

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
COORDENÇÃO DE ENGENHARIA FLORESTAL
CÂMPUS DOIS VIZINHOS

FLAMARION DRESCH PEREIRA

**MENSURAÇÃO DE ÍNDICES DE ÁREA VERDE ATRAVÉS DE
IMAGEM ORBITAL DE ALTA RESOLUÇÃO: ESTUDO DE CASO
PARA O BAIRRO SÃO FRANCISCO DE ASSIS, DOIS VIZINHOS –
PR.**

TCC II – TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO II

DOIS VIZINHOS

2014

FLAMARION DRESCH PEREIRA

**MENSURAÇÃO DE ÍNDICES DE ÁREA VERDE ATRAVÉS DE
IMAGEM ORBITAL DE ALTA RESOLUÇÃO: ESTUDO DE CASO
PARA O BAIRRO SÃO FRANCISCO DE ASSIS, DOIS VIZINHOS –
PR.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II, do Curso Superior de Engenharia Florestal da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Florestal.

Orientador: Prof^a. Dr^a. Fabiani Miranda
Co-orientador: Prof^a. Dr^a. Flávia Gizele
Konig Brun

DOIS VIZINHOS

2014

P427m Pereira,Flamarion Dresch.

Mensuração de índices de área verde através de imagem orbital de alta resolução: estudo de caso para o bairro São Francisco de Assis, Dois Vizinhos- PR / Flamarion Dresch Pereira – Dois Vizinhos :[s.n], 2014. 45f.:il.

Orientadora: Fabiani Das Dores Abati Miranda
Co-orientadora: Flávia Gizele Konig Brun
Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -
Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curso de
Engenharia Florestal. Dois Vizinhos, 2014.
Bibliografia p.43-45

1.Sensoriamento remoto. 2.Vegetação urbana
3.Qualidade de vida I.Miranda, Fabiani das Dores
Abati, orient. II.Brun,Flávia Gizele Konig, co-orient.
III.Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Dois
Vizinhos.IV.Título

CDD: 631.3678

Ficha catalográfica elaborada por Rosana Oliveira da Silva CRB: 9/1745

Biblioteca da UTFPR - Dois Vizinhos



TERMO DE APROVAÇÃO

Mensuração de índices de área verde através de imagem orbital de alta resolução:
estudo de caso para o bairro São Francisco de Assis, Dois Vizinhos – PR

por

Flamarion Dresch Pereira

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado em 04 de fevereiro de 2015 como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Florestal. O(a) candidato(a) foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof^a. Dr^a. Fabiani A. D. Miranda
Orientador(a)

Prof. Dr. Alvaro Boson de Castro Faria
Membro titular (UTFPR)

Prof^a. Dr^a. Maria Madalena Santos da Silva
Membro titular (UTFPR)

- O Termo de Aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso -

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer a minha família por todo o suporte e auxílio nas dificuldades encontradas ao longo desse caminho árduo, começando pela minha esposa Juliana Reolon Pereira, por toda sua confiança, compreensão, sábios conselhos e por seu ombro amigo em todos os momentos, assim posso estender as mesmas palavras aos meus pais Francisco e Roselei.

Aos familiares e amigos que sempre me deram apoio e incentivo para meu desenvolvimento pessoal e profissional durante este momento acadêmico, mantendo me focado, me incentivado em momentos adversos e sempre me guiando no caminho correto, dentre estes estão Kassio, Thiaguinho, Cristiano, Borba, Leke e Roger que representam tantos outros que poderiam também ser citados.

Aos meus mestres, embora muitas vezes cobrando bastante, sendo severos e duros, fazendo passar noites em claro estudando ou fazendo uma APS, sempre deram o melhor para que o processo de ensino e aprendizagem fosse feito em sala de aula, dentre estes não posso deixar de citar os ensinamentos passados pelos Professores Mosar Faria Botelho, Marcos Aurélio Mathias de Souza, Veridiana Padoin Weber, Américo Wagner Júnior que deixaram este processo bem mais fácil e agradável, em especial a professora Fabiani Miranda por suas orientações e direcionamento para que este trabalho pudesse ser realizado e concluído.

Também deixo meu agradecimento aos demais professores não menos importantes, assim como os servidores e técnicos da UTFPR – Câmpus Dois Vizinhos.

As amizades feitas, os sonos perdidos, os conhecimentos adquiridos, valeram a pena cada minuto, MUITO OBRIGADO.

RESUMO

PEREIRA, Flamarion Dresch. **Mensuração de índices de área verde através de imagem orbital de alta resolução: estudo de caso para o bairro São Francisco de Assis, Dois Vizinhos – PR.** 2014. 46f Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Florestal) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Dois Vizinhos, 2014.

A quantidade de vegetação urbana reflete em índices benéficos para a sociedade em seu entorno, aumentando a qualidade de vida dos habitantes de centros urbanos e gerando benefícios desde a purificação do ar até a proteção contra deslizamentos. Esses índices de áreas verdes urbanas podem quantificar a arborização presente em um bairro ou município e relacioná-los a área do dossel ocupada pela vegetação e a quantidade de habitantes, porém torna-se necessário quantificar essas áreas medindo a copa das árvores. O presente estudo refere-se a quantificação de áreas verdes no Bairro São Francisco de Assis, Dois Vizinhos – PR, determinando a distribuição das mesmas, além de índices para sua representação. Nesta perspectiva, trabalhou-se com uma imagem orbital Quickbird de alta resolução espacial (0,6 m) georreferenciada e fusionada. As áreas verdes foram avaliadas de forma quantitativa através da área das copas mensuradas por meio de *softwares* de processamento de imagem, assim como de forma qualitativa avaliando sua distribuição, diferenciando as árvores em classes de arborização, representando essas informações através de mapas.

Palavras-chave: Índices de Áreas Verdes Urbanas. Qualidade de Vida. Imagem Orbital.

ABSTRACT

PEREIRA, Flamarion Dresch. **Measurement of indices of green space through orbiting high resolution picture: case study for the district São Francisco de Assis, Dois Vizinhos – PR.** 2014. 46p Trabalho de Conclusão de Curso (Degree in em Forest Engineering) - Federal Technology University - Paraná. Dois Vizinhos, 2014.

The amount of urban vegetation indices reflects on beneficial to society at around, increasing the quality of life for residents of urban centers and generating benefits from air purification to protect against landslides. These indexes of urban green areas can quantify the trees present in a district or county and relate them to their size and the number of inhabitants, but it is necessary to quantify these areas by measuring the canopy of all trees. The present study refers to the quantification of green areas in the district São Francisco de Assis, Dois Vizinhos – PR, determining the distribution of the same, as well as indices for representing. In this perspective, will be working with an orbital high-resolution picture quickbird, high spatial resolution georeferenced and orthorectified, with control points collected in the field using GPS receivers geodetic and topographical to measure these areas in question. Green areas will be evaluated quantitatively through the area of the treetops measured by image processing *softwares* as well as qualitatively evaluating their distribution and differentiating classes of trees in urban forestry, representing this information using maps.

Keywords: Indices of Urban Green Areas. Quality of Life. Orbital Picture.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Funcionamento de um sensor remoto passivo.....	19
Figura 2 – Imagem orbital da área urbana do município de Dois Vizinhos.....	25
Figura 3 – Fluxograma ilustrativo da metodologia do presente estudo.	27
Figura 4 – Delimitação e numeração das quadras do Bairro São Francisco de Assis.	31
Figura 5 – Distribuição da arborização pública mensurada no Bairro São Francisco de Assis.....	32
Figura 6 – Arborização privada e pública do Bairro São Francisco de Assis.....	35
Figura 7 – Distribuição das edificações e áreas pavimentadas do Bairro São Fco. De Assis.....	37
Figura 8 – Identificação de todas as feições vetorizadas do Bairro São Francisco de Assis.....	40

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 OBJETIVOS	12
2.1 OBJETIVO GERAL	12
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	12
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	13
3.1 ÁREAS VERDES	13
3.1.1 Classificação das Áreas Verdes.....	14
3.1.2 Índices de Áreas Verdes	17
3.2 SENSORES REMOTOS	18
3.2.1 Resolução dos Sistemas Sensores.....	20
3.3 PROCESSAMENTO DIGITAL DE IMAGEM	21
3.3.1 Fusão	22
3.3.2 Correção Geométrica	23
3.3.3 Georreferenciamento	23
4 METODOLOGIA	24
4.1 ÁREA DE ESTUDO.....	24
4.2 MATERIAL	25
4.2.1 Imagem Orbital.....	25
4.2.2 <i>Softwares</i>	26
4.3 MÉTODOS	26
4.3.1 Fusão e Georreferenciamento da Imagem Orbital	27
4.3.2 Vetorização da Imagem Orbital	28
4.3.3 Índices de Áreas Verdes	29
4.3.4 Mapa das Áreas Verdes	30
5 RESULTADOS	31
6 CONCLUSÃO	42
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	44
APÊNDICES	47

1 INTRODUÇÃO

Com o desenvolvimento ocorrido nas últimas décadas, principalmente a partir dos anos 70, as cidades brasileiras tiveram um forte crescimento, sendo uma das principais influências o êxodo rural proporcionado pela revolução verde, gerando desta forma um crescimento desordenado e causando problemas nesses centros urbanos.

A alta quantidade de dejetos residuais gerados pelos seus habitantes, a poluição do ar e água, a impermeabilidade do solo favorecendo o escoamento superficial da água da chuva, dentre outros problemas causados pela ocupação territorial desenfreada, ocasionam mudanças negativas no equilíbrio ambiental dentro das cidades podendo gerar alagamentos, enchentes, deslizamentos de terra, prejudicando seus moradores e gestores.

Desta maneira, áreas verdes nestes centros urbanos são necessárias para mitigar esses problemas causados pela demasiada urbanização e aumentando assim a qualidade de vida de seus habitantes. Fatores como: o conforto climático gerado pela sombra, a melhoria da qualidade do ar, a infiltração da água da chuva, abrigo para fauna, a diminuição da poluição sonora e erosão do solo, são provenientes de uma eficiente arborização nas cidades.

