Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: www.ufpe.br/rbgfe

Contextualização do desenvolvimento urbano do município de Pato Branco-PR nos últimos dez anos a partir de dados de sensoriamento remoto

Adriana Kunen¹; Ney Lyzandro Tabalipa²; Volmir Sabbi³; Nilvania Aparecida de Mello⁴

¹Mestre em Engenharia Civil (PPGEC) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Autor correspondente: adrianakunen@gmail.com; ²Professor Pós-Doutor do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PPGEC) da UTFPR; ³Professor Doutor do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PPGEC) da UTFPR; ⁴Professora Pós-Doutora do Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional (PPGDR) da UTFPR.

Artigo recebido em 27/10/2018 e aceito em 11/02/2019

RESUMO

O Brasil demanda desenvolvimento de métodos e tecnologias que permitam monitorar, analisar e intervir na expansão das cidades. Realizou-se um estudo do crescimento e expansão urbana do município de Pato Branco-PR por meio do uso de imagens de satélite Landsat e a comparação dos mapas contidos no Plano Diretor do município. Utilizando-se conjunto de dados e análise multitemporal foi possível realizar inferências espaciais, gerando informações que podem subsidiar o planejamento. O método de pesquisa desenvolveu-se por meio da utilização de dados e mapas obtidos da área em estudo; verificação e confirmação de dados por meio de imagens dos satélites Landsat 5 e Landsat 8, usando classificação orientada a objetos, baseadas em cenas do Landsat de 2006, 2011 e 2016. O objetivo deste estudo foi avaliar as mudanças ocorridas dentro do perímetro urbano do município de Pato Branco, utilizando dados e técnicas de sensoriamento remoto, entre os períodos estudados. Desta forma, foram gerados resultados utilizando dados e técnicas de sensoriamento remoto que permitem às prefeituras municipais reverem informações contidas em seus Planos Diretores, a fim de solucionar problemas existentes, bem como planejar, com antecedência, soluções para questões urbanas que venham a ocorrer no futuro. Identificou-se que a urbanização de Pato Branco, direcionou-se mais para o desenvolvimento econômico e crescimento exacerbado, do que para a preservação do patrimônio natural e ambiental.

Palavras-chave: expansão urbana; plano diretor; sensoriamento remoto; imagens landsat.

Contextualization of the urban development of the municipality of Pato Branco-PR in the last ten years from remote sensing data

ABSTRACT

Brazil demands development of methods and technologies that allow monitoring, analyzing and intervening in the expansion of cities. A growth and urban expansion study was done on the municipality of Pato Branco-PR through the use of Landsat satellite images and the comparison of maps contained in the municipality's Master Plan. By utilizing a data set and a multitemporal analysis, it was possible to make spatial inferences, generating informations that can subsidize planning. The method of research was developed via utilizing data and maps obtained from the studied area; verifying and confirming data through Landsat 5 and Landsat 8 satellites' images, using object-oriented classifications, based on scenes from the Landsat from 2006, 2011 and 2016. The goal of this study was to evaluate the changes that happened inside the urban perimeter of the municipality of Pato Branco, utilizing data and remote sensing techniques in the studied time periods. This way, results were generated by using data and remote sensing techniques that allow the municipal prefectures to reanalyse information contained in their Master Plans in order to solve existing problems, as well as to plan, in advance, solutions to urban matters that may happen in the future. It's been identified that the urbanization of Pato Branco has been directed to economical development and exaggerated growth than to natural and ambiental patrimony preservation.

Keywords: urban expansion; master plan; remote sensing; landsat images.

Introdução

O mundo está passando por um período de urbanização extrema. Desde 2010, de acordo com o Relatório Habitat da Organização das Nações Unidas (ONU), mais de 50% da população mundial vive em regiões urbanizadas. Estimativas apontam que, até o ano de 2050, aproximadamente 66% da população mundial estará vivendo em cidades, ONU, 2014. Isso exigirá o planejamento e construção de novas infraestruturas para acomodar mais população em algumas décadas e desenvolver novos sistemas urbanos que melhorem a habitabilidade das cidades, reduzindo drasticamente o consumo dos recursos naturais (Mammadova, 2017).

Muitas cidades brasileiras estão sendo construídas sem o planejamento adequado (Pimenta e Pimenta, 2011; Amaro, 2016). Geralmente o crescimento desordenado do traçado urbano não considera as características do meio nem o planejamento detalhado de seu uso futuro, de forma que a ocupação ocorre sem a devida implantação da infraestrutura necessária (Mota, 2003).

Na segunda metade do século XX, 1970, ocorre o crescimento acelerado das cidades brasileiras, intensificando o fenômeno da expansão urbana e os impactos ambientais. Com essa expansão, ocorreram mudanças significativas nas cidades, a migração para grandes centros ocasionando problemas como de infraestrutura básica, a ocupação de áreas de risco entre outros (Catão, 2015, Silva, Silva e Leonardi, 2015). Por outro lado ocorreu também o esvaziamento de muitas cidades, localizadas no interior que passaram por um processo de urbanização mais lento, e atualmente vem sofrendo com vários problemas por falta de planejamento urbano (Oliveira e Aquino, 2015).

A urbanização concentra não apenas uma massa de população, mas igualmente desigualdades sociais e territoriais (Nascimento e Castilho, 2018). Nesse sentido, a cidade está fragmentada e em constante mutação, dificultando um controle apropriado pelas prefeituras municipais, com poucos recursos, em adequar métodos de obtenção de dados deste crescimento, com a rapidez que ocorrem as mudanças da expansão em relação ao planejamento da cidade.

