



Centro de Estudos de Geografia  
e Ordenamento do Território

**SANTOS, GLEICI**

*Universidade Federal do Paraná, Departamento de Geografia*  
81531-990, Curitiba, Brasil. Av. Prof. Francisco H. dos Santos, s/n, Centro  
Politécnico-Edifício João José Bigarella, Jardim das Américas  
[gleiciperola.santos@gmail.com](mailto:gleiciperola.santos@gmail.com)

**Nucci, JOÃO**

*Universidade Federal do Paraná, Departamento de Geografia*  
81531-990, Curitiba, Brasil.  
[icnucci@gmail.com](mailto:icnucci@gmail.com)

## Índice de Cobertura Vegetal e Índice Visual de Verde: indicadores de qualidade ambiental urbana

*Vegetal Cover Index and Green View Index: indicators of urban environmental quality*

**Referência:** Santos, Gleici; Nucci, João (2019). Índice de Cobertura Vegetal e Índice Visual de Verde: indicadores de qualidade ambiental urbana. *Revista de Geografia e Ordenamento do Território (GOT)*, n.º 17 (junho). Centro de Estudos de Geografia e Ordenamento do Território, p. 229-245, [dx.doi.org/10.17127/got/2019.17.010](https://doi.org/10.17127/got/2019.17.010)

### RESUMO

Estudos de qualidade ambiental são fundamentais para o entendimento da dinâmica ambiental das cidades, sendo a vegetação um dos principais indicadores de qualidade. Porém, a vegetação urbana vem sendo considerada nesses estudos apenas segundo a perspectiva horizontal, ou seja, com a espacialização da cobertura vegetal capturada por meio de sensores remotos, ficando em segundo plano a estrutura vertical da vegetação. A pesquisa teve por objetivo apresentar e discutir essas questões, verificando a necessidade de se incluir a análise da vegetação vertical, ou seja, aquela vista pelo pedestre, nos estudos de qualidade ambiental urbana. Foram confrontados o Índice de Cobertura Vegetal (ICV) e o Índice Visual de Verde (IVV) de quatro localidades e os resultados apontaram para a necessidade de se considerar também o IVV na elaboração da Carta de Qualidade Ambiental Urbana.

**Palavras-chave:** Ambiente Urbano, Geoecologia Urbana, Planejamento da Paisagem Urbana, Verde urbano.

### ABSTRACT

Studies of environmental quality are fundamental for the understanding of the environmental dynamics of cities, and vegetation is one of the main indicators of quality. Nevertheless, in many studies urban vegetation is often considered regarding its horizontal perspective, i.e., with the spatialization of vegetal cover captured by means of remote sensors, while the vertical structure of vegetation is often overlooked. This research aims to present and discuss this condition, investigating the need for analysis of vertical vegetation (that viewed by pedestrians) in the studies of urban environmental quality. We compared Vegetal Cover Index with Green View Index of four places and the results indicated the

necessity of considering also the Green View Index to elaborate the Urban Environmental Quality Chart.

**Keywords:** Urban Environment, Urban Geoecology, Urban Landscape Planning, Urban Green.

## 1. Introdução

A passagem do século XX trouxe consigo mudanças intensas nas interações entre o homem e a paisagem no Brasil e no mundo, tendo como um dos principais reflexos a expressiva população residente em áreas urbanas e a amplitude dos problemas ambientais nesses espaços (Lombardo, 1985). O censo realizado em 2010 mostra que mais de 80% dos 190 milhões de habitantes brasileiros residiam em áreas urbanas, sendo que tais áreas equivalem a proporção de apenas 0,63% do território nacional (54.077 km<sup>2</sup>) (Farias *et al.*, 2017). Estes dados revelam a elevada densidade demográfica que marca os espaços urbanos e a intensidade da urbanização que envolve o cotidiano da maioria da população. Assim, os estudos que buscam compreender as dinâmicas ambientais que predominam nestes espaços são de grande relevância, embora ainda incipientes e tratados de forma estanque e fragmentada, devido principalmente a multidisciplinaridade das questões ambientais e a consequente dificuldade em se estabelecer relações entre os processos naturais e os processos urbanos (Schutzer, 2012).

A busca por sistematizar as informações sobre os problemas ambientais urbanos ocasionados pela forma de ocupação e padrão de consumo da sociedade atual, deu origem a abordagens como a avaliação da qualidade ambiental urbana, a qual envolve estudos voltados principalmente a busca de indicadores e parâmetros que melhor auxiliem no entendimento da dinâmica que compreende o sistema urbano. Entre os estudos no Brasil voltados a esta temática, destaca-se o de Nucci (1996, 2008), que propõe a avaliação mediante a espacialização e sobreposição de indicadores facilmente aplicáveis, a fim de investigar a amplitude de condições favoráveis do ambiente urbano que suprem as necessidades fisiológicas e psicológicas do ser humano (Tonetti, 2011), baseando-se nos pressupostos teórico-metodológicos do Planejamento da Paisagem (Kiemstedt *et al.*, 1998). Entre os indicadores aplicados por Nucci (1996, 2008), na elaboração da Carta de Qualidade Ambiental Urbana, está o mapeamento e quantificação da cobertura vegetal, a qual, entre

outros benefícios, atua na proteção e melhoria dos recursos hídricos (Bertossi *et al.*, 2013), das condições climáticas (Grigoletti *et al.* 2018) e da biodiversidade (Beninde, Veith e Hochkirch, 2015), além de colaborar com a função de integração social (Lu, Sarkar e Xiao 2018; Lu, 2018; Franěk, 2013).

