

Quantificação da arborização urbana viária de Campinas, SP

Ivan André Alvarez¹
Bruna Cristina Gallo²

Introdução

A arborização urbana compreende parques, praças, jardins, bosques, fragmentos florestais, arborização particular e arborização viária, e é responsável por oferecer grandes benefícios à qualidade de vida da população das cidades. A arborização viária, em especial aquela que é disposta em calçadas, canteiros centrais e rotatórias, pode ser um grande entrave para o desenvolvimento sustentável das cidades caso não seja bem manejada. À medida que o adensamento urbano aumenta, o comércio se expande e a frota de automóveis atinge números astronômicos, calçadas são rebaixadas e as vias têm que ser ampliadas: reduz-se o espaço necessário à presença de árvores. Portanto, a gestão qualificada das árvores é primordial para a sustentabilidade das cidades.

Arborização em Campinas

Campinas é uma cidade com um passado de arborização positivo, com a utilização de um bom número de espécies, entre elas as que propiciam maiores benefícios ecológicos por serem de porte

médio ou alto. Porém, hoje a cidade não é diferente de nenhuma outra metrópole. Com o crescimento urbano, ela vem perdendo espaços verdes, inclusive de arborização viária. A rápida implantação de condomínios e loteamentos que não obedecem fielmente as leis de uso e ocupação do solo resulta na redução do verde da cidade. Santin (1999) já destacou que o poder público não tem tomado os devidos cuidados na aprovação de novos condomínios, comprometendo, dessa forma, a distribuição da vegetação.

Por outro lado, Campinas é reconhecida pela presença marcante de uma reserva florestal em área urbana, a de Santa Genebra, além de alguns fragmentos nativos dentro e próximo da área urbana, elementos essenciais ao microclima da cidade, mas que dependem de seu entorno para a manutenção da biodiversidade e para haver menor efeito de borda. Nesse caso, a arborização viária pode ser utilizada como forma de implantar corredores ecológicos para conexão desses fragmentos entre si, propiciando o fluxo gênico das espécies.

¹ Engenheiro Agrônomo, Doutor em Fitotecnia, pesquisador da Embrapa Monitoramento por Satélite, Campinas-SP, ivan.alvarez@embrapa.br

² Graduanda em Engenharia Ambiental, estagiária, PUC Campinas, Campinas-SP, Gall.bruna.alvarez@gmail.com

Nota-se que o desafio do planejamento dos espaços verdes urbanos é conseguir quantificá-los e relacioná-los com outras variáveis de interesse no que se refere ao bem-estar humano. Tais informações serviriam de subsídio para planejar ações sustentáveis, como o manejo adequado dos espaços verdes, sua ampliação utilizando os espaços vazios, e a preservação da biodiversidade de fauna e flora (ALVAREZ, 2004).

Considerando arborização viária como um caso particular da arborização urbana ou floresta urbana, para fazer um diagnóstico de seus benefícios é necessário levar em conta os mesmos parâmetros que os de outros espaços verdes, tais como a importância da manutenção da biodiversidade de fauna e flora nativas, o conforto climático, a interceptação de água da chuva e outros.

Estudos sobre florestas urbanas em Campinas enfocaram somente fragmentos de matas nativas (CIELO FILHO, SANTIN, 2002; GOMES et al., 2005; SANTIN, 1999). Embora o inventário da arborização seja um importante auxílio no planejamento da administração municipal, existe apenas um inventário para árvores viárias de um bairro (AGUIRRE, 2008) e nenhum estudo que se refira à cidade de Campinas como um todo. Portanto, este estudo é inédito no sentido de fazer um levantamento da arborização urbana do município como um todo.

Geotecnologias e arborização

Nos levantamentos arbóreos como forma de subsídio para planos governamentais, o inventário total de árvores é extremamente trabalhoso de ser feito in loco. Para facilitar a observação da presença de árvores e de suas características, abreviando o tempo de pesquisa, as ferramentas de geoprocessamento são utilizadas para obter resultados mais rápidos e mais confiáveis, pois criam possibilidades de exploração de conhecimentos científicos diversos para produzir uma análise ambiental e social.

