

UTILIZAÇÃO DO SIG PARA AVALIAÇÃO DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO E ANÁLISE MULTITEMPORAL EM MICROBACIAS HIDROGRÁFICAS: O EXEMPLO DA MICROBACIA DO RIBEIRÃO DOS BUENOS OU MOREIRAS – SP – BRASIL

LOURENÇO, J. M. R. M. F.1
VOLPE, L. L.2

1 Universidade Estadual Paulista campus de Rio Claro UNESP Rio Claro (Brasil), já atuou na área de climatologia, atualmente desenvolve pesquisa na área de SIG, Geomorfologia Fluvial e Biogeografia. E-mail jef_lourenco@yahoo.com.br

2 Universidade de São Paulo – USP. E-mail: lucciane@usp.br

RESUMO

A microbacia do ribeirão dos Buenos ou Moreiras está localizada nos municípios de Pindamonhangaba, Guaratinguetá e Potin na serra da Mantiqueira oriental e Vale do Paraíba paulista entre 22º 43' e 22º 51' de latitude sul e 45º 27' e 45º 17' de longitude oeste, com altitudes que variam de 530 a 1940 metros. Compreende uma área de 83,74 km². Trata-se de uma microbacia tributária do rio Paraíba do Sul e que nasce no setor de cimeira da Mantiqueira descendo a escarpa de forma abrupta para posteriormente meandrar sobre a planície do Vale do Paraíba até atingir este rio na cota de 530 metros. De sua nascente no alto da Mantiqueira até sua foz o ribeirão percorre uma distância de 33,03 km e apresenta um desnível de 1410 metros. Foi realizada uma análise multitemporal do uso e ocupação do solo a partir de imagens aéreas cedidas pela Prefeitura Municipal de Pindamonhangaba, datadas de 2003 com resolução de 600 dpi, e pelo Laboratório de Sensoriamento Remoto e Aerofotogrametria (LASERE) da Universidade de São Paulo, datadas de 1962 também com resolução de 600 pdi onde o objetivo principal foi avaliar as transformações ocorridas neste intervalo temporal de 41 anos e o uso e ocupação do solo atual da microbacia. As fotografias aéreas foram trabalhadas e georeferenciadas no software ArcGis, a partir de pontos em comum entre as diferentes imagens aéreas e também entre estas imagens e as cartas topográficas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), na escala de 1:50000, georeferenciadas anteriormente no mesmo programa. Foi possível efetuar as classificações com margem de erro muito próxima do zero, pois para aumentar a precisão optou-se pela técnica manual e não pela classificação supervisionada, que embora seja extremamente trabalhosa e demorada, possui margem de erro quase nula. Foram criadas 4 classes (polígonos) para realizar a classificação do uso do solo da área em estudo, 1 designada para a mensuração da área construída das fotografias aéreas de 1962, 1 designada para a mensuração da área construída das fotografias aéreas de 2003, 1 designada para a avaliação da área coberta por vegetação arbóreo/arbustiva das fotografias aéreas de 1962, 1 designada para a avaliação da área coberta por vegetação arbóreo/arbustiva das fotografias aéreas de 2003. A partir dos resultados quantitativos obtidos pela análise multitemporal no Sistema de Informação Geográfica (SIG), em uma segunda etapa do trabalho foram realizados trabalhos de campo nos quais se fez uma análise qualitativa do uso e ocupação do solo visando

complementar as informações produzidas no SIG através de entrevistas com moradores e funcionários das prefeituras dos municípios da microbacia e avaliação visual do uso e ocupação do solo. Esta etapa da pesquisa mostrou-se também de grande importância, pois através destes trabalhos de campo e consultas bibliográficas foi possível dar uma maior dimensão geográfica à pesquisa complementando as informações geradas no SIG com dados geomorfológicos e sócio econômicos da microbacia buscando-se estabelecer correlações entre estes dados, o que foi perfeitamente exeqüível, principalmente no que tange ao uso do solo e a geomorfologia e pedologia da microbacia.

Palavras chave: Sistema de Informação Geográfica, Uso e ocupação do solo, Análise multitemporal.

INTRODUÇÃO

Apesar de possuir a segunda menor taxa de fecundidade entre os 26 estados brasileiros mais o Distrito Federal, apresentando apenas 2,05 filhos por mulher (BRASIL, 2003), o estado de São Paulo apresentou a décima quarta maior taxa de crescimento populacional do país entre os anos de 1991 e 2000. Isto se deve principalmente as baixas taxas de mortalidade infantil, a elevada esperança de vida ao nascer e probabilidade de sobrevivência até 60 anos registradas no estado que são melhores do que a média brasileira, além das migrações internas do país que ainda apresentam grandes deslocamentos populacionais com direção ao estado de São Paulo.

Diante deste quadro onde houve um acréscimo de 5443000 habitantes no estado de São Paulo no intervalo censitário de 9 anos entre 1991 e 2000 aliado ao grande crescimento econômico que vem ocasionando grandes transformações nas áreas urbanas e rurais do estado, é importante a utilização de técnicas aplicadas a produtos de sensoriamento remoto e Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) como uma ferramenta para auxiliar o monitoramento e planejamento ambiental das áreas rurais, especialmente nas áreas onde ainda existem fragmentos de mata nativa que possuem elevado valor para preservação da biodiversidade local. Este é o quadro verificado para a microbacia do ribeirão dos Buenos localizada na serra da Mantiqueira oriental e Vale do Paraíba paulista entre 22º 43' e 22º 51' de latitude sul e 45º 27' e 45º 17' de longitude oeste, com altitudes que variam de 530 a 1940 metros e uma área de 83,74 km².

Os autores Luchiari et al (2005, p.34) definem sensoriamento remoto como “a técnica que permite a obtenção de informações acerca de objetos, áreas ou fenômenos (alvos) presentes na superfície terrestre, sem que haja necessidade de contato direto com os mesmos.”

Para Ho e Lee (2000, p.1), que estudam o SIG para análise do uso do solo, “o sistema de Informações Geográficas (SIG) possui poderosas ferramentas para análise espacial de dados e administração da informação do solo [...] O Sistema de Informação Geográfica (SIG) é uma recente tecnologia extremamente usada na pesquisa de problemas do uso do solo” (Tradução livre do autor)¹.

