

**ZONEAMENTO GEOAMBIENTAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ITU – OESTE DO RIO GRANDE DO SUL – BRASIL**

Romario Trentin  
Universidade Federal de Santa Maria - UFSM  
tocogeo@yahoo.com.br

Leonardo José Cordeiro Santos  
Universidade Federal do Paraná - UFPR  
santos@ufpr.br

Luís Eduardo de Souza Robaina  
Universidade Federal de Santa Maria - UFSM  
lesrobaina@yahoo.com.br

**EIXO TEMÁTICO: GEOECOLOGIA DAS PAISAGENS, BACIA HIDROGRÁFICAS, PLANEJAMENTO AMBIENTAL E TERRITORIAL**

**Resumo**

O zoneamento Geoambiental busca a divisão da área em unidades, através de suas características de seus atributos. As unidades representam áreas com heterogeneidade mínima quanto aos atributos e, em compartimentos com respostas semelhantes aos processos de dinâmica superficial. Assim sendo, o presente trabalho buscou a compartimentação da bacia hidrográfica do Rio Itu em sistemas e unidades Geoambientais, frente às fragilidades e potencialidades intrínsecas de cada área. Para a realização do trabalho foram adotadas concepções de cartografia adotadas por Zuquette (1987, 1993) e Lollo (1996), seguindo metodologias aplicadas por Robaina et al. (2009) e De Nardin (2009). A correlação do meio físico juntamente com as análises dos diferentes usos e ocupações permitiu a compreensão das potencialidades e fragilidades da paisagem. O zoneamento Geoambiental da bacia hidrográfica do Rio Itu definiu sistemas e unidades Geoambientais através das características como: disponibilidade hídrica, de infra-estrutura básica, de vegetação e espécies endêmicas, solos e fragilidades relacionadas aos processos erosivos e principais tipos de usos. Entre os seis sistemas geoambientais definidos, o que apresenta grande fragilidade, refere-se ao Sistema Maçambará que comporta a concentração do substrato geológico e solos arenosos muito friáveis, possibilitando a grande ocorrência de processos de dinâmica superficiais. Este trabalho serve de base para estudos de maiores detalhes e sugere-se aproximar a discussão para a aplicação do planejamento e ordenamento territorial, uma vez que as ocupações, nem sempre são precedidas de estudos que considerem as restrições dos recursos naturais, especialmente relacionadas à fragilidade das litologias e dos solos, quando submetidos a determinados usos.

**Palavras-chave:** Zoneamento Geoambiental; Bacia hidrográfica; Oeste do RS

**Abstract**

The zoning Geoenvironmental seeking the division of the area in units, by characteristics of their attributes. The units represent areas with minimal heterogeneity, as attributes, and magazines with similar responses to dynamic processes of surface. Therefore, this study sought to partition the basin of the Itu River, systems and Geoenvironmental units, compared to the inherent weaknesses and strengths of each area. To carry out the work were adopted conceptions of cartography adopted by Zuquette (1987, 1993) and Lollo (1996), following methodologies applied by Robaina et al. (2009) and De Nardin (2009). The correlation of the physical environment along with analyzes of different uses and occupations allowed the understanding of the strengths and weaknesses of the landscape. The zoning Geoenvironmental basin of Itu River defined systems and Geoenvironmental units through

characteristics such as water availability of basic infrastructure, vegetation and endemic species, and weaknesses related to soil erosion and main types of uses. Among the six systems geoenvironmental defined, which is very fragile, refers to Maçambará System comprising the geological substrate concentration and very friable sandy soil, allowing the high occurrence of dynamic surface processes. This work provides the basis for studies of more details and suggested approaching the discussion for the planning application and planning, since the occupations are not always preceded by studies that consider the restrictions of natural resources, especially related to the fragility lithology and soil, when subjected to certain uses.

**Keywords:** Geoenvironmental Zoning; watershed; West RS

## **Introdução**

O mapeamento geoambiental, consiste numa metodologia centrada na divisão da área em classes de terreno hierarquizadas, a partir de características gerais Geológico-Geomorfológicas e uso do solo, têm sido usados por diversos autores ligados a diferentes ciências.

No Brasil, o mapeamento com essas características teve início com os trabalhos de Haberlehner (1966), Heine (1966) e Grehs (1966). Entretanto, só nos primeiros anos da década de 80 tiveram início os trabalhos de mapeamento geotécnico de cunho acadêmico, com a obra de Zuquette (1987), denominada "Mapeamento Geotécnico Preliminar na Região de São Carlos".

O Instituto de Pesquisa Tecnológico (IPT) adota um mapeamento que utiliza como ferramenta para o planejamento em nível regional ou local, a aplicação das cartas NAKAZAWA et al. (1991), ou seja, visa gerar produtos que possam ser utilizados pelo público em geral e de forma imediata.

O mapeamento Geoambiental tem como proposta fundamental a divisão da área analisada em unidades, de acordo com as características de seus atributos. As unidades representam áreas com heterogeneidade mínima quanto aos atributos e, em compartimentos com respostas semelhantes frente aos processos de dinâmica superficial.

As características geoambientais representam os elementos naturais que compõem o meio físico, como a geologia, geomorfologia, pedologia, os aspectos climáticos, relevo, os quais são a base para o entendimento da estruturação e organização do espaço físico, integrada as questões sociais, por isso, a elaboração de um estudo voltado ao planejamento ambiental vem a contribuir na seleção de áreas para determinados fins de acordo com suas potencialidades e fragilidades.