Alvarez et al. (2010) usaram dados digitais de sensores remotos (técnicas de videografia e fotografia) para identificar a cobertura vegetal de um bairro de Piracicaba, e obtiveram alguns dos índices de vegetação desenvolvidos para obter informações biofísicas das plantas. Os índices

utilizados foram o índice de cobertura vegetal em áreas urbanas (ICVAU) e o índice de verde por habitante (IVH), que comprovaram ser válidos quando confrontados com o censo do bairro.

Algumas peculiaridades da superfície terrestre podem ser visualizadas por meio da interpretação de imagens, o que permite estabelecer relações dinâmicas sobre a ocupação do solo. Aplicando-se essa técnica ao estudo da vegetação com a finalidade de fazer o manejo da paisagem urbana é possível extrair parâmetros métricos informativos da paisagem, como fragmentação, diversidade de Shannon, padrões de atributos biofísicos, polígonos de vegetação (número, área total, tamanho, perímetro, forma, distância entre si, etc.), aliados às informações quantitativas sobre as árvores viárias.

O uso de técnicas de geoprocessamento possibilita, portanto, realizar o inventário da arborização viária de Campinas por meio da análise e do tratamento da imagem utilizada. Um exemplo de como o uso da base de dados de inventários de vegetação pode ser útil como ferramenta essencial foi o realizado por McDermid et al. (2009) para avaliar habitats de vida selvagem no centro-oeste de Alberta, Canadá.

Censo e amostragem estratificada

A quantificação e a qualificação da arborização urbana feita por meio de inventários podem ser realizadas por amostragem ou censo, sendo que este último só se justifica para análise quantitativa (NUNES, 1992).

O termo "censo" em arborização urbana normalmente é utilizado para designar o levantamento total praticado em campo, mas também pode ser usado quando se refere ao levantamento total feito por imagem, como explica Dekker (2001) sobre técnicas de levantamento censitário.

Para fazer o censo por meio da imagem, é necessário verificar a verdade em campo; a amostragem pode ser utilizada como forma de validar os dados da imagem. Quando se trata da arborização viária, a amostragem pode considerar os quarteirões e o número de árvores por quilômetro linear (ALVAREZ et al., 2005).

A utilização de técnicas de amostragem constitui procedimento de significativa eficiência para a avaliação de ruas quando são conhecidos os limites e as características de sua população de árvores e é estabelecida a precisão desejada. Procedimentos de amostragem aleatória que usam unidades amostrais retangulares e número de árvores por quilômetro de calçada arborizada como variável principal mostraram resultados significativos na avaliação da arborização de ruas, como demonstraram Alvarez et al. (2005). Contudo, a heterogeneidade de uma população pode levar a erros amostrais quando é realizada a amostragem aleatória.

A estratificação utilizada como tipo de amostragem aumenta a precisão do levantamento em caso de extrapolação para a totalidade da população, uma vez que são levadas em consideração as peculiaridades do local. A população pode ser dividida em subpopulações que sejam homogêneas isoladamente. Essa divisão em camadas é chamada de estrato (COCHRAN, 2007).

Couto (1994) relata que a amostragem estratificada pode ser muito útil para o levantamento da arborização urbana. Os estratos podem ser o bairro ou a densidade de ruas ou, ainda, um conjunto de quadras, de acordo com o fator pelo qual se opta para agrupar as unidades amostrais na formação desse estrato.

Para se obter um resultado coerente com a realidade, os estratos devem ter homogeneidade, de maneira que os valores medidos não devem variar muito de uma unidade para outra. Dessa forma, pode-se obter o valor médio de árvores num estrato qualquer mediante uma pequena amostra desse estrato. Segundo Cochran (2007), esses dados podem ser combinados para constituir uma estimativa precisa do conjunto da população de árvores. A opção pelo tipo de amostragem a ser realizada vai depender de um diagnóstico prévio do local a ser estudado. Segundo Milano (1992), é necessário conhecer tanto a quantidade quanto a distribuição da vegetação no meio urbano, sua situação em termos de propriedade e suas características de qualidade.

Alvarez et al. (2005), em estudos comparativos entre amostragem aleatória e amostragem estratificada, mostraram que há necessidade de estabelecer critérios para o agrupamento dos

quarteirões em estratos que sejam confiáveis e estejam baseados no conhecimento da área.

