

## PAISAGEM E FRAGILIDADE AMBIENTAL NATURAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO SÃO LOURENÇO, ITUIUTABA/PRATA – MG

**Giliander Allan Da Silva**

gili.franca@hotmail.com

Graduando em Geografia

Faculdade de Ciências Integradas do Pontal /UFU

**Rildo Aparecido Costa**

rildocosta@pontal.ufu.br

Docente do Curso de Geografia

Faculdade de Ciências Integradas do Pontal /UFU

### RESUMO

Este estudo tem como objetivo principal caracterizar e avaliar a fragilidade ambiental natural da Bacia Hidrográfica do Ribeirão São Lourenço, localizada nos municípios de Ituiutaba e Prata, no Triângulo Mineiro. Como aporte metodológico optou-se pelos sistemas de referências preconizados por Ross (1994) que evidencia os princípios de Unidades Ecodinâmicas, base no conceito de Ecodinâmica elaborado por Tricart (1977). Para obter a fragilidade ambiental natural da bacia hidrográfica, utilizaram-se como parâmetro três variáveis: declividade do relevo, os solos localizados na bacia e o uso da terra. Os mapas temáticos gerados a partir destes parâmetros, associados ao mapa de fragilidade ambiental, subsidia a gestão e o planejamento ambiental. Observou-se que o maior grau de fragilidade corresponde aos relevos residuais, primordialmente localizados nas bordas da bacia. Em sua maioria, a bacia não apresenta altos índices de fragilidade, já que expressiva área tem predominância de relevos suavemente ondulados, embora se possa notar o surgimento de erosões devido ao mau uso e formas de ocupação da paisagem.

**Palavras-Chave:** Paisagem – Fragilidade Ambiental – Bacia Hidrográfica

### LANDSCAPE AND NATURAL ENVIRONMENT FRAGILITY WATERSHED SÃO LOURENÇO ITUIUTABA/PRATA – MG

### ABSTRACT

This study's main objective is to characterize and evaluate the environmental fragility natural of the basin of the Ribeirão São Lourenço, located in the municipalities of Ituiutaba and Prata, in the Triângulo Mineiro. As a methodological contribution was chosen by the systems of reference recommended by Ross (1994) shows that the principles of Unidades Ecodinâmicas, bas on the concept Ecodinâmica developed by Tricart (1977). For the environmental fragility natural of the watershed, we used with parameters, three variables: slope of the topography, soils and use and occupation. The thematic maps generated from these parameters associated with the map of environmental vulnerability, subsidize the management and environmental planning. It was observed that the greatest degree of fragility corresponds to the residual relief, primarily located at the edges of the basin. Most of the basin does not show high levels of fragility, since the area has a significant predominance of gently rolling relief, although one can notice the appearance of erosion due to misuse and forms of occupation of the landscape.

**Keywords:** Landscape - Environmental Fragility - Hydrographic Basin

### INTRODUÇÃO

O caráter dinâmico do planeta é resultado de uma intensa e constante relação entre os processos de cunho naturais e antrópicos. Evidentemente, algumas modificações no ambiente são identificadas com maior facilidade que outras.

Este fato se dá, principalmente, pela escala temporal na qual elas ocorrem (tempo geológico e tempo cronológico). Os processos naturais ocorrem em período mais longo (tempo geológico) e, na maioria das situações, as alterações empreendidas abarcam uma área muito grande. Já

---

Recebido em 10/03/2011

Aprovado para publicação em 22/09/2011

as modificações feitas pelo homem, ocorrem mais rapidamente (tempo histórico) e, portanto, são mais facilmente percebidas.

Nos dias atuais, o desenvolvimento científico-tecnológico atrelado ao aperfeiçoamento das técnicas e ao desenvolvimento econômico, possibilita o homem realizar tarefas jamais presenciadas ao longo de sua história.

Constantemente a população mundial tem se tornado mais sofisticada tecnologicamente, além de crescer em número. Contudo, ao mesmo passo que cresce e evolui, a pressão sobre os recursos naturais também aumenta, já que

"[...] não se pode negar que todas as atividades humanas obrigatoriamente tem a ver com o ambiente natural, partindo do pressuposto que o homem também é natureza, por incrível que possa parecer - e que também somos mortais e precisamos de ar, água, terra, vegetais e de outros animais para vivermos" (ROSS,1995, p. 65).

Quando o homem interfere na natureza extraindo seus recursos, automaticamente quebra o estado de equilíbrio natural e gera resíduos (sólidos, líquidos e gasosos). O conjunto destes fatores implica negativamente na qualidade ambiental (ROSS, 1995). Neste âmbito, Costa (2008, p. 1) defende que, "[...] deve-se sempre se sobrepôr a esse processo ações de preservação do meio, ainda que sua exploração seja necessária".

Dessa forma, deve-se considerar a paisagem como o resultado de uma combinação dinâmica de elementos físicos, biológicos e antrópicos. Segundo BERTRAND (2004), a interação destes elementos, uns sobre os outros, torna a paisagem um conjunto indissociável, num estado de perpétua evolução.

Sendo assim, é importante ressaltar que não se trata somente de paisagens "naturais", mas sim de uma paisagem total que integra as implicações da ação antrópica (Bertrand, 2004). Sob essa ótica, pode-se dizer que, as sociedades humanas não devem ser consideradas como elementos externos à natureza e, por conseguinte aos ecossistemas em que vivem. Elas devem ser vistas como integrantes fundamentais de tal dinâmica que é resultado de fluxos energéticos, os quais são responsáveis pelo funcionamento do sistema como um todo (ROSS, 1994).

Neste âmbito, pode-se observar que as preocupações em torno das questões ambientais estão cada vez mais em evidência, pois o meio natural compreende a base para a sobrevivência. Os grandes avanços tecnológicos, a intensificação do processo de urbanização e, em especial, a mecanização do campo com o grande crescimento das atividades agropecuárias, são elementos integrantes da vida humana. Porém, a preocupação exacerbada com as questões econômicas e os agressivos processos de exploração irracional e desperdício dos recursos naturais têm agravado a situação do meio ambiente.

Em função disto, torna-se, a cada dia, mais indispensável conhecer melhor o meio natural em que se vive, a fim de planejar e orientar as intervenções geridas pela própria dinâmica econômica, baseada no desenvolvimento. Como salientou Gerasimov (1980, apud ROSS, 1991, p. 15), ao se trabalhar com a questão ambiental, o primeiro problema que o cientista se depara é com a contradição que emerge entre utilizar os recursos naturais ou proteger a natureza.

Sendo assim, as pesquisas ambientais precisam se preocupar não somente no levantamento dos problemas ambientais causados pela sociedade e como recuperá-los e sim no estudo do grau de fragilidade (áreas que apresentam alto grau de vulnerabilidade, ou seja, vulneráveis a impactos antrópicos e ao processo erosivo pluviométrico, determinado por fatores físicos (declividade, tipos de solo) e econômicos (uso e ocupação)) dos diversos ambientes às interferências antrópicas.

Nesse bojo, as tecnologias e a técnica, além de subsidiar a dinâmica econômica, deve ser elemento auxiliador para a análise e planejamento das intervenções humanas na natureza. No estudo aqui proposto, utilizou-se as geotecnologias, em especial o geoprocessamento e o sensoriamento remoto, para realizar um mapeamento da fragilidade ambiental natural da área de uma bacia hidrográfica.

Sobre a cartografia dos dados ambientais através do mapa-síntese, Ross (1991, p. 77) considera que, embora sejam necessárias algumas generalizações, ele pode dar grandes contribuições para orientar intervenções antrópicas futuras e corrigir os problemas atuais. Por

este motivo, este tipo de mapeamento faz parte de um instrumental importante para o planejamento físico do território.

Buscou-se trabalhar com a Bacia Hidrográfica do Ribeirão São Lourenço devido, principalmente, a sua representatividade para a cidade de Ituiutaba, pois é dela que é feito o abastecimento público. Portanto justifica-se o presente estudo, que tem como objetivo avaliar e caracterizar a fragilidade ambiental natural dessa área.

A autarquia que gere o sistema de abastecimento de água de Ituiutaba é a SAE (Superintendência de Água e Esgotos de Ituiutaba), que utiliza o processo de captação por condução e bombeamento, para posteriormente tratar e distribuir a água para a população (SAE, 2010).

