

NDVI COMO FERRAMENTA DE AVALIAÇÃO DA EXPANSÃO URBANA EM ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL NO MUNICÍPIO DE BELÉM-PA

Maria Gabriella da Silva Araújo¹

Suzana Romeiro Araújo²

Lucas Silva de Souza³

André Augusto Pamplona Freire⁴

RESUMO

O desordenado processo de urbanização na cidade de Belém ao longo dos anos ocupou áreas florestais e margens de corpos d'água necessários para estabilidade ecológica, tomando o espaço pertencente à vegetação ciliar. Para a promoção da conservação dos mananciais que abastecem o município de Belém, os lagos Bolonha e Água Preta, foi criado em 1993 o Parque Ambiental de Belém. Este, por sua vez, sofreu processos de degradação com a expansão da Avenida João Paulo II e também, com o aumento populacional ao redor do parque. Sabe-se que a análise espacial de fenômenos é importante para o bom planejamento urbano. Técnicas de sensoriamento remoto são cada vez mais utilizadas para este fim. Objetivou-se com este trabalho, analisar a dinâmica espacial da expansão urbana sob a Área de Proteção Ambiental da Região Metropolitana de Belém através da análise multitemporal de imagens de satélite, dos anos de 1993, 2006 e 2013. Para tanto, utilizaram-se imagens obtidas com sensores dos satélites Landsat 5 e 8, nas quais foi realizada a Classificação Supervisionada de Imagens e determinação do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) com posterior produção de mapas. O avanço da antropização foi crescente no período registrado. A vegetação nativa foi reduzida, em aproximadamente 12% nas Unidades de Conservação entre 1993 e 2006, e 21%, entre 2006 e 2013, contrastante às áreas que sofreram alterações antrópicas, pois tiveram um aumento de 8.641.800 m² entre os anos de 1993 a 2013, confirmando o desenfreado processo de urbanização que vem ocorrendo na cidade.

Palavras-chave: Unidades de Conservação. Sensoriamento Remoto. Cobertura Vegetal. Urbanização. Análise Multitemporal.

¹ Universidade de São Paulo. E-mail: ma.gabriella_araujo@live.com

² Universidade Federal Rural da Amazônia. E-mail: suzana.araujo@ufra.edu.br

³ E-mail: lucas.ssouza@live.com

⁴ E-mail: andre_eaufra@hotmail.com

NDVI AS ASSESSMENT TOOL OF THE URBAN EXPANSION IN THE ENVIRONMENTAL PROTECTION AREA IN BELÉM, PA

ABSTRACT

The unplanned urbanization processes over the years in Belém have occupied forest areas and water bodies required for the ecological stability and replaced the riparian vegetation areas. In order to promote the conservation of water resources, Bologna and Água Preta, it was created in 1993 (No. 1,552 / 1993), the Parque Ambiental de Belém. The expansion of the João Paulo Avenue and also the increase in population around the park caused environmental degradation. Spatial analysis of this phenomenon is relevant for urban planning. Remote sensing techniques are increasingly used for this purpose. The objective of this work was to analyze the spatial dynamics of urban expansion at the Environmental Protection Area in Belém through the multitemporal analysis of satellite images, in 1993, 2006 and 2013's. For this, we used images from the Landsat 5 and 8 satellites, the unsupervised classification of images and normalized difference vegetation index (NDVI) with subsequent production of maps. We observed the increase of anthropization during the period evaluated. The native vegetation has been reduced by approximately 12% in the protected areas between 1993 and 2006 and 21% between 2006 and 2013, while the areas that suffered anthropogenic changes increased significantly 8.641.800 m² in the years 1993 to 2013, confirming the unbridled process of urbanization that has been taking place in the city.

Keywords: Conservation Units. Remote Sensing. Vegetal Cover. Urbanization. Multitemporal Analysis.

1 INTRODUÇÃO

A exploração da Amazônia há anos baseou-se nas características das “economias de fronteira”, nas quais o progresso é entendido simplesmente como crescimento econômico, baseado na exploração de recursos naturais percebidos como igualmente infinitos (VIEIRA *et al.*, 2005). Neste contexto, foram ocupadas áreas florestais remanescentes e margens de corpos d’água, tomando o espaço pertencente à vegetação ciliar, prejudicando os principais mananciais que abastecem os municípios da região (SILVA *et al.*, 2014).

No município de Belém, estado do Pará, muitos problemas ambientais decorrem do intenso e desordenado processo de urbanização. De fato, a rápida

expansão urbana não é acompanhada de avanços nas áreas de saneamento, pois ao se pensar na relação saneamento-qualidade ambiental, a principal preocupação que emerge desta associação são os problemas decorrentes da ausência ou deficiência do primeiro aspecto. São exemplos destes problemas a poluição ou contaminação na captação de água para o abastecimento humano, poluição de rios, lagos, lagoas, aquíferos, doenças, erosão acelerada, assoreamento, inundações frequentes, com as consequentes perdas humanas e materiais (KRONENBERGER *et al.*, 2011).

Em vista as emergentes ameaças sob os ambientes naturais devido às atividades antrópicas, criou-se em 1981 a lei Federal nº 6.902 que define as unidades de conservação e as caracteriza como sendo ambientes que buscam conciliar a existência humana com os elementos ambientais presentes em áreas delimitadas, permitindo assim a ocupação espacial da população sem comprometer a proteção da diversidade biológica e a sustentabilidade dos recursos naturais (BRASIL, 1981). Contudo, tais áreas quando situadas em regiões metropolitanas, sofrem com os efeitos das atividades antrópicas provocando impactos em seus componentes, sendo percebidos, principalmente, através das alterações do uso e cobertura do solo (CARDOSO *et al.*, 2009; SANTOS *et al.*, 2014).