Estas áreas verdes contribuem para o embelezamento de vias, além de propiciar uma purificação do ar, contribuindo para a redução dos Gases do Efeito Estufa (GEE), um melhor e mais adequado amortecimento e infiltração da água das chuvas, aumenta a umidade atenuando as temperaturas por meio da evapotranspiração, suaviza altas temperaturas, serve para a diminuição da velocidade dos ventos, evita a erosão e voçorocas, sendo de suma importância para os centros urbanos (GOMES e SOARES, 2003, p.22).

Pode-se diferenciar a vegetação nos centros urbanos de acordo com sua localização nas cidades, as árvores podem estar sozinhas ou agrupadas e podem ser públicas ou privadas. Encontradas em vias, praças, jardins, parques ou quintais.

Segundo Duarte e Filho Ziantonio (2010, p.1) o cômputo para a arborização urbana pode ser atribuído através de índices de áreas verdes, sendo representados em km² ou m² por habitante, ou também representados em percentual (%) de área

verde e podem ser calculados a partir da quantificação do dossel das árvores que estão dentro do perímetro urbano em relação ao número de habitantes ou a área total a qual está inserida essa vegetação.

Técnicas de Sensoriamento Remoto, associadas ao Processamento Digital de Imagem (PDI) e ao Geoprocessamento estão se tornando cada vez mais empregadas no setor florestal, obtendo informações precisas e referenciadas sobre objetos contidos na imagem assim como a ocupação da superfície terrestre (HOTT, GUIMARÃES e MIRANDA, 2005, p.3062). Utilizando-se de uma imagem orbital, um analista humano pode extrair essas informações quantitativas e qualitativas referentes a qualquer feição ou objeto contido nela.

Quando se vetorizam árvores e áreas verdes em um determinado perímetro urbano, seja ele um município ou apenas um bairro, podem-se extrair informações referentes a área que o dossel destas ocupam, gerando informações quantitativas e qualitativas da vegetação presente nos centros urbanos. Com posterior análise pode-se gerar então índices para as áreas verdes, assim como a distribuição e classificação das mesmas.

O presente estudo utilizou uma imagem orbital Quickbird com resolução espacial de 0,6m, georreferenciada e fusionada, para uma vetorização manual das áreas verdes presentes no Bairro São Francisco de Assis município de Dois Vizinhos – PR, a fim de quantificar índices destas áreas, assim como suas distribuições, a fim de auxiliar em um melhor planejamento destas áreas verdes para os gestores do município.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Quantificar índices de áreas verdes para o Bairro São Francisco de Assis, Dois Vizinhos – PR, utilizando imagem orbital de alta resolução espacial.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Vetorizar manualmente a imagem orbital fusionada e georreferenciada;
- Classificar as feições da imagem em: arborização pública, arborização privada, edificações, pavimentações e quadras;
- Elaborar um banco de dados com informações referentes as áreas das classes vetorizadas, bem como, a área das áreas verdes e edificações divididas por quadra;
- Elaborar mapas: da distribuição da arborização pública no Bairro São Francisco de Assis, da distribuição da arborização total do Bairro, bem como das áreas edificadas e pavimentadas do bairro;
- Calcular o Índice de Áreas Verdes (IAV), o Índice de Cobertura Vegetal Urbana (ICVAU) e o Índice de Verde por Habitante (IVH) para o Bairro São Francisco de Assis.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 ÁREAS VERDES

A utilização de árvores individualizadas, fragmentos florestais e até mesmo florestas urbanas, constituem um hábito muito antigo da história humana para o embelezamento das cidades e melhoria da qualidade de vida de seus habitantes. Quando se fala de arborização urbana tem-se que lembrar que o termo deriva do plano de reurbanização de Paris efetuado no século XVIII, onde foram arborizados os bulevares e avenidas da cidade, implantados por Haussman, que desde então teve seu método copiado e adotado, decorando assim diversos centros urbanos pelo mundo (SILVA; PAIVA; GONÇALVES, 2007, p.11).

As pequenas, médias e grandes cidades brasileiras tiveram um aumento demasiado de seus habitantes nas últimas décadas, principalmente por moradores advindos do meio rural. Segundo Jesus e Braga (2005, p.208) cerca de 80% da população brasileira está vivendo e trabalhando nesses centros urbanos, trazendo desta maneira muitas vezes um crescimento desordenado ou mal planejado.

Percebe-se um déficit de áreas verdes a medida que as cidades vão se desenvolvendo, sendo que quando estas ainda são pequenas não se torna tão perceptível devido a cobertura vegetal em torno delas, porém a medida que vão crescendo e se desenvolvendo, principalmente de forma radial, a vegetação vai dando espaços para novas construções, trazendo pontos negativos muitas vezes para seus habitantes (GONÇALVES e PAIVA, 2006, p.12).

Para Loboda e De Angelis (2005, p.131) a qualidade de vida dos habitantes de centros urbanos está associada com fatores relacionados a infra-estrutura, o desenvolvimento econômico-social destes centros e também estão ligados a questão ambiental, este último imprescindíveis para o bem estar da população, influenciando na saúde física e mental das pessoas.

A fim de aumentar a qualidade ambiental, assim como a qualidade de vida das pessoas que vivem nestes centros vê-se a necessidade de uma adequada área verde urbana, com isso além de um baixo custo de implantação e manutenção esta gera uma purificação do ar, abrigo para a fauna, atenua a incidência dos raios

solares proporcionando sombra, contribui para a diversificação da paisagem, influencia no microclima aumentando a umidade relativa através da evapotranspiração, dentre outros, além de contribuir com um cunho social (lazer), estético, ecológico e econômico (JESUS e BRAGA, 2005, p.209).

Além destes, árvores ajudam a prevenir deslizamentos, erosões e enchentes devido a cobertura vegetal, amortecendo as gotas da água da chuva e permitindo dessa maneira uma maior infiltração, promovendo maior permeabilidade do solo, diminuindo o escoamento superficial e estabilizando o solo (MATOS e QUEIROZ 2009, p.19).

3.1.1 Classificação das Áreas Verdes

Quando aborda-se no tema de áreas verdes urbanas, este não pode estar atrelado apenas ao espaço restrito das ruas e calçadas, ao contrário disto os planejadores devem identificar espaços possíveis de serem trabalhados com o elemento árvore, dentre estes estão: parques, praças, jardins, quintais, estacionamentos, margem de corpos d'água, canteiros centrais de ruas e lotes ou terrenos baldios, esta classificação de arborização de espaços urbanos citado por Paiva e Gonçalves (2012, p.58), que serão as classes diferenciadas e distribuídas, utilizadas pelo presente estudo.

As praças são definidas como áreas públicas, com acesso livre para qualquer cidadão, desempenham principalmente a função de lazer para estes, tanto individual quanto coletivo, com extensão entre 100 m² a 10 ha. Porém não se devem ser padronizadas as praças apenas por seus tamanhos sem ter o conhecimento de seu entorno (HARDER, RIBEIRO e TAVARES, 2006).

Jardins públicos são compostos por áreas sendo inferiores em tamanho as praças e parques, normalmente não possuem mesas, telefones, bancos, bebedouros. Voltados mais a ornamentação e sem interação com os habitantes a sua volta com intuito de recreação (LOBODA e DE ANGELIS, 2005, p.132).

Já os parques podem ser caracterizados por possuírem áreas maiores que as praças e jardins públicos, estão associados com o lazer dos habitantes, possuindo

função estética embelezando bairros ou cidades, assim como representa importante função ecológica mantendo abrigo para animais formando também trampolins ecológicos (BARGOS e MATIAS, 2011, p.176).

Os parques possuem uma área maior que 1000m² e são considerados áreas verdes não possibilitando em seu perímetro usos residenciais ou industriais, sendo que espaços comerciais são normalmente quiosques ou vendedores ambulantes. Normalmente este espaço é livre de edificações e pavimentação com abundante vegetação (BRUN e SILVA, 2010).

Quando denominam-se espaços urbanos como lotes vagos ou terrenos baldios embora os termos pareçam estar relacionados ao mesmo lugar, estes se diferenciam muitas vezes entre si principalmente pelo tamanho, delineamento e propriedade. Os terrenos baldios normalmente são caracterizados por serem maiores, não possuem cercas em seu em torno ao contrário dos lotes vagos, este último quase sempre relaciona-se a propriedade particular (PAIVA e GONÇALVES, 2012, p.69).

Podendo estes serem utilizados como lugares provisórios para hortas, viveiros, produção de fitoterápicos, florestas produtivas de ciclo curto ou de até mesmo de espécies frutíferas, evitando preferencialmente o uso de espécies nativas, não tendo desta maneira problemas legislativos na época de exploração destes (GONÇALVES e PAIVA 2006, p.67).

Os quintais têm grandes influencias para uma mais acentuada homogeneização das florestas urbanas, embora pequenos, quando bem elaborados fazem uma maior distribuição do dossel das árvores em determinado perímetro urbano, que em sua grande parte é constituído por árvores alinhadas e espaçadas nas calçadas (PAIVA e GONÇALVES, 2012, p.72).

Segundo Schuch (2006, p.39), quando se analisam fotos aéreas ou imagens orbitais das cidades, fica perceptível que em bairros menos adensados e com planejamento urbanístico, existe uma harmonia entre as edificações e as árvores dos quintais, sendo que estas devem preferencialmente respeitar as propriedades vizinhas evitando desta maneira espécies de grande porte, auxiliando positivamente e de modo drástico na paisagem, devido a uma maior distribuição da massa verde, nos centros urbanos.

No caso dos estacionamentos, estes espaços podem ser classificados como públicos ou de propriedade particular, representam uma área significativa da malha

urbana, atendendo vários formatos, zig-zag, em linha, em filas dentre outros. Quando bem planejados possuem arborização eficiente sombreando todo seu perímetro protegendo os carros dos raios solares, atenuando a temperatura, sendo que sempre se evitará árvores com grandes frutos para esses fins (MATOS e QUEIROZ 2009, p.19).

