

ANÁLISE DAS ÁREAS VERDES URBANAS COMO INDICADOR DE QUALIDADE AMBIENTAL: UMA ABORDAGEM EM ÍNDICE DE VEGETAÇÃO

Letícia Benites Albano (*), Barbara de Oliveira Souza Castro, Nicolli Chiuso Bartolomeu, Anderson Antonio da Conceição Sartori.

* Universidade do Sagrado Coração – USC leh.albano@gmail.com

RESUMO

A falta de planejamento ambiental em áreas urbanas ocasiona inúmeros impactos socioambientais, como o empobrecimento da paisagem urbana, em virtude da interdependência dos múltiplos subsistemas que coexistem numa cidade. Outro fator agravante em áreas urbanas, se justifica nos elevados níveis de degradação, relacionando-se principalmente com o desinteresse político para a criação e implementação de mecanismo de combate ao declínio da qualidade de vida. Dessa forma, pode-se utilizar a área verde do meio urbano como um indicador ambiental. Assim sendo, a presente pesquisa tem por objetivo: diagnosticar as áreas verdes por meio de Índices de Vegetação-IV's, localizadas na área urbana da cidade de Bauru – SP, propondo a existência de áreas verdes como indicador da qualidade ambiental do município, sendo possível identificar as áreas degradadas/desmatadas, as com maior e menor vigor vegetal, e aquelas com maior adensamento vegetativo. Uma metodologia destinada a análise da qualidade ambiental em um meio urbano, é expressa a partir de parâmetros descritos pelos indicadores ambientais, como os utilizados para realizar a presente pesquisa, a partir de índice de vegetação, através de metodologias provenientes de Sistema de Informação Geográfica -SIG. Assim sendo, esses índices de vegetação, quando correlacionados ao SIG, se tornam um instrumento essencial e simplificador para a elaboração de Planejamento Ambiental e Urbano dentro de cada município. Para estimar as áreas verdes no município de Bauru foi utilizado imagem do satélite LANDSAT-8/OLI, referentes a data 22 de junho de 2017, com órbita/ponto 221/75 e resolução espacial de 30 metros. NDVI, pode-se afirmar que os valores são consideráveis como razoáveis e concordantes com o previsto na literatura, uma vez que a quantidade de área verde se sobrepõe a quantidade de área desmatada, e quando comparado com os outros índices, é o que mais apresenta vigor vegetativo.

PALAVRAS-CHAVE: Sensoriamento Remoto, Índices Espectrais, Vegetação Urbana, Geoprocessamento.

INTRODUÇÃO

O planejamento ambiental, segundo Santos (2007) é um processo contínuo que envolve a coleta, organização e análise sistematizada das informações, por meio de procedimentos e métodos, para chegar a decisões ou a escolhas acerca das melhores alternativas para o aproveitamento dos recursos disponíveis. Sua ênfase consiste na tomada de decisões, subsidiadas num diagnóstico que, ao menos, identifique e defina o melhor uso possível dos recursos do meio planejado. Assim sendo, para que isso seja feito de maneira adequada, é necessário localizá-los e conhecê-los em quantidade e qualidade, bem como ter clareza sobre os objetivos para os quais eles serão destinados.

A falta de planejamento na orientação do desenvolvimento das cidades, como no caso do Brasil, gerou ambientes urbanos contendo níveis de degradação considerados elevados, não somente porque o planejamento urbano possui um déficit em atingir o rápido processo de urbanização, mas também porque se observa um desinteresse político para a criação e implementação de mecanismos de combate ao declínio da qualidade de vida no ambiente urbano.

Para analisar a qualidade ambiental em um meio urbano, é preciso haver um parâmetro que descreve as características do local de estudo, como os indicadores ambientais. Para Hammond et al. (1995), o termo indicador origina-se do latim indicadores, que significa anunciar, tornar público, estimar, e têm como objetivos, simplificar, quantificar, analisar e comunicar dados de um determinado ambiente. Dessa forma, pode-se utilizar a área verde do meio urbano como um indicador ambiental.

Os termos áreas verdes, espaços/áreas livres, arborização urbana, verde urbano, têm sido frequentemente utilizados no meio científico com o mesmo significado para designar a vegetação interurbana, mas, portanto, alguns desses termos não se referem aos mesmos elementos.