Carvalho et al. (2004) salienta que a partir da década de 1980, desenvolve-se a cartografia geoambiental, cujos conteúdos procuram dar respostas às necessidades de planejar, tendo em atenção à preservação e gestão do ambiente. As cartas geoambientais, para o autor, são cartas temáticas, preparadas para fins específicos, podendo ser editadas isoladamente ou reunindo diferentes cartas nos designados Atlas Geoambientais.

Os trabalhos cartográficos que iniciaram a discussão sobre intervenções antrópicas são os Mapas Geotécnicos e, por isso, servem como base para trabalhos Geoambientais. Envolvem um

grande volume de dados, com necessidade de cruzar níveis de informações variados, com atributos diferenciados, muitas vezes com critérios rígidos de precisão envolvidos (ZUQUETTE, 1993).

Conforme Vedovello (2004), a Cartografia Geoambiental pode ser entendida, de forma ampla, como todo o processo envolvido na obtenção, análise, representação, comunicação e aplicação de dados e informações do meio físico, considerando-se as potencialidades e fragilidades naturais do terreno, bem como os perigos, riscos, impactos e conflitos decorrentes da interação entre a ação humana e o meio ambiente fisiográfico. Pode, por isso, incorporar elementos bióticos, antrópicos e sócio-culturais em sua análise e representação.

Fiori (2004), em relato sobre Cartografia Geoambiental, destaca que esta, como o próprio nome indica, ocupa-se da elaboração de mapas ou cartas que tratem de problemas Geoambientais, freqüentemente ocasionados por um desequilíbrio do meio físico que, no Brasil, dizem respeito, principalmente a fenômenos de erosão, escorregamento, assoreamento, enchentes, inundações e circulação de água, associados ou não à ocupação antrópica.

Segundo Herrmann (2004), para a definição das unidades Geoambientais, faz-se necessário o reconhecimento dos componentes do relevo, bem como os atributos e fatores condicionantes: hidrográficos, geológicos, geomorfológicos, pedológicos, climáticos, fitogeográficos e antrópicos.

De Nardin e Robaina (2010) estabeleceram o zoneamento geoambiental em bacias hidrográficas no sudoeste do Rio Grande do Sul, através de mapeamentos temáticos com o auxílio de SIGs (Sistemas de Informação Geográfica), trabalhos de campo e laboratório. Como resultados definiram sistemas e unidades geoambientais indicando zonas de fragilidade com ocorrência de areais e voçorocas, áreas de plantio de espécies arbóreas exóticas e a ocorrência de espécies endêmicas do Bioma Pampa.

Conforme apresentado, os mapeamentos geoambientais oferecem uma grande disponibilidade de procedimentos que são desenvolvidos e aplicados a fim de se atender objetivos específicos de análise e caracterização ambientais, sendo utilizados para solucionar problemas, definir áreas de risco, ou mesmo utilizados para a compartimentação de unidades de relevo com fins preventivos.

Desta forma o presente trabalho apresenta como objetivo o zoneamento geoambiental da bacia hidrográfica do Rio Itu, utilizando como base os levantamentos e análises do meio físico, relacionados com os diferentes usos e ocupação da terra, permitindo individualizar áreas com características semelhantes quanto às potencialidades e fragilidades.

O Rio Itu é afluente da margem direita do Rio Ibicuí e localiza-se no oeste do Rio Grande do Sul, estendendo-se pelos municípios de São Francisco de Assis, Manuel Viana, Itaqui, Unistalda, Maçambará, São Borja e Santiago. Com uma área de 2.809,61 km<sup>2</sup>, a bacia hidrográfica está inserida entre as coordenadas geográficas de 54°52'20" a 55°53'15" de longitude oeste, em relação ao meridiano de Greenwich, e de 28°58'00" a 29°24'40" de latitude sul, em relação à linha do Equador, como ilustra a Figura 01.

## **Metodologia**

Para a caracterização geoambiental, foram adotadas concepções de cartografia adotadas por Zuquette (1987, 1993) e Lollo (1996), seguindo metodologias aplicadas por Robaina et al. (2009) e De Nardin (2009).

O levantamento de material e referencial bibliográfico ocorreu durante todo o desenvolvimento da pesquisa. O material cartográfico levantado serviu de apoio para a construção dos mapas. A base cartográfica, utilizada para o desenvolvimento da pesquisa, foram as cartas topográficas do exército, elaboradas pela Diretoria de Serviços Geográfico (DSG/IBGE, 1977), na escala 1:50.000, que após atualizações por meios de imagens de Satélite LANDSAT 5 e dados de RADAR SRTM/TOPODATA de resolução 30 metros, permitiram a definição do mapa base da área de estudo.

Para o levantamento morfométrico/morfológico do relevo e da rede de drenagem, foram utilizados procedimentos técnicos com o auxílio de SIGs e a análise das cartas topográficas e modelos digitais de elevação. Nos levantamentos de campo, foram observadas as características do meio físico e as condições de uso e ocupação, além de serem coletados materiais rochosos e amostras de solos e sedimentos para serem analisados em laboratório.