Um exemplo desta situação é a área de amortecimento do Parque Estadual do Utinga (PEUt) ou Parque Ambiental de Belém (PAB) localizado no município de Belém. Nesta área, foi observada uma série de problemas decorrentes de atividades antrópicas que prejudicam a sua preservação, identificada durante o diagnóstico de caracterização para elaboração do Plano de Manejo do Parque, realizado em 2013 pela Secretaria de Meio Ambiente e Sustentabilidade (SEMAS). Neste plano, identificaram-se atividades conflitantes, tais como, invasões, construções e moradias irregulares, lazer e uso não regulamentados, caça e pesca, deposição de lixo doméstico e esgoto nos lagos, poda de árvores na área dos linhões da ELETRONORTE e COSANPA (PARÁ, 2013). As maiores perturbações estão relacionadas aos processos de ocupação ao redor do parque devido à expansão populacional, desencadeando uma degradação sucessiva do solo e poluição dos cursos d'água, que é evidenciada pela presença de macrófitas nos lagos situados no interior do parque, em decorrência da alta carga de sedimentos que estes recebem, além da alteração da qualidade da água destes mananciais (BRASIL NETO *et al.*, 2014). Até o ano de publicação do plano de manejo, em 2013, havia 131.253 habitantes residindo no entorno imediato do parque (PARÁ, 2013).

Partindo-se da hipótese de que a área de uso sustentável, APA-Belém, assim como a área de preservação permanente, PEUt, tem sido degradada com o avanço da expansão urbana da região metropolitana de Belém, busca-se com este trabalho analisar a dinâmica espacial da urbanização sob a Área de Proteção Ambiental da Região Metropolitana de Belém através da análise multitemporal de imagens de satélite dos anos de 1993, 2006 e 2013. Além de quantificar e identificar o percentual de desflorestamento da APA-Belém atribuído à antropização, será avaliado o avanço da ocupação na área destinada à Unidade de Conservação. Os anos avaliados foram escolhidos em função de eventos específicos ocorridos na área de estudo: Em 1993, houve a criação da Unidade de Proteção Integral do Utinga. O ano de 2006 trata-se do período de conclusão do prolongamento da Avenida João Paulo II, construída às margens do parque. Desta forma, a obra pode ter causado alterações significativas nas áreas das Unidades de Conservação. Por fim, 2013 foi escolhido para representar atualmente as áreas em estudo.

2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO



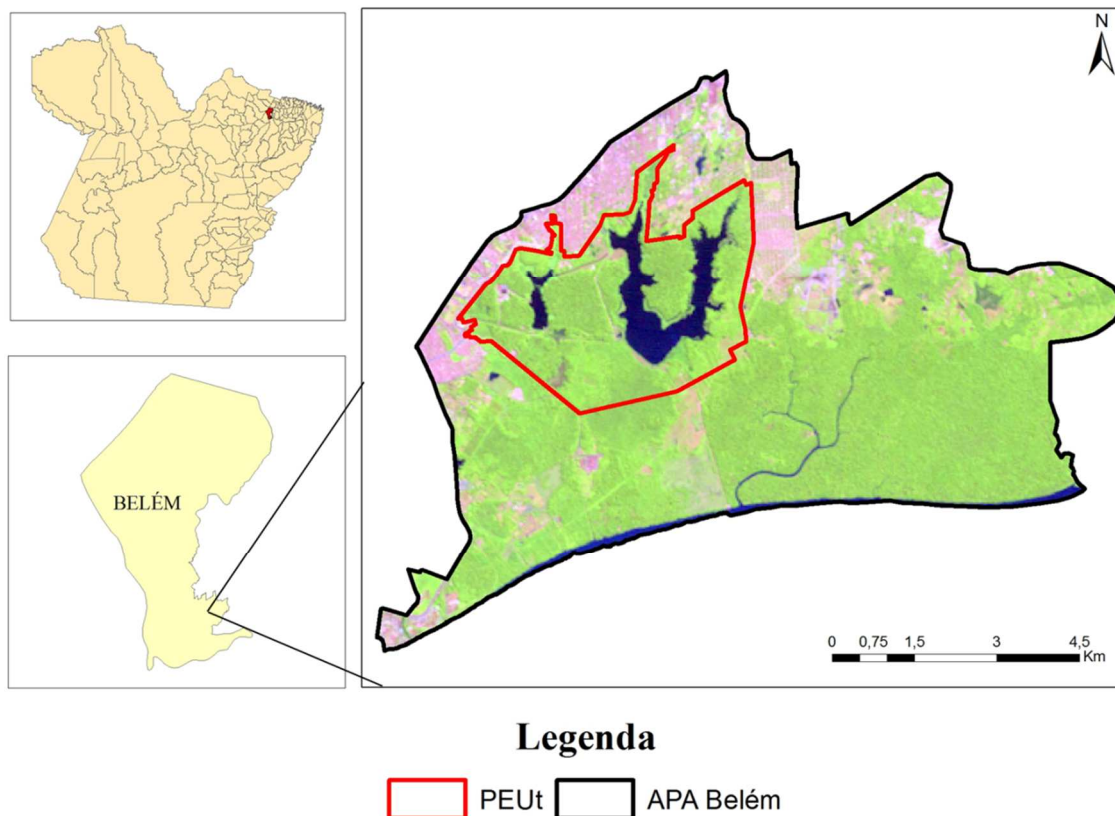
As áreas de estudo localizam-se nas coordenadas 01° 22'S 48° 20'W e 01° 23'S e 48° 23'W (Figura 1) e correspondem a duas unidades de proteção ambiental. O tipo climático da região é o Afi (Köppen), com precipitação pluvial média de 3.001,3 mm.ano⁻¹, bem distribuída ao longo do ano, com período mais chuvoso de janeiro a junho e menos chuvoso, de julho a dezembro. A temperatura média anual é de 27 °C, com média de umidade relativa do ar em torno de 85% e insolação anual de 2.400 horas.ano⁻¹ (SILVA *et al.*, 2011).

A unidade de maior extensão é a APA Belém, a qual possui cerca de 7.500 hectares, sendo caracterizada como Unidade de Conservação Estadual de Uso Sustentável. A utilização dos seus recursos naturais deve ser realizada de forma indireta, pois a criação desta unidade tem como objetivo compatibilizar a conservação da natureza com o uso sustentável de parte dos seus recursos naturais.