Os canteiros centrais são espaços separadores de pista, sendo representados em grande parte de forma simples, ou seja, formados com apenas um canteiro central, ou por outro lado adotam formas mais complexas sendo considerados compostos, possuindo além do canteiro, áreas de convívio, podendo assemelhar-se a praças, ou até mesmo estacionamentos e calçada urbana, porém cada uma destas classificações possui suas peculiaridades distintas (GONÇALVES e PAIVA 2006, p.90).

A arborização nas vias, que predominantemente, ou quase sempre, com pavimentação asfáltica, contribui também para a durabilidade e conservação do mesmo, gerando economia com sua manutenção, promovendo um maior tempo de vida útil para este (MATOS e QUEIROZ 2009, p.20).

Segundo mesmos autores, as calçadas se referem a uma arborização alinhada e espaçamentos previamente determinados, podem variar de acordo com o porte da espécie a ser implantada. Devendo respeitar o espaçamento adequado entre as esquinas, iluminação pública, mobiliário urbano, meio fio, placas de sinalização, dentre outros, para um melhor planejamento e menor interferência na mobilidade urbana.

As margens de corpos d'água são situações hídricas encontradas na malha urbana, distinguidos como córregos, riachos, rios estes possuindo água corrente, e, quando possuem água parada, como lagoas, lagos, espelhos d'água. São locais caracterizados por sua vocação florestal e amparados pelo Código Florestal, Código de águas e a Lei de Uso e Ocupação do Solo Urbano (PAIVA e GONÇALVES, 2012, p.101).

Naturalmente prioriza-se a utilização de espécies nativas para a utilização em espaços urbanos independente da classificação destes, isso trás benefícios como a conservação da flora nativa, ajustam-se mais fácil ao clima, sendo toleráveis a pragas e doenças, servem como matrizes para a coleta de sementes para programas de reflorestamento, podendo até ser utilizadas como educação ambiental

promovendo o conhecimento para a população da flora nativa (MATOS e QUEIROZ 2009, p.28).

3.1.2 Índices de Áreas Verdes

As áreas verdes urbanas, tema muito divergente, que adotado no presente estudo segundo Magalhães (2004, p.10), podendo ser caracterizada como “a soma de todos os espaços com cobertura vegetal presente, sejam essas propriedades particulares ou públicas”.

Podendo ser classificada e quantificada, a arborização presente nas cidades pode ser representada por alguns índices, como o Índice de Áreas Verdes (IAV), consistem em quantificar os espaços verdes livre de uso público, cujo acesso é livre para a população como praças, parques, arborização das calçadas, vias em Km² ou m² em relação a quantidade de habitantes que vive em determinada cidade ou bairro (ALVAREZ, 2004), este cálculo esta melhor ilustrado na equação 1.

$$IAV = \frac{\Sigma \text{área verde pública (m}^2 \text{ ou Km}^2\text{)}}{\Sigma \text{habitantes no perímetro avaliado(hab)}} = (\text{m}^2/\text{hab}) \quad (1)$$

A Sociedade Brasileira de Arborização Urbana (SBAU) recomenda que este índice deva ser no mínimo 15m²/habitante (MATOS e QUEIROZ, 2009, p.18).

Porém, existem mais índices que podem caracterizar de formas diferentes as áreas verdes, desta maneira o ICVAU ou Índice de Cobertura Vegetal Urbana, mensura-se toda a cobertura vegetal presente em um bairro ou cidade em km² ou m² também e relaciona esta cobertura com a área total deste município ou fragmento, tendo como resultado o percentual desta área verde, podendo ser exclusivamente de porte arbóreo ou não (ALVAREZ, 2004), o cálculo deste índice está na equação 2.

$$ICVAU = \frac{\Sigma \text{área verde (m}^2\text{)}}{\Sigma \text{área total estudada (m}^2\text{)}} \times 100 = (\%) \quad (2)$$

Assim como o Índice de Verde por Habitante (IVH), consegue quantificar as áreas verdes de outra maneira, neste índice é mensurado a quantidade da vegetação, sendo esta composta por árvores, arbustos ou até mesmo gramados e correlaciona com o número de habitantes presentes neste perímetro, assim tem-se o índice de verde/habitante, este índice pode ser calculado a partir da equação ilustrada pela equação 3.

$$IVH = \frac{\Sigma \text{área verde}(m^2)}{\Sigma \text{habitantes no perímetro avaliado}(hab)} = (m^2/hab) \quad (3)$$

Embora se consiga quantificar a arborização urbana, tão importante quanto isto, é saber qual a distribuição desta massa verde ao longo de uma cidade ou bairro. Algumas vezes estas áreas verdes podem estar agrupadas em um ponto ou parte específica não trazendo muitos benefícios a população, principalmente dos que se situarem mais distantes deste agrupamento, sendo que melhor seria se esta vegetação fosse distribuída com homogeneidade pelo perímetro, mostrando desta maneira além da quantidade a qualidade desta vegetação dentro dos centros urbanos (MATOS e QUEIROZ, 2009, p.18).

3.2 SENSORES REMOTOS

Devido a evolução da informática e aumento da capacidade dos equipamentos computacionais, assim como a sofisticação de *softwares*, tornam técnicas como o sensoriamento remoto e o geoprocessamento ferramentas úteis para a identificação de feições e objetos em determinada superfície terrestre. O sensoriamento remoto caracteriza-se pelo tratamento em imagens orbitais, contendo uma avaliação do uso da terra, onde se pode a partir do processamento da mesma, com dados georreferenciados, quantificar estas feições, além de classificá-las e distribuí-las em determinado perímetro (SCHUCH, 2006, p.38).

Segundo Novo (2008, p.2) sensores remotos podem adquirir informações sobre objetos a partir da mensuração de mudanças que estes impõem ao campo eletromagnético, sem que tenham contato físico com estes objetos.

Já Fitz (2010, p.98) define “sensores” como dispositivos capazes de registrar a energia emitida ou refletida por qualquer objeto da superfície terrestre, disponibilizando dados digitais diversos como imagens, gráficos, dados numéricos, para posterior análise e manipulação por meio de *softwares*.

Ainda segundo o mesmo autor, estes sensores podem ser acoplados a satélites artificiais em órbita para a obtenção de dados da superfície terrestre, e são classificados como sensores passivos ou ativos. No caso dos ativos estão inclusos os sensores que possuem fonte de energia própria.

Já os sensores passivos são definidos por não possuírem fonte de luz própria, caracterizados pela necessidade de captação da reflexão dos objetos através de uma fonte externa, como a energia solar (SHIMABUKURO, MAEDA e FORMAGGIO, 2009, p. 401).

A figura 1, ilustra o funcionamento desses sensores passivos, sendo que as imagens geradas por essa forma de aquisição de dados será utilizada como ferramenta no presente estudo.

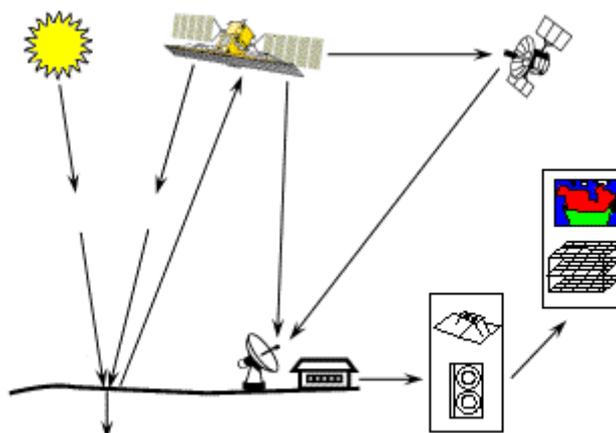


Figura 1 - Funcionamento de um sensor remoto passivo

Fonte: <http://geoprocessamentoifgoiass.blogspot.com.br/2011/07/sensoriamento-remoto.html>

De posse desta imagem após processamentos e análises, geram-se informações quantitativas ou qualitativas, referentes aos objetos identificados na superfície para uma possível avaliação do uso da terra (BOTELHO, 2007, p.23).

3.2.1 Resolução dos Sistemas Sensores

Independente do sensor utilizado para a obtenção de dados espaciais, estes estão relacionados a uma tabela de dados referentes as suas especificações. Dentre essas características destacam-se a resolução espacial, espectral, radiométrica e temporal.

A Resolução Espacial nos sensores ópticos dependem do *Instantaneous Field of View* (IFOV), descrito como ângulo de visada instantânea do sensor determinando a área da superfície terrestre vista por ele, ou seja, a dimensão da menor área imageada no terreno (NOVO, 2008, p.56).

A maioria das imagens de sensores remotos são geradas por matrizes que representam certa área do terreno, cada elemento que forma esta imagem é conhecido como *picture element* ou *pixels*. A resolução espacial pode ser traduzida desta maneira como a área real abrangida no terreno por cada *pixel* correspondente na imagem (FITZ, 2010, p.116).

Quando um sensor remoto possui uma resolução espacial de 30m, significa que cada *pixel* representado na imagem é composto por uma dimensão de 30m por 30m (900m²) no terreno, esta resolução espacial é considerada baixa, já sensores que operam com uma alta resolução espacial de 1m, geram uma imagem onde cada *pixel* que a compõe representa 1m² no terreno.

Portanto, para um objeto homogêneo ser identificado no terreno este deve ter dimensões iguais ou maiores que esta resolução, sendo que se o objeto for menor este pode não ser detectado (NOVO, 2008, p.57).

A Resolução Espectral está relacionada com a quantidade de bandas que o sensor possui, para discriminar diferentes objetos da superfície terrestre. É a capacidade que o sensor tem de absorver (número de canais) diferentes intervalos de comprimento de ondas (SILVA, 2007, p.18).

Sensores remotos que possuem uma resolução espectral melhor, contam com um maior número de bandas (canais) disponíveis para análises das interações entre a radiação eletromagnéticas e a composição da superfície terrestre, resoluções de diferentes bandas facilitam a identificação deixando-a com melhores detalhes (BOTELHO, 2007, p.23).

