UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
CAMPUS JATAÍ
CURSO DE GEOGRAFIA

VILSON SOUSA QUEIROZ JÚNIOR

USO DE GEOTECNOLOGIAS NA CARACTERIZAÇÃO DA FRAGILIDADE AMBIENTAL DA BACIA DA UHE FOZ DO RIO CLARO (GO)

JATAÍ (GO)
2014

VILSON SOUSA QUEIROZ JÚNIOR

USO DE GEOTECNOLOGIAS NA CARACTERIZAÇÃO DA FRAGILIDADE AMBIENTAL DA BACIA DA UHE FOZ DO RIO CLARO (GO)

Monografia apresentada ao curso de Graduação em Geografia da Universidade Federal de Goiás – Campus Jataí/ CAJ-UFG, como requisito parcial para obtenção do título em Bacharel em Geografia.

Orientador (a): João Batista Pereira Cabral

JATAÍ (GO)

2014

VILSON SOUSA QUEIROZ JÚNIOR

USO DE GEOTECNOLOGIAS NA CARACTERIZAÇÃO DA FRAGILIDADE AMBIENTAL DA BACIA DA UHE FOZ DO RIO CLARO (GO)

Monografia de final de curso DEFENDIDA e APROVADA em 20 de janeiro de 2014, pela banca examinadora constituída pelos membros:

_____

Prof. Dr. João Batista Pereira Cabral

Orientador

Presidente – CAJ/UFG

_____

Prof. Me. Alécio Perini Martins

Membro interno

_____

Isabel Rodrigues da Rocha

Mestranda do programa de pós-graduação em Geografia

Membro externo

JATAÍ (GO)

2014

Dedico aos meus filhos, Natasha e Gustavo, pelas horas que se privaram de minha companhia ao longo desta jornada, que se concretiza por meio deste trabalho.

AGRADECIMENTO

Agradeço a minha cara metade Lourenlaine Talitha pelo apoio, dedicação, incentivo e paciência durante esta graduação. Sempre compreensiva pelas minhas ausências, que não foram poucas, devido aos meus afazeres, sempre longe de casa, indo desde estar no município ao lado ou até em outro país.

Aos meus pais Vanete e Vilson pelo empenho, companheirismo e provimento financeiro ao longo desta jornada de quatro anos, sempre oferecendo me força para continuar até ao fim desta jornada.

Em especial aos meus avós maternos Elisa e Abrão (ambos *in memoriam)*, paternos Valdite e Adão por sempre acreditarem e apoiarem em meus caminhos. Pelos longos diálogos pautados principalmente no ordenamento da natureza e seus componentes, proporcionando para mim tão singelo, porém, sábio conhecimento.

A Sonia, Valdir, Valdivino, Fabiano, Kélen, Kátia e Maria Aparecida dado ao apoio desde antes do princípio do curso, aos incentivos morais pautados na moralidade da família e sua função.

Aos professores da coordenação de Geografia, em especial ao João Cabral pelo compartilhamento do conhecimento referente ao meio físico e suas inter-relações para o compreensão do espaço, ao Alécio Perini por ensinar a caminhar pelas entre linhas do geoprocessamento e sensoriamento remoto aplicado a análise do espaço, a Mainara Benincá e Jordana Souza Rezende pelas orientações desde uma simples citação até mesmo a mais complexa formatação dos textos acadêmicos, a Raquel Maria e ao Iraci Scopel por me proporcionarem uma visão holística dos fenômenos ambientais e rurais.

Também aos meus colegas e amigos de curso, que nestes quatro anos compartilharam alegrias e tristezas, demostrando sempre uma forte união nas horas certas. Em específico ao Assunção pelas brincadeiras e auxílios acadêmicos, Vanessa e Luline pelo auxílio nos afazeres do cotidiano e nas atividades curriculares, Tálita, Paulo, Marcos, Uerlei, Jonathan e Gustavo pelas palavras gracejadas, Juliana, Tais, Suzana, Alessandra, Thiago pelos breves diálogos alegres, deste modo, agradeço a todos que contribuíram mesmo que pouco na minha evolução acadêmica.

Aos colegas do laboratório de Geociências Aplicadas Ana Carolina, Rosangela, Dalila, Isabel, Pollyana, Suzy, Celso, Wanderlubio e Francis pelo apoio, auxílio, e conhecimento passado a mim, sendo de grande importância para minha formação.

Enfim, meu sincero obrigado!

RESUMO

Este trabalho teve como proposta a caracterização da Fragilidade Ambiental da bacia hidrográfica da Usina Hidrelétrica (UHE) Foz do Rio Claro (BHFRC), Goiás (GO), em dois períodos, constituindo antes e depois da construção do reservatório. A Fragilidade Ambiental representa como o ambiente está em relação as suas características físicas, representadas, por tipos de solo, declividade, precipitação da região, em relação aos aspectos socioambientais ali existentes, que é o uso da terra. Desta forma, a BHFRC apresenta uma dinâmica de ocupação dominada pela pecuária extensiva e agricultura, atividades que se intensificaram nas últimas décadas, além disso pela construção do reservatório da UHE no ano de 2010. Neste contexto, com base no preceito de que a proteção dos solos é de suma importância à proteção e estabilidade ambiental e que conforme cada tipo de uso da terra e cobertura vegetal associado aos fatores físicos, o ambiente apresenta fragilidades diferenciadas. A fragilidade é algo importante para os estudos ambientais. Portanto, foi caracterizado as Fragilidades da BHFRC, entre os municípios de São Simão (GO) e Caçu (GO), por meio da identificação das fragilidades ambientais potenciais e emergentes, a partir das técnicas de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto disponíveis. Por meio da proposta de Ross (1994), executou-se mapeamentos dos atributos físicos da bacia, como: tipos de solos, declividade e erosividade, posteriormente a partir destes foi gerado a fragilidade potencial, que associada ao uso da terra e cobertura vegetal obteve-se a fragilidade emergente. Desta forma, os resultados inferiram que as áreas de fragilidade potencial de 2009 para 2011 teve alteração mínima, sendo que, a classe Baixa aumentou 3,10% enquanto a média teve a redução do mesmo percentual, sendo, representada pela classe de água. Para a fragilidade Emergente, considerado pelo período relativamente curto analisado alteraram-se de forma mínima, a classe baixa e a média tiveram redução de 0,57% e 1,00% respectivamente, enquanto a classe alta apresentou aumento de 1,57%, sendo representado principalmente por áreas de agricultura e solo descoberto. A construção do reservatório não influenciou de forma intensa a fragilidade ambiental, pois, a partir de então na área foi substituído a classe média para a baixa. Deste modo, o que influenciou a fragilidade ambiental da BHFRC, transformando áreas de fragilidade ambiental emergente Média para Alta foi a agricultura, que aumentou de 2009 para 2011 em 6,63%.

Palavras-Chave: Uso da Terra. Declividade. Erosividade. Solos. Reservatório.

ABSTRACT

This work had the proposal the characterization of the Environmental Fragility of the watershed of the hydropower plant (HPP) Foz do Rio Claro (BHFRC), Goiás (GO), in two periods, before and after the construction of the reservoir. The environmental fragility represents how the environment is about their physical characteristics, represented by types of soil, slope, precipitation in the region, in relation to environmental aspects existing there, which is the use of the land. In this way, the BHFRC presents a dynamic occupation dominated by extensive cattle raising and agriculture, activities that have intensified in recent decades, besides the construction of reservoir power plant in the year 2010. In this context, based on the precept that soil protection is of paramount importance to environmental protection and stability and that according to each type of land use and vegetation cover associated to physical factors, the environment presents different weaknesses. The fragility is something important for the environmental studies. So was characterized the weaknesses of BHFRC, between the towns of São Simão (Goiás) and Caçu (GO), through the identification of potential environmental frailties and emerging from the Remote Sensing and Geoprocessing techniques available. Through the proposal of Ross (1994), ran up the physical attributes of the mappings, such as: soil types, slopes and erosividade, later from these was generated potential fragility, which associated with the land use and vegetation cover was obtained the emerging weakness. In this way, the results inferred that areas of potential fragility of 2009 to 2011 had minimal change, being that the underclass increased 3.10% while the average had the same percentage reduction, being represented by the class of water. For the Emerging weakness, considered by the relatively short period analyzed have changed so minimal, Low class and 0.57% reduction had Average and 1.00% respectively, while the upper class increased from 1.57%, being represented mainly by agriculture and soil discovered. The construction of the reservoir didn't influence intensively the environmental fragility, because from then on the area was replaced the middle class to the poor. In this way, what influenced the environmental fragility of the BHFRC, turning areas of emerging environmental fragility to average high was agriculture, which increased from 2009 to 2011 in 6.63%.

Key-worlds: Land Use. Slope. Erosivity. Soils. Reservoir.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Mapa 1 – Localização da Bacia Hidrográfica da UHE Foz do Rio Claro. 19

Mapa 2 – Geologia da Bacia Hidrográfica da UHE Foz do Rio Claro. 21

Mapa 3 – Solos da Bacia Hidrográfica da UHE Foz do Rio Claro. 22

Mapa 4 – Geomorfologia da Bacia Hidrográfica da UHE Foz do Rio Claro. 23

Quadro 1 – Classes de Fragilidade ambiental dos tipos de solo. 24

Quadro 2 – Relação da nomenclatura de solos anterior com a atual..... 24

Quadro 3 – Graus de Proteção em Relação ao Uso da terra 28

Quadro 4 – Chave de interpretação para classificação de imagens de satélite. 29

Mapa 5 – Declividade da Bacia Hidrográfica da UHE Foz do Rio Claro. 32

Mapa 6 – Erosividade para o príodo de 1977 a 2009 da Bacia Hidrográfica da UHE Foz do Rio Claro..... 33

Mapa 7 – Erosividade para o príodo de 2010 a 2011 da Bacia Hidrográfica da UHE Foz do Rio Claro..... 34

Mapa 8 – Fragilidade Potencial para os anos de 2009 (A) e 2009 (B) da Bacia Hidrográfica da UHE Foz do Rio Claro..... 36

Fotografia 1 – Vegetação submergida dentro do Reservatório da UHE Foz do Rio Claro. ... 37

Fotografia 2 – Cultura da Cana-de-açúcar, inserida na UHE Foz do Rio Claro. 38

Mapa 9 – Uso da terra e cobertura vegetal para os anos de 2009 (A) e 2011 (B) da Bacia Hidrográfica da UHE Foz do Rio Claro. 39

Mapa 10 – Fragilidade Emergente para os anos de 2009 (A) e 2011 (B) da Bacia Hidrográfica da UHE Foz do Rio Claro. 41

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Níveis de Fragilidade por classe de declividade. 25

Tabela 2 – Estações pluviométricas da Agência Nacional das Águas..... 26

Tabela 3 – Classes de erosividade da chuva, média anual. 27

Tabela 4 – Níveis hierárquicos de classes de Fragilidade em relação aos solos da Bacia Hidrográfica da UHE Foz do Rio Claro..... 30

Tabela 5 – Níveis hierárquicos de classes de fragilidade em relação a declividade da Bacia Hidrográfica da UHE Foz do Rio Claro..... 31

Tabela 6 – Estações pluviométricas e o grau de erosividade de acordo com Carvalho (2008) da Bacia Hidrográfica da UHE Foz do Rio Claro. 33

Tabela 7 – Classes de Fragilidade Potencial para os anos de 2009 e 2011 da Bacia Hidrográfica da UHE Foz do Rio Claro..... 34

Tabela 8 – Uso da terra e seus graus de proteção para os anos de 2009 e 2011 da Bacia Hidrográfica da UHE Foz do Rio Claro..... 37

Tabela 9 – Classes de Fragilidade Emergente para os anos de 2009 e 2011 da Bacia Hidrográfica da UHE Foz do Rio Claro..... 40

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 10
2 OBJETIVOS 12
2.1 Objetivo Geral 12
2.2 Objetivos Específicos 12
3 REFERENCIAL TEÓRICO 13
3.1 Fragilidade ambiental 13
3.2 Bacia Hidrográfica 15
3.3 Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto 16
4 MATERIAIS E MÉTODO 19
4.1 Localização da área de estudo Fragilidade Potencial 19
4.2 Descrição da área de estudo 20
4.3 Fragilidade Potencial 23
4.4 Fragilidade Emergente 28
4.5 Uso da terra e cobertura Vegetal 28
4.6 Delimitação da Bacia Hidrográfica 29
5 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS 30
5.1 Fragilidade Potencial 30
5.2 Fragilidade Emergente 35
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS 42
REFERÊNCIAS 44
Apêndice A – Variabilidade espacial das chuvas da Bacia Hidrográfica da UHE Foz do Rio Claro, no período de 1977 a 2009. 49
Apêndice B – Variabilidade espacial das chuvas da Bacia Hidrográfica da UHE Foz do Rio Claro, no período de 2010 a 2011. 50
Apêndice C – Médias pluviométricas das estações adjacentes a Bacia Hidrográfica da UHE Foz do Rio Claro. 51
Apêndice D – Médias precipitação pluviométrica, correlacionadas aos valores de erosividade por estação analisadas por períodos. 52

1 INTRODUÇÃO

Fragilidade Ambiental denota como o ambiente está em relação as suas características físicas, representadas por tipos de solo, declividade, precipitação da região, em relação aos aspectos socioambientais ali existentes, como o uso da terra, resultando em um espaço estável ou instável de acordo com o ambiente.

A Fragilidade Ambiental proposta por Ross (1994) obtida a partir da relação de componentes físicos e bióticos demonstra espaços susceptíveis ou não a efeitos danosos para o meio, sendo representado de forma hierárquica para os diferentes níveis de fragilidade, de muito baixo a muito alto, representando a relação entre o uso da terra e os fatores físicos do ambiente.

Logo, cada classe de Uso da Terra e Cobertura Vegetal representa relação entre os fatores físicos, como tipo de solo, declividade e clima, assim, podendo estabelecer fragilidades ao ambiente, que o influenciam de formas diferenciadas.

Nas últimas décadas, o espaço rural brasileiro vem sendo alterado de forma intensa, conforme anseios do modo de produção instituído, a partir da tecnologia (Revolução Agrícola), que estabeleceu um caráter de agricultura mecanizada, sementes modificadas e insumos agrícolas baseados nas monoculturas.

O agronegócio representado na região pela agricultura mecanizada tem sua parcela significativa no Produto Interno Bruto – PIB do estado de Goiás, que no ano de 2009 representou 14%, percentual que parece ser baixo, porém está intimamente ligado ao setor industrial – sendo os Complexos Agroindustriais (CAI's) –, representados por 27% em sua maioria, derivado das atividades primárias segundo dados da secretaria de Estado de Gestão e Planejamento - SEGPLAN do estado de Goiás para o ano de 2012. Logo, fica a questão sugerida por Ribeiro (2005), até que ponto é rentável a transformação do meio, acarretando em maioria das vezes o ônus socioambiental, em função de um modo de produção hegemônico.

Não diferentemente, esta lógica de produção apresenta-se na Microrregião de Quirinópolis (GO), representada principalmente por pecuária extensiva, culturas de soja, milho, sorgo e recentemente por cana-de-açúcar.

Outro fator que tem influenciado/alterado a dinâmica ambiental da região, é a demanda energética atual, que impulcionar a construção das UHEs e Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs), caso evidente na Bacia Hidrográfica do Rio Claro que até o ano de 2013 já possui duas PCHs (Jataí e Irara) e três UHEs (Caçu, Barra dos Coqueiros e Foz do

Rio Claro) instaladas e ativas. Demais de acordo com o Estudo Integrado de Bacias (EIBH) (2005), serão instaladas, na porção média do Rio Claro, a PCH Sertãozinho e no terço Inferior, as (UHE's) de Ari Franco, Pontal, Itaguaçu.

