



## USO DE IMAGENS ORBITAIS DE ALTA RESOLUÇÃO ESPACIAL PARA AMOSTRAGEM DA ARBORIZAÇÃO URBANA NO MUNICÍPIO DE SANTA MARIA – RS

Bruna Nascimento de Vasconcellos Schiavo<sup>1</sup>, Natália Peixoto Gaiad<sup>2</sup>, Mônica Joelma do Nascimento Anater<sup>3</sup>, Ana Paula Dalla Corte<sup>4</sup>, Carlos Roberto Sanquetta<sup>4</sup>

- 1- Doutoranda em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, Brasil – brunaslg@hotmail.com
- 2- Mestranda em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, Brasil
- 3- Mestranda em Bioenergia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, Brasil
- 4- Prof. Dr. do Departamento de Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR - Brasil

Recebido em: 08/04/2016 – Aprovado em: 30/05/2016 – Publicado em: 20/06/2016  
DOI: 10.18677/Enciclopedia\_Biosfera\_2016\_118

### RESUMO

Os inventários de arborização urbana convencionais demandam elevados investimentos, além de uma alta demanda de tempo. As geotecnologias podem ser consideradas como importante instrumento de auxílio no monitoramento e quantificação de áreas verdes, pois apresentam um custo baixo, de forma rápida e precisa. O presente estudo teve como objetivo analisar o potencial de aplicação de imagens orbitais de alta resolução espacial na amostragem arbórea urbana no Bairro Centro de Santa Maria – RS. Realizou-se o processamento digital da imagem Quickbird, correção atmosférica e georreferenciamento, e a partir disso a cobertura arbórea foi vetorizada e classificada por rua e por classe de tamanho. A validação dos dados foi realizada a partir de um levantamento de campo, e contabilizou-se 23 indivíduos a mais do que na detecção remota. Logo, essa diferença ocorreu devido aos indivíduos arbóreos apresentarem copa pequena, que não foi detectada devido a resolução da imagem. O índice de cobertura verde foi de 2,58, valor considerado baixo, o que demonstra que o município deve atentar-se a essa problemática, visando a qualidade ambiental da população. A metodologia foi considerada satisfatória, de modo que, os Sistemas de Informações Geográficas podem facilitar o trabalho de campo, diminuindo o custo financeiro e tempo de execução dos inventários florestais urbanos.

**PALAVRAS-CHAVE:** Áreas verdes; Qualidade ambiental; SIG.

### ORBITAL IMAGES OF USE SPATIAL OF SPATIAL RESOLUTION FOR HIGH AFFORESTATION URBAN SAMPLING IN SANTA MARIA CITY – RS

### ABSTRACT

Conventional urban forestry inventories require high investments, as well as a high demand time. Geotechnologies can be considered as an important aid instrument in monitoring and quantification of green areas, since they have a low cost, fast and accurate. This study aimed to analyze the potential application of satellite images of

high spatial resolution in the urban tree sampling in the district center of Santa Maria - RS. Held digital processing of Quickbird image, atmospheric correction and georeferencing, and from that tree cover was vectored and sorted by street and by size class. Data validation was performed from a field survey, and recorded 23 individuals-more than in remote sensing. Therefore, this difference was due to the arboreal individuals had small canopy, which was not detected because the image resolution. The green coverage ratio was 2.58, considered low, which shows that the municipality must pay attention to this problem, aimed at environmental quality of the population. The methodology was considered satisfactory, so that the Geographic Information Systems can facilitate field work, reducing the financial cost and time of implementation of the urban forest inventories.

**KEYWORDS:** Green areas; Environmental quality; GIS.

## INTRODUÇÃO

As áreas verdes urbanas possuem um papel de destaque na manutenção e melhoria da qualidade ambiental urbana, principalmente nos municípios que a urbanização se deu de forma acelerada e sem planejamento, de modo que, propiciou evidentes quadros de degradação ambiental (BARGOS & MATIAS, 2012; RINK & ARNDT, 2016). Além da função paisagística, a cobertura vegetal urbana proporciona benefícios como: proteção contra os ventos, diminuição da poluição sonora, sombreamento, ambientação de pássaros, regulação da amplitude térmica e absorção de parte dos raios solares (ODFIELD et al., 2014). A arborização urbana possui múltiplos benefícios, de modo que é de suma importância monitorar e quantificar as árvores urbanas, facilitando as intervenções silvícolas (ARDILA et al., 2012).