MATERIAIS E TÉCNICAS

Foi realizada uma análise multitemporal do uso e ocupação do solo a partir de imagens aéreas cedidas pelo Laboratório de Sensoriamento Remoto e Aerofotogrametria (LASERE) da Universidade de São Paulo e pela Prefeitura Municipal de Pindamonhangaba, datadas de 1962 e 2003 respectivamente com resolução de 600 dpi. As fotografias aéreas foram trabalhadas e georeferenciadas no programa ArcGis, a partir de pontos em comum entre as diferentes imagens aéreas e também entre estas imagens e as cartas topográficas do IBGE, na escala de 1:50000, georeferenciadas anteriormente. Foi realizada uma classificação não automática do uso e ocupação do solo a partir da criação de 4 classes de polígonos, como pode ser visto na tabela 1.

A área da microbacia que não foi enquadrada em nenhuma das 4 classes criadas representa o espaço formado por áreas de pastagem, plantações, solo exposto e estradas que também foi quantificado a partir da subtração das classes 1 e 3 para o ano de 1962 e 2 e 4 para o ano de 2003 da área total de trabalho.

¹ The Geographic Information Systems (GIS) have powerful tools to the analysis of spatial data and the management of land information [...] Geographic Information System (GIS) is a novel technology widely used to survey the land use problem.

Tabela 1: Atribuição de classes para uso e ocupação do solo da área de trabalho da microbacia do ribeirão dos Buenos

Classes		
Nome da classe	Função	Sub-divisões
1. Vegetação arbóreo/arbustiva	Classificação do ano de 1962	Árvores e arbustos silvestres e exóticos.
2. Vegetação arbóreo/arbustiva	Classificação do ano de 2003	
3. Área construída	Classificação do ano de 1962	Áreas construídas
4. Área construída	Classificação do ano de 2003	

Organização: Jeferson M. R. M. F. Lourenço (2008)

Foi possível efetuar as classificações com margem de erro muito próxima do zero, pois para aumentar a precisão não se optou pela classificação supervisionada e sim pela técnica manual que embora seja extremamente trabalhosa e demorada, possui margem de erro quase nula.

Não foi possível cobrir toda a área da microbacia na classificação, pelo fato de não ter sido possível conseguir todas as fotografias referentes ao ano de 2003 na Prefeitura de Pindamonhangaba para avaliar toda a área em estudo, pois a prefeitura não possuía em seu acervo as fotografias aéreas que cobrem áreas significativas dos municípios vizinhos. Como pode ser visto na figura 1, a microbacia do ribeirão dos Buenos ou Moreiras tem apenas 45,67% da sua área no município de Pindamonhangaba, enquanto os 54,33% de sua área restante está localizada no município de Guaratinguetá².

² Uma pequena parcela dos 54,33% da área da microbacia atribuídos ao município de Guaratinguetá, na realidade pertence ao município do Potim SP, entretanto foi classificada neste trabalho como pertencente ao município de Guaratinguetá porque a base utilizada para a classificação foi às cartas topográficas do IBGE datadas de 1971 e 1974 que são anteriores a emancipação do Potim de Guaratinguetá ocorrida em 1991. O município do Potim engloba uma pequena área do ribeirão dos Buenos ou Moreiras próximo a sua foz no rio Paraíba do Sul.