Desta forma, partindo do desígnio da Teoria Geral dos Sistemas alvitrada por Tricart (1977) e que foi utilizada por Ross (1994) para formular a metodologia de Fragilidade Ambiental, em que no meio natural as suas trocas de energia ocorrem de forma dinâmica e que o homem é agente desse processo, o escopo desse estudo tem como princípio a ação do homem sobre espaço, e que com o passar das décadas comprometeu o funcionamento original da natureza.

Portanto, pretende-se caracterizar a Bacia Hidrográfica da Usina Hidrelétrica Foz do Rio Claro - BHFRC, entre os municípios de São Simão (GO) e Caçu (GO), por meio da identificação das fragilidades ambientais. Pois, ao longo dos anos a bacia vem sendo antropizada, podendo acarretar problemas ambientais pelo uso intenso e pelo manejo possivelmente inadequado e pela construção do reservatório da UHE.

A análise e estimativa das condições ambientais de uma bacia hidrográfica por meio das Fragilidades, pode sugerir cenários futuros, não só para auxiliar ações apropriadas, podendo evitar danos ao meio ambiente.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Verificar as áreas com maior potencial de fragilidade na bacia hidrográfica da UHE Foz do Rio Claro, antes e após o processo de construção do reservatório.

2.2 Objetivos Específicos

- Mapeamento da evolução de uso da terra no período de 2009 e 2011.
- Montagem do banco de dados dos índices pluviométricos da bacia.
- Geração das classes de declividade.
- Elaborar carta temática de Fragilidade Potencial e Emergente e intercessão das mesma.
- Confeccionar carta final de Fragilidade Ambiental e sua influência para a BHFRC.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Fragilidade ambiental

Com base nos estudos de Ross (1994), o ambiente tem que ser avaliado sob um viés da Teoria Geral dos Sistemas, baseado na Unidade Ecodinâmica de Tricart (1977), sendo o princípio da funcionalidade intrínseca, pois na natureza as trocas de energia e matéria se interagem através de relações em equilíbrio dinâmico. Esse equilíbrio, entretanto, é frequentemente modificado pelas influências antrópicas, gerando estados de desequilíbrios temporários ou até permanentes, que são representados por fragilidades, como, por exemplo, a supressão da vegetação para o desenvolvimento de atividades agropecuárias, podendo acarretar problemas, como processos erosivos causados pelo manejo inadequado do solo entre outros.

Tricart (1977) elaborou o conceito de Unidades Ecodinâmicas, definindo que quando os ambientes estão em equilíbrio dinâmico são estáveis, e quando se encontram em desequilíbrio são instáveis. As Unidades Ecodinâmicas sugeridas por Tricart (1997) foram classificadas e divididas em três classes denominadas: meios estáveis, meios Intergrades e meios fortemente instáveis. Os Meios estáveis são aqueles que ainda se encontram em equilíbrio dinâmico natural sem interferência antrópica, no qual os processos pedogenéticos são mais atuantes em relação aos morfogenéticos. Os Meios Intergrades são aqueles que se estão em um processo de transição gradual entre os meios estáveis e instáveis. Já os Meios Fortemente Instáveis são aqueles que sofreram alguma degradação natural ou antrópica, proporcionando algum desequilíbrio, nesses meios os processos morfogenéticos agem mais intensamente em detrimento dos processos pedogenéticos.

Visando uma análise sistêmica da paisagem, Ross (1994) desenvolveu a partir de conceito de análise Ecodinâmica do autor supracitado uma metodologia para a geração de cartas de fragilidade. Inserindo novos critérios à análise das Unidades Ecodinâmicas proposta por Tricart (1977) a fim de que esses conceitos pudessem ser utilizados como base para um Planejamento Ambiental, estabelecendo as Unidades Ecodinâmicas Estáveis ou de Instabilidade Potencial e Unidades Ecodinâmicas Instáveis ou de Instabilidade Emergente.

As Unidades Ecodinâmicas de Instabilidade Potencial, possuem algum grau de instabilidade em função de suas propriedades físicas, como, tipos de solos, declividade e a pluviosidade. Já as Unidades Ecodinâmicas de Instabilidade Emergente são aquelas que de alguma forma, ligadas a fragilidade potencial natural, sofrem degradação frente às intervenções antrópicas.

Para a hierarquização, Ross (1994) utilizou os níveis de instabilidade tanto potencial como emergente divididos em graus, que vão de Instabilidade Muito Baixa a Muito Alta. Dentro do conceito de fragilidade ambiental, convém destacar os termos Fragilidade Potencial e Fragilidade Emergente, utilizados neste estudo.

Deste modo, segundo Kawakubo et. al. (2005) e Spörl, Castro e Luchiari (2011) o estudo sobre a fragilidade ambiental é uma das ferramentas mais importantes para a elaboração de projetos de planejamento territorial ambiental, pois, avaliam de forma integrada as potencialidades do meio, levando em consideração as características naturais com suas restrições, às fragilidades dos ambientes naturais devem fazer parte de avaliação quando se pretende realizar planejamentos territoriais.

Spörl (2007), retratou que a fragilidade potencial é encontrada em áreas onde a interferência humana não alterou a situação de equilíbrio do meio, predominando somente os agentes naturais de modificação, como o intemperismo físico-químico. Já a fragilidade emergente, é a própria característica de uso da terra, que gera situações de desequilíbrio dinâmico da paisagem.

Desta forma, o estudo sobre fragilidade ambiental passa pela análise da totalidade dos sistemas ambientais, onde o desafio é abordar de maneira integral os elementos que compõem o ambiente. Buscando-se, a compreensão da situação ambiental de um dado recorte espacial, o qual pode ser uma bacia hidrográfica devida sua possibilidade de disponibilidade das variáveis necessárias para a avaliação de fragilidade ambiental.

Silva (2008) demonstra que as proposições de análise ambiental de uma bacia hidrográfica envolvem o estudo de maneira integral dos elementos componentes do extrato geográfico, tais como o solo, a vegetação, a geomorfologia, o clima e o uso da terra, para assim determinar o grau de fragilidade da bacia.

Porém, de acordo com Spörl, Castro e Luchiari (2011), esse modelo de fragilidade proposto por Ross (1994) e outros como por exemplo o de Crepani et al. (2001) apresentam deficiências, em relação a atribuição dos “pesos” e representam a grande dificuldade em ajustar os modelos propostos de análise da Fragilidade Ambiental de maneira a conciliá-los com os fenômenos pontuais e complexos da natureza, entretanto, não perdendo sua validade por completo.

Contudo a metodologia apresenta ser apropriada para a região, conforme Silva (2008); Martins (2010); Cabral et al. (2011); Rocha e Cabral (2011) e Alves (2012) ponderaram em seus estudos aplicados em diversas áreas da Bacia hidrográfica do Rio Claro.

Também aplicadas em outras áreas do Brasil, conforme Silveira e Oka Fiori (2007); Santos et al. (2010); Bernardo (2013).

3.2 Bacia Hidrográfica

O termo bacia hidrográfica pode ser definido conforme diversos viés e autores, mas para Cunha e Guerra (2010) as bacias hidrográficas, de qualquer hierarquia, formam uma rede interligada pelos divisores topográficos, em que cada uma delas drena água e material, sólido e dissolvido, para uma saída comum ou ponto terminal (exutório), podendo ser um rio de hierarquia igual ou superior, lago, reservatório, ou oceano. Fato pautado neste estudo, que a bacia hidrográfica definida como área de estudo foi a de um reservatório de uma UHE.

Segundo Tucci e Mendes (2006) cada seção de um rio terá uma bacia hidrográfica, sendo que esta é toda a área que contribui por gravidade para os rios até chegar à seção que define a bacia. Também se faz necessário ressaltar que esta área é definida pela topografia da superfície, porém, a geologia do subsolo pode fazer com que parte da água que infiltra no solo escoe para fora da área delimitada superficialmente.

Bacia hidrográfica segundo Tucci (1993) é uma área de captação natural da água da precipitação e que faz convergir os escoamentos para um único ponto exutório, sendo a jusante de suas nascentes. De acordo com a Lei nº 8171/91 "[...] as bacias hidrográficas constituem-se em unidades básicas de planejamento do uso, da conservação e recuperação dos recursos naturais" (BRASIL, 1991 p. 13).

Para Botelho (1999) o termo bacia hidrográfica é entendida como uma extensão de superfície terrestre drenada por um rio principal e seus tributários, cuja delimitação pode ser dada por seus divisores de água.

Desta forma, de acordo Moragas (2005) e Santos (2005), uma bacia hidrografica enquanto área de estudo é de suma importância para os estudos geográficos, pois, é responsável por várias relações e inter-relações socioeconômicas, ambientais e políticas, logo, produzindo e alterando o espaço.

Nesta perspectiva, Christofoletti (1979) propõe que as causas e efeitos das intervenções antrópicas têm grande influência na dinâmica de uma bacia hidrográfica, sendo que o equilíbrio de um sistema representa a adequação completa das suas variáveis internas às condicionantes externas. Desta forma, quando as condições externas permanecem inalteráveis, o equilíbrio dinâmico pode chegar ao estado que melhor demonstre a organização interna em função das referidas características exteriores, chegando a obter a condição estática de máxima entropia. Esse estado de estabilidade é atingido quando a entrada e saída de

matéria e energia forem equacionadas por meio do ajustamento das formas do próprio sistema, permanecendo constantes enquanto não se alterarem as condições externas em uma bacia hidrográfica, as condições climáticas, litológicas, biogeográficas, vão condicionar a estruturação de determinada rede de drenagem e de formas de relevo. Conseguindo o estado de estabilidade, a geometria da rede fluvial e a da morfologia encontram-se em perfeito estado de equilíbrio e só sofrerão modificações se porventura houver alterações nas variáveis condicionantes.

Logo, os estudos referentes às bacias hidrográficas são de suma importância para compreender a configuração e a dinâmica do espaço atual, as modificações nele ocorridas e criar cenários futuros, possibilitando um planejamento e ações que priorize e assegure a qualidade e a preservação dos recursos hídricos e demais, para que conforme o Art. 225 do Constituição Federal, todos tenham direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado e de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, para as presentes e futuras gerações.

Desta forma, o manejo adequado de uma bacia hidrográfica é de suma importância, segundo Rocha (1997), o manejo de bacias consiste na elaboração e aplicação de diagnósticos físico-conservacionistas, socioeconômico, ambiental, hídrico, edáfico, botânico e faunístico, a fim de identificar todos os problemas da bacia e propor soluções ajustados com cada situação.

Do mesmo modo Silva (2010), apesar do reconhecimento de diversos aspectos positivos envolvidos no manejo de bacias hidrográficas até o momento, como por exemplo mobilização social e educação ambiental, alguns fatores ainda deixam a desejar para uma prática adequada em tais unidades, como: propostas de ações pouco detalhadas; falta de transparência na descrição dos programas ou projetos; sobreposição de objetivos e ações; falta de embasamento teórico-metodológico e imprecisão de termos e ausência de análises sobre a dinâmica fluvial. Nesta perspectiva Carvalho et al. (2012) propõe que tais ações sejam aperfeiçoadas para uma melhor preservação ambiental do meio e que tais implicações do passado reflitam nas atos do futuro.

3.3 Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto

De acordo com Câmara et al. (2001) o Geoprocessamento enquanto conceito utiliza técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento de informações geográficas, assessorando o uso de produtos e técnicas dos Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) e de sensoriamento remoto.

As técnicas de geoprocessamento segundo Martins (2009) tem se mostrado instrumentos imprescindíveis para atividades de diagnóstico, análise, planejamento e gestão ambiental, permitindo a visualização e a distribuição de fenômenos geográficos, tanto físicos quanto sociais, facilitando a tomada de decisões por qualquer agente que se interesse pelo uso e ocupação do espaço.

Gontijo e Rosa (2009) comentam que o geoprocessamento, vêm se apresentando como extraordinária ferramenta para o processamento analítico de dados espaciais, possibilitando a aplicação de conceitos ambientais de uma forma prática, com resultados estatísticos dos fatos analisados.

O geoprocessamento apresenta grande importância ao ser associado ao Sensoriamento Remoto. Para Novo (2010) esta técnica é a utilização conjunta de sensores, equipamentos para processamento e dados, equipamentos de transmissão de dados colocados a bordo de aeronaves, espaçonaves, ou outras plataformas, com o objetivo de estudar eventos, fenômenos e processos que ocorrem na superfície do planeta Terra a partir do registro e da análise das interações entre a radiação eletromagnética e as substâncias que o compõem em suas mais diversas manifestações.

Desta forma as imagens obtidas através dos sensores remotos, segundo Florenzano (2005), proporcionam uma visão de conjunto multitemporal de extensas áreas da superfície terrestre, constituindo-se em uma grande ferramenta para as mais diversas áreas do conhecimento.

Martins (2009) pondera que as técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento, ao serem integradas em um SIG, tornam-se importantes instrumentos no processo de gestão e manejo de bacias hidrográficas, ao permitirem a representação precisa de dados espaciais em um ambiente interativo que oferece múltiplos recursos e resultados, tanto na etapa de coleta de dados e nos diagnósticos, ou na análise e discussão destes dados.

Barroso et al. (1993) apud Palmeira (2004) utilizaram as técnicas de Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento para mostrar a importância das mesmas na detecção de mudanças no uso da terra por transformações antrópicas ocorridas na cobertura vegetal e uso da terra em escala temporal, demonstrando a grande interdependências entre ambas as técnicas.

Neste contexto Silva (2010) propõe que a interação entre as técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto remetem a um outro nível de integração, sendo a modelagem, que convém de subsídio para tomada de decisões envolvendo questões ambientais, sobretudo no sistema aberto de bacia hidrográfica. Modelos são semelhantes à

proposição de tabelas, gráficos e mapas que são utilizados como uma linguagem específica e padronizada com o objetivo de representar a realidade descrevendo e caracterizando entidades ou fenômenos, com a grande capacidade computacional de efetuar os cálculos estatísticos.

Deste modo, o uso de modelos e simuladores computacionais têm um papel fundamental, possibilitando a inferência de dados importantes para a compreensão de todo o sistema por meio da espacialização de dados e que são complexos de experimentação em campo.

O termo modelos numérico de terreno (MNT) de acordo com Câmara et al. (2001) é utilizado para denotar a representação quantitativa de uma grandeza que varia continuamente no espaço. Comumente associados à altimetria, também podem ser utilizados para modelar unidades geológicas, como teor de minerais, ou propriedades do solo ou subsolo, como aero magnetismo.

Um MNT de acordo com o mesmo autor pode ser definido como um modelo matemático que reproduz uma superfície real a partir de algoritmos e de um conjunto de pontos (X, Y), em um referencial qualquer, com atributos denotados de Z, que descrevem a variação contínua da superfície, podendo ser representados por dados de precipitação, tipos de solos, perda de solos, altitude, geomorfologia entre outros.

Para a espacialização de dados existe vários métodos interpoladores, um deles é o Inverso do Quadrado da Distância (IQD) sendo o que foi utilizado neste estudo. De acordo com Costa el al. (2009) baseia-se na linearidade ponderada da combinação do conjunto de dados, no qual o fator de ponderação é o inverso da distância. Ou seja, esse operador pondera mais os pontos próximos das células em processamento do que aquelas mais afastadas (VOLTZ; WEBSTER 1990). Uma maior proximidade dos dados define uma superfície interpolada que possui maiores detalhes (TSANIS; GAD 2001), proporcionando uma melhor aplicação em análises com poucos dados amostrais.

