

Avaliação do tecido urbano de Piracicaba- SP em dois momentos por meio de imagens aéreas multiespectrais de alta resolução

Francisco Martins de Almeida Rollo¹
Demóstenes Ferreira da Silva Filho¹
Hilton Thadeu Zarate do Couto¹
Jefferson Lordello Polizel¹
Danilo Mizuta¹
Leandro Passarini¹
Ramon Gustavo Santos Garcia¹
Paulo Guilherme Molin¹
Elder Stival Cezaretti¹
André Giovanini de Oliveira Sartori²
Arlet Maria de Almeida³

¹Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”- ESALQ/USP
Departamento de Ciências Florestais
Avenida Pádua Dias, nº11. Bairro Agronomia – Piracicaba – SP.
rollo1982@hotmail.com
{dfsilva, htzcouto, jlpolize, dmizuta, lpassari, ramon, molin, elder}@esalq.usp.br

²Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho – UNESP
Av. 24 A, n. 1515 – Rio Claro – SP.
andreasartori@yahoo.com.br

³IPLAPP- Instituto de Pesquisa e Planejamento de Piracicaba, Prefeitura Municipal de Piracicaba
Rua Antonio Correa Barbosa, nº 2233 – Piracicaba –SP.
ama@iplapp.com.br

Abstract: High resolution multispectral images is a very important tool in remote sensing projects. Recent research shows satisfactory results to its use in urban fabric studies, validating its application in urban planning projects. Because the urban fabric is in constant change, new inventories must be made in order to update the data. This paper used supervised classifications to analyze the fabric urban of nine neighborhoods of the central region of Piracicaba-SP, Brazil by videographic scenes of 2003 and 2005. These neighborhoods presented reduction of tree covering area, with increment of impermeable area, reducing the quality of the urban forest of those neighborhoods. Public politics must be implemented in order to preserve and expand the urban forest of the central area of the city.

Palavras-chave: remote sensing, airborne multispectral videography, urban fabric, image processing sensoriamento remoto, videografia aérea multiespectral, tecido urbano, processamento de imagens.

1. Introdução

As cidades estão em constante mudança. A população evolui, novas tendências urbanísticas surgem, aspectos econômicos ajudam a definir esse dinamismo e trazem para os gestores públicos urbanos o grande desafio de atualizar dados para definição de políticas públicas. Atualmente as diferentes técnicas de sensoriamento remoto são de grande valia para estudo e qualificação de áreas urbanas, bem como para a correta tomada de decisão por parte dos gestores públicos.

Dentre as técnicas de sensoriamento remoto existentes, a videografia aérea multiespectral de alta resolução permite o levantamento de um grande volume de informações em curto espaço de tempo e a custos relativamente baixos quando comparados aos custos de outras técnicas.

Apesar de sua grande popularidade em países como os Estados Unidos da América, no Brasil é pouco difundida, mas de uso crescente em função de sua ampla gama de aplicações. Segundo Moreira (2003), um dos primeiros estudos com o emprego de videografia no país foi realizado em Manaus em 1997, com o objetivo de verificar a capacidade de obtenção de dados biofísicos da floresta para calibração de dados orbitais. Nesta mesma época, estudos com videografia foram realizados em Piracicaba-SP em pesquisas voltadas à agricultura de precisão e aplicações florestais (Couto et al., 2000).

Até o presente momento, existem poucos trabalhos com a aplicação de videografia em áreas urbanas tanto no Brasil quanto em outros países. Sacamano et al. (1995) desenvolveram testes entre diversos tipos de fotografias aéreas e imagens de videografias analógicas e digitais com a intenção de identificar os meios mais econômicos e precisos para a descrição e quantificação da floresta urbana local.

Silva Filho et al. (2005) avaliaram a floresta urbana e o tecido urbano como um todo de nove bairros do município de Piracicaba-SP por meio do emprego de videografia, utilizando para tal a metodologia de classificação supervisionada.

A classificação supervisionada utiliza algoritmos cujo reconhecimento dos padrões espectrais na imagem se faz com base numa amostra de área de treinamento (treinador), que é fornecida ao sistema de classificação pelo analista.