Cavalheiro *et al.* (1999) propuseram, na Sociedade Brasileira de Arborização Urbana (SBAU), uma definição para o termo cobertura vegetal, com o intuito de aclarar a confusão existente no Brasil sobre a terminologia utilizada nos estudos sobre o verde urbano, e Nucci e Cavalheiro (1999) testaram a aplicação dessa proposição. Assim, segundo esses autores, a cobertura vegetal pode ser entendida como sendo a projeção do verde em cartas planimétricas, podendo ser identificadas por meio de fotografias aéreas, sendo que os índices de cobertura vegetal sempre devem vir acompanhados da escala da fotografia e descrição do método de análise. Pode-se considerar toda a cobertura vegetal localizada nos diversos espaços e portes da vegetação (herbáceo, arbustivo e arbóreo).

Li *et al.* (2015) afirmam que o método mais conhecido e comum para análise da vegetação urbana é o baseado em Sensoriamento Remoto, com aplicabilidade às mais diversas necessidades de quantificação e análise da distribuição espacial da vegetação com base em uma perspectiva horizontal. O amplo emprego do método se deve principalmente por ser de fácil repetição e por possibilitar uma visualização sinóptica da área de estudo e abrangência geográfica. Entretanto, é um método que possui limitações, pois não representa a perspectiva do pedestre e a estrutura vertical da vegetação.

Mitchell *et al.* (2016), em concordância com Li *et al.* (2015), discutem a intensa abordagem voltada à distribuição espacial da vegetação, ou seja, a vegetação urbana segundo a perspectiva horizontal, ao passo que a estrutura vertical da mesma e as variáveis urbanas que interferem nessa estrutura não o são. Para os autores, gerenciar a vegetação urbana para garantir a regulação dos processos ambientais e a efetividade de seus benefícios, não deve ter como enfoque somente a quantidade de cobertura vegetal ou a presença de áreas verdes ao longo da cidade, mas também identificar as demandas de intervenção a fim de melhorar a complexidade da estrutura vertical da vegetação.

De fato, a estrutura vertical da vegetação é fator chave para muitos processos ambientais, como os hidrológicos, atmosféricos e de manutenção da biodiversidade (Moura e Nucci,

2010). Além das funções ecológicas, a estrutura vertical se relaciona às funções sensoriais da vegetação por meio do verde visivelmente disponível ao homem, impactando positivamente na prática e disposição para atividades físicas voltadas a saúde, como caminhadas (Lu, Sarkar e Xiao 2018; Li *et al.*, 2018, Franěk, 2013) ou atividades físicas recreativas (Lu, 2018), no bem-estar psicológico (Gidlöf-Gunnarsson e Öhrström, 2007; Ulrich, 1986; Hartig e Staats, 2006), no conforto térmico (Kleem *et al.*, 2015; Li e Ratti, 2018) e na sensação de segurança (Li, Zhang e Li, 2015). Porém, devido à dificuldade em quantificar os efeitos visuais da vegetação urbana, os estudos para avaliação destas funções se mantiveram por muito tempo restritos a métodos subjetivos e qualitativos que acabavam por limitar os conhecimentos relacionados ao tema (Yang *et al.*, 2009).

Portanto, existe uma diferença significativa entre a análise orientada pela perspectiva vertical e pela perspectiva horizontal, visto que padrões de cobertura vegetal semelhantes, podem resultar em diferentes efeitos visuais a quem observa ao nível do solo, e em diferentes funções potenciais à vegetação (Flores *et al.*, 1998; Yang *et al.*, 2009), como pode ser observado na Figura 1.

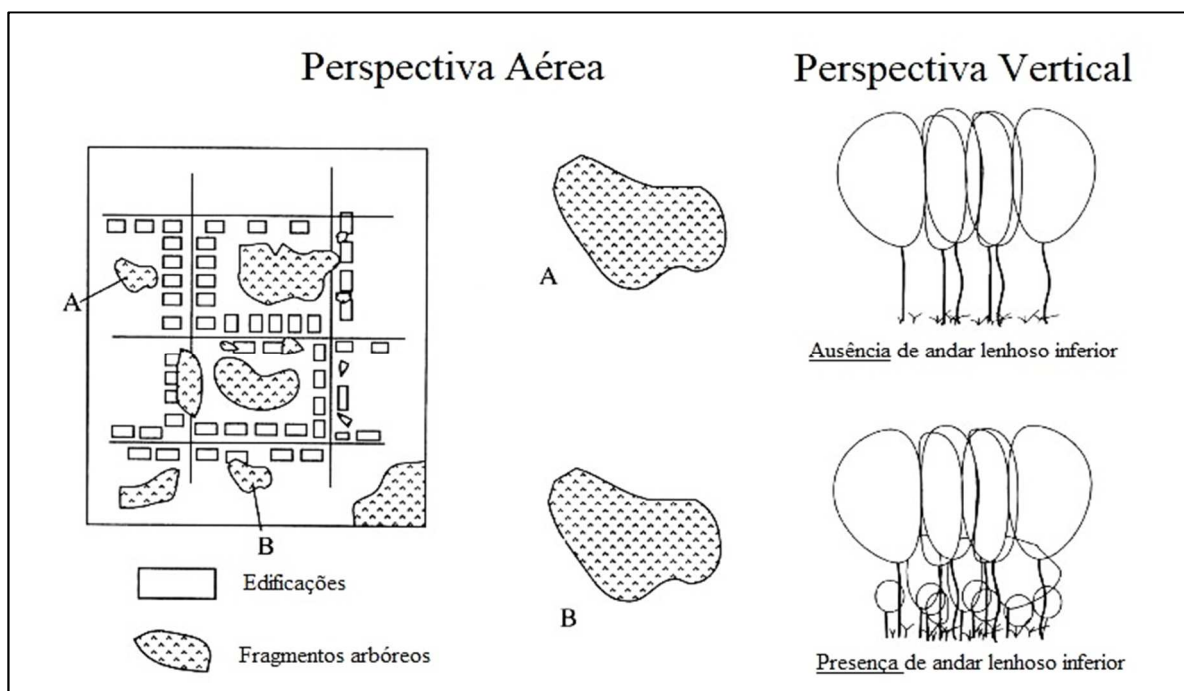


Figura 1: Esquema comparativo entre a perspectiva aérea (horizontal) e a vertical. Os fragmentos arbóreos A e B são similares em perspectiva aérea, entretanto, há expressiva diferença entre eles com relação a perspectiva vertical.