O inventário convencional de arborização urbana demanda um grande número de variáveis a serem mensuradas, o que gera altos custos aos cofres públicos, pois, considera-se o deslocamento nas ruas, um número mínimo de pessoas para viabilizar a coleta de dados, além do tempo gasto para mensuração das variáveis. Diante disso, muitas técnicas de mensuração remota de variáveis têm sido difundidas, dentre elas, o uso de geotecnologias. Porém, o uso desses sistemas ainda é escasso no inventário de arborização urbana, e considera-se necessário realizar pesquisas que destaquem os benefícios da utilização no planejamento e execução dos inventários florestais urbanos (NETO & BIONDI, 2012).

O uso de imagens de satélite de alta resolução espacial, através de técnicas de sensoriamento remoto é considerado uma ferramenta importante para mapeamento tanto de áreas urbanas quanto rurais, tendo em vista a praticidade, acessibilidade e custo relativamente baixo. Diante disso, o geoprocessamento como tecnologia da geoinformação contribui na aquisição, armazenamento, tratamento e apresentação de dados georreferenciados, uma função específica dos Sistemas de Informações Geográficas (OH & LEE, 2015).

A análise da arborização urbana a partir de geotecnologias é desafiadora, pois, as características específicas das zonas urbanas dificultam a identificação semiautomática de árvores em imagens de satélite. Dentre esses fatores pode-se citar: a resolução espacial das imagens de satélite é limitada em função do tamanho da copa das árvores; as árvores coexistem com elementos urbanos como edifícios, estradas, calçadas, o que resulta em um arranjo complexo da estrutura visualizada na imagem; existe variação na característica estrutural da vegetação, como altura, forma e diâmetro da copa, cobertura do dossel, entre outros; os padrões espaciais

são irregulares, de modo que, podem ser apresentadas árvores isoladas ou com copas entrelaçadas (ARDILA et al., 2012).

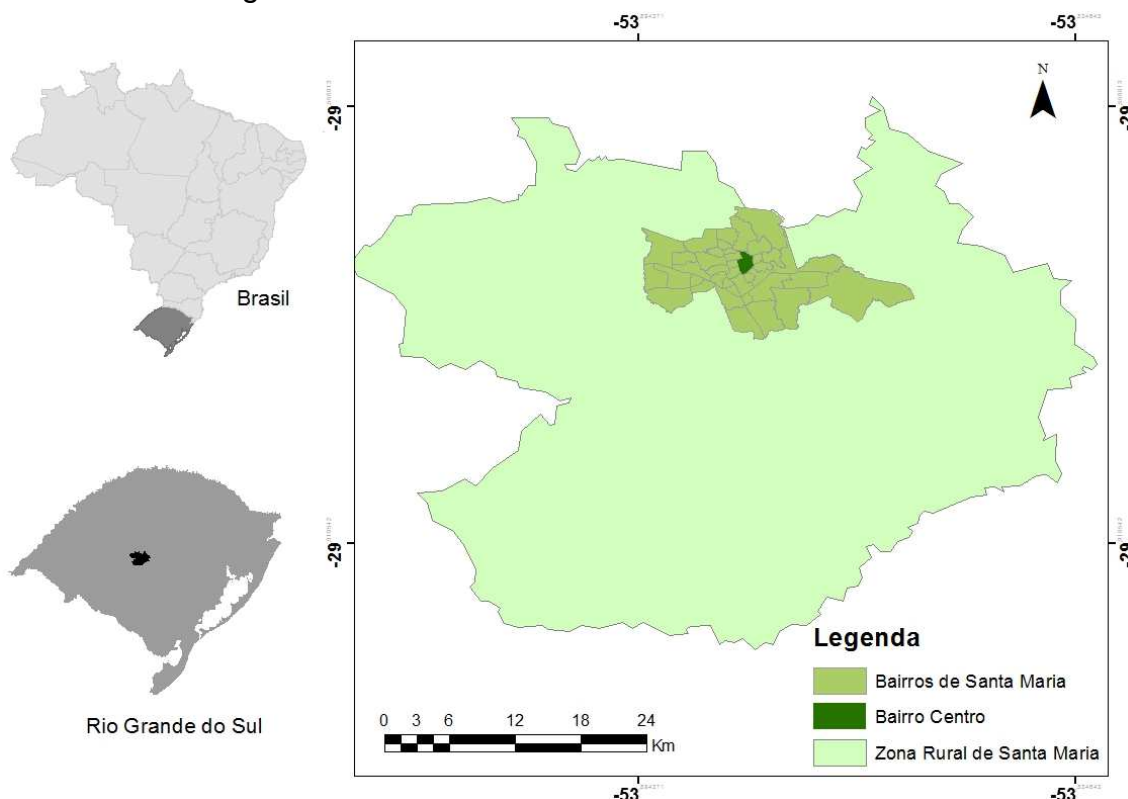
Imagens capturadas por plataformas aéreas também podem ser consideradas uma alternativa plausível como conjunto de dados de entrada para detecção da arborização urbana, de modo que é possível detectar árvores pequenas, a partir de uma resolução espacial menor que 0,5 metros (ARDILA et al., 2012).