A Resolução Radiométrica refere-se a quantidade de níveis digitais que estão presentes em uma imagem, sendo representado na forma de valor binário, ou *bits*, necessário para seu armazenamento. Refere-se a quantidade de níveis de cinza estão distinguindo a variação da energia refletida ou emitida pela superfície terrestre, interferindo na qualidade desejada da imagem (FITZ, 2010, p.116).

Por fim, a Resolução Temporal que está relacionada ao tempo que o sensor leva para realizar uma varredura no mesmo lugar novamente, ou seja, quanto tempo o sensor leva para fazer toda a varredura da Terra e voltar a um ponto de início. Os satélites de sensoriamento remoto possuem resolução temporal variando entre si em dias para o retorno ou varredura de um mesmo ponto na superfície terrestre ou dias para varrer toda a superfície terrestre e começar novamente (SHIMABUKURO, MAEDA e FORMAGGIO, 2009, p.401).

As diferentes resoluções das imagens fornecidas pelos sensores remotos devem ser escolhidas de acordo com o trabalho a ser realizado, sendo que a escala possui suma importância na decisão destas. Desta forma trabalhos que necessitam uma maior precisão (milimétrica ou centimétrica) exigem uma imagem com maior resolução espacial e espectral, assim como trabalhos que necessitem menor precisão (métrica) podem-se utilizar imagem com menores resoluções tanto espacial quanto espectral.

3.3 PROCESSAMENTO DIGITAL DE IMAGEM

Para uma precisa interpretação de dados espaciais das imagens orbitais fornecidas pelos sensores remotos, o Processamento Digital de Imagem (PDI) vem para auxiliar o analista humano em uma efetiva extração destes dados, gerando produtos que possam ser submetidos também a outros processamentos (SHIMABUKURO, MAEDA e FORMAGGIO, 2009, p.402).

Este procedimento realizado nas imagens, além de servir para a análise da superfície terrestre e seus objetos, segundo JESSEN (1996) apud SILVA (2007, p.23), o PDI pode ser dividido em três etapas diferentes:

- Pré-processamento: serve como uma restauração radiométrica e geométrica que são inseridas no sensor durante a formação da imagem. Este procedimento resultará em uma imagem corrigida geométrica e radiométricamente, indicada para trabalhos que exijam qualidade geométrica como mapeamentos;
- Realce: relacionado a técnicas que aumentam a qualidade visual da imagem em questão gerando uma imagem transformada e melhorada, facilitando a execução de trabalhos para o analista humano;
- Análise: extração dos dados obtidos com a imagem de entrada, segmentação e classificação da imagem orbital. Processo de descrição da imagem de entrada, associada a um campo vetorial, mapas, representação gráfica, entre outros.

Esses processos vêm para auxiliar o analista humano na aquisição de dados da ocupação da superfície terrestre assim como subsídios para mensurá-la e classificá-la.

3.3.1 Fusão

Processo que combina imagens de diferentes características espectrais e espaciais para sintetizar uma nova imagem com melhor resolução espacial do que a imagem multiespectral original.

Os dados integrados podem ser diferenciados em três grupos: as de domínio espacial, ou seja, são os casos que combinam informações de uma imagem com alta resolução espacial pancromática (PAN) e a imagem multiespectral (MS). As de domínio espectral envolvem processos que geram uma transformação na imagem multiespectral, resultando em um conjunto de diferentes bandas onde uma delas é correlacionada com a imagem pancromática. E as que trabalham com operações algébricas operando funções aritméticas como as técnicas: multiplicativa e *brovey* (FRANÇA e SANO, 2011, p.200).

3.3.2 Correção Geométrica

Também conhecida como Registro da imagem caracteriza-se pela aquisição de pontos de controle e modelos matemáticos para a transformação geométrica da imagem. Podem ser utilizadas coordenadas em comum entre a imagem (linha e coluna) e as coordenadas reais no terreno (X,Y ou E,N ou ϕ,λ), ou pontos homólogos, obtidos a partir de levantamentos topográficos ou GPS e cartas topográficas com escala apropriada (SILVA, 2007, p.25).

Esses pontos de controle, cujas coordenadas serão conhecidas, devem estar bem definidas no terreno e na imagem, chamadas de feições homólogas, sendo que estas devem estar bem espalhadas sobre a abrangência total da imagem e não agrupadas em determinada área (FRANÇA e SANO, 2011, p.200).

3.3.3 Georreferenciamento

Não podendo ser confundido com as correções geométricas externas, nesta etapa do PDI será implantado um sistema geodésico de referência assim como uma projeção cartográfica, diferindo do item de registro o qual não se referencia a imagem (SILVA, 2007, p.26).

Para o georreferenciamento ser concretizado são utilizados pontos de controle levantados a campo, sendo que o Sistema Geodésico Brasileiro (SGB) de referência atualmente utilizado é o Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas (Sirgas 2000) e o sistema de coordenadas adotadas é o Sistema Universal Transversal de Mercator (UTM) que trabalha com paralelos retos e meridianos retos e equidistantes (FITZ, 2010, p.34).

4 METODOLOGIA

4.1 ÁREA DE ESTUDO

O presente estudo foi realizado no município de Dois Vizinhos, localizado na região Sudoeste do Estado do Paraná, com latitudes entre 25° 44' 03" e 25° 46' 05" Sul e longitudes entre 53° 03' 01" e 53° 03' 10" Oeste – GR. Possui 36.176 habitantes, uma altitude média de 509 m acima do nível do mar e tem como área total 418 km² (DOIS VIZINHOS, 2014).

Esta cidade é classificada com um clima Cfa na escala de Köppen, sendo que a letra "C" refere-se a um clima mesotérmico com temperaturas do mês mais frio entre 18° e - 3° C e frequência de geadas durante o ano, a letra "f" significa que não possui estação seca ou úmida, mas sim chuvas distribuídas durante o ano todo e por fim a letra "a" devido ao mês mais quente possuir temperaturas acima de 23° C. A predominância da vegetação nativa é de Floresta Ombrófila Mista (FOM) inserida no bioma Mata Atlântica (DOIS VIZINHOS, 2014).

O município é composto em sua área urbana por 22 bairros, sendo que o Bairro São Francisco de Assis foi utilizado como instrumento da presente pesquisa, mensuração das áreas verdes e cálculos dos índices para sua vegetação e distribuição da mesma.

Este Bairro é constituído por 18 ruas, 40 quadras, aproximadamente 650 residências, uma população de 1.893 habitantes (2014) e uma área total de 746.289,86m² ou 74,6ha (hectare) (DOIS VIZINHOS, 2014).

Na Figura 2, pode-se observar a imagem orbital Quickbird com o perímetro urbano do município de Dois Vizinhos, datada de 2009, assim como os limites do Bairro São Francisco de Assis conferindo a área do presente estudo.



Figura 2 – Imagem orbital da área urbana do município de Dois Vizinhos.

Fonte: O autor (2014).

4.2 MATERIAL

4.2.1 Imagem Orbital

Os dados quantitativos e qualitativos referentes às áreas verdes presentes no Bairro São Francisco de Assis foram obtidos a partir do Processamento Digital de Imagem (PDI) principalmente através da vetorização manual do dossel destas áreas, tendo como principal ferramenta uma imagem orbital Quickbird.

A imagem tem como características técnicas uma resolução espacial de 0,6 m, resolução radiométrica de 8 bits, gerada no ano de 2009 e possui uma dimensão de 4.999,8 X 4.999,2 pixels, considerada uma imagem de boa resolução suficiente para esta finalidade.

Esta imagem orbital encontrou-se fusionada e georreferenciada, não necessitando realizar esses procedimentos, o sistema geodésico de referencia da mesma é o WGS-84, o fuso da imagem é o 22 e o hemisfério Sul e ainda sistema de projeção cartográfica é UTM. A imagem orbital foi cedida pela Prefeitura Municipal de Dois Vizinhos, e assim foi possível a realização deste estudo.

4.2.2 Softwares

Para o processamento digital da imagem orbital, a confecção de mapas e a quantificação dos índices de vegetação do Bairro São Francisco de Assis, foram necessários *softwares* específicos da área da engenharia, que facilitaram na visualização, identificação, quantificação e classificação desta imagem.

Com essas ferramentas foram criados mapas temáticos referentes a quantificação, classificação e distribuição das áreas verdes, tabelas com as áreas verdes, áreas construídas e áreas pavimentadas, além de cálculos dos índices de áreas verdes.

Com isso os *softwares* AutoCAD versão acadêmica e Microsoft Excel, foram fundamentais para a caracterização, quantificação, distribuição e elaboração do banco de dados referente a vegetação do presente Bairro.

4.3 MÉTODOS

Para uma melhor ilustração dos métodos utilizados na geração dos mapas, índices e tabelas, a figura 3 descreve em forma de fluxograma as etapas principais realizadas para aquisição dos dados referentes ao Bairro São Francisco de Assis.