Assim, Lima et al (1994) classifica a vegetação urbana em quatro aspectos:

- Área Verde: local onde há o predomínio de vegetação arbórea, podendo ser consideradas praças, jardins públicos, parques urbanos, canteiros centrais, trevos de vias públicas que têm funções estéticas e ecológicas;
- Parque urbano: áreas verdes com funções estéticas, de lazer e ecológica, constituídas por áreas maiores que praças e jardins;

c) Praça: quando impermeabilizadas e com vegetação escassa, não pode ser considerada área verde. Quando houver vegetação, considera-se jardim;

d) Arborização Urbana: árvores, arbustos e outros elementos vegetais inseridos no ambiente urbano.

Portanto, conforme Costa et al (2012), a implantação de áreas verdes na cidade contribui com a amenização de diversos problemas, como ilhas de calor, enchentes e doenças respiratórias na população, do mesmo modo que contribui com a estética da cidade, com o lazer e a educação. Desta maneira faz-se necessário a avaliação destas áreas para um planejamento adequado da arborização urbana.

A vegetação pode ser analisada com base no Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) e geralmente é conhecido como Índice de Cobertura Vegetal, ou “Index Green-GI” na literatura internacional.

Considerando a proposta de utilizar Sensoriamento Remoto (SR) como fonte principal de dados primários, este trabalho emprega o termo cobertura vegetal de modo genérico, como o conjunto de áreas públicas ou privadas, de uso livre ou restrito, necessariamente coberto por qualquer tipo de vegetação que de alguma forma contribua para a sustentabilidade do sistema urbano.

Dessa forma, técnicas de sensoriamento remoto e o geoprocessamento, junto do Sistema de Informação Geográfica (SIG), são importantes para se conseguir informações referentes à visualização e quantificação da arborização urbana e sua estrutura, permitindo uma avaliação periódica das áreas, constituindo-se de um método eficiente e econômico, possibilitando uma visão total das áreas estudadas (SILVA FILHO, 2004). Conforme afirmado por Filho (2015), a metodologia: SR e SIG têm sido amplamente utilizadas no diagnóstico e avaliações da morfologia urbana, possibilitando a integração de diversas fontes de dados e sensores como mapas, censos, tabelas estatísticas em um sistema de base de dados unificado.

O termo Sistemas de Informação Geográfica (SIG) é aplicado para sistemas que realizam o tratamento computacional de dados geográficos e recuperam informações não apenas com base em suas características alfanuméricas, mas também através de sua localização espacial; oferece ao administrador (urbanista, planejador, engenheiro) uma visão inédita de seu ambiente de trabalho, em que todas as informações disponíveis sobre um determinado assunto estão ao seu alcance, inter-relacionadas com base no que lhes é fundamentalmente comum – a localização geográfica (DAVIS e CÂMARA, 2001).

Quando combinada com Sistemas de Informações Geográficas (SIG), estando aliadas as ferramentas de Geoprocessamento, a fotografia aérea se torna um novo instrumento que fornece informações precisas direcionadas à avaliação e evolução das variações sobre a superfície terrestre quando combinada com Sistemas de Informações Geográficas (SIG), estando aliadas as ferramentas de Geoprocessamento.

Nesse contexto, a presente pesquisa teve como objetivo, diagnosticar a vegetação de áreas verdes localizadas na área urbana da cidade de Bauru – SP, propondo a existência de áreas verdes como indicador da qualidade ambiental do município, a partir da análise de índice de vegetação por diferença normalizada, e índice de vegetação ajustado ao solo.

OBJETIVO

Diagnosticar as áreas verdes por meio de Índices de Vegetação-IV's, localizadas na área urbana da cidade de Bauru – SP, propondo a existência de áreas verdes como indicador da qualidade ambiental do município.

METODOLOGIA

Área de estudo:

O município de Bauru, interior do estado de São Paulo, localiza-se na região centro-oeste paulista e está situado na latitude 22° 18' 54"S e longitude 49° 03' 39" W conforme Figura 1.

