



ALTERAÇÕES GEOMORFOLÓGICAS DERIVADAS DA INTERVENÇÃO DE ATIVIDADES ANTRÓPICAS: análise temporal na Bacia do Arroio Santa Bárbara – Pelotas (RS).

Adriano Luís Heck Simon

Departamento de Planejamento Territorial e Geoprocessamento – Laboratório de Geomorfologia. Universidade Estadual Paulista. Rua 10, n. 2527, Bairro Santana, Rio Claro, SP – Brasil. CEP: 13.500-230. adrianosimon@yahoo.com.br; cenira@rc.unesp.br.

Cenira Maria Maria Lupinacci Cunha

Departamento de Planejamento Territorial e Geoprocessamento – Laboratório de Geomorfologia. Universidade Estadual Paulista. Rua 10, n. 2527, Bairro Santana, Rio Claro, SP – Brasil. CEP: 13.500-230. adrianosimon@yahoo.com.br; cenira@rc.unesp.br.

Resumo

A análise temporal das alterações nas formas do relevo, tendo como base informações espaciais oriundas da cartografia geomorfológica, possibilita a compreensão da gênese dos distúrbios na morfodinâmica e dos impactos ambientais. Assim, este artigo foi desenvolvido com o objetivo de analisar as principais alterações geomorfológicas desencadeadas na bacia do Arroio Santa Bárbara, localizada no município de Pelotas – RS, durante 41 anos (1965 – 2006). Para avaliar as alterações ocorridas sobre a morfologia, foram elaborados mapas geomorfológicos da área em estudo, referentes aos anos de 1965 e 1995, a partir da interpretação de fotografias aéreas. O cenário de 2006 foi constituído por meio de representações cartográficas, esquematizadas a partir da obtenção de imagens orbitais do software Google Earth™. A integralização deste mapeamento ocorreu por meio de trabalhos de campo, onde foram constatadas as transformações da morfologia e as feições geomorfológicas artificiais. As atividades antrópicas efetivaram a imposição de mecanismos de controle que alteraram as formas e a estrutura do sistema, agindo, conseqüentemente, sobre os fluxos de matéria e energia. Tais alterações vinculam-se à expansão urbana, ao desenvolvimento das atividades agrícolas e às ações antrópicas pontuais como a mineração e a interceptação dos cursos de água para a construção de reservatórios.

Palavras-chave: Alterações Ambientais; Relevo; Cartografia; Pelotas.

Abstract

The objective of this paper is to analyze the main geomorphological alterations occurred in Santa Bárbara hydrographic basin during 41 years (1965 – 2006). The study area is located in the southeast portion of the municipal district of Pelotas (Rio Grande do Sul state). Such alterations were evaluated through the elaboration of geomorphologic maps that represent the morphography, indicated by symbols, detaching the relief forms with more erosive potential. Maps of 1965 and 1995 were obtained starting from the interpretation of aerial photographs, while 2006 scenery map was elaborated with the assistance of Google Earth™ orbital images. Field works were executed to complement the geomorphological mapping, as well as to verify changes in original landforms. Human activities in urban and rural areas took to the control of morphodynamic in Santa Bárbara hydrographic basin, that altered the matter and energy circulation into the system. These changes are harnessed with the urban expansion, with the development of the agricultural activities and with localized actions, as the mining and watercourses interception for reservoirs construction.

Key words: Environmental changes; Relief; Cartography; Pelotas.

Introdução

O estudo das alterações geomorfológicas derivadas das atividades antrópicas também se insere nos propósitos da geomorfologia (NIR, 1983). Cassetti (1991) explica que as atividades desenvolvidas pelo homem estão em contato direto com as formas do relevo, que se encontram suscetíveis a alterações ligadas às intenções e ações humanas. Assim, argumenta o autor citado, ao mesmo tempo em que o relevo terrestre insere-se no conjunto de elementos da natureza, constitui-se em um recurso natural revestido de interesse geográfico e, portanto, de preocupação ambiental, uma vez que jamais poderá deixar de ser tratado sob o prisma antropocêntrico.

Christofolletti, em 1967, afirmou que a ação antrópica atribui características artificiais à estrutura do sistema físico-ambiental, atuando, conseqüentemente, na alteração dos processos naturais, entre eles a morfodinâmica. O autor explica que deve existir uma preocupação latente por parte das ciências naturais em analisar as repercussões que a atividade humana desencadeia nos processos geomorfológicos.

Tais estudos devem basear-se numa perspectiva histórica, ou seja, na compreensão da evolução das atividades antrópicas, derivadas do desenvolvimento de estruturas urbano-industriais e agro-pastoris. Assim, é possível compreender de que modo estas intervenções temporais contribuíram para o controle da morfodinâmica, a partir da alteração da estrutura do sistema e da conseqüente aceleração, estagnação ou surgimento de determinados processos evidenciados na atualidade.

A cartografia geomorfológica possui um papel fundamental neste contexto, pois torna possível a representação das formas do relevo e a análise dos processos geomorfológicos que ocorrem no espaço geográfico, partindo da idéia de que a análise da alteração nas formas concede respaldo às deduções lógicas acerca das transformações ocorridas na dinâmica e nos fluxos de materiais. De acordo com Demek (1967), o mapeamento geomorfológico tem se tornado o principal método para o estudo e a pesquisa geomorfológica. Quando realizado sobre um mesmo fragmento espacial, durante períodos históricos distintos, este mapeamento possibilita a identificação de alterações ocorridas sobre as feições originais, com destaque àquelas derivadas da ação antrópica as que ocasionaram transformações na estrutura e nos processos, atuando na alteração da morfodinâmica.

Neste contexto, o presente trabalho foi desenvolvido com o objetivo de analisar as principais alterações geomorfológicas desencadeadas pelas atividades do homem na bacia do Arroio Santa Bárbara, durante 41 anos (1965 – 2006). As atividades antrópicas, tanto rurais como urbano-industriais, foram responsáveis pela transformação das for-

mas originais e pelo estabelecimento de feições geomorfológicas artificiais ao longo do tempo em vários pontos da bacia, repercutindo em mudanças na morfodinâmica. Assim, acredita-se que a análise temporal destas modificações advindas do desenvolvimento das atividades antrópicas pode auxiliar na compreensão de pontos que contribuem de forma expressiva para o desequilíbrio dos processos geomorfológicos na área, contribuindo para a tomada de decisões no que se refere às necessidades de intervenção por parte de ações de planejamento e gestão ambiental.

