

EVOLUÇÃO DAS ÁREAS OCUPADAS PELA CANA-DE-AÇÚCAR E AS IMPLICAÇÃO NA REDE DE DRENAGEM DA BACIA DO RIBEIRÃO BONITO (SP).

EVOLUÇÃO DAS ÁREAS OCUPADAS PELA CANA-DE-AÇÚCAR E AS IMPLICAÇÃO NA REDE DE DRENAGEM DA BACIA DO RIBEIRÃO BONITO (SP).

Adriano Luís Heck Simon
Universidade Federal de Pelotas
adrianosimon@yahoo.com.br

Cenira Maria Lupinacci da Cunha
Universidade Estadual de São Paulo - UNESP

Archimedes Perez Filho
Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP

EIXO TEMÁTICO: GEOMORFOLOGIA E COTIDIANO

RESUMO

A dinâmica de uso da terra desencadeia alterações nos elementos do sistema físico-ambiental, dentre eles os canais de drenagem, suscetíveis às intervenções desencadeadas pelo processo de ocupação. As transformações se intensificam quando o tipo de uso da terra envolve significativa mecanização e alteração estrutural da morfologia hidrográfica – caso das lavouras de cana-de-açúcar. Assim, este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar as alterações espaciais na rede de drenagem, desencadeadas pela dinâmica de uso da terra na bacia hidrográfica do ribeirão Bonito (SP). Ênfase foi dada as alterações desencadeadas pela evolução espacial de lavouras de cana-de-açúcar no setor de média e baixa bacia. A metodologia envolveu: 1) a elaboração de mapas de uso da terra e da rede de drenagem em três cenários (1962, 1972 e 2007), 2) seleção de amostras circulares para a análise das alterações nas densidades de rios e de drenagem e 3) realização de trabalhos de campo. Os resultados apontaram para a redução das densidades de rios e de drenagem em função da ampliação das lavouras de cana-de-açúcar, que soterraram canais fluviais de primeira ordem e se expandiram sobre áreas de mata ciliar comprometendo o regime hidrológico da bacia hidrográfica.

PALAVRAS CHAVE: Uso da Terra; Hidrografia.

ABSTRACT

Land use dynamic can change environmental elements as fluvial channels, extremely susceptible to interventions arising from spatial occupation. Those changes may be more intense when land use involves high mechanization and structural alterations on geomorphology and hydrography, as in sugar cane crops. Thus, this work aims to evaluate spatial alterations on drainage network triggered by land use dynamic at Ribeirão Bonito basin (São Paulo State - Brazil). Middle-lower section of the hydrographic basin was emphasized in this work because of the most representative expansion of sugar cane crops. The following techniques were used: 1) land use and network drainage maps elaboration for three scenarios (1962, 1972 e 2007); 2) selection of circular samples in Middle-lower basin, and analysis of changes in river and drainage densities, and 3) Field works aimed to recognize and identify control points. Results pointed out the decrease of river and drainage densities due to the expansion of sugar cane crops that buried sources and first-order channels and has expanded over riparian forests jeopardizing hydrologic balance in the hydrographic basin.

Key-words: Land Use, Hydrography.

INTRODUÇÃO

Atualmente, existe um consenso de que as alterações no uso da terra são as maiores condutoras de mudanças ambientais locais, regionais e globais, justamente pela sua intervenção direta nas condições climáticas, nos processos dos ecossistemas, nos ciclos biogeoquímicos, na biodiversidade e, o mais importante, sobre as atividades humanas (LAMBIN et al., 1999, p.11).

A dinâmica de uso da terra pode desencadear a aceleração, o retardamento e a extinção de alguns processos naturais (SIMON, 2007). O conjunto de técnicas desenvolvidas pelo Homem sobre os sistemas físico-ambientais comanda os fluxos de matéria e energia, a fim de manter as atividades urbano-industriais e agropastoris que são sustentadas pela exploração dos recursos naturais (CHRISTOFOLETTI, 1999, p.37).