A vegetação original e predominante no município é a Mata Atlântica, porém por ação do clima e da devastação das florestas o bioma que cada vez mais vem ganhando espaço em Bauru é o Cerrado. Segundo a classificação de Köppen, a cidade de Bauru possui clima do tipo Cwa, definido como tropical de altitude com diminuição de chuvas no inverno e temperatura média anual de 22,6 °C, tendo invernos secos e amenos (raramente frio de forma demasiada) e verões chuvosos com temperaturas moderadamente altas.

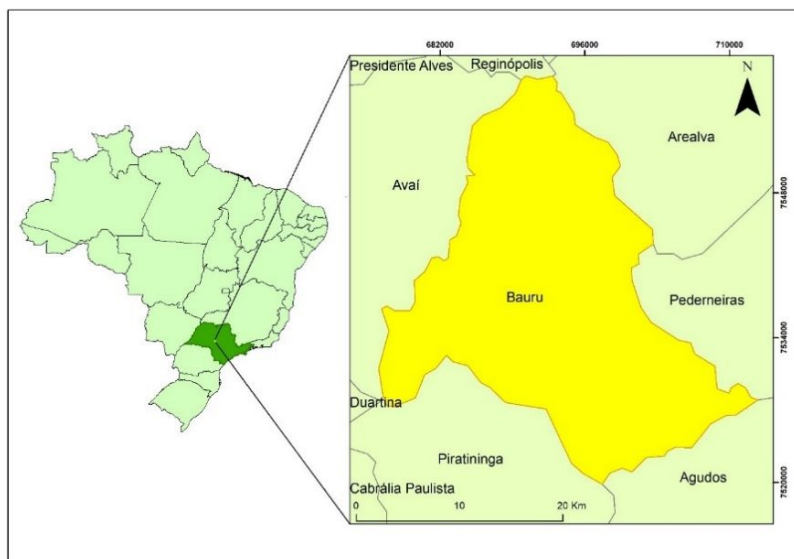


Figura 1: Localização da área de estudo município de Bauru/SP: Autor do trabalho.

Características das imagens espectrais

Para estimar as áreas verdes no município de Bauru foi utilizado imagem do satélite LANDSAT-8/OLI, referentes a data 22 de junho de 2017. A imagem foi disponibilizada de maneira gratuita pelo USGS (2015). Na Tabela 1 está apresentada as principais características da imagem selecionada, com órbita/ponto 221/75 e resolução espacial de 30 metros.

Tabela 1. Características das imagens do sensor OLI do satélite LANDSAT-8.

Bandas	Espectro	Comprimento de onda (μm)
Banda 2	Azul	0,45-0,51
Banda 3	Verde	0,53-0,59
Banda 4	Vermelho	0,64-0,67
Banda 5	Infravermelho Próximo	0,85-0,88
Banda 6	Infravermelho Médio	1,57-1,65
Banda 7	Infravermelho Médio	2,11-2,29

Processamento da imagem landsat-8

Neste estudo as bandas dos instrumentos OLI (números digitais) foram convertidas para o topo da atmosfera (TOA), em radiância espectral, usando os elementos de brilho redimensionado fornecidos no arquivo de metadados, registrado na Equação 1.

$$L_{\lambda} = M_L Q_{cat} + A_L \quad \text{equação (1)}$$

onde:

L_{λ} =TOA radiância espectral ($\text{W m}^{-2} \text{sr}^{-1} \mu\text{m}^{-1}$);

M_L =banda específica fator redimensionado multiplicador a partir dos metadados Radiância_Mult_Banda_ L , onde L é o número da banda;

A_L =banda específica fator escalonado aditivo a partir de metadados da Radiância_Add_Banda_ L , onde L é o número da banda;

Q_{cat} =produto quantificado e calibrado padrão em valores de pixel (ND).