A estratificação pode não ser um método adequado para arborização urbana, pela variedade de situações e casualidades dos fatores preponderantes na presença ou ausência de árvores em uma cidade. Contudo, se ela for embasada em critérios bem coerentes com a realidade e que se baseiem num conhecimento prévio, é possível ter sucesso na estimativa dos dados totais de um inventário.

Material e Métodos

Neste trabalho, foram utilizadas técnicas de geoprocessamento em imagens de alta resolução espacial para se obter o número de árvores totais no sistema viário do município (calçada, canteiro central e rotatória) de Campinas, englobando a arborização de responsabilidade pública municipal e excluindo condomínios e árvores do interior dos terrenos. A unidade estudada foi o agrupamento de bairros, denominado unidade territorial básica (UTB). Uma UTB pode compreender um ou mais bairros.

A densidade de árvores foi obtida por meio do censo da imagem e expressa em árvore por quilômetro linear de calçada. O número final por quarteirão foi agrupado em nove classes de densidade, as quais foram validadas em campo por meio de amostragem. O número de quarteirões suficientes por classe (estrato) foi definido a partir do teste de suficiência amostral. Posteriormente, os dados foram levantados em campo e confrontados com os dados obtidos pela imagem. O erro foi calculado e utilizado para estimar o número total de árvores.

Resultados e Discussão

O número total encontrado para a arborização urbana viária do Município de Campinas foi de 120.730 árvores, excluídas as mudas. Caso sejam incluídas as mudas juntamente com as árvores, os arbustos e as palmeiras, o número a ser considerado é de 127.367. Contudo, há um risco de inclusão das mudas, pois não há garantia de que elas efetivamente terão sucesso no pagamento. Portanto, para o número final da arborização, foram considerados os indivíduos arbóreos efetivamente implantados na área urbana.

As tabelas a seguir mostram os dados da arborização e do número de habitantes por árvore nas UTBs.

Tabela 1. Número de árvores por quilômetro e habitantes por árvore das unidades territoriais básicas (UTB) mais arborizadas.

| Mais arborizadas | | | |
|-------------------------------------|---------|-----------|-----------|
| UTB | Arv./km | Arv./hab. | hab./arv. |
| Cidade Universitária | 48,9762 | 0,6093 | 2 |
| Centro / Barão | 48,4915 | 0,3204 | 3 |
| Joaquim Egídio | 44,0888 | 0,5075 | 2 |
| Real Parque | 43,2769 | 0,2508 | 4 |
| Vila Brandina | 42,3422 | 0,2960 | 3 |
| Pq. das Universidades, Sta. Cândida | 41,9769 | 0,6076 | 2 |
| Nova Campinas | 39,7974 | 0,3865 | 3 |
| Chapadão | 34,7289 | 0,2173 | 5 |
| Flamboyant | 34,4164 | 0,1716 | 6 |

Tabela 2. Número de árvores por quilômetro e habitantes por árvore das unidades territoriais básicas (UTB) menos arborizadas.

| Menos arborizadas | | | |
|--|----------|-----------|-----------|
| UTB | Arv./km | Arv./hab. | hab./arv. |
| Nova Aparecida, Pe. Anchieta | 5,359583 | 0,021431 | 47 |
| Centro | 5,679933 | 0,019706 | 51 |
| Distrito Industrial de Campinas e Mercedes | 7,610714 | 0,018464 | 54 |
| Carrefour, Galeria, FEAC | 7,627298 | 0,013388 | 75 |
| Campo Grande, Florence | 7,763116 | 0,03871 | 26 |
| Pq. Valença | 9,477937 | 0,041999 | 24 |
| Fazendinha, Sta. Bárbara | 10,13099 | 0,037084 | 27 |
| Jd. Fernanda, Campituba, Jd. Itaguaçu | 10,13228 | 0,034592 | 29 |
| Icaraí, Jd. das Bandeiras, Jd. São José | 12,02914 | 0,037611 | 27 |
| Jd. São Domingos, Jd. Campo Belo | 14,35469 | 0,068795 | 15 |

Os bairros mais arborizados e menos arborizados são representados pelas Figuras 2 a 5, nas quais o quarteirão amostrado é recortado da imagem do bairro e da área urbana do município.