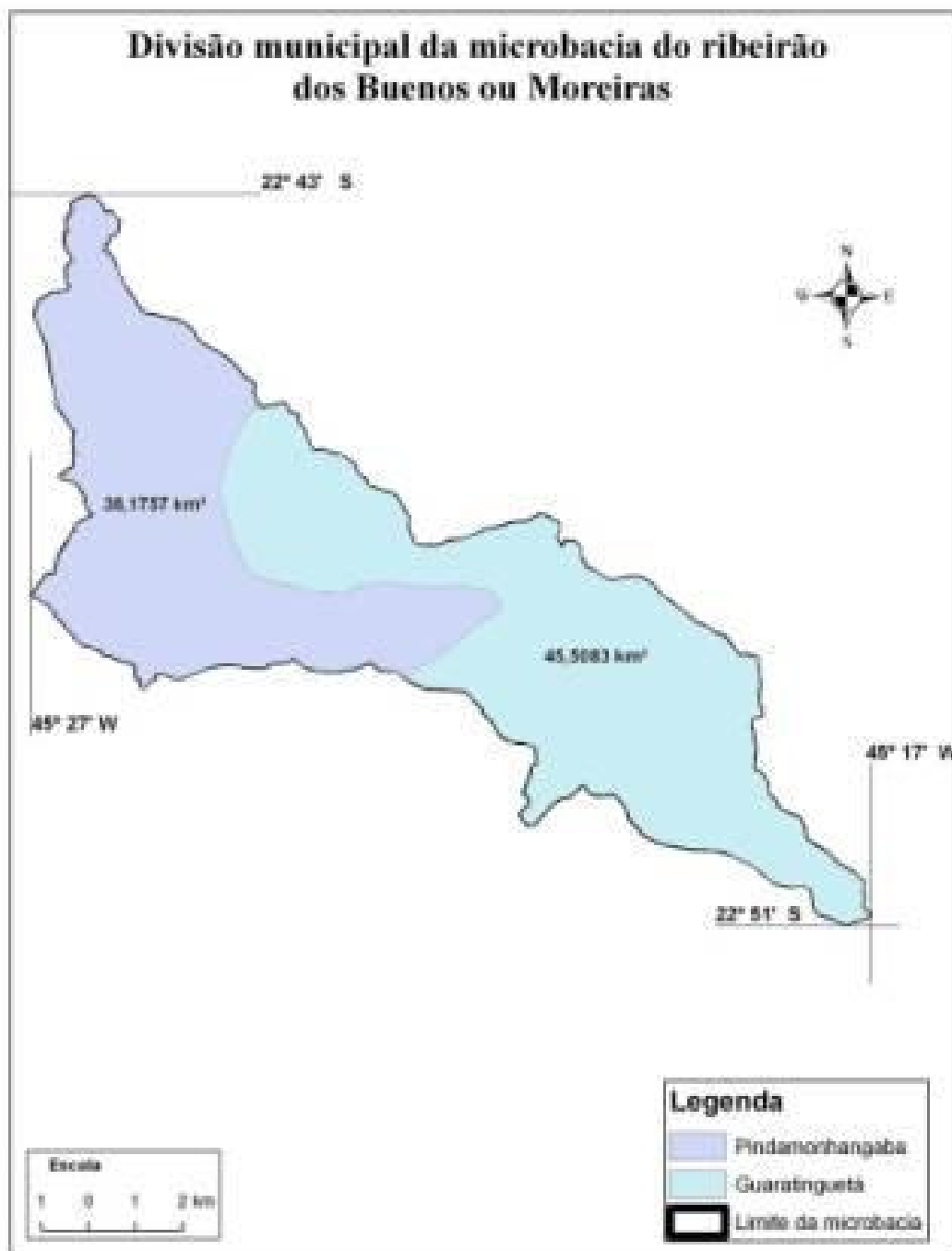


Figura 1: Divisão municipal da microbacia do ribeirão dos Buenos ou Moreiras
Fonte: IBGE (BRASIL, 1971, 1974). Organização: Jeferson M. R. M. F. Lourenço (2008)

Diante deste problema foi criada uma classe denominada “área de trabalho” (figura 2) que engloba toda a área da microbacia coberta pelas fotografias aéreas de 2003, que representa 77,58% de sua área.

O próximo passo foi realizar a classificação quantitativa de uso e ocupação do solo apenas dentro desta área, para o ano de 2003 e para o ano de 1962, embora em 1962 estivessem disponíveis as fotografias de toda área da microbacia. A opção adotada de trabalhar com as mesmas áreas nos anos de 1962 e 2003 foi em função da padronização das áreas analisadas para permitir uma correta comparação entre as mesmas.

As demais áreas que ficaram fora da classe “área de trabalho” foram analisadas durante os trabalhos de campo, sob uma abordagem qualitativa.

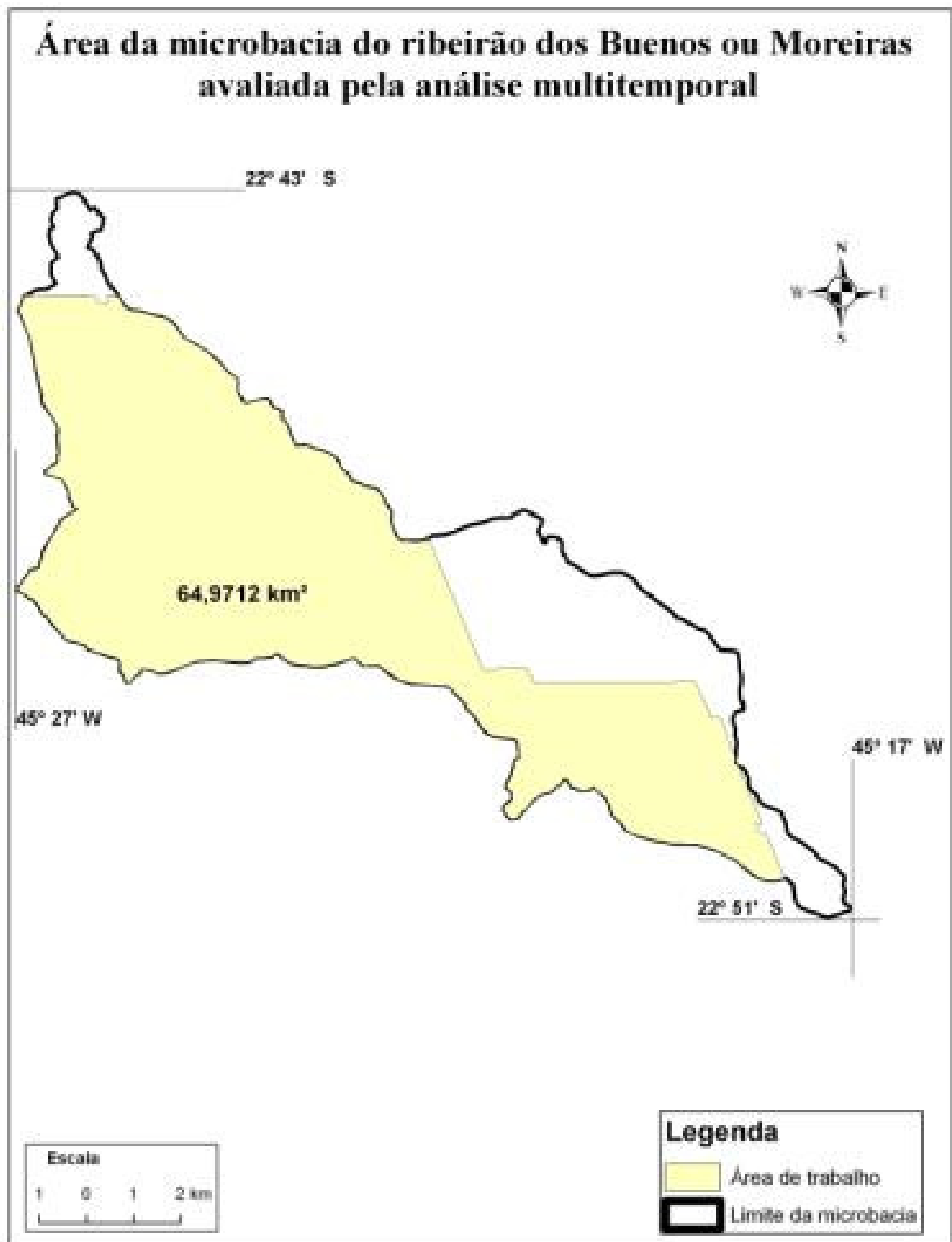


Figura 2: Área da microbacia do ribeirão dos Buenos ou Moreiras avaliada pela análise multitemporal
Fonte: IBGE (BRASIL, 1971, 1974). Organização: Jeferson M. R. M. F. Lourenço (2008)

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados - SEADE (SÃO PAULO, 2008), no período de 1960 até 2003 pôde-se verificar um grande crescimento populacional nos municípios que compõem a microbacia do ribeirão dos Buenos (tabela 2).