Por meio das classes identificadas no treinador, são determinados valores centrais e a variabilidade em cada banda e cada classe do treinador. Esta informação permite ao processo determinar a probabilidade de uma dada célula de um pacote de bandas pertencer a uma determinada classe do treinador (Moreira, 2003).

Por meio da construção de uma matriz de erro é possível utilizar-se de técnicas de análise multivariada para determinar a concordância da classificação (mapeamento temático) com a verdade de campo. A grande vantagem dessa estatística é a inclusão no coeficiente Kappa de todos os elementos da matriz de erro e não somente os elementos da diagonal principal, como no caso da exatidão geral (Congalton, 2001; Moreira, 2003).

Vale a pena destacar que os estudos de sensoriamento remoto realizados em áreas urbanas necessitam de atualizações, pois o tecido urbano é dinâmico. Novas edificações são erguidas, ocupando espaços até então permeáveis, ruas são pavimentadas, fazendo com que os dados obtidos estejam, em pouco tempo, defasados. Por esse fato, novos inventários precisam ser realizados regularmente, possibilitando desta forma interpretações precisas e atuais a respeito do tecido urbano. Myeong et al. (2006) utilizaram imagens do satélite Landsat para análise temporal de seqüestro de carbono em floresta urbana, utilizando imagens de 1985, 1992 e 1999. Xian e Crane (2006) utilizaram análise temporal para estudo de características termiais das cidades de

Las Vegas (imagens de 1984 e 2002) e Tampa Bay (imagens de 1994-1995 e 2002), também com imagens do satélite Landsat. Silva Filho (2006) utilizou análise temporal com o objetivo de obter imagens videográficas com maior resolução espacial, permitindo melhores interpretações do tecido urbano.

Este trabalho tem por objetivo avaliar as transformações temporais ocorridas no tecido urbano de nove bairros centrais do Município de Piracicaba-SP, utilizando para tal classificações supervisionadas realizadas em cenas destes bairros nos anos de 2003 (Silva Filho, 2004) e 2005, com o intuito de atualizar as informações existentes a respeito da área central do Município e estudar possíveis transformações ocorridas na composição do tecido urbano.

2. Materiais e Métodos

2.1 Localização Geográfica do Município

O Município de Piracicaba situa-se entre as coordenadas geográficas 22°42' de latitude Sul e 47°38' de longitude Oeste de Greenwich. Em linha reta, dista 138 Km da capital do Estado, São Paulo e está a 540 metros de altitude (IBGE, 2002).

2.2 Descrição do Método

Como método de trabalho, executou-se, a coleta de dados, por meio de videografia aérea de alvos intra-urbanos. Foram escolhidos para análise bairros da região central do município de Piracicaba, sendo eles: Clube de Campo, Nova Piracicaba, Cidade Jardim, Vila Rezende, Areão, Jardim Monumento, Centro, Cidade Alta e São Dimas.

Duas seções de sobrevôos foram realizadas para a coleta de dados. A primeira seção foi realizada nos dias quinze, dezessete de maio e dezanove de julho de 2003, todos entre 10:40 h e 12:00 h. O tempo total dos sobrevôos foi de 2 horas e vinte minutos. A segunda seção foi realizada nos dias quatro e seis de agosto de 2005 entre 11:30 e 14:15 e 11:30 e 13:31, respectivamente. Os sobrevôos de 2003 foram realizados a altitude média de 1500 metros, enquanto o sobrevôo de 2005 foi realizado a 2800 metros. Os planos de vôo de 2003 e 2005 foram diferentes, impossibilitando a obtenção de cenas contendo idênticas áreas para a classificação supervisionada.

Para montagem do sistema foi utilizada uma câmera digital multiespectral colorida, com resolução de imagem de 1384 x 1036 pixels, apta para capturar imagens na faixa do espectro visível e do infravermelho próximo (400-1100 nm). Para a fixação do equipamento foi utilizado suporte em abertura localizada no piso de um avião monomotor.