Caracterização da Área

A bacia do Arroio Santa Bárbara localiza-se na porção sudoeste do município de Pelotas, estado do Rio Grande do Sul e ocupa uma área de aproximadamente 83 km² (Figura 1 A e B). Insere-se no conjunto de bacias do sistema lagunar Patos-Mirim, desaguando no Canal São Gonçalo, elo entre as formações lacustres citadas.

A área apresenta atributos peculiares quanto ao relevo por situar-se na interface de dois domínios morfoestruturais gaúchos (Figura 1 C): o Escudo Cristalino Sul-riograndense – mais precisamente na unidade geomorfológica do Planalto Rebaixado Marginal – e os Depósitos Sedimentares do Quaternário, entre as unidades geomorfológicas da Planície Alúvio-Coluvionar e Planície Lagunar. No primeiro domínio existe o predomínio de litologias mais resistentes como o Granodiorito Equigranular (PHILIPP, 1991), enquanto que no segundo ocorre a Formação Graxaim, que abrange o conjunto de Arcózios predominante na Planície Costeira Interna (RADAMBRASIL, 1986).

A cobertura vegetal original resulta da localização da bacia em uma área de transição entre a serra e o litoral, podendo-se encontrar áreas de banhado, campos, pastagens, além da mata subtropical arbustiva. No entanto, a atual configuração espacial da área evidencia um intenso processo de apropriação dos recursos naturais por parte das atividades agrícolas e urbano-industriais.

Método e Técnicas

A orientação metodológica da presente pesquisa vincula-se à Teoria Geral dos Sistemas aplicada à Geografia. A análise pretendida na presente investigação, a partir da adoção desta abordagem metodológica, coloca em pauta a noção de interferência das atividades do homem sobre morfotopografia, provocando alterações nas formas e na estrutura, podendo interferir de maneira decisiva nos fluxos e dinâmicas locais, e levando a desequilíbrios ambientais. No âmbito deste referencial teórico, a bacia do Arroio Santa Bárbara é analisada sob o enfoque dos sistemas controlados.

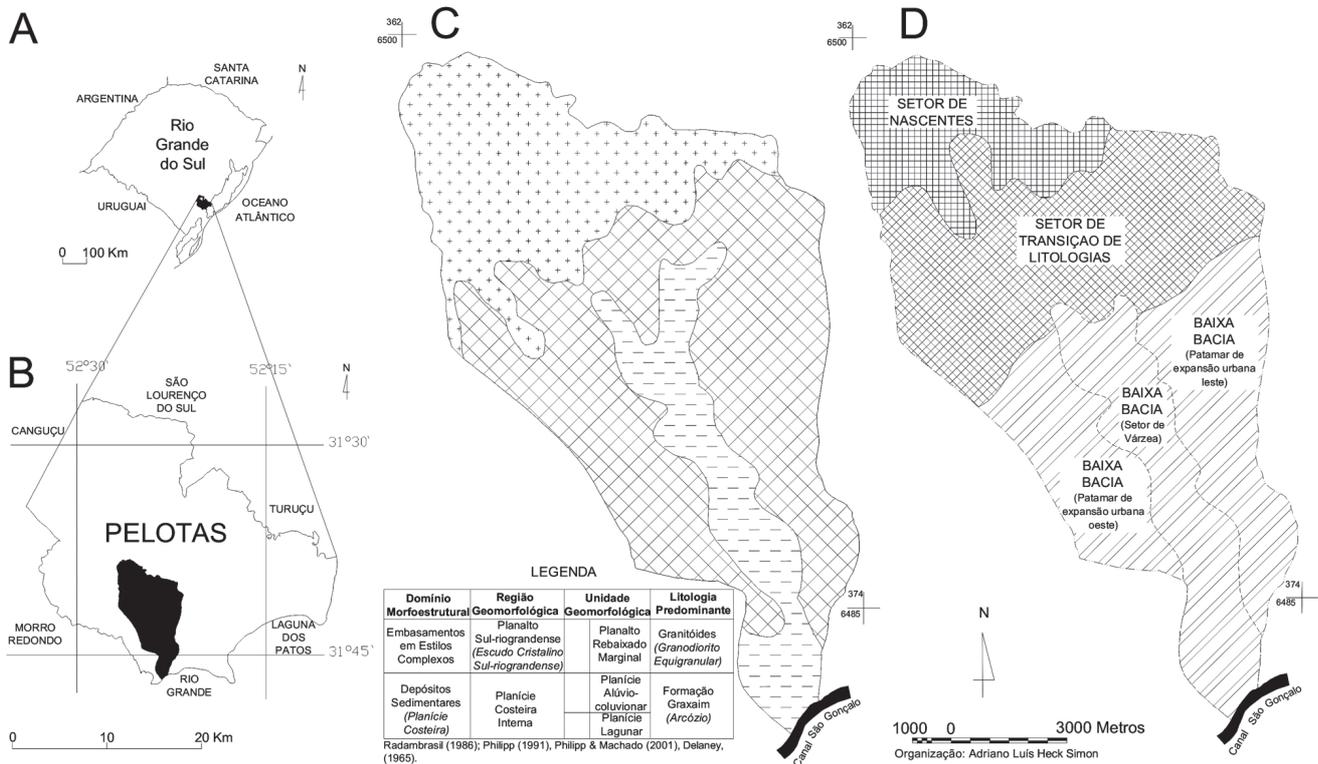


Figura 1: A) Localização do Município de Pelotas no Estado do Rio Grande do Sul; B) Localização da bacia do Arroio Santa Bárbara no Município de Pelotas; C) Características geológicas e geomorfológicas da bacia do Arroio Santa Bárbara; D) Setores de análise das alterações geomorfológicas na bacia do Arroio Santa Bárbara.