Fonte: Flores *et al.* (1998); Traduzido pelos autores.

Para Yang *et al.* (2009), a análise com base na visão horizontal, que leva em conta a cobertura da vegetação, é uma simplificação que, embora necessária, não se aplica as diversas funções da vegetação, pois não representa o que as pessoas realmente veem ao nível do solo, o que necessariamente inclui a percepção tridimensional da paisagem e os elementos que a constituem. Flores *et al.* (1998) enfatizam a importância da heterogeneidade relacionada a estrutura vegetal vertical no funcionamento e manutenção dos sistemas naturais e para que esses proporcionem benefícios ambientais.

Então, com o advento das fotografias aéreas e, mais recentemente, com a disponibilização das imagens de satélite, os estudos da vegetação segundo a perspectiva horizontal obtiveram grandes avanços, ficando a perspectiva vertical em um segundo plano. Porém, devido a necessidade de quantificar a vegetação (vertical) que envolve o pedestre, Yang *et al.* (2009) desenvolveram um método, fazendo uso de fotografias coloridas capturadas no local por meio de câmera fotográfica, a fim de representar o ponto de vista do indivíduo. Com fotografias retiradas em 4 direções (norte, sul, leste, oeste), de cada interseção de ruas, os autores extraíram as áreas verdes das fotografias e, com base na contabilização de pixels, estabeleceram uma proporção média de verde visível para cada ponto, o qual chamaram de *Green View Index* (GVI), aqui traduzido para Índice Visual de Verde (IVV).

Li *et al.* (2015) afirmam que o método desenvolvido por Yang *et al.* (2009) apresenta as desvantagens de consumir muito tempo para sua execução, tendo em conta a coleta e análise manual dos dados, e de não considerar o campo de visão esférico do observador. Para suprir as supostas lacunas, Li *et al.* (2015) propuseram o uso de imagens Google *Street View* (GSV), que possui ângulos de visão similares ao do pedestre e são de livre acesso, para avaliar o perfil da vegetação urbana ao nível da rua. Li *et al.* (2015) descrevem que o GSV cria uma espécie de tour pelas ruas de forma contínua, dando a sensação de se “estar no lugar”. Com o uso do GSV, os autores almejavam diminuir o tempo de execução durante a captura de fotografias e atender a necessidade de se considerar a visão hemisférica do observador, visto que a ferramenta captura fotografias que abrangem os 360 graus circundantes. Assim, os autores desenvolveram um GVI modificado, no qual a análise de imagem é realizada de forma automática via programação computacional.

Com base no método proposto por Li *et al.* (2015) muitos outros trabalhos foram desenvolvidos: Li *et al.* (2015b), Seiferling *et al.* (2017), Li e Ratti (2018), Li, Zhang e Li (2018),

Li, Ratti e Seiferling (2018), Li *et al.* (2018), Lu (2018) e Lu, Sarkar e Xiao (2018). Tais trabalhos se dirigem a avaliação dos efeitos do verde visivelmente disponível partindo de dados quantitativos, o que possibilita relacionar dados subjetivos a dados objetivos e estabelecer uma relação que permita a tomada de decisão mediante os diferentes contextos analisados. A vasta aplicação do método proposto por Li *et al.* (2015) revela o potencial da biblioteca de imagens GSV de constituir uma base de dados efetiva para estudos urbanos, conforme afirmado por Rundle *et al.* (2011).

Ainda que realizado de forma automática, o método proposto por Li *et al.* (2015) se configura em um método computacional complexo, nem sempre acessível a todos os contextos de cidades. Também, parte de uma seleção amostral aleatória, considerando apenas uma distância mínima para coleta automática de imagens, a fim de obter índices generalizados, o que não necessariamente reflete ou permite a representação das particularidades da paisagem, gerando resultados de aplicação incerta ao planejamento da paisagem urbana.

Portanto, considerando-se a complexidade dos estudos da vegetação urbana na perspectiva vertical e a maior facilidade em se mapear e quantificar a vegetação urbana da perspectiva horizontal, coloca-se aqui como questão de estudo se apenas a carta de cobertura vegetal e suas análises quantitativas poderiam ser suficientes para os estudos de qualidade ambiental urbana segundo Nucci (1996, 2008), ou se haveria também a necessidade de pensar no desenvolvimento de um método para cartografar a perspectiva vertical da vegetação urbana.

Com a intenção de resolver esse problema, este estudo tem como objetivo propor aos métodos de Yang *et al.* (2009) e Li *et al.* (2015) uma adaptação acessível, prática e facilmente aplicável e adaptável aos possíveis contextos urbanos de disponibilidade de equipamentos e dados. Ainda, propõe-se a comparar o Índice Visual de Verde ao Índice de Cobertura Vegetal, observando entre os métodos as vantagens e desvantagens para aplicação nos estudos voltados ao planejamento da paisagem urbana, sobretudo ao método de avaliação da qualidade ambiental proposto por Nucci (1996, 2008).