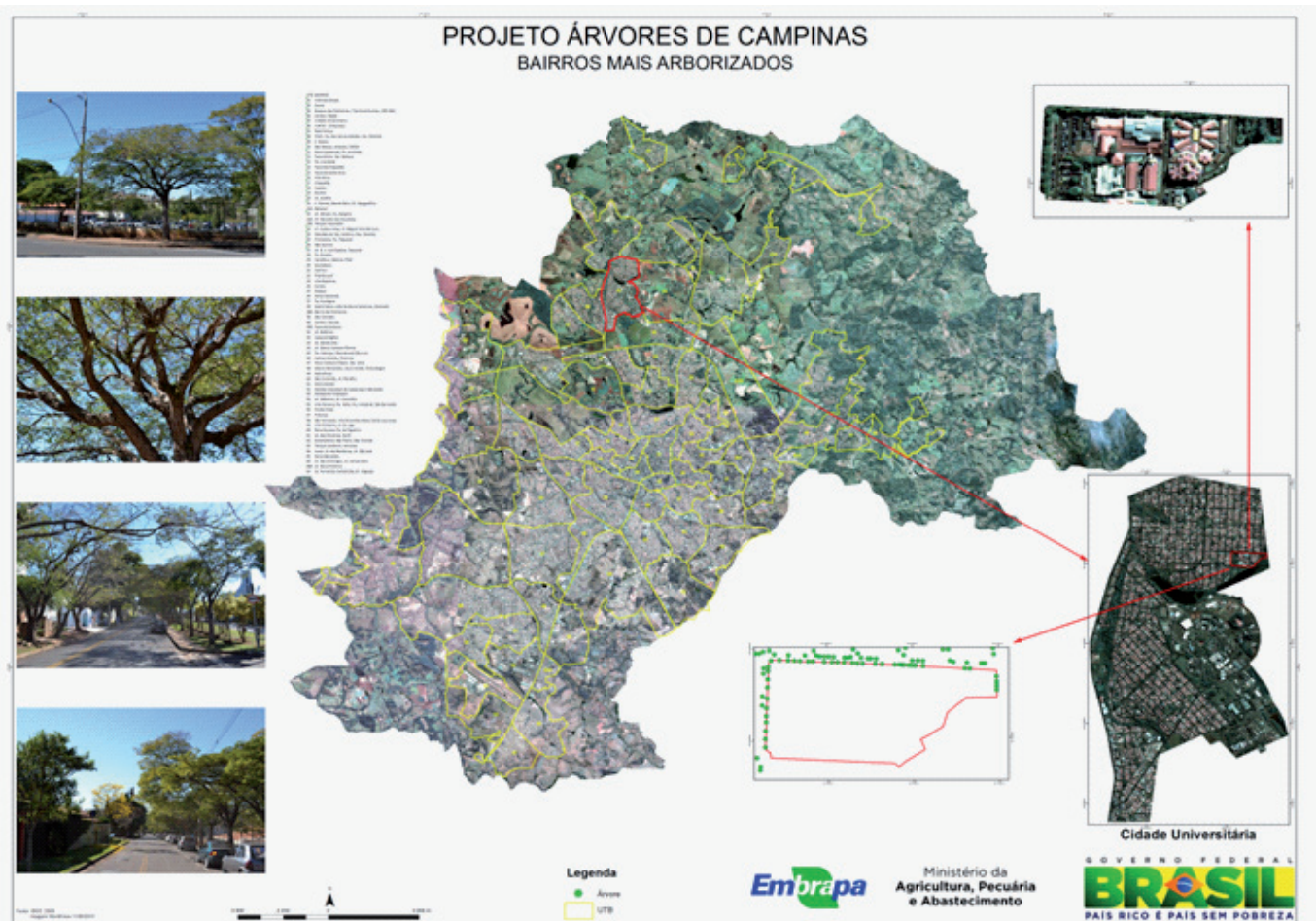


Figura 2. Representação de um quarteirão amostrado de uma UTB mais arborizada – Cidade Universitária.