De acordo com Chorley & Kennedy (1971) e Christofolletti (1999), os sistemas controlados encontram-se inseridos nos sistemas processo-resposta. Possuem a particularidade de conter “válvulas” ou “chaves”, que desempenham um papel decisivo por meio de intervenções efetivas sobre as formas e estruturas, que podem causar mudanças operacionais na distribuição de matéria e energia no sistema, dependendo da intensidade da atuação de tais válvulas na condução destes processos. Estas chaves ocupam pontos estratégicos dentro do sistema, sendo capazes de desencadear mudanças funcionais nos atributos dos elementos, demonstrando assim seu caráter de importância.

Com o objetivo de identificar tais chaves ou válvulas, foi realizado o mapeamento das feições do relevo na bacia do Arroio Santa Bárbara, nos anos de 1965 e 1995. A organização deste mapeamento ocorreu a partir da interpretação de pares estereoscópicos de fotografias aéreas verticais dos cenários de 1965 (em escala aproximada de 1:60.000) e 1995 (em escala aproximada de 1:25.000). A diferença na escala dos aerofototelevantamentos foi compensada por interpretações que buscaram homogeneizar as informações espaciais em termos de quantidade e qualidade.

O mapeamento geomorfológico pautou-se nos procedimentos propostos por Cunha (2001). A autora citada expli-

ca que é necessário levar em consideração os diferentes sistemas geomorfológicos existentes, além dos problemas ambientais particulares evidenciados na área em estudo. Isso faz com que possam ocorrer adaptações que permeiam os objetivos do trabalho, podendo ser dada maior ênfase a determinadas feições e processos.

Considerando a proposta de Cunha (2001), o mapeamento geomorfológico realizado enfatizou a morfografia, representada através da simbologia, com destaque para as formas de relevo que indicam maior dinâmica erosiva. Foi dada atenção também ao mapeamento do modelado antrópico, ressaltando as intervenções geomorfológicas que, acredita-se, atuam como mecanismos de controle da morfodinâmica da bacia do Arroio Santa Bárbara.

A simbologia utilizada no mapeamento pautou-se em uma adaptação das propostas de Tricart (1965) e Verstapen & Zuidam (1975), a partir da seleção de símbolos adequados à representação das feições na área em uma única legenda. Este procedimento encontrou respaldo nas análises sobre mapeamento geomorfológico realizados por Cunha (2001). Com base nas simbologias de Tricart (1965) e Verstapen & Zuidam (1975), foi elaborada a legenda que serviu como orientação ao mapeamento geomorfológico da bacia do Arroio Santa Bárbara. Sua

esquemática comporta: as *Feições Litológicas*; as *Formas de Origem Denudativa*; a *Ação das Águas Correntes* e as *For-*

mas de Origem Fluvial; a *Morfometria* e o *Modelado Antrópico* e as *Alterações na Topografia* (Figura 2).

1. FEIÇÕES LITOLÓGICAS		4. MORFOMETRIA	
De acordo com a resistência e tipo de rocha predominante	compactadas menos compactadas	Granodiorito Equigranular Formação Graxaim (Arcózio)	
2. FORMAS DE ORIGEM DENUDATIVA		A. Precisões Topográficas e Morfométricas	
A. Formas Erosivas Localizadas		21	curvas de nível
	ersão em sulcos	Linhas de cumeada	topos cotados suaves agudas caimento topográfico
	ravinas		
	voçorocas		
	colo		
	ruptura topográfica suave		
	ruptura topográfica abrupta		
3. AÇÃO DAS ÁGUAS CORRENTES E FORMAS DE ORIGEM FLUVIAL		B. Forma das Vertentes	
A. Feições Hifrográficas			convexa
	drenagem perene		concava
	drenagem intermitente		retilíneas
	canal abandonado		irregulares
B. Formas de Acumulação e Natureza dos Depósitos		5. MODELADO ANTRÓPICO E ALTERAÇÕES NA TOPOGRAFIA	
Formas de Acumulação		A. Formas de Ablação	
	leques aluviais	Poço de Mina / pedreira	ativa desativada
Natureza dos Depósitos		corte ocasionado por rotas, canais ou vias férreas	
	depósitos areno-argilosos	B. Formas de Acumulação	
	depósitos flúvio-lacustres	aterro ocasionado por rotas, canais ou vias férreas	
C. Modelado de Entalhe		aterro para ampliação de área urbana	
Vales	em "V" >>> fundo plano □□□	C. Formas Mistas	
		terraços de cultivo (Marrachas)	
		curso d'água retificado	
		corpos d'água artificiais (açúdes e barragens)	
		Ponte	
CONVENÇÕES CARTOGRÁFICAS			
	Delimitação da Bacia Hidrográfica		Rodovias / estradas secundárias / avenidas
	Área Urbanizada		Ferrovia

Figura 2: Sistema de legenda dos mapas geomorfológicos.

Organização: Adriano L. H. Simon

O cenário de 2006 foi constituído por meio de representações cartográficas esquematizadas a partir da obtenção de imagens orbitais do software Google Earth™, valendo-se de informações espaciais de livre utilização, que possuem resolução suficiente para a identificação e análise dos fenômenos geomorfológicos em uma escala aproximada. Os dados referentes ao ano de 2006 foram organizados como figuras em decorrência da escassez de fotografias aéreas que contemplassem toda a área, o que inviabilizou a construção de um mapa geomorfológico de detalhe, conforme realizado nos cenários de 1965 e 1995.

Os documentos cartográficos elaborados apresentam grande complexidade para a publicação devido à intensa utilização de cores e pela dificuldade em abranger toda a área em estudo sem comprometer a qualidade das figuras. Desta forma, no decorrer do artigo, os mapas foram expostos de forma a priorizar os pontos onde ocorreram as maiores alterações nos setores analisados, a fim de não causar danos na definição das imagens. Os mapas e a legenda encontram-se em branco e preto, porém não interferindo na interpretação da simbologia e dos dados mapeados. A legenda (Figura 2) é apresentada separada dos mapas visando possibilitar a melhor compreensão das propostas cartográficas e símbolos utilizados.