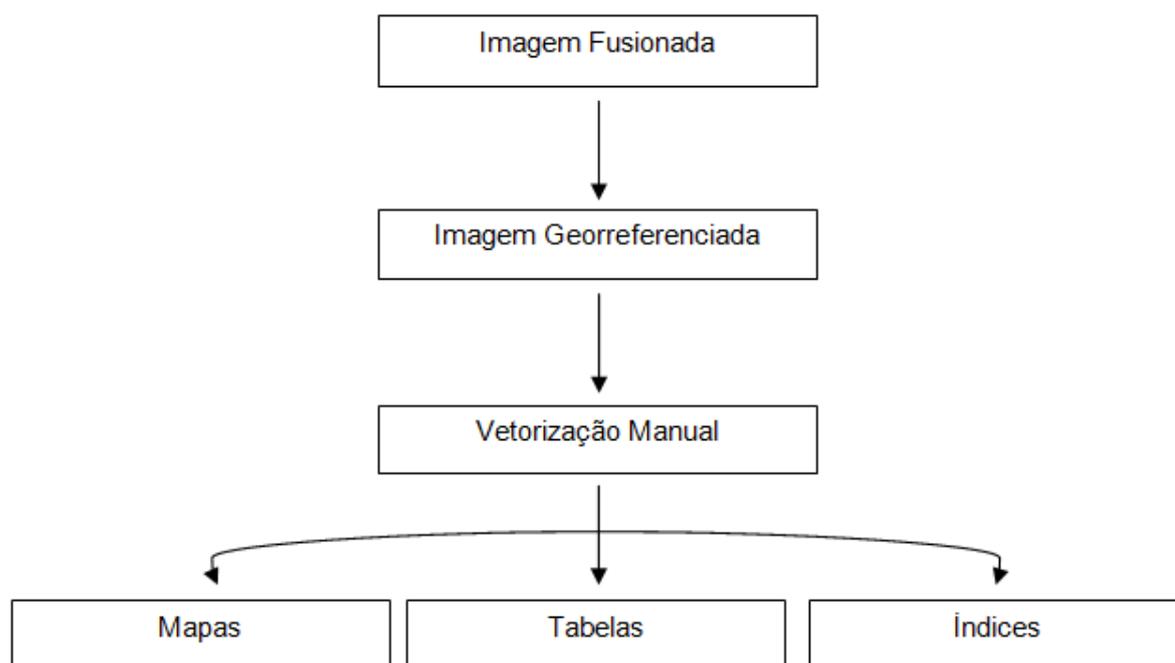


Figura 3 – Fluxograma ilustrativo da metodologia do presente estudo.

Fonte: O autor (2014).

4.3.1 Fusão e Georreferenciamento da Imagem Orbital

A Fusão da imagem orbital consiste em utilizar a imagem pancromática (PAN) do sensor orbital, esta que possui uma resolução espacial alta 0,6m, porém com uma diferenciação das feições apenas em cores preta e branca, ou seja, níveis de tom de cinza, dificultando para o olho humano diferenciar com clareza os objetos encontrados nesta imagem. Com a imagem multiespectral (MS), esta caracterizada por possuir uma resolução espacial de menor qualidade, assim como maior tamanho em relação a PAN, porém suas feições são expressas de forma colorida, facilitando assim ao analista humano diferenciar os objetos contidos nesta imagem.

No processo de registro e georreferenciamento da imagem orbital, podem ser realizados a partir de pontos controle identificados a campo a partir de coordenadas tridimensionais e registrados na imagem. O intuito é atribuir coordenadas a todos os pontos da imagem, utilizando para tanto uma transformação geométrica.

A Imagem Orbital Quickbird adquirida para o presente estudo veio fusionada e georreferenciada não necessitando a realização destes procedimentos manualmente.

4.3.2 Vetorização da Imagem Orbital

Após os procedimentos anteriores terem sido realizados, pôde-se dar início ao trabalho de escritório, utilizando *software* como AutoCAD acadêmico para a vetorização da imagem. A partir da interface deste, localizou-se o dossel da arborização pública e arborização privada, a pavimentação (ruas), as quadras existentes e as áreas edificadas dentro do perímetro do bairro em questão.

A vetorização manual consistiu em marcar com um polígono, as árvores, arbustos, áreas verdes, pavimentações, edificações e quadras que estavam presentes na área urbanizada do bairro, para a posterior elaboração de tabelas com os dados quantitativos destes, assim pode-se conhecer a área referente a arborização, pavimentação e edificações no bairro

Também se obteve dados qualitativos demonstrando as quadras com maior e menor percentual de vegetação e edificações, assim como a distribuição da vegetação pública, privada e edificações no perímetro avaliado.

Foram consideradas árvores públicas, todas as que são de acesso livre ao público, no caso, árvores e arbustos que foram encontrados nas calçadas e no cemitério deste bairro. Para a arborização privada foram considerados indivíduos arbóreos e arbustivos encontrados em propriedades particulares, ou seja, que estavam dentro dos lotes dos munícipes e em uma área de preservação permanente.

A massa verde presente nas calçadas ao longo das vias e em outras áreas públicas são de responsabilidade municipal, diferentemente das áreas verdes privadas que são de patrimônio particular e de acesso restrito a população como um todo.

Para as edificações foram considerados os telhados das residências e as piscinas que foram encontradas no perímetro do bairro. Para a pavimentação

dividiu-se em três conforme encontrado, sendo, pavimentação asfalto, calçamento e cascalho. Já para a vetorização das quadras, foram considerados os perímetros de transição da pavimentação para a calçada.

4.3.3 Índices de Áreas Verdes

Com a imagem vetorizada, separando as áreas de interesse do estudo, quantificou-se a área da vegetação urbana (km^2 ou m^2), que o Bairro São Francisco de Assis possui, e posteriormente fez-se os cálculos de Índices de área verde.

No caso do IAV, seu cálculo refere-se a quantidade de áreas verdes livres de uso público, englobando parques, praças, ruas, canteiros centrais e cemitérios. Neste índice, bastou dividir esta área verde encontrada (em km^2 ou m^2) pelo número de habitantes que lá residem, resultando o índice em quantos m^2 de área verde/habitante possui o bairro.

O ICVAU quantifica toda a cobertura vegetal do Bairro São Francisco de Assis (em km^2 ou m^2), em relação a área total do Bairro (em km^2 ou m^2) considerando até mesmo as áreas verdes privadas. Neste índice, foi dividido a área da cobertura verde do bairro, por sua área total e multiplicou este resultado por 100, para enfim ter-se essa relação em porcentagem (%).

Calculou-se o IVH estando este relacionado com a cobertura vegetal representada por árvores, arbustos e até mesmo gramados pelo número de habitantes no local de interesse. Para o seu cálculo deve-se considerar a área da cobertura vegetal (em km^2 ou m^2) e dividi-la pelo número de habitantes presentes no bairro, sendo expresso o valor como índice de verde/habitante.

Desta forma, foi possível conhecer os índices referentes ao presente bairro e se os mesmos estão dentro dos padrões divulgados pela SBAU (Sociedade Brasileira de Arborização Urbana) como ideais ou se será necessário aumentar a arborização neste perímetro urbano.

4.3.4 Mapa das Áreas Verdes

Apenas os índices de áreas verdes calculados não são suficientes para estabelecer uma relação da qualidade da vegetação no presente bairro, mas sim de sua quantificação, será necessária desta maneira uma avaliação de distribuição da vegetação urbana deste bairro.

Tornou-se necessário a elaboração de mapas temáticos com a localização e a classificação da vegetação urbana nas seguintes classes: arborização privada, que são as árvores e arbustos que tem acesso restrito aos habitantes do Bairro, ou seja, estão localizadas dentro de patrimônios particulares, e, arborização pública, consideradas de livre acesso a toda população, localizadas nas calçadas ao longo das quadras deste bairro e no cemitério municipal.

Ambos os mapas que representam a vegetação, tanto o de vegetação pública, quanto o de vegetação total do bairro (incluindo elementos arbóreos públicos e privados), foram utilizados para o cálculo dos índices propostos no presente trabalho.

Foi elaborado além de mapas com a vegetação representativa do bairro, um mapa com a localização e numeração das quadras do bairro, tornando assim mais didático a representação do banco de dados sendo de forma estratificada.

Também foi desenvolvido outro mapa referente a áreas edificadas no bairro, que foram considerados os telhados das construções e áreas com piscinas e as pavimentações referentes ao bairro, este último dividido em asfalto, calçamento e cascalho que representam áreas onde há um carregamento da água da chuva, ou seja, áreas não permeáveis.

5 RESULTADOS

Para melhor identificação e representação do bairro São Francisco de Assis, este foi dividido e numerado em 40 quadras, o bairro possui uma área total de 746.289,86m² ou 74,63ha, o perímetro e divisão das quadras podem ser visualizadas na figura 4, o mapa encontra-se no Apêndice 1.



Figura 4 – Delimitação e numeração das quadras do Bairro São Francisco de Assis.

Fonte: O autor (2014).

Estratificando desta maneira o bairro, consegue-se dividir mais facilmente as feições encontradas e vetorizadas no bairro em questão, assim como torna a geração de tabelas (banco de dados) uma ferramenta mais efetiva para análise dos resultados, deixando uma metodologia mais precisa aos gestores do município.

A primeira classe avaliada neste bairro foi relacionada a vegetação pública, ou as árvores e arbustos públicos, utilizados para o cálculo do Índice de Áreas Verdes (IAV), a vegetação característica deste índice localiza-se em regiões de acesso livre para a população, foram consideradas as árvores e arbustos ao longo das calçadas e na quadra de número 20, a qual possui o cemitério municipal, sendo um lugar público.

A distribuição e a quantificação da vegetação que representa o IAV podem ser observadas em cor verde claro no mapa da figura 5 (Mapa no Apêndice 2).



Figura 5 – Distribuição da arborização pública mensurada no Bairro São Francisco de Assis.

Fonte: O autor (2014).

Com a vetorização do dossel desta vegetação se conseguiu mensurar a área ocupada pela copa destes indivíduos arbóreos e arbustivos, totalizando uma área verde pública de 7.775,23m² ou 0,78ha, representando um total de 1,04% da área total do Bairro.

Com base nesta área ocupada pela arborização pública do Bairro São Francisco de Assis, o IAV foi calculado para demonstrar quantos m² de área verde pública existe neste bairro por habitante. Neste perímetro de estudo residem 1.893 habitantes, a partir da divisão da área verde pública pelo número de habitantes locais, obtivemos um IAV de 4,11m² de área verde/habitante.

Este índice representa apenas 27,40% do ideal sugerido pela Sociedade Brasileira de Arborização Urbana (SBAU), conforme citado por Matos e Queiroz (2009), indicam que o IAV deve ser pelo menos 15m²/habitante.

Essas pequenas ilhas públicas presentes nas calçadas deste bairro, foi calculado o número de indivíduos que cada quadra possui por perímetro (m) conforme descrito na tabela 1. Assim como foi estimado o número de árvores potenciais por metro de calçada e quantas árvores podem ser implantadas ainda potencialmente.