O presente trabalho objetivou avaliar e analisar o potencial de aplicação de imagens de alta resolução espacial em inventários florestais urbanos.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Caracterização da área de estudo

Santa Maria é um município localizado na região central do Estado do Rio Grande do Sul, região sul do Brasil. Possui uma área de aproximadamente 1.788,757 km<sup>2</sup>, com 274.838 habitantes (IBGE, 2014). A unidade amostral utilizada nesse trabalho é o bairro centro do município de Santa Maria, conforme pode ser visualizado na Figura 1.



**FIGURA 1** – Mapa de localização da área de estudo, município de Santa Maria – RS.

### Procedimentos metodológicos

Realizou-se a compilação da base cartográfica e elaboração do banco de dados geográficos, a partir dos limites vetoriais do estado do Rio Grande do Sul, município e bairros de Santa Maria, e imagem orbital do satélite Quickbird com resolução espacial de 2,8 m, correspondente a janeiro de 2014.

Os dados foram processados no Sistema de Informação Geográfica ArcGis 10.3, e para o tratamento cartográfico adotou-se a Projeção Policônica e o Datum WGS 84 (*World Geodetic System 1984*). Por tratar-se de um mapeamento de abrangência municipal, definiu-se a escala 1:10.000 como adequada ao tipo de estudo e características da área.

Realizou-se a correção atmosférica da imagem orbital através do método por subtração do objeto escuro ou DOS (*Dark Object Subtraction*) desenvolvido por CHAVEZ (1988), que estima a interferência atmosférica diretamente da imagem, ou seja, com base nos números digitais de cada banda espectral.

Realizou-se também o processamento digital da imagem, que objetiva melhorar a qualidade, proporcionando uma maior confiabilidade na interpretação do usuário (BHANDARI et al., 2015). Aplicou-se a técnica de contraste linear para realce das feições de interesse, a qual permite que sejam testadas diversas combinações de bandas, cores e contrastes, de modo que possa se extrair o máximo de informações das imagens. Foram considerados alguns fatores como forma, tamanho, padrão, textura e tonalidade da cobertura arbórea, e a partir disso, foi elaborado um arquivo vetorial poligonal (*shapefile*) para as áreas de vegetação identificadas. As árvores foram classificadas conforme a metodologia estabelecida por ARDILA et al. (2012), onde os indivíduos classificam-se em até 15m<sup>2</sup>, entre 15m<sup>2</sup> e 75m<sup>2</sup> e maior que 75m<sup>2</sup>. Mapeou-se apenas a vegetação arbórea no perímetro urbano, exceto às de acompanhamento viário e de domicílios particulares.

Após o processamento dos dados, realizou-se a validação da arborização urbana do bairro Centro em Santa Maria, através da realização do trabalho de campo, onde todos os indivíduos arbóreos foram georreferenciados por meio de pontos coletados via GPS de navegação.