Para o georreferenciamento e correção geométrica das imagens foram coletadas as coordenadas de pontos de apoio no terreno, por meio de um receptor GPS topográfico. Os dados coletados foram corrigidos diferencialmente, em pós-processamento, pelos dados de estação base. Análises de pixel foram elaboradas para determinação dos valores dos níveis de cinza (NC). Os valores de NC foram obtidos para as faixas "R" (infravermelho próximo), "G" (vermelho) e "B" (parte do azul e todo o verde), utilizando-se o programa de geoprocessamento TNT Mips nas versões 6.6 (sobrevôo de 2003) e 7.2 (sobrevôo de 2005).

2.2.1 Elaboração de Classificação Automática Supervisionada

Utilizou-se para a classificação supervisionada das cenas o algoritmo da máxima verossimilhança. Como base geral para classificação supervisionada utilizou-se ortofoto

digitalizada dos bairros, fornecida pela Prefeitura de Piracicaba e elaborada no ano de 2000. Esta ortofoto possui alta qualidade do ponto de vista fotogramétrico e ótima resolução espacial, possibilitando a identificação visual dos alvos intra-urbanos para a confecção dos treinadores e auditores da classificação automática supervisionada. Essa imagem serviu também para a medição da área dos bairros imageados, bem como para a determinação de seus limites espaciais. Para dirimir dúvidas de alguns alvos foram feitas averiguações nos locais imageados para conferência da classificação.

Para avaliar estatisticamente a exatidão do mapeamento temático utilizou-se a estatística Kappa extraída de matriz de erro obtida pelo programa de geoprocessamento TNT Mips nas versões 6.6 (censo de 2003) e 7.2 (censo de 2005), conforme descrito em Landis e Koch (1977) e Moreira (2003). A estatística Kappa pode ser obtida por meio das equações:

$$K = \frac{P_o - P_c}{1 - P_c} \quad (1) \quad P_o = \frac{\sum_{i=1}^M n_{ii}}{N} \quad (2) \quad P_c = \frac{\sum_{i=1}^M n_{i+} \cdot n_{+i}}{N^2} \quad (3)$$

Sendo P_o a exatidão geral; P_c , a proporção de unidades que concordam por casualidade; M , o número de classes presentes na matriz de erro; n_{ij} , o número de observações na linha i e coluna j ; n_{i+} e n_{+i} , os totais marginais da linha i e da coluna j , respectivamente; e N , o número total de unidades amostrais contempladas pela matriz. O valor da estatística Kappa, determinado por meio da equação (1), é comparado em classes de acurácia sendo que de 80% a 100% a classificação é reconhecida como excelente (Landis e Koch, 1977).

2.3 Forma de análise dos dados temáticos

Os dados obtidos com as classificações supervisionadas nas cenas de 2003 foram comparados com os dados obtidos por meio da classificação supervisionada das cenas de 2005.

Foram analisadas as classes de cobertura Copa de Árvores/Arbustos, Gramíneas/Herbáceas, além dos índices propostos por Silva Filho (2004) Espaço Livre Impermeável, Espaço Livre Permeável, Espaço Livre Vegetado e Espaço Construído. Foi analisado também o Índice de Floresta Urbana (IFU), um indicador para valorização de espaços arborizados relacionados com os outros constituintes do meio, tais como ruas, calçadas, quadras, casas e edifícios.

O Índice de Floresta Urbana é obtido por meio do cálculo:

$$IFU = PAI + PAC$$

Sendo que os índices PAI (proporção entre Espaço Arborizado e Espaço Livre Impermeável) e PAC (proporção entre Espaço Arborizado e Espaço Construído) podem ser obtidos por meio das seguintes fórmulas:

$$PAI = \frac{ELA}{(ELA + ELI)} \quad PAC = \frac{ELA}{(ELA + EC)}$$

Onde ELA representa o Espaço Livre Arborizado, ELI o Espaço Livre Impermeabilizado e EC o Espaço Construído.