A segunda área de estudo, o Parque Ambiental de Belém (PAB.) ou Parque Estadual do Utinga (PEUt), encontra-se inserida na área anterior e é caracterizada como Unidade de Proteção Integral, ou seja, seu objetivo principal é a preservação da natureza, de acordo com o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC),

no qual foi instituído a partir da lei 9.985, de 18 de julho de 2000. Sua criação foi sancionada pelo decreto nº 1.551 de 1993, e alterada pelo decreto nº 1.329 de 2008, possuindo aproximadamente 1.353 hectares (PARÁ, 2013).

Figura 1 - Visão Geral das unidades de conservação



A população do município de Belém no último censo demográfico do IBGE, em 2010, foi de 1.393.399 habitantes, possuindo uma densidade demográfica de 1.315,26 hab.km⁻², com uma taxa de urbanização de 99,53%. O município apresenta um alto IDH-M, com o valor de 0,746, ocupando a vigésima segunda colocação no ranking por capitais e possui um PIB per capita de 18.047 reais (IBGE, 2010). Belém está entre as 20 cidades com os piores níveis de saneamento do país, aparecendo na 95ª posição no ranking, possuindo apenas 7,1% da população atendida pelo serviço de coleta de esgoto e 1,9% para tratamento (BRASIL, 2015).

A estimativa populacional no ano de 2006, realizada pela prefeitura de Belém, era de 1.428.368 de habitantes, possuindo uma densidade demográfica de 1.340,81 hab.km⁻². Não há dados para o ano de 1993.

3 METODOLOGIA

Para a realização da avaliação temporal das alterações no uso e ocupação do solo ocorridas nas Unidades de Conservação entre os anos de 1993 e 2013, foram utilizadas imagens dos satélites Landsat 5, equipado com sensor ETM+ (Enhanced Thematic Mapper) e Landsat 8, equipado com um sensor ótico, o OLI (Operational Land Imager) e o sensor infravermelho termal, o TIRS (Thermal InfraRed Sensor). Os sensores foram escolhidos por apresentarem bandas que cobrem as principais feições da curva espectral dos vegetais, com cenas suficientemente abrangentes, além de possuírem qualidade radiométrica e serem economicamente viáveis. Neste estudo foram utilizadas imagens da órbita 223 e ponto 61, referente aos dias 23 de junho de 1993, 23 de junho de 2006 e 27 de julho de 2013. Foram utilizadas as bandas 3 (0,63 μm - 0,69 μm), 4 (0,76 μm - 0,90 μm) e 5 (1,55 μm - 1,75 μm) para as imagens de 1993 e 2006 e, as bandas 4 (0,64 μm - 0,67 μm), 5 (0,85 μm - 0,88 μm) e 6 (1,57 μm - 1,65 μm), para 2013.

Os anos escolhidos para avaliação correspondem a eventos específicos no município de Belém. Em 1993 houve a criação da Unidade de Proteção Integral do Utinga, o ano de 2006 trata-se do período de conclusão do prolongamento da Avenida João Paulo II, esta foi construída às margens do parque. Desta forma, a obra pode ter causado alterações significativas nas áreas das Unidades de Conservação. Por fim, 2013 foi escolhido para representar atualmente as áreas em estudo, possuindo imagens de satélite em boa qualidade para o objetivo da pesquisa.

Para cada ano avaliado foram gerados mapas temáticos de uso e ocupação do solo das áreas do PEUt e da APA Belém, a fim de quantificar a área total desflorestada e calcular a área antropizada provocada pelos impactos do avanço da ocupação da população no interior da área em estudo.

Todo o processamento da imagem foi realizado utilizando-se o aplicativo ESRI ArcGIS Desktop versão 10.1 e os *shapes* de feição obtidos através do banco de dados i3Geo do Site do Ministério do Meio Ambiente (MMA). A classificação supervisionada das imagens foi realizada com o intuito de analisar a cobertura do solo nas áreas estudadas para a avaliação do impacto causado pelas diferentes atividades antrópicas no decorrer dos anos, nas áreas próximas das Unidades de Conservação.

O método utilizado para esta classificação foi o da distância mínima que atribui cada pixel desconhecido à classe cuja média é mais próxima a ele. Este método

considera a questão da proximidade entre classes com base em dados estatísticos (PENHA, 2009). Foram utilizadas 4 classes distintas, sendo elas, vegetação alterada, vegetação não alterada, hidrografia e ação antrópica.

Para a melhor visualização das áreas urbanizadas e das diferentes classes de vegetação nas imagens Landsat, foram gerados mapas temáticos com o uso do NDVI (Normalized Difference Vegetation Index). O NDVI é calculado pela diferença entre as bandas do Infra Vermelho Próximo e do Vermelho, normalizada pela soma das mesmas bandas. O modelo utilizado foi proposto por Rouse *et al.* (1973) e obtido por meio da equação 1.

$$NDVI = \frac{\rho_{nir} - \rho_{red}}{\rho_{nir} + \rho_{red}} \quad (1)$$

Onde:

ρ_{nir} = reflectância da banda no infravermelho próximo; ρ_{red} = reflectância da banda no vermelho.

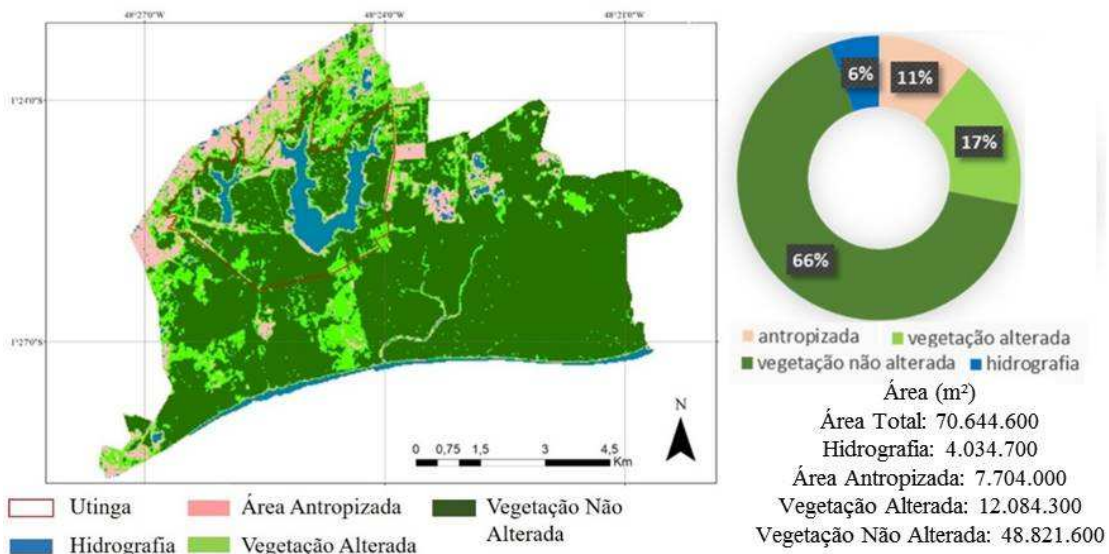
Os valores obtidos do NDVI estão contidos em uma mesma escala de valores entre -1 e +1.