No levantamento de dados secundários, foram obtidas informações a respeito dos dados socioeconômicos, históricos da ocupação agrícola e pecuária e do próprio avanço na degradação da área representando os estudos da dinâmica da paisagem integrada ao contexto humano e natural.

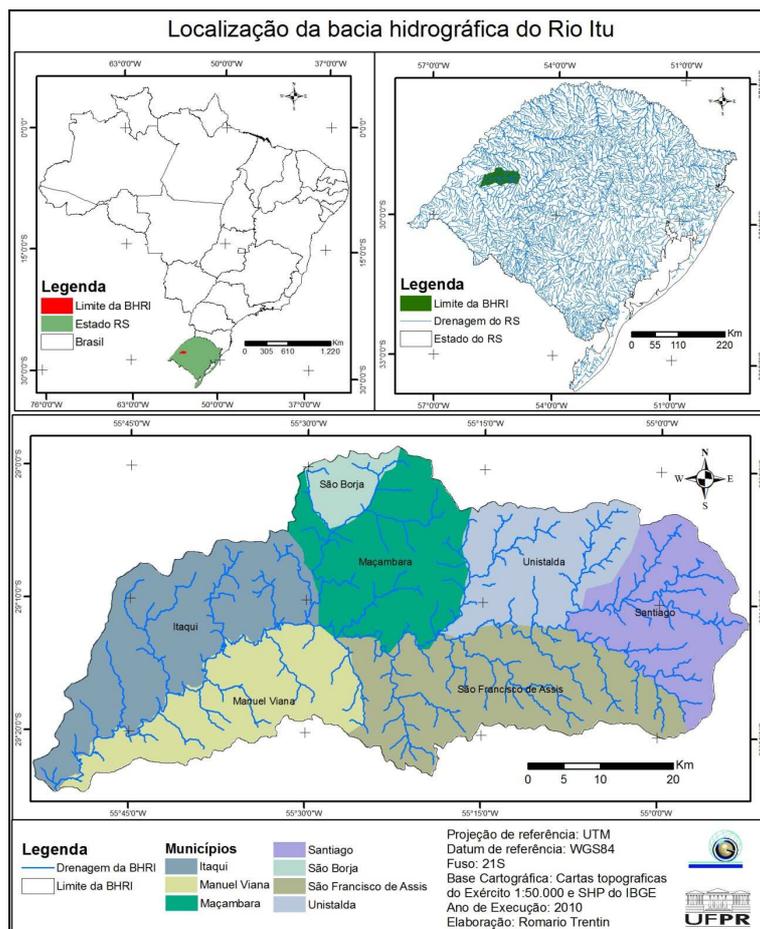


Figura 01 – Localização da bacia hidrográfica do Rio Itu em relação ao estado do Rio Grande do Sul

A sobreposição e correlação das diversas cartas analíticas produzidas, a partir dos levantamentos, permitiram obter um produto cartográfico que sintetiza o diagnóstico ambiental de cada etapa, servindo de suporte para a compartimentação geomorfológica e caracterização geoambiental.

A correlação do meio físico juntamente com as análises dos diferentes usos e ocupações permitiu a compreensão das potencialidades e fragilidades da paisagem. Quanto a potencialidades, referem-se a características que são encontradas em determinadas áreas, intrínsecas desta área e que apresentam capacidade de realização, de produção, de execução de determinadas atividades.

Já a fragilidade, refere-se também às características intrínsecas de um determinado sistema ou unidade geoambiental que representam restrições ou falta de aptidão para o desenvolvimento de determinadas atividades. Estas restrições podem ser relacionadas às características de elementos naturais como solos, litologias friáveis, entre outros, como também relacionadas ao próprio desenvolvimento de atividades do uso e ocupação que intensificam ou desencadeiam processos erosivos entre outros.

Cabe ressaltar ainda, que a definição da fragilidade ocorre em cada unidade ou sistema geoambiental, definido através da análise das características geomorfológicas, dos processos e do uso

e ocupação, não utilizando-se de ponderação e não apresentando mapa de fragilidade, como propostos por Ross (1994), ou Crepani et al. (1996).

A caracterização geoambiental consiste na compartimentação do espaço em porções homogêneas, obtidas através da avaliação das potencialidades e limitações das paisagens. Seus pressupostos teóricos indicam que este tipo de análise não pode ser visto apenas como um instrumento de restrição, mas sim de regulação do uso dos recursos naturais. Desta maneira, a caracterização geoambiental é uma setorização da paisagem, com o objetivo de potencializar o uso sem comprometer o meio ambiente, e propor alternativas que minimizem as fragilidades e limitações características de cada paisagem.

Todas as informações levantadas, processadas, analisadas e correlacionadas, e por fim mapeadas na escala 1:50.000, serviram de base para a caracterização geoambiental. As categorias de informação analisadas e levantadas são as classes de documentos Básicos, Derivados, Interpretativos e Finais, que, em termos cartográficos, representam a cartografia analítica e de síntese e podem ser visualizados na figura 02.