Outro fator que merece destaque se refere às características econômicas do município. Ituiutaba possui uma economia fortemente voltada para as atividades agrícolas, é marcante no município a presença de frigoríficos, laticínios e usinas sucroalcooleiras. Neste sentido, o Ribeirão São Lourenço disponibiliza um recurso hídrico importante para estas atividades, seja na dessedentação de animais, beneficiamentos do leite e derivados e na irrigação de culturas.

Diante disto, a pesquisa vai de encontro com as idéias de Portes et al (2009, p. 2), os quais destacam que "[...] o conhecimento da fragilidade ambiental presentes no sistema de uma bacia hidrográfica possibilita compreender a realidade dinâmica da relação homem/natureza e obter informações relevantes de problemas para subsidiar ações futuras".

Partindo da idéia de Silva e Rodrigues (2009), em que a paisagem é resultado de uma interação entre elementos da natureza, inclusive o homem, a investigação faz um paralelo com as contribuições destes autores a fim de determinar a fragilidade ambiental natural da bacia hidrográfica aos processos erosivos levando em consideração suas características físicas (declividade e pedologia) e econômicas (uso e ocupação).

De acordo com Ross (1995, p. 65) o planeta está vivendo a "moda do ambientalismo". O autor defende que o avanço do processo de tecnificação e o aumento do consumo exigem constante evolução técnico-científica para tratar, proteger e explorar de forma mais racional os recursos naturais. Esta postura de "preocupação" com o ambiente justifica o termo.

As destruições que ocorrem por falta de planejamento não se restringem apenas à natureza. Em inúmeros casos, os danos estão associados a perdas materiais que infligem, sobretudo na economia de uma nação, mas também podem resultar perdas de vidas humanas. (COSTA, 2008). Concorda-se com a idéia de Costa (2008, p. 5) ao dizer que

[...] o desenvolvimento de uma determinada região só é satisfatório quando se propicia uma relação adequada e positiva entre o homem e o meio físico, em função, principalmente, da organização do sistema produtivo (gerador das atividades antrópicas) e das necessidades sócio-econômicas.

Em relação aos estudos de fragilidade ambiental de cunho geográfico, Silva e Rodrigues (2009, p. 4) esclarece que estes se baseiam na

[...] análise empírica dos constituintes da paisagem organizados em níveis de informações que são superpostos e interpretados na tentativa de um estudo integrado dos componentes físico-naturais e sociais de determinada área. Tal análise, sob a perspectiva qualitativa, visa contribuir com o planejamento ambiental e apoio na gestão territorial, apresentando seus resultados na forma de cartas temáticas que são organizadas e apresentadas por classes de fragilidade.

Diante do exposto, Rocha (2005) destaca que o Geoprocessamento e os Sistemas de Informação Geográfica possibilitam realizar análises de cunho ambiental, além de espacializar os dados georreferenciados, já que os eventos e características ambientais ocorrem num determinado lugar. Sendo assim, é interessante espacializá-los.

## **CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO**

A delimitação da área de estudo é uma tarefa prioritária em pesquisas de cunho geográfico-ambiental. Para Rodrigues e Adami (2009, p. 147) "a bacia hidrográfica é uma das referências espaciais mais consideradas em estudos do meio físico". Além disso, fornece subsídios para

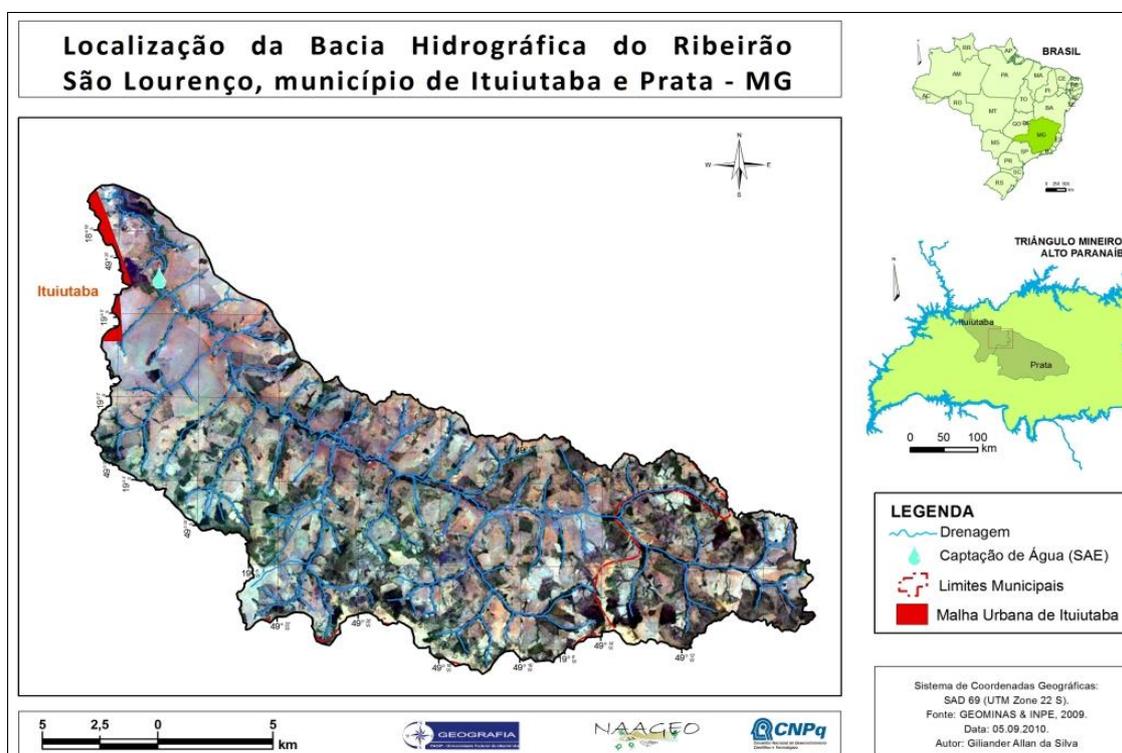
grande parte de legislações e do planejamento territorial no Brasil. Segundo Spörl (2001), a bacia hidrográfica possibilita uma análise integrada das inúmeras variáveis que interferem na potencialidade dos recursos naturais. Ademais, este estudo torna possível uma melhor visão da realidade local, bem como opções mais adequadas de uso e ocupação.

No que se refere à área de pesquisa e sua delimitação, Suguio (1998, p. 76) expõe que os termos bacia hidrográfica e bacia de drenagem são sinônimos. Representam uma "[...] parte da superfície terrestre que é ocupada por um sistema de drenagem ou contribui com água superficial para aquele sistema". Rocha (1997, p. 73) considera a bacia hidrográfica como uma "[...] área que drena as águas das chuvas por ravinhas, canais e tributários, para um curso principal, com vazão efluente convergindo para uma única saída e desaguardando diretamente no mar ou em um grande lago".

No ponto de vista de Silva (2009), a bacia de drenagem é uma ótima unidade espacial de estudo. Além disso, os componentes constituintes desta unidade territorial se relacionam, no interior de um sistema fechado, o que possibilita uma melhor compreensão de cada elemento desta bacia. A bacia hidrográfica do Ribeirão São Lourenço está contemplada os municípios de Ituiutaba e Prata, os quais se localizam na Mesorregião do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba. As coordenadas geográficas para localização da área são: 19° 04' 22" de latitude Sul e 49° 20' 06" de longitude Oeste (figura 1).

O canal principal da bacia hidrográfica drena no sentido SE - NW. Suas nascentes principais estão localizadas no município de Prata, sob cotas altimétricas de 750m. Sua desembocadura acontece no Rio Tijuco, com altitude média de 500m, contudo, verifica-se uma declividade próxima de 280m ao longo dos 36 quilômetros de extensão. A área da bacia é de 295 km<sup>2</sup>.

Baseando-se nas classificações de Christofolletti (1980), o padrão de drenagem que melhor caracteriza a bacia em questão é o dentrítico ou arborescente. Como se pode observar nos mapas, os canais tributários correm em várias direções e ao se unirem formam ângulos agudos e não retos. Além disso, este padrão de drenagem é típico de estruturas sedimentares horizontais, o que vai de encontro às características da região.



**Figura 1:** Localização da Bacia Hidrográfica do Ribeirão São Lourenço, 2010.

Quanto aos tipos de canais fluviais, observaram-se duas distinções: retilíneo e meandrante. Os canais retilíneos predominam em quantidade sendo, sobretudo, tributários. Já os meandros ocorrem principalmente no curso principal, particularmente no

médio e baixo curso. Os canais retos são caracterizados por Christofolletti (1980, p. 88) sendo "[...] aqueles em que o rio percorre um trajeto retilíneo, sem se desviar significativamente de sua trajetória normal em direção à foz".