4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

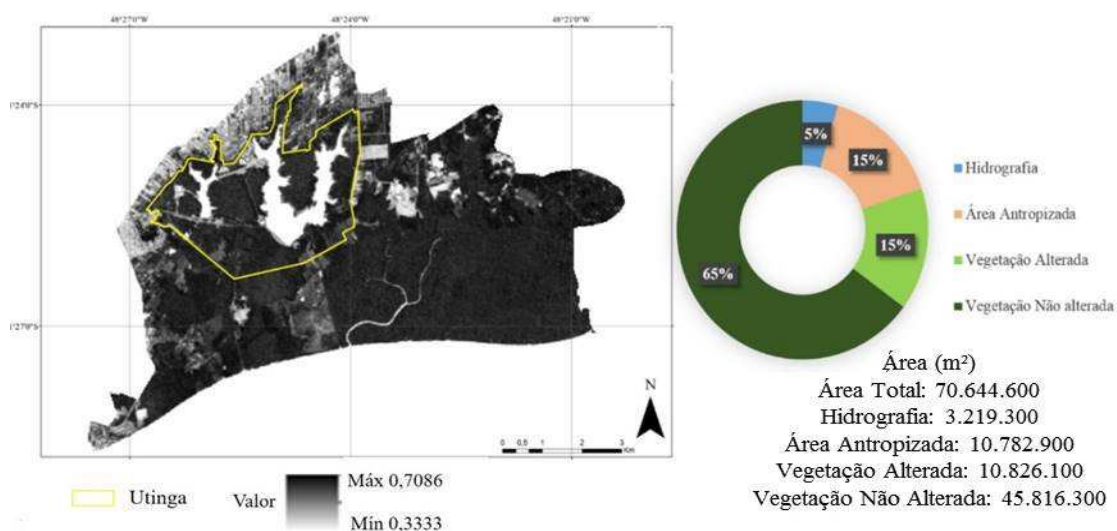
Áreas consideradas antropizadas concentraram-se na porção noroeste do mapa (Figura 2), que representa a região mais próxima à Região Metropolitana de Belém (RMB). No ano de 1993, apesar de representar o marco legal de criação do PEUt, sendo constituído como uma Unidade de Proteção Integral, já se observava um grau de impacto à área, através da mudança da cobertura do solo e da alteração da cobertura vegetal (Figura 2).

Figura 2 - Mapa de uso e cobertura da terra da APA Belém e do Parque do Utinga no ano de 1993 obtida pelo satélite Landsat 5.



A classe analisada de NDVI na imagem Landsat 5/ETM+ no ano de 1993 apresenta uma amplitude de valores entre -0,33 a 0,70, sendo os menores encontrados principalmente na região noroeste do mapa, indicando a área mais urbanizada (Figura 3). Observa-se também a delimitação dos lagos Bolonha e Água Preta na região do PEUT (Figura 3). A reflectância dos corpos hídricos é indicada com valores negativos e menores em relação a reflectâncias que representem o solo exposto (CRUZ *et al.*, 2011).

Figura 3 - Mapa do Índice da Vegetação por Diferença Normalizada do ano de 1993 das áreas de estudo.