As formas do relevo, a hidrografia e a cobertura vegetal original são os elementos dos sistemas físico-ambientais situados em contato direto com as alterações efetivadas pela dinâmica de uso da terra (CASSETI, 1991; SIMON; CUNHA, 2006). Desta forma, estes elementos se encontram mais suscetíveis às alterações de caráter direto e indireto, de distintas magnitudes, dando origem a formas e processos antropogênicos.

O controle direto acontece de forma localizada, a partir da construção de reservatórios, da retificação ou canalização de cursos fluviais, das atividades de mineração, construção de estradas, pontes e dutos, da exploração de aquíferos e da irrigação das lavouras. Ação antrópica indireta sobre a morfohidrografia possui maior dimensão areal e encontra-se atrelada à dinâmica de uso da terra, que expõe a morfohidrografia à ação mais efetiva dos processos operantes (BROWN, 1971; DREW, 1986; SIMON, 2007).

Usos da terra que envolvem intensa mecanização e significativa transformação dos atributos naturais – como as monoculturas de cana-de-açúcar – podem, ao longo de tempo, desencadear alterações significativas na rede de drenagem, a partir de mecanismos de controle que transformam a circulação de matéria e energia pelas bacias hidrográficas, consideradas enquanto sistemas naturais.

OBJETIVOS

Este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar as alterações espaciais na rede de drenagem desencadeadas pela dinâmica de uso da terra na bacia hidrográfica do Ribeirão Bonito, localizado nos municípios de Torrinha e Santa Maria da Serra – SP (Figura 1). Ênfase foi concedida ao processo de ocupação espacial causado pelas lavouras de cana-de-açúcar – no setor da média e baixa bacia – onde predominam solos arenosos vinculados à Formação Pirambóia. A crescente ampliação das lavouras de cana-de-açúcar, atrelada à modernização das práticas de abertura e manejo das mesmas necessita ser compreendida sob a ótica das transformações causadas sobre a rede de drenagem, principalmente no que tange a redução das áreas de mata ciliar, da densidade de rios e da densidade de drenagem, fatores estes que contribuem para o desequilíbrio da dinâmica hidrológica de bacias hidrográficas e devem ser considerados no planejamento do uso da terra.