A última etapa foi realizada a partir da integração dos dados cartográficos e do trabalho de campo, elaborou-se o mapa de quantificação da cobertura arbórea da área de estudo. A partir disso, foi possível obter o índice de área verde, expresso na equação 1:

$$IAV = \frac{\sum \text{áreas verdes}}{\text{População}} \quad [1]$$

Onde:

IAV = índice de área verde (m<sup>2</sup>/habitante);

∑ áreas verdes = área total de cobertura arbórea (m<sup>2</sup>);

População = n<sup>o</sup> de habitantes do bairro.

O total de áreas verdes foi obtido a partir da quantificação da arborização a partir da imagem Quickbird. O número total de habitantes foi obtido a partir do Programa Santa Maria em Dados, disponibilizado pela Prefeitura Municipal. Segundo BORGES et al. (2012), a ONU (Organização das Nações Unidas) considera que a arborização urbana está diretamente relacionada com a qualidade ambiental, e diante disso, foram estabelecidos alguns parâmetros quanto o percentual de cobertura vegetal em relação a área, conforme pode ser visualizado na tabela 1.

**TABELA 1** – Classes de qualidade ambiental no parâmetro da cobertura vegetal

Percentual de cobertura vegetal em relação a área total	Qualidade ambiental
Até 5%	Baixa
Entre 10 e 25%	Média
Acima de 25%	Alta

Fonte: Adaptado de Borges (2012)

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O mapeamento da cobertura arbórea do bairro centro no município de Santa Maria, a partir da imagem orbital de alta resolução espacial, permitiu quantificar a arborização urbana do local, e ainda, analisar a distribuição espacial de cada classe no local de estudo. O bairro centro possui uma área de 1.901.130 m<sup>2</sup>, equivalente a 0,11% da área total do município de Santa Maria - RS. A partir da detecção remota foram quantificados 1.101 indivíduos arbóreos, distribuídos em 41 ruas e classificados em três classes, conforme pode ser visualizado na Tabela 2.

**TABELA 2**–Classificação da arborização urbana do Bairro Centro em Santa Maria-RS

Nome da rua	Número de indivíduos		
	< 15 m <sup>2</sup>	15 e 75m <sup>2</sup>	> 75 m <sup>2</sup>
Ângelo Uglione	32	1	1
Ernesto Beck	1	0	0
Acampamento	31	7	0
André Marques	71	12	6
Araújo Viana	4	4	2
Astrogildo de Azevedo	6	1	0
Comissário Justo	9	8	1
Coronel Niederauer	16	0	0
Daudt	8	1	0
Dr. Pantaleão	5	6	1
Dr. Wauthier	7	4	1
Dutra Villa	12	7	1
Ernesto Beck	15	7	3
Felipe de Oliveira	16	5	5
Francisco Manoel	4	3	1
Gaspar Martins	3	4	7
Henrique Dias	4	2	0
Itambé	32	17	18
Jose Bonifácio	3	0	0
Jose do Patrocínio	17	12	9
Manoel Ribas	14	3	1
Marechal F. Peixoto	37	12	4
Olavo Bilac	16	0	0
Otávio Binato	2	1	0
Paul Harris	4	1	0