O Sensoriamento Remoto (SR) e os Sistemas de Informações Geográficas (SIG), devido a seu custo/benefício e a sua tecnologia avançada, tem sido utilizados cada vez mais para gerar informações e dar suporte à tomada de decisões no que tange o planejamento das cidades (Yang, 2003; Souza, Silva e Moreau, 2014; Souza,

2015; Benza et al., 2016; Kohli, Stein e Sliuzas, 2016). Além de serem técnicas eficientes na avaliação do processo de crescimento do espaço urbano e aliada a outras tecnologias possibilita o monitoramento do crescimento urbano e os problemas ambientais decorrentes do processo de expansão da malha urbana (Forster, 1994; Pijanowski et al., 2014; Wang, Krstikj e Koura, 2017).

O sensoriamento remoto utiliza um conjunto de modernos instrumentos e equipamentos para o processamento de dados, objetivando estudar o ambiente terrestre por meio do registro e análise das interações entre a radiação eletromagnética e os componentes que formam o planeta Terra, em suas variadas manifestações (Novo, 2010; Pijanowski et al., 2014). O controle da expansão urbana feita a partir de técnicas convencionais que se baseiam em levantamentos de campo demandam tempo e recursos elevados, gerando problemas para a avaliação do crescimento urbano.

O sensoriamento remoto torna-se uma alternativa viável e de custo relativamente baixo comparando a outras técnicas de aquisição de dados, bem como a facilidade de aquisição e manuseio de imagens de satélites e a periodicidade de obtenção dessas informações.

O ponto que dificulta a utilização em estudos de ambientes como os de áreas urbanas se dá pela complexidade de feições encontradas, tais como: concreto, asfalto, telhados, solo exposto, grama, árvores, água, etc. (Costa, 1996; Durán, 2014).

Segundo Rogers e Gumuchdjian, 2005 a sobrevivência da sociedade sempre dependeu da manutenção do equilíbrio entre as variáveis da população, os recursos naturais e o meio ambiente, por outro lado, enfatiza que é uma ironia que as cidades, o habitat da humanidade, se caracterizem como o maior agente destruidor do ecossistema e a maior ameaça para a sobrevivência da humanidade no planeta. As cidades nunca abrigaram tantas pessoas, entre 1950 e 1990, a população das cidades no mundo passou de 200 milhões para mais de dois bilhões.

Hoje, elas consomem três quartos de toda a energia do mundo e causam pelo menos três quartos da população global. As cidades são centro da produção e do consumo da maior parte dos bens industriais e acabaram se transformando em parasitas da paisagem, em enormes organismos drenando o mundo para seu sustento e energia: inexoráveis

consumidores e causadores de poluição (Rogers e Gumuchdjian, 2005).

Vários fatores podem potencializar o crescimento urbano. No Brasil, a oferta de crédito imobiliário com juros atrativos, favoreceu o cenário da construção civil e despertou o interesse dos mais diversos investidores, desde aqueles que já se envolviam com o setor, quanto os que viram uma oportunidade de multiplicação do capital em um curto prazo. Este momento econômico acarretou em mudanças no processo produtivo do setor, gerando uma grande demanda por novos imóveis e consequentemente novos loteamentos surgiram, porém, parte deste processo acaba gerando ampla especulação imobiliária, já que a oferta de terrenos passou a ser vista como oportunidade de investimento.

Em Pato Branco os fatores de crescimento e desenvolvimento aconteceram da mesma forma. O município fundado em 14 de dezembro de 1951 vivenciou vários ciclos econômicos ao longo da sua história, como o extrativismo da madeira de pinheiro e da erva mate, suinocultura, desenvolvimento no setor de saúde e de educação, atualmente destaca-se no setor de tecnologia. Devido ao crescimento dessas diversas áreas econômicas, percebe-se um forte desenvolvimento imobiliário do município. Nos últimos anos foram criados inúmeros loteamentos, no período de 5 anos, entre 2011 e 2016, foram aprovados cerca de 47 loteamentos e 3832 lotes. A Tabela 01 mostra os dados de lotes urbanos vagos no município, os índices apontam para 25,5%, podendo chegar a 27,5% até o final de 2016 (Secretaria Municipal de Planejamento Urbano de Pato Branco-PR, 2017).

Cadastro municipal de Pato Branco-PR		
Matrículas existentes	30091	72,5%
Lotes urbanos vagos	10588	25,5%
Lotes urbanos a aprovar	800	2%
Total de imóveis em Pato Branco	41479	

Tabela 01. Dados do setor de cadastro municipal da prefeitura de Pato Branco-PR, 2016.

A partir destes números apresentados na pesquisa, pode-se deduzir que para planejar, adequadamente, o crescimento urbano da cidade de Pato Branco, a partir da abertura de novas áreas, é imperativo ter-se em mente a necessidade da implantação de apropriada infraestrutura, de modo a garantir qualidade de vida mínima aos futuros moradores. Cada novo loteamento que passa a existir, demanda grande investimento do poder público. A Constituição Federal de 1988 estabelece diretrizes para as políticas públicas garantindo a comunidade, o direito às políticas sociais, econômicas, de infraestrutura, culturais, desportivas, ambientais, entre outras, fazendo que estes novos espaços urbanos precisem de planejamento e infraestrutura municipal adequada.

Diante da ampliação da área urbana loteada de Pato Branco, com a implantação destes novos loteamentos em um curto espaço de tempo, racionalizar o uso dos recursos necessários para desenvolvimento e manutenção da cidade, é uma questão importante a se pensar e discutir. Farr 2018, apresenta alternativas para o planejamento urbano através do conceito de urbanismo sustentável, sendo a densidade urbana um dos principais fatores a serem analisados pelos

urbanistas no momento de decidir sobre a expansão da cidade.