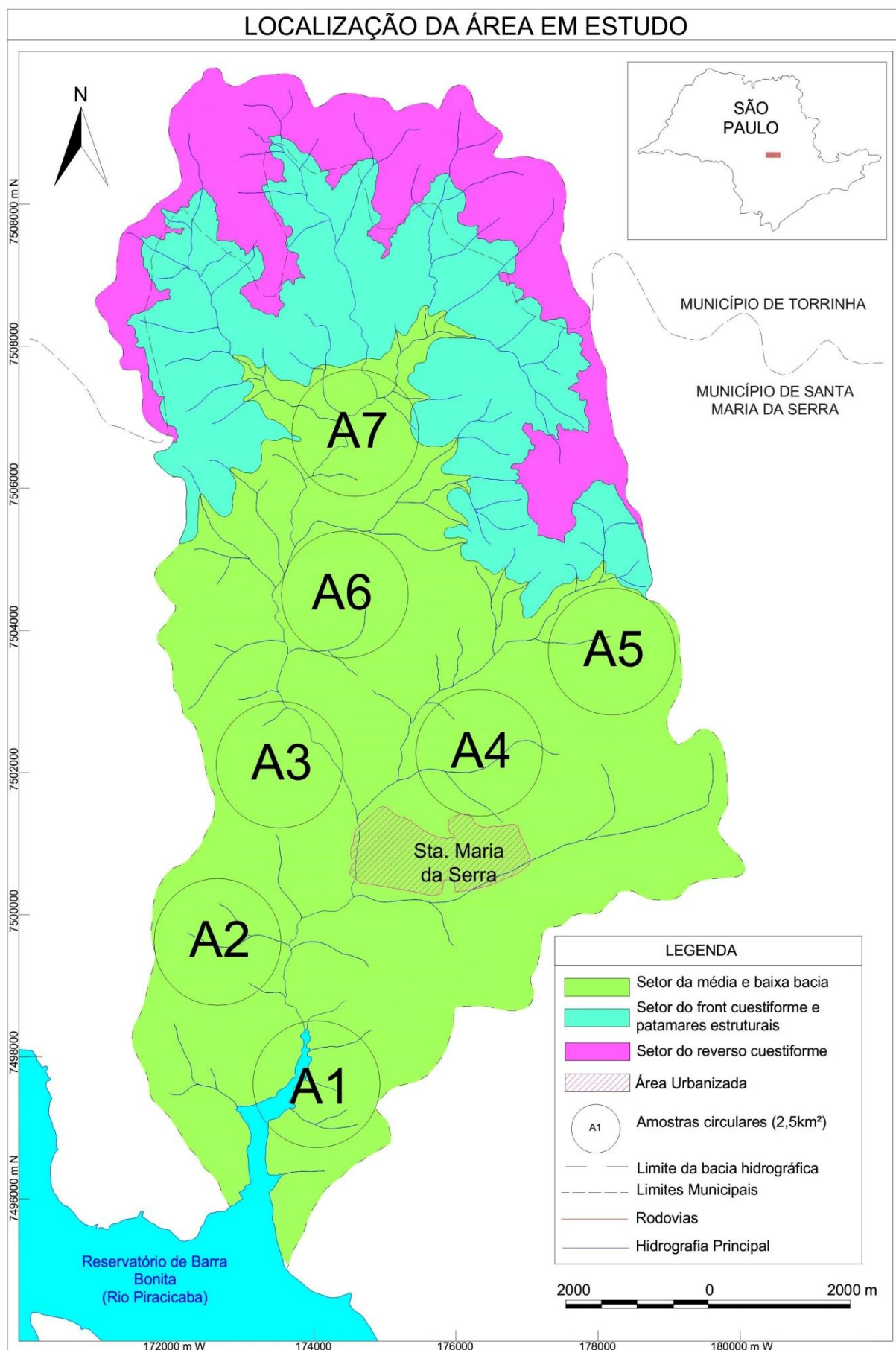


Figura 1: Bacia hidrográfica do ribeirão Bonito e localização das amostras circulares no setor da média e baixa bacia.

MATERIAL E MÉTODO

Foram empregados os seguintes procedimentos metodológicos: 1) Mapeamento do uso da terra da bacia hidrográfica do Ribeirão Bonito, em escala 1:50.000, em três cenários: 1962, 1972 (com base na interpretação de pares estereoscópicos de fotografias aéreas em escala 1:25.000) e 2007 (interpretação de imagens de satélite do sensor PRISM, componente do sistema ALOS), utilizando o sistema de classificação proposto pelo IBGE (2006), a fim de analisar a dinâmica de uso da terra, bem como os setores de maior expansão das lavouras de cana-de-açúcar; 2) Mapeamentos da rede de drenagem da bacia hidrográfica do Ribeirão Bonito nos anos de 1962, 1972 e 2007 (a partir da utilização dos mesmas fontes de dados cartográficos empregados no desenvolvimento dos mapeamentos de uso da terra) em escala 1:50.000 para avaliar as alterações espaciais ocorridas sobre os canais fluviais; 3) Seleção de amostras circulares para o setor da média e baixa bacia do Ribeirão Bonito de acordo com a lógica estruturada por Nunes et al. (1995) no que se refere a área da amostra, sua relação com a escala de trabalho e a abrangência de 30% da área analisada (caso do setor em questão que possui uma área de 59,18 km²). No total, foram distribuídas 7 amostras circulares no setor da média e baixa bacia (Figura 1). A disposição das amostras procurou abarcar o maior número de canais de primeira ordem para que pudessem ser avaliadas as alterações na densidade de rios (Dr) e de drenagem (Dd) ao longo dos cenários selecionados e as relações existentes com a dinâmica de uso da terra; 4) Trabalhos de campo para o reconhecimento da área e validação dos dados dos mapeamentos de uso da terra e da rede de drenagem dos cenários mais recentes. As atividades de campo foram voltadas para as amostras circulares pré-definidas em gabinete.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

As características da dinâmica de uso da terra na bacia do ribeirão Bonito seguem um padrão predominantemente agropastoril, com uma evolução significativa das lavouras de cana-de-açúcar (Tabela 1).