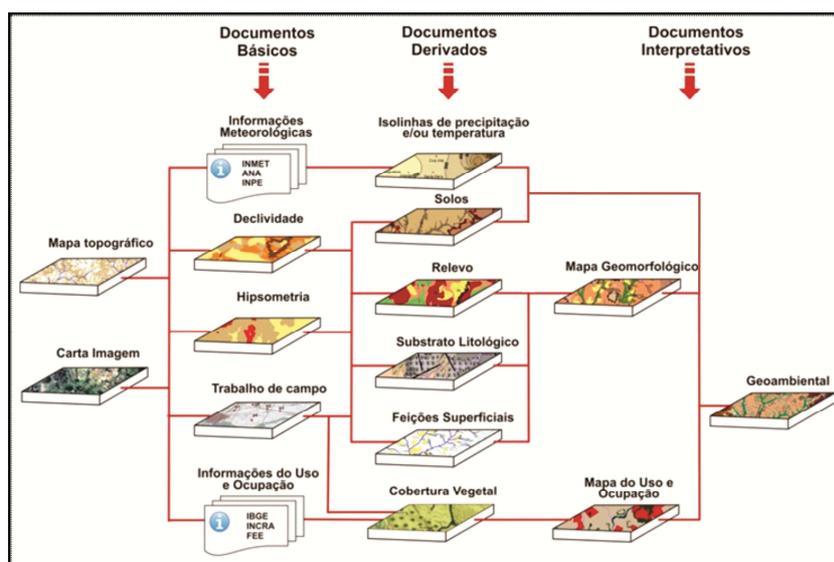


Figura 02 – Documentos e informações levantadas para o desenvolvimento da caracterização geoambiental

## Discussão dos resultados

De maneira geral, o relevo da BHRI é bastante variado, apresentando, desde áreas baixas e aplainadas, como a planície de inundação, até áreas íngremes do rebordo do planalto, e áreas suavemente onduladas a onduladas no topo do planalto e médio curso da bacia hidrográfica, apresentando ainda uma diversificada forma de uso e ocupação da terra, variando desde pequenas propriedades com uso de agricultura sustentável e também grandes propriedades com exploração da pecuária extensiva ou agricultura fortemente mecanizada, que permitiram a definição dos diferentes sistemas e unidades Geoambientais.

### Compartimentação dos Sistemas e das Unidades Geoambientais

As características da área de estudo permitiram a identificação de seis Sistemas Geoambientais que correspondem às áreas com potencialidades e fragilidades comuns, sendo alguns sistemas subdivididos em unidades, que no total foram oito Unidades Geoambientais com características distintas entre si que são descritas a seguir e mostradas na figura 03.

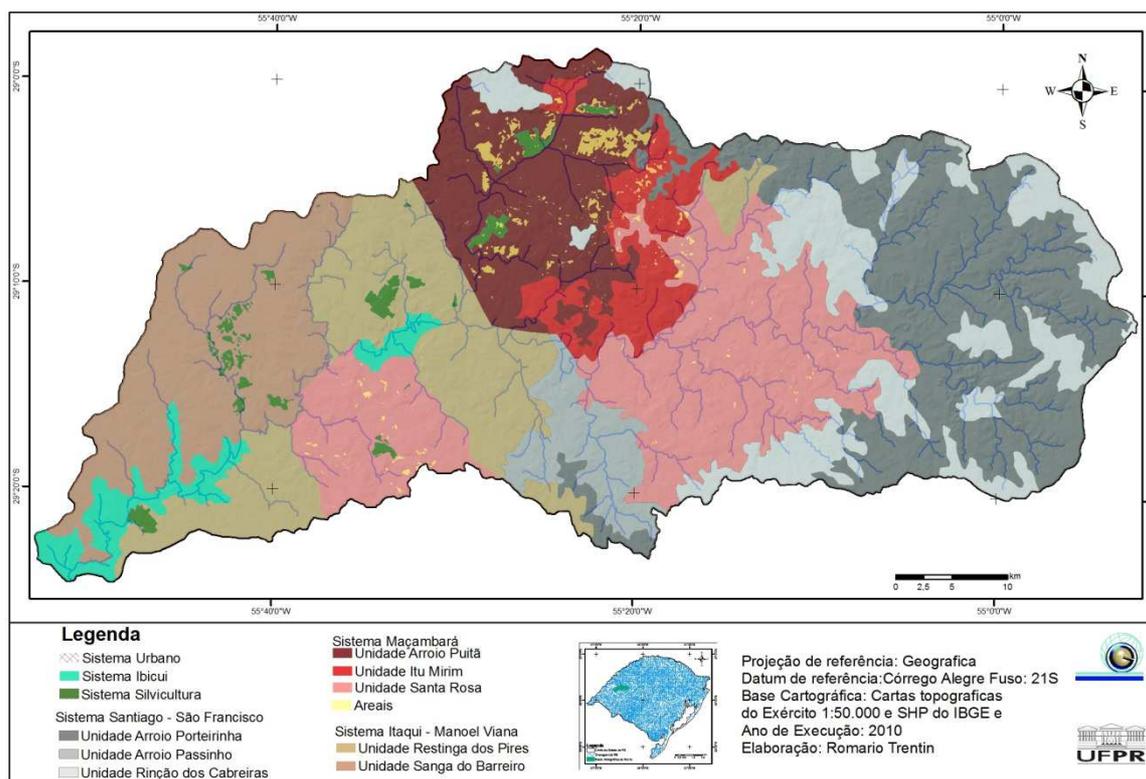


Figura 03 – Mapa do zoneamento Geoambiental da bacia hidrográfica do Rio Itu

**Sistema Urbano:** representa o limite de uso urbano da cidade de Santiago e Unistalda, localizado no divisor de águas da bacia hidrográfica, onde parte das nascentes encontra-se sobre as áreas urbanas. Com uma área atual de 200,6 hectares, estas áreas localizam-se no alto curso da bacia hidrográfica.