O urbanismo sustentável é aquele que oferece transporte público de qualidade, que possibilita o deslocamento a pé na integração das edificações e com infraestrutura de alto desempenho. O autor também enfatiza dois valores essenciais deste urbanismo, a compacidade (densidade), e a biofilia (acesso humano a natureza), Farr, 2018.

Neste sentido, este estudo pretendeu detectar e avaliar as mudanças ocorridas dentro do perímetro urbano do município de Pato Branco, utilizando dados e técnicas de sensoriamento remoto, entre os períodos de 2006, 2011 e 2016.

Buscou-se demonstrar, por meio da comparação das imagens do satélite Landsat 5 e Landsat 8, a eficiência na utilização dessas imagens no que se refere ao monitoramento do crescimento e expansão do município. Destacando a necessidade de políticas públicas capazes de minimizar os impactos oriundos a partir da expansão urbana sem o devido planejamento.

Materiais e Métodos

A área urbana de Pato Branco foi escolhida para este estudo. O município localiza-se na região Sudoeste do Estado do Paraná. Seu território abrange uma área de 539,029 km², localizando-se entre as coordenadas geográficas 26°16'57,15" e 26°10'23,05" latitude Sul e 52°43'21,43" e 52°37'15,61" longitude Oeste. Os limites pelo sistema de coordenadas Universal Transversa de Mercator (UTM), em quilômetros, são: 7.092 a 7.104 e 328 a 338. Tendo como limites os

municípios de a Noroeste: Bom Sucesso do Sul, a Norte: Itapejara D'Oeste, a Nordeste: Coronel Vivida, a Leste: Honório Serpa, a Sudoeste: Clevelândia, a Sul: Mariópolis e a Sudoeste: Vitorino. Encontra-se a uma distância de 433,53 km da capital Curitiba, IPARDES, 2017.

A população em 2010 era de 72.370 habitantes, dos quais 68.091 (94,087%) residiam na área urbana e a população estimada para 2016 é de 79.869 habitantes, IBGE, 2017. Seu acesso principal é feito pela BR 158. A Figura 01, a seguir, representa graficamente a área de estudo.

Figura 01. Localização do município de Pato Branco no Estado do Paraná e deste no Brasil.

O primeiro Plano Diretor (PD) do município foi aprovado em 1990 pela Lei n. 997/1990, lei esta que marcou o início da busca pelo planejamento urbano da cidade. Entre os anos de 2005 a 2008, foram realizadas audiências públicas, com envolvimento da população, Câmara dos Vereadores e do IPPUPB (Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Pato Branco), a fim de rever as diretrizes do Plano Diretor, criando então a Lei complementar n. 28 de 27 de junho de 2008 o atual PD do município.

Atualmente o IPPUPB faz parte da Prefeitura como Secretaria de Planejamento Urbano.

Devido às exigências do Estatuto da Cidade, se fez necessário realizar, por meio da Lei complementar municipal n. 46 de 26 de maio de 2011, Lei de Uso, Ocupação e Parcelamento do Solo (LUPA), em adequação a Lei complementar n. 28, de 27 de junho de 2008, a fim de regulamentar e complementar as diretrizes do PD do município de Pato Branco.

Pesquisou-se junto a Secretaria de Planejamento Urbano o histórico do desenvolvimento urbano do município conforme mostra as Figura 02a e 02b.

Para entender melhor as consequências da expansão urbana do município foram definidos os seguintes recortes temporais: 2006 - ano que

aconteciam as audiências públicas para implantação do PD; 2011 - ano em que foi aprovada a LUPA e 2016 - município nos dias atuais.

Figura 02a. Apresentação gráfica da evolução espaço-temporal do crescimento urbano de Pato Branco entre as décadas de 1930 a 1980.

Figura 02b. Apresentação gráfica da evolução espaço-temporal do crescimento urbano de Pato Branco, entre os anos de 1996 a 2016.

Com relação ao material utilizado para esta análise, buscaram-se os mapas desenvolvidos para a implantação do Plano Diretor, 2006, mapas do município no período de 2011 e mapas atuais, obtidos na Secretaria de Planejamento Urbano do município. Esses mapas foram confrontados com imagens de satélites dos mesmos períodos de estudo.

O sistema Landsat (LAND SATellite), desenvolvido pela *National Aeronautics and Space Administration* – Administração Nacional da Aeronáutica e Espaço (NASA), agência do Governo Federal dos Estados Unidos responsável pela pesquisa e desenvolvimento de tecnologias e programas de exploração espacial, foi o primeiro a obter imagens terrestres sinópticas de média resolução, iniciando sua operação em 1972. A série passou por inúmeras inovações, entre elas o Landsat 5, lançado em março de 1984, chegando no atual Landsat 8, lançado em fevereiro de 2013 (Ganem, 2017).

Para o Processamento Digital de Imagens (PDI) utilizou-se imagens ortorretificadas do sistema orbital Landsat 5 com sistema de sensores multiespectrais *Thematic Mapper* (TM), órbita 223 e ponto 78, referente às passagens nos dias 25 de agosto de 2006 e 07 de agosto de 2011. As imagens possuem 7 bandas espectrais com resolução espacial de 120 metros na banda infravermelho termal e 30 metros nas bandas do azul ao infravermelho médio, resolução radiométrica de 8 bits. O satélite do sistema orbital Landsat 8, sensores *Operational Terra Imager* (OLI) e *Thermal Infrared Sensor* (TIRS), órbita 223 e ponto 78, referente à passagem no dia 03 de julho de 2016. Possui 11 bandas multiespectrais com resolução espacial de 30 metros nas bandas 1 a 7 e 10 metros na banda 8 pancromática, banda 1 ultra-azul e bandas 10 e 11 são faixas térmicas do instrumento TIRS, essas imagens foram trabalhadas no *software* ArcGIS 10.2.2 (INPE, 2017).