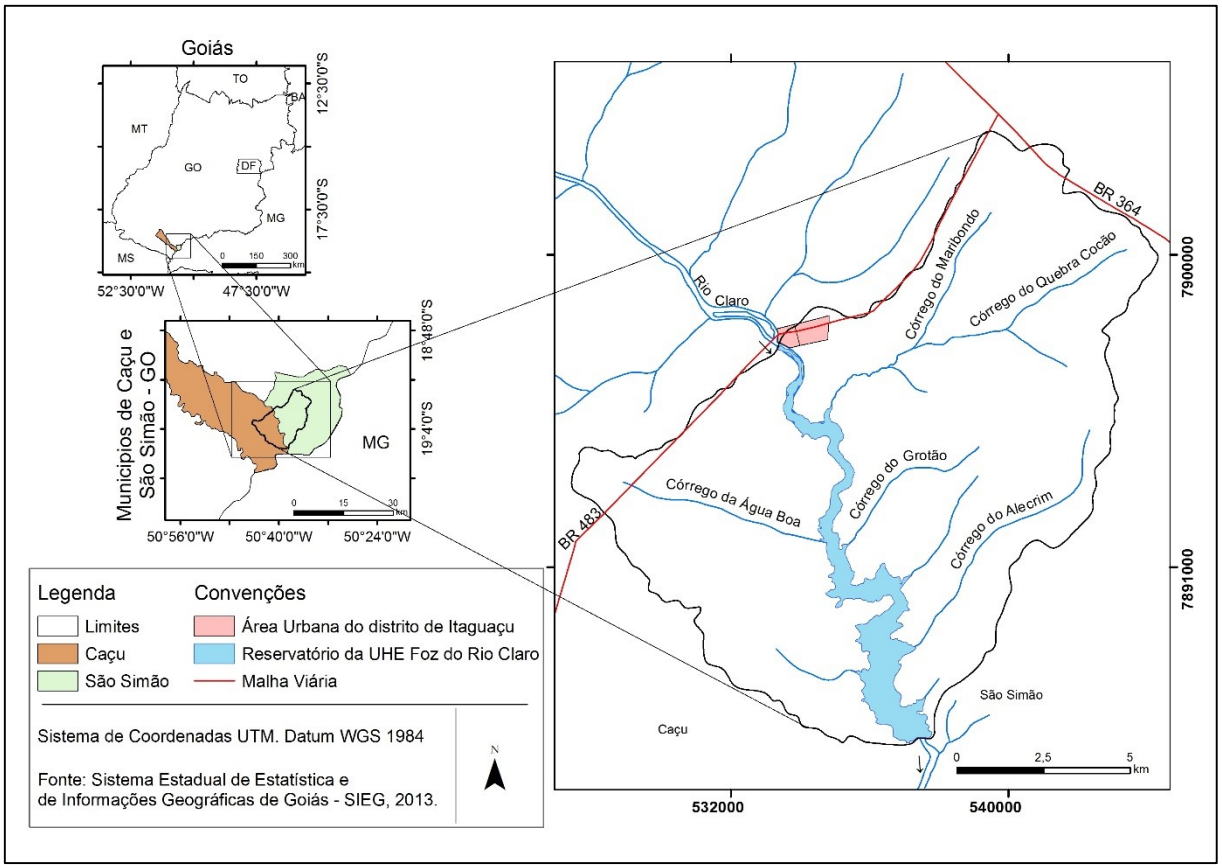
A utilização do IQD neste estudo espacialização para esse estudo foi necessária para especializar a variável Erosividade, mensurada pela equação universal de perdas de solo, da área de estudo a partir dos índices pluviométricos. Neste sentido, de acordo com Pinheiro (2010) os modelos de prognóstico à erosão são muito importantes, pois permitem prever impactos ambientais que podem interferir, nos ambientes naturais ou antrópicos, e permitem ainda minimizar desperdícios econômicos causados pela perda de solo.

4 MATERIAIS E MÉTODO

4.1 Localização da área de estudo Fragilidade Potencial

A área de estudo corresponde à bacia hidrográfica da UHE Foz do Rio Claro (Mapa 1), entre os municípios de São Simão na margem esquerda e Caçu na margem direita, estado de Goiás, corresponde um área total de 151,5 km². Situada no fuso UTM 22 Sul, ao Sul da área urbana do distrito de Itaguaçu (GO) na Microrregião de Quirinópolis (GO).

Mapa 1 – Localização da Bacia Hidrográfica da UHE Foz do Rio Claro.



Fonte: QUEIROZ JÚNIOR, V. S. (2013).

O reservatório da UHE com área aproximada de 7 km² e cerca de 80.000 m³ (Foz do Rio Claro Eergia S/A, 2013) é formado pelo Rio Claro, sub-bacia 60, afluente do Rio Paranaíba, sendo este, um dos principais formadores da Bacia Hidrográfica do Rio Paraná. A formação do reservatório iniciou no ano de 2010, sendo que, a operação da primeira turbina foi em junho e a segunda em setembro de 2010, representando um total de 68,4 MW.

O Rio Claro de acordo com Moragas (2005) e Costa (2006) nasce na Serra do Caiapó no município do Caiapônia, seguindo em direção Sudeste – SE, sua bacia possui área de 13.610 Km² e perímetro de 947,4 Km, abrangendo 9 municípios.

4.2 Descrição da área de estudo

O clima segundo Köppen (1931), é classificado como Awa, tropical de savana, mesotérmico, com verão chuvoso e inverno seco. Nimer (1989) constatou em seus estudos sobre a Região Centro-Oeste, temperatura média do mês mais quente de 24 °C; a média das máximas no mês de setembro de 30 °C; a máxima absoluta de 38 °C; a temperatura média do mês mais frio 18 °C e média anual da precipitação de 1750 mm.

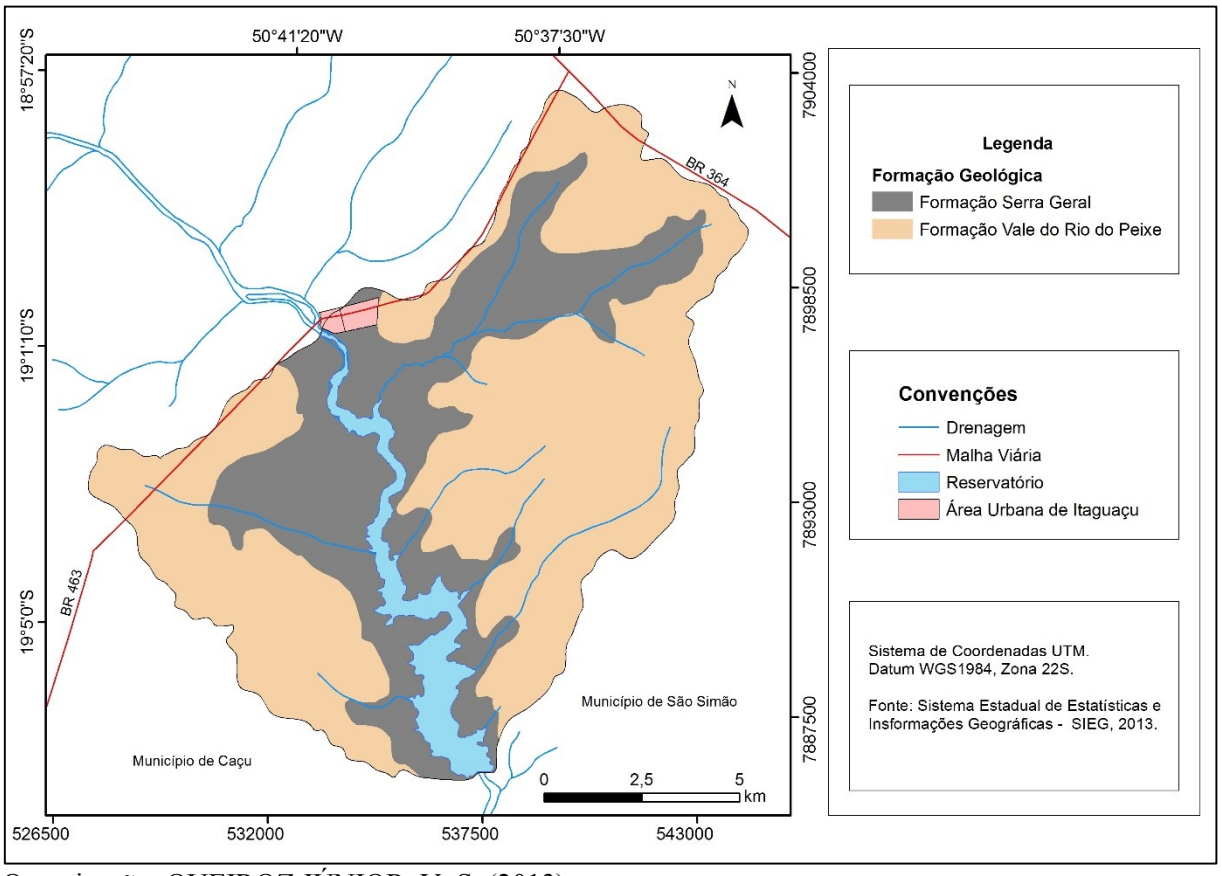
De acordo com Mariano (2006) os índices pluviométricos da Microrregião Sudoeste de Goiás (situada a montante da BHFRC) são representativos, variando de 1400 a 1800 mm anuais na região, concentrando-se no período de outubro a abril. Lima (2013) constatou em seus estudos precipitação média de 1503 mm ao longo de uma série de 30 anos para as bacias das UHEs de Caçu e Barra dos Coqueiros, ambas a montante da BHFRC.

Quanto à geologia, a BHFRC está situada sobre a Bacia Sedimentar do Paraná, representada litoestratificamente pelos basaltos da Formação Serra Geral do Grupo São Bento e pelos arenitos da Formação Vale do Rio do Peixe do Grupo Bauru.

De acordo Radambrasil (1983) a Formação Serra Geral foi formada por vários episódios de derramamentos de lavas básicas ocorridos no cretáceo jurássico. Formando rochas hipoabissais sob a forma de diques ou Sills, as rochas resultantes foram os basaltos. A decomposição da rocha basáltica (principalmente dos minerais piroxênio e feldspato) resultou a gênese dos latossolos vermelhos e suas associações com outros minerais de outras formações geológicas.

A Formação Vale do Rio do Peixe está sobre os basaltos da formação Serra Geral (Mapa 2), é composta por estratos de espessura submétrica, de arenitos intercalados com siltitos ou lamitos arenosos. Os arenitos são muito finos a finos, de cores que variam do marrom claro, rosados a alaranjados; de seleção moderada a boa. Têm aspecto maciço ou estratificação cruzada tabular e acanalada de médio a pequeno porte. Tem espessura máxima preservada da ordem de 100 m (FERNANDES, 2004).

Mapa 2 – Geologia da Bacia Hidrográfica da UHE Foz do Rio Claro.

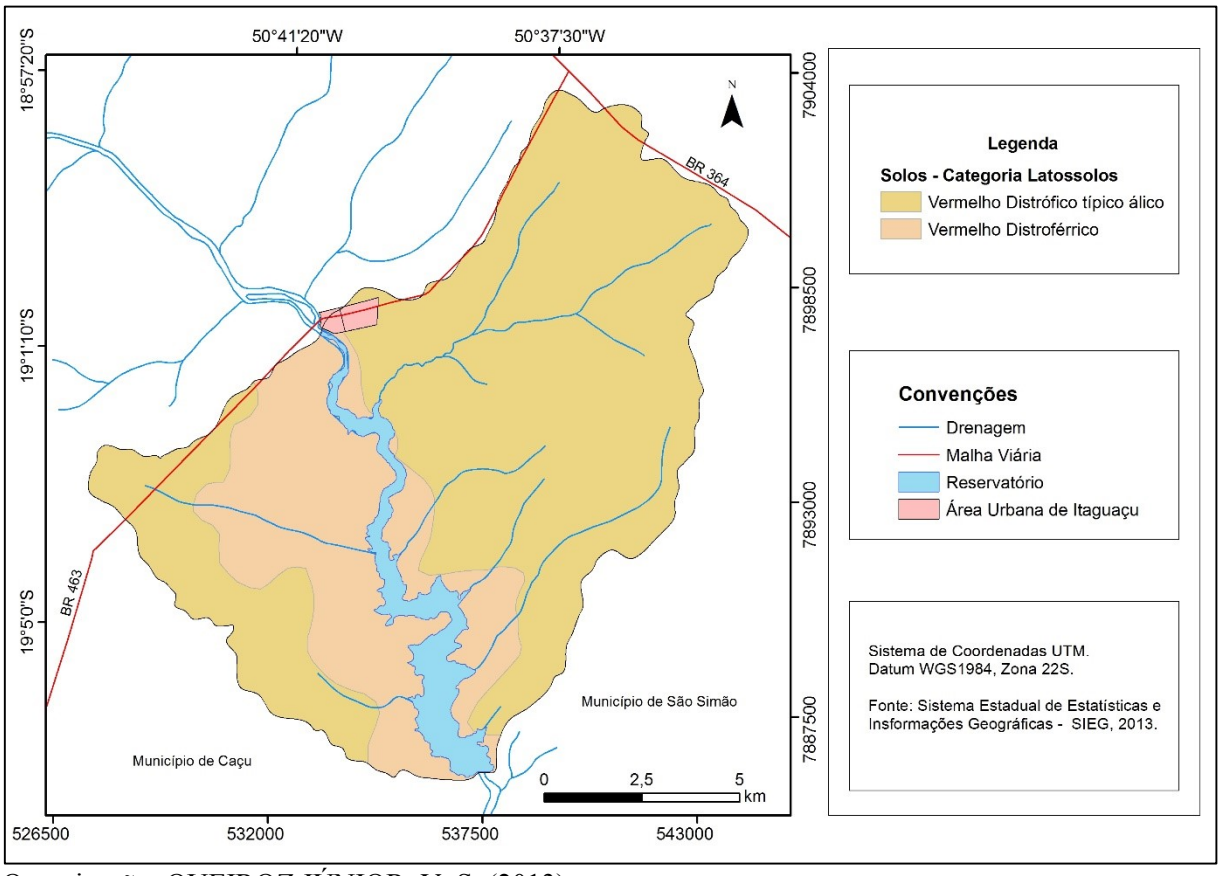


Organização: QUEIROZ JÚNIOR, V. S. (2013).

A constituição pedológica da BHFRC (Mapa 3) é composta por Latossolo Vermelho Distrófico típico álico (LVd), com abrangencia de 104,3 km² da área, o Latossolo Vermelho Distroférrico (LVdf) com 47,23 km² (SIEG, 2013).

Os latossolos, por terem sofrido em sua formação intensos processos de intemperismo, são profundos e com boa capacidade de drenagem, logo apresentam altos índices de lixiviação, ocasionando a baixa fertilidade para cultivos agrícolas convencionais. Além disso, apesar de serem bem estruturados, apresentam susceptibilidade a erosão quando descobertos (EMBRAPA, 2006).

Mapa 3 – Solos da Bacia Hidrográfica da UHE Foz do Rio Claro.