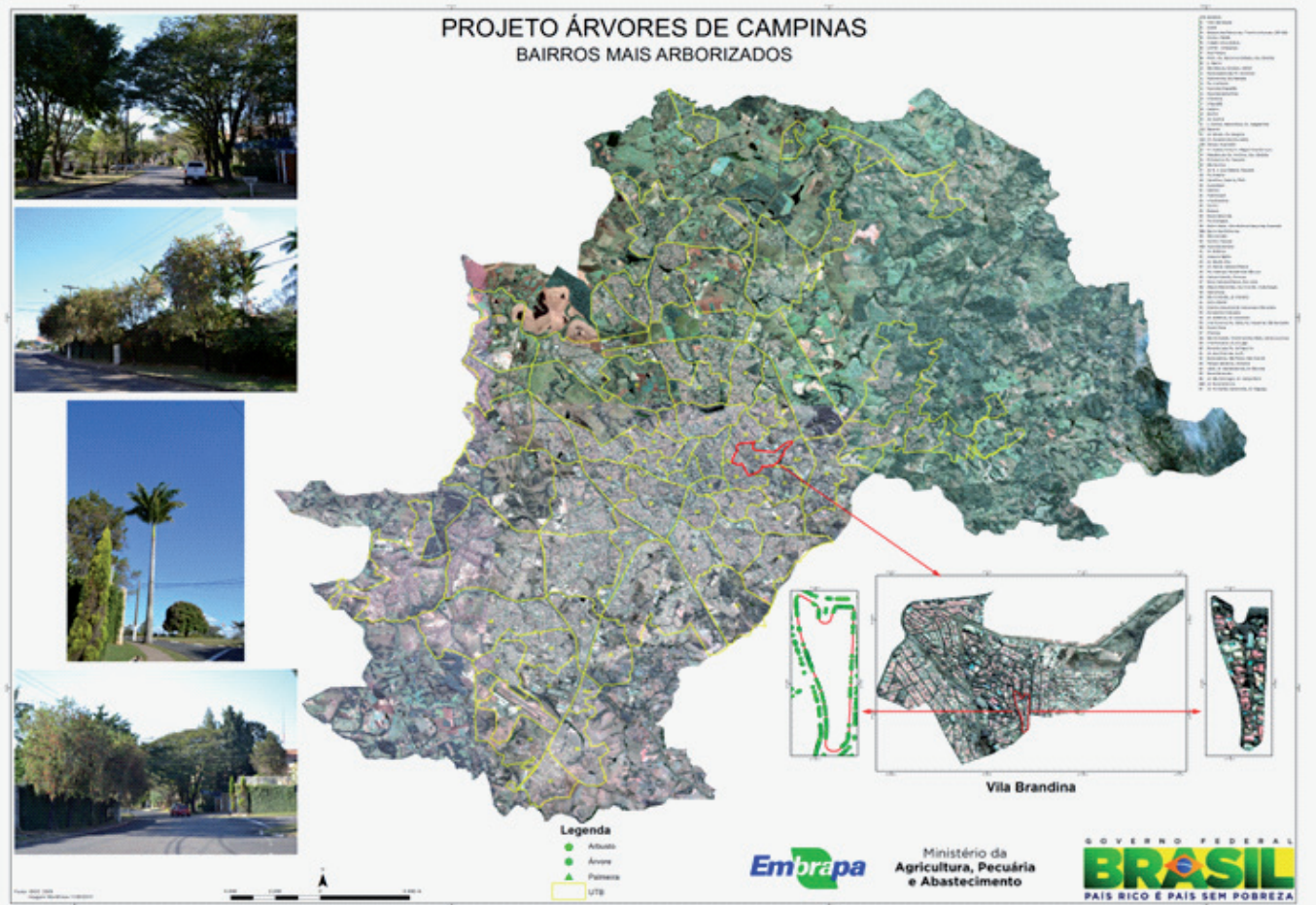


Figura 3. Representação de um quarteirão amostrado de uma UTB mais arborizada – Vila Brandina.