Tabela 2: População dos municípios que compõe a microbacia do ribeirão dos Buenos

	População 1960	População 2003	crescimento anual 1960 a 2003	crescimento total 1960 a 2003
Pindamonhangaba	39142	134012	5,63%	242,37%
Guaratinguetá	52044	108237	2,51%	107,97%
Potim	-----	15066		
Total dos municípios	91186	257315	4,23%	182,18%

Fonte: SEADE (SÃO PAULO, 2008).
Organização: Jeferson M. R. M. F. Lourenço

Por meio da análise multitemporal realizada com as fotografias aéreas (figuras 3 e 4) foi possível verificar que a área da microbacia designada como construída cresceu 1869,81% entre 1962 e 2003 (tabela 3, figuras 5 e 6), o que retrata um crescimento muito maior do que o da população dos dois municípios que cresceu 182,18% entre 1960 e 2003. Este crescimento muito superior da área construída com relação a população se deve a instalação de bairros rurais e algumas indústrias próximo a foz do ribeirão que em 1962 eram áreas totalmente rurais.

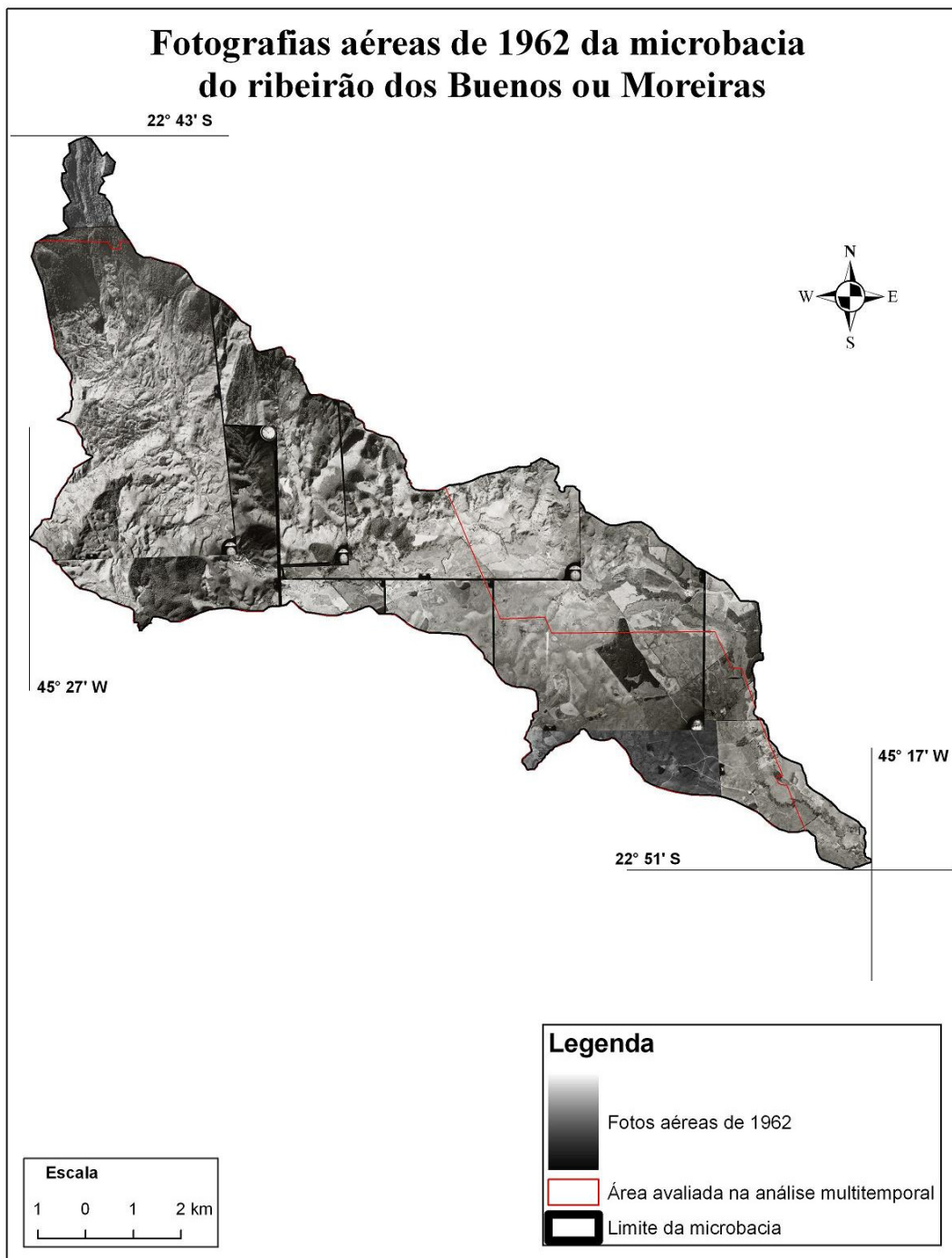


Figura 3: Fotografias aéreas de 1962 da microbacia do ribeirão dos Buenos ou Moreiras

Fonte: Laboratório de Sensoriamento Remoto e Aerofotogrametria (LASERE) da Universidade de São Paulo. Organização: Jeferson M. R. M. F. Lourenço (2008)