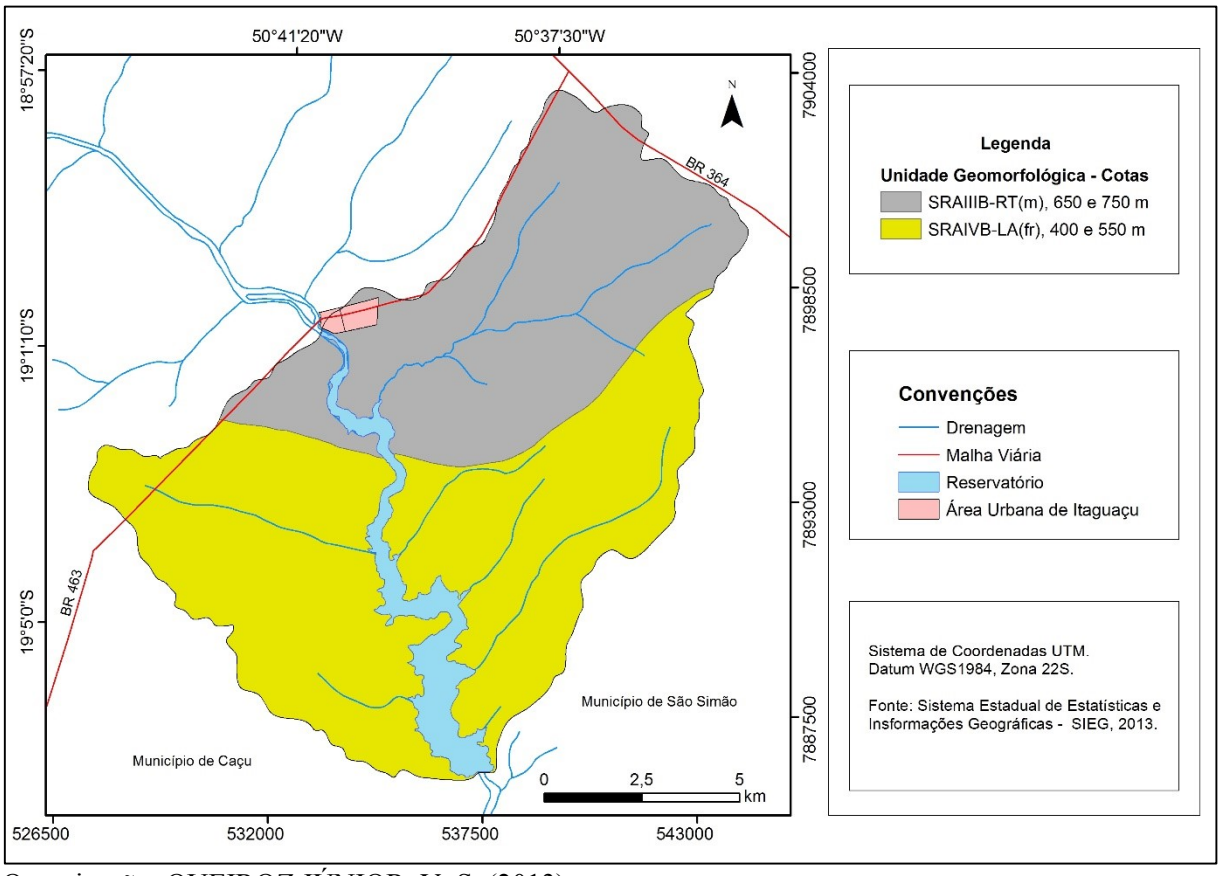


Organização: QUEIROZ JÚNIOR, V. S. (2013).

O relevo característico varia de plano, suave ondulado a ondulado, apresentando chapadões em relevos tabulares e residuais, que trazem litologias sedimentares recentes. Em termos de cotas altimétricas a BHFRC apresenta a mínima de 327 m e a máxima de 521 m.

A geomorfologia da área de estudo (Mapa 4), segundo Latrubesse e Carvalho (2005) compreende as categorias de SRAIIIB-RT(m) - Superfície Regional de Aplainamento IIIB com cotas entre 650 e 750 m, com dissecação media e associada a Relevos Tabulares na Bacia do Paraná a Nordeste, outro compartimento refere-se à SRAIVB-LA(fr) Superfície Regional de Aplainamento IVB, o qual apresenta cotas que variam entre 400 e 550 m, sendo considerado de dissecação fraca ao sul, tal compartimento está associado ao relevo da Bacia do Paraná e com sistemas lacustres.

Mapa 4 – Geomorfologia da Bacia Hidrográfica da UHE Foz do Rio Claro.



Organização: QUEIROZ JÚNIOR, V. S. (2013).

4.3 Fragilidade Potencial

Em cada base temática os elementos representados, tais como declividade, solos e uso da terra e cobertura vegetal, são classificados segundo critérios propostos por Ross (1994) a partir da declividade, com atribuição de um código/atributo hierárquico para cada classe, relativo à sua fragilidade ambiental.

A carta de fragilidade potencial foi elaborada segundo a metodologia de Ross (1994), a partir da intersecção das bases temáticas de solos, declividade e erosividade, onde cada base é ponderada por um valor (pesos) de forma hierárquica.

Desta forma, de acordo com esta hierarquia proposta por Ross (1994), as classes de solo (Quadro 1), neste estudo compreendem apenas a classe de fragilidade Baixa, devido na BHFRC ter apenas dois tipos de solos e que estão na mesma hierarquia. A base digital dos tipos de solos foi adquirida pelo Sistema Estadual de Estatística e de Informações Geográficas de Goiás – SIEG (2013), o qual dispõe de informações vetoriais do estado.

Quadro 1 – Classes de Fragilidade ambiental dos tipos de solo.

Classe de Fragilidade Ambiental	**Tipo de Solo**
1 – Muito Baixa	Latossolo Roxo, Latossolo Vermelho Escuro e Vermelho Amarelo de Textura Argilosa
2 – Baixa	Latossolo Amarelo e Vermelho amarelo textura média/argilosa
3 – Média	Latossolo Vermelho Amarelo, Terra Roxa, Terra Bruna, Podzólico Vermelho-Amarelo textura média/argilosa.
4 – Forte	Podzólico Vermelho-Amarelo textura média/arenosa, Cambissolos
5 – Muito Forte	Podzolizados com cascalho, Litólicos e Areias Quartzosas.

Fonte: Ross (1994).

Após o estudo de Ross (1994), a classificação de solos quanto aos critérios analisados sofreram algumas alterações, principalmente à nomenclatura dos solos, conforme observado no Quadro 2, que mostra a relação da nomenclatura anterior e a atual conforme EMBRAPA (1999), portanto, na BHFRC apresenta os seguintes tipos de solo. O Latossolo Vermelho Distroférrico e o Latossolo Vermelho Distrófico típico álico.

Quadro 2 – Relação da nomenclatura de solos anterior com a atual.

Classificação Anterior	**Classificação Atual**
Latossolo Roxo Eutrófico	Latossolo Vermelho Eutroférrico
Latossolo Roxo Mesotrófico	Latossolo Vermelho Distroférrico
Latossolo Roxo Distrófico	Latossolo Vermelho Distroférrico
Latossolo Roxo Ácrico	Latossolo Vermelho Acriférrico
Latossolo Vermelho-Escuro Eutrófico	Latossolo Vermelho Eutrófico
Latossolo Vermelho-Escuro Distrófico	Latossolo Vermelho Distrófico
Latossolo Vermelho-Escuro Álico	Latossolo Vermelho Distrófico Típico Álico
Latossolo Vermelho-Escuro Mesotrófico	Latossolo Vermelho Distrófico
Latossolo Vermelho Escuro Ácrico	Latossolo Vermelho Ácrico
Latossolo Vermelho Amarelo Mesotrófico	Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico
Podzólico Vermelho Escuro Eutrófico	Nitossolo Vermelho Eutrófico
Podzólico Vermelho Amarelo Distrófico	Argissolo Vermelho Amarelo Distrófico

Fonte: EMBRAPA (2006).

Desta forma, foi atribuída aos solos classes de fragilidades diferentes da proposta por Ross (1994), sendo que o Latossolo Vermelho Distrófico típico álico apresenta segundo Nunes e Cassol (2008), Silva et al. (2009) o fator de erodibilidade quase o dobro do que o

outro tipo de solo (Latossolo Vermelho Distroférrico), devido à grande concentração de areia presente no mesmo, proporcionando uma maior fragilidade.

A ponderação de solos é atribuída de acordo com a fragilidade ou erodibilidade que o solo apresenta, devido à ação das águas pluviais, pelo escoamento superficial difuso e concentrado, que segundo Ross (1996) é relativo às características físicas do solo, como textura, estrutura, plasticidade, nível de coesão das partículas e padrões dos horizontes.

As classes de declividade (Tabela 1) com os intervalos definidos em porcentagem foram definidos de acordo com Ramalho Filho e Beek (1995), associada por graus fragilidade proposta por Ross (1994), pois, apresenta uma proposta de declividade para áreas com aptidão agrícola, logo, as classes de declividade foram delimitadas de acordo com as normas agronômicas de potencial utilização de maquinas agrícolas, caso da BHFRC. Ross (1994) utilizou os seguintes critérios para a determinação dos limites das classes de declividade, como, os indicativos do vigor de processos erosivos, dos riscos de deslizamentos e inundações frequentes.

Tabela 1 – Níveis de Fragilidade por classe de declividade.

Classe de Fragilidade	**Declividade (%)**	**Código/Atributo**
Muito Baixa	0 a 3	1
Baixa	3 a 8	2
Média	8 a 13	3
Alta	13 a 20	4
Muito Alta	20 a 45	5

Adaptado de Ramalho Filho e Beek (1995).

Para a delimitação da declividade da BHFRC foi utilizada a imagem de satélite *Shuttle Radar Topography Mission* – SRTM/NASA com resolução espacial de 90 m, empregada ainda para a construção do Modelo de Elevação do Terreno – MDE. Tais produtos foram elaborados no SIG ArcGis 10.1®, através das ferramentas *Slope e Reclassfy* contidos na ferramenta *Spatial Analyst Tools*, onde foram fatiadas nas classes de declividade estabelecidas em porcentagem. A imagem foi adquirida do sistema Brasil em Relevo, Monitoramento por Satélite da EMBRAPA (2013), das articulações das cartas de 1:250.000 de Quirinópolis (SE-22-Z-A) e Iturama (SE-22-Z-C)

As estimativas de erosividade para a BHFRC foram obtidas a partir de dados pluviométricos de quatro estações da Agência Nacional das Águas (ANA) (Tabela 2) do ano

de 1977 a 2011, tais dados foram organizados por Lima (2013) que realizou estudos sobre o clima na mesma microrregião (Quirinópolis).

Tabela 2 – Estações pluviométricas da Agência Nacional das Águas.

Estação	Município	Longitude	Latitude	Altitude (m)
Quirinópolis	Quirinópolis	7955527	550673	443
Pombal	Jataí	7999781	448153	645
Itarumã	Itarumã	7925686	464164	424
Cachoeira Alta	Cachoeira Alta	7909157	515743	440

Fonte: Agencia Nacional da Águas (2013).

A erosividade representa a capacidade que as águas da chuva têm de erodir os solos sem cobertura vegetal. Para o cálculo de erosividade utilizou-se a metodologia proposta por Wischmeier e Smith (1978), adaptada para as condições do Brasil por Lombardi Neto e Moldenhauer (1977), apud Bertoni e Lombardi Neto (2005), pela Equação Universal de Perda de Solos (1).

$$EI_{30} = 67{,}355\ (r^2 / P)^{85} \qquad (1)$$

Onde:

EI_{30} = média mensal do índice de erosividade, em MJ.mm/(ha.h);

R = médias mensais de pluviosidade em mm;

P = médias anuais pluviosidade em mm.

O fator chuva (constante R) de acordo com Cabral (2006) é o índice numérico que expressa a capacidade das águas das chuvas ocasionar erosões em um solo desprotegido. Este potencial da chuva em causar erosão pode ser avaliado por meio de índices de erosividades, que se fundamentam nos atributos físicas das chuvas de cada região.

Para a avaliação da erosividade, foram adotado 5 classes, conforme Carvalho (2008) e exposto na Tabela 1, porém, os resultados de erosividade obtidos a partir da metodologia utilizada são em MJ mm ha^{-1} h^{-1} ano^{-1} sistema métrico internacional, sendo assim, necessário converte-los para o sistema métrico decimal (ton.m.mm/ha.h.ano), dividindo-os por 9,81.

Tabela 3 – Classes de erosividade da chuva, média anual.

Classes de Erosividade	Erosividade (ton.m.mm/ha.h.ano)	Código/Atributo
Muito Baixa	R < 250	1
Baixa	250 < R < 500	2
Média	500 < R < 750	3
Alta	750 < R < 1000	4
Muito Alta	R > 1000	5

Fonte: Adaptado de Carvalho (2008).

Para o mapeamento da erosividade foi estabelecido dois períodos, sendo, de 1977 a 2009 e de 2010 a 2011, períodos respectivamente antes e após a formação do reservatório da UHE Foz do Rio Claro, buscando compreender se este influenciou a fragilidade desta área.

Para a espacialização dos dados foi utilizado o interpolador Inverso do Quadrado da Distância (do inglês *Inverse Distance Weighted - IDW*) contido no *Toolbar Geostatistical Analyst e Geostatistical Wizard do ArcgGis 10.1®.* Pelas estações pluviométricas estarem fora do perímetro da BHFRC, os resultados foram extrapolados após a interpolação dos mesmos. A ferramenta utilizada para tal extrapolação foi a *Extent,* pela opção *The retangular extent of* arquivo do limite da BHRFC (em polígono). A ferramenta *Extent* segundo Lucas et al. (2012) é uma forma segura de preencher as áreas fora do perímetro de determinada área, em dados relacionados a precipitação e que o efeito de borda é mínimo.

Após as bases organizadas, sendo, tipos de solo, declividade, erosividade, as mesmas foram convertidas de shapfile (.shp) para GRID, para então elaborar o mapa de Fragilidade Potencial da BHFRC, através da intersecção das bases. O formato GRID é uma grade regular, representada por uma malha quadriculada de dimensão espacial definida, assemelhando ao formato matricial, composto por *pixels*. A resolução dos pixels que compõe o GRID deste trabalho foi de 15 metros, estando adequado para a área de estudo.

A integração das bases foi executada através do *software ArcGis 10.1* pela ferramenta *Combine* contida no *ArcToolbox - Spatial Analyst Tools*, gerando um novo arquivo GRID, contendo todas as informações referente aos códigos/atributos de cada classe de fragilidade das bases utilizadas. A partir deste arquivo foi possível realizar a soma dos códigos e a média dos mesmos, por meio da opção *Fied Calculator* que realiza operações algébricas, para resultar a Fragilidade Potencial da BHFRC.

4.4 Fragilidade Emergente

A elaboração do Mapa da Fragilidade Ambiental Emergente, que pondera as características físicas associada aos graus de proteção (Quadro 3) dos tipos de uso da terra, foi obtida através do cruzamento dos Mapas de Fragilidade Potencial e Mapa de Uso da terra. As fases de confecção se deram da mesma forma da obtenção do Mapa da Fragilidade Ambiental Potencial, primeiro os dados de uso do solo foram convertidas de shapfile (.shp) para GRID e depois se fez a intersecção dos mapas através da ferramenta *Combine* e realizado as operações algébricas por meio da opção *Fied Calculator.*

Quadro 3 – Graus de Proteção em Relação ao Uso da terra

Graus de Proteção	Tipos de Cobertura Vegetal
1 – Muito Alta	Florestas / Matas naturais, florestas cultivadas com biodiversidade
2 – Alta	Formações arbustivas naturais. Mata Homogênea de Pinus densa. Pastagens cultivadas com baixo pisoteio de gado, cultivo de ciclo longo como cacau.
3 – Média	Cultivo de ciclo longo em curvas de nível/terraceamento como café, laranja, pastagem com baixo pisoteio, silvicultura.
4 – Baixa	Culturas de ciclo longo de baixa densidade (café), culturas de ciclo curto
5 – Muito Baixa	Áreas desmatadas e queimadas, solo descoberto, gradeação, culturas de ciclo curto sem práticas conservacionistas.

Fonte: Ross (1994).

4.5 Uso da terra e cobertura Vegetal

Para a classificação de uso da terra e cobertura vegetal as imagens utilizadas foram a do Sensor *Tematic Mapper (TM)* do satélite LandSat 5, orbita/ponto 222/73, das seguintes datas, 20 de abril de 2009 e 10 de abril de 2011, disponibilizada pelo Instituto de Pesquisas Espaciais – INPE (Catálogo de Imagens). As imagens foram processadas pelo software ArcGis, onde inicialmente foram registradas pela opção "GCPs", de imagem para imagem, sendo utilizada como imagem base do sensor ALOS disponibilizada pelo IBGE.