Os parâmetros para a escolha das imagens foram os seguintes: Satélite Landsat 5 para os anos de 2006 e 2011 no mês de agosto de cada ano, com cobertura máxima de nuvens de 0%, e o satélite Landsat 8 para o ano de 2016 no mês de julho, com cobertura de nuvens de 10%, foram escolhidas imagens de meses próximos ou iguais para cada ano, devido a alteração que a umidade e estação do ano pode ocasionar na coleta da imagem e também foram levados em conta imagens com menor quantidade de nuvens e melhor qualidade de cores. As imagens foram adquiridas e fornecidas gratuitamente pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), no qual é feito um cadastramento e posteriormente são recebidas por e-mail.

Após a escolha das imagens o processamento destas seguiram as seguintes etapas:

- a. registro das imagens: foram aplicadas as transformações geométricas, relacionando as coordenadas da linha com as geográficas para eliminar distorções das imagens, utilizou-se essa técnica para realizar análise atemporal com a sobreposição das imagens de datas diferentes (INPE, 2017), neste caso o sistema UTM 22 S de coordenadas métricas, com o *Datum* Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas (SIRGAS) 2000;
- b. criação de polígono para delimitação da área de estudo - limite do município e limite do perímetro urbano: por meio do *shapefile* da delimitação da área do município e perímetros urbanos dos anos de estudo, obtidas em dados da prefeitura municipal;
- c. recorte das imagens conforme área de estudo: o recorte das imagens se faz necessário para delimitar a área de estudo facilitando o processamento das imagens pelo *software*;
- d. correção da projeção *Universal Transverse Mercator* (UTM): no caso do satélite Landsat é necessário fazer a correção de UTM 22N para UTM 22S, devido a área de estudo;
- e. composição de bandas: as composições de bandas tem caracterizações diferentes para os alvos em cores R (*red*), G (*green*) e B (*blue*), para este trabalho foram utilizadas as composições. Cor verdadeira no Landsat 5 (R3G2B1) e para Landsat 8 (R4G3B2). Falsa cor no Landsat 5 (R4G3B2, R7G5B3, R5G4B3) e para Landsat 8 (R5G4B3, R6G5B4 e R7G6B4);
- f. fusão de imagens: foram realizadas as fusões nas composições de bandas do Landsat 8 com a banda 8 pancromática para aumentar a resolução espacial das imagens;
- g. classificação: com a composição de bandas de falsa cor para o Landsat 5 (R4G3B2) e para o Landsat 8 (R5G4B3), realizou-se a classificação do tipo de cobertura e tipo de uso do solo separadas em 4 categorias – Vegetação, Solo Exposto, Cultura e Antrópico, caracterizando assim os diferentes tipos de uso e cobertura contida nas imagens de satélite, para a análise de falsa cor Avaliação de Urbanização com a composição de banda Landsat 5 (R7G5B3) e Landsat 8 (R7G6B4);
- h. extração de assinaturas espectrais: as assinaturas foram geradas por meio da emissão de radiação eletromagnética nos diversos comprimentos de ondas, estas assinaturas são obtidas após a realização da classificação e caracterização de cada tipo de cobertura e uso do solo, a partir desse procedimento gerou-se imagem que mostram dos diferentes tipos de cobertura e,
- i. classificação supervisionada: a partir da extração das assinaturas espectrais foram realizadas as classificações supervisionadas uma para cada categoria definida sendo realizada para cada período estudado;

Fusão de Imagens - para descrever as cores de uma imagem decompondo-as nos componentes de Intensidade (I), Matiz (H) e Saturação (S), estende-se além do seu uso para a obtenção de composições coloridas (Pereira et al., 2016). A transformação IHS foi concebida para ser aplicada como um meio de combinar imagens de diferentes sensores, com diferentes resoluções espaciais. Essa técnica ficou conhecida como fusão de imagens e seu principal objetivo é aumentar a resolução espacial das imagens multiespectrais de baixa resolução espacial, utilizando-se de uma imagem de alta resolução espacial, tal como a banda pancromática que atualmente possuem diversos sensores (Meneses et al., 2012).

O autor afirma que a representação no espaço de cores IHS apresentam propriedades na forma como o olho humano é capaz de percebê-las, das quais a componente I é percebida por máxima resolução, a H e S, devido ao fato de que a retina do olho humano compor-se de maior número de bastonetes do que de cones, onde os bastonetes são

responsáveis pela percepção de luminosidade ou brilho I e os cones pela percepção do matiz H.

O processo para fusionar imagens é realizado em dois passos: a) é realizado o mesmo processo para a construção da composição colorida no espaço IHS, seleciona-se três bandas do módulo multiespectral que contenham as melhores informações espectrais de seu interesse e realizar a transformação para o espaço IHS, onde, os componentes H e S que guardam a informação espectral das cores são mantidos e o componente I é substituído pela imagem pancromática de alta resolução espacial; b) é reamostrado os componentes H e S para a resolução espacial da banda pancromática, sintetizando uma imagem colorida com as cores do módulo multiespectral e com a resolução espacial da banda pancromática, ocorrendo a transformação inversa para o espaço de cor RGB (Meneses et al., 2012).

