

Imagens *Worldview II* aplicadas ao mapeamento e análise de corredores ecológicos em Manaus: Campus da Universidade Federal do Amazonas

Cristiano de Souza Alves¹
Davi Grijó Cavalcante¹
Eduardo da Silva Pinheiro¹
Hermann Johann Heinrich Kux²

¹ Universidade Federal do Amazonas - UFAM
Av. Gen. Otávio Rodrigo Ramos, 3000. Manaus, AM, Brasil
cristianoalves.contato@gmail.com
davi.grijo@gmail.com
pinheiro@ufam.edu.br

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

Abstract. This paper presents the results of an application of high resolution satellite image WorldView II in the mapping of land use/land cover of the Federal University Amazonas, Brazil, and analyze potential ecological corridors between the Campus and its surroundings. To map potential corridors were established two scenarios with different importance values for the variables: permanent preservation areas (APP) use and land cover and street layout. At this stage analysis was used decision making support - Weighted overlay. The images associated with WorldView II fieldwork allowed generate detailed maps of the Campus and its surroundings scale of 1:10,000. The vegetation Campus is predominantly composed of dense rain forest, with enclaves of *campinarana*, some areas with low vegetation and fields of *capoeira*. In the first scenario, with greater influence for APP, land use/land cover and the possibility of establishing corridors even in the presence of streets and avenues, showed that some restricted areas around the Campus can become UFAM corridors. The second scenario, with approximate values of influence for each of the three variables and constraint of ecological corridor by the presence of streets and avenues, demonstrated that it is possible to establish ecological corridors in any area in or around the campus of UFAM.

Palavras-chave: high spatial resolution, Conservation, Decision Support, Amazon, Alta resolução espacial, Conservação, Suporte à decisão, Amazônia.

1. Introdução

O Campus Senador Arthur Virgílio Filho da Universidade Federal do Amazonas (UFAM), possui área de 593, 8625 hectares, representa cerca de 25% do total de áreas verdes públicas institucionais existentes na cidade de Manaus/AM, sendo um dos poucos fragmentos florestais urbanos com grande dimensão (Tello *et al*, 2008).

Desde o início de 2010, vem sendo discutidas propostas para a criação de um Parque Zoobotânico na área da UFAM, com o desígnio de conservar uma pequena parte da Floresta Amazônica, bem como a manutenção da qualidade de vida dos animais em seus habitat naturais. A criação deste Parque destina-se a fins científicos, educativos, recreativos, ações de extensão com vista a ampliar as relações entre a comunidade interna e do entorno do Campus da UFAM, e ações de recuperação de áreas degradadas e nascentes e a despoluição dos cursos d'água. Neste ano, por meio do decreto municipal nº1503 de 27/03/2012 foi criada APA UFAM, INPA, Parque Lagoa do Japiim e área verde do Conjunto Acariquara, que juntas somam uma área de 759,15 ha.

Devido às diversas funções que o Parque Zoobotânico possuirá é necessário um planejamento adequado da área, o qual precisa do conhecimento detalhado do uso e cobertura da terra atual, bem como dos possíveis corredores ecológicos entre os fragmentos florestais. Neste contexto, os produtos de sensoriamento remoto apresentaram um grande avanço no que se refere às ferramentas e tecnologias para estudos detalhados da paisagem urbana e fragmentos florestais.

Atualmente, entre os produtos orbitais com alta resolução espacial, o satélite *WorldView II* possui a maior resolução espacial, com oito bandas espectrais e uma pancromática. As imagens com alta resolução permitem o mapeamento com maior nível de detalhe, precisão e em menor tempo, quando comparadas com fotografias aéreas (Jacobsen, 2003). Neste sentido, avalia-se que as imagens *WorldView II* permitem uma melhor compreensão de processos naturais e/ou das atividades humanas nas áreas urbanas e naturais.

Os objetivos do trabalho foram realizar o mapeamento do uso e cobertura da terra do Campus da UFAM e entorno de 500 metros e analisar os possíveis corredores ecológicos entre o Campus e seu entorno.