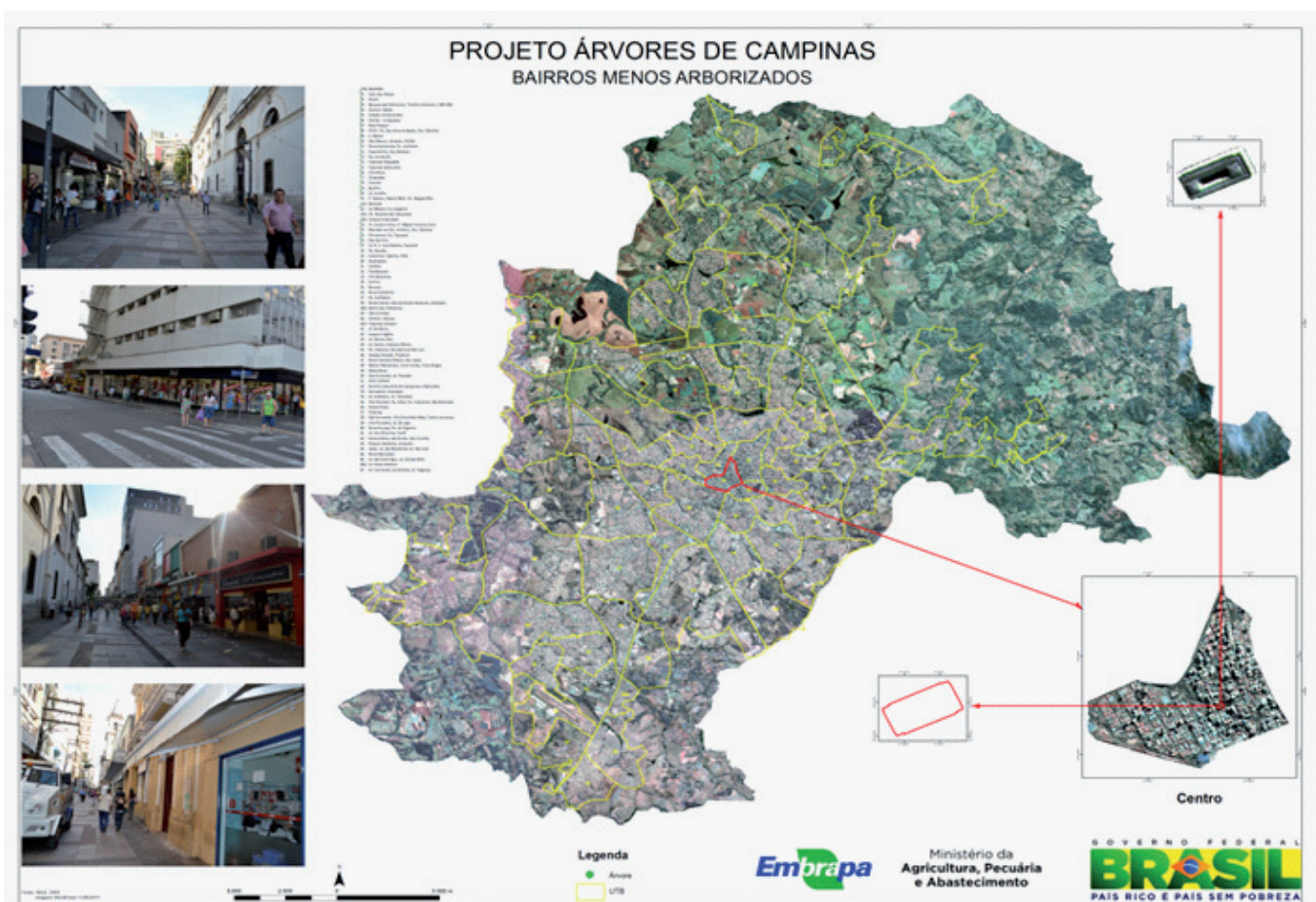


Figura 4. Representação de um quarteirão amostrado de uma UTB menos arborizada – Centro.