A análise das alterações nas feições e nos processos geomorfológicos da bacia do Arroio Santa Bárbara ocorreu após a compartimentação da área de estudo em setores que

se diferenciam pelas características do meio físico (CUNHA & SILVEIRA, 1997), (RADAMBRASIL, 1986) e também pelo comportamento do uso da terra – avaliado a partir das observações realizadas no decorrer das atividades de fotointerpretação. Assim, foi possível estabelecer três setores de análise dos dados, onde a característica das alterações geomorfológicas ocorreu de forma distinta: *Setor da baixa bacia Santa Bárbara*; *Setor de transição de litologias* e o *Setor das nascentes* (Figura 1 D).

A baixa bacia e as transformações vinculadas à expansão urbana e obras de engenharia

A baixa bacia do Arroio Santa Bárbara (Figura 1 D) está assentada sobre litologias menos resistentes da Planície Costeira Interna (Formação Graxaim), integrando o setor dos patamares de expansão urbana leste e oeste, além do setor de várzea.

Nos patamares de expansão urbana predomina um relevo plano, com vertentes retilíneas e alongadas. Trata-se de uma superfície pouco sinuosa, onde sobressaem cursos intermitentes nas partes mais elevadas, que se tornam perenes nas proximidades com o setor de várzea, onde o lençol alcança o nível de exposição no leito dos arroios. As linhas de cumeada, quando representativas, apresentam-se suaves, indicando, de forma pouco precisa, a divisão da direção do escoamento superficial.

O setor de várzea é constituído por terrenos inconsolidados de formação recente. As porções norte e central do setor de várzea eram originalmente formadas por uma complexa rede de pequenos canais de seção plana, drenando terras úmidas, com predomínio da vegetação de banhado. O escoamento superficial proveniente dos demais setores da bacia do Arroio Santa Bárbara possuía conexão com essa rede de canais, formando um sistema de concentração de água efêmero, que confluía para o segmento final da bacia, na porção sul do setor de várzea, alcançando a foz no Canal São Gonçalo.

A baixa bacia do Arroio Santa Bárbara foi palco de transformações geomorfológicas intensas, ocasionadas pela evolução da estrutura urbano-industrial pelotense, iniciada nas porções mais elevadas dos patamares leste e oeste. A expansão urbana ocorreu ao longo de importantes avenidas e o avanço do aglomerado superou os limites dos patamares, alterando as rupturas de declive que caracterizam a passagem para o setor de várzea.

O anseio do poder público em propiciar a ocupação urbana nas terras úmidas do setor de várzea levou a intervenções intensas na morfologia da baixa bacia, por meio de obras de engenharia que favoreceram a construção de avenidas, interligando os bairros situados nos patamares. Aterramentos foram efetivados para que as vias pudessem superar irregularidades topográficas e permanecer acima do nível de alagamento das terras úmidas e várias pontes e dutos seccionaram a complexa rede de canais existentes.

O processo de drenagem das terras úmidas existentes na porção central do setor de várzea também lançou mão de estruturas que intervieram direta e indiretamente na rede de drenagem, tendo reflexos sobre a morfodinâmica. Tais obras caracterizam-se pela construção de um canal principal (até a foz do Arroio, no Canal São Gonçalo), além de outros vários secundários, receptores da drenagem proveniente dos setores de transição de litologias e do setor de nascentes.

A Figura 3 (A e B) representa as principais alterações ocorridas na baixa bacia Santa Bárbara, apontando para a descaracterização das rupturas de declive, para a construção de estradas passando pela zona úmida (e para os aterramentos efetivados para a construção destas), além da retificação de cursos de água que promoveram a drenagem parcial do setor de várzea. A Figura 3 C evidencia as características do fundo de vale com curso retificado – situado no patamar de expansão urbana oeste – fruto da ocupação desordenada do aglomerado urbano em zonas inundáveis.

As obras de canalização no setor de várzea foram acompanhadas do início da estruturação do reservatório Santa Bárbara – na porção norte do setor de várzea (Figura 3 B) –

que viria a completar os planos de drenagem deste setor, uma vez que sua implantação ocorreu na zona de confluência de dois importantes arroios (Santa Bárbara e Monte Bonito), que drenam o setor de nascentes e de transição de litologias. Desta forma, toda a água provinda da maior extensão da bacia seria captada pelo reservatório e escoada pelo canal principal (Figura 3 B), não mais se concentrando e/ou escoando lentamente pela zona de terras úmidas existente antes das obras de canalização (Figura 3 A).

Diante das novas características atribuídas à baixa bacia do Arroio Santa Bárbara, após a implementação dos mecanismos de controle sobre a morfodinâmica, vários loteamentos foram estabelecidos nas terras drenadas. A consolidação destes bairros e vilas – verificada durante as atividades de fotointerpretação e também nos trabalhos de campo – ocorreu por meio do aterramento dos depósitos areno-argilosos de superfície localizados nas porções central e norte do setor de várzea, os quais apresentaram uma significativa redução de seus limites de acordo com a comparação dos cenários de 1965 (Figura 3 A) e 1995 (Figura 3 B).

A expansão da urbanização no sentido dos patamares leste e oeste para o setor de várzea promoveu a gradual impermeabilização de superfícies que antes eram responsáveis pela retenção e absorção do escoamento superficial. Fujimoto (2005) ressalta que os arruamentos, mesmo quando respeitam a topografia, cortam e direcionam os fluxos de água, geram padrões de drenagem artificiais.

Assim, na baixa bacia Santa Bárbara, as ruas alteraram os fluxos pluviais redirecionando-os e criando um sistema de drenagem diferente. Fujimoto (2005) explica ainda que os aterros recobrem a vegetação e os materiais de cobertura superficial de formação natural, criando áreas de descontinuidades entre materiais heterogêneos, além de elevarem altimetricamente a superfície original, alterando sua declividade.