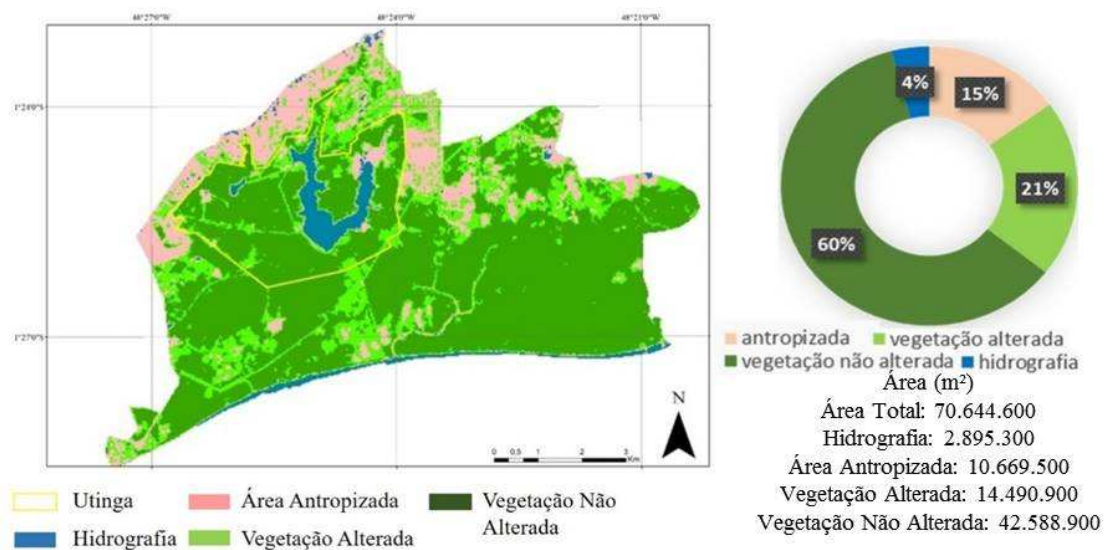


A reflectância vegetal é modificada devido à alteração da área fotossinteticamente ativa da planta, ocasionada pelo processo de sucessão ou supressão desta (SANTOS & CARLESSO, 1998). Com a obtenção das classes de uso e ocupação do solo com os valores de NDVI, observa-se que 65% da superfície do mapa, representado pela área de vegetação não alterada equivalente a 45.816.300 m², está na faixa de valores entre 0,54 a 0,70. Os outros 35% referem-se à hidrografia, área antropizada e vegetação alterada, equivalente a uma área total de 24.828.300 m², estando predominantemente presente em uma faixa de valores de 0,53 a -0,33 (Figura 3). Valores semelhantes a estes foram observados por Oliveira *et al.* (2011), ao aplicarem NDVI para avaliar o aumento da urbanização sob áreas de proteção ambiental no bairro de Boa Viagem em Recife-PE, obtiveram valores de 0,7 a 0,2 para áreas vegetadas e de 0,1 a -0,1 para as regiões mais urbanizadas.

Houve significativo aumento de áreas antropizadas na APA Belém entre os anos de 1993 (Figura 2) e 2006 (Figura 4), as quais não se concentraram somente na porção noroeste do mapa, também ao leste e algumas áreas ao sul. O percentual da cobertura vegetal passou de 66% (48.821.600 m²), em 1993, para 60% (42.588.900 m²), em 2006. Em contrapartida, houve o aumento das áreas consideradas antropizadas, saltando de 11% (7.704.000 m²) em 1993 para 15% (10.699.500 m²) em 2006 (Figura 4). Isso pode ser atribuído ao prolongamento de uma avenida localizada nos limites da região noroeste do PEUt em 2006, impactando a área.

Muitos impactos sociais, ambientais e econômicos podem ser causados pelo processo de implementação de uma avenida, devido principalmente a sua magnitude, sendo em muitos casos seus efeitos sentidos antes, durante e após à sua fase de construção. No caso do prolongamento da Avenida João Paulo II, não foi diferente. Melo (2009), ao estudar a APA Belém, avaliou os impactos causados pela obra durante a sua fase inicial, através de consulta às pessoas diretamente afetadas, para dimensionar os efeitos socioambientais negativos trazidos pela construção da mesma. Um dos efeitos negativos de maior frequência citados pelos entrevistados foi a poluição e a degradação ambiental das nascentes próximas aos lagos. Com o prolongamento da Avenida João Paulo II facilitou-se o avanço da ocupação urbana para o interior do Parque do Utinga. Em 2005 foi criado um muro que contornou e delimitou a área destinada ao parque, com o objetivo de conter este avanço para seu interior, porém sem muito êxito, como pode ser observado ao comparar com os resultados obtidos das imagens de 2006 (Figura 4).

Figura 4 - Mapa de uso e cobertura da terra da APA Belém e do Parque do Utinga no ano de 2006 obtida pelo satélite Landsat 5.



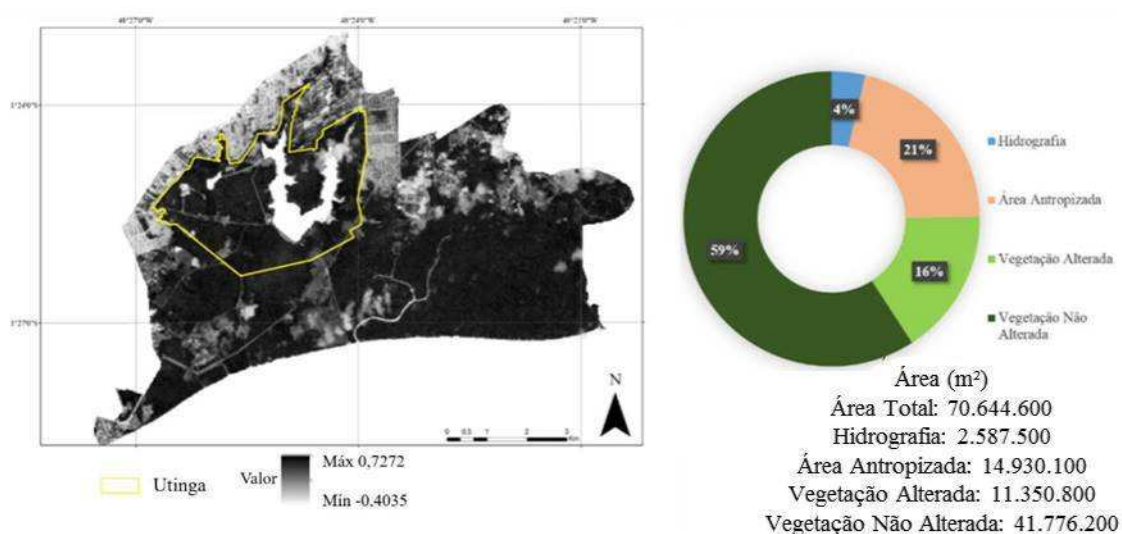
A imagem referente ao ano de 2006 apresentou mudanças também na área de hidrografia do PEUt, isso foi ocasionado pelo surgimento de macrofitas no lago Bolonha, fazendo com que esta área apresente comportamento espectral de vegetação não alterada (Figura 4). Cardoso *et al.* (2009), ao realizarem uma análise multitemporal da APA Belém e do Parque Ambiental também observaram avanços da urbanização durante os anos de 1994 à 2006, com o aparecimento de uma nova classe espectral devido ao surgimento de macrófitas no mesmo lago. O surgimento das macrófitas está relacionado diretamente à problemática da deposição inadequada dos rejeitos urbanos, ocasionada principalmente pelo lançamento de efluentes, sem tratamento, diretamente nos rios. Segundo IBGE (2010), a região metropolitana de Belém apresenta somente cerca de 8% de moradias com o saneamento básico.