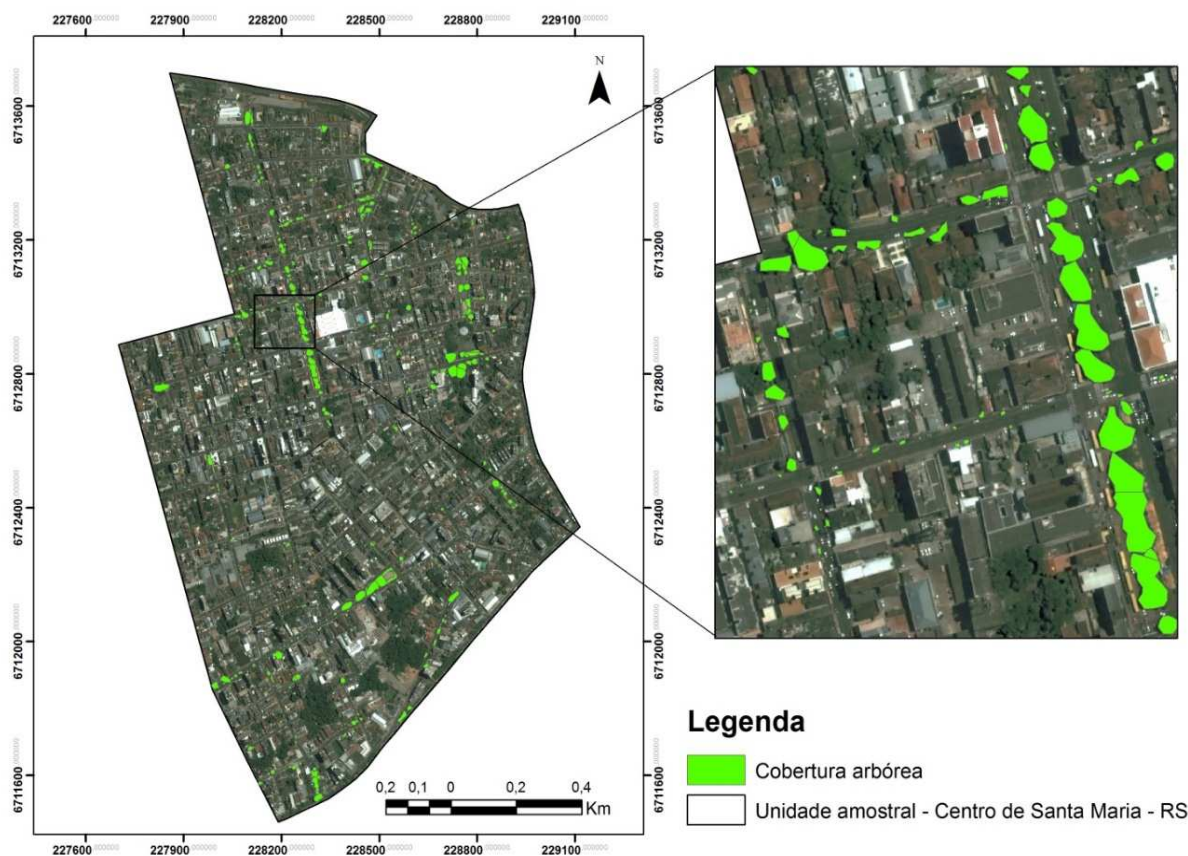
Nome da rua	Número de indivíduos		
	< 15 m <sup>2</sup>	15 e 75m <sup>2</sup>	> 75 m <sup>2</sup>
Pinheiro Machado	25	3	1
Presidente Vargas	33	16	9
Professor Braga	19	5	0
Riachuelo	27	5	1
Rio Branco	30	16	28
Rua dos Andradas	34	1	2
Sem. C. Nascimento	5	2	0
Serafim Valandro	35	21	7
Sete de Setembro	7	2	0
Silva Jardim	16	14	6
Tiradentes	10	4	0
Treze de Maio	4	10	5
Tuiuti	55	3	0
Vale Machado	2	11	6
Venâncio Aires	45	3	14
Vinte de Setembro	5	6	0
<b>TOTAL</b>	<b>721</b>	<b>240</b>	<b>140</b>

A partir do processamento da imagem orbital, o bairro centro apresentou 46.153,27 m<sup>2</sup> de cobertura verde que correspondeu ao somatório das copas das árvores levantadas. Segundo o projeto Santa Maria – RS em dados, no ano de 2014 esta área possuía 17.847 habitantes. Logo, constatou-se que o índice de área verde para o ano de 2014 foi de 2,58, apresentando baixa qualidade ambiental. ROCHA & WERLANG (2005), avaliaram o índice de área verde do centro em Santa Maria, com uso de fotografias aéreas obtidas no ano de 1992 e obtiveram um resultado de 7,20%.

Estudo realizado por ALVES & FIGUEIRÓ (2014), observou a diminuição gradual da cobertura vegetal da área urbana do município de Santa Maria no período de 1980 a 2011, apresentando uma perda de 12,38% da cobertura vegetal total da cidade. Os autores consideram que existe uma carência de espaços de lazer como praças e áreas verdes. Dessa forma, é possível constatar que as áreas verdes disponíveis na região central de Santa Maria têm diminuído ao longo do tempo. Esse fator está relacionado ao aumento populacional e pouco planejamento urbano do local.

