *software* ArcGis 9.2, cuja licença de uso foi cedida pela empresa Imagem.

3. Resultados e Discussão

A Mata do Crasto é um fragmento de Mata Atlântica do Estado de Sergipe e está destacada nas Figuras 1 e 2, recortes de imagens CBERS, de 05/05/2004 e de 02/11/2005, respectivamente períodos chuvoso e seco na região de estudo.

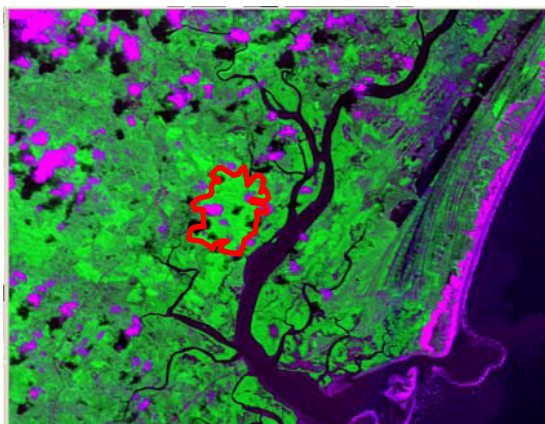


Figura 1: Imagem em composição com NDVI de 05/05/2004 – Período de chuvas

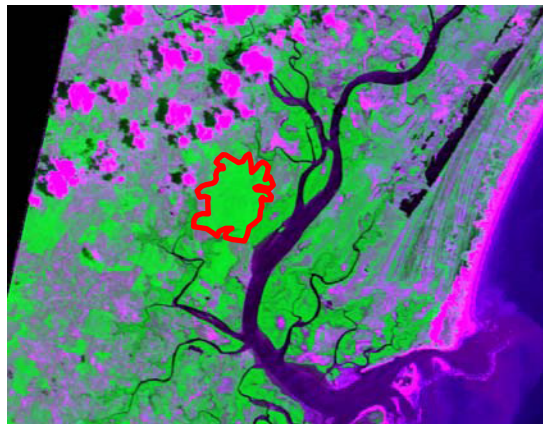
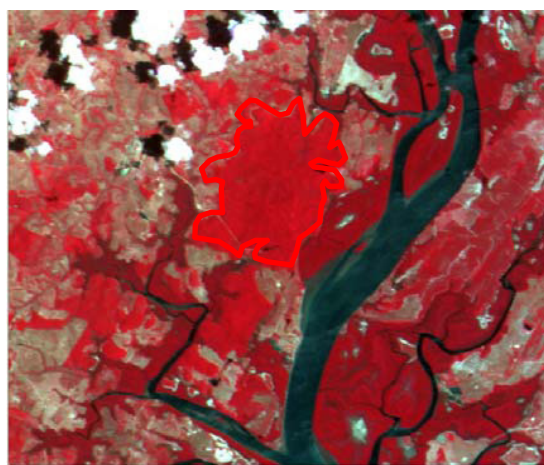


Figura 2: Imagem em composição com NDVI de 02/11/2005 – Período de seca

O NDVI foi aplicado para as duas cenas das imagens CBERS 2: a primeira de 05 de maio de 2004 em época chuvosa e a segunda de 02 de Novembro 2005 em época seca. Os resultados são mostrados nas Figuras 3, a e b.



(a)



(b)

Figuras 3 (a) e (b). Composições coloridas em falsa cor: Canal R para a banda 4, Canal G para a banda 3, Canal B para a banda 2. A Figura 3.a de maio de 2004 e a Figura 3.b de novembro de 2005.