Após análise inicial, comprovou-se diferenças importantes entre os dados obtidos em 2003 e 2005 em relação à constituição do tecido urbano dos bairros Vila Rezende e Jardim Monumento. Para análise mais detalhada, optou-se pela construção de mosaico com o objetivo de realizar nova classificação supervisionada utilizando nesta nova análise a área total dos referidos bairros

3. Resultados e discussão

3.1 Bairros com resultados semelhantes

Os resultados obtidos através da classificação supervisionada das cenas de 2003 indicam que os bairros analisados apresentam características de bairros tipicamente centrais de grandes núcleos urbanos. Com exceção dos bairros Clube de Campo, Nova Piracicaba e Cidade Jardim, os bairros analisados apresentaram baixas taxas de arborização. Os bairros apresentaram altos índices de Espaço Construído e Espaço Livre Impermeável. A combinação desses fatores compõe baixos Índices de Floresta Urbana, indicando a necessidade de diretrizes para o incremento de cobertura arbórea nas áreas centrais do Município. Os bairros Clube de Campo e Nova Piracicaba se comportam como exceções em relação ao Índice de Floresta Urbana por serem bairros muito bem arborizados. O Bairro Clube de Campo apresenta características bem distintas dos demais bairros, uma vez que apresentam grande área de Espaço Livre Vegetado e baixa porcentagem de área ocupada com edificações (baixo índice de Espaço Construído). Os dados obtidos pela classificação supervisionada podem ser observados na **Tabela 1**.

Tabela 1. Porcentagem de cobertura e índices nas cenas dos bairros estudados, ano 2003.

Classes de cobertura (%)	Variáveis espaciais	Clube de Campo	Nova Piracicaba	Cidade Jardim	Areão	Centro	Cidade Alta	São Dimas
Água rio/lago	Espaço d'água	0,48	0	0	0	0	0	0
Piscina	Espaço d'água	1,71	1,44	1,10	0,09	0	0,30	0,09
Total de Espaço d'água		2,18	1,44	1,10	0,09	0,00	0,30	0,09
Asfalto	Espaço Livre Impermeável	4,52	16,28	5,30	7,27	9,89	5,93	6,56
Piso cimento	Espaço Livre Impermeável	8,02	1,75	11,75	10,21	10,98	11,17	2,60
Total de Espaço Livre Impermeável = ELI		12,53	18,04	17,05	17,48	20,87	17,10	9,17
Copa de árvores/arbustos	Espaço Livre Arborizado	25,57	19,94	18,05	13,10	9,87	8,16	6,33
Gramíneas / herbáceas	Espaço Livre Herbáceo	14,60	6,56	3,86	3,67	0	3,32	10,92
Total de Espaço Livre Vegetado = ELV		40,17	26,50	21,91	16,57	9,87	11,47	17,25
Solo	Espaço Livre Permeável	5,41	2,44	10,20	13,67	0	4,29	3,51
Terreno roçado	Espaço Livre Permeável	0	19,19	0	0	0	0	0
Total de Espaço Livre Permeável = ELP		5,41	21,64	10,20	13,67	0,00	4,29	3,51
Cobertura clara	Espaço construído	1,41	1,40	4,02	7,42	3,18	3,76	7,52
Telha cerâmica	Espaço construído	19,71	23,97	19,16	11,52	24,13	38,95	33,57
Telha escura	Espaço construído	7,11	2,17	13,00	15,04	19,08	14,03	17,88
Telha azul	Espaço construído	0	0	0	0	0	0	2,82
Telha cimento	Espaço construído	4,01	0	7,43	9,40	5,51	1,72	0,77
Total de Espaço Construído = EC		32,26	27,54	43,60	43,37	51,89	58,46	62,56
Sombra	Espaço sombreado	7,92	4,84	6,15	8,82	17,37	8,38	7,43
TOTAL		100	100	100	100	100	100	100
Índice Kappa (%)		87,11	83,39	87,98	80,70	89,44	81,23	89,95
PAC		0,44	0,42	0,29	0,23	0,16	0,12	0,09
PAI		0,67	0,53	0,51	0,43	0,32	0,32	0,41
IFU		1,11	0,95	0,80	0,66	0,48	0,44	0,50

A classificação supervisionada das cenas de 2005 permite concluir que os bairros analisados apresentaram evoluções semelhantes. Os bairros Clube de Campo e São Judas apresentaram

aumento da quantidade do tecido urbano coberto por copa de árvores e arbustos, com destaque especial para o bairro São Judas, cuja porcentagem aumentou de 6,33% para 8,63%. Os demais bairros apresentaram diminuição, com destaque para o bairro Cidade Jardim, que teve a área coberta de árvores e arbustos diminuída de 18,05% para 13,79%. Na interpretação da cena de 2005 deste mesmo bairro não foi possível identificar a classe de cobertura piso cimento.