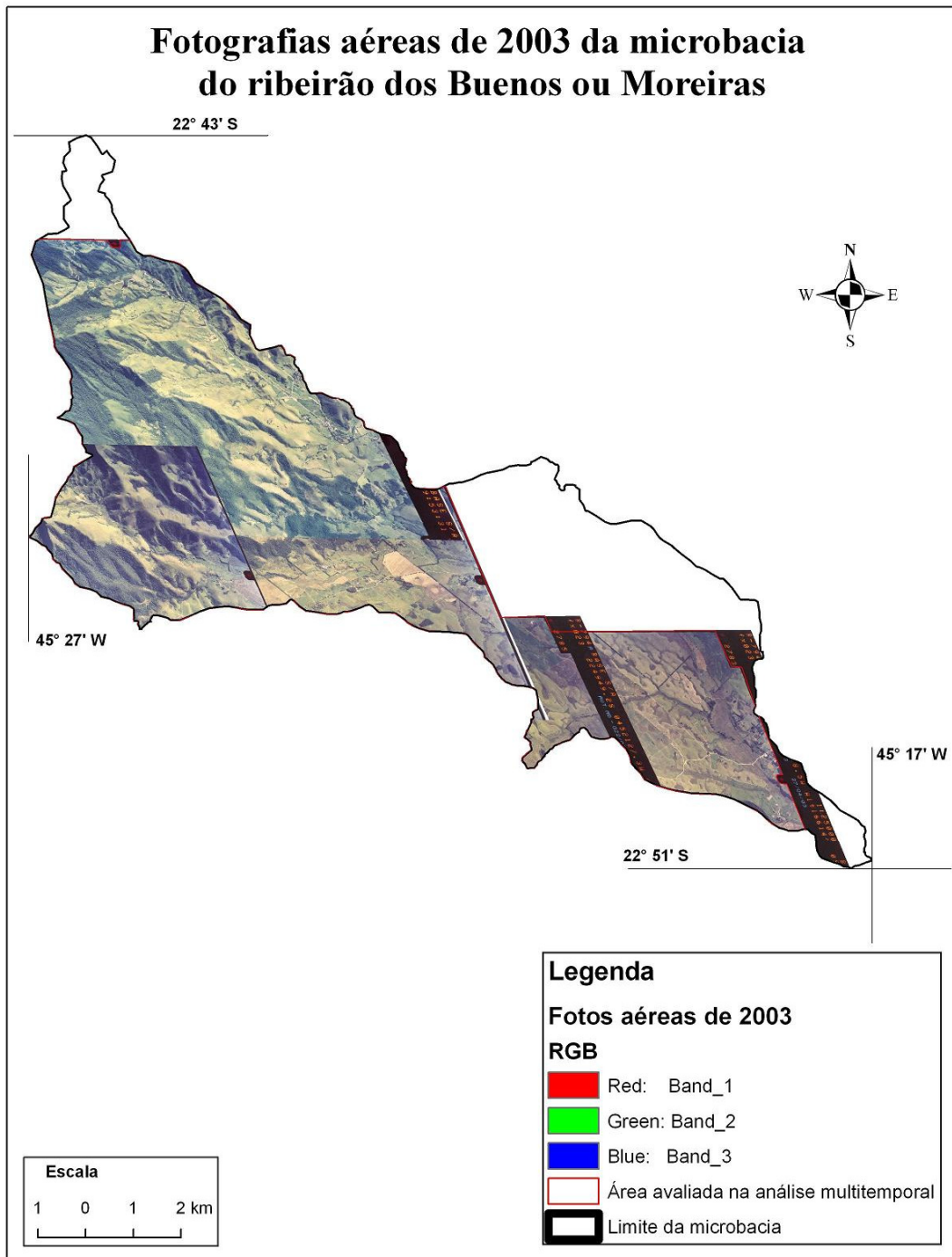


Figura 4: Fotografias aéreas de 2003 da microbacia do ribeirão dos Buenos ou Moreiras
 Fonte: Prefeitura municipal de Pindamonhangaba SP. Organização: Jeferson M. R. M. F. Lourenço (2008)

Tabela 3: Uso e ocupação do solo da microbacia do ribeirão dos Buenos ou
Moreiras

	Área construída km ²	Vegetação arbórea/arbustiva km ²
1962	0,0159	18,6084
2003	0,3132	19,7776