Metodologia de Trabalho

O estudo foi realizado no Campus Senador Arthur Virgílio Filho da Universidade Federal do Amazonas. O Campus da UFAM está localizado entre as coordenadas geográficas $03^{\circ}04'40,64''S$ a $03^{\circ}06'57''S$ e $59^{\circ}59'02,79''W$ a $59^{\circ}57'3,12''W$ de Greenwich (Figura 1).



Figura 1. Localização da área de estudo.

Para a realização do trabalho foram utilizadas imagens de alta resolução espacial do satélite *WorldView II*, disponibilizadas pela empresa *DigitalGlobe*. O imageamento foi realizado no ano de 2010, usando-se a banda pancromática (resolução espacial de 0,50m) e as bandas multiespectrais (canais *Coastal*, Azul, Verde, Amarelo, Vermelho, Borda do Vermelho, Infravermelho próximo-1 e Infravermelho próximo-2 – resolução espacial de 2 m).

Para o mapeamento e análise dos dados foram utilizados os aplicativos de geoprocessamento *Quantum GIS*, *TrackMacker PRO* e *ArcGis*. A coleta dos dados em campo foi realizada com aparelho receptor de GPS Garmin CSx76, e a coleta de dados de alta precisão para o georreferenciamento das imagens de satélite foi realizada com o uso do Sistema DGPS topográfico, da marca Ashtech e modelo ProMark2TM.

Os dados cartográficos, como as curvas de nível (equidistância de 1 m), sistema hidrográfico, limite dos bairros e arruamento do Campus e entorno foram disponibilizadas em com escala de 1:10.000, pela 4^a. Divisão de Levantamentos do Exército brasileiro.

Um modelo digital de elevação foi elaborado a partir das curvas de nível, as quais foram interpoladas pelo método *Peso do Inverso da Distância (IDW)*, com tamanho de pixel de 10 m, o que derivou em um mapa de declividade do terreno.

Posteriormente, foi elaborado um mapa de uso e cobertura do Campus e seu entorno. Para tanto, foi utilizada a imagem fusão (pancromática e multiespectral) com resolução espacial de 0,5m. O método para interpretar a imagem foi o visual, com digitalização das classes temáticas na tela do computador, em escala de 1:2.000. As classes temáticas foram definidas a partir de literatura especializada (Jensen, 2009).

Para a análise de possíveis corredores ecológicos, entre o Campus da UFAM e outros fragmentos florestais, foram estabelecidos dois cenários com valores de importância distintos para as variáveis: área de preservação permanente (APP), uso e cobertura da terra e arruamento. Nesta etapa foi utilizada a análise multicritério denominada superposição ponderada (*Weighted overlay*) disponível no *software ArcGIS 9.3*. Está técnica agrupa e pondera diversos valores para que seja possível uma análise integrada dos múltiplos dados envolvidos numa mesma problemática. Foram calculadas as possibilidades de estabelecimento de corredores ecológicos para dois cenários, com cálculos e pesos diferentes para cada classe de influência (área de preservação permanente - APP ao longo dos igarapés, uso e cobertura da terra e arruamento). No primeiro cenário, foram atribuídos valores de 40% na influência das classes APP e uso e cobertura da terra, e de 20% na influência da classe arruamento. O valor de escala, que indica a importância de determinados elementos no estabelecimento de corredores ecológicos, baseado em números de 1 a 3, onde 1 representa pouca importância, e 3 muita importância. E um valor único chamado *Restricted*, que representa importância restrita para algumas classes, ou seja, indica que na presença dessas classes é completamente inviável o estabelecimento de corredores ecológicos em determinadas áreas. Esses valores foram distribuídos de acordo com o nível de importância de algumas classes do uso e cobertura da terra, nos dois cenários.

Resultados e Discussão

As imagens *WorldView II* associadas aos trabalhos de campo permitiram gerar mapas detalhados do Campus da UFAM e seu entorno, na escala de 1:10.000. A Figura 2 apresenta a distribuição dos pontos utilizados para a correção geométrica da imagem. Os erros obtidos foram considerados baixos não ultrapassando 0,6 m (Figura 3).