A banda OLI também foi convertida para TOA reflectância planetária através dos coeficientes de reflectância redimensionado fornecidos no arquivo MTL. Para converter valores digitais OLI para reflectância TOA, foi usada a Equação 2:

$$\rho\lambda' = M_p Q_{cal} + A_p$$

equação (2)

onde:

$\rho\lambda'$ = TOA reflectância planetária, sem correção para o ângulo solar ($W m^{-2} sr^{-1} \mu m^{-1}$);

M_p = banda específica do fator multiplicador redimensionando da reflectância_Mult_Banda_ ρ , onde ρ é o número da banda;

A_p = banda específica do fator aditivo redimensionando da reflectância_Add_Band_ ρ , onde ρ é o número da banda;

Q_{cal} = Produto padrão quantificado e calibrado dos valores dos pixels (DN).

Índices de vegetação

Índice de Vegetação Diferença Normalizada (NDVI)

A vegetação é caracterizada por uma intensa absorção devido à clorofila na região do vermelho (0,63 – 0,69 μm) e por uma intensa energia refletida na região do infravermelho próximo (0,76 – 0,90 μm) causada pela estrutura celular das folhas. Várias transformações matemáticas dos dados das bandas 4* e 5** do Landsat 8 OLI mostraram-se indicadores sensíveis da presença da vegetação verde e são referidos como índices de vegetação nestas bandas. A diferença dos valores dos dados das bandas 4 (Red) e 5 (NIR) são proporcionais à reflectância da cena vista, sendo a medida do grau de vegetação verde na imagem. Um índice básico muito utilizado é o “índice de vegetação com diferença normalizada” (NDVI), como definido em (Tucker, 1979) Equação 3.

$$NDVI = \frac{NIR - Red}{NIR + Red}$$

equação (3)

O NDVI é um dos índices mais favoráveis na aplicação nos monitoramentos de vegetação em larga escala, uma vez que fatores como nuvens, água e neve possuem valores negativo (reflectâncias menores no infravermelho do que visível). Já as rochas e solos expostos possuem valores bem próximos a zero, o que facilita a análise dos resultados (reflectâncias similares no infravermelho e visível). Além disso, os maiores valores associados no NDVI estão ligados a maior densidade de vigor vegetativo (Holben, 1986).

Índice de Vegetação Ajustado ao Solo - SAVI (Soil Adjusted Vegetation Index)

O índice foi proposto por Huete (1988) e foi uma adaptação do NDVI possuindo a propriedade de minimizar os efeitos do solo de fundo no sinal da vegetação ao incorporar uma constante de ajuste de solo, o fator L na Equação 4 do SAVI.

$$SAVI = \frac{(1+L_s)(\rho_{ivp} - \rho_v)}{(L_s + \rho_{ivp} + \rho_v)}$$

equação (4)

Sendo: L_s uma constante denominada de fator de ajuste do índice SAVI. Para este estudo foi considerado para a constante L_s 0,25, pois se trata de uma vegetação densa, como cita Marcussi et al., 2010.

O SAVI é um dos índices caracterizados como “híbridos”, uma vez que utilizam a razão das bandas para corrigir a presença do solo na vegetação (ou o chamado “efeito de fundo do solo”) (Oliveira et al., 2007).

Índice de Área Foliar (IAF)

O IAF é definido pela razão entre a área foliar de toda a vegetação por unidade de área utilizada por essa vegetação, sendo um indicador da biomassa de cada pixel da imagem (Allen et al., 2002). Esse índice, expresso na Equação 5, é um parâmetro biofísico que pode ser utilizado como medida de crescimento das plantas nos modelos agrônômicos.

$$IAF = \frac{\ln\left(\frac{0,69 - SAVI}{0,59}\right)}{0,91}$$

equação (5)

Esse índice pode ser associado com a análise de produtividade, uma vez que tem forte relação com o processo fotossintético. Logo, a eficiência fotossintética de uma área pode ser relacionada com o IAF (Favarin et al., 2002).

Enhanced Vegetation Index (EVI)

O EVI foi desenvolvido para aperfeiçoar o sinal de vegetação em locais com alta biomassa e melhorar monitoramento pela quebra de sinal do substrato do dossel vegetal e redução das influências atmosféricas, pois avalia o vigor da vegetação por estar diretamente relacionado com as variações na cobertura verde (Justice et al., 1998; Marcussi et al., 2010).