Organização: Jeferson M. R. M. F. Lourenço

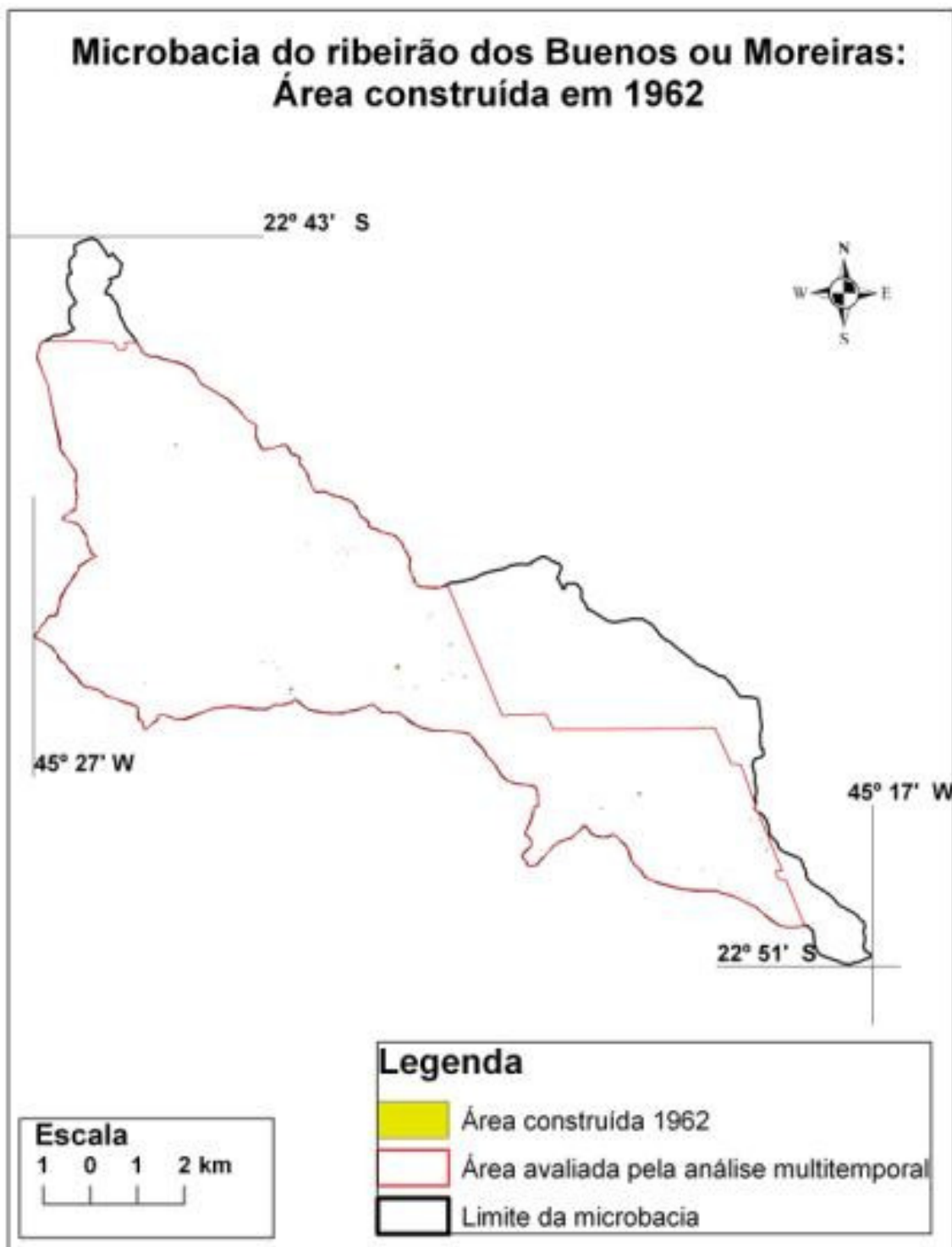


Figura 5: Microbacia do ribeirão dos Buenos ou Moreiras: Área construída em 1962
Organização: Jeferson M. R. M. F. Lourenço (2008)

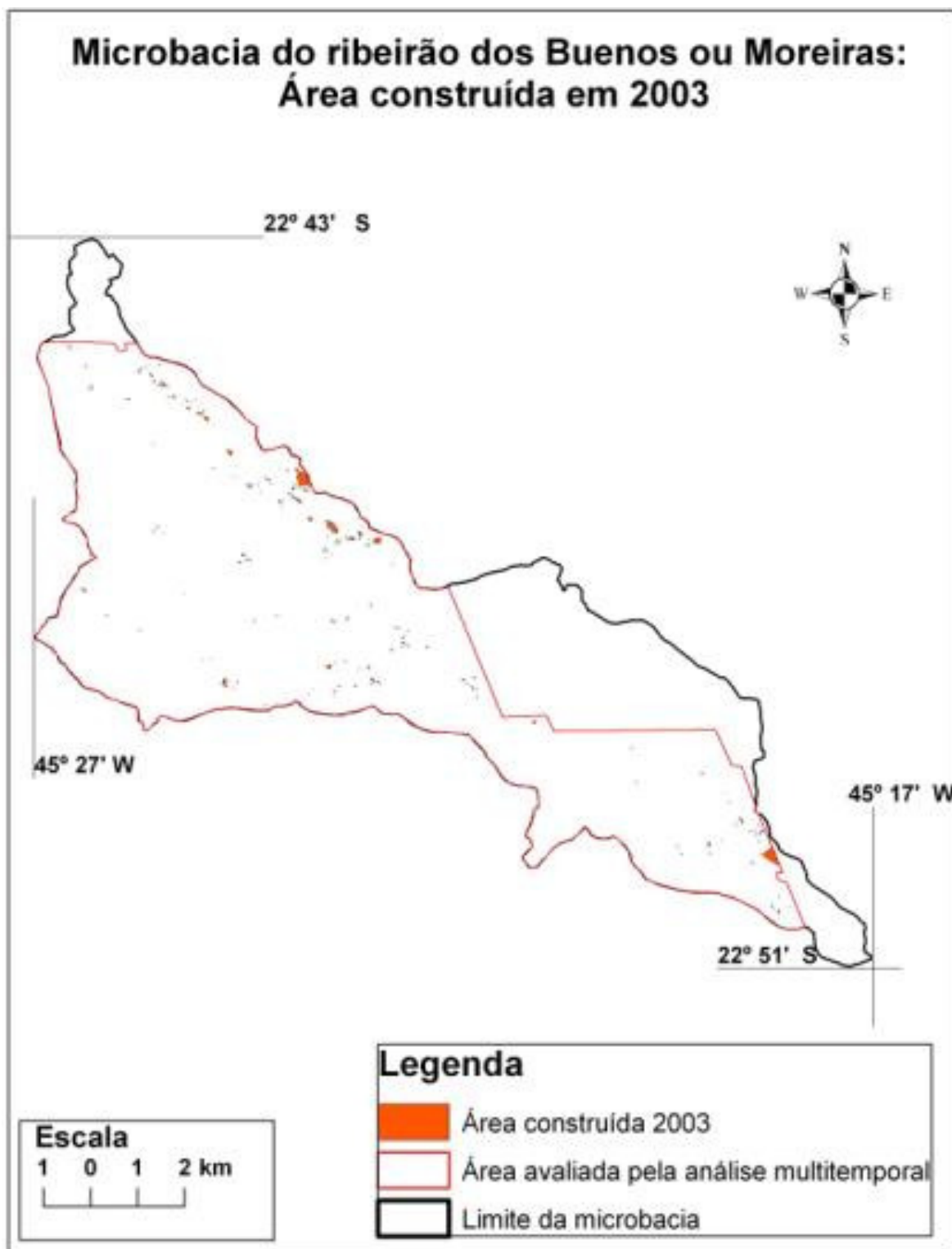


Figura 6: Microbacia do ribeirão dos Buenos ou Moreiras: Área construída em 2003
Organização: Jeferson M. R. M. F. Lourenço (2008)

Com relação à vegetação, verificou-se através da análise das fotografias aéreas, cartas topográficas e trabalhos de campo que a maior parte da vegetação arbórea arbustiva nativa remanescente encontra-se na encosta da Mantiqueira em locais com acentuada declividade do terreno e difícil acesso, enquanto nas áreas de menor declividade e melhor acesso por estradas, a vegetação nativa foi quase totalmente extinta. Todavia, pôde-se verificar que há ação de palmeiros mesmo nas áreas de difícil acesso.

No entanto, apesar deste quadro descrito acima, o acréscimo populacional nos três municípios e da área construída na microbacia, não houve diferença significativa na cobertura arbórea/arbustiva entre as duas datas (tabela 3, figuras 7 e 8), o que indica que, apesar do crescimento populacional e dos pontos identificados nos trabalhos de campo com pequenas derrubadas ilegais da mata (fotos 1 e 2), está ocorrendo uma certa estabilização entre o avanço dos pequenos desmatamentos e a regeneração natural da mata, favorecida pelo clima tropical úmido, que propicia um rápido restabelecimento da vegetação quando as áreas ocupadas por atividades agropecuárias são abandonadas.