Nos pontos em que o escoamento superficial provindo de áreas impermeabilizadas entra em contato com terrenos não impermeabilizados, ocorre o aprofundamento do leito dos arroios. Estas situações, verificadas nos trabalhos de campo, são ocasionadas pelo aumento da energia erosiva acumulada pela drenagem superficial durante seu percurso em área urbana. Superfícies que apresentavam poucas irregularidades topográficas tornaram-se mais acidentadas devido ao aumento no número de canais na superfície e também em razão de sua capacidade de entalhe. A Figura 3 C demonstra a existência de vários cursos com vales de seção transversal em “V”, caracterizando o entalhamento processado pelos arroios sobre as rupturas de declive que demarcam a conexão das vertentes com o fundo de vale.

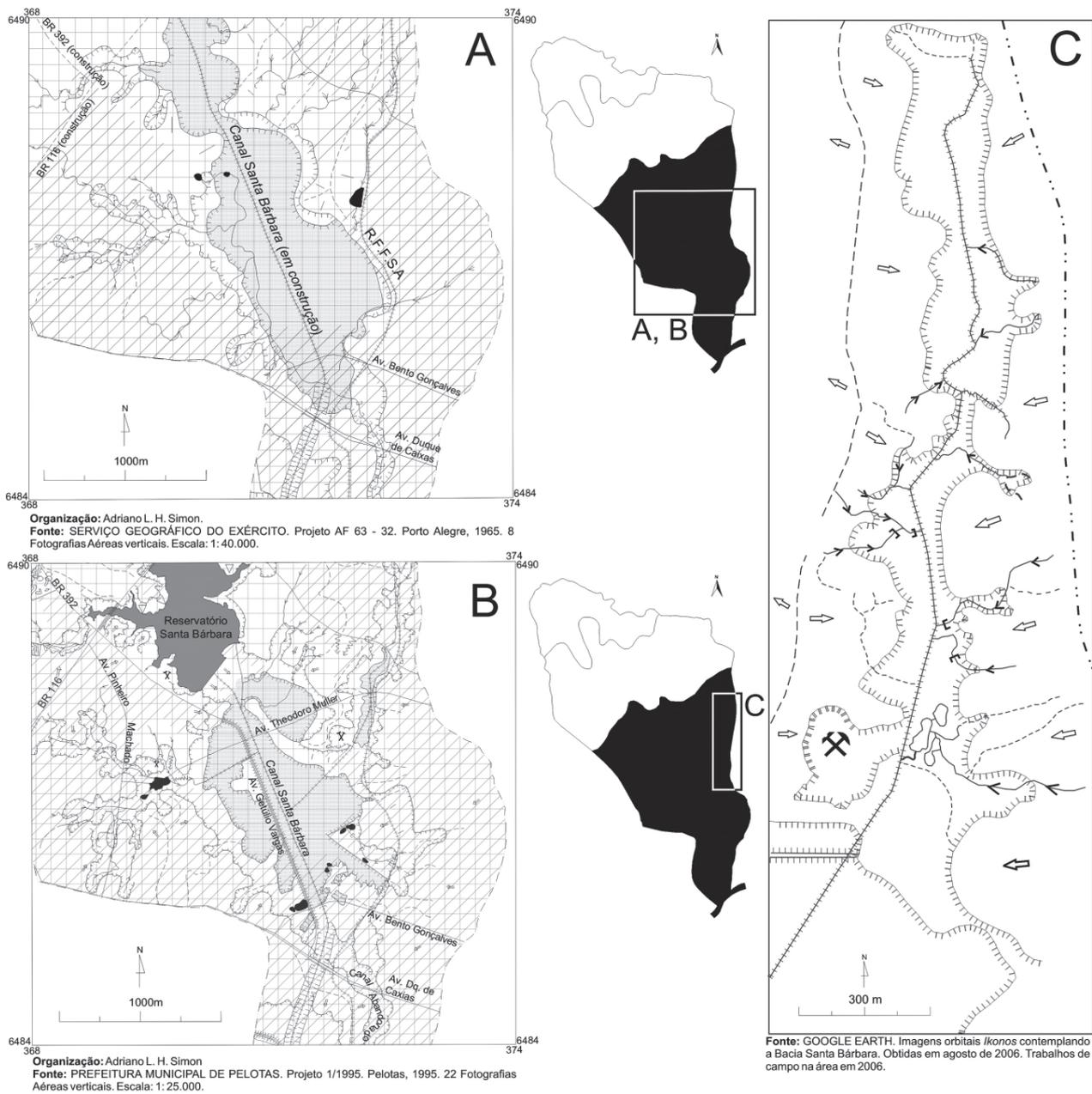


Figura 3: A) Representação cartográfica das características geomorfológicas da baixa bacia Santa Bárbara em 1965; B) Representação cartográfica das características geomorfológicas da baixa bacia Santa Bárbara em 1995; C) Esboço cartográfico identificando fundo de vale com canal fluvial retificado e as características da reativação fluvial, efetivando o entalhamento dos vales e retração das rupturas de declive em 2006.

As alterações geomorfológicas ocasionadas pela orizicultura no setor de transição de litologias

O setor de transição de litologias (Figura 1 D) localiza-se na interface das estruturas mais resistentes do Pré-Cambriano, inseridas no domínio morfoestrutural dos Embasamentos em Estilos Complexos e das litologias sedimentares da Planície Lagunar (RADAMBRASIL, 1986). A transição destas estruturas geológicas é caracterizada por

formas menos dissecadas em relação ao setor de nascentes, representadas por vertentes convexas e retilíneas mais alongadas, conectadas à vales de seção plana na maioria dos casos.

Neste setor, significativas alterações geomorfológicas ocorreram devido à evolução e à intensidade das atividades agro-pastoris. Em 1965, de acordo com os dados obtidos durante as atividades de fotointerpretação, o uso da terra neste setor era caracterizado por áreas de pasta-

gem, além de zonas de vegetação rasteira e glebas de silvicultura. Já no ano de 1995, foi possível constatar o avanço das terras de cultura sobre as áreas antes ocupadas por pastagens e por vegetação rasteira situada em terras úmidas. Este panorama mantém-se no cenário atual, de acordo com as constatações realizadas durante os trabalhos de campo.