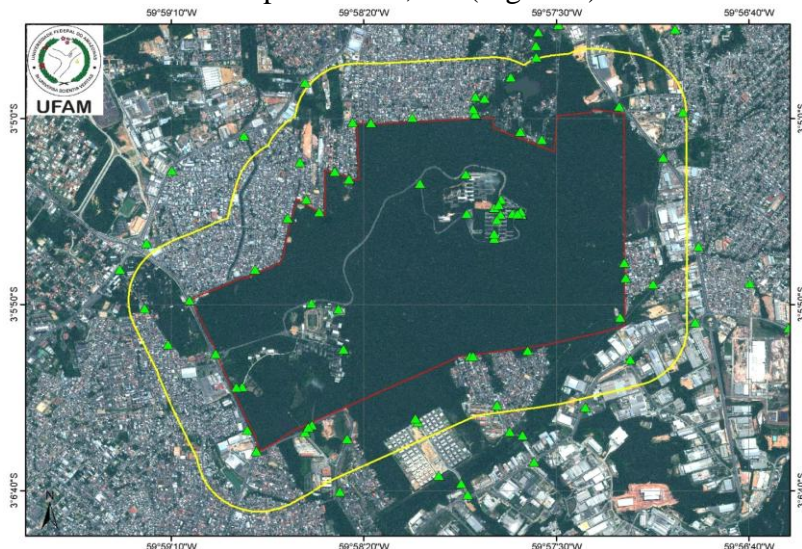


Figura 2. Distribuição dos pontos adquiridos em campo.

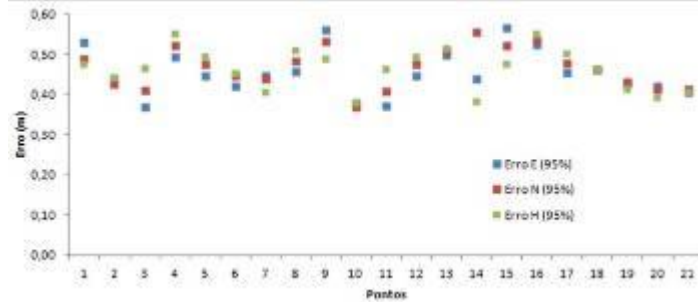


Figura 3. Variação dos erros dos pontos utilizados para correção geométrica da imagem *WorldView II*.

O mapa do Campus da UFAM e seu entorno de 500m (Figura 4), permitiu identificar as diferentes feições de uso e cobertura da terra além dos elementos da paisagem como arruamento dos bairros vizinhos ao Campus, distinguir diferenças entre áreas residenciais e industriais, identificar áreas de ocupação recente e ainda em processo de construção dentro do Campus. As imagens permitiram distinguir áreas com florestas com e sem palmeiras. As maiores dificuldades foram na distinção entre florestas e campinarana arbórea e florestada, uma vez que estes tipos vegetais possuem características semelhantes quando analisadas a partir das imagens de satélite. As atividades de campo ajudaram na solução destes problemas.



Figura 4. Mapa de uso e cobertura vegetal do Campus da UFAM e seu entorno.

A cobertura vegetal do Campus é predominantemente composta por Floresta Ombrófila Densa (Tabela 1), com enclaves de Campinarana, algumas áreas com campos de vegetação rasteira e capoeira. Durante as atividades de campo na floresta do Campus, outras pesquisas foram realizadas com tradagens em vários pontos da área. As amostras de solos coletadas apresentaram fragmentos de carvão vegetal, em profundidade de até 20 cm, sendo um indicativo que houve queimadas na área no passado, permitindo inferir que em diversos trechos a floresta é secundária.

A floresta do Campus da UFAM é circundada por uma densa matriz urbana, caracterizada principalmente por áreas residenciais e algumas áreas de atividade comercial e industrial. Nas áreas de contato da floresta com as áreas construídas observa-se um elevado nível de

degradação ambiental, com áreas sem cobertura vegetal. Na paisagem estudada, a matriz florestal ainda predomina com 621,581 ha, dentro da área de estudo, seguido pela matriz urbana residencial que circunda a floresta com 234,833ha (Tabela 1).