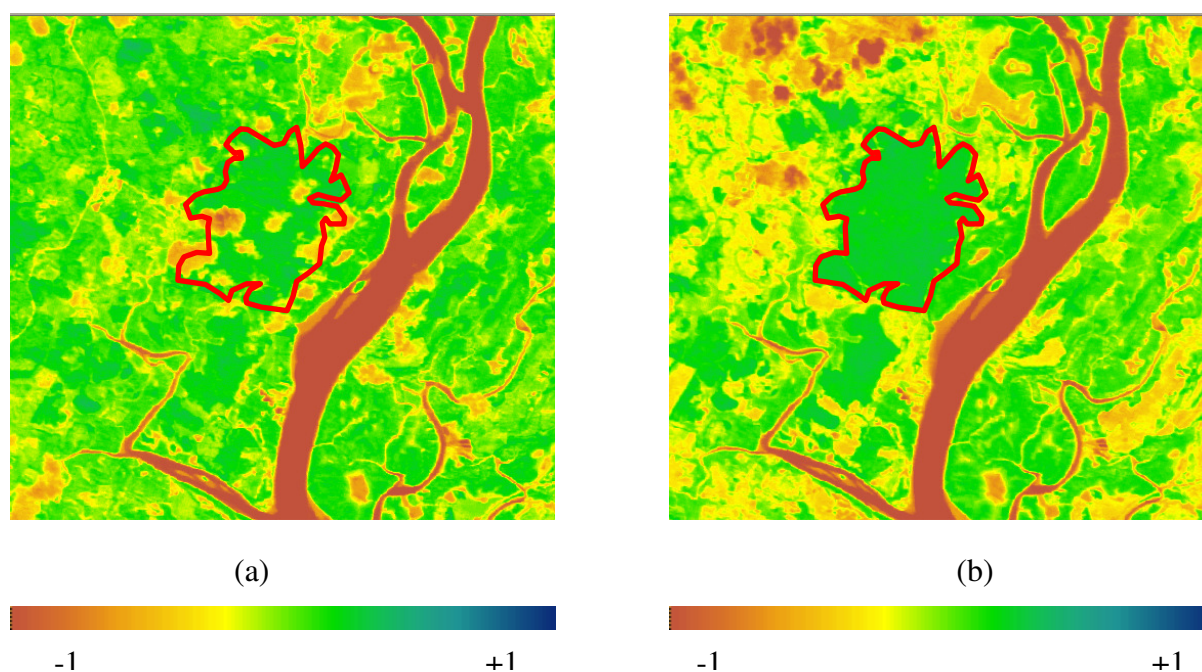
Analisando as imagens em composição colorida já é possível verificar a presença de nuvens nas imagens podendo perturbar a identificação da área visto que a área experimental localiza-se em uma região litorânea, onde a presença de nuvens é abundante. Outro ponto a ser considerado é que na imagem da época seca (Figura 3.b), a Mata do Crasto fica em destaque em relação as demais áreas vizinhas possibilitando o seu delineamento.

3.1 Aplicação do NDVI

Tendo o NDVI sido aplicado às imagens verificam-se alguns pontos importantes a serem considerados.

Nas imagens sintéticas (Figuras 4 a e b), é perceptível que as áreas vizinhas à mata de Crasto são susceptíveis ao estresse hídrico, pois estas possuem valores médios de NDVI para a época de chuvas e valores baixos para a época de seca. Possivelmente estas áreas vizinhas são povoadas por vegetações de pequeno porte, herbácea ou arbustiva, que não suportam a época seca.

A Mata do Crasto, por sua vez possui valores de índice médios o que propõe a interpretação de que é uma região que não é agredida fortemente pelo estresse hídrico. Essa proposição pode ser levada em consideração se a vegetação da área for arbórea e suporte a épocas mais secas.



Figuras 4 (a) e (b). Aplicações do NDVI nas imagens de maio de 2004 (a) e de novembro de 2005 (b)

As imagens NDVI foram, inicialmente, escalonadas entre 0 e 255 (8 bits); em seguida, com auxílio do ArcGis 9.2, ajustou-se a uma paleta de cores para melhorar a visualização dos objetos, onde as cores próximas do marrom indicam os valores mais baixos de NDVI, enquanto a tendência para o azul os mais elevados índices de NDVI.

Os valores de índice para o rio que passa pela região e para as nuvens apresentaram-se baixos. Estes valores para a imagem da época mais seca (figura 5) confundiram algumas informações das áreas consideradas.

Segundo Jerusalinsky et al. (2006), a Mata do Crasto é um dos fragmentos de mata atlântica em que o *Callicebus coimbrai*, habita; sendo assim a Mata do Crasto e suas adjacências são localizações de extrema importância para a preservação contra a extinção desses animais.

O estresse hídrico gerado na época seca pode levar a área da Mata do Crasto a se reduzir em área total como também em relação a algumas espécies de vegetais prejudicando a estabilidade vital do guigó.