O arroz irrigado foi o principal gênero agrícola implantado nas zonas antes ocupadas por pastagens, valendo-se de um relevo pouco ondulado a plano, característico da zona de contato entre o Planalto Rebaixado Marginal e a Planície Costeira Interna (RADAMBRASIL, 1986). Sua introdução foi efetivada por meio de técnicas de preparo do solo que deturparam as características do relevo e da rede de drenagem, confluindo em alterações na morfodinâmica.

De acordo com Althoff & Kleveston (1996), o preparo da terra para o plantio do arroz irrigado se realiza em superfícies rasas cobertas por uma lâmina de água, operação essa conhecida como “lameiro”, que consiste no “alisamento” do solo. Neuman & Loch (2004) explicam que o cultivo do arroz irrigado se caracteriza como um sistema altamente mecanizado, ocorrendo, na maioria dos estabelecimentos, em quadros sistematizados denominados de “canchas” ou “níveis”.

Os autores citados explicam ainda que estes quadros correspondem a áreas retangulares de terra nivelada (com um mínimo de desnível em seu interior), cercadas por elevações de terras chamadas de “taipas” ou “marrachas”, que têm a função de reter a água no interior das canchas de cultivo. O tamanho dos quadros está relacionado às características do terreno, principalmente ao desnível e ao formato geométrico das terras (Figura 4 B e C3).

Na bacia do Arroio Santa Bárbara, as áreas destinadas ao cultivo de arroz possuem duas características distintas (Figura 4 C). Em alguns casos, a superfície destinada ao cultivo deste gênero agrícola sofre alterações menos intensas, pois os caimentos topográficos e a drenagem natural são aproveitados e não transformados (Figura 4 C1). As canchas aparecem em menor número e, quando existentes, apresentam nivelamento desproporcional, demonstrando a interferência em menor grau sobre as características da topografia.

A área de cultivo restringe-se às superfícies inconsolidadas situadas às margens dos canais, em vales com seção transversal plana, onde ocorrem terras úmidas. Esta modalidade de cultivo de arroz, um tanto rústica, é praticada geralmente em pequenas e médias propriedades, onde o maquinário agrícola e os investimentos financeiros não possibilitam uma intervenção morfológica em maior escala, conduzindo a menores interferências na morfodinâmica.

O segundo tipo de sistema de cultivo de arroz irrigado ocupa extensões maiores e menos fragmentadas dentro da bacia do Arroio Santa Bárbara (Figura 4 C2 e C3). Utiliza maquinário agrícola pesado e é realizado em grandes propriedades rurais que contam com alta tecnologia na implantação e manutenção das canchas de cultivo. As intervenções na morfologia original ocorrem no sentido de reduzir ao máximo o desnível entre as canchas, segmentando o terreno em quantas forem as partes necessárias, dependendo da inclinação e irregularidade da vertente. O caimento topográfico original é anulado e, conseqüentemente, o escoamento superficial e sub-superficial sofrem alterações, a partir do momento em que inicia a contenção da água nas canchas de cultivo e o retardamento de sua chegada ao leito dos arroios.

A rede hidrográfica passa por alterações que permitem a irrigação das terras situadas em cotas altimétricas mais elevadas. A construção de açudes, identificados nos mapeamentos realizados (Figura 4 A e B) e também durante a realização dos trabalhos de campo, está atrelada a atividade orizícola, pois ocorre a necessidade de armazenamento de água que auxilie na irrigação das lavouras durante o período de estiagem.

A transposição dos cursos principais é efetivada para que os canais artificiais possam percorrer as canchas de cultivo, transportando a água oriunda dos açudes e mantendo as superfícies sob mesma cota sempre alagadas. A concentração de água liberada pelos vertedouros dos açudes – superior ao escoamento dos arroios em condições naturais – aliada à canalização e retificação dos cursos de água, acelera a velocidade do escoamento e aumenta a capacidade no transporte dos sedimentos, principalmente quando a água é liberada das canchas em períodos de colheita.

Quando lançada para fora do sistema de cultivo, a água – carregada de sedimentos e com energia potencial significativa – efetiva o aprofundamento do leito dos arroios não alterados, desequilibrando a dinâmica fluvial. Esta situação pode ser verificada no cenário de 1995 (Figura 4 B), onde se constata a presença de vales com seção em “V” logo após a junção dos cursos canalizados com os arroios não alterados.

Torna-se importante ressaltar que o conjunto de técnicas utilizadas pelos produtores possui caráter de grande importância para a rentabilidade na produção do arroz, proporcionando perdas mínimas na safra e lucros para os agricultores. Porém a intensificação destas práticas que alteram a morfologia e a dinâmica fluvial têm causado uma série de derivações que vão desde a poluição hídrica e edáfica por agroquímicos, passando pela deturpação da morfodinâmica e o desencadeamento de processos erosivos lineares, identificados na Figura 4 B.

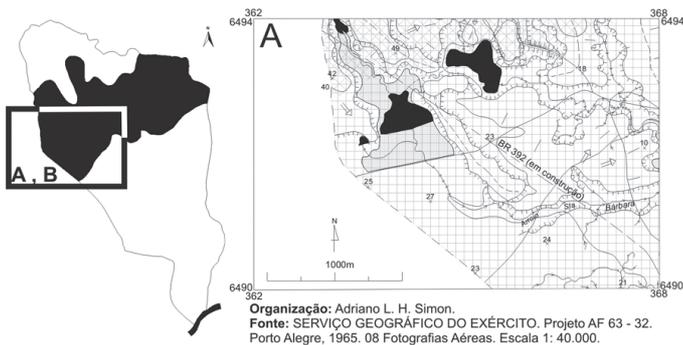


Figura 4: A) Representação cartográfica das características geomorfológicas do setor de transição de litologias em 1965; B) Representação cartográfica das características geomorfológicas do setor de transição de litologias em 1995; C1) Característica das alterações geomorfológicas efetivadas por lavouras de arroz irrigado com baixo índice de mecanização; C2 e C3) Situação das vertentes e vales localizados no setor de transição de litologias antes e depois das alterações produzidas por atividades orizícolas mecanizadas.