No caso dos meandros, Christofolletti (1980, p. 88) acrescenta que consistem nos rios que "[...] descrevem curvas sinuosas, largas, harmoniosas e semelhantes entre si [...]". Comumente ocorre escavação na margem côncava e deposição na margem convexa, este processo configura a sinuosidade do canal.

Ainda segundo Christofolletti (1980, p. 115), calcular a densidade de rios ( $D_r$ ) é relevante já que consiste na relação entre o número de rios e a área da bacia. Esta atividade denota o comportamento hidrográfico de determinada área, sobretudo, seu aspecto primordial: "a capacidade de gerar novos cursos de água" neste caso, a bacia hidrográfica do Ribeirão São Lourenço apresenta uma:  $D_r = 0,2915$  rios/km<sup>2</sup>.

Tratando do cálculo da densidade da drenagem ( $D_d$ ), este apresenta diferenças com o conceito anterior e também colabora com outras análises. Este cálculo correlaciona o comprimento de todos os canais com a área da bacia hidrográfica. Ademais, possui relação inversa ao comprimento dos rios, ou seja, se aumenta o valor numérico da densidade, diminui o tamanho dos canais. Sendo assim, a bacia estudada detém uma:  $D_d = 0,85$  km/km<sup>2</sup>.

Para Sucupira et al (2006, p. 8), ocasiões em que o valor de ( $D_d$ ) é superior ao valor de ( $D_r$ ), revela elevado controle estrutural, com canais em menor número e mais alongados. Ademais, "uma área com índice elevado de densidade de drenagem é resultante de baixa transmissibilidade do terreno e, portanto, mais sujeita à erosão".

A hierarquização da drenagem foi realizada com base em Strahler (1952, apud CHRISTOFOLETTI, 1980, p. 106-107). Neste sentido, a tabela 1 apresenta o ordenamento dos canais, os quais ocorrem até a 4ª ordem. Auxiliando a apresentação dos dados hidrográficos, a figura 2 ilustra a hierarquização do sistema de drenagem da Bacia Hidrográfica do Ribeirão São Lourenço.

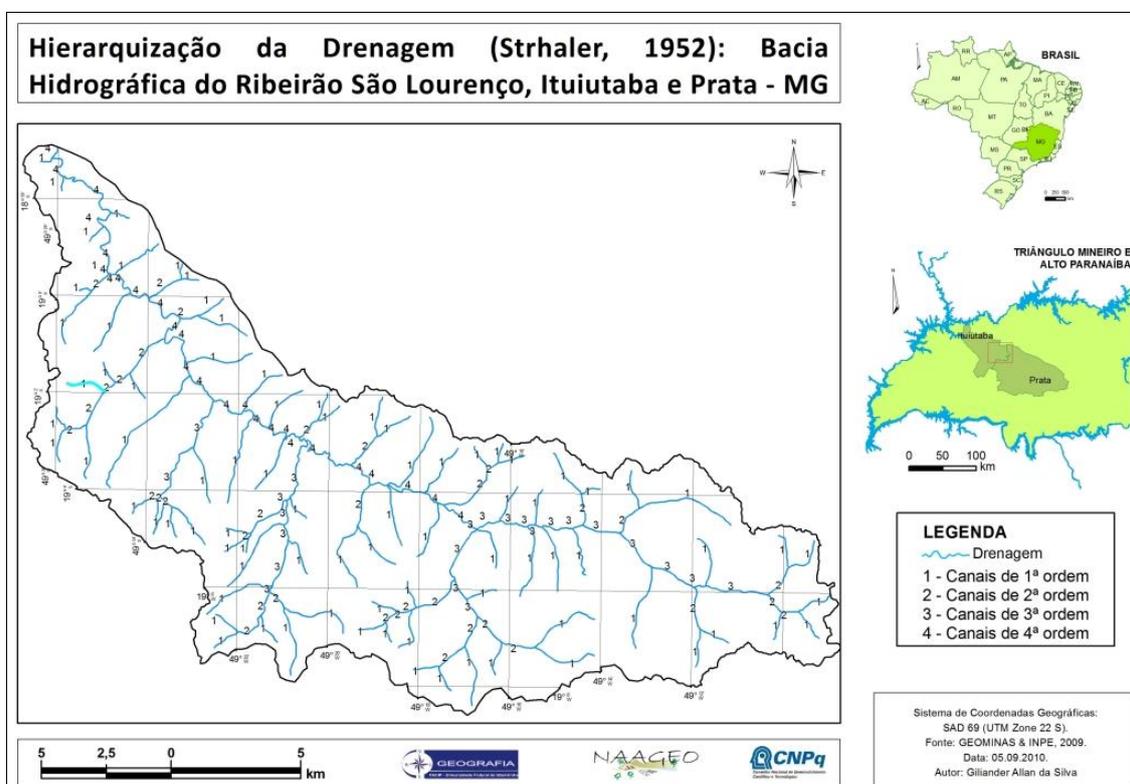


Figura 2: Hierarquização do sistema de drenagem da Bacia Hidrográfica do Ribeirão São Lourenço.

Examinando o clima da região, Köppen o classificou como Aw (megatérmico: tropical com verão chuvoso e inverno seco). A estação chuvosa se distribui de Outubro a Abril e o período seco ocorre de Maio a Setembro. As temperaturas oscilam entre 14° C, comum no mês de Junho, a 31°C em Dezembro. A distribuição pluviométrica na mesorregião do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba apresenta diferenças, sendo que na direção sudeste-noroeste a média de chuvas tendem a decrescer (PRADO e SOUZA, 2010).

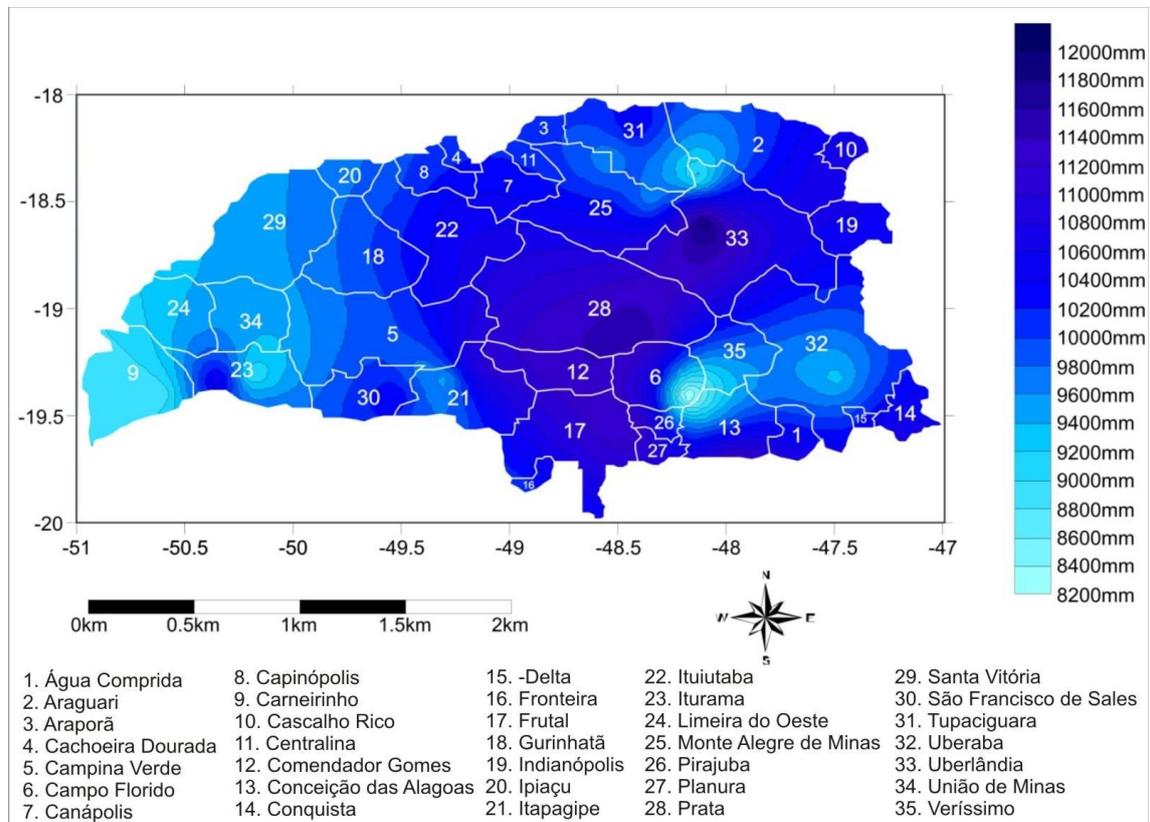
**Tabela 1**

Quantidade de rios e suas ordens na Bacia Hidrográfica do Ribeirão São Lourenço, em 2011

Ordem dos canais (Strahler, 1952)	Número de canais
1ª	86
2ª	34
3ª	22
4ª	26

Fonte: IBGE - Cartas topográficas Serra de São Lourenço (SE-22-Z-D-I), 1970 e Ituiutaba (SE-22-Z-B-IV), 1973. Org. ALLAN-SILVA, G. (2011).