Tabela 1. Área das classes do mapa de uso e cobertura da terra do Campus da UFAM e seu entorno (500m).

Classes temáticas	Área (ha)
Água	8.638
Área degradada	27.865
Área residencial	234.833
Arruamento	73.335
Campinarana	11.048
Campos e capoeiras	8.663
Complexos Industriais e Comerciais	64.268
Floresta Ombrófila Densa	621.581
Fragmento florestal	67.981
Outros Usos do Solo Urbano ou Construído	27.679
Uso educacional	21.943
Uso Urbano ou Construído Misto	44.899
Total	1212.734

No mapeamento realizado foram encontrados 71 fragmentos florestais (Figura 5) e 2 fragmentos de campinarana, incluindo o fragmento maior que é a floresta do Campus, entrepostos por barreiras antrópicas como ruas, casas, muros e outros tipos de construção. Tendo em vista que o retalhamento de paisagens refere-se ao efeito divisor de estruturas antrópicas lineares sobre as relações ecológicas existentes em setores de paisagens anteriormente conectados (Jaeger et al., 2005), esse número representa um valor significativo que expressa o elevado nível de fragmentação florestal da área. A análise do tamanho dos fragmentos florestais foi possível verificar que o tamanho médio dos fragmentos foi de 5,8 ha, o menor fragmento apresentou o tamanho de 0,000022 ha e o maior de 310,047 ha.

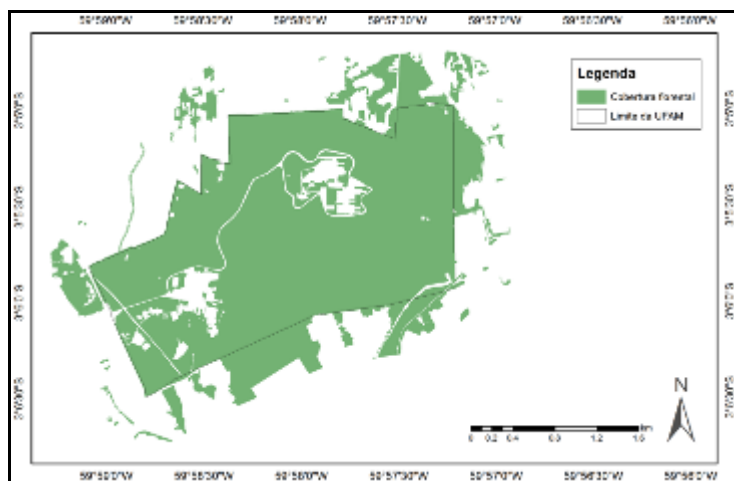


Figura 5. Mapa de fragmentos florestais na área de estudo.

As atividades de campo permitiram constatar que a floresta do Campus da UFAM encontra-se num elevado nível de isolamento devido à densa matriz urbana que a circunda. Diversos elementos podem contribuir para a degradação da floresta, principalmente nas bordas do Campus, tais como ocupações de diversos tipos, sejam irregulares ou mesmo construções relugares, presença excessiva de resíduos sólidos nas proximidades do limite do Campus com as residências, indústrias e comércio.

Os resultados das análises dos corredores ecológicos no primeiro cenário (Tabela 2), com maior influência para APP e uso e cobertura da terra e a possibilidade de estabelecer

corredores mesmo com a presença de ruas e avenidas, demonstrou que algumas áreas restritas ao redor do Campus da UFAM podem ser tornar corredores ecológicos (Figura 6).