Tabela 1: Evolução do uso da terra na bacia do ribeirão Bonito.

Uso	1962		1972		2007	
	km ²	(%)	km ²	(%)	km ²	(%)
Área urbanizada	0,44	0,53	0,54	0,59	1,4	1,51
Área de mineração	0,02	0,02	0,0	0,0	0,0	0,0
Culturas alimentares	13,28	14,37	17,56	19,01	0,73	0,79
Cana-de-açúcar	0,03	0,04	0,06	0,07	42,2	45,8
Citrus	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Café	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Pasto sujo	20,86	22,57	14,7	15,97	11,09	11,99
Pasto limpo	41,51	44,91	37,90	41,01	8,80	9,52
Silvicultura	0,82	0,88	6,3	6,86	8,75	9,47
Instalações agrícolas	0,26	0,29	0,22	0,24	1,34	1,45

Florestal	12,62	13,65	12,07	13,07	15,15	16,39
Campo úmido	2,42	2,7	2,0	2,14	2,83	3,06
Corpos de água continentais	0,04	0,04	0,95	1,04	0,01	0,02
Total	92,3	100	92,3	100	92,3	100

O aumento das lavouras de cana-de-açúcar na bacia do ribeirão Bonito foi mais expressivo no setor da baixa e média bacia, em áreas de relevo suave, que propiciaram a evolução deste gênero agrícola com elevado grau de mecanização (SIMON, 2010).

A expansão da cana-de-açúcar desencadeou a diminuição das áreas de pasto limpo, indicando uma alteração significativa das atividades agropastoris que possivelmente teve interferências na economia da área em questão. Da mesma forma, as áreas destinadas ao plantio de culturas alimentares passaram por grande retração, assinalando a intensificação das atividades voltadas à monocultura canavieira e à obtenção de renda em detrimento de gêneros agrícolas designados à subsistência e comercialização local.

As áreas de plantio de cana-de-açúcar também alteraram a configuração espacial das florestas de galeria no setor da baixa e média bacia do Ribeirão Bonito (SIMON, 2010). Muito embora a Tabela 1 aponte para o aumento do uso florestal, este ocorreu no setor cuneiforme da área em estudo, onde são verificadas as maiores declividades que não favorecem a expansão de usos agropastoris e urbanos. A diminuição das matas de galeria contribui efetivamente para o processo de redução dos canais fluviais de primeira ordem, pois a manutenção da vegetação ciliar condiciona a maior interceptação das águas das chuvas e a manutenção das taxas de escoamento subsuperficial que mantém os níveis do lençol freático.

A avaliação temporal da rede de drenagem da bacia do ribeirão Bonito indica uma diminuição nas densidades de rios e de drenagem ao longo do período analisado, com ligeiro aumento do cenário de 1962 para 1972 (Tabelas 2 e 3).

O decréscimo da densidade de drenagem resulta da redução no número de canais de primeira ordem e da consequente diminuição do comprimento total dos canais fluviais da bacia. Cabe salientar que a bacia do ribeirão Bonito teve sua foz e trecho do curso final alagados pelo reservatório de Barra Bonita e que a redução dos índices de densidade de rios e de drenagem pode estar vinculada ao reajustamento da dinâmica fluvial diante das alterações positivas no nível de base.

Tabela 2: Valores da densidade de rios (Dr) na bacia do ribeirão Bonito em 1962, 1972 e 2007

	1962	1972	2007
N1	753	770	719
Dr	8,15	8,32	7,8

N1: número de canais de 1ª ordem. Dr: densidade de rios ou hidrográfica ($Dr = N1/A$). Área total da bacia do ribeirão Bonito 92,3 km².

Tabela 31: Valores da densidade de drenagem (Dr) na bacia do ribeirão Bonito em 1962, 1972 e 2007

	1962	1972	2007
Lt (km)	305,83	336,52	272,01
Dd (km/km ²)	3,31	3,65	2,95

Lt: comprimento total dos canais de drenagem. Dd: densidade de drenagem ($Dd = Lt/A$). Área total da bacia do ribeirão Bonito 92,3 km².

