



COMUNICADO
TÉCNICO

420

Colombo, PR
Novembro, 2018

Embrapa

Monitoramento da cobertura arbórea em polo industrial durante um período de sete anos

Aline Canetti
Marilice Cordeiro Garrastazú
Patricia Povia de Mattos
Evaldo Munoz Braz
Sylvio Pellico Netto

Monitoramento da cobertura arbórea em polo industrial durante um período de sete anos

Aline Canetti, Engenheira Florestal, doutoranda em Engenharia Florestal na Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR; **Marilice Cordeiro Garrastazú**, Engenheira Florestal, mestre em Engenharia Agrícola, pesquisadora da Embrapa Florestas, Colombo, PR; **Patricia Povia de Mattos**, Engenheira-agrônoma, doutora em Engenharia Florestal, pesquisadora da Embrapa Florestas, Colombo, PR; **Evaldo Muñoz Braz**, Engenheiro Florestal, doutor em Engenharia Florestal, pesquisador da Embrapa Florestas, Colombo, PR; **Sylvio Pellico Netto**, Engenheiro Florestal, doutor em Biometria e Inventário Florestal, professor da Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR.

As florestas urbanas contribuem para a qualidade da vida da população (Küchelmeister, 2000), uma vez que atuam como filtros de ar e influenciam diretamente na temperatura e em outras variáveis climáticas (Murphy Junior et al., 1977; Brack, 2002). O conforto térmico é auxiliado pelas árvores devido ao sombreamento promovido pelas suas copas, que bloqueia a radiação solar e filtra os ventos, e também à transpiração pelas folhas, que controla a umidade relativa do ar (Nowak et al., 1998; Brack, 2002). Adicionalmente, árvores e florestas possibilitam a conservação do solo em áreas urbanas, evitando a ocorrência de deslizamentos de terra causados pelas chuvas, protegendo a população e suas moradias (Küchelmeister, 2000).

A preservação das áreas verdes é muito importante, especialmente em zonas industriais, já que, segundo Poracsky e Scott (1999), essas áreas são associadas a fumaça, barulho e

degradação, causando incômodos visuais, problemas de saúde e aquecimento do ar. Os autores demonstraram em seu trabalho que árvores podem prosperar em áreas industriais, apesar de estarem submetidas a diversas condições negativas do local que servem como barreira ao crescimento.

Portanto, se faz necessário o estudo da evolução das áreas verdes nos municípios, principalmente quando existem altos níveis de urbanização, alta densidade demográfica e presença de indústrias. As imagens de satélites são materiais vantajosos para este tipo de estudo, pois abrangem áreas grandes e permitem alcançar locais de difícil acesso (Nowak et al., 1996). Com a evolução da tecnologia, as imagens provenientes de satélites estão sendo cada vez mais utilizadas, pois são ferramentas efetivas para monitorar superfícies em larga escala (Sexton et al., 2013). Entretanto, obter imagens de alta resolução

provenientes de mesmos sensores de satélite é difícil devido às inovações frequentes do sensoriamento remoto para o monitoramento da vegetação (Mulla, 2013).

O objetivo do presente trabalho foi avaliar a evolução da cobertura arbórea no município de Araucária, entre os anos de 2005 e 2012, utilizando imagens de alta resolução obtidas de diferentes satélites.

A cidade de Araucária (49°23'52"S, 25°35'06"W) pertence à zona metropolitana de Curitiba. O clima é subtropical temperado de verão ameno, sempre úmido e com geadas ocasionais (Köppen, 1936). A temperatura média anual é 16 °C e a umidade relativa do ar é aproximadamente 80% durante o ano todo (Araucária, 2015). É um grande polo industrial e gera alto retorno financeiro para o estado do Paraná, devido aos incentivos fiscais introduzidos pelo governo do Estado na década de 1970, para a instalação de indústrias (Negrelli, 2004). Neste trabalho foi estudado o perímetro urbano do município.

Para estimar as mudanças na cobertura arbórea entre 2005 e 2012, foram utilizadas imagens de alta resolução (5 m). Para 2005, foram utilizadas imagens SPOT 5, fornecidas pela Secretaria Estadual do Desenvolvimento Urbano do Paraná (SEDU/PR). As imagens foram recebidas pré-processadas. Para 2012, foram obtidas imagens RapidEye da coleção do Geocatálogo do Ministério do Meio Ambiente. Foi realizada a correção atmosférica das imagens utilizando o software Impacttoolbox (Simonetti et al.,

2015). Ambas imagens foram fornecidas com nível de ortorectificação.