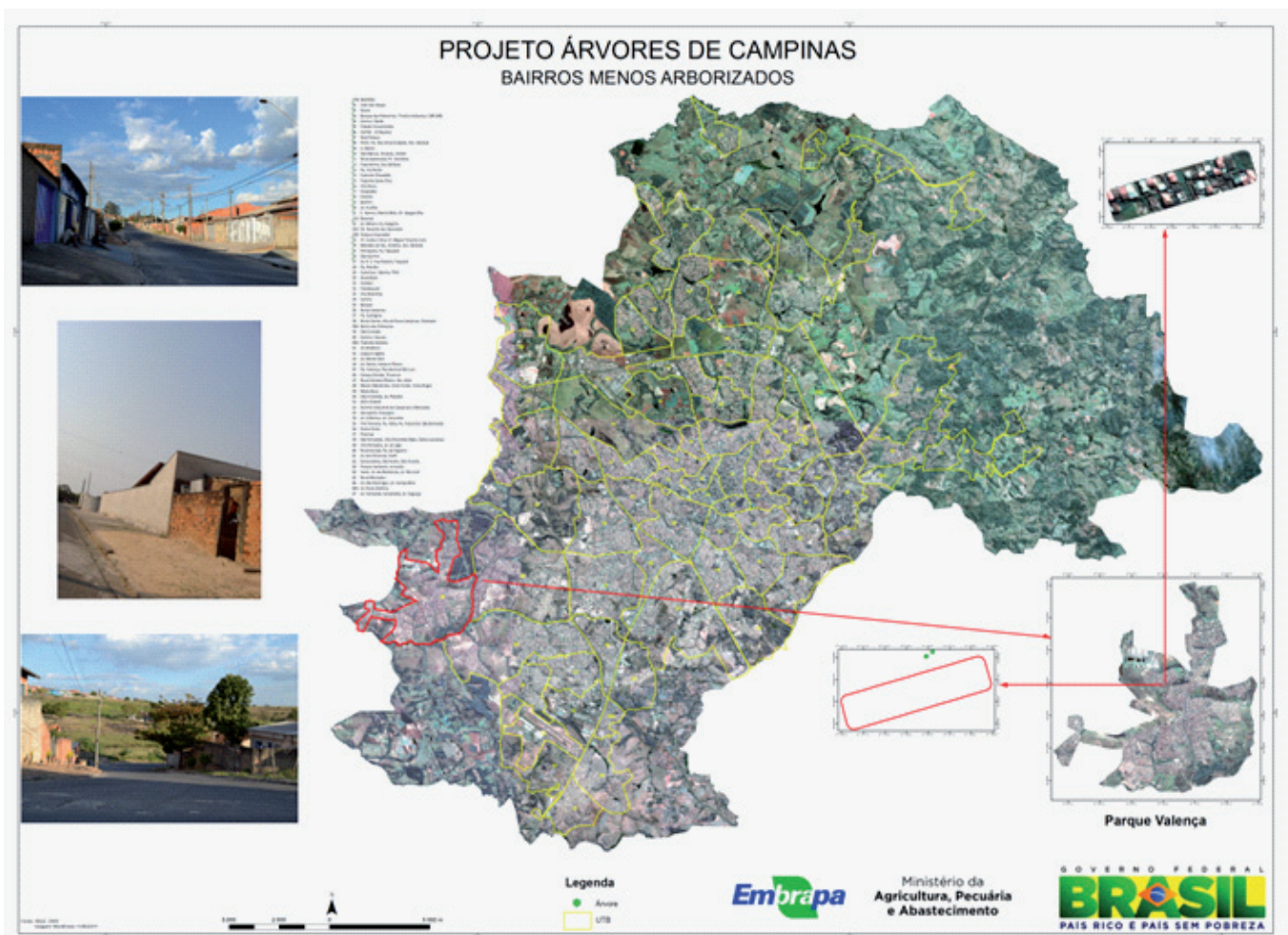


Figura 5. Representação de um quarteirão amostrado de uma UTB menos arborizada – Parque Valença.

Conclusão

O presente estudo mostrou que há grande variação na densidade de arborização entre os bairros da cidade de Campinas.

Agradecimentos

Ao pesquisador André Luiz dos Santos Furtado e a Fapesp pela utilização das imagens Wordview II do projeto “Patrimônio Cultural Rural Paulista: espaço privilegiado para pesquisa, educação e turismo”.

Ao Prof. Hilton Thadeu Zarate do Couto da Esalq/USP pelas sugestões.