Correções Atmosféricas - para Figueiredo, 2005 e Ganem 2017, um dos principais fatores que influenciam na qualidade das imagens são as interferências atmosféricas, que por muitas vezes distorcem a leitura e interpretação das mesmas. Sabe-se que a proporção desse efeito depende do comprimento de onda, afetando de modo diferente cada uma das bandas espectrais.

O processo de correção atmosférica é considerado por muitos autores como sendo indispensável para o processamento das imagens de satélite, pois reduz a influência dos fatores que compõem a atmosfera terrestre (Weiss et al., 2015).

O procedimento para correção de imagens pode ser feito por meio de modelos matemáticos baseados em parâmetros atmosféricos, embora, esses parâmetros normalmente são desconhecidos tornando o método difícil. Em procedimentos usuais existem alguns métodos mais práticos, um deles é o método do mínimo histograma, que se baseia em: sombras de nuvens densas e de relevo e corpos d'água limpa deveriam ter radiância nula, ou seja, níveis de cinza zero. Consequentemente,

valores de níveis de cinza não nulos, encontrados nestas áreas são provenientes de efeito aditivo do espalhamento atmosférico. Esse método baseia-se em subtrair de cada pixel de cada banda espectral de toda a imagem, as áreas com menor valor medido (Figueiredo, 2005).

O autor apresenta outra técnica utilizada: a pela regressão de bandas. Nessa técnica onde duas bandas altamente correlacionadas são submetidas à equação da reta, onde teoricamente o ajuste deveria passar pelos eixos de origem, no caso dela passar exatamente no eixo, não há correções atmosféricas a realizar, caso contrário, esse valor de ordenada fornecido pela intercepção, representa a alteração atmosférica naquela banda. Por fim, esse valor obtido é a constante da equação da reta, onde é subtraído da banda representada (Figueiredo, 2005).

Resultados e discussão

Os resultados obtidos por meio das análises dos dados de sensoriamento remoto no período de 2006, 2011 e 2016, foram apresentados em tabelas e imagens dos satélites Landsat 5 e Landsat 8 tratadas pelos processos de composições de bandas, fusões, sobreposições e classificação supervisionada, utilizando o *software* ArcGIS 10.2.2.

A Figura 03 mostra as composições de bandas cor verdadeira para Landsat 5 (R3G2B1) e Landsat 8 (R4G3B2), falsa cor Landsat 5 (R4G3B2) e Landsat 8 (R5G4B3) utilizada para as análise de vegetação, falsa cor Landsat 5 (R7G5B3) e Landsat 8 (R7G6B4) utilizada para a avaliação de urbanização. Para as imagens do satélite Landsat 8 foram realizados os processos de fusão com a banda 8 pancromática, para aumentar a resolução espacial das imagens multiespectrais de baixa resolução espacial.

Figura 03. Imagens composição de bandas RGB, cor verdadeira, falsa cor.

A Tabela 02 apresenta os dados de expansão do perímetro urbano, o perímetro urbano

correspondente a cada ano, obtido na secretaria de planejamento urbano do município de Pato Branco.

Desse modo, pode-se constatar que o crescimento do perímetro urbano foi proporcional entre os períodos estudados, sendo este aumento de pouco

mais de 4% entre cada período. A Figura 03 ilustra os dados apresentados na tabela.

Expansão Urbana				
Período (anos)	Área perímetro (km ²)	Período (anos)	Aumento (km ²)	Aumento (%)
2006	52,861	2006-2011	2,494	4,51
2011	55,356	2011-2016	2,675	4,61
2016	58,031	2006-2016	5,170	8,91
Área total do município		539,029 km ²		100%

Tabela 02. Dados expansão perímetro urbano do município de Pato Branco.

No período de 2006 a 2011, ocorreu uma redução da área do perímetro na região Sul do município, e um aumento nas regiões Norte e Leste, já no período de 2011 e 2016 o aumento não

foi tão significativo quanto o período anterior isso pode ser constatado na imagem de sobreposição dos perímetros na Figura 04.

Figura 04. Imagens expansão perímetro urbano.

A Tabela 03 apresenta as áreas de cobertura vegetal em quilômetros quadrados, nos

períodos de 2006, 2011 e 2016, áreas de classificação de cobertura e uso do solo, essas

foram divididas em: solo exposto, cultura, água e antrópico, após a classificação foi realizado o processo de álgebra de mapas extraído o *shapefille* das áreas de vegetação e de cobertura e uso do solo, possibilitando as análises de quantidade de vegetação localizadas no perímetro urbano do

município. Pode-se averiguar que em 2006 a área vegetada era 18,58% da superfície do perímetro, já em 2011 teve uma perda de 2,22% mantendo apenas 16,63% da área vegetada e no ano de 2016 perde mais 2,76%, representando 13,87% da área vegetada dentro do perímetro urbano.

Área de Vegetação no Perímetro Urbano			
Período (anos)	Área Vegetada (km ²)	Uso do Solo (km ²)	Vegetação (%)
2006	10,782	4,724	18,58
2011	9,491	4,854	16,36
2016	8,047	4,998	13,87
Total do Perímetro (2016)		58,031 km ²	100%

Tabela 03. Área de vegetação no perímetro urbano do município de Pato Branco.

**SISTEMA DE COORDENADAS PLANAS | UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR
DATUM HORIZONTAL: SIRGAS 2000 | MERIDIANO CENTRAL 51° W. GR**

Figura 05. Relação da urbanização com a vegetação no ano de 2006.