Pormenorizando a questão climática, Prado e Souza (2010) apresentam um mapa pluviométrico o qual aborda os índices de chuva acumulado entre os anos de 2002 a 2008 (figura 3). Como se pode observar, os municípios que abrangem a bacia hidrográfica do Ribeirão São Lourenço, Ituiutaba (22) e Prata (28), possuem um dos maiores acúmulos pluviométricos da região. Compreendem-se no intervalo de 11.800 a 10.200 mm (média de 1685 a 1457 mm/ano), decrescendo na direção sudeste - noroeste, ou seja, de Prata para Ituiutaba. Analisando as isoietas especificamente na área da bacia hidrográfica, o índice de chuvas acumuladas para os sete anos variou de 11.00 a 10.600 mm (média de 1570 a 1515 mm/ano), no recorte temporal de 2002 a 2008.



**Figura 3:** Mapa pluviométrico do Triângulo Mineiro, MG de 2002 a 2008.

Fonte: Prado e Sousa (2010, p. 15).

Segundo Fernandes e Coimbra, (1996), os estudos geológicos mostram que esta região situa-se sobre o basalto da Formação Serra Geral (Bacia do Paraná) e sedimentos da Formação Marília (Bacia Bauru). O Grupo Bauru é dividido em três formações: Adamantina, Marília e Uberaba. A região do Pontal Triângulo Mineiro apresenta os sedimentos das formações Adamantina e Marília. Sendo que, estes estão sobrepostos às rochas vulcânicas da Formação Serra Geral, da Bacia do Paraná (OLIVEIRA et al, 2010).

Ainda de acordo com Oliveira et al (2010), os sedimentos característicos da formação Marília se constituem em arenitos de origem flúvio-lacustre, com granulometria fina a média e de coloração vermelho-claro. Estas particularidades são notadas nos morros testemunhos com uma grande quantidade de cascalho e seixos rolados.

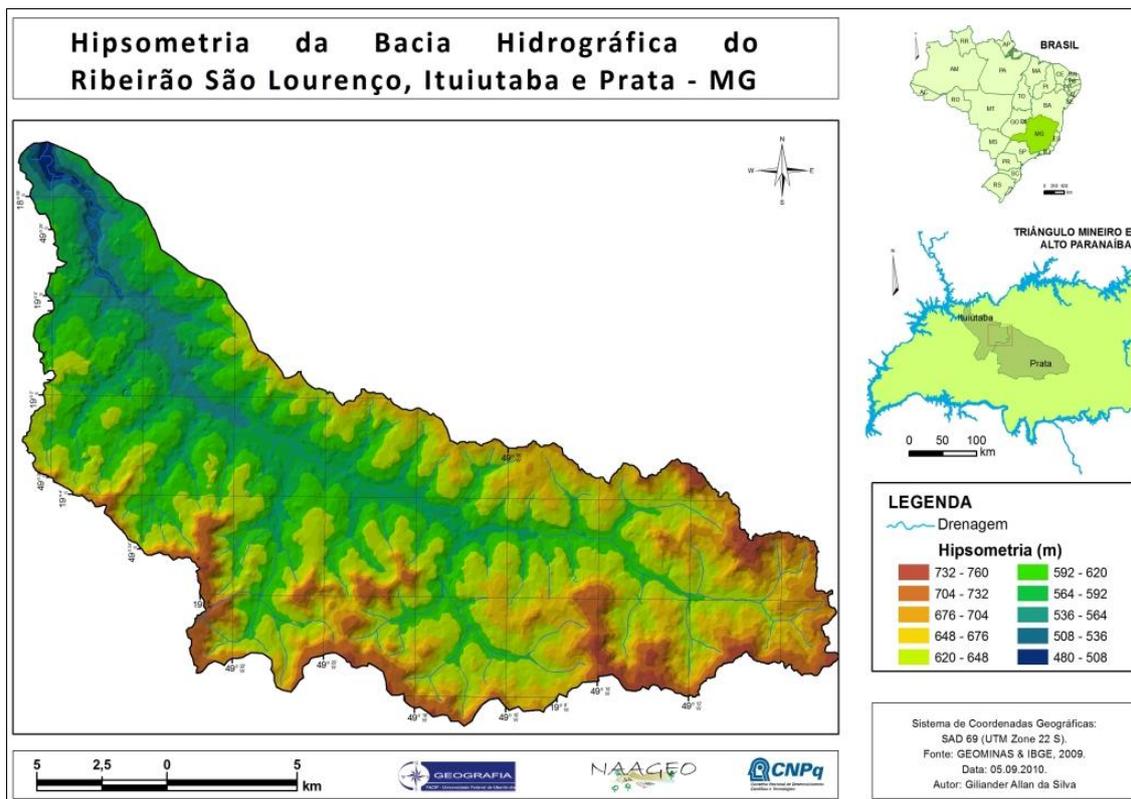
Uma característica peculiar desta bacia é a existência de inúmeros relevos residuais ao longo de sua extensão (foto 1). Estas formações, denominadas de Serra do Saltador, Serra de São Lourenço e Serra da Caieira são os interflúvios da bacia, delimitando-a, sobretudo ao Sul. Esta morfologia caracteriza a formação de anfiteatros, os quais abrigam as principais nascentes do Ribeirão São Lourenço (figura 4).



**Foto 1:** Município de Ituiutaba (MG): Visão parcial dos relevos residuais.  
Autor: ALLAN-SILVA, G., out./2009.

Santos e Baccaro (2004) consideram que os variados modelos de cabeceiras de drenagem em forma de anfiteatros e diferentes níveis de sedimentação são resultados de ações morfogenéticas oriundas do Terceário e Quaternário. As alternâncias entre clima úmido e seco favoreceram o rebaixamento do relevo, porém, algumas áreas mais resistentes ao processo erosivo se conservaram. Estas feições que permaneceram são os relevos residuais.

Ainda de acordo com os estudos de Santos e Baccaro (2004) a bacia se caracteriza por vertentes convexas de média a baixa declividade e relevos residuais com bordas escarpadas, cuja sustentação é determinada por rochas cimentadas (arenitos e arenitos conglomeráticos). Em escala regional, Santos e Baccaro (2004) dizem que a área se insere nos “Domínios dos Chapadões Tropicais do Brasil Central” de AB’SABER (1971) ou nos “Planaltos e Chapadas da Bacia Sedimentar do Paraná”, de acordo com o RADAM (1983).



**Figura 4:** Hipsometria da Bacia Hidrográfica do Ribeirão São Lourenço, 2010.

As características climáticas regionais influenciam no processo de dissecação do relevo, com maior incidência das drenagens e processos erosivos com o retrabalhamento nas vertentes. É sob estas configurações da paisagem que a rede de drenagem do Ribeirão São Lourenço se instala (SANTOS e BACCARO, 2004).

## METODOLOGIA

As bases metodológicas adotadas para a realização da pesquisa se fundamentaram basicamente em dois autores. Optou-se pelos sistemas de referência preconizados por Tricart (1977) tratados no livro "Ecodinâmica", que constitui num modelo de avaliação das unidades da paisagem, com base no balanço pedogênese/morfogênese, propiciando sua classificação quanto aos graus de instabilidade ambiental. Neste sentido, tais unidades quando estão em equilíbrio dinâmico, são estáveis, enquanto que quando estão em desequilíbrio, são instáveis. Aos ambientes intermediários atribui-se o nome de *intergrades*.