O constante despejo de esgoto acarreta o aumento das concentrações de nitrogênio e fósforo nos lagos, as quais são substâncias consideradas limitantes para estes vegetais aquáticos, favorecendo a eutrofização (ROCHA *et al.*, 2009; BARRETO *et al.*, 2013). Segundo Smith e Schindler (2009), a eutrofização pode provocar redução nas concentrações de oxigênio dissolvido, crescimento excessivo de macrófitas, mortandade de peixes e outros organismos aquáticos, alterações de sabor, odor e turbidez além do comprometimento para o uso recreativo dos recursos hídricos. Como consequência disso, há o desequilíbrio do ecossistema aquático aliado a maiores custos para o tratamento de água para o consumo na região.

É o que ocorre nos lagos Bolonha e Água Preta, presentes no interior do Parque Ambiental de Belém, que devido o produto da atividade humana e da carência em condições básicas de saneamento, o esgoto produzido pelas moradias que residem ao entorno e no interior da área é diretamente despejado nestes. Somente nas cabeceiras destes lagos foram identificados 21 pontos de lançamento de esgoto sanitário (PARÁ, 2013). Este constante despejo de efluentes domésticos e industriais, tornam os mananciais que abastecem Belém fragilizados, em decorrência da proliferação de macrófitas que encobrem grande parte das suas áreas, afetando principalmente o lago Bolonha por ser de menor extensão (CAVENAGHI *et al.*, 2005; SODRÉ, 2007).

Através do NDVI foi possível constatar que houve aumento das áreas antropizadas nas Unidades de Conservação no ano de 2006 (Figura 5). De fato, as áreas referidas como antropizadas apresentaram valores entre -0,01 a 0,22, sendo caracterizada por solo exposto, estradas e áreas urbanizadas. Valores semelhantes a estes foram observados por Viganó *et al.* (2011) ao analisarem o desempenho do NDVI na região do semiárido de Pernambuco. No estudo os valores obtidos no intervalo de 0,10 a 0,21 correspondem ao rio, à estrada e ao solo exposto. Valores entre 0,42 a 0,84, referem-se às densidades médias de vegetação e culturas agrícolas.

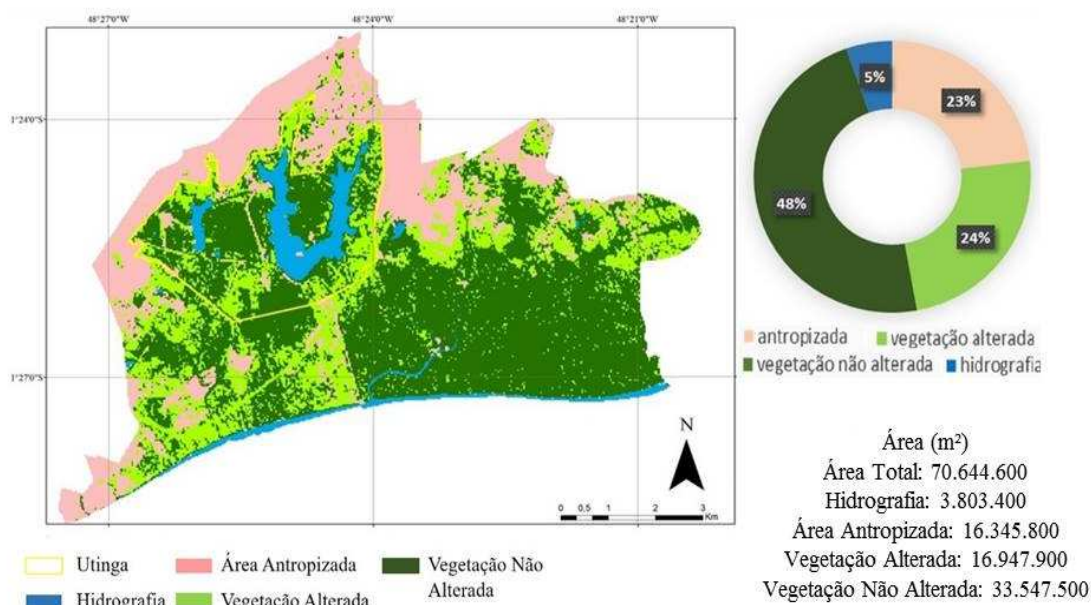
Figura 5 - Mapa do Índice da Vegetação por Diferença Normalizada do ano de 2006 das áreas de estudo.



A presença de nuvens influenciou na elevação de 6% da área antropizada em relação ao ano de 1993. No entanto, a constatação da supressão da vegetação na APA Belém pode ser notada no aumento da vegetação alterada, mais de 400.000 m² e redução das áreas de floresta primária.

Houve um aumento da vegetação alterada no período entre 2006 e 2013, passando de 21% da área dos parques para 24% (Figura 6), precedido de um aumento nas áreas antropizadas no interior das unidades de conservação, passando de 15% em 2006 para 24% em 2013. A vegetação não alterada diminuiu aproximadamente 9.041.400 m² desde a criação das unidades de conservação em 1993.

Figura 6 - Mapa de uso e cobertura da terra da APA Belém e do Parque do Utinga no ano de 2013 obtido pelo satélite Landsat 8.