A relação do crescimento urbano do município e as áreas verdes contidas no perímetro urbano podem ser comparadas entre as Figuras 04, 05 e 06, estas figuras apresentam a relação entre áreas vegetadas e a malha urbana, nos anos de

2006, 2011 e 2016. A relação da vegetação com a malha urbana no ano de 2006 (Figura 05) mostra grandes áreas verdes, não ocasionados perdas significativa de vegetação, com relação a 2011 (Figura 06) já são visível um aumento considerável

da malha urbana esta muitas vezes fazendo divisas com os maciços verdes. Após 5 anos (Figura 07) ainda fica evidente que a área urbana ocupou

espaços que num curto período de tempo eram áreas verdes, onde poderiam ser implantadas áreas de lazer para a população, como parques e praças.

**SISTEMA DE COORDENADAS PLANAS | UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR
DATUM HORIZONTAL: SIRGAS 2000 | MERIDIANO CENTRAL 51° W. GR**

Figura 06. Relação da urbanização com a vegetação no ano de 2011.

**SISTEMA DE COORDENADAS PLANAS | UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR
DATUM HORIZONTAL: SIRGAS 2000 | MERIDIANO CENTRAL 51° W. GR**

Figura 07. Relação da urbanização com a vegetação no ano de 2016.

Observa-se que enquanto a cidade se expande para todas as direções, as áreas verdes de menores proporções estão sumindo para dar espaço a novos loteamentos. Estes novos espaços loteados na região norte da cidade, encontram-se na grande maioria desocupados, pois nota-se que esta urbanização ocorre por interesse de investidores. Na região sul percebe-se uma ocupação mais densa muitas vezes em locais inapropriados, com ocupação da população que não tem condições de adquirir propriedades da terra, ocupando áreas críticas (encostas e terrenos alagadiços) e o que restar de áreas verdes.

A degradação ambiental em função da expansão urbana acarreta consequências, apesar de muitas vezes não serem perceptíveis, elas acontecem de forma mais concentradas e mais difíceis de serem sanadas (Belizário, 2014; Kumar, Dixit e Kumar, 2015). Por esse motivo o planejamento urbano deve levar em conta os elementos geo-ambientais e a interrelação humana com o espaço urbano, como: impermeabilização do solo urbano; redução da infiltração pluviométrica para os níveis freáticos; poluição pela infiltração e percolação de esgotos domésticos e industriais; enchentes e alagamentos; assoreamento de corpos hídricos naturais e artificiais; processos erosivos

nas vertentes e fundos de vale (Rohde, 1996; Moraes, 1997; Costa, 1997; Maia, 2015).

O município está passando pela revisão do PD, e uma das principais questões em debate é a liberação do potencial construtivo para a verticalização em áreas centrais.

Quando Acioly e Davidson 1998, ao referenciar uma citação do livro de Jane Jacobs, questionam se o ideal como solução para o futuro, seriam as cidades densas e verticalizadas como Hong Kong, Cairo, Nova York, São Paulo, ou se seriam as cidades lineares, amenas, mais verdes, tranquilas e menos densas, como Brasília e Los Angeles. Para tanto, qualquer que seja a escolha, os impactos ambientais ao meio ambiente urbano continuarão existindo, seja na qualidade, intensidade e singularidade da vida e convívio urbano.

A relação entre densidade e meio ambiente é complexa. Ambientes muito densos com pouco espaço livre e áreas verdes podem levar à fuga ou maior mobilidade da população residente, mas, ao mesmo tempo, também conduzem significativamente o montante de terra a ser consumido por atividades urbanas, embora, exerçam maior pressão sobre as

infraestruturas e serviços urbanos (Acioly e Davidson, 1998).

Pensar a densidade e a sustentabilidade urbana como um critério de condução às tomadas de decisões indica que o foco está nos bairros, estes deveriam ser compactos, ter uso misto, respeitar os pedestres, fortalecer a relações de vida em sociedade e também fortalecer as relações do uso do espaço público, ser dinâmico e organizado, não somente no desenho urbano, mas também nos equipamentos que priorizem o deslocamento sustentável.

Por meio do planejamento, as cidades densas, concentradas em seus pequenos núcleos, podem trazer maiores benefícios ecológicos, aumento da eficiência energética, menor uso de recursos, menos poluição e também reduzindo a expansão dos limites urbanos sobre a área rural (João, 2015). Todavia, sabe-se que desde a década de 1970 vem ocorrendo no Brasil, uma tendência à ocupação do solo de forma fragmentada e com baixa densidade populacional (Amaro, 2016, p. 115).

Outro fator que fortalece a necessidade de se aplicar os conceitos da densidade urbana, é o imposto sobre a propriedade predial e territorial urbana progressivo no tempo, previsto no art. 182, parágrafo 4º, inciso II da Constituição Federal de 1988, que tem a função de penalizar o proprietário que mantém o lote urbano vazio, sem destinação imobiliária, fazendo-se cumprir a função social da propriedade.

Conclusão

Este estudo permitiu verificar que as imagens de satélites facilitam o levantamento e análise em áreas urbanas e análise de vegetação.

Após, findadas as etapas de construção de mapas, gerados por meio de imagens de satélite, pôde-se compará-los com os mapas contidos no plano diretor do município. Ficou visível a percepção de que as estimativas contidas no Plano Diretor propiciaram o crescimento para a região Norte, Nordeste e Noroeste, bloqueando e até diminuindo o perímetro urbano na região Sul do município. Da mesma forma é evidente a quantidade de loteamentos vazios encontrados nessa região. No quesito vegetação, nota-se a expansão invadindo as pequenas áreas verdes que ainda restam no município, sem o cuidado em preservá-las.