A fim de avaliar as relações entre dinâmica de uso da terra e as alterações na rede de drenagem foram selecionadas as amostras circulares do setor da média e baixa bacia do ribeirão Bonito, onde, de acordo com os mapeamentos de uso da terra (SIMON, 2010) ocorreu a maior expansão das lavouras de cana-de-açúcar.

A avaliação das amostras circulares permitiu uma análise mais aprofundada das complexidades pontuais envolvidas no contexto geral de diminuição das densidades de rios e de drenagem.

De acordo com a Tabela 4, a maior parte das amostras circulares evidencia uma evolução de mais de 50% nas áreas de cana-de-açúcar entre os anos de 1962 e 2007, superando o aumento verificado para toda a extensão da bacia do ribeirão Bonito para o mesmo período analisado.

Tabela 42: Densidades de rios (Dr) e de drenagem (Dd) e sua relação com a expansão da cana-de-açúcar nas amostras circulares da média e baixa bacia do ribeirão Bonito (1962 – 2007).

	Dr			Dd*			Evolução cana-de-açúcar
	1962	1972	2007	1962	1972	2007	1962 - 2007
Am. 1	2,8	2,0	6,0	2,01	0,93	2,16	+ 55,60 %
Am. 2	4,0	2,0	2,8	2,02	1,05	1,28	+ 56,35 %
Am. 3	6,0	3,6	0,4	2,07	1,4	0,85	+ 74,77 %
Am. 4	3,2	4,4	4,4	1,31	2,06	1,52	+ 33,54 %
Am. 5	4,4	2,4	0,0	1,99	1,57	0,0	+ 63,97 %
Am. 6	8,0	6,4	15,6	2,33	1,82	2,12	+ 72,68 %
Am. 7	8,4	12,4	5,6	3,53	4,57	3,21	+ 61,10 %

*km/km²

Nas amostras 3 e 6, este aumento supera os 70% (Tabela 4). Entretanto, comportamentos diferenciados da rede de drenagem puderam ser constatados.

Na **amostra 3**, a diminuição das densidades de rios e de drenagem ocorreu à medida em que áreas de cana provocaram uma mudança generalizada nas características de uso da terra – onde predominavam pastagens – ocasionando alterações na hidrografia da área a partir do soterramento de canais fluviais e mudanças nas características das concavidades das vertentes que foram entulhadas para a construção de terraços agrícolas.

Já na **amostra 6** (Tabela 4) ocorreu um aumento nas densidades de rios e de drenagem derivadas, sobretudo, do desenvolvimento de linhas de voçorocamento (SIMON, 2010). Do cenário de 1962 para 2007, houve um alargamento destas feições erosivas, assim como a incisão de novas linhas que deram origem a um nicho de canais de primeira ordem. Esta situação foi dinamizada pela alteração do uso da terra nas vertentes marginais, responsáveis pelo escoamento até a concavidade

onde foi verificada a ampliação do voçorocamento, pois a evolução das lavouras de cana-de-açúcar sobre superfícies de pasto sujo e pasto limpo contribuiu para modificações na interceptação e velocidade do escoamento superficial.

A **amostra 5** apresentou uma redução de 100% nas densidades de rios e de drenagem (Tabela 4). Os canais fluviais verificados em 1962 consistiam em pequenos filetes organizados em compartimentos de fundo de vale margeados por uma faixa restrita de pasto sujo. Em 2007 a cana-de-açúcar predomina na área de abrangência da amostra 5, tendo desencadeado o seccionamento das vertentes a partir da construção de terraços agrícolas. As estradas no interior das lavouras de cana-de-açúcar seguem o sentido dos terraços e também foram construídas nos compartimentos de fundo de vale, causando o aterramento dos canais fluviais principais. Nas encostas a ampliação da área destinada ao cultivo de cana causou o soterramento dos cursos de água (Figura 2).