Após o georreferenciamento, foi realizado a classificação não supervisionada no ArcGis 10.1®, pela ferramenta "*Multivariate/Isoclauster*" que executa a agregação dos pixels semelhantes, formando as classes de uso em um arquivo vetorial, a correção dos polígonos que ficaram ambíguos foi executado através do "*Fild Calculator*" para alteração dos atributos e reclassificação respectiva a sua classe correta, gerando o mapa temático final de uso da terra e cobertura vegetal para posterior simulação, contendo as seguintes classes de uso, Água, Cerradão, Cerrado, Cultura, Pastagem e Solo descoberta.

Para a delimitação das categorias de uso da terra e cobertura vegetal foi utilizado uma chave de interpretação para as imagens TM Landsat5 de acordo com Martins (2009), por terem as mesmas resoluções radiométricas (exceto a banda de 0,450 - 0,520 µm, que foi gerada a partir de matemáticas de bandas do ArcGis 10.1, pela ferramenta *Raster calculator*) representada no Quadro 4, levando em consideração especialmente cor, textura, forma, tamanho e padrão respectivo a resposta espectral dos alvos.

Quadro 4 – Chave de interpretação para classificação de imagens de satélite.

Classe	Descrição
Mata/Cerradão	Matas ciliares e de galeria e às áreas de Cerrado mais denso, que correspondem às áreas de reserva ou remanescentes.
Cerrado/Pastagem	Áreas vegetadas que apresentam cor e textura menos intensa que às áreas anteriores, interligadas a áreas de pasto (pastagem sombreada).
Cultura/Solo Descoberto	Áreas de formato na maioria das vezes geométrico e que se encontram sem vegetação, uma vez que a imagem foi obtida no auge do período seco na região, o que leva a crer que, no período de chuvas, estas áreas destinam-se aos cultivos.
Pastagem	Áreas de grande abrangência, representada por espaços com resposta espectral em tons suaves e textura mais lisa.
Áreas Úmidas	Áreas que oferecem uma resposta espectral de tonalidades mais escuras, evidenciando a grande presença de água no solo.

Fonte: Martins (2009).
Adaptado por: QUEIROZ JÚNIOR, V. S. (2013).

4.6 Delimitação da Bacia Hidrográfica

A delimitação da bacia hidrográfica da UHE Foz do Rio Claro, foi a partir da imagem SRTM, conforme descrito por Souza (2013) utilizando como parâmetro a topografia do relevo, pelo ArcGis 10.1®, dados os seguintes comandos, contidos na ferramenta *Spatial analyst Tools → Hidrology*:

- *Fill*: preencher a superfície da imagem removendo pequenas imperfeições;
- *Flow Direction*: avaliação de direção de fluxo;
- *Flow Acumulation*: fluxo acumulado;
- *Watershed*: delimitação da bacia;
- *Raster to Features*: Conversão da bacia, de imagem para polígono.

Para os cálculos de área e perímetro utilizou-se a opção *Calculate Geometry,* contido na *Attribute Table*, desta forma o SIG através da extração das coordenadas do arquivo da bacia, calcula Xmin, Ymin, Xmax, Ymax e avalia a área total e perímetro.

5 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

5.1 Fragilidade Potencial

A fragilidade potencial analisa os aspectos naturais, caracterizando o equilíbrio dinâmico natural, sem considerar as influências da sociedade em uma determinada área, nesta etapa do estudo foi avaliado os parâmetros inerentes a tal fragilidade, sendo, solos, declividade e erosividade.

Os mapeamentos da fragilidade dos solos são importantes no que se refere ao entendimento do potencial à erodibilidade do solo de acordo com suas características físicas em relação aos climáticos. O mapa das classes de solo e sua hierarquização associado ao de declividade mais o de erosividade vão resultar na fragilidade potencial da BHFRC.

Os solos da BHFRC representam que 68,83% estão incluídos na classe de fragilidade Média, com 31,17% estão os solos classificados como Baixa conforme ponderado na metodologia as classes da fragilidade da BHFRC de solos foram alteradas, conforme Tabela 4. A área ocupada pelo Latossolo Vermelho Distrófico típico álico é de 104,3 km², representando 68,83%, localizando-se nas bordas Leste e Oeste da bacia, já ao centro, por onde o canal de drenagem principal escoa está localizado o Latossolo Vermelho Distroférrico com 47,23 km² e 31,17%.

Tabela 4 – Níveis hierárquicos de classes de Fragilidade em relação aos solos da Bacia Hidrográfica da UHE Foz do Rio Claro.

Classe de Fragilidade	Classes de Solo	Área		Código/ Atributo
		Km²	%	
Baixa	Latossolo Vermelho Distroférrico (LVdf)	47,23	31,17	2
Média	Latossolo Vermelho Distrófico típico álico (LVd)	104,3	68,83	3

Adaptado conforme Ross (1994)

Na BHFRC os tipos de solos foram oriundos da decomposição das rochas basálticas, e das rochas areníticas da formação Vale do Rio do Peixe, ocasionando dois tipos de solos distintos, um pela associação de ambas as formações, sendo o Latossolo Vermelho Distrófico típico álico, que contém grandes quantidades de areia oriundas da formação Vale do Rio do Peixe. O outro em menores porções, sendo o Latossolo Vermelho Distroférrico, originário excepcionalmente da formação Serra Geral.

Em trabalhos de fragilidade ambiental, a declividade é uma das variáveis principais, pois os processos erosivos hídricos podem ser acelerados a partir do grau de inclinação da vertente do terreno associados a outros fatores. A partir dos dados de declividade (Tabela 5) foi possível identificar as áreas de abrangência de cada classe, sendo que a classe mais expressiva foi a de 3 a 8%, representada por 53,87% da área total, classificada como de fragilidade Baixa, seguida da classe de 0 a 3% com 41%, constituindo Muito Baixa. As demais classes de fragilidade Média, Alta e Muito Alta ficaram com 3,83%, 0,47% e 0,01 respectivamente.

Tabela 5 – Níveis hierárquicos de classes de fragilidade em relação a declividade da Bacia Hidrográfica da UHE Foz do Rio Claro.

Classe de Fragilidade	**Declividade (%)**	**Área**		**Código/Atributo**
		Km²	**%**	
Muito Baixa	0 a 3	63,40	41,83%	1
Baixa	3 a 8	81,65	53,87%	2
Média	8 a 13	5,80	3,83%	3
Alta	13 a 20	0,72	0,47%	4
Muito Alta	> 20	0,01	0,01%	5

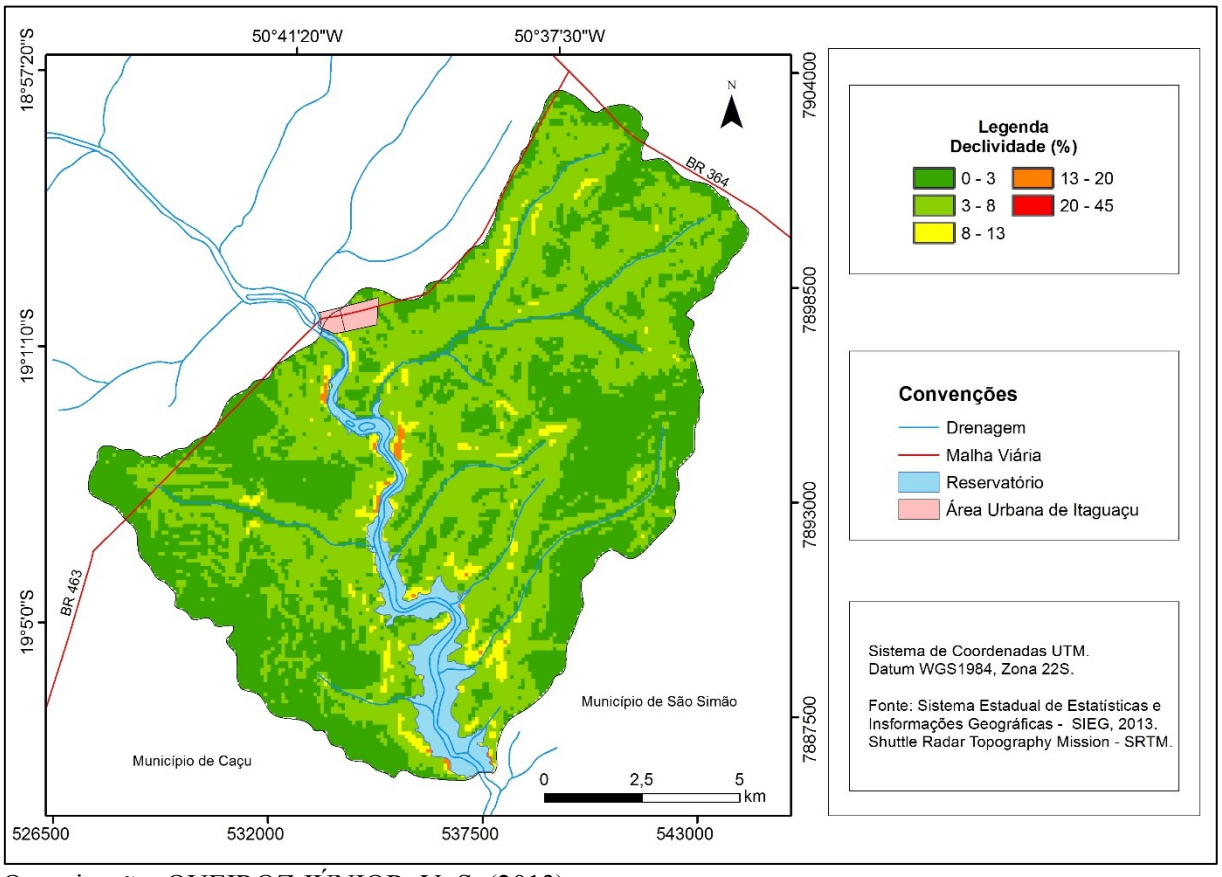
Adaptado de Ramalho Filho e Beek (1995).

As áreas com declividades menos expressivas, foi de 13 a 20% e 20 a 45% e ficaram representadas por extensões pontuais, as quais foram cobertas pelas águas do reservatório da UHE Foz do Rio Claro e algumas às suas margens, conforme Mapa 5.

De acordo com Ramalho Filho e Beek (1995), as áreas com declividades inferiores a 20% são consideradas as mais aptas para utilização agrícola, visto que, a suscetibilidade à erosão e o impedimento à mecanização (considerando as condições de solo) apresentam graus de limitação que variam de nulo a forte. Para declives superiores a 20% a restrição de uso aumenta consideravelmente. Sendo que, áreas com declives entre 20% a 45%, quando cultivadas, apresentam alta suscetibilidade à erosão e, consequentemente, o controle da mesma se torna muito dispendioso. Para declives maiores que 45% as terras são consideradas inaptas para o uso agrícola.

Ao se analisar a declividade, verifica-se que a montante no reservatório, existem áreas com declive superior a 20% que precisam de certos cuidados, pois poderá acelerar o processo de erosão conforme os índices de erosividade e erodibilidade do solo.

Mapa 5 – Declividade da Bacia Hidrográfica da UHE Foz do Rio Claro.



Organização: QUEIROZ JÚNIOR, V. S. (2013).

Em relação à precipitação, para a área da Bacia hidrográfica da UHE Foz do Rio Claro, entre o ano de 1977 a 2009 observou-se índices pluviométricos médios aproximados de 1460 mm anuais (Apêndice A), de 2009 a 2011 a média foi de 1335 mm (Apêndice B), sendo os meses mais representativos de outubro a abril, representando o período de safra da região.

A erosividade é uma variável diretamente proporcional aos índices pluviométricas terá uma maior perda de solos no período chuvoso, de outubro a abril para a BHFRC, meses que obteve-se médias mensais superiores a 80 mm (Apêndice C).

Os resultados de erosividades obtidos a partir dos dados pluviométricos das estações da ANA, resultaram em erosividades médias em torno de 810,36 t mm ha -1 ano -1. O valor mínimo foi de 582,81 t mm ha $^{-1}$ ano $^{-1}$ para a estação Itarumã (Apêndice D), única que obteve estimativa da classe de fragilidade Média (3) e chegando ao máximo de 932,49 t mm ha $^{-1}$ ano $^{-1}$ para a estação de Quirinópolis, ambas as erosividades para o período de 2010 a 2011. As demais classes ficaram acima de 750 t mm ha $^{-1}$ ano $^{-1}$, valores considerados conforme metodologia de Carvalho (2008) classe de erosividade Alta (4) (Tabela 6), representando entre 750 < R < 1000. Silva (2008), Cabral et al. (2011), Rocha e Cabral (2011)

do mesmo modo constataram em seus estudos situações semelhantes as suas classes de erosividades, ambas as áreas situadas a montante da BHFRC.

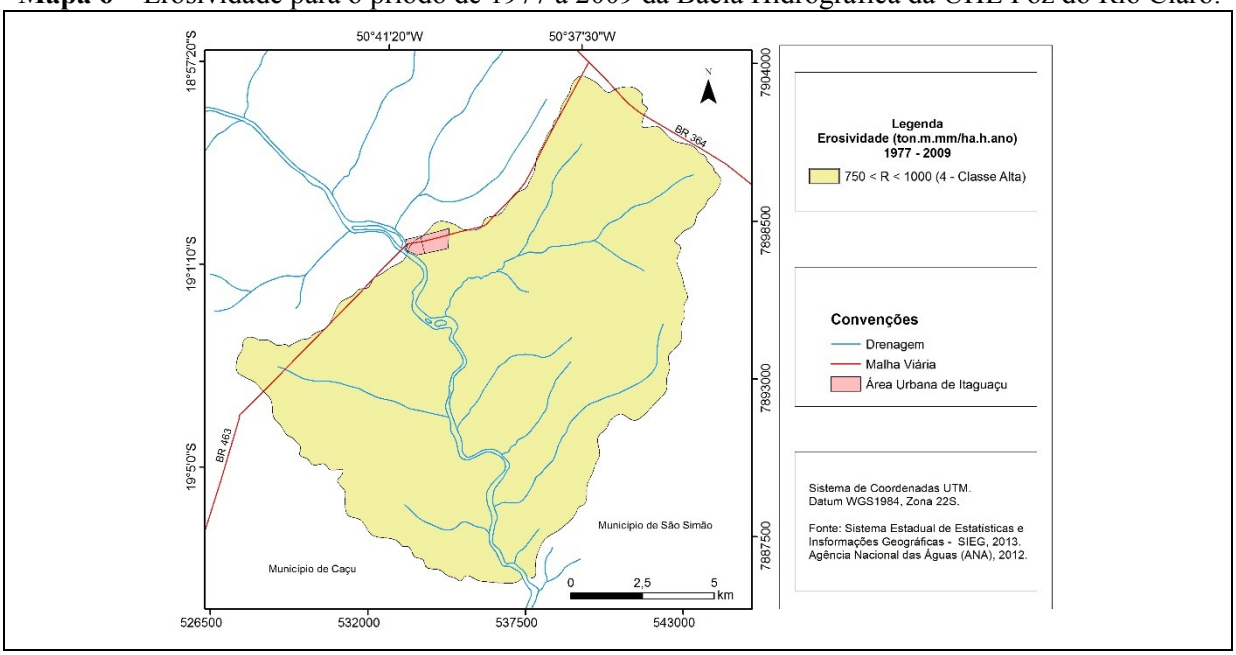
Tabela 6 – Estações pluviométricas e o grau de erosividade de acordo com Carvalho (2008) da Bacia Hidrográfica da UHE Foz do Rio Claro.