Mapa	Cenário 1 Influência (%)	Cenário 2 Influência (%)	Classe temática	Cenário 1 Peso	Cenário 2 Peso
Área de preservação permanente	40	30	1	3	3
			NODATA	<i>Restricted</i>	<i>Restricted</i>
Uso e cobertura	40	40	Área degradada	<i>Restricted</i>	<i>Restricted</i>
			Outros usos do solo urbano ou construído	<i>Restricted</i>	<i>Restricted</i>
			Uso urbano ou construído misto	<i>Restricted</i>	<i>Restricted</i>
			Área residencial	<i>Restricted</i>	<i>Restricted</i>
			Floresta Ombrófila Densa	3	3
			Uso educacional	<i>Restricted</i>	<i>Restricted</i>
			Fragmento Florestal	3	3
			Complexos industriais e comerciais	<i>Restricted</i>	<i>Restricted</i>
			Campos e capoeiras	2	2
			Arruamento	1	<i>Restricted</i>
			Água	2	1
			Campinarana	3	3
			NODATA	<i>Restricted</i>	<i>Restricted</i>
Arruamento	20	30	1	1	<i>Restricted</i>
			NODATA	<i>Restricted</i>	<i>Restricted</i>
Total	100	100			

O resultado para o segundo cenário (Tabela 2), com valores de influência aproximados para cada uma das três variáveis e restrição de corredor ecológico pela presença de ruas e avenidas, demonstrou que não é possível estabelecer corredores ecológicos em nenhuma área dentro ou no entorno do Campus da UFAM.

Os locais mais propícios ao estabelecimento de corredores ecológicos são os que levam maior influência das classes de cobertura vegetal. A maior área de possível corredor ecológico tem a presença de um igarapé com as margens arborizadas, e poucos tipos de barreiras antrópicas entrepostas no corredor (Figura 6).

Tabela 2. Valores de influência por mapa e classe temática para os cenários de corredores ecológicos.