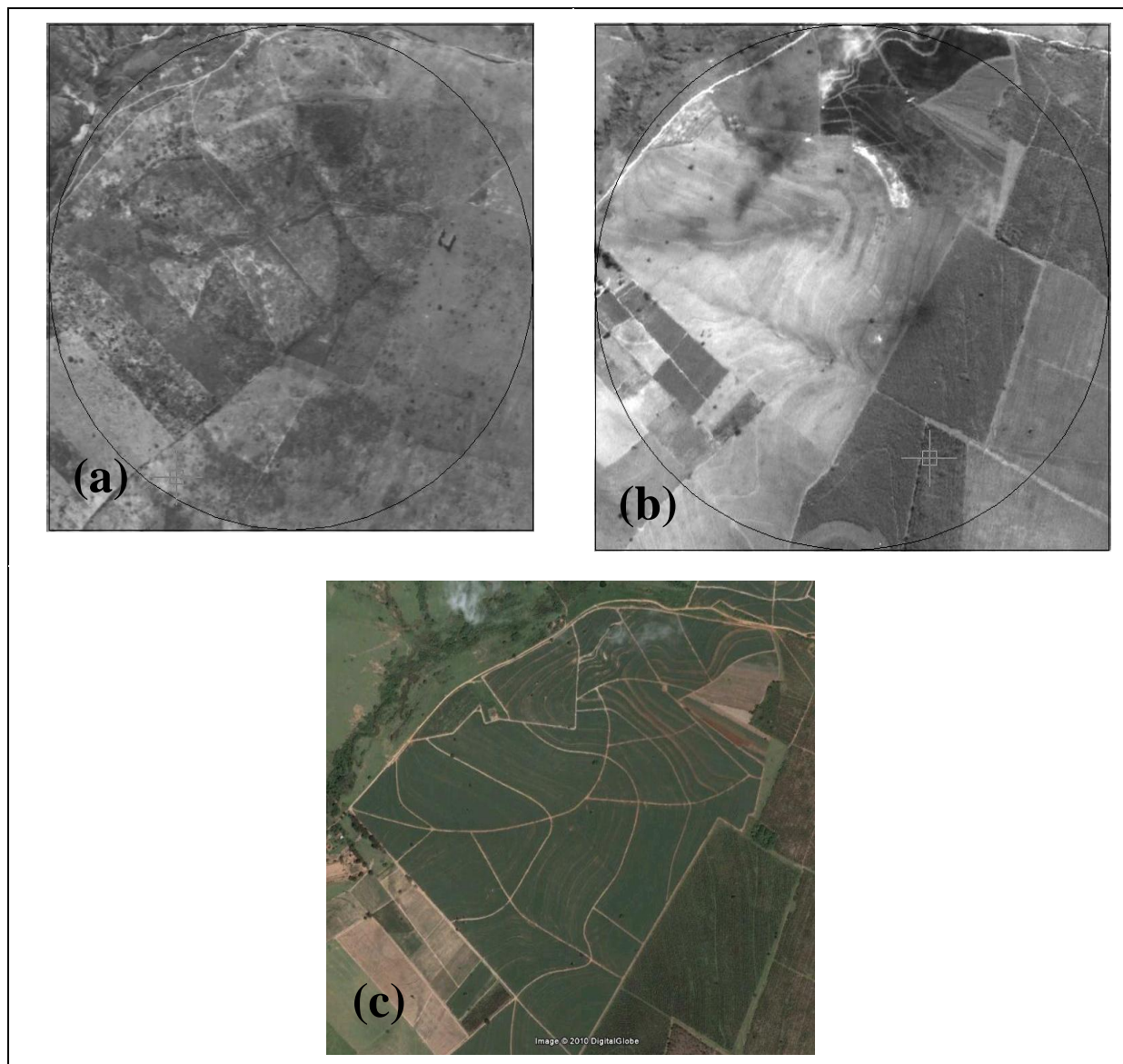


Figura 2: Área de abrangência da amostra 5 na bacia do ribeirão Bonito: **(a)** cenário de 1962, existência de canais fluviais margeados por faixa estreita de pasto sujo; **(b)**

cenário de 2007 com predomínio das lavouras de cana-de-açúcar e de silvicultura com alteração das concavidades de vertente e organização de canais pluviais com soterramento dos canais fluviais; (c) imagem do Google Earth com aspectos do uso da terra na área para o ano de 2010.