A partir do mapeamento temático da arborização urbana, foi possível identificar que a cobertura vegetal não é distribuída uniformemente ao longo do bairro. Existe um elevado número de vazios, como é o caso das ruas Daudt e Paul Harris. Em contrapartida, algumas ruas possuem uma arborização bastante expressiva, como é o caso da rua André Marques. Na Figura 2 é possível visualizar a distribuição espacial da arborização.

A realização do trabalho de campo foi necessária para validação da amostragem realizada através da imagem orbital. De modo que, foram contabilizados 1.034 indivíduos arbóreos. Essa diferença ocorreu em árvores com copas pequenas, que dificulta a identificação no sistema.



**FIGURA 2** – Mapeamento temático da arborização urbana do bairro centro no município de Santa Maria – RS.

GOHARA et al. (2015) consideram que em áreas urbanas densas, a existência de sombras projetadas pelos edifícios, dificulta a contagem de árvores, pois as feições ficam encobertas. De modo que, a extração automática de feições não é uma solução trivial.

Outro fator crítico na delimitação de pequenos indivíduos, ocorre devido a imagem apresentar variações de brilho na copa da árvore. Em imagens de alta resolução espacial, a variação é grande devido ao efeito de ramos e padrões de sombra e da resposta espectral da copa. Isso faz com que a copa se desvie do modelo em forma cônica, tornando a delimitação mais complexa. No entanto, em imagens orbitais de menor resolução espacial os limites da copa tornam-se menos distintos, dificultando a interpretação do operador, e em muitos casos, inviabilizando o processamento digital (POULIOT et al., 2002).

A seleção da melhor resolução espacial e espectral da imagem influencia diretamente no processo de delimitação da árvore. Uma resolução espacial de aproximadamente uma ordem de grandeza menor que o diâmetro médio dos menores indivíduos proporciona bons resultados, levando a uma delimitação mais confiável dos limites do dossel (CULVENOR & TIDA, 2002).

Na arborização urbana, muitas árvores são plantadas em padrões lineares, tais como as encontradas ao longo de estradas e canais d'água, de modo que, quando essas árvores atingem a idade madura, as copas se entrelaçam, tornando difícil a identificação de cada indivíduo em relação a perspectiva da imagem de satélite (ARDILA et al., 2012).

Estudo realizado por TIGGES et al. (2013), classificou a arborização urbana utilizando imagens de alta resolução do satélite RapidEye, obtendo resultados satisfatórios para Berlim, capital da Alemanha. O estudo permitiu a classificação de grandes grupos urbanos de árvores (>400 m<sup>2</sup>), árvores distribuídas de forma linear, e grandes árvores individuais (>100m<sup>2</sup>).

Em contrapartida, as imagens orbitais de média resolução espacial, como as do satélite Landsat e SPOT, são consideradas como um desafio para o mapeamento de áreas urbanas, devido a semelhança espectral entre os vários tipos de vegetação e a presença de características urbanas complexas (HEROLD et al., 2003; XIE et al., 2008; LIU & YANG, 2013). A China tem lançado programas de arborização desde 1978, e realiza o monitoramento dessas áreas através do uso de índices de vegetação gerados pelo sensor MODIS (ZHANG et al., 2016).

A metodologia utilizada no presente estudo mostrou-se eficaz, porém, ainda devem ser realizadas novas pesquisas para um melhor aprimoramento da técnica. Sugere-se a utilização de imagens do satélite WorldView 3, que é o mais recente satélite de alta resolução, apresentando uma resolução de 30 cm.

## CONCLUSÕES

Os métodos convencionais de inventário florestal urbano são eficazes, porém, não produzem diretamente mapas espaciais das características da arborização urbana. Dessa forma, as geotecnologias mostram-se como ferramentas importantes a serem aliadas aos trabalhos de campo, proporcionando economia de tempo e de recursos financeiros.

A metodologia foi considerada adequada para o mapeamento e a análise da configuração espacial das áreas verdes urbanas do local de estudo, principalmente por apresentar rapidez e confiabilidade, além do que, a amostragem apresentou erros somente em indivíduos arbóreos muito pequenos, chegando muito próximo dos valores reais.