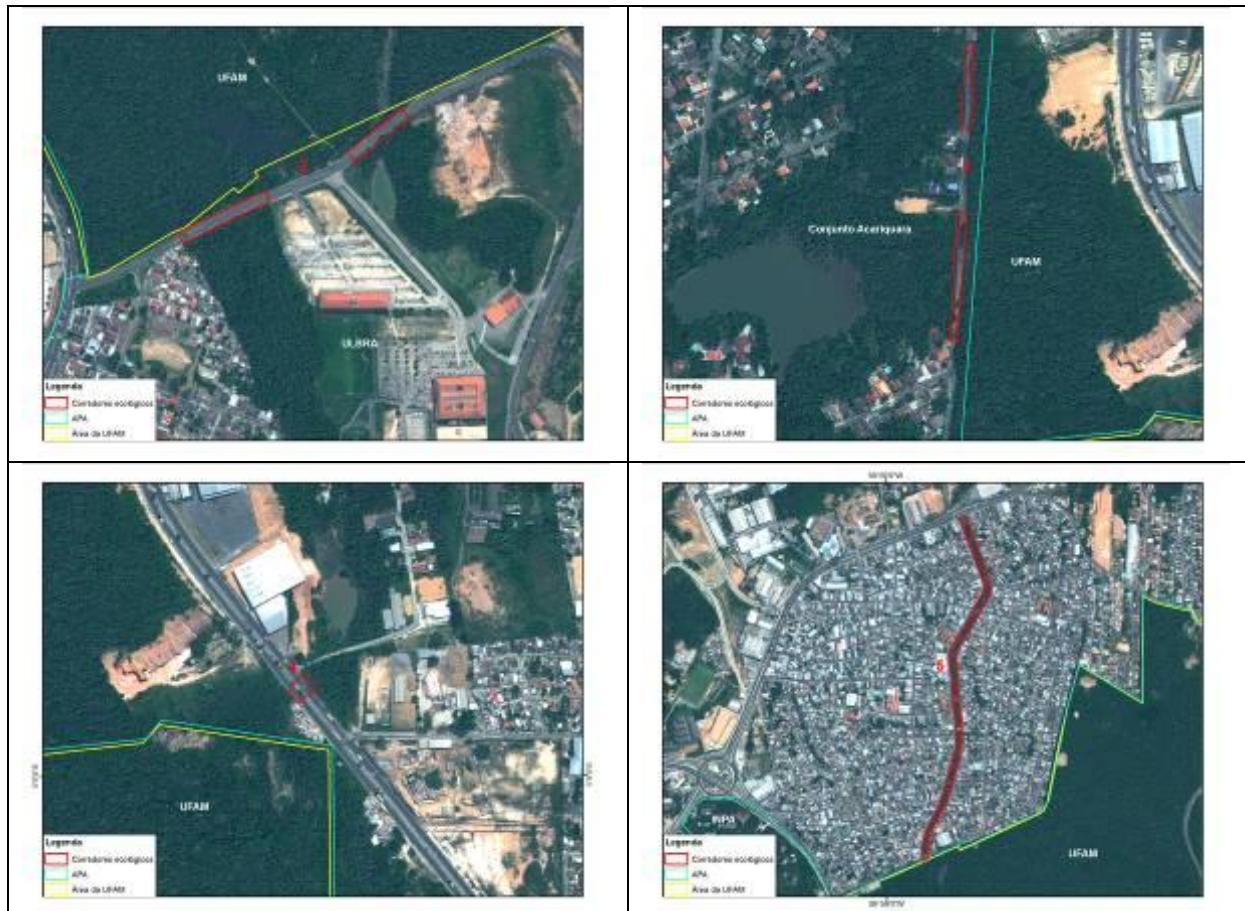


Figure 6. Cenário 1, possíveis áreas para estabelecimento de corredores ecológicos entre o Campus da UFAM e seu entorno.

O cenário 1 indica um possível estabelecimento de corredores ecológicos principalmente nas margens de um igarapé no bairro Coroado. Ainda que, nesta área residencial mostrou completa falta de suporte para corredores, pelo baixo número de fragmentos que podem ser interligados.

O cenário 2 não mostrou resultados, sendo todas as áreas do Campus e entorno, completamente inadequadas para o estabelecimento de corredores ecológicos, uma vez que o fragmento florestal do Campus da UFAM está isolado por ruas e avenidas.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) que financiou a pesquisa a partir do Processo 475180/2010-0 e concedeu a bolsa de IC/PIBIC ao primeiro autor. A DigitalGlobe que disponibilizou a imagem WordView-II.

Conclusões

O Campus da UFAM representa um dos maiores fragmentos florestais inserido na área urbana de Manaus, em seu entorno de 500 m foi constatado um número alto de fragmentos, com tamanhos e formas que podem dificultar sua utilização para a preservação das espécies animais e vegetais que existem ali. O mapa de uso e cobertura mostrou que existe uma densa concentração de construções e ruas, isolando absolutamente o Campus de qualquer contato direto com outros fragmentos no entorno.

Ainda que tenha sido criada uma unidade de conservação (APA) que contempla os grandes fragmentos florestais, UFAM em conjunto com o INPA entre outros, o estabelecimento de corredores ecológicos se mostrou com pouca ou nenhuma possibilidade de ocorrer. Devido à densa matriz urbana que circunda a floresta do Campus, com ruas, casas e construções de diversos tipos, além da influência de atividades de empresas e indústrias de vários segmentos. Avalia-se que a criação de corredores visando à manutenção de pássaros, devido à sua forma de locomoção, é tornar-se-ia funcional. Porém, para as espécies de animais de comportamento terrestre os corredores cortados por algumas construções são inviáveis.

Referências

Jacobsen, K. Geometric potencial of Ikonos and QuickBird images. GIS-Geo-Information System (Journal for Spatial Information and Decision Making), v.9, p.33-39, 2003.

Jaeger, J., Grau, S.; Haber, W. Landschaftszerschneidung und die Folgen. GAIA, 14 (2), 98-100, 2005.

Jensen, J. R.; Tradução José Carlos Neves Epiphanyo (coordenador)... [et al]. **Sensoriamento Remoto do Ambiente: Uma Perspectiva em Recursos Terrestres**. São José dos Campos: Parêntese, 2009. 598 p.

Lang, S.; Blaschke, T. Tradução Hermann Kux; **Análise da paisagem com SIG**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009. 424 p.

Tello, J.C.R.; Irmão, M.N.; Viana, A.L.; Bezerra, S.A.S.; Castro, J.P. Composição florística e estrutura fitossociológica da floresta ombrófila densa sub Montana (Platô) face à elaboração do plano de gestão ambiental da área verde do Campus da Universidade Federal do Amazonas. **Revista Forestal Venezuelana**, 52(2): 149-158, 2008.