As áreas onde prevalecem os processos morfogenéticos são entendidas como instáveis. Por outro lado, nas áreas que predominam a pedogênese, são estáveis. Quando há um equilíbrio entre ambos é definida com estabilidade intermediária. A espacialização destas unidades da paisagem é defendida pelo autor, cuja proposta de nomenclatura deste tipo de mapa é a Carta Ecodinâmica.

Tais conceitos foram utilizados por Ross (1994), que inseriu novos critérios para definir as Unidades Ecodinâmicas Estáveis e Instáveis apreciados na obra "Análise empírica da Fragilidade dos Ambientes Naturais e Antropizados".

Desta forma, Ross (1994, p.64) enfatiza que "os estudos integrados de um determinado território pressupõem o entendimento da dinâmica de funcionamento do ambiente natural com ou sem a intervenção das ações humanas". Também evidencia que os ambientes naturais apresentam maior ou menor fragilidade frente às intervenções antrópicas, em função de suas características genéticas.

A partir dos princípios supramencionados que Amaral e Ross (2009) atribuíram ao ambiente, de acordo com a correlação dos dados naturais e econômicos, diferentes

classes de fragilidade. Estes graus de fragilidade se distinguem em: muito baixo, baixo, médio, alto e muito alto.

A elaboração da avaliação da Fragilidade Ambiental da bacia do Ribeirão São Lourenço foi realizada a partir da correlação de três variáveis, utilizado o Sensoriamento Remoto e o Geoprocessamento (ArcMap 9.2): declividade do relevo, solos e uso da terra. A cada uma das variáveis atribui-se valores (pesos) para serem relacionadas na matriz de cálculo.

O mapeamento do uso e ocupação da terra foi realizado a partir da fotointerpretação de imagens de satélites e trabalhos de campo. Dentre as imagens utilizadas destaca-se a do satélite LANDSAT 5, sensor TM, do dia 2 de Maio, de 2010. Secundariamente, para definir alguns alvos imprecisos, utilizou-se imagens do satélite Quick Bird II, de data 26, de Março, 2007 e do Satélite SPOT, de 11 e 16 de Julho de 2010, através do software Google Earth.

A proximidade do local de pesquisa com a área urbana de Ituiutaba facilitou esta etapa da pesquisa. Ademais, foram realizadas cinco idas a campo para identificação dos elementos da paisagem. A vetorização destes elementos foi realizada manualmente, por mesa digitalizadora.

O mapa de declividade se baseou nos dados altimétricos de imagens SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) obtidas no site da EMBRAPA. Este sistema sensor possui visada vertical e lateral, com capacidade de reproduzir três dimensões espaciais do relevo: latitude, longitude e altitude (x, y, z), ou seja, trata-se de um modelo digital do terreno (CARVALHO e BAYER, 2008).

Realizou-se um refinamento deste MNT (Modelo Numérico do Terreno), como escopo de suavizar o espaçamento entre os pontos da grade original pelo método de interpolação desses pontos, criando uma nova grade (CREPANI et al, 1998). Posteriormente, extraíram-se as curvas de nível com equidistância de 30 metros. Seqüencialmente realizou-se a grade triangular do tipo vetorial, o TIN (*Triangular Irregular Network* - Rede Triangular Irregular) e, em seguida o *Slope*, ou seja, a declividade. Por fim realizou-se a conversão da imagem TIN em *shapefile*. Os índices de declividade foram subdivididos em cinco classes, dadas em valores percentuais (tabela 2):

**Tabela 2:** Classes e intervalos de declividades em porcentagem

CLASSES	INTERVALOS (%)
1 <sup>a</sup>	0 - 2
2 <sup>a</sup>	2,1 - 5
3 <sup>a</sup>	5,1 - 10
4 <sup>a</sup>	10,1 - 20
5 <sup>a</sup>	20,1 - 100

Fonte: EMBRAPA, 2010.

O mapeamento pedológico foi realizado com base nos dados de declividade e conhecimento prévio da área estudada, obtidos em trabalhos de campo pretéritos. Além disso, utilizou-se como base fotografias aéreas obtidas pela Prefeitura Municipal de Ituiutaba, em escala de 1:30.000. Ocorrem basicamente três tipos de solos na área da bacia hidrográfica: latossolos, cambissolos e solos litólicos (EMBRAPA, 2011).

Portanto, realizou-se uma correlação dos dados de pedologia, uso e ocupação da terra e declividade, através de combinações numéricas e operadoras de soma ponderada em matrizes, estabelecendo diferentes graus de fragilidade para as feições da Bacia Hidrográfica do Ribeirão São Lourenço. O quadro 1 apresenta o peso atribuído a cada elemento utilizado no cálculo.

A matriz de correlação se baseia em um cálculo matemático cujas características solos rasos, alto grau de declividade e áreas antropizadas tendem a apresentar altos índices de fragilidade. O mesmo raciocínio se aplica inversamente, em que solos profundos, baixa declividade e pouca intervenção humana caracterizam áreas com baixos valores de fragilidade ambiental.

<b>DECLIVIDADE (%)</b>	0-2	1
	2-5	2
	5-10	3
	10-20	4
	20-100	5
<b>SOLOS</b>	LATOSSOLOS	1
	NEOSSOLOS	2
	LITOSSOLOS	3
<b>USO E OCUPAÇÃO</b>	MATA	1
	ÁREAS ÚMIDAS	2
	PASTAGEM	3
	AGRICULTURA	4
	ÁREA URBANA	5

**Quadro 1:** Valores atribuídos na matriz de correlação.

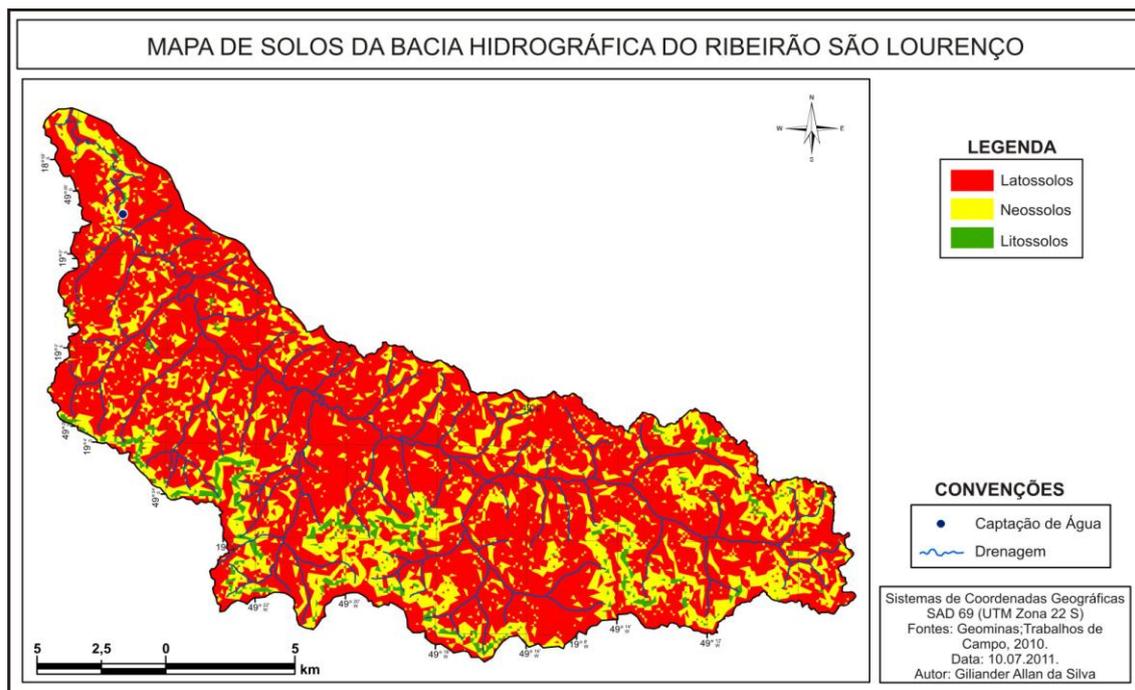
Fonte: EMBRAPA (2010), Trabalhos de Campo (2010-2011).

Portanto, para se obter ao mapa de fragilidade resultante da conexão destas informações, realizou-se a interpolação dos dados (*shapefiles*) supramencionados a partir da soma de valores atribuídos a cada característica (feição) gerando cinco classes de fragilidade.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os elementos utilizados para determinar a fragilidade ambiental da Bacia Hidrográfica do Ribeirão São Lourenço são intimamente ligados. Os solos mais profundos localizam-se principalmente em áreas com menor declividade (0 a 10%). Nestas áreas o grau de fragilidade varia de muito baixo a médio.