As imagens foram classificadas utilizando a ferramenta de segmentação e classificação disponível do software ArcGis 10.5. Foi realizada a composição de bandas nas duas imagens (RGB-543 para RapidEye e RGB-321 para Spot 5), que é necessária para o processo de segmentação de imagens no software ArcGis. As classes de uso da terra utilizadas na classificação foram: a) cobertura arbórea; b) gramíneas e vegetação rasteira; c) solo exposto; d) água e; e) superfícies impermeáveis (asfalto, construções).

As imagens foram segmentadas aplicando o algoritmo *mean shift* de classificação não supervisionada. Este algoritmo aplica técnica proposta por Fukunaga e Hostetler (1975), que consiste em estimar o gradiente de densidade de pontos no espaço de características e agrupar pontos com características similares (segmentos). Nas imagens segmentadas foram coletadas amostras de treinamento para cada classe de uso da terra. Foi utilizada a classificação binária pelo algoritmo *Support Vector Machine* (SVM), algoritmo de aprendizado que classifica pontos distintos por meio de um hiperplano de separação (Vapnik, 2000). Foram selecionados segmentos que totalizassem no mínimo 30 mil pixels para cada classe de uso da terra, seguindo a recomendação de Nagi (2014).

A acurácia das classificações foi determinada por matrizes de confusão, utilizando a validação cruzada de amostras de treinamento. Neste teste, os

segmentos selecionados foram comparados com os segmentos classificados pelo software.

As áreas de cobertura arbórea nas duas imagens foram separadas e comparadas por meio de álgebra de mapas (*raster calculate*) no ArcGis. Desta forma, para a classe cobertura arbórea, foi possível detectar perdas, ganhos e também as áreas que permaneceram inalteradas quanto à sua cobertura no decorrer dos sete anos.

O teste de acurácia para validação cruzada resultou em exatidão global

para as imagens SPOT 5 e RapidEye respectivamente, 93,2% e 95,5% e o índice Kappa 91,3% e 94,2% (Tabela 1). As classes de gramíneas e vegetação rasteira e solo exposto foram as que apresentaram maiores confusões, mas, para as áreas de cobertura arbórea, a acurácia foi superior a 90%.

As imagens utilizadas foram adequadas para detectar a cobertura arbórea no município. Mesmo considerando o uso de diferentes satélites, a acurácia obtida pela classificação das imagens foi suficiente para quantificar as mudanças

Tabela 1. Matrizes de confusão e coeficientes estatísticos gerados pela validação cruzada da classificação supervisionada das imagens de 2005 e 2012 e segmentos de referência.

SPOT 5 (2005)						
Pontos de referência (em pixels)						
Classes de uso da terra	Cobertura arbórea	Gramíneas e vegetação rasteira	Solo	Água	Superfícies impermeáveis	Total
Cobertura arbórea	31.343	2.337	282	276	38	34.276
Gramíneas e vegetação rasteira	313	34.481	290	30	142	35.256
Solo	193	1.056	40.401	219	926	42.795
Água	3	4	9	80.282	0	80.298
Superfícies impermeáveis	62	65	9.788	11	34.770	44.696
Total	31.914	37.943	50.770	80.818	35.876	237.321
Acurácia do produtor	98,2	90,9	79,6	99,3	96,9	
Acurácia do usuário	91,4	97,8	94,4	100,0	77,8	
Exatidão global	93,2%					
Índice Kappa	91,3%					

Continua...

Tabela 1. Continuação...

RapidEye (2012)						
Pontos de referência (em pixels)						
Classes de uso da terra	Cobertura arbórea	Gramíneas e vegetação rasteira	Solo	Água	Superfícies impermeáveis	Total
Cobertura arbórea	34.880	56	7	1	0	34.944
Gramíneas e vegetação rasteira	118	30.761	258	13	4	31.154
Solo	3	36	24.597	27	105	24.768
Água	0	0	1	69.047	1.893	70.941
Superfícies impermeáveis	2	3	5.226	1.118	29.400	35.749
Total	35.003	30.856	30.089	70.206	31.402	197.556
Acurácia do produtor	99,6	99,7	81,7	98,3	93,6	
Acurácia do usuário	99,8	98,7	99,3	97,3	82,2	
Exatidão global	95,5%					
Índice Kappa	94,2%					

de área de cobertura arbórea, ainda que em outras classes de uso da terra houvesse alguma confusão.

Foi registrada redução da área de cobertura arbórea em Araucária entre

o período de 2005 e 2012, representando 22,8% das áreas existentes em 2005 (Tabela 2). Este valor resultou de um aumento da vegetação de 250,8 ha e uma redução bruta de 791,0 ha no

Tabela 2. Quantificação da cobertura arbórea no perímetro urbano do município de Araucária

Cobertura arbórea	Área (ha)	Área (%)
2005	2.374,35	100,00
2012	1.832,62	76,27
Aumento entre 2005 e 2012	250,84	9,95
Supressão entre 2005 e 2012	790,97	33,65
Inalterada	1.581,78	66,33

período, gerando uma perda líquida de 540,2 ha.