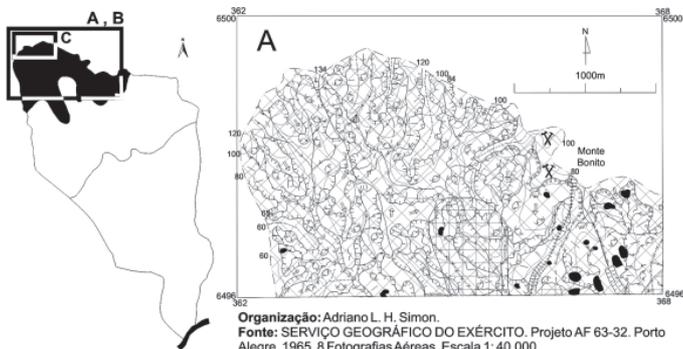
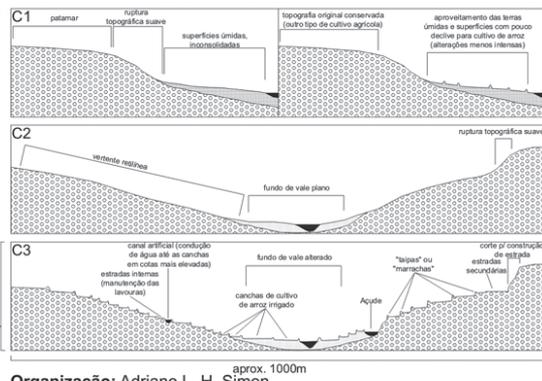
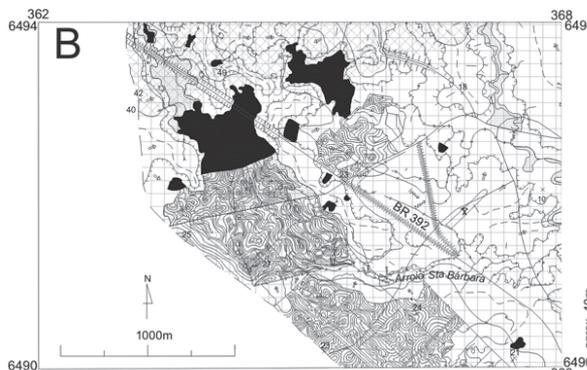
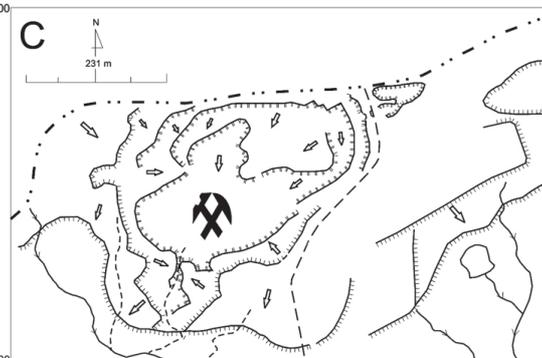
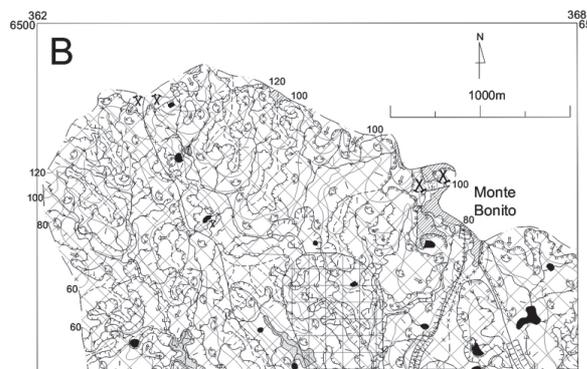


Figura 5: A) Representação cartográfica das características geomorfológicas do setor de nascentes em 1965; B) Representação cartográfica das características geomorfológicas do setor de nascentes em 1995; C) Esboço cartográfico das alterações geomorfológicas derivadas das atividades de mineração de granito no setor de nascentes da bacia do Arroio Santa Bárbara em 2006.



Setor de nascentes: transformações derivadas das atividades agro-pastoris e de mineração

O setor de nascentes localiza-se nas porções noroeste e norte da área em estudo (Figura 1 D). Encontra-se assentado sobre litologias cristalinas do Pré-Cambriano, possuindo características geomorfológicas peculiares, com superfícies medianamente dissecadas, típicas da borda oriental do Escudo Sul-riograndense, que se encontra em contato com as formações sedimentares da Planície Lagunar (RADAMBRASIL, 1986). Ocorre o predomínio de topos aplainados – formando patamares – e vertentes convexas conectadas a vales com seção transversal em “V”, sobretudo nas nascentes dos principais arroios.

As alterações geomorfológicas são menos pronunciadas e arealmente reduzidas neste setor, estando relacionadas às práticas agro-pastoris em pequenas e médias propriedades e à mineração de granito. A resistência litológica diante das transformações superficiais e das situações de controle operadas sobre a morfologia original, no setor de nascentes, auxiliaram na conservação das características morfohidrográficas originais (Figura 5 A e B).

A comparação dos cenários de 1965 (Figura 5 A) e 1995 (Figura 5 B) e as constatações realizadas em campo evidenciaram o recuo e estreitamento de muitos dos patamares existentes nos topos das vertentes, por meio da retração da linha de ruptura de declive. Esta situação é decorrente da intensa evolução do uso da terra agrícola sobre áreas de vegetação arbórea e pastagens naturais. Desta forma, técnicas agrícolas como a aragem e a própria construção de curvas de nível para evitar o desgaste do solo podem ter contribuído efetivamente para o desenvolvimento destes processos, revolvendo o solo, diminuindo sua agregação e efetivando sua exposição por determinado período aos agentes denudativos.

As áreas de mineração de granito existentes nas proximidades do distrito de Monte Bonito (hoje inativas) e no extremo norte da bacia do Arroio Santa Bárbara (em atividade) foram e são responsáveis por alterações na estrutura das vertentes, por meio de cavas que causam rupturas abruptas no declive, efetivando modificações na drenagem superficial (Figura 5 C).