## 2. Área de teste e método

### 2.1. Áreas para teste

Foram selecionadas quatro situações representativas dos contrastes e similitudes da análise do verde urbano com base na Cobertura Vegetal em comparação com a Estrutura Vertical da Vegetação. Para tanto, utilizou-se o *Software Google Earth*, de onde foram extraídas imagens aéreas (escala 1:3.000), e imagens ao nível do solo, com uso da ferramenta *Google Street View (GSV)*.

Os pontos foram selecionados percorrendo com o GSV as ruas do município de Curitiba (Paraná, Brasil), todavia a escolha das áreas poderia se dar em quaisquer outras localidades com cobertura de imagens de satélite disponibilizadas pelo *Google Earth* e fotografias do GSV.

A distinção dos contrastes e similitudes entre o verde nas perspectivas horizontal e vertical partiu de uma análise visual preliminar, observando-se a presença expressiva de verde na paisagem em contraste com situações com verde pouco expressivo, tendo em conta, portanto, o quão verde a imagem contida nos limites espaciais e visuais de análise aparentavam ser.

Outros critérios de seleção utilizados foram a data de captura e as alterações na paisagem entre perspectiva vertical e horizontal. Portanto, buscou-se por imagens onde a perspectiva aérea e à nível do solo apresentassem diferenças de data de captura inferior a um ano, e que não demonstrassem redução da vegetação devido a estação do ano. A localização dos pontos analisados pode ser observada na Figura 2.

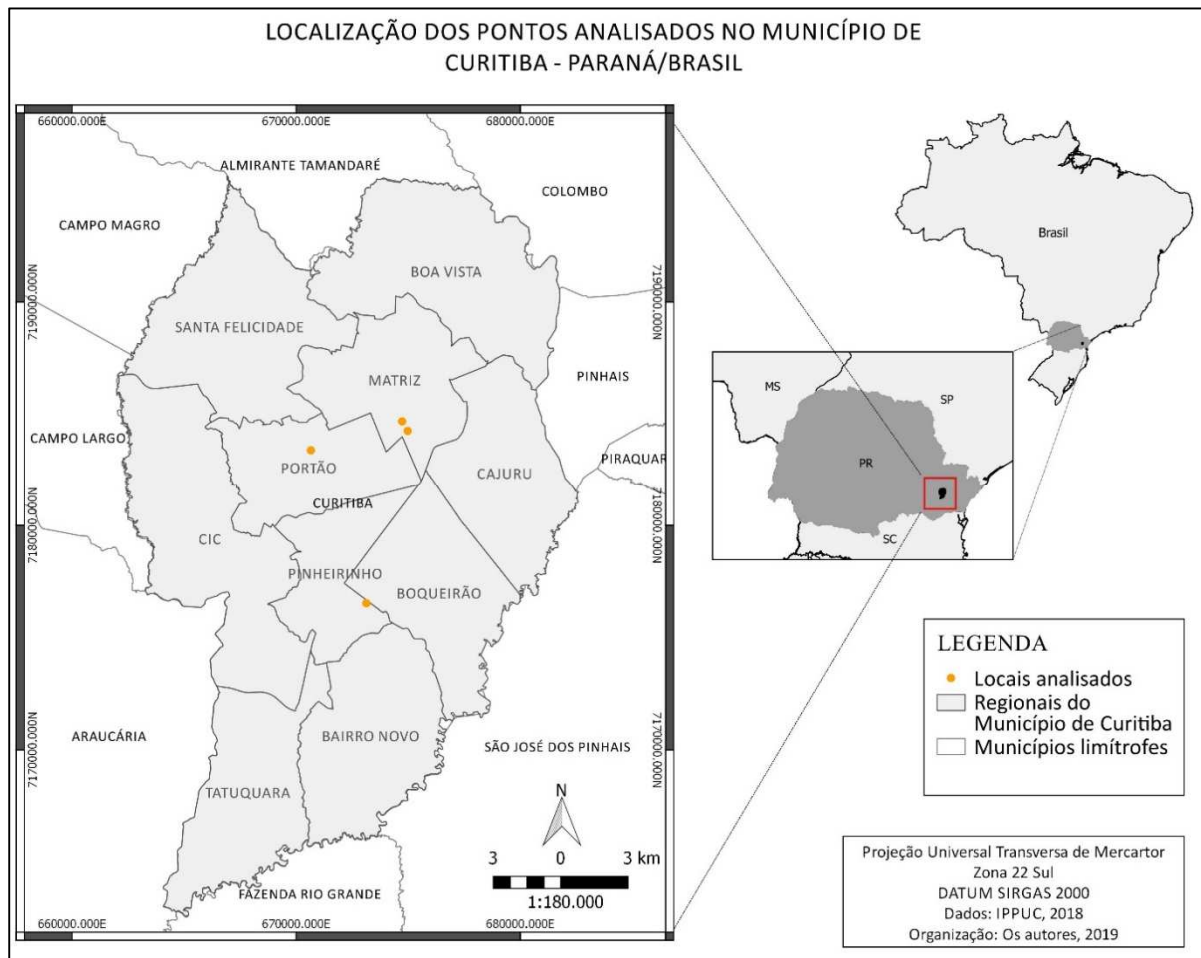


Figura 2- Localização das áreas para teste no município de Curitiba - Paraná/BRASIL  
Fonte: Os autores (2019)

Para cada ponto foi obtida uma imagem GSV (Perspectiva Vertical) e uma imagem aérea (Perspectiva Horizontal), as quais foram analisadas separadamente, a fim de obter o Índice Visual de Verde (IVV) e o Índice de Cobertura Vegetal (ICV), respectivamente.