Os Índices de Floresta Urbana observados nas cenas de 2005 foram menores do que os observados nas cenas de 2003, com destaque para o Bairro Nova Piracicaba com redução de 12,02%. As exceções são devidas aos bairros São Dimas e Cidade Jardim. Índices mais baixos indicam menor qualidade na floresta urbana dos bairros estudados (Silva Filho 2004), indicando que os bairros da região central precisam de diretrizes públicas visando melhorar a qualidade da floresta urbana. Os dados obtidos com a classificação supervisionada das cenas de 2005 estão apresentados na **Tabela 2**.

Tabela 2. Porcentagem de cobertura e índices nas cenas dos bairros estudados, ano 2005.

Classes de cobertura (%)	Variáveis espaciais	Clube de Campo	Nova Piracicaba	Cidade Jardim	Areão	Centro	Cidade Alta	São Dimas
Água rio/lago	Espaço d'água	0	0	0	0	0	0	0
Piscina	Espaço d'água	0,59	0,17	0,3	0,18	0,41	1,41	0,92
Total de Espaço d'água		0,59	0,17	0,3	0,18	0,41	1,41	0,92
Asfalto	Espaço Livre Impermeável	5,01	8,71	5,82	10,81	9,99	9,00	6,89
Piso cimento	Espaço Livre Impermeável	12,42	11,52	0	8,51	18,61	3,52	5,84
Total de Espaço Livre Impermeável = ELI		17,43	20,23	5,82	19,32	28,60	12,52	12,73
Copa de árvores/arbustos	Espaço Livre Arborizado	26,09	18,15	13,79	10,84	6,76	6,41	8,63
Gramíneas / herbáceas	Espaço Livre Herbáceo	15,26	17,06	11,48	2,65	6,79	6,34	9,24
Total de Espaço Livre Vegetado = ELV		41,35	35,21	25,27	13,49	13,55	12,75	17,87
Solo	Espaço Livre Permeável	4,46	5,85	0	9,20	0	0	6,41
Terreno roçado	Espaço Livre Permeável	0	0	0	0	0	0	0
Total de Espaço Livre Permeável = ELP		4,46	5,85	0	9,20	0,00	0,00	6,41
Cobertura clara	Espaço construído	1,65	1,27	5,79	5,49	2,53	6,57	10,26
Telha cerâmica	Espaço construído	15,43	23,99	24,33	22,18	23,53	38,29	26,19
Telha escura	Espaço construído	5,10	5,96	9,88	16,68	4,05	16,08	0
Telha azul	Espaço construído	0	0	0	0	0	0	0
Telha cimento	Espaço construído	0,51	0,64	16,92	4,82	15,53	3,19	14,09
Total de Espaço Construído = EC		27,15	31,86	56,92	49,17	45,64	64,13	50,54
Sombra	Espaço sombreado	13,14	6,69	11,68	8,65	11,74	9,21	11,54
TOTAL		100	100	100	100	100	100	100
Índice Kappa (%)		86,51	89,60	89,39	83,63	88,34	85,39	85,28
PAC		0,49	0,36	0,19	0,22	0,13	0,09	0,15
PAI		0,60	0,47	0,7	0,36	0,19	0,34	0,4
IFU		1,09	0,84	0,89	0,58	0,32	0,43	0,55

3.2 Bairros com resultados díspares

A interpretação dos resultados obtidos com a classificação e comparação das cenas dos anos de 2003 e 2005 dos bairros Vila Rezende e Jardim Monumento apresentaram diferenças marcantes. Para que uma análise mais precisa fosse realizada, as cenas obtidas no sobrevôo de 2003 foram utilizadas para a construção de um mosaico, possibilitando desta forma a realização de

classificação supervisionada na área total destes bairros. O mesmo foi realizado com as cenas do sobrevôo realizado em 2005. Os resultados estão apresentados na **Tabela 3**.