As imagens EVI são geradas por meio das bandas na faixa espectral do azul, vermelho e infravermelho do Landsat-8, o mesmo minimiza os efeitos de resposta do solo, atmosfera e variações fenológicas. Esse índice é obtido pela seguinte Equação 6 (Justice et al., 1998):

$$EVI = \frac{G \times (NIR - Red)}{NIR + (C_1 \times Red) - (C_2 \times Blue) + L} \quad \text{equação (6)}$$

Onde o fator de ganho (G) é de 2,5, C₁ e C₂ são coeficiente de ajuste para efeito de aerossóis da atmosfera e os valores são 6 e 7,5 respectivamente, L o fator de ajuste para o solo com o valor de 1 e os demais são as bandas NIR, Red e Blue (Justice et al., 1998).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores referentes aos índices relativos à área verde analisada no município de Bauru – SP está expresso na Figura 2. As cores de incidência verde escuro indicam a maior concentração de área verde, enquanto que as cores em tons em vermelho e laranja, representam o oposto. Ressaltando que apenas o IAF é a única exceção, pois o mesmo possui os valores de legendas opostos.

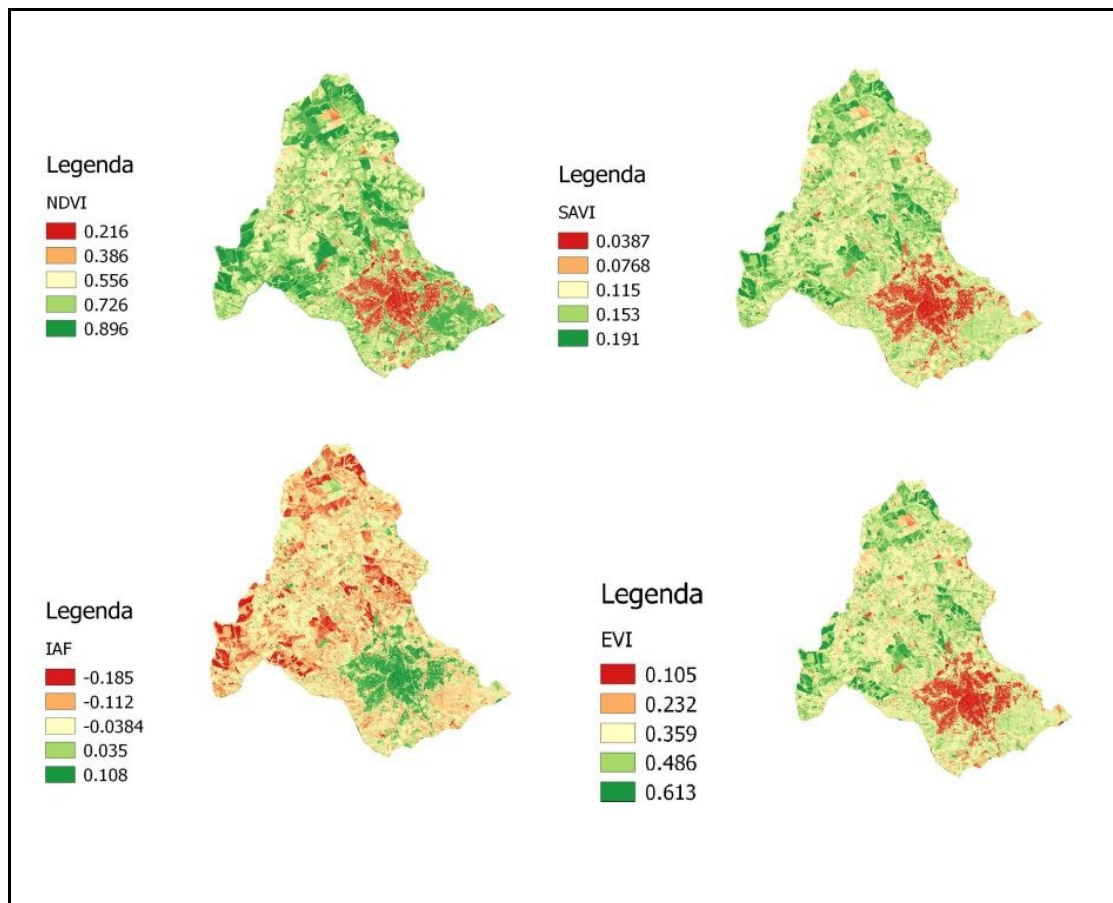


Figura 2: Índices de Vegetação do município de Bauru: NDVI, SAVI, IAF e EVI. Fonte: Autor do Trabalho

Os resultados avaliados apresentaram valores de NDVI, IAF e EVI, se encontram expostos na Tabela 2:

Tabela 2: Valores obtidos pelos Índices NDVI, IAF e EVI do município de Bauru-SP.