Em 2005, aproximadamente 30% da área do município possuía cobertura arbórea. Sete anos depois, esta superfície foi reduzida a 24%. A cobertura arbórea por habitante foi reduzida de 199 m² por habitante em 2005 para 154 m² em 2012.

A cidade de Araucária apresenta alta taxa de crescimento populacional (Cintra, 2010), agravada pela presença de indústrias (Negrelli, 2004). Portanto, atenção especial deve ser tomada para a conservação e renovação das áreas arborizadas, com o objetivo de mitigar os efeitos causados pela poluição do ar. Assim como outras cidades, a urbanização de Araucária está se estendendo sobre as áreas de cobertura arbórea. Por isso, é urgente a implementação de planos de proteção das florestas e árvores do município, a seguir o exemplo de outros municípios brasileiros (Porto Alegre, 2006; Campo Grande, 2010; Toledo, 2012).

Mesmo que haja redução da cobertura arbórea, Araucária ainda apresenta maior cobertura arbórea quando comparado a outros municípios brasileiros. Curitiba, por exemplo, capital do estado do Paraná e município vizinho de Araucária, apresentava 64,5 m² de área verde por habitante em 2012 (Curitiba, 2012). Paulínea, polo industrial no estado de São Paulo, apresenta 5,6% de cobertura arbórea e 96,3 m² de área verde por habitante (Bargos; Matias, 2012).

Vinhedo, SP, apresenta 2,19 m² de área verde por habitante.

Conclusões

- Mesmo com as diferenças intrínsecas entre imagens obtidas de diferentes satélites, as imagens RapidEye e SPOT 5 permitiram avaliar a cobertura arbórea de forma satisfatória.
- O município de Araucária apresentou redução líquida de cobertura arbórea no período de estudo, e este fator deve ser levado em consideração pelas autoridades para o planejamento do município e também pela população, para evitar que esta tendência continue pelos próximos anos.
- Ainda que tenha sofrido supressão de cobertura arbórea no período estudado, Araucária ainda conta com grande área de cobertura arbórea, com índices elevados quando comparados aos de outros municípios brasileiros.

Referências

- ARAUCÁRIA (Prefeitura Municipal). **Dados gerais**. Disponível em: <<http://www.araucaria.pr.gov.br/portal/pagina.php?pagid=17>>. Acesso em: 27 abr. 2015.
- BARGOS, D. C.; MATIAS, L. F. Mapeamento e análise de áreas verdes urbanas em Paulínea (SP): estudo com a aplicação de geotecnologias. **Sociedade & Natureza**, v. 24, n. 1, p. 143-156, 2012. DOI: 10.1590/S1982-45132012000100012.
- BRACK, C. L. Pollution mitigation and carbon sequestration by an urban forest. **Environmental pollution**, v. 116, supl. 1, p. 195-200, 2002. DOI: 10.1016/S0269-7491(01)00251-2.
- CAMPO GRANDE (Prefeitura Municipal). **Plano diretor de arborização urbana, MS**. Campo Grande, 2010. Disponível

em: <http://www.capital.ms.gov.br/egov/downloadFile.php?id=3103&fileField=arquivo_dow&table=downloads&key=id_dow&sigla_sec=dpsa>. Acesso em: 21 set. 2016.

CINTRA, A. P. U. **IBGE divulga primeiros resultados da coleta do Censo 2010**. 2010. Disponível em: <http://www.ipardes.gov.br/index.php?pg_conteudo=1&cod_noticia=280>. Acesso em: 26 out. 2018.

CURITIBA. Agência de Notícias da Prefeitura de Curitiba. **Índice de área verde passa para 64,5 m² por habitante**. Curitiba, 2012. Disponível em: <<http://www.curitiba.pr.gov.br/noticias/indice-de-area-verde-passa-para-645-m2-por-habitante/25525>>. Acesso em: 17 ago. 2018.

FUKUNAGA, K.; HOSTETLER, L. The estimation of the gradient of a density function, with applications in pattern recognition. **IEEE Transactions on information theory**, v. 21, n. 1, p. 32-40, 1975.

KÖPPEN, W. **Das geographische system der klimatologie**. Berlin: Borntrager, 1936. 44 p.

KÜCHELMEISTER, G. Trees for the urban millennium: urban forestry update. **Unasylya** 200, v. 51, p. 49-55, 2000.