Estação	Município	Longitude	Latitude	Altitude (m)	Precipitação (mm) de 1977 a 2009	Erosividade	Precipitação (mm) de 2010 a 2011	Erosividade	Código/ Atributo
Quirinópolis	Quirinópolis	7955527	550673	443	1434,5	797,2	1577,8	932,4	4
Pombal	Jataí	7999781	448153	645	1603,7	849,8	1512,2	885,7	4
Itarumã	Itarumã	7925686	464164	424	1556,1	835,2	934,7	582,8	3
Cacho. Alta	Cachoeira Alta	7909157	515743	440	1456,8	786,7	1329,7	812,8	4

Fonte: Agencia Nacional da Águas (2013).

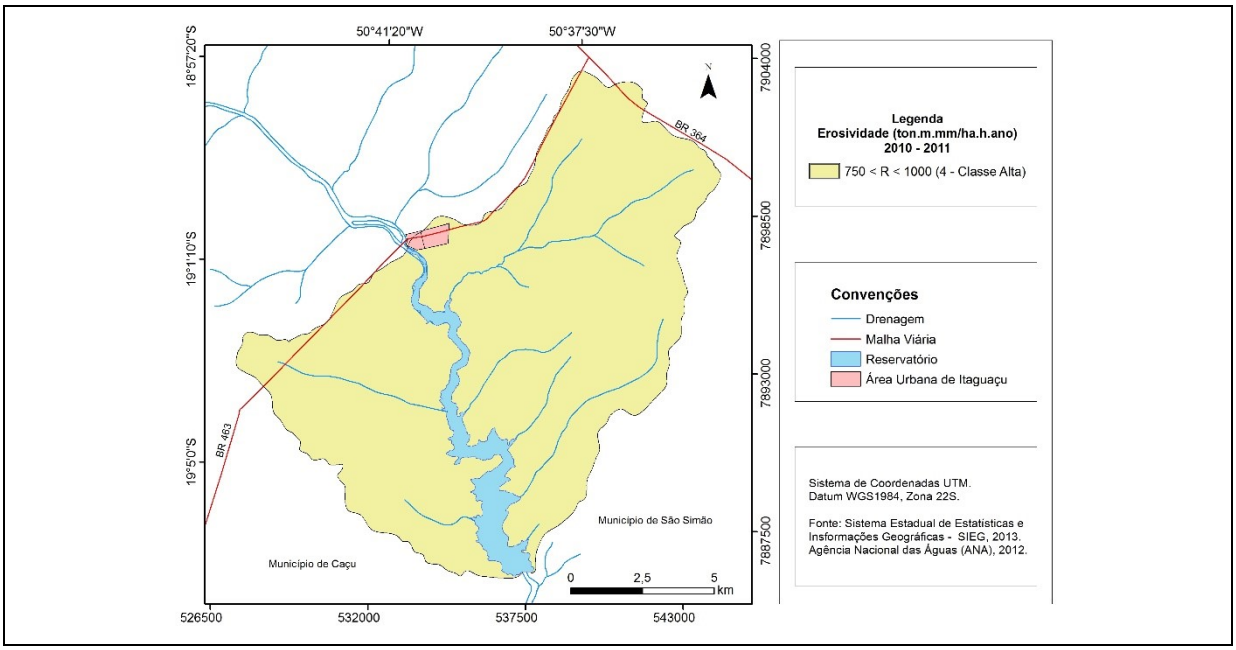
A partir da espacialização dos dados de erosividade obteve-se apenas a classe Alta (4) para os dois períodos analisados da BHFRC conforme Mapa 6 e Mapa 7, diferindo apenas a construção do reservatório, isso se deve a sua pequena área em questão, não havendo variabilidade expressiva das chuvas em relação a localização das estações pluviométricas que estão fora dos limites, generalizando os resultados de erosividade.

Mapa 6 – Erosividade para o príodo de 1977 a 2009 da Bacia Hidrográfica da UHE Foz do Rio Claro.



Erosividade de 1977 a 2009 segundo Carvalho 1994.
Fonte: QUEIROZ JÚNIOR, V. S. (2013).

Mapa 7 – Erosividade para o príodo de 2010 a 2011 da Bacia Hidrográfica da UHE Foz do Rio Claro.



Erosividade de 2010 a 2011 segundo Carvalho 1994.
Fonte: QUEIROZ JÚNIOR, V. S. (2013).

A partir da intersecção das referidas bases ponderadas e organizadas, como: Tipos de Solo, Declividade e Erosividade obteve-se a Fragilidade Potencial dos períodos analisados, de 1977 a 2009 e 2010 a 2011.

A fragilidade potencial para ambos os períodos chegou a classificação de três classes diferentes, sendo a Baixa (2), Média (3) e a Alta (4). Sendo que, de um período para o outro não teve mudança expressiva, conforme Tabela 7. A classe Baixa de 1977 a 2009 para 2010 a 2011 teve um aumento de 3,10%, na respectiva a área preenchida pela construção do reservatório. A classe média teve uma redução de 3,10%, referente ao fato citado anteriormente, a classe Alta (4) não houve alteração.

Tabela 7 – Classes de Fragilidade Potencial para os anos de 2009 e 2011 da Bacia Hidrográfica da UHE Foz do Rio Claro.

	Área 2009		**Área 2011**		**Código/**
Fragilidade Potencial	**Km²**	**%**	**Km²**	**%**	**Atributo**
Baixa	15,07	9,95	19,77	13,05	2
Média	136,31	89,97	131,62	86,88	3
Alta	0,12	0,08	0,12	0,08	4
Total	151,50	100,00	151,50	100,00	-

Fonte: QUEIROZ JÚNIOR, V. S. (2013).

A partir do Mapa 8 A, observa a Fragilidade Potencial de 2009, onde, a Classe Baixa (2) está situada na parte Noroeste e na parte Sudoeste da bacia, áreas onde é encontrado o tipo de solo Latossolo Vermelho Distroférrico associado a declives de 0% a 3%.

A Classe Média (2) ocorre em quase toda a BHFRC, nas faixas onde há solos Latossolo Vermelho Distroférrico associados às classes de declividade 3% a 8%, 8 a 13%, igualmente nas áreas que apresentam declives de 0% a 3%, 3% a 8%, 8 a 13% porém associados aos Latossolo Vermelho Distrófico típico álico, dado a sua maior erodibilidade. A Classe Alta (4) está situada onde há a declividade de 20% a 45% e sobre o último solo citado.

Para a Fragilidade Potencial do período de 2010 a 2011 para BHFRC não houve alteração significativa, representado apenas pela construção do reservatório, onde sob o mesmo surgiu apenas a classe Baixa (2), conforme Mapa 8 B.

5.2 Fragilidade Emergente

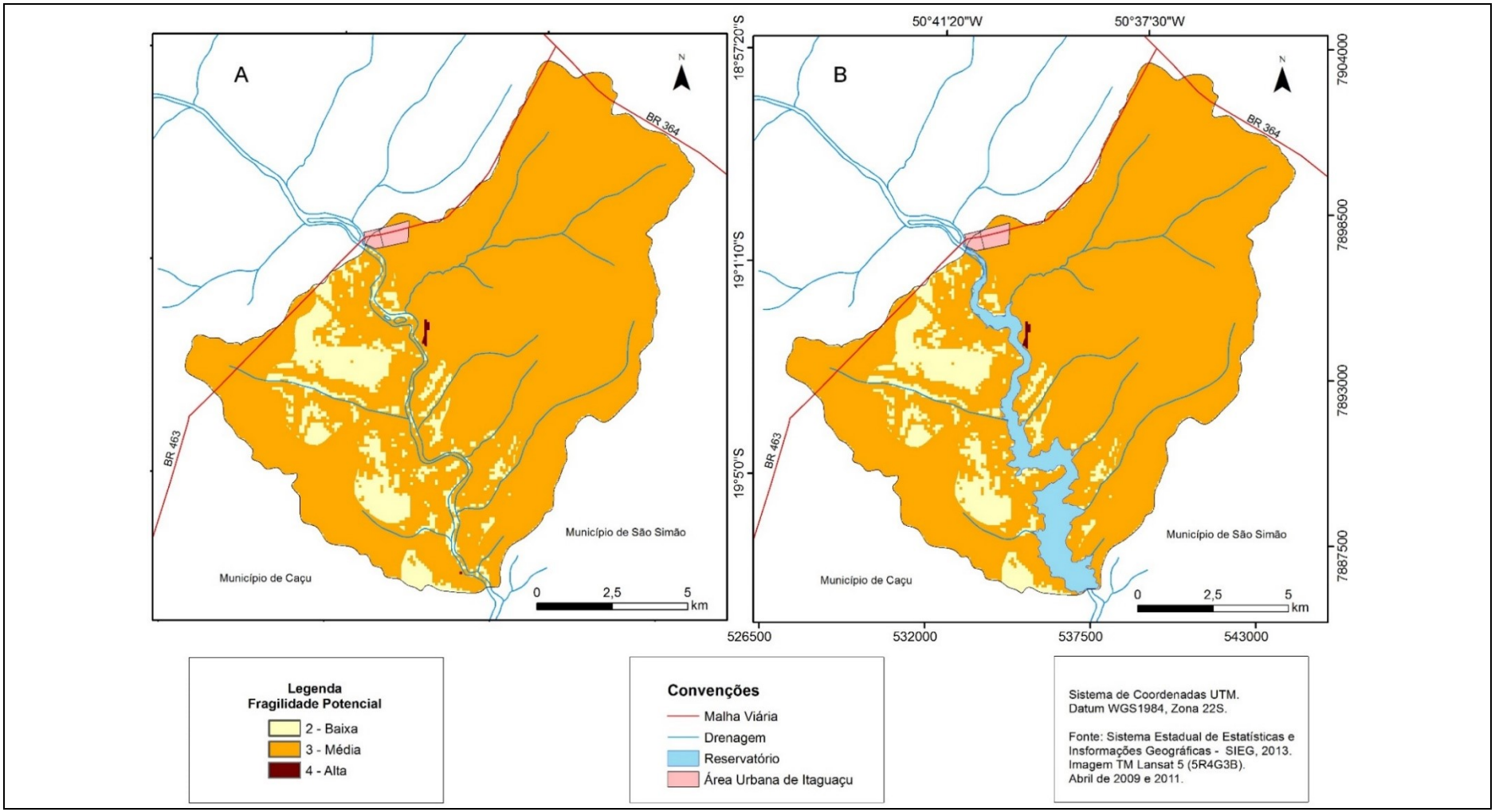
A Fragilidade Emergente pondera de forma integrada os elementos físicos (tipo de solo, declividade e erosividade) sintetizados pela Fragilidade Potencial e os antrópicos que é representado pelo uso da terra, exercidas na área de estudo, permitindo avaliar de forma holística sobre as potencialidades do meio ambiente.

Cada tipo do uso da terra vai representar a capacidade de proteção do solo, fator determinante para a fragilidade emergente, pois, a partir deste o ambiente vai expressar a sua fragilidade em detrimento do uso do espaço, empregado pelo homem. Este grau de proteção neste estudo para os dois anos, de 2009 e o outro de 2011.

Na área de estudo a partir da interpretação da imagem TM-Landsat 5 encontra-se feições florestais de Cerrado e Cerradão representados por Reservas Legais e em menores extensões as margens dos canais fluviais, quanto aos usos são representados por pastagens e culturas anuais, os demais espaços são representados por solo descoberto (grande parte estão preparados para o cultivo), água em pequenas represas, na área de drenagem do Rio Claro para 2009 e para 2011 o reservatório da UHE e por último a área urbana do distrito de Itaguaçu.

O mapeamento sobre o uso da terra auxilia na compreensão dos processos de evolução de uma determinada área em escala temporal, no caso em questão de uma bacia hidrográfica, buscando as alterações ocorridas após a construção do reservatório da UHE Foz do Rio Claro. Desta forma o mapeamento do uso da terra foi executado para os anos de 2009 e 2011.

Mapa 8 – Fragilidade Potencial para os anos de 2009 (A) e 2009 (B) da Bacia Hidrográfica da UHE Foz do Rio Claro.



(A) Fragilidade Potencial do ano de 2009. (B) Fragilidade Potencial do ano de 2011.
Fonte: QUEIROZ JÚNIOR, V. S. (2013).

A partir do mapeamento foi possível observar que do ano de 2009 (Mapa 9 A) para 2011 houve um aumento de 3,98% de água (Tabela 8), representado de pelo reservatório na parte central da bacia.

Tabela 8 – Uso da terra e seus graus de proteção para os anos de 2009 e 2011 da Bacia Hidrográfica da UHE Foz do Rio Claro.

Uso da terra	Grau de Proteção	Área 2009		Área 2011		Código/ Atributo
		Km²	%	Km²	%	
Água	M. Alto	2,19	1,44%	8,21	5,42%	1
Cerradão	Alto	8,34	5,50%	3,28	2,16%	2
Cerrado	Alto	15,11	9,97%	12,27	8,10%	2
Pastagem	Média	109,01	71,96%	108,76	71,80%	3
Cultura	Baixo	4,41	2,91%	14,45	9,54%	4
Área urbana	M. Baixo	0,57	0,38%	0,57	0,35%	5
Solo descoberto	M. Baixo	11,87	7,84%	3,98	2,63%	5
Total	-	151,50	100%	151,50	100%	-

Fonte: QUEIROZ JÚNIOR, V. S. (2013).

Para as áreas de vegetação (Cerrado e Cerradão) ocorreu redução de 5,21%, nas áreas ocupado principalmente por água (Fotografia 1) e em pequenas porções por pastagem distribuídos por toda a bacia.

Fotografia 1 – Vegetação submergida dentro do Reservatório da UHE Foz do Rio Claro.

Fonte: WACHHOLZ, F. (2012).

Para ás áreas de pastagem, estas não sofreram modificações significativas, sendo apenas 0,15%, situadas por pequenas porções ocupadas pela água do reservatório, a área mais significativa foi ao Sudeste, representada pela ocupação da cultura.

As áreas de culturas (Mapa 9 B) sofreram um aumento, com cerca de 6,63% principalmente na porção Sudeste e em pequenas partes a Nordeste e Noroeste, representadas principalmente pelo cultivo da cana-de-açúcar (Fotografia 2).

Fotografia 2 – Cultura da Cana-de-açúcar, inserida na UHE Foz do Rio Claro.