NDVI		SAVI		IAF		EVI	
Vermelho	0.216	Vermelho	0.0387	Vermelho	-0.185	Vermelho	0.105
Laranja	0.386	Laranja	0.0768	Laranja	-0.112	Laranja	0.232
Laranja Claro	0.556	Laranja Claro	0.115	Laranja Claro	-0.384	Laranja Claro	0.359
Verde Claro	0.726	Verde Claro	0.153	Verde Claro	0.035	Verde Claro	0.486

Verde Escuro	0.896	Verde Escuro	0.191	Verde Escuro	0.108	Verde Escuro	0.613
--------------	-------	--------------	-------	--------------	-------	--------------	-------

Dessa forma, em relação ao NDVI, pode-se afirmar que os valores são consideráveis como razoáveis e concordantes com o previsto na literatura, uma vez que a quantidade de área verde se sobrepõe a quantidade de área desmatada, e quando comparado com os outros índices, é o que mais apresenta vigor vegetativo.

Em relação ao IAF, o qual é um subproduto do SAVI, a interpretação é analisada antagonicamente aos demais índices, pois; quanto mais negativo o valor em questão, maior é a área verde analisada.

Por fim, os valores obtidos quanto ao EVI, pode-se afirmar que esse índice é um intermediário quando comparado ao NDVI e ao IAF, pois seus resultados não excedem e ou são tornam inferiores.

Os índices de vegetação analisados são precisos devido à alta resolução espacial das imagens satélites geoprocessadas, junto do potencial para avaliação e espaço de tempo próximas a realidade, porém, é preciso haver discernimento quanto a sua avaliação devido condições climáticas, pois o fator desmatamento não é o único gargalo da espécie vegetativa.

Outro aspecto essencial a ser considerado consiste em salientar que a seca pode causar um vigor reduzido da vegetação, dessa forma, os índices de vegetação se tornam uma ferramenta útil e é capaz de fornecer um indicador quase em tempo real do início, extensão intensidade e duração do estresse vegetativo.

Os índices de vegetação são importantes para efetuar a análise de área verde existente em uma região e poder comparar com o quanto esse local deveria possuir de vegetação.

Outra importância consiste em determinar o grau de desmatamento, início do período de crescimento vegetal e o mapeamento da variação espacial da biomassa, ressaltando que os índices de vegetação também proporcionam a estimativa da produção da área verde analisada. A melhor maneira de verificar a produção de área verde e a parcela desmatada de uma região, consiste em analisar as diferentes classes de uso dos índices de vegetação, considerando a proporção da t e incidência das cores obtidas.

Analisando o desmatamento na Figura 2, pode-se verificar que o local com os menores valores de vegetação se encontram na área urbana do município, ressaltando que todos os índices apresentaram concordância nesta região. Logo, os índices utilizados se mostram viáveis no monitoramento ambiental uma vez que sendo aplicados no decorrer dos anos e em períodos climáticos específico, é possível fazer um estudo e criar um histórico ambiental de todo o município a fim de garantir um controle para medidas cabíveis com a situação.

Uma possibilidade de estudo futuro, seria a criação de um histórico com base nos índices a fim de analisar o impacto da ocupação nas áreas e o controle do crescimento da vegetação ao longo dos anos. Além disso, a utilização de índices associados à água como no caso do NDWI (Normalized Difference Water Index) para análise da bacia presente no município de Bauru.

CONCLUSÃO

Os índices, quando associados aos sistemas de informação geográficas, são ferramentas que auxiliam e facilitam em monitoramentos ambientais, identificando, analisando e até mesmo evitando o processo de desmatamento e perda do vigor vegetal.