Tabela 1 – Perímetro linear das calçadas e quantidade de árvores presentes em cada quadra do Bairro São Francisco de Assis

(Continua)

Quadra	Perímetro (m)	Qtde. Árvore	Qtde. Ideal	Qtde. Faltante
1	335,59	0	22	22
2	645,55	0	43	43
3	176,02	0	12	12
4	644,80	10	43	33
5	643,61	16	43	27
6	641,56	12	43	31
7	655,28	13	44	31
8	663,65	9	44	35
9	692,34	6	46	40
10	234,14	0	16	16
11	726,75	15	48	33
12	723,82	15	48	33
13	720,95	18	48	30
14	394,76	12	26	14
15	400,99	30	27	0
16	402,71	24	27	3
17	474,86	25	32	7
18	476,69	13	32	19
19	492,04	23	33	10
20	664,43	4	44	40
21	461,92	2	31	29
22	461,87	11	31	20
23	464,80	6	31	25
24	474,28	8	32	24
25	384,37	8	26	18
26	388,53	17	26	9
27	387,06	19	26	7

Tabela 1 – Perímetro linear das calçadas e quantidade de árvores presentes em cada quadra do Bairro São Francisco de Assis

(Conclusão)

Quadra	Perímetro (m)	Qtde. Árvore	Qtde. Ideal	Qtde. Faltante
28	384,45	9	26	17
29	395,92	13	26	13
30	396,52	8	26	18
31	390,18	17	26	9
32	392,69	21	26	5
33	276,08	0	18	18
34	405,43	12	27	15
35	394,22	9	26	17
36	395,11	9	26	17
37	411,91	6	27	21
38	88,87	1	6	5
39	254,82	8	17	9
40	541,85	14	36	22
Total	18561,41	443	1237	798
Média	464,04	11	31	20

De acordo com a Tabela 1 o Bairro São Francisco de Assis possui uma extensão linear de 18.561,41m de calçadas ou 18,56km e apenas 443 indivíduos arbóreos ou arbustivos neste perímetro.

Considerando que uma cidade bem arborizada necessita de 1 árvore de médio ou grande porte a cada 15 metros, estimou-se que para o Bairro São Francisco de Assis, este deveria possuir 1.237 indivíduos florestais. O bairro então mostra um déficit de 798 indivíduos florestais em suas calçadas, possuindo apenas 35,81% do total indicado.

A média de árvores públicas encontradas por quadra foi de 11 indivíduos, sendo que a média ideal de indivíduos por quadra seria de 31 indivíduos, por tanto 35,48% apenas do que poderia potencialmente possuir de forma sustentável.

Ainda, analisando a tabela 1, a quadra com maior quantidade de árvores em relação a seu perímetro foi a de número 15, com 30 indivíduos. Já para os piores resultados encontrados estão nas quadras 1, 2, 3, 10 e 33 com nenhum indivíduo arbóreo ou arbustivo encontrado em suas calçadas.

Além das árvores públicas, existem também em qualquer bairro ou cidade árvores privadas, aquelas consideradas de propriedade particular por estarem localizadas dentro de propriedades privadas, com a vetorização manual destas áreas verdes conseguiu-se obter a distribuição e quantificação desta arborização

conforme observada em coloração verde escura na Figura 6, o mapa referente a esta vegetação encontra-se no Apêndice 3.



Figura 6 – Arborização privada e pública do Bairro São Francisco de Assis.

Fonte: O autor (2014).

Incluíram-se nesta vetorização as árvores e arbustos localizados em áreas privadas de acesso restrito a população de maneira geral, esta arborização compõe-se de vários pequenos fragmentos florestais, ilhas e uma Área de Preservação Permanente (APP), que sozinha representa 9.621,50m² ou 0,96ha e pode ser observada na extremidade Sul deste Bairro.

A área competente a arborização privada, representada na figura 6 pela vegetação pintada em uma tonalidade mais escura de verde corresponde a 93.206,36m² ou 9,32ha, representando que 12,49% da área total do Bairro. Um índice quase 12 vezes maior que o representado pela vegetação pública.

A partir da geração deste mapa também foi possível calcular outro índice, o ICVAU (Índice de Cobertura Vegetal Urbana), que considera a área compreendida pelo o dossel da vegetação pública e privada do Bairro São Francisco de Assis em relação a área total do Bairro, para assim obter o percentual de cobertura vegetal do bairro.

Também para esse cálculo de área verde urbana foram considerados apenas indivíduos arbóreos e arbustivos e a Área de Preservação Permanente (APP), não incluindo espécies forrageiras nem gramíneas.

A figura 6 ilustra a distribuição da arborização pública e privada necessária para o cômputo do ICVAU, somando toda a área vegetada no bairro tem-se 100.981,60m² ou 10,10 ha, sabendo que a área total do Bairro São Francisco de Assis é 746.289,86m² ou 74,63ha, este índice é expresso por 13,53% do bairro, ou seja, esse é o percentual de vegetação arbórea e arbustiva encontrada no São Francisco de Assis.

Utilizando a mesma área arbórea, podemos calcular o Índice de Verde por Habitante (IVH), que relaciona estas classes de vegetação pública ou privada, com a quantidade de habitantes que vivem nesta determinada área. Com isto o resultado do IVH fica em 53,34m²/habitante.

Em trabalho citado por Alvarez (2004), onde o autor encontrou o ICVAU e IVH para o Bairro Santa Cecília na cidade de Piracicaba – SP, parecidos com os estipulados para o Bairro São Francisco de Assis, encontrando respectivamente 18,41% e 65,21m²/hab, considerou como razoável o percentual de área verde.

Com auxílio da imagem orbital de alta resolução espacial, dividiram-se as feições do bairro que podem ser consideradas como impermeáveis, ou seja, locais onde a água da chuva não infiltra no solo, gerando escoamento superficial e acúmulo de água durante períodos chuvosos, desta forma essas áreas foram divididas em classes de: edificações, pavimentação asfáltica, calçamento e cascalho, conforme ilustrado na figura 7, o mapa referente a esta figura encontra-se no Apêndice 4.

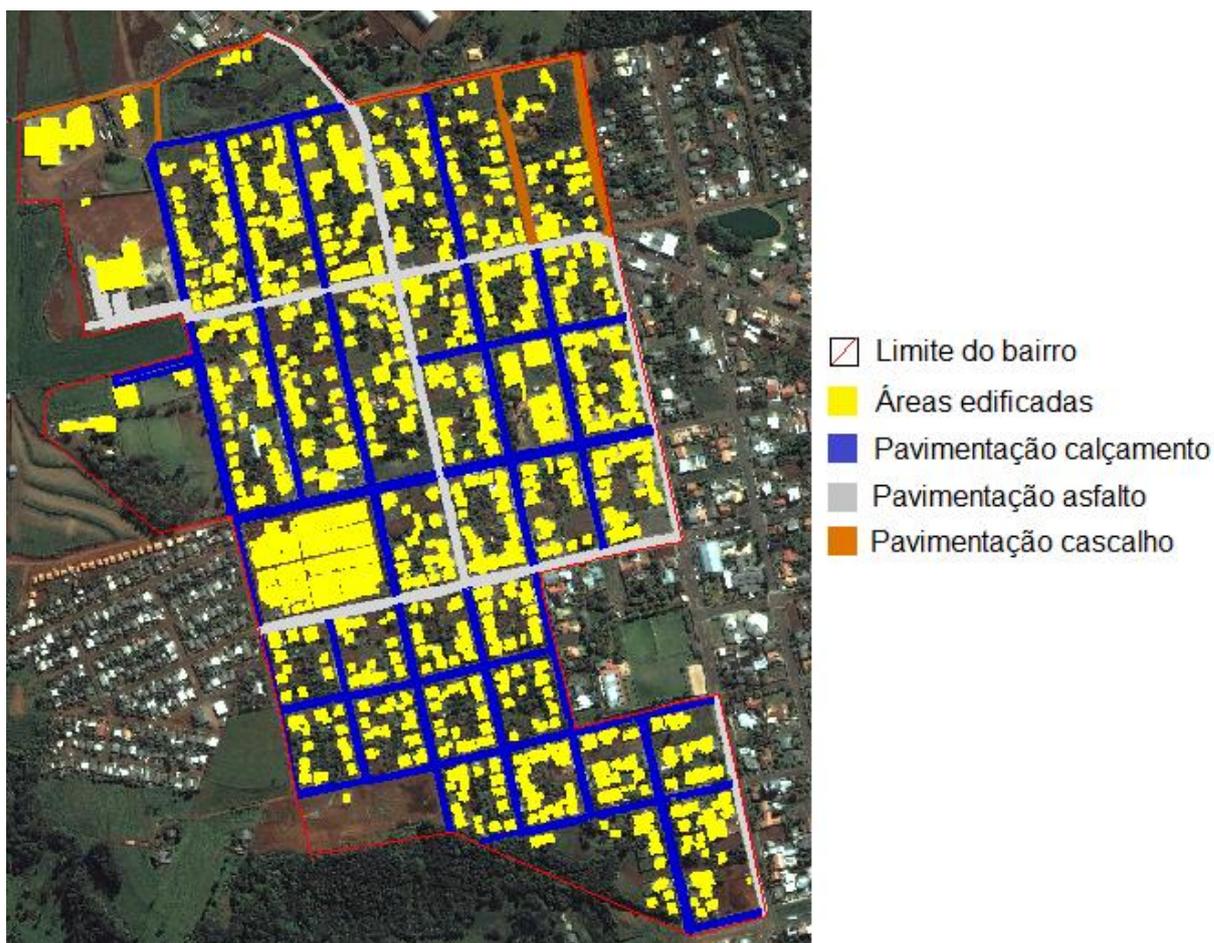


Figura 7 – Distribuição das edificações e áreas pavimentadas do Bairro São Fco. De Assis.

Fonte: O autor (2014).

Com isso gerou-se uma tabela especificando o espaço ocupado por estas feições vetorializadas no bairro São Francisco de Assis (Tabela 2).

Tabela 2 – Área das edificações e pavimentações do Bairro São Francisco de Assis.