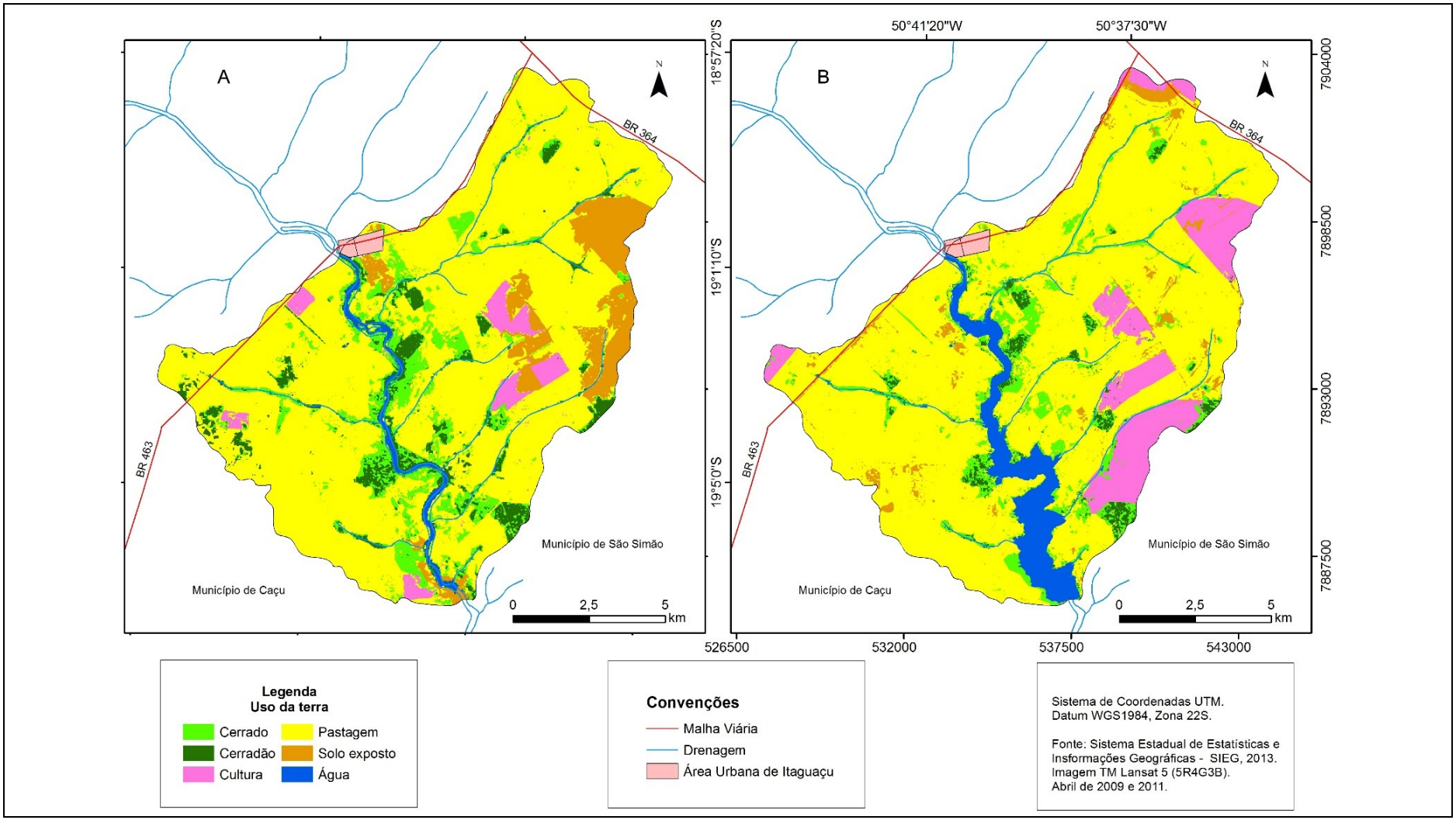
Fonte: WACHHOLZ, F. (2012).

Por último as áreas com solo descoberto tiveram redução de 5,21% sendo ocupadas por culturas e o restante aguardando o início da safra, chegando a um percentual de 2,63% que é praticamente todo destinado para agricultura.

Após a intersecção da fragilidade potencial com o uso da terra representando o grau de proteção da bacia, obteve-se a fragilidade emergente dos anos de 2009 e 2011 e que ambas obtiveram apenas as classes Baixa (2), Média (3) e Alta (4).

Para o ano de 2009 a classe de fragilidade emergente mais expressiva (Tabela 9) foi a Média (3) representando 64,67%, correspondendo as áreas com solos do tipo Latossolo Vermelho Distrófico típico álico e na maior parte com declives de 3% a 8% de uso representado pela pastagem.

Mapa 9 – Uso da terra e cobertura vegetal para os anos de 2009 (A) e 2011 (B) da Bacia Hidrográfica da UHE Foz do Rio Claro.



(A) Uso da terra do ano de 2009. (B) Uso da terra do ano de 2011.
Fonte: QUEIROZ JÚNIOR, V. S. (2013).

Igualmente nas áreas que contém vegetação, porém, com declividade superior a 13% foi localizada tal classe. Para o ano de 2011 houve uma redução de 1% da referida classe, não sendo alteração significante para os dois períodos analisados.

Tabela 9 – Classes de Fragilidade Emergente para os anos de 2009 e 2011 da Bacia Hidrográfica da UHE Foz do Rio Claro.

Fragilidade Emergente	**Área 2009**		**Área 2011**		**Código/ Atributo**
	Km²	**%**	**Km²**	**%**	
Baixa	37,11	24,50%	36,25	23,93%	2
Média	97,98	64,67%	96,46	63,67%	3
Alta	16,41	10,83%	18,79	12,40%	4
Total	151,50	100,00%	151,50	100,00%	-

Fonte: QUEIROZ JÚNIOR, V. S. (2013).

A classe Baixa (2) de fragilidade emergente mais expressiva para o ano de 2009 foi a, representada nas áreas de vegetação com 24,50%, onde os fatores como tipo de solo, declividade tiveram influência mínima para tal resultado, ou seja, onde há o solo com maior fragilidade e declives até 13%, porém, com vegetação, esta área foi classificada com a referida classe de fragilidade. Para esta classe houve redução de um ano para o outro, sendo de 0,57%.

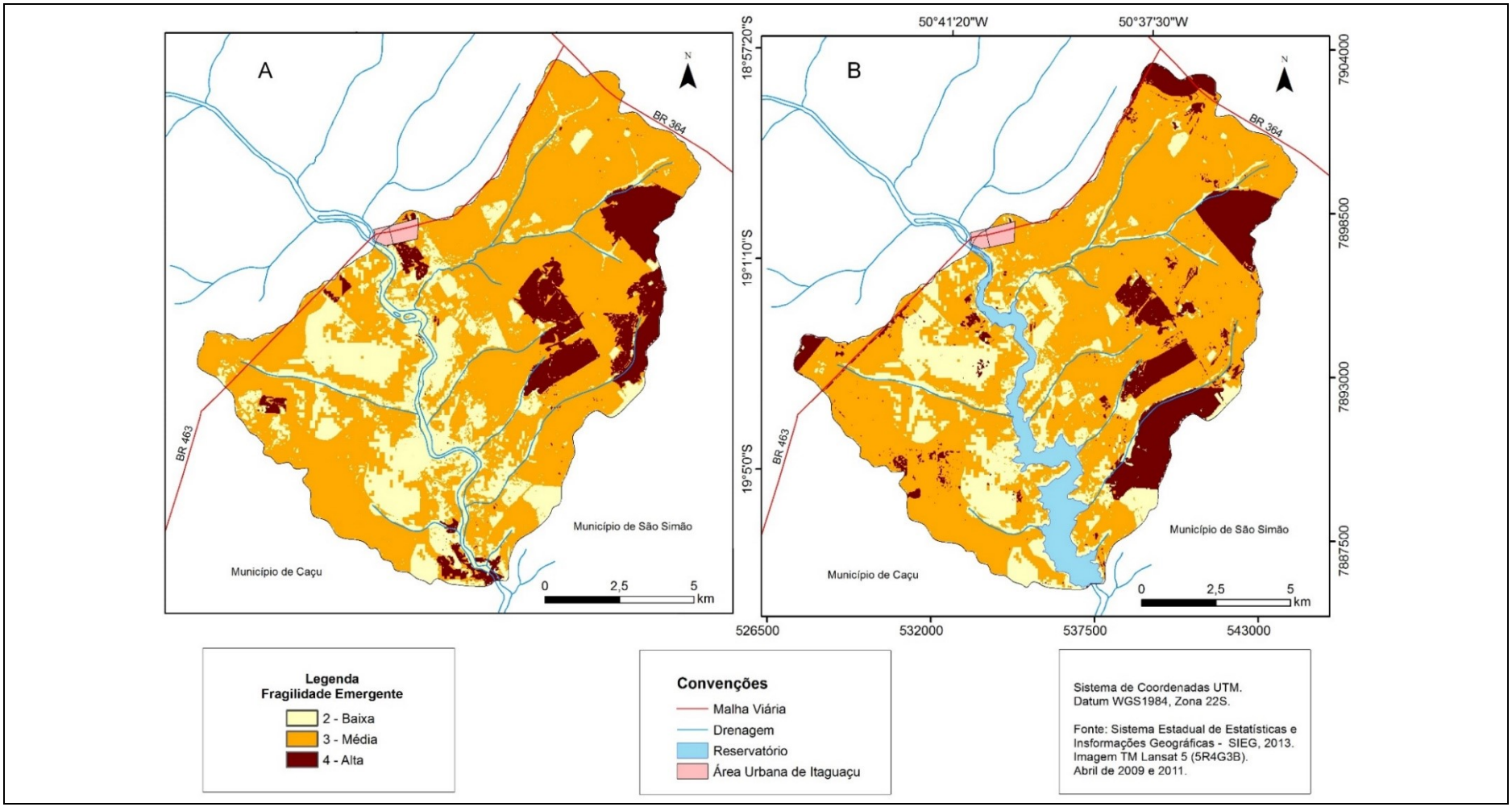
A classe Alta (4) representada pelas menores áreas, estão situadas onde há presença de agricultura, solo descoberto, área urbana e as vias desde as pavimentadas e as não, com área total de 10,83%.

A declividade e o tipo de solo não tiveram influência significativa, sendo que, em áreas com declive de no máximo de 8% e independente do solo encontrado na bacia esta classe está localizada sobre tal lugar. Esta classe no ano de 2011 teve um ganho de 1,57%, resultante das novas áreas de culturas e solos descobertos por toda bacia resultando a diminuição das outras classes.

A distribuição das três classes encontradas na BHFRC do ano de 2009 estão da seguinte forma: a classe com maior área total é a Média e está distribuída por toda a bacia (Mapa 10 A), já a classe Baixa está mais ao Centro-Sul e em pontos a Nordeste e a Noroeste. A classe Alta está a Leste e em pequenas porções ao Norte, Sul e Oeste.

A fragilidade Emergente do ano de 2011 (Mapa 10) como já ponderado, alterou-se apenas nas novas áreas de cultivo de culturas agrícolas, ao Sudeste, Nordeste, Noroeste e em lugares pontuais de solo descoberto.

Mapa 10 – Fragilidade Emergente para os anos de 2009 (A) e 2011 (B) da Bacia Hidrográfica da UHE Foz do Rio Claro.



(A) Fragilidade Emergente do ano de 2009. (B) Fragilidade Emergente do ano de 2011.
Fonte: QUEIROZ JÚNIOR, V. S. (2013).

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em relação aos termos físicos analisados da Bacia Hidrográfica da Usina Hidrelétrica Foz do Rio Claro, foi possível identificar os índices pluviométricos médios de 1977 a 2011 de 1474,11, sendo um valor elevado, demostrando os altos níveis de erosividade dentro da classe Alta conforme metodologia de Carvalho (1994). Para a declividade, as classes mais evidentes são de 0% a 3% e 3% a 8%.

A análise do uso do solo para os dois períodos, 2009 e 2011 proporcionou a compreensão da dinâmica de ocupação da Bacia Hidrográfica da Usina Hidrelétrica Foz do Rio Claro após a construção da referida hidrelétrica. Evidenciando que ao longo desse período esta bacia está submetida pelo uso principal de atividade de pecuária extensiva e que gradativamente está sendo substituída por agricultura, principalmente da cana-de-açúcar.

Em números, pode se dizer que a agricultura teve um aumento de 6,63%, chegando a um total de 9,54%. Vale ressaltar que grande parte do solo descoberto é destinada para a agricultura, chegando ao total de 12,17% destinado para os cultivos agrícolas.

As áreas com vegetação obtiveram redução de 5,21%do ano de 2009 a 2011, onde são ocupadas principalmente pelas águas do reservatório então construído e em pequenas partes por pastagem.

As áreas de fragilidade potencial de 2009 para 2011, alterou-se de forma mínima, pois, a classe Baixa aumentou 3,10% enquanto a Média teve a redução do mesmo percentual. Para a fragilidade Emergente, a classe Baixa e a Média tiveram redução de 0,57% e 1,00% respectivamente, enquanto a classe Alta apresentou aumento de 1,57%.

Dado ao curto período analisado os resultados não foram representativos, desta forma, ao longo dos próximos anos é possível que a fragilidade emergente apresente aumento, devido ao ampliação das culturas de cana de açúcar na região.

A construção do reservatório não influenciou de forma intensa a fragilidade ambiental da área, pois, a partir de então na área foi substituído a classe Média para a Baixa. Deste modo, o que influenciou a fragilidade ambiental da Bacia Hidrográfica da Usina Hidrelétrica Foz do Rio Claro, transformando áreas de fragilidade ambiental emergente Média para Alta foi a agricultura, que aumentou de 2009 para 2011.

Em relação à metodologia utilizada para a determinação da fragilidade ambiental de acordo com a proposta por Ross (1994), baseado nos índices de declividade, esta atendeu com eficácia as necessidades do estudo para a área em questão, permitindo tanto a compreensão das fragilidades, quanto das ações antrópicas após a construção do reservatório, representadas pelo

uso da terra, indicando os espaços onde têm maior fragilidade emergente devido as áreas de agricultura e solo descoberto.

REFERÊNCIAS

ALVES, R. E. **Caracterização da Fisionomia da Paisagem a Partir da Fragilidade Ambiental da Bacia Hidrográfica do Ribeirão da Picada, Jataí/Go**. Dissertação de Mestrado (Geografia) Coordenação de Geografia. Jataí, Goiás (2012).

ANA – Agencia Nacional das Águas. Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH) - Estações da ANA. Disponivel em: <http://www.ana.gov.br/PortalSuporte/frmSelecaoEstacao.aspx>. Acesso em: 23 de nov. 2013.

BERNADO, N. M. R. **Análise de Fragilidade Ambiental com Técnicas de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto Aplicadas aos Município de Petrópolis e Teresópolis, Rio de Janeiro**. Monografia (Engenharia Ambiental) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, UTFPR. Londrina, 2013.

BERTONI, J. C. e LOMBARDI NETO, J. **Conservação do solo**. 5 ed. São Paulo – SP: Ícone. 2005

BOTELHO, R. G. M. Planejamento ambiental em microbacia hidrográfica. In: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A.S.da S.; BOTELHO, R.G.M. (Org.). **Erosão e conservação dos solos:** conceitos, temas e aplicações. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999. p. 269-299.

BRASIL. Constituição (1988), Art 225. **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF: Senado, 1988.

BRASIL. Lei Federal nº 8.171, de 17 de janeiro de 1991. Dispõe sobre a política agrícola. Disponível em: <http://www.adagri.ce.gov.br/Docs/federal/lei8171_17011991.pdf>. Acesso em: 20 de jul. 2013.

CABRAL, J. B. P. et al. Mapeamento da fragilidade ambiental da bacia hidrográfica do Rio Doce (GO), utilizando técnicas de geoprocessamento. **GeoFocus (Artículos),** nº 11, p. 51-69. ISSN: 1578-5157.

CÂMARA, G.; DAVIS.C.; MONTEIRO, A.M**. Introdução à Ciência da Geoinformação**. São José dos Campos, Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE), 2001 (on-line, 2a. edição, revista e ampliada). Disponível em: <http://mtc-m12.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/sergio/2004/04.22.07.43/doc/publicacao.pdf>. Acesso em: 10 de jul. de 2013.

CARVALHO, A. P. V., BRUMATTI, D. V.. DIAS H. C. T. Importância do Manejo da Bacia Hidrográfica e da Determinação de Processos Hidrológicos. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável (RBAS)**. Viçosa, MG. v.2, n.2., p.148-156, Dezembro, 2012. Disponível em: <http://www.rbas.com.br/pdf/revista_4_artigo_101.pdf>. Acesso em: 27 de dez. 2013.

CARVALHO, N. O. **Hidrossedimentologia prática**. 2. ed., rev., atual. e ampliada. Rio de Janeiro: Interciência, 2008.

CHRISTOFOLETTI, A. **Analise de Sistemas em geografia**. Ed. Hucitec – USP. São Paulo, 1979.