## 2.2. Perspectiva Vertical – Índice Visual de Verde

A avaliação da visão do verde tem como base os métodos desenvolvidos por Yang *et al.* (2009) e Li *et al.* (2015). Assim, o método empregado neste trabalho é uma adaptação orientada pela simplificação, indo ao encontro do método de análise da paisagem urbana proposto por Nucci (1996, 2008) para avaliação da qualidade ambiental urbana. Assim como no trabalho de Li *et al.*, o método aqui proposto avalia imagens capturadas ao nível do solo pelo *Google Street View* (GSV), um serviço online de estrutura interligada ao *Google Maps* e *Google Earth*. A obtenção das imagens para cálculo do Índice Visual de Verde (IVV) foi

realizada de uma perspectiva paralelamente alinhada à direção da rua em que se encontra a área de interesse, tendo em conta o estudo de Seiferling *et al.* (2017) que afirma ser esta a perspectiva que melhor reflete a cobertura arbórea da paisagem urbana. Então, em cada ponto selecionado, uma imagem GSV estática foi capturada, utilizando o recurso de captura de tela disponível no programa.

A fim de estabelecer um padrão que possibilite comparação entre as imagens, todas foram capturadas com resolução 1.161x631, com ângulo de elevação em relação ao solo de 90°, além do ângulo paralelo ao sentido da rua. Tais cuidados foram executados mediante a ferramenta disponível no menu ‘Adicionar > Foto’ presente no *Software Google Earth*.

Posteriormente, as imagens capturadas foram analisadas com uso do *Software GIMP 2.10.4* (*Software Livre*) no qual o verde contido na imagem foi selecionado por meio da ferramenta varinha mágica e colorido de verde, destacando a seleção. Então, conforme o método de Yang *et al.* (2009), para cada imagem coletou-se as informações de número de pixels coloridos partindo da análise de histograma (Figura 3).



Figura 3 - Exemplo de classificação do verde visível realizado com uso do *Software GIMP 2.10.4*.  
 Fonte: Google Street View (2017)

Em seguida, o índice relacionado a cada imagem foi calculado considerando a seguinte equação

$$IVV_i(\%) = \frac{v_i}{p} \times 100,$$

onde  $IVV_i$  é o Índice Visual de Verde da imagem  $i$ ,  $v_i$  é o número de pixels classificados como verde e  $p$  é o total de pixels das imagens, aqui padronizado em 1.161x631.

### 2.3. Perspectiva Horizontal – Índice de Cobertura Vegetal

Foi considerado como Cobertura Vegetal a visão horizontal (imagem de satélite) de todos os tipos de vegetação (herbácea, arbustiva e arbórea), na escala 1:3.000, conforme definição proposta por Cavalheiro *et al.* (1999) e aplicada por Nucci e Cavalheiro (1999).

O cálculo do Índice de Cobertura Vegetal foi realizado tendo em conta uma área representativa da abrangência das imagens GSV. Considerou-se o estudo realizado por Seiferling *et al.* (2017), no qual os autores relacionam a fotografia GSV à área correspondente a um triângulo com abertura de 90° (valor fixado pelos autores) partindo da câmara, e encontram, por análises estatísticas, 35 m como o melhor comprimento (distância partindo do ângulo-reto) que representa a profundidade da imagem GSV. Como o campo de visão padrão das imagens GSV equivale a 90° (Google, 2018), essas foram as dimensões da área na qual o ICV foi calculado neste trabalho (Figura 4).

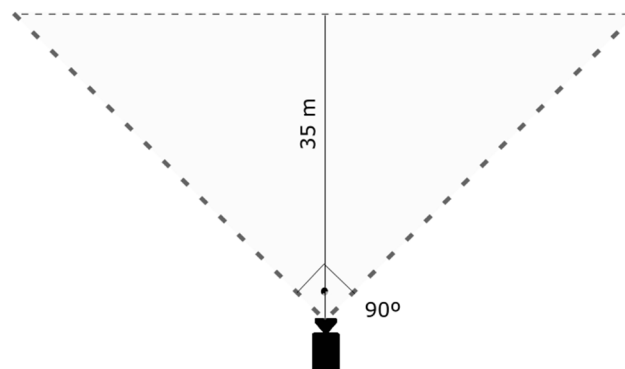


Figura 4 - Representação da área equivalente ao alcance da imagem GSV, com campo de visão de 90°, conforme Seiferling *et al.* (2017)

Fonte: Os autores (2019).

Com a área delimitada para cada ponto GSV, a cobertura vegetal interior ao triângulo foi classificada com uso do *Software* Qgis 2.14.7. Para tanto, foram criados polígonos de triângulos com as dimensões estabelecidas, nos pontos pré-determinados, considerando a direção em relação a rua em que a imagem foi capturada. Em seguida, a cobertura vegetal do interior de cada triângulo foi classificada mediante classificação manual (não automática). Então, foi extraída, via tabela de atributos, a dimensão de área referente a

cobertura vegetal em cada triângulo e o Índice de Cobertura Vegetal foi calculado conforme a equação

$$ICV_i(\%) = \frac{CV_i}{A} \times 100,$$

onde  $ICV_i$  é o Índice de Cobertura Vegetal da imagem  $i$ ,  $CV_i$  é a área classificada como verde e  $A$  é a área do triângulo que, devido as dimensões estabelecidas, equivale a 1.225 m<sup>2</sup>.

### 3. Resultados

As imagens utilizadas para os cálculos são datadas entre 2017 e 2018, com menos de um ano de diferença entre perspectiva horizontal e vertical, e não apresentam aspectos que indiquem a perda de folhas devido a mudanças de estações. Os resultados do cálculo do ICV e do IVV contidos nestas imagens, conforme o método proposto, podem ser observados na Figura 5, a qual apresenta as quatro situações distintas entre os índices.

A Figura 5a expressa ICV de 72% e IVV de 30%, no caso representando elevados índices de cobertura vegetal e visão do verde em um mesmo ponto, o que se dá pela predominância de vegetação arbórea densa e contínua, constituindo o verde expressivo tanto em perspectiva horizontal como vertical.