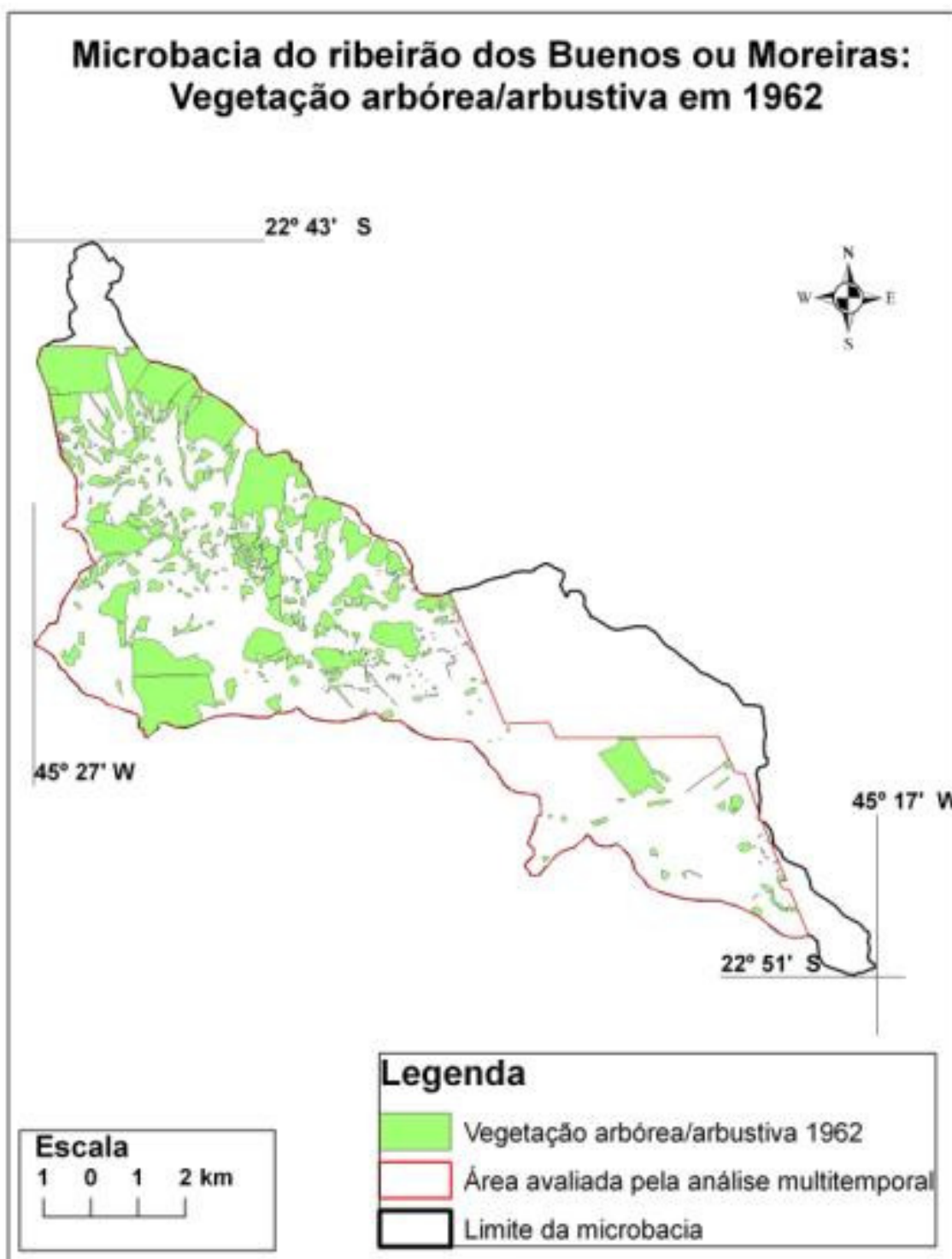


Figura 7: Microbacia do ribeirão dos Buenos ou Moreiras: Vegetação arbórea/arbustiva em 1962

Organização: Jeferson M. R. M. F. Lourenço (2008)