Constatou-se a carência e a má distribuição das áreas verdes do bairro Centro no município de Santa Maria, de modo que, o índice de cobertura verde foi considerado baixo, ocasionando prejuízos a qualidade ambiental local.

Recomenda-se que o poder público responsável pelo planejamento urbano propicie um maior número de áreas verdes em seu território, considerando o número de habitantes, e ainda, a extensão ocupada pelas áreas onde a população vive e trabalha.

## REFERÊNCIAS

ALVES, D. B.; FIGUEIRÓ, A.S. Variation of horizontal structure of vegetation cover in the urban area of Santa Maria, Rio Grande do Sul State, Brazil, between 1980 and 2011. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**. v. 9, n.1, 2014, p.35-21. Disponível em: < [http://www.revsbau.esalq.usp.br/artigos\\_cientificos/artigo104sn-publicacao\\_ingles.pdf](http://www.revsbau.esalq.usp.br/artigos_cientificos/artigo104sn-publicacao_ingles.pdf)>.

ARDILA, J.P.; BIJKER, W.; TOLPEKIN, V.A.; STEIN, A. Context-sensitive extraction of tree crown objects in urban areas using VHR satellite images. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**. v. 15, p. 57-69, 2012. Disponível em: < [http://www.isprs.org/proceedings/XXXVIII/4-C7/pdf/Ardila\\_94.pdf](http://www.isprs.org/proceedings/XXXVIII/4-C7/pdf/Ardila_94.pdf)>. doi: 10.1016/j.jag.2011.06.005

BARGOS, D.C.; MATIAS, L.F. Mapeamento e análise de áreas verdes urbanas em Paulínia (SP): estudo com aplicação de geotecnologias. **Sociedade e natureza**. v. 24, p. 143-156, 2012. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/sn/v24n1/v24n1a12.pdf>>. doi: 10.1590/S1982-45132012000100012

BHANDARI, A.K.; KUMAR, A.; SINGH, G.K. Improved knee transfer function gamma correction based method for contrast and brightness enhancement of satellite image. **AEU – International Journal of Eletronics and Comunications**. Vol. 69, p. 579-589, 2015. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S143484111400332X>>. doi: 10.1016/j.aeue.2014.11.012

BORGES, C.A.R.F.; MARIM, G.C.; RODRIGUES, J.E.C. Mapeamento da cobertura vegetal do bairro da Marambaia – Belém/PA. **Sociedade Brasileira de arborização urbana**, v.7, n.4, p.16-26, 2012. Disponível em: <[http://www.revsbau.esalq.usp.br/artigos\\_cientificos/artigo203-publicacao.pdf](http://www.revsbau.esalq.usp.br/artigos_cientificos/artigo203-publicacao.pdf)>

CHAVEZ, J. P.S. An improved dark-object subtraction technique for atmospheric scattering correction of multispectral data. **Remote Sensing of Environment**, v.24, p.459-479, 1988. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0034425788900193>>. doi:10.1016/0034-4257(88)90019-3

CULVENOR, D.S. TIDA: an algorithm for the delineation of tree crowns in high spatial resolution remotely sensed imagery. **Computers & Geosciences**, v.28, n.1, p. 33-44, 2002. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0098300400001102>>. doi: 10.1016/S0098-3004(00)00110-2

GOHARA, A.A.; PAZOTI, M.A.; SILVA, F.A.; PEREIRA, D.R.; ARTERO, A.O.; PITERI, M.A. Utilização de dados laser e imagens aéreas para a extração de vias urbanas. **Colloquium Exactarum**, v.7, p.17-36, 2015. Disponível em: <<http://revistas.unoeste.br/revistas/ojs/index.php/ce/article/download/1422/1455>> doi: 10.5747/ce.2015.v 07.n 2.e 114

HEROLD, M., GARDNER, M. E., ROBERTS, D. A. Spectral resolution requirements for mapping urban areas. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, v. 41, n. 9, p.1907–1919, 2003. Disponível em: <[http://ieeexplore.ieee.org/xpl/login.jsp?tp=&arnumber=1232205&url=http%3A%2F%2Fieeexplore.ieee.org%2Fxppls%2Fabs\\_all.jsp%3Farnumber%3D1232205](http://ieeexplore.ieee.org/xpl/login.jsp?tp=&arnumber=1232205&url=http%3A%2F%2Fieeexplore.ieee.org%2Fxppls%2Fabs_all.jsp%3Farnumber%3D1232205)> doi: 10.1109/TGRS.2003.815238

IBGE, INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Banco de dados, 2014**. Disponível em: <<http://ibge.gov.br>>. Acesso em: 20 jan. 2016.