Pelas cartas de expansão urbana dos anos de 2006, 2011 e 2016, verificou-se que o crescimento urbano se direcionou de forma fragmentada em todas as direções, mas com menos

força para a região Sul. Nota-se a presença de áreas em expansão fora do perímetro urbano e encontram-se grandes áreas de chácaras na região Norte dentro do perímetro, em vias de serem loteadas.

Identifica-se que na urbanização de Pato Branco, direcionou-se mais para o desenvolvimento econômico e crescimento exacerbado, do que para a preservação do patrimônio natural e ambiental.

A prefeitura adotou políticas que restringiram o crescimento do perímetro urbano da região Sul, isto porque é uma região que se encontra dentro de uma das principais bacias hidrográficas, podendo gerar inundações. Essa região conta com alta taxa de densidade demográfica, por outro lado, a prefeitura optou em expandir áreas onde há baixa densidade demográfica com forte indício de especulação imobiliária, já que ficou constatado o grande número de loteamentos vazios.

Os profissionais e os políticos têm um papel importantíssimo no processo de urbanização, pois podem decidir sobre a cidade, delimitar a forma e padrão de urbanização, os efeitos destas em função da qualidade de vida e dos espaços destinados a população, pelo Plano Diretor e suas revisões.

Neste contexto, entende-se que a longo prazo, com os índices atuais de consumo, estes podem ser decisivos para a sobrevivência da nossa espécie no planeta. Portanto, avaliar de forma criteriosa os incessantes investimentos em espaços urbanos como um potencial fator de colapso, tanto ambiental, econômico e social, vislumbrando o uso dos vazios urbanos com a aplicação dos princípios da densidade e sustentabilidade urbana, é necessário para o município.

Pode-se afirmar que as contribuições para as administrações municipais vão além de simples constatações. Diante destas informações obtidas por meio de sensoriamento remoto e análises, as prefeituras poderão rever as informações contidas em seus planejamentos, solucionando problemas existentes e evitar futuros.

Agradecimentos

Este agradecimento é atribuído a toda a equipe do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PPGEC) e ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional (PPGDR) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) pela oportunidade de prosseguir com este aprendizado, pelos trabalhos realizados, desafios superados, objetivos conquistados, conhecimentos adquiridos, amizades construídas e

crescimento pessoal e profissional. Em especial a professora Nilvânia Aparecida de Mello a quem tenho muita gratidão, pela amizade, pelas orientações, ensinamentos, direcionamentos e contribuições para o desenvolvimento do presente artigo, bem como por sempre motivar e incentivar.

Referências

- Acioly, C., Davidson, F., 1998. Densidade urbana: Um instrumento de planejamento e gestão urbana, MAUAD, Rio de Janeiro.
- Amaro, A. B., 2016. O processo de dispersão urbana e a questão ambiental: uma comparação da literatura estrangeira com o fenômeno no Brasil. *Revista Formação*, 4, 107-136.
- Belizário, W. da S., 2014. Impactos ambientais decorrentes da expansão urbana no córrego pipa em Aparecida de Goiânia, Goiás. *Revista Mirante*, Anápolis-GO, 7, 58-77.
- Benza, M., Weeks, J. R., Stow, D. A., López-Carr, D., Clarke, K. C., 2016. A pattern-based definition of urban context using remote sensing and GIS. *Remote Sensing of Environment*, 183, 250-264.
- Brasil. Constituição da República Federativa do Brasil. 1988. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicaocompilado.htm>. Acesso em: 03 mar. 2018.
- Catão, M. do Ó. 2015. Civilizações Urbanas e Teorias da Cidade. *Revista de Direito da Cidade*, Rio de Janeiro, 7, 91-140.
- Costa, S. M. F. da. 1996. Metodologia alternativa para o estudo do espaço metropolitano, integrando as tecnologias de SIG e sensoriamento remoto: aplicação à Área Metropolitana de Belo Horizonte. 200 f. Tese (Doutorado) – Doutorado em Informação Espacial. POLI/USP, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.
- Costa, M. C. L., 1997. Higienismo ao ecologismo: os discursos sobre o espaço urbano, In: *A cidade e o urbano*, EUFC, Fortaleza.
- Durán, G. Y. B., 2014. Estudo da resposta espectral de alvos urbanos com espectroscopia de reflectância e imagens de alta resolução espacial. 209 f. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Geografia e Geociências, Universidade Federal de Santa Maria.
- Farr, D., 2018. *Sustainable Urbanismo: urban design with nature*, ed. John Wiley and Sons Ltd.
- Figueiredo, D., 2005. Conceitos básicos de sensoriamento remoto. Companhia Nacional de Abastecimento – CNAB. Brasília-DF.
- Forster, B. C., 1994. An examination of some problems and solutions in urban monitoring from satellite platforms. *International Journal of Remote Sensing*, 6, 139-151.
- Ganem, K. A., 2017. Classificação da cobertura do solo na caatinga a partir de imagens do Landsat-8 e da ferramenta Google Earth Engine: uma comparação entre dados com e sem correção atmosférica. 202 f. Dissertação (Mestrado). Instituto de Geociência, Universidade de Brasília.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2017. Disponível: <www.ibge.gov.br>. Acesso: 25 nov. 2017.
- INPE. Instituto de Pesquisas Espaciais, 2017. Disponível: <<http://www.inpe.br>>. Acesso: 20 nov. 2017.
- IPARDES. Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social, 2017. Disponível: <<http://www.ipardes.gov.br>>. Acesso: 20 nov. 2017.
- Jiao, L., 2015. Urban land density function: a new method to characterize urban expansion. *Landscape and Urban Planning*, 139, 26-39.
- Kohli, D., Stein, A., Sliuzas, R., 2016. Uncertainty analysis for image interpretations of urban slums. *Computers, Environment and Urban Systems*, 60, 37-49.
- Kumar, D., Dixit, P., Kumar, V., 2015. Urban sprawl monitoring and modeling of Aligarh City using remote sensing and GIS techniques. *International Journal of Research*, 2, 147-154.
- Maia, J. A., 2015. A influência do Campus do Vale da UFRGS na urbanização do seu entorno a partir da perspectiva dos moradores do Bairro Santa Isabel, Viamão-RS. 204 f. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Planejamento Urbano e Regional, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Mammadova, A., 2017. Sustainability lessons from Kanazawa City, Japan. *European Journal of Sustainable Development*, 6, 233-239.
- Meneses, P. R., Almeida, T. de, Rosa, A. N. de C., Sano, E. E., Souza, E. B. de, Baptista, G. M. de M., Brites, R. S., 2012. Introdução ao processamento de imagens de sensoriamento remoto, UnB, Brasília.
- Moraes, A. C. R., 1997. *Meio ambiente e Ciências Humanas*, 2 ed. HUCITEC, São Paulo.