As atividades de mineração no setor de nascentes desconfiguraram a paisagem natural, propiciando o comprometimento da rede de drenagem e da potabilidade da água. As cavas de mineração abandonadas, sem nenhum empenho no sentido de sua recuperação, agem diretamente na estabilidade da vertente, podendo contribuir para o desencadeamento de alterações na morfohidrodinâmica que se irradiam do ponto de intervenção para a bacia de drenagem por meio de mecanismos de retroalimentação.

Considerações finais

A evolução das atividades antrópicas na bacia do Arroio Santa Bárbara, durante o período analisado, ocasionou alterações significativas sobre a morfohidrografia, por meio do desenvolvimento de estruturas socioeconômicas que propiciaram a ocupação do espaço e a apropriação dos recursos naturais, sob diferentes aspectos e magnitudes. Por estar em contato direto com as ações humanas, a morfologia original passou por transformações estruturais que possivelmente contribuíram para modificações na sua dinâmica. Esta situação pôde ser verificada nas áreas selecionadas para análise, onde significativas transformações geomorfológicas foram processadas, confluindo para a alteração dos processos geomorfológicos existentes, uma vez que as alterações espaciais verificadas referem-se ao ajuste da morfohidrodinâmica diante dos mecanismos de controle impostos pela ação humana sobre as formas e estruturas.

Tais mecanismos originaram-se, sobretudo: (I) pela expansão do complexo urbano-industrial, sustentado por inúmeras obras de engenharia; (II) pelo desenvolvimento das atividades agrícolas em pequenas, médias e grandes propriedades rurais, que ocorrem mediante o emprego de diferentes técnicas de cultivo; e (III) a partir de atividades pontuais como a mineração e a construção de reservatórios de água – que contribuem efetivamente para que haja um reajuste nos processos e desequilíbrios na morfohidrodinâmica.

Os mapeamentos geomorfológicos de detalhe, ressaltando a morfografia, além das representações cartográficas elaboradas com o auxílio das imagens de satélite obtidas no Google Earth™ e dos trabalhos de campo contribuíram de forma satisfatória para que pudessem ser atestadas as alterações geomorfológicas derivadas de um contexto temporal de ocupação espacial, e que, acredita-se, tenham atuado de maneira significativa na transformação dos processos locais. As alterações ocorridas na bacia e as registradas nos mapeamentos, discriminam a evolução de formas de origem antrópica que ajustaram as condições morfológicas originais aos mecanismos de controle, dando respaldo para a análise dos processos derivados desta transformação.

Referências Bibliográficas

- ALTHOFF, D. A.; KLEVESTON, R. Sólidos suspensos e perda de nutrientes no preparo do solo para arroz irrigado. **Agropecuária Catarinense**. Florianópolis, v.9, n.2, 1996. p. 44-46.
- CASSETI, Valter. **Ambiente e apropriação do relevo**. São Paulo: Contexto, 1991. 147p.

- CHORLEY, R. J.; KENNEDY, B. A. **Physical Geography: A Systems Approach**. Londres: Prentice Hall Inc. Co., 1971.
- CHRISTOFOLETTI, A. Resenha de: THOMAS Jr. (editor). *Man's role in changing the face of the earth*. Chicago: The University of Chicago Press, 1966. 1194p. **Notícia Geomorfológica**, Campinas, v. VII, n. 13/14, p. 66-67, 1967.
- _____. **Modelagem de Sistemas Ambientais**. São Paulo: Edgar Blüncher, 1999. 236 p.
- CUNHA, N. G.; SILVEIRA, R. J. C. **Estudos dos solos do município de Pelotas**. N 12. Pelotas: EMBRAPA/CPACT, EDUFPEL, 1996. 50 p.
- CUNHA, C. M. L. **A Cartografia do Relevo no Contexto da Gestão Ambiental**. 2001. 128 f. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente) – ICGE/UNESP, Rio Claro, 2001.
- DE LEON, M. B. **Estudo Limnológico da Barragem Santa Bárbara, Pelotas, Relacionando as Características Fisiográficas Regionais**. 1983. 89 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - FFLCH/USP, São Paulo, 1983.
- DEMEK, J. Generalization of geomorphological maps. In: DEMEK, J. (ed.) **Progress made in geomorphological mapping**. Berna: IGU. Commission on Applied Geomorphology, 1967. p. 36-72.
- FUJIMOTO, N. S. V. M. Considerações sobre o ambiente urbano: um estudo com ênfase na geomorfologia urbana. **Revista do Departamento de Geografia**. São Paulo: FFLCH/USP. n. 16, 2005. p. 76-80.
- NEUMAN, P. S.; LOCH, C. Os efeitos da fragmentação das terras nas unidades familiares de produção. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CADASTRO MULTIFINALITÁRIO, 2004, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: UFSC, 2004. p. 1 – 16.
- NIR, D. **Man, a geomorphological agent: an introduction to anthropic geomorphology**. Jerusalém: Ketem Pub. House, 1983.
- PHILIPP, R. P. Geologia dos Granitóides de Região de Monte Bonito, Pelotas – RS. Uma contribuição ao reconhecimento estratigráfico do setor oriental do Escudo Cristalino Sulriograndense. **Estudos Tecnológicos: Acta Geológica Leopoldensia**. São Leopoldo: EDUNISUL/Unisinos, n. 33, v. XIV, 1991. p. 71-127.
- PROJETO RADAMBRASIL. **Levantamento dos recursos naturais**. V. 33. Folha SH. 22 Porto Alegre e parte das folhas SH. 21 Uruguaiana e SI 22 Lagoa Mirim. Rio de Janeiro: IBGE, 1986.
- TIRCART, Jean. **Principies e méthodes de la géomorphologie**. Paris: Maisson, 1965. 496p.
- VERSTAPEN, H. T.; ZUIDAM, R. A. van. ITC System of geomorphological survey. Netherlands. **Manual ITC Textbook**, Vol. VII, Chapter VIII, 1975.