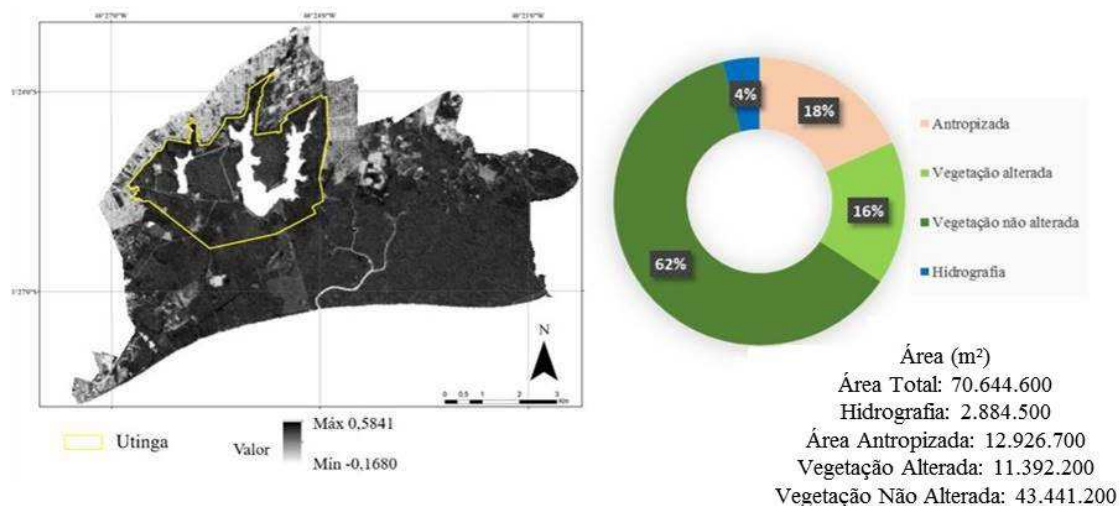
Figura

A constante alteração da vegetação mais densa proporciona o aumento da fragmentação florestal ocasionando muitas mudanças na estrutura dos ecossistemas, pois reduz populações de espécies, diminui a variabilidade genética, expõem à condições adversas ao qual as espécies estão adaptadas, resultando assim, na perda da diversidade biológica (TILMAN *et al.*, 1994; TERBORGH *et al.*, 1997). Não esquecendo de citar os impactos provenientes do efeito de borda, consequência também da fragmentação florestal. Este efeito, agravado principalmente pelo desmatamento da vegetação mais externa de uma área florestada, causa um conjunto de alterações físicas, como mudança de temperatura, umidade e velocidade dos

ventos nestas áreas. As consequências deste efeito são intensificadas quanto menor for área do fragmento florestal, aumentando a vulnerabilidade das espécies, vegetais e animais presentes neste ambiente (LOVEJOY *et al.*, 1986; MURCIA, 1995).

A área antropizada diminui aproximadamente 3% entre os períodos de 2006 e 2013, de acordo com o NDVI (Figura 7), o que indica que esta alteração esteja associada a uma variação de nuvens nas imagens e pela diferença das frequências dos satélites, uma vez que houve aumento de 3% nas áreas de vegetação não alterado e a porcentagem área de vegetação alterada se manteve a mesma. As nuvens interferem nos valores de NDVI, influenciando nos resultados (LUCAS & SCHULER, 2007).

Figura 7 - Mapa do Índice da Vegetação por Diferença Normalizada do ano de 2013 das áreas de estudo.



As áreas de vegetação alterada permaneceram com o mesmo valor registrado em 2006, o que pode indicar uma estabilização da atividade antrópica próximo às áreas de preservação ou ainda indicar áreas de regeneração florestal através de um processo sucessional da vegetação no PEUT (ROCHA *et al.*, 2012).

5 CONCLUSÃO

O aumento da degradação ambiental observado através da retirada da cobertura vegetal e poluição dos corpos hídricos localizados no interior do parque, como consequência do despejo de esgoto e outros dejetos, ocorreu progressivamente

com o passar dos anos, evoluindo de um porcentagem de área antropizada de 11% em 1993 para 23% em 2013, pela classificação supervisionada.

Desta maneira, é de extrema importância que haja ações mais eficazes para conter o avanço da expansão urbana nessas Área de Proteção Integral, voltando-se principalmente à população, uma vez que esta se insere no contexto socioambiental como agente de transformações, seja de forma positiva ou negativa, assim como receptora dos passivos ambientais resultante de suas próprias atividades.

REFERÊNCIAS

BARRETO, L.V.; BARROS, F.M.; BONOMO, P.; ROCHA, F.A.; AMORIM, J.S. Eutrofização em rios brasileiros. **Revista Enciclopédia biosfera**, Centro Científico Conhecer-Goiânia, v. 9, n. 16, 2013, p. 2165-2179. Disponível em: <http://www.conhecer.org.br/enciclop/2013a/biologicas/EUTROFIZACAO.pdf>

BRASIL. INSTITUTO TRATA BRASIL. (Org.). **Ranking do Saneamento 2015**. 2015. Disponível em: <<http://www.tratabrasil.org.br/rankingdosaneamento2015>>

_____. Lei Federal nº 6.902, de 27 de abril de 1981. Dispõe sobre a criação de Estações Ecológicas, Áreas de Proteção Ambiental e dá outras providências. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF, 27 abril, 1981.

Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental

BRASIL NETO, A. B.; PAUMGARTTEN, A. E. A.; BRAGA, A. N.; MACIEL, M. N. M.; SILVA, P. T. E. Dinâmica da cobertura vegetal e usos do solo no entorno do Parque Estadual do Utinga (PEUt), Belém – Pa. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v. 10, n. 19, 2014, p. 2120-2128. Disponível em: <http://www.conhecer.org.br/enciclop/2014b/CIENCIAS%20BIOLOGICAS/dinamica%20da%20cobertura.pdf>

CARDOSO, T. M.; MONTEIRO, F. F.; VENTURIERI, A.; CAMPOS, G. S. Análise multitemporal da Área de Proteção Ambiental de Belém e Parque Ambiental de Belém. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 14, 2009, Natal. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2009. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/974078/1/12831290.pdf>

CAVENAGHI, A. L.; VELINI, E. D.; NEGRISOLI, E.; CARVALHO, F. T.; GALO, M. L. B. T.; TRINDADE, M. L. B.; CORRÊA, M. R.; SANTOS, S. C. A. Monitoramento de problemas com plantas aquáticas e caracterização da qualidade de água e sedimento na UHE Mogi-Guaçu. **Planta Daninha**, v. 23, 2005, p. 225-231.

CRUZ, M. A. S.; SOUZA, A. M. B.; JESUS, J. S. Avaliação da cobertura vegetal por meio dos Índices de Vegetação SR, NDVI, SAVI e EVI na bacia do rio Japaratuba-Mirim em Sergipe. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 15, 2011, Curitiba, Brasil. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2011. p. 1357-1365. Disponível em: < <http://www.dsr.inpe.br/sbsr2011/files/p0811.pdf> >.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Demográfico 2010.** Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/default.shtm>>.