Tabela 3. Dados obtidos por meio da classificação supervisionada das cenas e mosaicos dos bairros Vila Rezende e Jardim Monumento nos anos 2003 e 2005.

Classes de cobertura (%)	Variáveis espaciais	Vila Rezende				Jd. Monumento			
		Cena 2003	Cena 2005	Mosaico 2003	Mosaico 2005	Cena 2003	Cena 2005	Mosaico 2003	Mosaico 2005
Água rio/lago	Espaço d'água	0	0	0,02	0	0	3,48	0,01	2,82
Piscina	Espaço d'água	1,08	0,14	0,43	0,64	0,53	1,8	0,43	1,09
Total de Espaço d'água		1,08	0,14	0,45	0,64	0,53	5,28	0,44	3,91
Asfalto	Espaço Livre Impermeável	8,76	7,45	10,07	11,57	12,50	11,2	10,15	11,52
Piso cimento	Espaço Livre Impermeável	7,02	7,14	5,01	6,76	11,44	9,23	9,82	13,22
Total de Espaço Livre Impermeável = ELI		15,78	14,59	15,08	18,33	23,94	20,43	19,97	24,74
Copa de árvores/arbustos	Espaço Livre Arborizado	13,66	4,22	8,91	7,95	10,05	6,84	5,81	7,14
Gramíneas / herbáceas	Espaço Livre Herbáceo	3,67	16,12	6,49	7,87	5,58	11,78	8,74	9,49
Total de Espaço Livre Vegetado = ELV		17,33	20,34	15,40	15,82	15,63	18,62	14,55	16,63
Solo	Espaço Livre Permeável	9,48	0	6,61	0	15,59	21,8	13,08	15,49
Terreno roçado	Espaço Livre Permeável	0	0	0	0	0	0	0	0
Total de Espaço Livre Permeável = ELP		9,48	0	6,61	0	15,59	21,8	13,80	15,49
Cobertura clara	Espaço construído	6,61	9,48	3,31	7,76	3,39	1,39	1,47	1,17
Telha cerâmica	Espaço construído	22,58	25,87	25,30	24,72	30,25	16,15	30,52	24,01
Telha escura	Espaço construído	15,31	16,31	23,18	20,94	8,37	7,08	9,88	5,1
Telha azul	Espaço construído	0	0	0	0	0	0	0	0
Telha cimento	Espaço construído	1,82	0	3,08	0	2,31	0	0,89	0
Total de Espaço Construído = EC		46,32	51,66	54,87	53,42	44,31	24,62	42,76	30,28
Sombra	Espaço sombreado	10,01	13,25	7,59	11,8	0	9,24	9,20	8,95
TOTAL		100	100	100	100	100	100	100	100
Índice Kappa (%)		86,12	85,61	88,78	90,15	87,52	86,21	91,00	88,3
PAC		0,23	0,07	0,14	0,13	0,18	0,22	0,12	0,19
PAI		0,46	0,22	0,37	0,3	0,30	0,25	0,23	0,22
IFU		0,69	0,29	0,51	0,43	0,48	0,47	0,34	0,41

Pela análise dos resultados obtidos com a classificação das cenas do bairro Vila Rezende nos anos de 2003 e 2005 é possível notar grande diferença entre as porcentagens observadas de copa de árvores e arbustos, gramíneas e herbáceas e solo. Avaliando as cenas do bairro Jd. Monumento, grandes diferenças podem ser encontradas nas porcentagens de cobertura de telhas cerâmicas, gramíneas e herbáceas e sombra.