Por localizarem-se junto aos divisores de água e apresentarem nascentes dentro da área urbana, possuem como principal conflito ambiental a contaminação das águas, devido o lançamento de esgotos junto aos canais de drenagem, além do sistema de águas pluviais concentrarem seu fluxo para determinados pontos, permitindo o desencadeamento de processos erosivos pela concentração de fluxo de água, quando mal dimensionados.

Outros impactos do sistema urbano nas características naturais e na fisiologia da paisagem são visíveis como a impermeabilização do solo; a construção de aterros para os terrenos; a geração de

resíduos sólidos sem uma adequada área de descarte e a própria instalação das vias de acesso, entre outros problemas fruto da ocupação humana.

**Sistema Ibicuí:** neste sistema ocorrem os depósitos recentes, localizado próximo e sobre o canal principal do Rio Itu, bem como junto à planície de inundação do Rio Ibicuí, possibilitando o desenvolvimento, nestas várzeas, de solos mal drenados denominados solos hidromórficos.

Nesta faixa de acumulação de sedimento se desenvolvem principalmente os Planossolos, que são solos mal drenados e ocorrem associados aos sedimentos de substratos de arenitos e de rochas vulcânicas. Também, ocorrem associados às áreas de deposição, solos novos muito quartzosos, denominados Neossolos Quartzarênicos.

Com relação ao relevo, estas áreas são definidas como rampas e apresentam declividades menores que 2%, caracterizadas por uma topografia plana e altitudes variando entre 60 a 80 metros, apresentando ainda o predomínio de vertentes de comprimento médio. A principal atividade desenvolvida é o cultivo de arroz, que se associa à disponibilidade hídrica e potencialidade do solo. Grandes áreas alagadas, onde antes havia banhados foram drenadas para o plantio de arroz.

A maior fragilidade deste sistema está associada aos banhados e à mata ciliar, que vem sendo retirada nas últimas décadas, dando lugar para o desenvolvimento da agricultura. A vegetação arbórea (mata ciliar), dentro das áreas de proteção, exigidas pela legislação ambiental, ainda se mantém em algumas áreas ao longo do curso de água, porém com grande pressão exercida pela expansão agrícola. Outra questão relacionada a este sistema diz respeito aos depósitos de bancos de areia sobre o canal, ou junto às áreas das várzeas decorrentes dos processos erosivos intensos que ocorrem nas porções de médio curso da bacia hidrográfica.

**Sistema Silvicultura:** compreende as plantações de *Eucalyptus* sp., foi definido como Sistema por representar uma proposta de novos usos para dinamizar a metade sul do estado do Rio Grande do Sul. Além disso, é importante ressaltar que a presença da vegetação exótica faz com que a ação dos agentes de erosão, vento e água, seja modificada e, portanto, alteram a dinâmica superficial da região.

Quanto às características de relevo, este sistema estende-se sobre áreas de colinas levemente onduladas com vertentes longas e médias com declividades em torno de 5%, por vezes ocupando áreas mais declivosas, mas nunca superior a 15%, visto que, os processos de preparo para plantio são todos realizados com auxílio de mecanização.

A silvicultura é recente na área de estudo e as plantações comerciais atualmente ocorrem em 3.849,16 hectares da área total, em locais que anteriormente se desenvolviam campos com pecuária e agricultura, além de pequenas porções com arenização.

Como esta atividade tem uma visão amplamente comercial, acaba sendo realizada em áreas extensas e muitas vezes esta atividade acaba incorporando áreas de areal, o que se apresenta como principal ponto positivo para os moradores da região. Entretanto, em termos ecológicos estão sendo

destruídas áreas que marcam uma condição paleoclimática regional e que determinam o bioma Pampa, no sul do Brasil.

Conforme observado, percebe-se que a silvicultura ganha espaço no cenário de estudo, principalmente nos últimos anos. No entanto, surgem a partir disso, constantes e intensas controvérsias, colocando de um lado interesses relacionados à arrecadação de impostos e a geração de empregos e de outro a preocupação ambiental com a biodiversidade do Bioma Pampa.

**Sistema Santiago – São Francisco:** este sistema estende-se principalmente no alto curso da bacia hidrográfica, sobre as maiores altitudes e apresenta características que o individualizam por localizar-se sobre o substrato vulcânico, representando as porções mais declivosas da bacia hidrográfica, na transição do Planalto para a Depressão Periférica. Nas áreas planas de topo apresentam solos rasos, relacionados aos derrames vulcânicos de características ácidas.

A grande preocupação deste sistema refere-se à preservação das áreas de vegetação florestal junto as área de declividades acentuadas, bem como a manutenção das cabeceiras de drenagem.