MULLA, D. J. Twenty five years of remote sensing in precision agriculture: key advances and remaining knowledge gaps. **Biosystems Engineering**, v. 114, n. 4, p. 358-371, 2013. DOI: 10.1016/j.biosystemseng.2012.08.009.

MURPHY JUNIOR, C. E.; SINCLAIR, T. R.; KNOERR, K. R. A model for estimating air-pollutant uptake by forests: calculation of absorption of sulfur dioxide from dispersed sources. In: HEISLER, G. M.; HERRINGTON, L. P. (Ed.). **Proceedings of the Conference on Metropolitan Physical Environment**. Upper Darby: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Northeastern Forest Experiment Station, 1977. p. 340-350. (General technical report, NE-25).

NAGI, R. Classifying Landsat image services to make a land cover map. **ArcGIS Resources**, Esri, 2014. Disponível em: <<http://blogs.esri.com/esri/arcgis/2011/05/28/classifying-landsat-image-services-to-make-a-land-cover-map/>>. Acesso em: 25 abr. 2015.

NEGRELLI, M. J. **O papel do estado e das indústrias na produção do espaço e da qualidade de vida no município de Araucária/PR**. 2004. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

NOWAK, D. J.; MCHALE, P. J.; IBARRA, M.; CRANE, D.; STEVENS, J. C.; LULLEY, C. J. Modeling the effects of urban vegetation on air pollution. In: GRYNING, S. E.; CHAUMERLIAC, N. (Ed.). **Air pollution modelling and its application XII**. Boston: Springer, 1998. p. 399-407.

NOWAK, D. J.; ROWNTREE, R. A.; MCPHERSON, E. G.; SISINNIA, S. M.; KERKMANN, E. R.; STEVENSA, J. C. Measuring and analyzing urban tree cover. **Landscape and Urban Planning**, v. 36, n. 1, p. 49-57, 1996. DOI: 10.1016/S0169-2046(96)00324-6.

PORACSKY, J.; SCOTT, M. Industrial-area street trees in Portland, Oregon. **Journal of Arboriculture**, v. 1, n. 1, p. 9-17, 1999.

PORTO ALEGRE. Conselho Municipal do Meio Ambiente. **Resolução COMAN nº 5, de 28 de setembro de 2006**. Dispõe sobre o Plano diretor de arborização urbana de Porto Alegre. Porto Alegre, 2006. Disponível em: <http://lproweb.procempa.com.br/pmpa/prefpoa/smam/usu_doc/resolucao_5_comam_republicacao_final.pdf>. Acesso em: 21 set. 2016.

SEXTON, J. O.; URBAN, D. L.; DONOHUE, M. J.; SONG, C. Long-term land cover dynamics by multi-temporal classification across the Landsat-5 record. **Remote Sensing of Environment**, v. 128, p. 246-258, 2013. DOI: 10.1016/j.rse.2012.10.010.

SIMONETTI, D.; MARELLI, A.; EVA, H. **Portable GIS toolbox for image processing and land cover mapping**. Luxemburgo: Publications Office of the European Union, 2015. 45 p. (JRC technical report, 27358).

TOLEDO (Prefeitura Municipal). **Plano diretor de arborização urbana (PDAU)**. Toledo, 2012. Disponível em: <<http://www.toledo.pr.gov.br/sites/default/files/planodearborizacaotoledo.pdf>>. Acesso em: 21 set. 2016.

VAPNIK, V. N. **The nature of statistical learning theory**. 2nd.ed. New York: Springer, 2000. 314 p.

Exemplares desta edição
podem ser adquiridos na:

Embrapa Florestas

Estrada da Ribeira, km 111, Guaraituba,
Caixa Postal 319
83411-000, Colombo, PR, Brasil
Fone: (41) 3675-5600
www.embrapa.br/florestas
www.embrapa.br
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

1ª edição

Versão digital (2018)



MINISTÉRIO DA
**AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO**

Comitê Local de Publicações
da Embrapa Florestas

Presidente

Patrícia Póvoa de Mattos

Vice-Presidente

José Elidney Pinto Júnior

Secretária-Executiva

Neide Makiko Furukawa

Membros

*Álvaro Figueredo dos Santos, Gizelda Maia
Rego, Guilherme Schnell e Schühli, Ivar
Wendling, Luis Cláudio Maranhão Froufe,
Maria Izabel Radomski, Marilice Cordeiro
Garrastazu, Valderês Aparecida de Sousa*

Supervisão editorial/Revisão de texto

José Elidney Pinto Júnior

Normalização bibliográfica

Francisca Rasche

Projeto gráfico da coleção

Carlos Eduardo Felice Barbeiro

Editoração eletrônica

Neide Makiko Furukawa

Foto capa

Aline Canetti

CGPE 14865