Por sua vez, a Figura 5b apresenta o percentual de ICV igual a 18% e IVV de 31%, representando uma situação com menor cobertura vegetal e maior visão do verde. A maior visualização do verde ao nível do solo que em perspectiva aérea se deve a presença de árvores de diferentes alturas, tamanhos e formas, além da presença de arbustos e herbáceas, configurando a situação apresentada por Flores *et al.* (1998) e Yang *et al.* (2009), representada na Figura 1.

Na Figura 5c é possível observar situações de baixíssimos índices de cobertura vegetal e de visão do verde, com porcentagens de ICV e IVV de 2% e 10,5%, respectivamente. Ambos os casos expressam valores relativamente baixos, embora a vegetação se destaque mais em perspectiva vertical. Neste caso, observa-se indivíduos arbóreos isolados e dissociados de qualquer outro estrato de vegetação.



Figura 5 - Comparação entre diferentes ICV e IVV.  
Fonte: Google Earth (2017-2018). Org: Os autores (2019).

A Figura 5d apresenta, por sua vez, maior percentagem de ICV (57%) e menor percentagem associada a visão do verde, com IVV igual a 11%. Os resultados obtidos relevam outro extremo na relação entre ICV e IVV, onde a cobertura vegetal é elevada, porém constituída por somente um estrato de vegetação, neste caso herbácea, não tendo efeitos significativos no verde visualmente disponível ao nível do solo.

Ao comparar os diferentes ICV e IVV obtidos entre as situações expostas, é possível observar a ocorrência de ICV muito diferentes associados a IVV maiores e semelhantes, como ocorre entre os valores expressos nas Figuras 5a e 5b, com ICV de 72% e 18%, respectivamente, e IVV de aproximadamente 30% em ambos os casos. O contraste entre ICVs e a similaridade de IVVs comprova, portanto, que disponibilidades visuais do verde semelhantes podem estar associadas a coberturas vegetais muito distintas, complementando a afirmação de Flores *et al.* (1998) e Yang *et al.* (2009). A mesma situação pode ser observada comparando as Figuras 5c e 5d, entretanto fica mais evidente neste caso a influência da ausência de diferentes estratos de vegetação em ambas as imagens referentes a perspectiva vertical.

Ambas as comparações apontam para a diversidade de efeitos visuais do verde que não são expressos pela cobertura vegetal, e consequentemente pelo ICV, podendo-se afirmar que a percentagem de verde observada em perspectiva aérea, apesar de fundamental nos estudos de qualidade ambiental urbana (Nucci, 1996, 2008), não é suficiente para expressar a relação entre o ambiente construído e a vegetação e, portanto, inferir sobre a dinâmica ambiental urbana, considerando sobretudo o impacto sobre a qualidade de vida dos residentes.

## 4. Discussão

O método aqui proposto para avaliação do verde urbano com base na estrutura vertical da vegetação mostrou-se um método operativo, de simples aplicação e com resultados relevantes para os estudos voltados ao planeamento da paisagem urbana. A comparação dos resultados obtidos para o Índice Visual de Verde (IVV) com os resultados do Índice de Cobertura Vegetal (ICV) revelou a importância da análise do verde considerando a

perspectiva vertical da vegetação, que tem importância associada não só ao seu papel ecológico, como também ao bem-estar da população e consequentemente sobre a qualidade de vida.

Flores *et al.* (1998) e Yang *et al.* (2009) apontam para uma diferença significativa entre a perspectiva vertical e horizontal da vegetação por meio de esquemas. Os resultados encontrados nesta pesquisa, por sua vez, apontam para essa diferença de forma aplicada, mostrando que de fato há limitações no emprego da cobertura vegetal como instrumento de análise da vegetação urbana de forma isolada.

As divergências entre os resultados, e mesmo as similaridades, revelam a importância de se empregar a estrutura vertical da vegetação, tendo em conta sua capacidade de expressar pontualmente o impacto da vegetação sobre a paisagem na qual habita a população.

Ainda que o método de análise do IVV proposto demande maior tempo de execução que o empregado por Li *et al.* (2015), realizado automaticamente, ele permite considerar as particularidades da paisagem para comparações como a aqui proposta. Também, conforme comprovado por Seiferling *et al.* (2017), pouca diferença há nos resultados obtidos com a classificação manual ou automática das imagens GSV.

Apesar das vantagens do método expostas, também pode-se observar limitações na obtenção do IVV, porém, estas são de ordem metodológica, visto que ainda são incipientes os estudos que consideram esta perspectiva e que todos se baseiam em apenas uma ferramenta: o *Google Street View*, além da possibilidade de se obter fotografias *in loco*. Conforme descreve Li *et al.* (2015), pode-se apontar como limitações a inconsistência entre os períodos de obtenção das imagens do *Google Street View*, o fato de as imagens se limitarem a um único ponto de vista, partindo de um ponto específico em relação a rua, e a ausência de imagens de diversos períodos para um mesmo ponto. Observa-se também com os resultados apresentados, a influência de elementos urbanos nos valores obtidos de IVV, como a configuração de construções e ruas, presença de vegetação com diferentes alturas, assim como as dimensões das árvores e distância em relação a quem observa, o que concorda com o que demonstra Yang *et al.* (2009) em seus estudos. Estas influências puderam ser observadas nas imagens avaliadas, entretanto, observa-se a relevância do fator relacionado aos diferentes estratos da vegetação, mais que outros aspectos. Certamente,

importa que estas relações sejam exaustivamente testadas para verificar o quão significativo é cada um destes aspectos sobre o IVV.