4. Conclusões

Por se tratar de uma imagem de média resolução, a área ser coberta por nuvens, particularmente na época de chuvas, e os fragmentos serem pequenos, as imagens CBERS-2/CCD não se configuram como ideais para o mapeamento de áreas potenciais de ocupação dessa espécie. Entretanto servem para monitorar se estes espaços mantêm-se preservados quanto as suas áreas e o risco de estresse hídrico de suas vegetações.

O uso das imagens analisadas para a região considerada, de baixa resolução temporal, mostrou melhores resultados para a época seca, em função da grande quantidade de nuvens e respectivas sombras no período chuvoso. Sendo de baixa resolução temporal impossibilita a elaboração de mosaicos, o que minimizaria a interferência de nuvens na época das chuvas.

Sugere-se, complementarmente, em trabalhos futuros, a utilização de imagens com maior resolução espacial como forma de melhor correlacionar as informações extraídas com a aplicação de um índice espectral de vegetação como NDVI.

Agradecimentos

Os autores externam os seus agradecimentos ao INPE, pela cessão das imagens CBERS, ao CNPq pela concessão de uma bolsa de IC a aluna de Graduação em Engenharia Cartográfica Elizangela Pereira da Silva e a empresa Imagem pela cessão de uma licença do *software* ArcGis 9.2.

Referências Bibliográficas

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). **CBERS**. Disponível em: <http://www.obt.inpe.br/cbers/cbers.htm>. Acesso em: 5. ago. 2008.

Jerusalinsky, L.; Oliveira, M. M.; Pereira, R. F.; Santana, V.; Bastos, P. C.; Ferrari, S. F.. **Preliminary evaluation of the conservation status of *Callicebus coimbrai* Kobayashi & Langguth, 1999 in the Brazilian state of Sergipe**. Primate Conservation, v. 21, p. 25-32, 2006.

Kerr, J. T.; Ostrovsky, M. **From space to species: ecological - applications for remote sensing**. Trends in Ecology and Evolution Vol.18 No.6, Pages 299-305, June 2003 Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/B6VJ1-48HXVNM-1/2/f608eb748490ac8ce334fe8f4e9ab48d> Acesso em: 9. set. 2008.

Levin, N. et al. **Predicting mountain plant richness and rarity from space using satellite-derived vegetation indices**. Diversity and Distributions, (Diversity Distrib.)(2007)13, 692–703 Disponível em: http://biodiversity-group.huji.ac.il/publication_files/Levin_at_al_mountains_D_D_2007.pdf Acesso em: 15. set. 2008

Mesquita, C. A. B. Aliança para a Conservação da Mata Atlântica, Conservação Internacional, Fundação SOS Mata Atlântica. **RPPN da Mata Atlântica: um olhar sobre as reservas particulares dos corredores de biodiversidade Central e da Serra do Mar**. 2004. Disponível em: <http://www.bioatlantica.org.br/Um%20olhar%20sobre%20as%20RPPN%20dos%20Corredores%20da%20Mata%20Atlantica.pdf> Acesso em: 16. jul. 2008.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Lista Nacional das Espécies da Fauna Brasileira Ameaçadas de Extinção. **2003.** Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/sbf/fauna/index.cfm> Acesso em: 25. Mai. 2007

Ponzoni, F. J.; Shimabukuro, Y. E. **Sensoriamento Remoto no Estudo da Vegetação.** São José dos Campos, SP: A. Silva Vieira Ed., 2007

Sausen, T. M.. **Sensoriamento Remoto E Suas Aplicações Para Recursos Naturais.** INPE. São José dos Campos – SP. Disponível em: http://www.herbario.com.br/fotomicrografia07/senso_aplic_rec_natur.htm Acesso em: 20. 9. 2007

Sousa, M. C. **Distribuição do guigó (*Callicebus coimbrai*) no Estado de Sergipe.** Neotropical Primates, Volume 11, Number 2, p.89-91, August 2003.

Souza, M.F.L de; Siqueira, E.R. de. **Caracterização Florística e Ecológica da Mata Atlântica de Sergipe.** In Siqueira, E.R. DE; Ribeiro, F.E. (Org). **Mata Atlântica de Sergipe.** Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2001, 132p.

THE WORLD CONSERVATION UNION. **IUCN Red List of Threatened Species 2006.** 2006. Disponível em: <http://www.iucn.org/themes/ssc/redlist2006/redlist2006.htm> Acesso em: 25. mai. 2007.