A pesar das características comuns neste sistema, ocorrem algumas diferenciações, principalmente relacionadas às características topográficas, desta forma o sistema foi subdividido em três unidades geoambientais que serão descritas a seguir:

**Unidade Arroio Porteirinha:** esta unidade representa as áreas de maiores declividades da bacia hidrográfica, correspondendo à transição entre a Depressão e o Planalto, sendo formada por morros e morrotes associados a um relevo escarpado em altitudes elevadas. As litologias são rochas vulcânicas, com algumas ocorrências de arenito eólicos da Formação Botucatu entre derrames. As declividades variam de 5 a 15% e superiores a 15%, manifestando processos de dinâmica superficial como erosão e deslocamento de blocos.

As altitudes desta unidade variam de 200 a 300 metros, conforme escarpa do rebordo, apresentando vertentes com comprimentos curtos e predominantemente curvaturas retilínea-convergentes e côncava-convergentes e orientações oeste e nordeste, condicionando características climáticas de insolação favoráveis ao desenvolvimento florestal.

Uma característica marcante dessa unidade é a extensa área de vegetação arbórea, acompanhando toda a sequência da escarpa e as drenagens. Também é nesta unidade que registram-se as principais processos de movimentos de massa e depósito de colúvios na base da encosta.

**Unidade Arroio Passinho:** esta unidade é definida por duas características principais. A primeira representa a ocorrência dos morros e morrotes de rocha vulcânica, não estando relacionadas ao Rebordo, porém com declividades de 15% ou superiores, com vertentes curtas e fortemente onduladas. A segunda refere-se ao uso desta unidade ser predominantemente associado às pequenas propriedades, que apesar das altas declividades desenvolvem atividades agrícolas, em pequenas lavouras de subsistência, muitas vezes em declividades protegidas pela legislação, porém como praticamente toda a atividade é braçal acabam sendo cultivadas.

Os solos são geralmente rasos, característicos das associações de Neossolos e Cambissolos, apresentando ainda processos de movimentos de massa e depósitos de colúvio na base dos morros.

**Unidade Rincão dos Cabreiras:** esta unidade diferencia-se dentro do Sistema Santiago - São Francisco pelas características de relevos aplainados, relacionadas aos topos dos morros sobre as maiores altitudes da bacia hidrográfica. Ocorre associada aos substratos vulcânicos de composição ácida (maior quantidade de quartzo na composição dos derrames), o que dificulta o desenvolvimento dos solos, a pesar das características do relevo ser favorável ao seu desenvolvimento, predominando os Neossolos e Cambissolos com afloramentos de blocos de rochas.

Nesta unidade predominam às propriedades de médio a grande porte utilizadas para a pecuária extensiva, favorecida pela topografia plana com vertentes longas e curvaturas retilíneas. Quando associada as porção mais central da bacia hidrográfica, relacionadas aos derrames mais básicos ou porções mais vesiculares dos derrames (topo de derrame), ocorrem solos mais desenvolvidos como Latossolos e Argissolos e por sua vez, o uso associa-se ao desenvolvimento de lavouras com plantio de soja, milho, trigo, entre outras.

Quanto às características de drenagem é muito comum a ocorrência de pequenas surgências (olhos d'água) nas áreas de contato entre derrames, que em muitos casos, são represados formando pequenos açudes que o gado utiliza para beber água.

**Sistema Maçambará:** este sistema apresenta fragilidades aos processos de dinâmica superficiais, em que predominam litologias friáveis da Formação Guará (arenitos fluviais), que pela fácil desagregação condicionam a formação de feições erosivas de grandes extensões. Este sistema estende-se por toda a faixa central da bacia hidrográfica e ainda numa pequena porção no baixo curso junto á margem esquerda do Rio Itu.

A fragilidade que ocorre nesta bacia, associada principalmente ao Sistema Maçambará, representa as maiores preocupações de uso presentes na área de estudo, de modo que o conjunto de características presentes neste sistema deve servir de indicativo para condições de usos condizentes com a fragilidade desta paisagem.

A diversidade presente neste sistema permitiu a distribuição de três unidades geoambientais com características semelhantes de usos, vegetação, solos, geomorfologia e processos de dinâmica superficial.

**Unidade Arroio Puitã:** Esta unidade localiza-se na porção central, mais ao norte da bacia hidrográfica e caracteriza-se por apresentar colinas de arenito fluvial, com declividades variando de 5 a 15%, e altitudes que variam de 120 a 200 metros e vertentes longas de curvatura convexo-côncavas.

As condições de drenagem desta unidade, assim como em todo o Sistema Maçambará é baixo, com grande degradação das cabeceiras de drenagem que associam-se ao desenvolvimento do processos erosivos de ravinas, voçorocas e areais o que diferencia esta unidade dentro do sistema, onde são encontradas as maiores áreas de areais, bem com o desenvolvimento de voçorocas.

Esta maior concentração dos processos pode ser explicada pela sua localização geográfica, ou seja, encontra-se muito próxima da área de Rebordo e mais especificamente apresenta a Serra do Iguariça, como divisor de águas do Arroio Puitã. Na porção Nordeste a transição da Depressão para o Planalto, formada pelo degrau da escarpa, condiciona uma concentração de precipitação na base da escarpa e associado à grande fragilidade natural do substrato desta área, desenvolvem-se intensamente os processos erosivos.

**Unidade Itu Mirim:** esta unidade contempla os morrotes de arenito que ocorrem associados às áreas de litologias fluviais de maior coesão com afloramento de rochas, representando uma topografia típica da região, com topos planos e encostas íngremes, com vertentes retilíneas e vegetação mais abundante nas escarpas. As declividades nas encostas dos morrotes são, em geral, superiores a 15%, e os topos são planos.