## 5. Conclusões

Este trabalho dedicou-se a avaliação das diferentes relações entre o Índice Visual de Verde e o Índice de Cobertura Vegetal. Entre os resultados verificou-se situações semelhantes de IVV associadas a proporções muito diferentes de ICV, comprovando a necessidade de complementação dos métodos que buscam avaliar a vegetação por meio da cobertura vegetal pelos que buscam investigá-la por meio de sua estrutura vertical, tendo em conta as limitações e vantagens de ambos os métodos. Por fim, observou-se a aplicabilidade do método de obtenção do Índice Visual de Verde ao planeamento da paisagem urbana, considerando sua ainda necessária adequação ao método de avaliação de qualidade ambiental urbana proposto por Nucci (1996, 2008), devido à dificuldade de se espacializar o IVV para a elaboração de uma carta da vegetação na perspectiva vertical.

## 6. Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001, e Bolsa de Produtividade em Pesquisa (PQ – 1D) fornecida pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), processo: 306023/2014-8.

## 7. Referências bibliográficas

BENINDE, Joscha, VEITH, Michael e HOCHKIRCH, Axel. *Biodiversity in cities need space: a meta-analysis of factors determining intra-urban biodiversity variation*. *Ecology Letters*, abr. 2015, vol. 18, nº 6, p.581-593. <https://doi-org.ez22.periodicos.capes.gov.br/10.1111/ele.12427>

BERTOSSI, Ana Paula A.; CECÍLIO, Roberto A.; NEVES, Mirna A.; e GARCIA, Giovanni de O. Qualidade da água em microbacias hidrográficas com diferentes coberturas do solo no sul do Espírito Santo. *Revista Árvore*, jan./fev. 2013, vol. 37, nº 1, p. 107-117. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622013000100012>

CAVALHEIRO, Felisberto; NUCCI, João Carlos; GUZZO, Perci; ROCHA, Yuri Tavares. Proposição de terminologia para o verde urbano. *Boletim da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana (SBAU)*, jul-set 1999, ano VII, nº 3, p. 7. [Acesso em 29 jan. 2019]. Disponível em: <https://tgpusp.files.wordpress.com/2018/05/cavalheiro-et-al-1999.pdf>

FARIAS, André Rodrigo; MINGOTI, Rafael; DO VALLE, Laura Butti; SPADOTTO, Cláudio A.; e FILHO, Elio L. *Identificação, mapeamento e quantificação das áreas urbanas do Brasil*. Comunicado Técnico 4. Campinas: Embrapa, 2017. ISBN 2317-8787. [Acesso em 31 jan. 2019]. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1069928/identificacao-mapeamento-e-quantificacao-das-areas-urbanas-do-brasil>

FLORES, Alejandro; PICKETT, Steward T. A.; ZIPPERER, Wayne C.; POUYAT, Richard V.; PIRANI, Robert. Adopting a modern ecological view of the metropolitan landscape: the case of a greenspace system for the New York City region. *Landscape and Urban Planning*, jan. 1998, vol. 39, nº 4, p. 295-308. [https://doi.org/10.1016/S0169-2046\(97\)00084-4](https://doi.org/10.1016/S0169-2046(97)00084-4)

FRANĚK, M. Environmental Factors Influencing Pedestrian Walking Speed. *Perceptual and Motor Skills*, jun. 2013, vol. 116, nº 3, p. 992-1019. <http://journals.sagepub.com/doi/10.2466/06.50.PMS.116.3.992-1019>

GIDLÖF-GUNNARSSON, Anita e ÖHRSTRÖM, Evy. Noise and well-being in urban residential environments: The potential role of perceived availability to nearby green areas. *Landscape and Urban Planning*, mai. 2007, vol. 83, nº 2-3, p. 115-126. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2007.03.003>

GOOGLE. 2018. *Google Maps Platform: Development guide*. [Acesso em 29 jan. 2019]. Disponível em: <https://developers.google.com/maps/documentation/streetview/intro>

GRIGOLETTI, Giane de C.; LAZAROTTO, Gerusa; WOLLMANN, Cássio A. Microclima urbano de áreas residenciais no período noturno: Estudo em Santa Maria, RS. *Revista Sociedade e Natureza*, set. 2018, vol. 30, nº 2, p. 140-163. <http://dx.doi.org/10.14393/SN-v30n2-2018-7>

HARTIG, T.; STAATS, H. The need for psychological restoration as a determinant of environmental preferences. *Journal of Environmental Psychology* set. 2006, vol. 26, nº 3, p. 215-226. <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2006.07.007>

INSTITUTO DE PESQUISA E PLANEJAMENTO URBANO DE CURITIBA (IPPUC). 2018. *Informações – mapas* [online]. [Acesso em 29 jan. 2019]. Disponível em: <http://ippuc.org.br/geodownloads/geo.htm>

KIEMSTEDT, Hans; HAAREN, Cristina von; MÖNNECKE, Margit; e OTT, Stefan. *Landscape Planning: Contents and Procedures*. Hanover: The Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety, Universidade de Hanover, 1998.

KLEMM, Wiebke.; HEUSINKVELD, Bert G.; LENZHOLZER, Sanda; VAN HOVE, Bert. Street greenery and its physical and psychological impact on thermal comfort. *Landscape and Urban Planning*, jun. 2015, vol. 138, p. 87-98. <http://dx.doi.org/10.1016/j.landurbplan.2015.02.009>

LI, Xiaojiang; RATTI, Carlo. Mapping the spatio-temporal distribution of solar radiation within street canyons of Boston using Google Street View panoramas and building height model. *Landscape and Urban Planning*, ago. 2018. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2018.07.011>.