Os solos pouco desenvolvidos (Neossolos), em sua maioria, estão presentes nas áreas com declividade intermediária, de 10 a 20%. Para estes locais, estabelece-se o grau de fragilidade entre médio e alto. Devida atenção deve ser dada a estas áreas, já que grande extensão da bacia hidrográfica com este grau de fragilidade é ocupada por pastagens, enquanto as atividades agrícolas ocorrem em solos mais desenvolvidos (latossolos)



**Figura 5:** Mapa de cobertura superficial da Bacia Hidrográfica do Ribeirão São Lourenço, 2011.

Os litossolos se localizam principalmente nas bordas escarpadas dos relevos residuais. Outro ponto de ocorrência também é identificado à jusante do Ribeirão São Lourenço, onde a incisão da drenagem configurou escarpas com alto grau de declividade, e o afloramento do embasamento basáltico é evidente (figura 5).

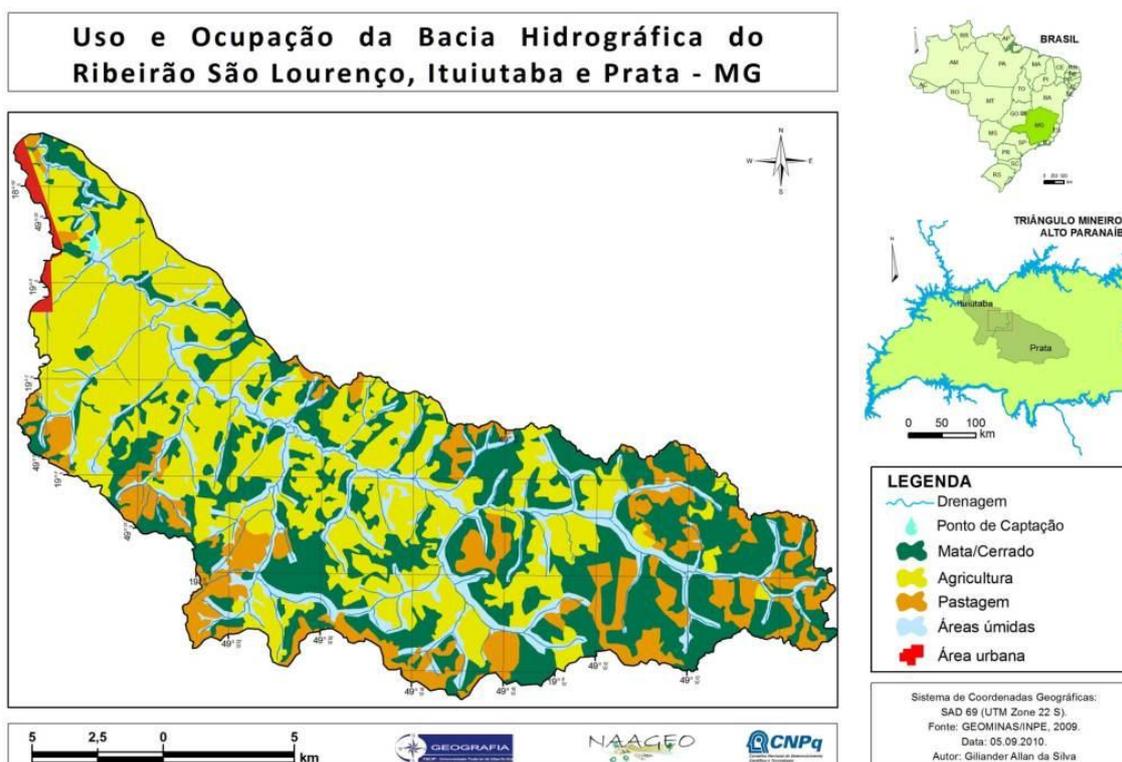
A tabela 3 apresenta os valores absolutos e relativos referentes ao uso e ocupação da área da bacia hidrográfica. Entre as atividades rurais, há predominância na atividade agrícola (37%) por outro lado, a área destinada à criação de animais (bovinos, eqüinos etc.) ocupa cerca de 13 % (pastagem) da área total da bacia. Uma pequena parcela do setor urbano se localiza na área da bacia hidrográfica (figura 6).

No aspecto ambiental, pode-se observar uma característica positiva, porque é representativa a presença de vegetação (mata) densa, inclusive remanescentes do Cerrado. O percentual referente às matas (33,10%) engloba todos os tipos de vegetação, as quais foram interpretadas pela análise das imagens. Ademais, uma porcentagem superior a 15% equivale às áreas úmidas, que envolvem matas ciliares e matas galerias que margeiam os canais de drenagem, inclusive nascentes alagadiças, típicas da região e do domínio morfoclimático.

**Tabela 3:** Área ocupada pelas categorias de Uso da Terra na BHRSL (2010).

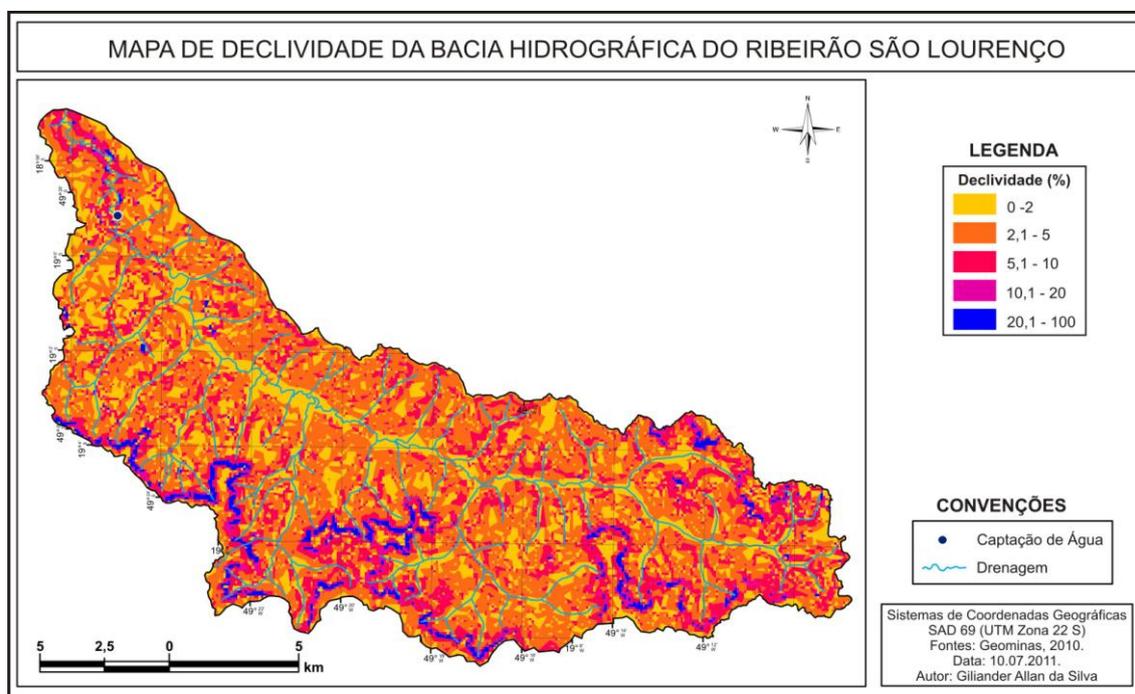
Categorias de Uso	Área Ocupada	
	km <sup>2</sup>	%
Agricultura	110,26	37,47
Área Urbana	0,17	0,05
Áreas Úmidas	45,91	15,60
Mata	97,41	33,10
Pastagem	40,45	13,74
<b>Total</b>	<b>294,21</b>	<b>100,00</b>

Fonte: LANDSAT 5 TM (2010) e Quick Bird II (2006/2007) e SPOT (2010). Org.: ALLAN-SILVA, G. e COSTA, R. Ap. (2011).



**Figura 6:** Mapa de Uso e Ocupação da Terra, na Bacia Hidrográfica do Ribeirão São Lourenço, 2010.

Ainda observando a figura acima, nota-se que nas proximidades da malha urbana as práticas de agricultura são mais proeminentes. O baixo índice de declividade (0 a 10%) nestas áreas também é notável (figura 7), logo, evidenciam dois fatores importantes e que auxiliam na inferência desta configuração espacial: a proximidade da cidade - o que remete menor custo de transporte da produção e locomoção do produtor - e relevo plano - que facilita a utilização de maquinários. Em contrapartida, nas áreas mais distantes do setor urbano, o relevo possui maior índice de declividade (acima de 10%) e há maior presença de matas e pastagens.