A análise dos mosaicos de ambos os bairros permite concluir que eles seguem a mesma tendência dos demais bairros. Houve um incremento na porcentagem de tecido urbano recoberto com asfalto e piso cimento, elevando os índices de Espaço Livre Impermeável. O Bairro Vila Rezende apresentou diminuição na porcentagem de cobertura por copa de árvores e arbustos e solo. O IFU apresentou redução, passando de 0,51 para 0,43. O Bairro Jd. Monumento, apesar do aumento do índice Espaço Livre Impermeável, apresentou aumento na porcentagem de cobertura por copa de árvores e arbustos, gramíneas e herbáceas e solo, com redução no índice Espaço Construído, fazendo com que o IFU passasse de 0,34 em 2003 para 0,41 em 2005.

4. Conclusão

A análise temporal dos bairros centrais de Piracicaba entre os anos 2003 e 2005 aponta, de forma geral, para uma diminuição na cobertura de copa de árvores e aumento de impermeabilização. Por essa razão, os Índices de Floresta Urbana observados em 2005 foram menores do que os observados em 2003, indicando a necessidade de diretrizes públicas com a finalidade de evitar que a qualidade e quantidade da floresta urbana continuem decrescendo, para depois viabilizar incrementos de cobertura vegetal nos bairros da região central.

Novos estudos devem ser realizados nos anos vindouros, possibilitando desta forma uma análise mais profunda sobre a evolução temporal do tecido urbano destes bairros.

A análise de cenas individuais de cada bairro possibilita que estudos sejam realizados mais rapidamente e a custos mais baixos, todavia, distorções foram encontradas na análise de cenas de dois bairros (Vila Rezende e Jd. Monumento) devido à escolha de cenas de áreas diferentes da composição do tecido urbano destes bairros. Distorções foram encontradas também na porcentagem de cobertura de piso cimento no bairro Cidade Jardim. Desvios menores poderiam ter sido encontrados se as cenas do ano de 2005 analisadas tivessem sido obtidas de áreas idênticas às obtidas no ano de 2003. Os erros foram dirimidos por meio da interpretação do mosaico dos bairros que apresentaram variação elevada.

5. Referências Bibliográficas

- Congalton, R.G. Accuracy assessment and validation of remotely sensed and other spatial information. **International Journal of Wildland Fire**, v. 10, p.321-328, 2001.
- Couto, H.T.Z.; Vettorazzi, C.A.; Ferraz, S.F.B.; Pompermayer Neto, P. Airborne videography as a data source for decision making process in agriculture. In: International Conference on Geospatial Information In Agriculture and Forest, 2., 2000, Lake Buena Vista. **Proceedings**. Lake Buena Vista: ERIM, 2000. Artigos, p. 459-4651.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **STATCART: base de informações por setor censitário, Piracicaba, SP – censo demográfico 2000**. Rio de Janeiro, 2002. 1 – CD-ROM.
- Landis, J.R.; Koch, G.G. The measurement of observer agreement for categorical data. **Biometrics**, v. 33, n. 1, p. 159-174, 1977.
- Moreira, M. A. **Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação**. Viçosa: UFV, 2003. 307 p.
- Myeong, S.; Nowak, D.J.; Duggin M.J. A temporal analysis of urban forest carbon storage using remote sensing. **Remote Sensing of Environment**, v. 101, n. 2 p. 277-282, 2006.
- Sacamano, P.L.; McPherson, E.G.; Myhre, J.; Stankovich, M.; Weih, R.C. Describing urban forest cover: an evaluation of airborne videography. **Journal of Forestry**, v. 93, p. 43-48, 1995.
- Silva Filho, D. F. **Aplicação de videografia aérea multiespectral na avaliação de floresta urbana**. 2004. 88 p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho, Jaboticabal. 2004.
- Silva Filho, D.F.; Pivetta, K.F.L.; Couto, H.T.Z.; Polizel, J.L. Indicadores de floresta urbana a partir de imagens aéreas multiespectrais de alta resolução. **Scientia Forestalis**, n. 67, p. 88-100, 2005.
- Silva Filho, D.F. Videografia aérea multiespectral em silvicultura urbana. **Ambiência**, v. 2, p. 55-68, 2006.
- Xian, G.; Crane, M. An analysis of urban thermal characteristics and associated land cover in Tama Bay and Las Vegas using Landsat satellite data. **Remote Sensing of Environment**, v.104, n.2, p. 147-156, 2006.