LI, Xiaojiang; RATTI, Carlo; SEIFERLING, Ian. Quantifying the shade provision of street trees in urban landscape: A case study in Boston, USA, using Google Street View. *Landscape and Urban Planning*, jan. 2018, vol. 169, p. 81-91. <http://dx.doi.org/10.1016/j.landurbplan.2017.08.011>

LI, Xiaojiang; SANTI, Paolo; COURTNEY, Theodore K.; VERMA, Satosh K.; RATTI, Carlo. Investigating the association between streetscapes and human walking activities using Google Street View and human trajectory data. *Transactions in GIS*, ago. 2018, vol. 22, nº 4, p. 1029-1044. <https://doi.org/10.1111/tgis.12472>

LI, Xiaojiang; ZHANG, Chuanrong; LI, Weidong. Does the Visibility of Greenery Increase Perceived Safety in Urban Areas? Evidence from the Place Pulse 1.0 Dataset. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, abr. 2015, vol. 4, nº 3, p. 1166-1183. <https://doi.org/10.3390/ijgi4031166>

- LI, Xiaojiang; ZHANG, Chuanrong; LI, Weidong; KUZONVKINA, Yulia A.; WEINER, Daniel. Who lives in greener neighbourhood? The distribution of street greenery and its association with residents' socioeconomic conditions in Hartford, Connecticut, USA. *Urban Forestry and Urban Greening*, jul. 2015b, vol. 14, nº4, p. 751-759. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2015.07.006>
- LI, Xiaojiang; ZHANG, Chuanrong; LI, Weidong; RICARD, Robert; MENG, Qingyan; ZHANG, Weixing. Assessing street-level urban greenery using Google *Street View* and a modified green view index. *Urban Forestry & Urban Greening*, 2015, vol. 14, nº 3, p. 675–685. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ufug.2015.06.006>
- LOMBARDO, Magda Adelaide. *Ilha de calor nas metrópoles: O exemplo de São Paulo*. São Paulo: Hucitec, 1985.
- LU, Y. Using Google *Street View* to investigate the association between street greenery and physical activity. *Landscape and Urban Planning*, set. 2018. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2018.08.029>
- LU, Yi, SARKAR, Chinmoy, XIAO, Yang. The effect of street-level greenery on walking behavior: Evidence from Hong Kong. *Social Science and Medicine*, dez. 2017, vol. 208, p. 41-49, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.socscimed.2018.05.022>
- MITCHELL, Matthew G. E., WU, Dan, JOHANSEN, Kasper, MARON, Martine, MCALPINE, Clive, e RHODES, Jonathan R. Landscape structure influences urban vegetation vertical structure. *Journal of Applied Ecology*, jul. 2016, vol. 53, nº 5, p. 1477-1488. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12741>
- MOURA, Angelita R. de, NUCCI, João Carlos. Classificação da cobertura Vegetal do bairro de Santa Felicidade, Curitiba-PR. In: NUCCI, João Carlos (Org.). *Planejamento da Paisagem como subsídio para a participação popular no desenvolvimento urbano. Estudo aplicado ao bairro de Santa Felicidade – Curitiba/PR*, Curitiba: LABS/DGEOG/UFPR, 2010, p. 88-106.
- NUCCI, João Carlos. *Qualidade ambiental e adensamento urbano: Um estudo de ecologia e planejamento da paisagem aplicado ao distrito de Santa Cecília (MSP)*. 2ª ed. Curitiba: O autor, 2008. ISBN 978-85-908251-0-4. [Acesso em 29 jan. 2019]. Disponível em: <https://tgpusp.files.wordpress.com/2018/05/qualidade-ambiental-e-adensamento-urbano-nucci-2008.pdf>
- NUCCI, João Carlos. *Qualidade ambiental e adensamento: um estudo de Planejamento da Paisagem do distrito de Santa Cecília (MSP)*. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo/Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, 1996.
- NUCCI, João Carlos; CAVALHEIRO, Felisberto. Cobertura vegetal em áreas urbanas: conceito e método. *GEOSP*, 1999, nº 6, p. 29-36. [Acesso em 29 jan. 2019]. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/geosp/issue/view/9236>
- RUNDLE, A. G.; BADER, M. D. M.; RICHARDS, C. A.; NECKERMAN, K. M.; TEITLER, J. O. Using Google *Street View* to audit neighborhood environments. *American Journal of Preventive Medicine*, jan. 2011, vol.40, nº 1, p. 94-100. <https://doi.org/10.1016/j.amepre.2010.09.034>
- SCHUTZER, José Guilherme. *Cidade e meio ambiente: Apropriação do relevo no desenho ambiental urbano*. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2012. ISBN 978-85-314-1278-3
- SEIFERLING, Ian; NAIK, Nikhil; RATTI, Carlo; PROULX, Raphaël. Green streets – Quantifying and mapping urban trees with street-level imagery and computer vision. *Landscape and Urban Planning*, set. 2017, vol. 165, p. 93-101. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2017.05.010>
- TONETTI, Emerson Luis. *Potencialidade de adensamento populacional por verticalização das edificações e qualidade ambiental urbana no município de Paranaguá, Paraná, Brasil*. Tese de Doutorado, Universidade Federal do Paraná, 2011. [Acesso em 29 jan. 2019]. Disponível em: <http://hdl.handle.net/1884/25533>
- ULRICH, Roger S. Human responses to vegetation and landscapes. *Landscape and Urban Planning*, 1986, vol. 13, p. 29–44. [https://doi.org/10.1016/0169-2046\(86\)90005-8](https://doi.org/10.1016/0169-2046(86)90005-8)
- YANG, Jun; ZHAO, Linsen; MCBRIDE, Joe; GONG, Peng. Can you see green? Assessing the visibility of urban forests in cities. *Landscape and Urban Planning*, jun. 2009, vol. 91, nº 2, p. 97–104, 2009. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2008.12.004>