**Figura 7:** Mapa de Declividade da Bacia Hidrográfica do Ribeirão São Lourenço, 2011.

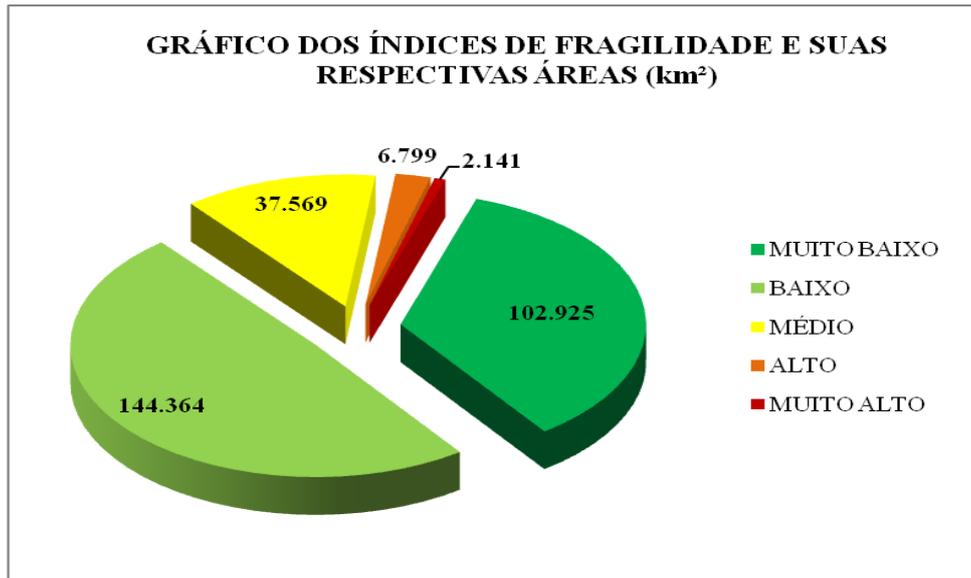
Como se pode observar na tabela 4, mais de 80% (247.289 km<sup>2</sup>) da extensão da bacia hidrográfica possui índice de fragilidade baixo. De grau médio, ocupa cerca de 12% (37.569 km<sup>2</sup>) da extensão da bacia. Se tratando das classes de fragilidade altas e muito altas, somam pouco mais de 3% (8.940 km<sup>2</sup>) da área da bacia. O gráfico 1 ilustra espacialmente estes números.

**Tabela 4:** Graus de fragilidade ambiental e extensões (relativas e absolutas) da Bacia Hidrográfica do Ribeirão São Lourenço, 2011.

CLASSIFICAÇÃO ESTABELECIDADA	EXTENSÃO (%)	EXTENSÃO (km <sup>2</sup> )
MUITO BAIXO	35,03	102.925
BAIXO	49,14	144.364
MÉDIO	12,79	37.569
ALTO	2,31	6.799
MUITO ALTO	0,73	2.141

Fonte: EMBRAPA, 2010; Trabalho de Campo, 2011.

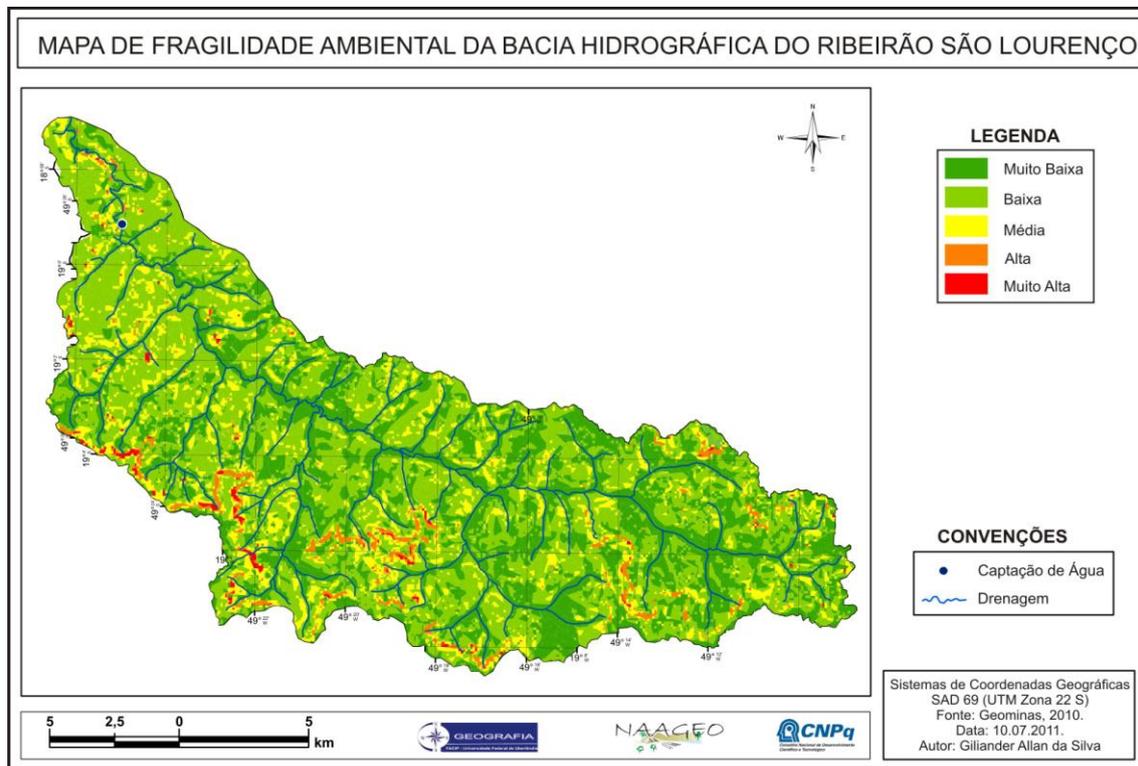
Frente à análise destes dados espaciais, de forma geral, a Bacia Hidrográfica do Ribeirão São Lourenço apresenta baixos índices de fragilidade. No entanto, as áreas com altos valores de fragilidade coincidem com locais de declividades acentuadas, ou seja, as bordas da bacia. Estas áreas são os relevos residuais, caracterizados por bordas escarpadas em forma de anfiteatros, os quais abrigam representativo número das nascentes de todo o sistema de drenagem da bacia hidrográfica (figura 8).



**Gráfico 1:** Áreas dos graus de fragilidade da Bacia Hidrográfica do Ribeirão São Lourenço, 2011.

Diante de uma análise mais geral, pode-se considerar que a fragilidade ambiental da Bacia Hidrográfica do Ribeirão São Lourenço é baixa. Merecido destaque é dado às bordas escarpadas dos relevos residuais, característicos da região, e que delimitam a bacia especialmente na porção Sul, pois possuem alto grau de fragilidade. Logo, necessita de maior atenção, principalmente por abrigar importantes nascentes do sistema de drenagem. Em outras áreas o índice médio de fragilidade é oriundo, primordialmente, pelo tipo de uso e ocupação (agricultura).

Portanto, as áreas que possuem alto grau de fragilidade devem ser resguardadas pois intervenções nestes locais podem ocasionar impactos em todo o sistema, sobretudo, problemas no abastecimento de água da população de Ituiutaba.



**Figura 8:** Mapa de Fragilidade Ambiental da Bacia Hidrográfica do Ribeirão São Lourenço, 2011

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao escolher a Bacia Hidrográfica do São Lourenço como a área de pesquisa, procurou-se realizar um estudo de fragilidade que evidenciasse a participação do homem nos impactos ambientais, bem como as possibilidades desses estudos contribuírem para a amenização dos problemas ocasionados pela ação antrópica. A análise integrada dos componentes do meio físico da bacia hidrográfica permitiu uma estruturação da paisagem como subsídio à gestão e ao planejamento territorial.

Com relação aos aspectos analisados e com os documentos cartográficos produzidos, torna-se possível apresentar algumas recomendações de caráter ambiental, específica de uso e ocupação das diferentes áreas, fundamentadas principalmente no estudo da fragilidade ambiental natural.

Observou-se que o processo antrópico na área estudada ainda não gerou alterações significantes, principalmente pela existência de várias áreas ainda preservadas. Porém, esta área está submetida à grande pressão da expansão da cana-de-açúcar, que tem se instalado na região na última década. Deve-se levar em conta que o relevo onde se encontra a bacia é suavemente ondulado, fator que facilita o processo de mecanização e, conseqüentemente, a expansão da agricultura.