Feição	Área (m ²)	Área (ha)	% Área Total
Edificações	137.545,56	13,75	18,43
Asfalto	31.176,10	3,12	4,18
Calçamento	65.985,03	6,60	8,84
Cascalho	8.485,79	0,85	1,14
Total	243.192,48	24,32	32,59

A área representativa para as edificações do bairro foram considerados na vetorização manual como os telhados das construções, as áreas com piscinas e as edificações dentro do cemitério municipal, com isto foi obtido uma área edificada total de 137.545,56m² ou 13,75ha o que representa um total de 18,43% do total do bairro.

Já para as áreas pavimentadas, que se encontram em três classificações diferentes no bairro, conforme o material da construção de seu leito sendo: asfalto, calçamento e cascalho, correspondem uma área respectivamente de 31.176,10m², 65.985,03m² e 8.485,79m². Em hectares 3,12ha, 6,60ha e 0,85ha, representando um percentual de 4,18%, 8,84% e 1,14% do total da área do bairro.

Observa-se que há maior quantidade de pavimentação com calçamento no bairro, seguido por asfalto e por fim cascalho.

A Tabela 3 ilustra as áreas referentes as diferentes feições encontradas nas quadras, sendo estas: arborização privada, arborização pública, arborização total, edificações e área total das quadras, através de uma vetorização manual.

Tabela 3 – Área (m²) das feições encontradas nas quadras - Bairro São Francisco de Assis.

(Continua)

Quadra	Arb. Priv.	Arb. Púb.	Arb. Total	Área Edif.	Área da Quadra
1	2180,15	0,00	2180,15	5014,70	24667,02
2	2099,66	0,00	2099,66	525,04	22802,76
3	875,17	0,00	875,17	3014,49	25161,37
4	2586,78	166,20	2752,98	5144,00	21091,89
5	4768,65	175,20	4943,85	5998,82	20706,93
6	3750,32	207,61	3957,94	6503,97	21125,15
7	5393,37	602,21	5995,59	4643,96	21065,85
8	5392,48	156,69	5549,17	3789,36	21847,25
9	4035,33	371,02	4406,35	3397,38	24140,20
10	12510,72	0,00	12510,72	2116,94	40790,35
11	2128,46	336,76	2465,22	5491,29	24576,20
12	2427,52	333,10	2760,61	5312,07	24539,54
13	4321,01	254,48	4575,49	5009,72	24088,81
14	816,48	159,48	975,95	2299,76	9877,46
15	2567,79	226,78	2794,57	2529,94	10221,91
16	1663,93	381,98	2045,91	2649,02	10729,10
17	793,56	612,79	1406,34	3292,54	13429,04
18	1605,08	194,55	1799,63	4143,69	13700,06
19	1820,24	308,26	2128,50	4330,62	14622,08
20	329,45	212,09	541,54	15965,46	27507,82
21	540,18	63,28	603,46	3078,85	12713,18
22	930,75	125,47	1056,22	3717,93	12831,18
23	909,62	104,66	1014,28	2722,76	13087,18
24	480,40	83,38	563,78	3506,29	13907,09
25	2690,42	75,55	2765,97	1664,77	9425,46
26	891,53	232,97	1124,50	2114,32	9577,89
27	739,99	291,56	1031,55	2013,54	9469,68
28	682,36	101,46	783,82	2709,89	9383,75
29	1961,95	137,62	2099,58	2073,48	9872,42

Tabela 3 – Área (m²) das feições encontradas nas quadras - Bairro São Francisco de Assis.

(Conclusão)

Quadra	Arb. Priv.	Arb. Púb.	Arb. Total	Área Edif.	Área da Quadra
30	1425,22	118,02	1543,24	2141,30	10027,87
31	1112,20	312,75	1424,95	2360,93	9761,80
32	1775,77	425,11	2200,88	1860,93	9782,80
33	24,22	0,00	24,22	83,78	14919,63
34	945,52	210,21	1155,73	2332,00	9103,93
35	587,20	88,14	675,34	3090,60	9897,82
36	771,79	202,63	974,42	2678,02	9947,89
37	1025,24	54,66	1079,90	2470,77	10866,77
38	201,25	15,69	216,94	297,44	3475,92
39	1658,83	175,31	1834,14	1793,90	11031,29
40	2164,28	257,59	2421,87	3661,27	16800,82
Total	83584,87	7775,24	91360,10	137545,56	632575,17
Media	2089,62	194,38	2284,00	3438,64	15814,38

Com base nos dados da tabela 2, podemos verificar que a arborização privada se destaca entre as classes de vegetação com 83.584,87m² ou 8,36ha dos 74,63ha totais do bairro, ou ainda 11,20%. Já as árvores com responsabilidade do poder público que foram identificadas nas calçadas e no cemitério municipal representam apenas 1,04% da área total do bairro. Considerando a arborização total pública e privada, em torno e dentro das quadras temos um total de 91.360,10m² ou 9,14ha, sem considerar a APP.

No quesito de quantidade de área verde enfatizam-se as quadras 7, 8, 9 com altos níveis de vegetação, porém destaca-se principalmente a quadra 10 que possui 12.510,72m². Negativamente as quadras que possuem em menor quantidade de componentes arbóreos são as de número 20, 24, 38 e principalmente a 33, com menos de 90m² de arborização na quadra.

Cinco das quarenta quadras, dentre elas as com numeração 1, 2, 3, 10 e 33 não possuem arborização pública, ou seja, não há nenhum componente arbóreo ou arbustivo no perímetro de suas calçadas.

Para a classe das edificações, foram vetorizadas apenas as áreas que compreendiam os telhados das residências e construções presentes no bairro, considerando apenas áreas visíveis, assim como as áreas compreendidas por piscinas. Às áreas edificadas do bairro totalizam 137.545,56m² ou 13,75ha, representando 18,43% do território total deste.

As quadras com maiores percentuais de edificação foram as de identificação 5, 6, 11 destacando-se a 20 com uma área edificada total de 15.965,46m², sendo esta a quadra referente ao cemitério municipal. As quadras menos edificadas encontradas foram as de número 2, 38 e principalmente a 33 com apenas 83,78m² de área edificada.

Avaliando-se a ocupação do solo referente a todas as feições vetorizadas no Bairro, tem-se um mapa de ocupação do solo referente as classes avaliadas, podendo ser visto na figura 8, considerando para este as áreas arborizadas, construídas e pavimentadas do bairro, o mapa referente a esta figura encontra-se no Apêndice 5.

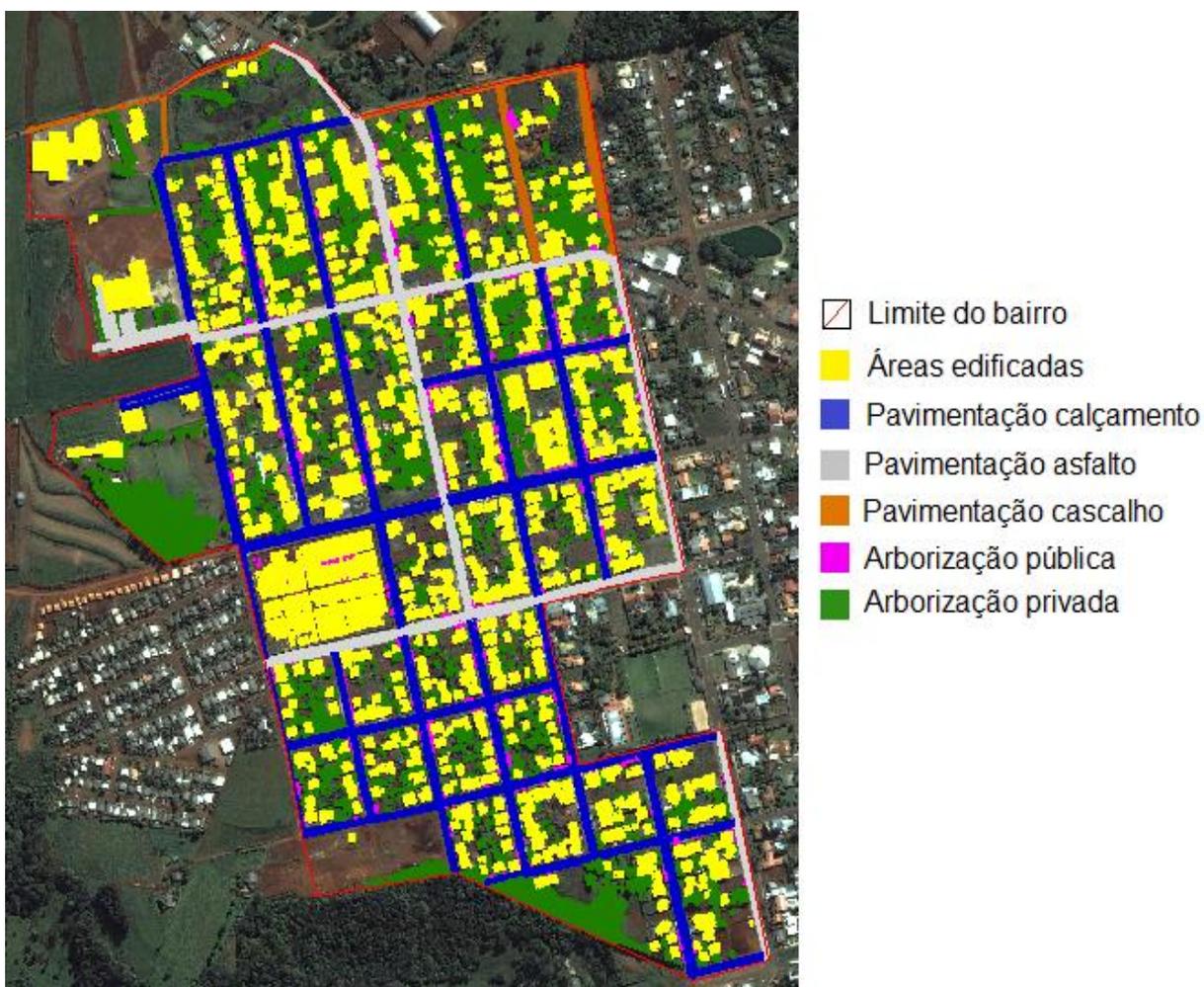


Figura 8 – Identificação de todas as feições vetorizadas do Bairro São Francisco de Assis.