Na **amostra 7** as densidades de rios e de drenagem diminuíram durante o período analisado tendo ocorrido um aumento destes índices no cenário de 1972 (Tabela 4). A dinâmica de uso da terra na área de abrangência desta amostra indica a preservação dos usos florestal, pasto sujo e campo úmido nos compartimentos de fundo de vale nos três cenários analisados, fato que pode ter contribuído para a elevação das densidades verificadas neste cenário intermediário (SIMON, 2010).

Em 2007, as lavouras de cana-de-açúcar ocupavam significativas extensões da área de abrangência da amostra 7. Entretanto, a evolução deste tipo de cultura ocorreu predominantemente sobre morfologias mais suaves das altas e médias vertentes, com declividades menores, sendo interrompida por rupturas de declive que demarcam a conexão das vertentes com os compartimentos de fundo de vale. Esta conjuntura explica a manutenção das coberturas vegetais florestais, pasto sujo e campos úmidos junto aos canais fluviais da área. Porém, as principais mudanças na rede de drenagem ocorreram onde houve expansão das áreas de cana-de-açúcar e este processo encontra-se atrelado às intervenções que as técnicas de cultivo deste gênero agrícola lançam mão: terraceamento, aterramento de fundos de vale e alteração da direção do escoamento superficial.

Nas amostras 1 e 2 a expansão da cana-de-açúcar concorreu com a manutenção ou expansão de outros usos da terra, apresentando evoluções menores, porém significativas.

Na **amostra 1**, a evolução da cana-de-açúcar foi limitada pela existência de rupturas suaves e abruptas no declive, em zona de baixa vertente (SIMON, 2010). Usos florestais também apresentaram reduções localizadas em função do aumento das lavouras de cana, mas em geral houve uma evolução das áreas de mata sobre pastagens sujas, bem como a manutenção de vegetação nativa junto aos anfiteatros que concentram os nichos de nascentes. Nestas últimas ocorreu um aumento no número de canais de primeira ordem com consequente elevação da densidade de drenagem.

A localização da amostra junto a um dos locais de maior alteração no nível do lençol freático – em função da construção do reservatório de Barra Bonita – revela características importantes sobre a elevação do nível de base: do ano de 1962 para o ano de 1972 houve uma redução no número de canais de primeira ordem e na densidade de drenagem (Tabela 4). Esta situação condiz com a hipótese de que a elevação no nível de base causa uma diminuição das atividades erosivas desencadeadas pelos canais fluviais, com consequente aumento da deposição realizada pelos mesmos. Do cenário de 1972 para 2007, entretanto, os índices de densidade de rios e de drenagem aumentaram de forma significativa (Tabela 4), sendo que esta situação indica um estágio no qual os canais fluviais da baixa bacia, alagados pelo reservatório de Barra Bonita, estão sofrendo retomadas erosivas em busca do equilíbrio em relação ao novo nível de base imposto.

Na **amostra 2** a diminuição das densidades de rios e de drenagem foi acompanhada de alterações expressivas na dinâmica de uso da terra.

A partir do cenário de 1972, a expansão de culturas alimentares sobre áreas de pasto limpo e florestal, contribuiu para a diminuição do comprimento dos canais principais e na redução do número de canais de primeira ordem (Tabela 4). No cenário mais atual (2007) verifica-se o crescimento de áreas de cana-de-açúcar e silvicultura, bem como a evolução do pasto sujo em áreas agrícolas abandonadas. Mesmo sob situação geral de diminuição das densidades de rios e de drenagem na amostra 2, de 1972 para 2007 houve um aumento nestes índices, sugerindo um processo de reajuste da rede de drenagem as mudanças no uso da terra, bem como ao nível de base local.

Todos os canais presentes nesta amostra são margeados por vegetação ciliar e o contato destas com as lavouras de cana-de-açúcar ocorre a partir de rupturas no declive. Esta situação, aliada ao reajuste da rede de drenagem ao novo nível de base também se encontra atrelada aos sensíveis aumentos verificados nas densidades de rios e de drenagem entre 1972 e 2007 (Tabela 4).