Os principais problemas ambientais apresentados na área dizem respeito aos riscos de erosões e contaminações da água superficial e subsuperficial, devido principalmente ao uso da agricultura. Deve-se destacar que essa bacia é de suma importância para o abastecimento público de água potável.

Sem pretensões de esgotar as discussões sobre a área pesquisada, pode-se considerar que através dos resultados alcançados contribuiu-se para a implantação do Plano de Gerenciamento da Bacia Hidrográfica do Ribeirão São Lourenço. A caracterização geoambiental e o estudo da fragilidade ambiental da área são os procedimentos iniciais para o gerenciamento da bacia. Espera-se que a partir desta pesquisa outras novas poderão se desenvolver, no sentido de favorecer o melhor acompanhamento dos processos naturais e antrópicos envolvidos nesta área de abrangência, já que este recurso natural é de extrema importância para o abastecimento do município de Ituiutaba - MG.

## REFERÊNCIAS

AMARAL, R.; ROSS, J. L. S. As Unidades Ecodinâmicas na análise da fragilidade ambiental do Parque Estadual do Morro do Diabo e entorno, Teodoro Sampaio/SP. **Revista Espaço e Tempo**, GEOUSP: São Paulo, n. 26, p. 59-78, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6023: informação e documentação: referências: elaboração. Rio de Janeiro, 2002.

\_\_\_\_\_. NBR 10520: informação e documentação: citações em documentos: apresentação. Rio de Janeiro, 2002.

\_\_\_\_\_. NBR 14724: informação e documentação: trabalhos acadêmicos: apresentação. 2. ed. Rio de Janeiro, 2005.

BERTRAND, G. Paisagem e Geografia Física Global. Esboço Metodológico. R. RÁE GA, Curitiba: Editora UFPR, n. 8, p. 141-152, 2004.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. 2. ed. São Paulo: Editora Edgard Blücher, 1980, 179 p.

COSTA, R. Ap. **O Uso das Unidades Ecodinâmicas Como Subsídio a Análise da Fragilidade Ambiental do Ribeirão São Lourenço, Ituiutaba/Prata (MG)**. Projeto de Pesquisa, (Edital Nº. 07/2010 – PIBIC/CNPQ/UFU). UFU, FACIP: Ituiutaba, 2010, 14 p.

COSTA, R. Ap. **Zoneamento Ambiental da Área de Expansão Urbana de Caldas Novas - GO**: procedimentos e aplicações. 216 f. Tese (Doutorado em Geografia e Gestão do Território). Instituto de Geografia, UFU, Uberlândia, 2008.

CREPANI, E. et. al. Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao zoneamento Ecológico – Econômico. INPE, São José dos Campos. 1998.

EMBRAPA. Agência de Informação Embrapa: Classes de Solos do Cerrado. Disponível em: <[http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia16/AG01/arvore/AG01\\_43\\_911200585233.html](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia16/AG01/arvore/AG01_43_911200585233.html)>. Acesso em: 22.set.2011.

FERNANDES, L. A. COIMBRA, A. M. A Bacia Bauru (Cretáceo Superior, Brasil). **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, 68 (2), p. 195 -205, 1996.

GEOMINAS. Geoprocessamento em Minas Gerais - BR. Disponível em: <<http://www.geominas.mg.gov.br/>>. Acesso em: 20.jan.2010.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Folha topográfica de Ituiutaba. Rio de Janeiro: Centro de Serviços Gráficos do IBGE, 1973. Escala 1:100.000. 1 folha, color., Folha SE-22-Z-B-IV.

\_\_\_\_\_. Folha topográfica de Serra de São Lourenço. Rio de Janeiro: Centro de Serviços Gráficos do IBGE, 1970. Escala 1:100.000. 1 folha, color., Folha SE-22-Z-D-I.

OLIVEIRA, E. F.; MUSSULIN, K. N.; SILVEIRA, J. L. R. Diagnóstico Ambiental Preliminar de duas Porções do Córrego São José, Ituiutaba, Minas Gerais. **Revista Visão Acadêmica**, Universidade Estadual de Goiás, Goiás, n. 1, p. 8-22, out./2010.

PESSÔA, V. L. S. Fundamentos de metodologia científica para elaboração de trabalhos acadêmicos: material para fins didáticos. Uberlândia, 2007. (documento eletrônico).

PORTES, R. C.; BEZERRA, N. R.; SILVA, C. H. C.; et al. Determinação da Fragilidade Ambiental da Bacia Hidrográfica do Ribeirão São Bartolomeu, Viçosa – Minas Gerais, Brasil, Através de Geoprocessamento e Análise Multicritério. In: ENCONTRO DE GEÓGRAFOS DA AMÉRICA LATINA, XII, 2009, Montevideo. **Anais do XII Encontro de Geógrafos da América Latina**. Montevideo, 2009.

PRADO, V. G. T. J.; SOUSA, R. R. **Mapa Pluviométrico do Triângulo Mineiro**. Iniciação Científica (Relatório Final). UFU, FACIP: Ituiutaba, 2010, 38 p.

ROCHA, G. C. **Riscos Ambientais: análise e mapeamento em Minas Gerais**. Juiz de Fora: Ed. UFJF, 2005. 126p.

ROCHA, J, S. M. **Manual de manejo integrado de bacias hidrográficas**. Santa Maria: UFSM, 1997.

RODRIGUES, C. ADAMI, S. Técnicas Fundamentais para o Estudo de Bacias Hidrográficas. In: VENTURI, L. A. B. (Org.). **Praticando Geografia: técnicas de campo e laboratório**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009. P. 147 - 166.

ROSS, J. L. S. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados. **Revista do Departamento de Geografia/FFLCH/USP**, n.º 8, p. 63-73, 1994.

ROSS, J. L. S. Análises e sínteses na abordagem geográfica da pesquisa para o Planejamento Ambiental. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo FFLCH-USP, v.9, p. 65-75, 1995.

ROSS, J. L. S. **Geomorfologia Ambiente e Planejamento**. 2. ed. São Paulo: Contexto, 1991.

SAE: SUPERINTENDÊNCIA DE ÁGUA E ESGOTOS DE ITUIUTABA. Histórico. Disponível em: <<http://www.saeituiutaba.com.br/?arq=2>>. Acesso em: 29 ago. 2010.

SANTOS, L.; BACCARO, C. A. D. Caracterização Geomorfológica da Bacia do Rio Tijuco. **Revista Caminhos de Geografia**: Instituto de Geografia - UFU, Uberlândia, v. 5, n. 11, p. 1 – 21, 2004.

SILVA, M. K. A. **Análise geoambiental das bacias hidrográficas federais do cerrado mineiro**. (Dissertação de Mestrado). Uberlândia: Instituto de Geografia, 2009. 200p.

SILVA, T. I.; RODRIGUES, S. C. **Análise da Fragilidade Ambiental do Córrego das Moças em Uberlândia - MG**. XIII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada. UFV: Viçosa, 2009.

SILVEIRA, C. T.; OKA-FIORI, C. Análise Empírica da Fragilidade Potencial e Emergente da Bacia do Rio Cubatãozinho, Estado do Paraná. **Revista Caminhos de Geografia**: IG-UFU, v.8. Uberlândia, 2007, p. 1-17.

SPÖRL, C. **Análise da fragilidade ambiental relevo-solo com aplicação de três modelos alternativos nas altas bacias do Rio Jaguari-Mirim, Ribeirão do Quartel e Ribeirão da**

**Prata. 2001.** 159 f. Dissertação (Mestrado em Geografia Física) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

SPÖRL, C.; ROSS, J. L. S. Análise Comparativa da Fragilidade Ambiental com Aplicação de Três Modelos. **Revista GEOUSP: espaço e tempo**, 15 n. São Paulo, 2004, p. 39-49.

SUCUPIRA, P. A. P.; PINHEIRO, L. S.; ROSA, M. F. Caracterização Morfométrica do Médio e Baixo Curso do Rio Acaraú-Ceará-Brasil. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA, VI, 2006, Goiânia. **Anais do VI Simpósio Nacional de Geomorfologia**. Goiânia, 2006.

SUGUIO, K. **Dicionário de Geologia Sedimentar: e áreas afins**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998, 1.222 p.

TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro, IBGE-SUPREN, 1977.