Referências

- ALVAREZ, I. A.; SILVA FILHO, D. F.; COUTO, H. T. Z.; POLIZEL, J. L. Comparação entre videografia e fotografia aérea para diagnóstico da vegetação em ambiente urbano de Piracicaba, SP. **Revista Árvore**, v. 34, n. 4, 2010.
- ALVAREZ, I. A.; VELASCO, G. D.; BARBIN, H. S.; LIMA, A. M. L. P.; COUTO, H. T. Z. Comparison of two sampling methods for estimating urban tree density. **Journal of Arboriculture**, v. 31, n. 5, p. 209-214, 2005.
- ALVAREZ, I. A. **Qualidade do espaço verde urbano: uma proposta de avaliação**. 2004. 187f. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, SP.
- AGUIRRE, J. H. **Arborização viária como patrimônio municipal de Campinas/SP: histórico, situação e potencialidades no bairro Cambuí**. 2008. 121 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, SP.
- CIELO FILHO, R.; SANTIN, D. Estudo florístico e fitossociológico de um fragmento florestal urbano– Bosque dos Alemães, Campinas, SP. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 25, n. 3, p. 291 – 301, 2002.
- COCHRAN, W. G. **Sampling Techniques**. 3. ed. New York: John Wiley and Sons, 2007. 428 p.
- COUTO, H. T. Z. Métodos de amostragem para avaliação de árvores de ruas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARBORIZAÇÃO URBANA, 2.; ENCONTRO NACIONAL SOBRE ARBORIZAÇÃO URBANA, 5., 1994, São Luís, MA. **Anais...** São Luís, MA: Sociedade Brasileira de Arborização Urbana, 1994. p. 169-179.
- DEKKER, A. Adapting new technologies to census operations. In: SYMPOSIUM ON GLOBAL REVIEW OF 2000 ROUND OF POPULATION AND HOUSING CENSUSES: MID-DECADE ASSESSMENT AND FUTURE PROSPECTS, 2001, New York. **Proceedings...** New York, 2001.
- GOMES, J. A. M. A.; TORRESM, R. B.; BERNACCI, L. C. **Dinâmica da vegetação nativa de um fragmento urbano (Bosque dos Jequitibás, Campinas – SP)**. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas, Núcleo de Pesquisa e Desenvolvimento do Jardim Botânico, 2005. (Relatório).
- MCDERMID, G. J.; HALL, R. J.; SANCHEZ-AZOFEIFA, G. A.; FRANKLIN, S. E.; STENHOUSE, G. B.; KOBLIUK, T.; LEDREW, E. F. **Remote Sensing and Forest Inventory for Wildlife Habitat Assessment**. *Forest Ecology and Management* 257 (2009) 2262-2269. Canada, 2009.
- MILANO, M. S.; SARNOWISKI FILHO, O.; ROBAIO, J. A. M. Estudo comparativo de unidades amostrais utilizadas para inventário quali-quantitativo da arborização de rua em Curitiba. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE ARBORIZAÇÃO URBANA, 4., 1992, Vitória, ES. **Anais...** Vitória, ES: Sociedade Brasileira Urbana, 1992. p. 343-350.
- NUNES, M. L. Metodologias de avaliação de arborização urbana. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE ARBORIZAÇÃO URBANA, 4., 1992, Vitória, ES. **Anais...** Vitória, ES: Sociedade Brasileira de Arborização Urbana, 1992. p. 133-145.
- SANTIN, D. A. **A vegetação remanescente do município de Campinas (SP): mapeamento, caracterização fisionomia e florística visando a conservação**. 1999. 467 f. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) - Universidade Estadual de Campinas.

Comunicado Técnico, 30

Exemplares desta edição podem ser adquiridos na:

Embrapa Monitoramento por Satélite

Endereço: Av. Soldado Passarinho, 303 - Fazenda Chapadão, CEP 13070-115 Campinas, SP

Fone: (19) 3211-6200

Fax: (19) 3211-6222

E-mail: sac@cnpem.embrapa.br

1ª edição

Versão eletrônica (2012)

**Comitê de publicações**

Presidente: *Cristina Criscuolo*

Secretária-Executiva: *Bibiana Teixeira de Almeida*

Membros: *Daniel Gomes dos Santos Wendriner Loebmann, Fabio Enrique Torresan, Janice Freitas Leivas, Ricardo Guimarães Andrade, Shirley Soares da Silva e Vera Viana dos Santos*

Expediente

Supervisão editorial: *Cristina Criscuolo*

Revisão de texto: *Bibiana Teixeira de Almeida*

Normalização bibliográfica: *Vera Viana dos Santos*

Editoração eletrônica: *Shirley Soares da Silva*