LIU, T.; YANG, X. Mapping vegetation in an urban area with stratified classification and multiple endmember spectral mixture analysis. **Remote Sensing of Environment**, v.133, p. 251-264, 2013. Disponível em: <

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0034425713000618>>. doi: 10.1016/j.rse.2013.02.020

NETO, E.M.L.; BIONDI, D. The design of sample units for inventory of urban afforestation in Curitiba city, Paraná state, Brazil. **Sociedade Brasileira de arborização urbana**, v.7, n.4, p.107-117, 2012. Disponível em: <[http://www.revsbau.esalq.usp.br/artigos\\_cientificos/artigo220-publicacao\\_ingles.pdf](http://www.revsbau.esalq.usp.br/artigos_cientificos/artigo220-publicacao_ingles.pdf)>

ODFIELD, E.E.; FELSON, A.J.; WOOD, S.A.; HALLET, R.A.; STRICKLAND, M.S.; BRADFORD, M.A. Positive effects of afforestation efforts on the health of urban soils. **Forest Ecology and Management**, v. 313, p. 266-273, 2014. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378112713007822>>. doi: 10.1016/j.foreco.2013.11.027

OH, J.; LEE, C. Automated bias-compensation of rational polynomial coefficients of high resolution satellite imagery based on topographic maps. **Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**. v.100, p.14-22, 2015. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S092427161400046X>>. doi:10.1016/j.isprsjprs.2014.02.009

POULIOT, D.A.; KING, D.J.; BELL, F.W.; PITT, D.G. Automated tree crown detection and delineation in high-resolution digital camera imagery of coniferous forest regeneration. **Remote Sensing of Environment**, v.82, n. 2-3, p.322-334, 2002. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0034425702000500>>. doi: 10.1016/S0034-4257(02)00050-0

RINK, D.; ARNDT, T. Investigating perception of green structure configuration for afforestation in urban brownfield development by visual methods – A case study in Leipzig, Germany. **Urban Forestry e Urban Greening**, v.15, p.65-74, 2016. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1618866715001752>>. doi: 10.1016/j.ufug.2015.11.010

ROCHA, J.R.; WERLANG, M.K. Índice de cobertura vegetal em Santa Maria: o caso do Bairro Centro. **Ciência e Natureza**, v.27, p. 85-99, 2005. Disponível em: <<http://cascavel.ufsm.br/revistas/ojs-2.2.2/index.php/cienciaenatura/article/viewFile/9680/5799>>

TIGGES, J.; LAKES, T.; HOSTERT, P. Urban vegetation classification: Benefits of multitemporal RapidEye satellite data. **Remote sensing of environment**, v.136, p. 66-75, 2013. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0034425713001429>>. doi: 10.1016/j.rse.2013.05.001

XIE, Y. C., SHA, Z. Y., YU, M. Remote sensing imagery in vegetation mapping: a review. **Journal of Plant Ecology - UK**, v.1, n.1, p.9–23, 2008. Disponível em: <<http://jpe.oxfordjournals.org/content/1/1/9.full>>. doi:10.1093/jpe/rtn005  
ZHANG, Y.; PENG, C.; WEIZHONG, L.; TIAN, L.; ZHU, Q.; CHEN, H.; FANG, X.; ZHANG, G.; LIU, G.; MU, X.; LI, Z.; LI, S.; YANG, Y.; WANG, J.; XIAO, X. Multiple

afforestation programs accelerate the greenness in the 'Three North' region of China from 1982 to 2013. **Ecological Indicators**, v. 61, p. 404-412, 2016. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1470160X15005270>>. doi:10.1016/j.ecolind.2015.09.041