Nesta unidade os solos são rasos, classificados como Cambissolos associados, muitas vezes, por Neossolos Litólicos. Processos erosivos são identificados, com muita frequência, na base dos morrotes de arenito, nas zonas de contato com a colina. Uma vez desencadeados, tais processos tem como consequência a formação de ravinas, voçorocas e areais.

Associados aos morros e morrotes, ocorrem as cornijas que compreendem os degraus de rochas areníticas que formam saliências na topografia, semelhante aos morrotes, porém se diferenciam por apresentar amplitudes menores e formarem faixas, não sendo individualizadas como os morrotes isolados.

As cornijas geralmente são vegetadas devido à limitação que as declividades estabelecem ao uso, porém no limite com as colinas, em que a quantidade de rocha e a declividade diminuem, o uso passa a ser desenvolvido com mais intensidade, com lavouras e pecuária.

**Unidade Santa Rosa:** esta unidade contempla as colinas de arenito que ocorrem associados às áreas de litologias fluviais em que os processos de dinâmica superficial não são tão intensos quanto os da Unidade Arroio Puitã. Estas colinas de arenito apresentam as vertentes longas com declividades variando de 5 a 15% e plano de curvatura convexo-côncava.

Nesta unidade os solos são profundos, classificados como Latossolos Arenosos. O uso predominante é de campos com gramíneas de diversas espécies e utilizadas para o pastoreio do gado, em propriedades de médio e grande porte. O uso agrícola também encontra-se presente relacionado às médias e grandes propriedades, sendo comum as culturas de soja, milho e trigo e no período de inverno utilizados com lavouras de pastagens.

Os processos erosivos, conforme destacado, ocorrem em menor frequência, e quando ocorrem geralmente estão associadas ao mau uso como, por exemplo, de curvas de nível mal instaladas nas lavouras, concentração do caminho do gado para beber água nos cursos de água, o uso incorreto da técnica de plantio direto, pela falta ou pouca cobertura do solo entre outras.

**Sistema Itaquí – Manoel Viana:** este sistema diferencia-se do Sistema Santiago – São Francisco, pela extensa cobertura de colinas de rochas vulcânicas bastante homogêneas quanto às condições topográficas e por apresentarem colinas com vertentes longas, declividades em torno de 5%, podendo apresentar áreas que com declividades maiores, porém sempre inferiores a 15% e altitudes que variam de 80 a 120 metros, estando localizado principalmente na porção do baixo curso da bacia hidrográfica.

As características litológicas estão relacionadas às rochas vulcânicas básicas (baixo teor de quartzo), o que favorece o desenvolvimento dos solos, sendo encontrados os Latossolos Argilosos, Nitossolos e Argissolos. Junto aos cursos de água é bastante comum à ocorrência de solos hidromórficos como Planossolos e Plintossolos, associados às áreas de várzeas.

O uso é relacionado à estrutura fundiária de médias e grandes propriedades, predominando os campos com vegetação de gramíneas e criação de gado, porém o uso agrícola também é bastante intenso, condicionado principalmente pelas condições de relevo e solos. Em função principalmente das características do uso, são definidas duas unidades, que são descritas a seguir:

**Unidade Restinga dos Pires:** esta unidade compreende as colinas de rochas vulcânicas com associações de arenito intertrápico, com solos profundos e hidromórficos quando associados às drenagens. As altitudes variam de 80 a 120 metros e representam as áreas de colinas onduladas com declividades que variam de 5 a 15%, propícias ao desenvolvimento de atividades agrícolas e de pecuária.

Junto às áreas de campo ocorre o predomínio de gramíneas de espécies diversas e junto aos cursos de água encontra-se a vegetação arbórea de mata ciliar bastante preservada. Quanto às atividades agrícolas, é muito comum o cultivo do arroz associado às várzeas dos Rios e Arroios, bem como as culturas de soja, trigo entre outras, nas longas colinas desta unidade.

**Unidade Sanga do Barreiro:** esta unidade localiza-se na porção mais jusante da bacia hidrográfica, estendendo-se pela margem direita do Rio Itu, por quase todo o baixo curso, diferenciando-se da Unidade Restinga dos Pires pela grande exploração agrícola da área, que se desenvolveu mais intensamente na última década.

O uso agrícola desta Unidade está relacionado tanto à cultura de arroz, junto às áreas de várzeas, com também de outras culturas características da região, ao longo das colinas, em muitos casos utilizando-se de sistemas de irrigação, o que indicam atividades com alta mecanização.

A grande preocupação com esta unidade refere-se principalmente às áreas de várzeas, que apresentaram grande redução das áreas de mata ciliar para a implantação das atividades agrícolas, potencializando de maneira muito grande a degradação dos cursos de água.

### Considerações finais

O zoneamento Geoambiental definiu que a grande fragilidade da BHRI está relacionada a uma série de condições, como substrato geológico, solos friáveis, grandes precipitações, que condizem basicamente com questões relacionadas às mudanças climáticas pretéritas para as condições de clima úmido atuais.