KRONENBERGER, D. M. P.; PEREIRA, R. S.; FREITAS, E. A. V.; SCARCELLO, J. A.; JUNIOR, J. C. Saneamento e meio ambiente. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, População, **Atlas de saneamento**. Rio de Janeiro, 2011. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv53096_cap3.pdf>

LOVEJOY, T. E.; BIERREGAARD Jr., R.O.; RYLANDS, A. B.; MALCOLM, J. R.; QUINTELA, C. E.; HARPER, L. H.; BROWN JR., K. S.; POWELL, A. H.; POWELL, G. V. N.; SCHUBART, H. O. R.; HAYS, M. B. Edge and other effects of isolation on amazon forest fragments. In: SOULÉ, M. E. (Ed.) **Conservation biology: the science of scarcity and diversity**. Sinauer, Sunderland, 1986, p. 257-285.

LUCAS, A. D. A.; SCHULER, C. A. Análise do NDVI/NOAA em cana-de-açúcar e Mata Atlântica no litoral norte de Pernambuco, Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 11, n. 6, 2007, p. 607-614.

Melo, M. J. C. M. Área de proteção ambiental - APA: movimento social urbano e educação ambiental em Belém. Belém: Unama, 2009. Disponível em: <http://www.joinpp.ufma.br/jornadas/joinppIV/eixos/8_agricultura/movimento-social-urbano-em-area-de-protecao-ambiental.pdf>

MURCIA, C. Edge effects in fragmented forests: implications for conservation. **Trends in Ecology and Evolution, Cambridge**, v. 10, 1995, p. 58-62.

MMA - Ministério do Meio Ambiente. SNUC – Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza: Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000; Decreto nº 4.340, de 22 de agosto de 2002; Decreto nº 5.746, de 5 de abril de 2006. Plano Estratégico Nacional de Áreas Protegidas: Decreto nº 5.758, de 13 de abril de 2006. Brasília: MMA, 2011. 76 p.

OLIVEIRA, J. C. F.; OLIVEIRA, T. H.; GALVÍNCIO, J. D. Análise Espaço-Temporal da Cobertura Vegetal através do IVDN no Bairro de Boa Viagem, Recife-PE e Entorno (Spatial-Temporal Analysis of Vegetation Through the NDVI in District of Boa Viagem, Recife-PE and Surroundings). **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 4, n. 3, 2011, p. 575-588.

PARÁ. Secretaria Estadual do Meio Ambiente. Revisão do Plano de Manejo do Parque Estadual do Utinga/ Secretaria de Estado de Meio Ambiente. Belém: SEMA: Belém: IMAZON, 2013. Disponível em: <http://ideflorbio.pa.gov.br/wp-content/uploads/2014/10/PMUtinga_26out2013.pdf>

PENHA, J. W. Avaliação de algoritmos de classificação supervisionada de imagem digital do satélite Ikonos Na região da Serra do Salitre-MG. **Revista Agrogeoambiental**, v. 1, n. 1, 2009, p. 73-79.

ROCHA, N. C. V.; ALVEZ, M. N. C. B.; MOURA, Q. L.; SOUZA, A. P. S.; ROCHA, M. M. B. Levantamento florístico de floresta tropical secundária na área do Parque Ambiental do Utinga, Belém-PA. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.8, n.14, 2012, p. 1299-1309.

ROCHA, S. A.; LOUGON, Ma. S.; OLIVEIRA, G. G. Influência de diferentes fontes de poluição no processo de eutrofização. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 4, n. 4, 2009, p 01-06.

ROUSE, J. W.; HAAS, R. H.; SCHELL, J. A.; DEERING, D. W. Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS. In: Third ERTS Symposium, **Proceedings...** NASA SP-351, NASA, Washignton, DC, v. 1, 1973, p. 309-317.

SANTOS, R. F.; CARLESSO, R. Déficit hídrico e os processos morfológico e fisiológico das plantas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v. 2, n. 3, 1998, p. 287-294.

SANTOS, T.D.F.; TELES, A.F.; OLIVEIRA, F.C.; SÁ, R.A.; AKAMA, A.; MORAIS, F. LUZIMANGUES: relação entre desenvolvimento urbano e preservação ambiental. In: Jornada de Iniciação e Extensão científica, 5. **Anais...** Tocantins: UFT, 2014.

SILVA, L. M.; MORALES, G. P.; LIMA, A. M. M. Avaliação da qualidade das águas superficiais dos mananciais do Utinga e dos rios Guamá e Aurá, Belém, Pará. **Enciclopédia Biosfera**, v. 10, n. 18, 2014, p. 3161-3179.

SILVA, M.J.B.; DIAS, M.B. Urbanização e Qualidade de Vida no Distrito de Icoaraci Belém/Pará/Brasil. **Revista Geográfica de América Central**. v. 2, n. 47, 2011, p. 1-19.

SMITH, V. H.; SCHINDLER, D. W. Eutrophication science: where do we go from here? **Trends in Ecology and Evolution**v. v. 24, n. 4, 2009, p 201-207.

SODRÉ, S.S.V. **Hidroquímica dos lagos Bolonha e Água Preta, mananciais de Belém-Pará**. 2007. 115f. Belém, Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) - UFPA, 2007.

TERBORGH, J.; LOPES, L.; TELLO, J.; YU, D.; BRUNI, A. R. Transitory states in relaxing ecosystems of land bridge islands. In: LAURANCE, W. F.; BIERREGAARD, R.O. (Eds.). **Tropical Forest Remnants: Ecology, Management, and Conservation of Fragmented Landscape**. University of Chicago Press, Chicago, 1997, p. 256-274.

TILMAN, D.; MAY, R. M.; LEHMAN, C. L.; NOWAK, M. A. Habitat destruction and the extinction debt. **Nature**, v. 371, 1994, p. 65-66.

VIEIRA, I. C. G.; SILVA, J. M. C.; TOLEDO, P. M. Estratégias para evitar a perda de biodiversidade na Amazônia. **Estudos Avançados**, v. 19, n. 54, 2005, p. 153-164.

VIGANÓ, H. A.; BORGES, E. F.; FRANCA-ROCHA, W. J. S. Análise do desempenho dos Índices de Vegetação NDVI e SAVI a partir de imagem Aster. In:Simpósio

Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 15. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2011, p. 1828-1834. Disponível em: < <http://www.dsr.inpe.br/sbsr2011/files/p1364.pdf> >.