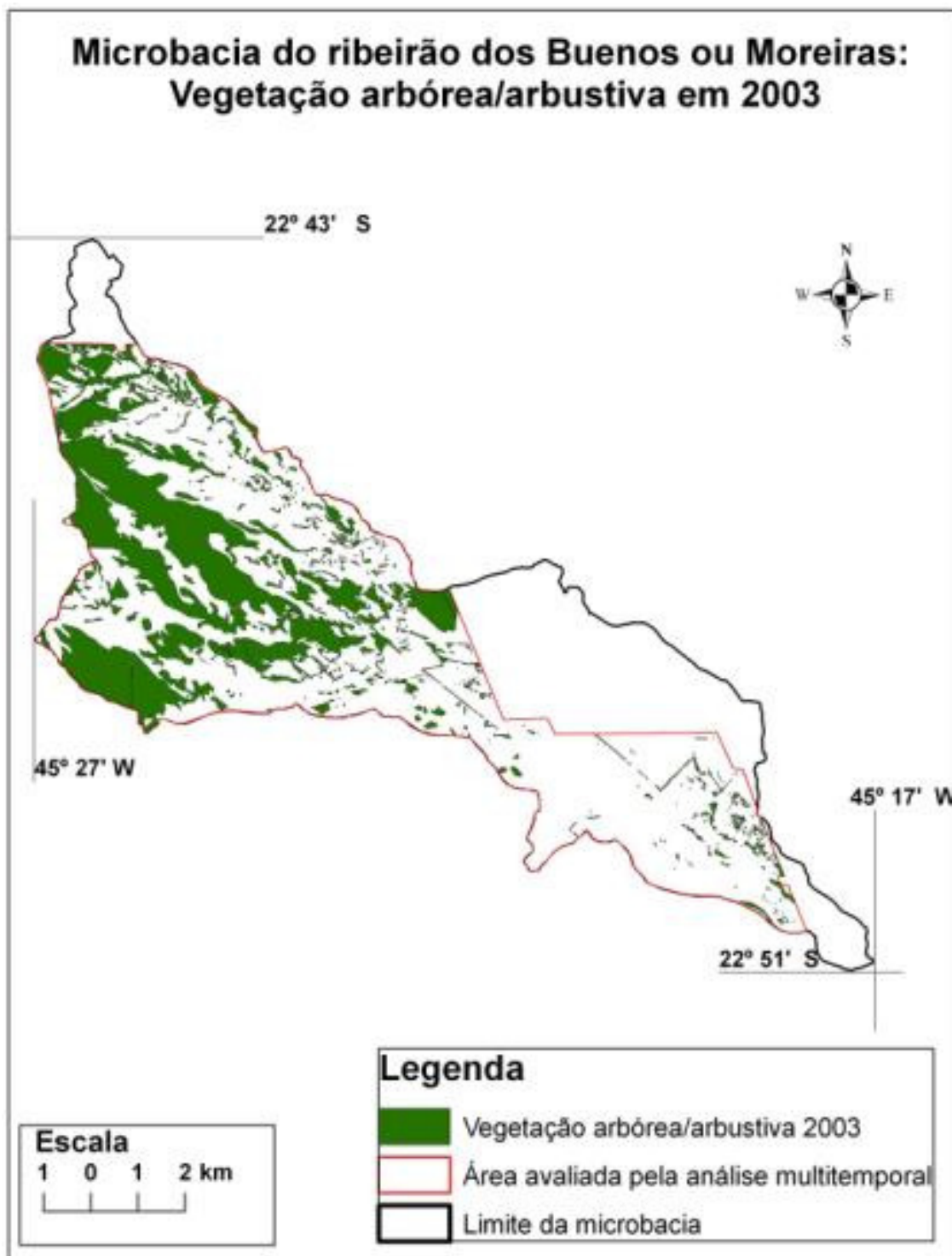


Figura 8: Microbacia do ribeirão dos Buenos ou Moreiras: Vegetação arbórea/arbustiva em 2003

Organização: Jeferson M. R. M. F. Lourenço (2008)



Foto 1: Derrubada ilegal da mata na microbacia do ribeirão dos Buenos para a formação de pastagens
Foto: Jéferson M. R. M. F. Lourenço (2008)



Foto 2: Derrubada ilegal da mata na microbacia do ribeirão dos Buenos.
Foto: Jéferson M. R. M. F. Lourenço (2008)

Não é possível saber através da análise das fotografias aéreas se houve perda significativa da diversidade de espécies entre as duas datas avaliadas; todavia, há fortes indícios que sim, pois através dos trabalhos de campo foi possível verificar que a vegetação arbórea/arbustiva atual é composta

exclusivamente por mata secundária e em vários trechos do ribeirão dos Buenos ou Moreiras a mata ciliar é inexistente ou muito impactada.

Na avaliação qualitativa do uso e ocupação do solo das duas maiores áreas que ficaram fora da análise multitemporal realizada com as fotografias aéreas³, foi possível verificar que na primeira área há predomínio de campos de altitude usados para o pastoreio ovino e bovino e algumas áreas cobertas por mata de neblina. Na segunda área situada no Vale do Paraíba predominam a pecuária bovina e rizicultura.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pode-se concluir que a utilização de produtos de sensoriamento remoto e Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) como ferramenta para auxiliar o monitoramento e planejamento ambiental das áreas rurais é de grande utilidade, entretanto a classificação de uso e ocupação do solo realizada de forma não automática através do programa ArcGis apesar de ter se mostrado muito precisa, não parece exequível para áreas maiores do que a da microbacia estudada, pois é extremamente demorada e trabalhosa. Deste modo, pode-se dizer que para áreas maiores que a microbacia do ribeirão dos Buenos, as classificações automáticas devem ser mais apropriadas.

Com relação ao uso e ocupação do solo e impactos ambientais na microbacia conclui-se que, apesar do acentuado crescimento populacional nos municípios que compõe a microbacia do ribeirão dos Buenos e grande acréscimo de área construída no período de 1960 a 2003, não houve mudança significativa na cobertura arbórea arbustiva neste período o que demonstra que a atuação do estado brasileiro e demais entidades como imprensa e ONGs no sentido de conscientizar e fiscalizar a população em prol da preservação ambiental começam a surtir algum efeito para a área estudada.

Mas, deve-se levar em consideração que as áreas identificadas com maior concentração de vegetação nativa são justamente as que possuem maior dificuldade de acesso e que ainda existem vários pontos na microbacia onde ocorrem pequenos desmatamentos ilegais, o que de médio em longo prazo ameaçam o sistema ambiental da área uma vez que em muitos locais,

³ A primeira delas fica no extremo norte da microbacia e a segunda, no sudeste.

apesar de ainda existir uma vegetação arbórea arbustiva nativa, pode-se verificar facilmente em análise de campo expedita uma série de impactos ambientais que vão comprometendo cada vez mais a diversidade de espécies da área estudada.

AGRADECIMENTOS

A Universidade de São Paulo - USP e ao técnico responsável (Bene) pelo seu Laboratório de Sensoriamento Remoto e Aerofotogrametria (LASERE). Ao José Roberto pelo auxílio no contato com a Prefeitura de Pindamonhangaba. A Prefeitura Municipal de Pindamonhangaba e ao Sr. Paulo Amadei Usier.

BIBLIOGRAFIA

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Região Sudeste do Brasil: Delfim Moreira. **Folha SF-23-Y-B-VI-1**: carta topográfica. Rio de Janeiro, 1971. 1 mapa, color. Escala 1:50.000.

_____. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Região Sudeste do Brasil: Pindamonhangaba. **Folha SF-23-Y-B-VI-3**: carta topográfica. Rio de Janeiro, 1974. 1 mapa, color. Escala 1:50.000.

_____. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Atlas do desenvolvimento humano no Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 2003. 1CD.

HO, W. H.; LEE, G. H. **Study on Land Use Management with Geographic Information Systems**. 2000. Disponível em: <http://www.gisdevelopment.net/aars/arcs/2000/ps2/ps205.pdf.htm>. Acesso em: 24 ago 2007.

LUCHIARI, A.; KAWAKUBO, F. S.; MORATO, R. G. Aplicações do sensoriamento remoto na geografia. In: VENTURI, L. A. B. (Org). **Praticando geografia**: técnicas de campo e laboratório. São Paulo: Oficina de textos, 2005. p. 33-54.

SÃO PAULO (ESTADO). Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados – SEADE. **500 anos**, 2008. Disponível em: <http://www.seade.gov.br/produtos/500anos/consulta.php>. Acesso 20 mai 2008.