Fonte: O autor (2014).

Essas feições são caracterizadas pelas classes de arborizações públicas e privadas, pelas áreas edificadas e pelas áreas pavimentadas com asfalto, calçamento e cascalho. Representam 334.552,59m² da área total do bairro, ou

44,83% da ocupação do solo esta relacionada a estas 3 grandes classes, vegetação, edificações e pavimentações.

6 CONCLUSÃO

Foram elaborados mapas, tabelas, calculados índices a partir da vetorização manual feita na imagem orbital, desta maneira imagens obtidas através de sensores remotos, mostram-se de grande auxílio na gestão territorial urbana, economizando tempo, poupando gastos com grandes equipes a campo a fim de uma quantificação acurada das áreas verdes urbanas e outras feições de interesse.

Pôde-se com a imagem orbital com boa resolução espacial (0,6m) e resolução radiométrica de 8 bits identificar e classificar as feições que nela estavam representadas com um erro admitido pela resolução da imagem. Para o analista humano, que identifica e vetoriza as feições, quanto melhor a resolução da imagem, mais acurados ficam os resultados, mostrando que as técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento são viáveis e úteis para o cômputo da arborização nas cidades. A presente imagem mostrou-se satisfatória e suficiente para o cômputo das áreas verdes urbanas.

Observa-se que no quesito áreas verdes o Bairro São Francisco de Assis está consideravelmente servido, sendo que este possui uma área de 100.981,86m² de vegetação arbórea e arbustiva, ou 13,53% da área total do Bairro, porém quando se isola apenas a arborização pública, nota-se um problema, esta representa apenas 7,7% deste total da vegetação, obtendo um baixo IAV (Índice de Área Verde) apenas 4,11m²/hab.

Há um potencial de investimento por parte da gestão pública na arborização principalmente das calçadas deste Bairro, sendo que existe um déficit de 798 indivíduos florestais, considerando que a cada 15m pode ter um componente arbóreo de médio ou grande porte, podendo esta vegetação quando implantada trazer muitos benefícios a população como: uma efetiva purificação do ar, aumento da umidade no microclima, sombreamento amenizando as altas temperaturas, barreira contra o pó vindo das áreas pavimentadas, além do embelezamento e valorização dos imóveis que pertencem a este bairro.

A arborização privada principalmente está distribuída de forma homogênea pelo bairro, esta existe em maior quantidade e está localizada dentro dos lotes dos moradores, não possuindo grandes acúmulos de vegetação em áreas específicas, mas sim uma distribuição por quase todo o perímetro do bairro.

No caso da arborização pública nota-se que existem quadras que não possuem nenhuma vegetação desta classe, assim como a grande maioria das quadras do bairro podem ser potencialmente arborizadas.

Quando se pensa em implantar qualquer projeto florestal tem-se que fazer planejamento a médio e longo prazo evitando que problemas futuros venham acontecer, como o plantio de espécies florestais com raízes superficiais que podem acabar quebrando calçadas ou pavimentações, assim como indivíduos arbóreos que possuam baixas ramificações, dificultando o tráfego de pedestres nas calçadas e automóveis nas vias.

Lembra-se também que a arborização destas calçadas deve ser feita com devidas precauções técnicas e com um planejamento adequado, com espécies florestais indicadas para o mesmo, indica-se um profissional capacitado para sanar os baixos índices de arborização pública, que tenha atribuição para fazer o mesmo, evitando desta maneira futuros problemas e transtornos.

Para o sucesso de um projeto de arborização urbana também há necessidade da utilização de mudas de qualidade, rustificada e com grande porte, acima de 1,8 metros de altura, para o plantio dentro de centros urbanos, o que faz necessário um viveiro de qualidade que possa atender essa exigência para o município.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVAREZ, Ivan André. **Qualidade do espaço verde urbano: uma proposta de índice de avaliação**. Piracicaba - SP: Esalq - USP. Tese de Doutorado, 2004, 209p.

BARGOS, Danúbia Caporusso; MATIAS, Lindon Fonseca. **Áreas verdes urbanas: um estudo de revisão e proposta**. Piracicaba - SP: REVSBAU – Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana, 2011.

BOTELHO, Mosar Faria. **Modelagem tridimensional de edificações usando dados do sistema laser scanner e imagem orbital de alta resolução espacial**. Curitiba - PR: Tese de Doutorado - Universidade Federal do Paraná, 2007, 142p.

BRUN, Flávia Gizele Köning; SILVA Demóstenes Ferreira Filho. **Apostila didática de silvicultura urbana**. Piracicaba - SP: lab. De Silvicultura Urbana/Esalq-USP, 2010, 125p.

DOIS VIZINHOS. **Portal do município de Dois Vizinhos**. Disponível em: <http://www.doisvizinhos.pr.gov.br>. Acesso em 25/06/2014.

DUARTE, Douglas Ambiel Barros Gil; FILHO ZIANTONIO, Valter Luiz. **Índice de área verde para o município de Timburi – SP**. Porto Alegre - RS: XVI Encontro Nacional de Geografos, 2010.

FITZ, Paulo Roberto. **Geoprocessamento sem complicação**. São Paulo - SP: Editora Oficina de Textos, 2010, 160p.

FRANÇA, Andreia Maria da Silva; SANO, Edson Eyji. **Mapeamento de áreas de Campo Limpo Úmido no Distrito Federal a partir de fusão de imagens multiespectrais**. Uberlândia - MG: Revista Sociedade & Natureza, 2011, 197-209p.

GOMES, Marcos Antonio Silvestre. SOARES, Beatriz Ribeiro. **A vegetação nos centros urbanos: considerações sobre espaços verdes em cidades médias brasileiras**. Rio Claro - SP: Estudos geográficos Unesp, 2003, 19-29p.

GONÇALVES, Wantuelfer; PAIVA, Haroldo Nogueira. **Silvicultura urbana: implantação e manejo**. Viçosa - MG: Editora Aprenda Fácil, 2006, 201p.

HARDER, Isabel Cristina Fialho; RIBEIRO, Roberval de Cássia Salvador; TAVARES, Armando Reis. **Índices de área verde e cobertura vegetal para as praças do município de Vinhedo, SP**. Viçosa - MG: Revista Árvore, 2006, 277-282p.

HOTT, Marcos Cicarini; GUIMARÃES, Marcelo; MIRANDA, Evaristo Eduardo. **Um método para a determinação automática de áreas de preservação permanente em topos de morros para o Estado de São Paulo**. Goiânia - GO: XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Inpe, 2005, 3061-3068p.

JESUS, Silvia Cristina; BRAGA, Roberto. **Análise espacial das áreas verdes urbanas da estância de água de São Pedro – SP**. Uberlândia - MG: Revista Caminhos da Geografia – UFU, 2005.

LOBODA, Carlos Roberto; DE ANGELIS, Bruno Luiz Domingos. **Áreas verdes públicas urbanas: conceitos, usos e funções**. Guarapuava - PR: Ambiência – Revista do Centro de Ciências Agrárias e Ambientais, 2005, 126-139p.

MAGALHÃES, Luiz Mauro Sampaio. **Funções e estrutura da cobertura arbórea urbana**. Rio de Janeiro - RJ: EDUR, 2004, 73p.

MATOS, Eloina; QUEIROZ, Luciano Paganucci. **Árvores para cidades**. Salvador - BA: Ministério Público do Estado da Bahia: Solisluna, 2009, 339p.

MENESES, Leonardo Figueiredo; FIGUEIREDO, Elaine Cristina Teixeira Pedrosa; LEITE, Eugênio Pacelli Fernandes. **Ortorretificação de fotografias aéreas de pequeno formato obtidas com câmara digital convencional**. Recife - PE: II Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologia da Geoinformação, 2008.

MONICO, João Francisco Galera. **Posicionamento pelo GNSS: descrição, fundamentos e aplicação**. 2ed. São Paulo - SP: Editora UNESP, 2008, 471p.

NOVO, Evlyn de Moras. **Sensoriamento remoto: princípios e aplicações**. 3ed. São Paulo - SP: Blucher, 2008, 363p.

PAIVA, Haroldo Nogueira; GONÇALVES, Wantuefler. **Silvicultura urbana: implantação e manejo**. 2ed. Viçosa - MG: Aprenda Fácil, 2012, 222p.

SCHUCH, Mara Ione Sarturi. **Arborização urbana: uma contribuição à qualidade de vida com uso de geotecnologias**. Santa Maria – RS: Dissertação de Mestrado - Universidade Federal de Santa Maria, 2006, 101p.

SHIMABUKURO, Yosio Edemir; MAEDA, Eduardo Eiji; FORMAGGIO, Antonio Roberto. **Sensoriamento Remoto e Sistemas de Informações Geográficas aplicados ao estudo dos recursos agrônômicos e florestais**. Viçosa - MG: Revista Ceres, 2009, 399-409p.

SILVA, Aderbal Gomes; PAIVA, Haroldo Nogueira; GONÇALVES, Wantuelfer. **Avaliando a arborização urbana**. Viçosa - MG: Editora Aprenda Fácil, 2007, 346p.

SILVA, Raquel Radde. **Aplicação de imagens orbitais de alta resolução espacial no cadastro técnico rural multifinalitário**. Porto Alegre - RS: Dissertação de Mestrado, UFRS, 2007.

APÊNDICES

Apêndice 1 – Mapa da divisão das quadras do Bairro São Francisco de Assis.

Apêndice 2 – Mapa da arborização pública do Bairro São Francisco de Assis.

Apêndice 3 – Mapa da arborização pública e privada do Bairro São Francisco de Assis.

Apêndice 4 – Mapa das áreas edificadas e pavimentadas do Bairro São Francisco de Assis.

Apêndice 5 – Mapa com todas as feições vetorizadas para o Bairro São Francisco de Assis.