A menor expansão das lavouras de cana-de-açúcar ocorreu na **amostra 4**, porém, neste ponto amostral foram constatados ligeiros aumentos nas densidades de rios e de drenagem, com maiores alterações no comprimento dos canais fluviais (Tabela 4). Esta situação pode estar vinculada ao fato de que os rios situados nos principais compartimentos de fundo de vale mantiveram-se margeados por usos florestais ou então pastos sujos, ao passo que a expansão das áreas de cana-de-açúcar ocorreu nas vertentes e compartimentos de topo, não afetando diretamente os canais de primeira ordem existentes.

CONCLUSÃO

Os resultados obtidos a partir da aplicação das amostras circulares indicam uma frequência maior de amostras com diminuição na densidade de rios no setor da média e baixa bacia do ribeirão Bonito, ao longo do período analisado. A média das amostras inseridas na baixa bacia também indica que a densidade de drenagem apresentou uma diminuição neste setor. As médias das densidades de rios e de drenagem nas amostras circulares para o setor em questão estiveram sempre abaixo do índice verificado para a área da bacia.

A evolução das lavouras de cana-de-açúcar possui relação direta com alterações hidrográficas verificadas, sobretudo na completa transformação de canais de primeira ordem, por meio do soterramento dos fundos de vale e na redução dos sulcos erosivos. Em geral a expansão da cana na área das amostras ultrapassou 50%, considerando-se o primeiro e o último cenário.

As mudanças na paisagem efetivadas pela expansão das lavouras de cana-de-açúcar foram muito significativas e precisam ser especificamente estudadas a fim de que sejam compreendidos os processos de soterramento dos compartimentos de fundo de vale e das nascentes. Esta compreensão deve ocorrer como forma de auxiliar no planejamento do uso da terra na baixa bacia, visando o mínimo impacto à dinâmica fluvial que já foi significativamente alterada pelas transformações no nível de base.

REFERENCIAS

- BROWN, E. H. **O homem modela a Terra**. Boletim Geográfico. v. 30, n. 222, 1971. (p. 1 – 18).
- CASSETI, V. **Ambiente e apropriação do relevo**. São Paulo:Ed. Contexto. 1991. 147 p. (Coleção Caminhos da Geografia).
- CHRISTOFOLETTI, A . **Modelagem de Sistemas Ambientais**. São Paulo: Edgard Bluncher, 1999. 236 p.
- DREW, D. **Processos interativos Homem-Meio Ambiente**. São Paulo: DIFEL, 1986. 206 p.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Manual técnico de uso da terra**. 2 ed. Brasília: IBGE, 2006. 91p. (Manuais Técnicos em Geociências, n. 7).
- LAMBIN, E.F. et al.. **Land-Use and Land-Cover Change (LUCC): Implementation Strategy**. A Core Project of the International Geosphere-Biosphere Program and the International Human Dimensions Program on Environmental Change: IGBP Report 48, IHDP Report 10: IGBP, Stockholm, 1999. 125 p. Disponível em: <<http://www.ihdp.uni-bonn.de/html/publications/reports/report10/luccisindex.htm>>. Acesso em: 07 ago. 2007.
- SIMON, A. L. H. **A dinâmica do uso da terra e sua interferência na morfohidrografia da bacia do Arroio Santa Bárbara – Pelotas (RS)**. 2007, 185f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – IGCE/UNESP, Rio Claro, 2007.
- _____. **Influência do reservatório de Barra Bonita sobre a morfohidrografia da baixa bacia do Rio Piracicaba – SP: contribuições à Geomorfologia Antropogênica**. 2010, 150f. Tese (Doutorado em Geografia) – IGCE/UNESP, Rio Claro, 2010.
- SIMON, A. L. H; CUNHA, C. M. L. **As obras de engenharia e as alterações morfo-hidrográficas na bacia do Arroio Santa Bárbara - Pelotas (RS)**. SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA / REGIONAL CONFERENCE ON GEOMORPHOLOGY "GEOMORFOLOGIA TROPICAL E SUBTROPICAL: PROCESSOS, MÉTODOS E TÉCNICAS", 6, 2006, Goiânia. **Anais...**Goiânia: IESA/UFG, 2006, p. 1-11.