Entre os seis sistemas geoambientais definidos, o que apresenta grande fragilidade, refere-se ao Sistema Maçambará que comporta a concentração do substrato geológico e solos arenosos muito friáveis, possibilitando a grande ocorrência de processos de dinâmica superficiais.

Quanto às limitações de uso pode-se destacar o Sistema Ibicuí por localizar-se sobre áreas de proteção da legislação, junto às principais várzeas do Rio Itu. Também destaca-se a Unidade Arroio Porteirinha do Sistema Santiago – São Francisco por localizar-se sobre a área de Rebordo em que se encontram as escarpas vegetadas, que devem ser preservadas para evitar um desequilíbrio ambiental, o desencadeamento de processos de movimentos de massa e queda de blocos. Ainda sobre as limitações de uso, destaca-se a Unidade Sanga do Barreiro no Sistema Itaqui – Manoel Viana, pela grande expansão agrícola e ocupação das áreas de várzeas, além de exercer pressão sobre o Sistema Ibicuí.

Tendo em vista, que este trabalho apresenta uma escala de análise bastante generalista, cujo objetivo representa a caracterização geoambiental da BHRI, através da análise de um conjunto de inúmeros elementos ainda desconhecidos e pouco estudados, pode-se considerar que a diversidade e a dinâmica da área de estudo são imensuráveis, se considerarmos cada um dos aspectos tratados nesta pesquisa, em uma escala de maior detalhe.

### Referências bibliográficas

CARVALHO, J. A. R.; SILVA, A. P.; CAVALEIRO, V. M. M. Cartografia Geotécnica e ambiental em Portugal. *In: 5º SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA GEOTÉCNICA E GEOAMBIENTAL*. São Carlos, 2004. **Anais...** São Carlos, 2004, p. 566 – 582.

CREPANI, E.; MEDEIROS, J.S.; AZEVEDO, L.G.; DUARTE, V.; HERNANDEZ, P. & FLORENZANO, T. **Curso de Sensoriamento Remoto Aplicado ao Zoneamento Ecológico-Econômico**. São José dos Campos: INPE, 1996.

DE NARDIN, D. **Zoneamento Geoambiental no Oeste do Rio Grande do Sul: um Estudo em Bacias Hidrográficas**. Porto Alegre: UFRGS, 2009. (Dissertação de Mestrado).

DE NARDIN, D.; ROBAINA, L. E. S. **Zoneamento Geoambiental no Oeste do Rio Grande do Sul: um Estudo em Bacias Hidrográficas em Processo de Arenização**. *In: 7º Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica e Geoambiental*. Maringá: **Anais**, 2010.

FIORI, A.P. Metodologias de Cartografia Geoambiental. *In: 5º Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica e Geoambiental*. São Carlos: **Anais**, 2004.

GREHS, S. A. A Importância do Geólogo no Estudo Preventivo de Escorregamentos, Deslizamentos e outros Aspectos Correlatos. *In: Congresso Brasileiro de Geologia, 21. Anais...* Rio de Janeiro: SBG, 1966. p. 119-123.

HABERLEHNER, H. Princípios de Mapeamento Geotécnico. *In: Congresso Brasileiro de Geologia, 20. Anais...* Rio de Janeiro: SBG, 1966. p. 37-39.

HEINE, V. H. Levantamento Geotécnico do Estado de Guanabara. *In: Congresso Brasileiro de Geologia, 20. Resumos...* Rio de Janeiro: SBG, 1966, p. 44.

HERRMANN, M. L. P. Compartimentação Geoambiental da Faixa Central do Litoral Catarinense. *In: V Simpósio de Nacional de Geomorfologia e I Encontro Sul-Americano de Geomorfologia*. Santa Maria: **Anais**, 2004.

LOLLO, J. A. **O uso da técnica de avaliação do terreno no processo de elaboração do mapeamento geotécnico: sistematização e aplicação na quadrícula de Campinas**. São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos, 1996. Tese de Doutorado.

NAKAZAWA, V. A.; PRANDINI, F. L.; SANTOS, A. R.; FREITAS, C. G. L. Cartografia geotécnica: a aplicação como pressuposto. *In: Simpósio de geologia do sudeste*, 2, 1991, São Paulo. **Atas...** São Paulo: SBG, 1991. p. 329-336.

ROBAINA, L. E. S.; TRENTIN, R.; DE NARDIN, D.; CRISTO, S. S. V. Métodos e Técnicas Geográficas Utilizadas na Análise e Zoneamento Ambiental. **Geografias: Revista do Departamento de Geografia e do Programa de Pós-Graduação em Geografia IGC-UFMG**. 2009. V.5 n. 2. p.36-49.

ROSS, J. L. S. Análise Empírica da Fragilidade dos Ambientes Naturais e Antropizados. **Revista do Departamento de Geografia**. São Paulo: FFLCH-USP, n. 8. 1994

VEDOVELLO, R. Aplicações da Cartografia Geoambiental. *In: 5º Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica e Geoambiental*. São Carlos: **Anais**, 2004.

ZUQUETTE, L. V. **Análise crítica sobre cartografia geotécnica e proposta metodológica para as condições brasileiras**. São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos, 1987. Tese de Doutorado.

ZUQUETTE, L. V. **Importância do mapeamento geotécnico no uso e ocupação do meio físico: fundamentos e guia para elaboração**. São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos, 1993. Tese de Livre Docência.