O NDVI é considerado um dos índices mais utilizados em monitoramentos e levantamentos de vegetações, devido sua precisão e eficiência de resultados como evidenciado no estudo apresentado no município de Bauru-SP, que identificou as áreas com maior adensamento vegetativo, diferenciando das áreas que se encontram desmatadas. O mesmo pode ser dito em relação ao IAF e EVI.

A avaliação dos mapas gerados a partir dos índices de vegetação, se mostra um bom indicador da resposta da vegetação em relação ao processo de desmatamento sofrido pela área analisa, também; as condições climáticas de curto prazo.

O método SIG, ainda no mesmo âmbito, é vantajoso por permitir a comparação com os mapas contendo informações sobrepostas, a partir de outros layers (camadas), como no caso do presente estudo, utilizando as informações quanto ao NDVI, SAVI, IAF e EVI, do município de Bauru-SP.

Portanto, esses índices de vegetação, quando correlacionados ao SIG, se tornam um instrumento essencial e simplificador para a elaboração de Planejamento Ambiental e Urbano dentro de cada município.

REFERÊNCIAS

1. Allen, R.; Tasumi, M.; Trezza, R. **SEBAL (Surface Energy Balance Algorithms for Land)** – Advanced Training and Users Manual –Idaho Implementation, version 1.0, 2002.
2. Davis, C.; Câmara, G. Arquitetura de sistemas de informação geográfica. **Introdução à ciência da geoinformação. São José dos Campos: INPE, 2001.**
3. Costa, J. A. et al. Uso de imagens de alta resolução para avaliação de áreas verdes na cidade de São Paulo, Brasil. **Sociedade Brasileira de Arborização Urbana. REVSBAU, Piracicaba – SP, v.7, n.1, p. 159-181, 2012.**

4. Favarin, J. L. et al. **Equações para a estimativa do índice de área foliar do cafeeiro**. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, v. 37, n. 6, p. 769-773, jun. 2002.
5. Filho, O. S. C. **Análise do índice ponderado de áreas verdes baseado no Lidar (ALS) como parâmetro da qualidade ambiental urbana**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, 2015.
6. Hammond, A. et al.; World Resources Institute. **Environmental indicators: a systematic approach to measuring and reporting on environmental policy performance in the context of sustainable development**. Washington, DC, p. 1-58, maio. 1995. Disponível em: < file:///C:/Users/User/Downloads/WRI_-_Environmental_Indicators.pdf >. Acesso em abril 2017.
7. Holben, B. N. Characteristics of maximum-value composite images from temporal AVHRR data. **International Journal of Remote Sensing**, v. 7, n. 11, p.1417-1434, 1986.
8. Huete, A. R. A soil adjusted vegetation index (SAVI). **Remote Sensing Environ**. Vol. 25, 1988.
9. Justice, C. O. et al. The Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS): land remote sensing for global change research. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, v.36, n.4, p.1228-1249, 1998.
10. Lima, A. M. L. P. Problemas de utilização na conceituação de termos como espaços livres, áreas verdes e correlatos. In: Congresso Brasileiro de Arborização Urbana, 2., 1994, São Luiz. Anais... SBAU, 1994.
11. Marcussi, A. B.; Bueno, C. R. P.; Miqueloni, D. P.; Arraes, C. L. Utilização de índices de vegetação para os sistemas de informação geográfica. **Caminhos de Geografia**, v.11, p.41-53, 2010.
12. Oliveira, L.G.L.; Pereira, L.M.; Pereira, G.; Moraes, E.C.; Maeda, E.E. **Estudo da variabilidade de índices de vegetação através de imagens do ETM+/LANDSAT 7**. Anais... XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, Brasil, 21-26 abril 2007, INPE, p. 5995-6002.
13. Santos, R. F. Livro Planejamento Ambiental: teoria e prática, ed. **Oficina de Textos–São Paulo**, v. 184, 2007.
14. Silva Filho, D.F. **Aplicação de videografia aérea multiespectral na avaliação de floresta urbana**. 2004. 88 p. Tese (Doutorado em Agronomia), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2004.
15. Tucker, C.J. Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. **Remote Sensing of Environment**, v. 8, n.2, p. 127-150, 1979.