- Mota, S., 2003. Urbanização e meio ambiente, 3 ed. ABES, Rio de Janeiro.
- Nascimento, M. M. P. do, Castilho, C. J. M. de, 2018. Habitação de interesse social: intencionalidades na realocação de moradias e reuso do solo no ambiente urbano. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 11, 560-584.
- Novo, E. M. L. de M., 2010. Sensoriamento remoto: princípios e aplicações, 4 ed. Edgard Blucher, São Paulo.
- Oliveira, C. E., Aquino, C. M. S. de, 2015. Crescimento urbano e impactos sobre a cobertura vegetal no bairro vale do gavião, Teresina-PI/BR. *Revista da Casa da Geografia de Sobral, Sobral-CE*, 17, 68-84.
- ONU. Organização das Nações Unidas, 2014. Nações Unidas do Brasil. Relatório da ONU. Disponível em: <<https://www.unric.org/pt/actualidade/31537-relatorio-da-onu-mostra-populacao-mundial-cada-vez-mais-urbanizada-mais-de-metade-vive-em-zonas-urbanizadas-ao-que-se-podem-juntar-25-mil-milhoes-em-2050>>. Acesso em: 04 abr. 2018.
- Pato Branco, 2011. Lei Complementar n. 46 de 26 de maio de 2011. Regulamenta o Uso, Ocupação e Parcelamento do Solo no Município de Pato Branco, em adequação à Lei Complementar n. 28, de 27 de junho de 2008.
- Pereira, L. E., Lastoria, G., Paranhos Filho, A. C., Marcato Júnior, J., 2016. Aplicação de técnicas de processamento digital de imagens em diferentes sensores orbitais. *Anuário do Instituto de Geociências, UFRJ*, 39, 15-24.
- Pijanowski, B. C., Tayyebi, A., Doucette, J., Pekin, B. K.; Braun, D., Plourde, J., 2014. A big data urban growth simulation at a national scale: configuring the GIS and neural network based Land Transformation Model to run in a High Performance Computing (HPC) environment. *Environmental Modelling & Software*, 51, 250-268.
- Pimenta, M. de C. A., Pimenta, L. F., 2011. Globalização e desafios urbanos: Políticas públicas e desigualdade social nas cidades brasileiras. *Revista Latinoamericana de Estudios Urbanos Regionales, Santiago-CH*, 37, 43-61.
- Rohde, G. M., 1996. Epistemologia ambiental: uma abordagem filosófica-científica sobre a efetuação humana alopoiética. EDIPUCRS, Porto Alegre.
- Rogers, R., Gumuchdjian, P., 2005. Cidades para um pequeno planeta, 1 ed. Gustavo Gili, Barcelona.
- Secretaria Municipal de Planejamento Urbano de Pato Branco, 2017. Disponível: <<http://www.patobranco.pr.gov.br/planejamento-urbano/>>. Acesso: 20 nov. 2017.
- Silva, D. A. N.e, Silva, M. L. da, Leonardi, F. A., 2015. Geoprocessamento aplicado ao planejamento urbano: proposta preliminar de expansão urbano no Município de Inconfidentes-MG. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 08, 1191-1205.
- Souza, C. M. P., Silva, K. F. M. C., Moreau, A. M. S. S., 2014. Avaliação do potencial de uso urbano da cidade de Ilhéus-BA. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 07, 165-179.
- Souza, S. O., 2015. Geotecnologias aplicadas à análise espaço-temporal do uso e da ocupação da terra na planície costeira de Caravelas (BA). *Boletim Goiano de Geografia*, 35, 71-89.
- Yang, X., 2003. Remote sensing and GIS for urban analysis: an introduction. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 69, 937-939.
- Wang, M., Krstikj, A., Koura, H., 2017. Effects of urban planning on urban expansion control in Yinchuan City, Western China. *Habitat International*, 64, 85-97.
- Weiss, C. V. C., Camargo, D. C. S., Rosca, E. H., Espinoza, J., 2015. Análise comparativa entre métodos de correção atmosférica em imagens do sensor Operational Land Imager (OLI), plataforma Landsat 8. *Scientia Plena*, 11, 1-8.