COSTA, F. H. dos S.; SOUZA FILHO, C. R. de.; RISSO A. Modelagem espaço-temporal da erosão e potencial contaminação de Arsênio e Chumbo na bacia hidrográfica do rio Ribeira de Iguape (SP). **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo – SP, v. 39. n. 2. P. 338-349. Junho de 2009. Disponível em: <http://www.dcs.ufla.br/site/_adm/upload/file/pdf/Prof%20Marx/Aula%205/Outro%20art%20interesse/Costa%20et%20al_EUPS_As_Pb.pdf>. Acesso em: 23 de out. 2013.

CREPANI, E.; MEDEIROS, J.S.; AZEVEDO, L.G.; DUARTE, V.; HERNANDEZ, P.; FLORENZANO, T; BARBOSA, C. (2001) "Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento Aplicados ao Zoneamento Ecológico-Econômico e ao Ordenamento Territorial". INPE, São José dos Campos, SP.

CUNHA, S.B; GUERRA, A.J.T. Degradação Ambiental. In: GUERRA, A.J.T., CUNHA, S.B. **Geomorfologia e Meio Ambiente**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. 2010. 9ed.

EIBH - **Estudo Integrado de Bacias Hidrográficas do Sudoeste Goiano**, Goiânia, 2005. CD-ROM.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** Editores Técnicos, Humberto Gonçalves dos Santos et al.. Rio de Janeiro - RJ: Embrapa Solos. 2006.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Brasil em Relevo**, **Monitoramento por Satélite**. Disponível em: <http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br/index.htm>. Acesso em: 01 mar. 2013

Environmental Systems Research Institute, software ArcGis Map 10.1, sob Licença de número: EFL913687012, do Laboratório de Geoinformação da Universidade Federal de Goiás – Campus Jataí.

FERNANDES, L.A. Mapa litoestratigráfico da parte oriental da bacia Bauru (PR, SP, MG), escala 1:1.000.000. In: **Boletim Paranaense de Geociências**, N55. 53-66p. 2004.

FOZ DO RIO CLARO S/A. Caracterização da Usina de Foz do Rio Claro. Disponível em: <http://www.fozrioclaro.com.br/fozdorioclaro/web/conteudo_pti.asp?idioma=0&conta=45&tipo=36877&v=2>. Acesso em: 15 de dez 2013.

GONTIJO, A. A. ROSA, R. Geoprocessamento aplicado ao levantamento do uso da terra e cobertura vegetal da bacia do Ribeirão Piçarrão no município de Araguari/MG. In: XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR. **Anais...** Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 13 a 18 de abril de 2013, INPE

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Projeto Radambrasil**. Ministério das Minas e Energia. Secretária geral. Levantamento de Recursos hídricos. Folha SE 22 – Goiânia. V31. Geologia, geomorfologia, pedologia. Rio de Janeiro. 1983.

KAWAKUBO, Fernando Shinji et.al. Caracterização empírica da fragilidade ambiental utilizando geoprocessamento. In: XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. **Anais...** Goiânia, Goiás; 16-21 abril 2005, p. 2203-2210. Disponível em: <http://marte.dpi.inpe.br/col/ltid. inpe.br/sbsr/2004/11.19.16.10/doc/2203.pdf>. - acesso em 07 de julho de 2012.

KÖPPEN, W. **Climatologia con un studio de los climas de la tierra**. Buenos Aires, 1931. 320p.

LATRUBESSE, M. E; CARVALHO, T. M. Secretaria de Indústria e Comércio. Superintendência de Geologia e Mineração. **Mapa geomorfológico do estado de Goiás**: relatório final. Goiânia, 2005. Disponível em: <http://www.sieg.go.gov.br/downloads/geomorfologia.pdf>. Acesso em: 10 jan. 2013.

LIMA, A. M. **Relação clima e vegetação na área das bacias das usinas hidrelétricas de Barra dos Coqueiros e Caçu-GO**. Dissertação de Mestrado (Geografia). Jataí, Goiás (2013).

LUCAS, T. de P. B. et al.. O Efeito de Borda da Interpolação IQD em Mapas de Chuva: uma Comparação entre Malhas de Postos Pluviométricos. **REVISTA GEONORTE**, Manaus, AM. Edição Especial 2, V.2, N.5, p.1364 – 1376, 2012

MARIANO, Z. de F.; SANTOS, M. J. Z. dos.; SCOPEL. I. **A Importância das Chuvas Para a Produtividade da Soja Na Microrregião Do Sudoeste De Goiás (Go)**. Disponível em: <http://www.rc.unesp.br/igce/geografia/pos/downloads/2006/a_importancia.pdf>. Acesso em: 10 abr. 2012.

MARTINS, A. P. Análise da Fragilidade Ambiental e Suas Relações com o Uso Da Terra e Cobertura Vegetal no Município de Santa Helena de Goiás (GO). In: **XVI Encontro Nacional dos Geógrafos.** Porto Alegre, RS, Brasil, 25 a 31 de julho de 2010.

MARTINS, A. P. Bacia do Ribeirão Cachoeira de Cima, Itapagipe (MG): **Avaliação ambiental integrada a alternativas de uso**. Dissertação de Mestrado (Geografia) Instituto de Geografia da Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia, Minas Gerais (2009).

MORAGAS, W. M. **Análise do sistema ambientais do alto Rio Claro - Sudoeste de Goiás: Contribuição ao planejamento e gestão.** Rio Claro-SP, 2005. Tese (Doutorado em Geografia) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista/ Campus de Rio Claro.

NIMER, E. Climatologia da Região Centro-Oeste. In: **Climatologia do Brasil**. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 1989. p. 391-419.

NOVO. E. M. L. de M. **Sensoriamento Remoto**: Princípios e aplicações. 4.ª Ed. Revista. São Paulo – SP. 2010. P. 388.

NUNES, M. C. M; CASSOL, E. A. **Estimativa da Erodibilidade em Entres sulcos de Latossolos do Rio Grande do Sul.** Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v32nspe/30.pdf>. Acesso em: 30 nov. 2013.

PALMEIRA, A. F. **Técnicas De Sensoriamento Remoto E Geoprocessamento Aplicadas à Gestão do Território do Município de Paragominas (Estado Do Pará**). Dissertação de Mestrado (Sensoriamento remoto) Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE). São José dos Campos, São Paulo (2004).

PINHEIRO, L. S., CUNHA, C. M. L. Geração do fator topográfico (LS) da EUPS para modelagem erosiva de bacia hidrogáfica **In**: VI Seminário Latino-Americano de Geografia Física e II Seminário Ibero-Americano de Geografia Física, 2010. **Anais...** Coimbra - Portugal: Universidade de Coimbra.

RAMALHO FILHO, A.; BEEK, K. L. **Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras.** 3ª ed ver. – Rio de Janeiro: EMBRAPA – CNPS, 1995

RIBEIRO, D. D. **Agricultura "caificada" no Sudoeste de Goiás: do bônus econômico ao ônus sócio-ambiental.** 2005. 265 f. Tese (Doutorado em Ordenamento Territorial Ambiental) Niterói. – Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2005.

ROCHA, I. R., CABRAL, J. B. P. Uso de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento na análise da fragilidade ambiental da Bacia Hidrográfica da UHE Barra dos Coqueiros – GO. In: XIX SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA / VIII COMPEX, 2011, Goiânia. **Anais...** Universidade Federal de Goiás. Goiânia, GO, 2011.

ROCHA, J.S.M. Manual de projetos ambientais. Santa Maria: UFSM, 1997.

ROSS, J. L. S. ; Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados. In: **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo - SP n.8. FFLCH-USP, 1994 p.63-74.

ROSS, J. L. S. Geomorfologia aplicada aos IEAs-RIMAs IN: GUERRA, A. J. T. e CUNHA, S. B. da (Organizadores), **Geomorfologia e meio ambiente**. – Rio de Janeiro, Bertrand Brasil, 1998.

SANTOS, E. **Mapeamento da fragilidade ambiental da bacia hidrográfica do rio Jirau município de Dois Vizinhos Paraná.** Dissertação de Mestrado. (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal do Paraná, UFPR. Curitiba, 2005.

SANTOS, M. R. NÓBREGA, M. T. de. PAIVA, R. G. SILVEIRA, H. ANÁLISE DA FRAGILIDADE AMBIENTAL NO MUNICÍPIO DE TAMBOARA – PR: APLICAÇÃO E ESTUDO COMPARATIVO DE DUAS METODOLOGIAS. **Revista Eletrônica Geoambiente On-Line.** Jataí-GO, n.14jan-jun/2010. p. 93 - 120. Disponível em: <http://www.revistas.ufg.br/index.php/geoambiente/article/view/26003/14972>. Acesso em: 10 de ago. 2013.

SILVA L.C. Manejo de rios degradados: uma revisão conceitual. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.3, p.23-32, 2010. Disponível em: <http://www.revista.ufpe.br/rbgfe/index.php/revista/article/view/92/82>. Acesso em: 25 de dez. 2013.

SILVA, I. C. O. CABRAL, J. B. P. SCOPEL, I. Mapeamento da Fragilidade Ambiental da Bacia Hidrográfica do Córrego da Onça Em Jataí (GO), Utilizando Técnicas de Geoprocessamento. **Revista Eletrônica Geoambiente On-Line -** UFG**.** Jataí-GO, n.11, jul-dez/2008.p. 242 - 270. Disponível em: <http://www.revistas.ufg.br/index.php/geoambiente/article/view/25976/14945>. Acesso em: 10 de jul. 2013.

SILVA, V. A.; et al. A Utilização de Técnicas de Geoprocessamento para Modelagem de Cenários de Uso E Perda de Solo na Bacia Hidrográfica do Rio Colônia do Litoral Sul da Bahia (Brasil). In: VI Seminário Latino Americano de Geografia Física e II Seminário Ibero Americano de Geografia Física **Anais**... Coimbra, Portugal, 26 a 30 de maio de 2010.

SILVEIRA, C. T. da. OKA-FIORI, C. Análise Empírica da Fragilidade Potencial e Emergente da Bacia do Rio Cubatãozinho, Estado do Paraná. **Revista Caminhos De Geografia** – UFU. Uberlândia-MG, v. 8, n. 22 set/2007 p. 1 – 17. Disponível em:

<http://www.seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/15521/8789>. Acesso em: 10 de ago. 2013.

SOUZA, R. M. de. FORMIGA, K. T. M. VEIGA, A. M. Caracterização morfométrica e delimitação da bacia hidrográfica do Córrego Samambaia – GO a partir de dados do SRTM. http://www.dsr.inpe.br/sbsr2013/files/p0676.pdf. In: XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR. **Anais...** Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 13 a 18 de abril de 2013, INPE.

SPÖRL, C. CASTRO E. G. LUCHIARI. A. **Aplicação de Redes Neurais Artificiais na Construção de Modelos de Fragilidade Ambiental.** Disponível em: <http://citrus.uspnet.usp.br/rdg/ojs/index.php/rdg/article/viewFile/114/113>. Acesso em: 13 de dez. 2013. **Revista do Departamento de Geografia** – USP, Volume 21 (2011), p.113-135

SPÖRL, C. **Metodologia para elaboração de modelos de fragilidade ambiental utilizando redes neurais**. 185 f. 2007. Tese (Doutorado em Geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia. Universidade de São Paulo, São Paulo. 2007.

TRICART, J. (1977): **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: SUPREN/IBGE. 91 p.

TSANIS I.K. & GAD M.A. 2001. **A GIS Precipitation Method for Analysis of Storm Kinematic**. Environmental Modelling & Software, 16:273-281.

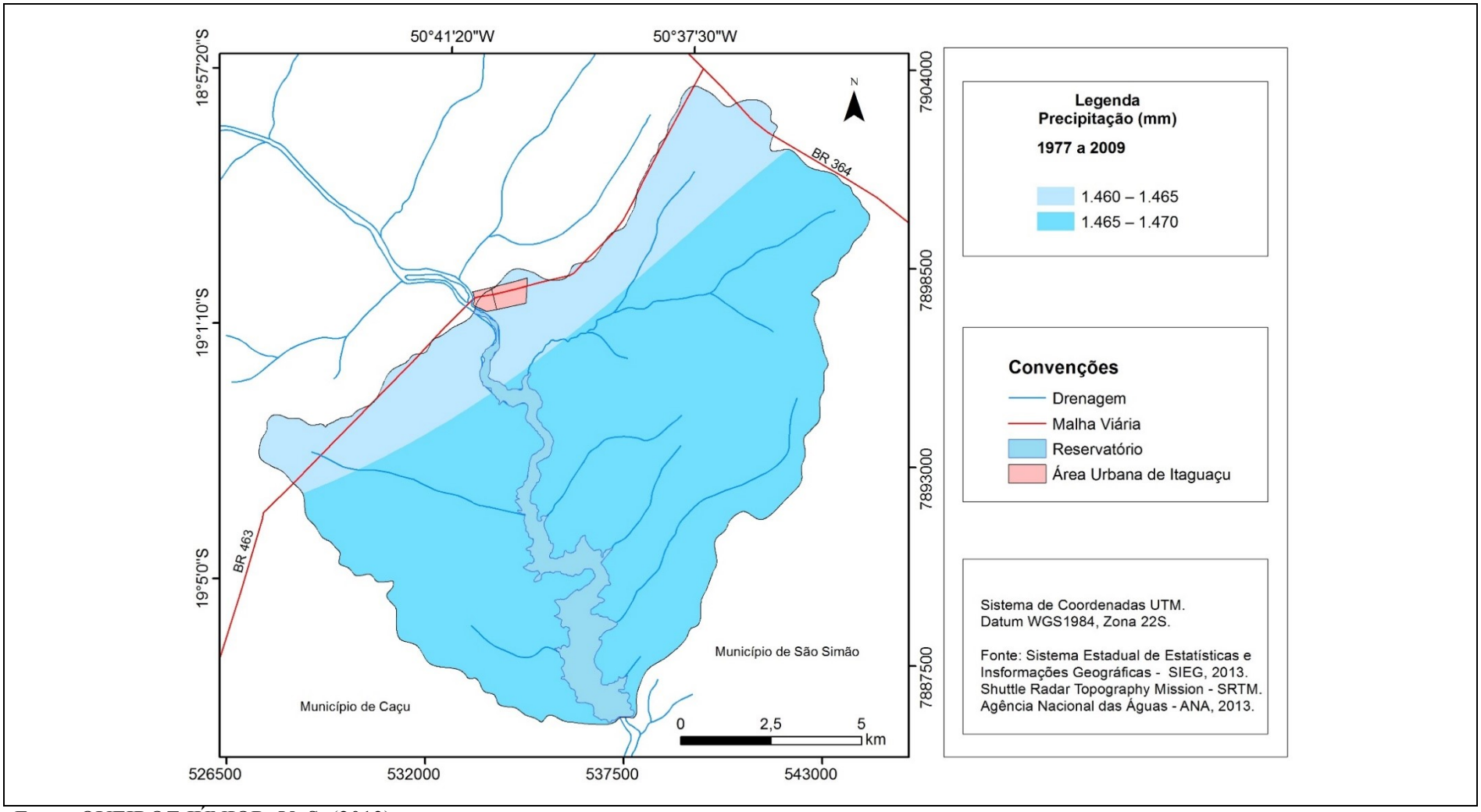
TUCCI, C. E. M. MENDES, C. A. **Avaliação ambiental integrada de bacia hidrográfica.** Ministério do Meio Ambiente / SQA. – Brasília: MMA, 2006. 302 p. Bibliografia ISBN 85-7738-047-5.

TUCCI, C. E. M.; (Org.). **Hidrologia: Ciência e Aplicação**. Editora da UFRGS e EDUSP, ABRH, 1993.

VOLTZ M. & WEBSTER R. 1990. **A comparison of kriging, cubic splines and classification for predicting soil properties from sample information**. J. Soil Sci., 41:473-490.

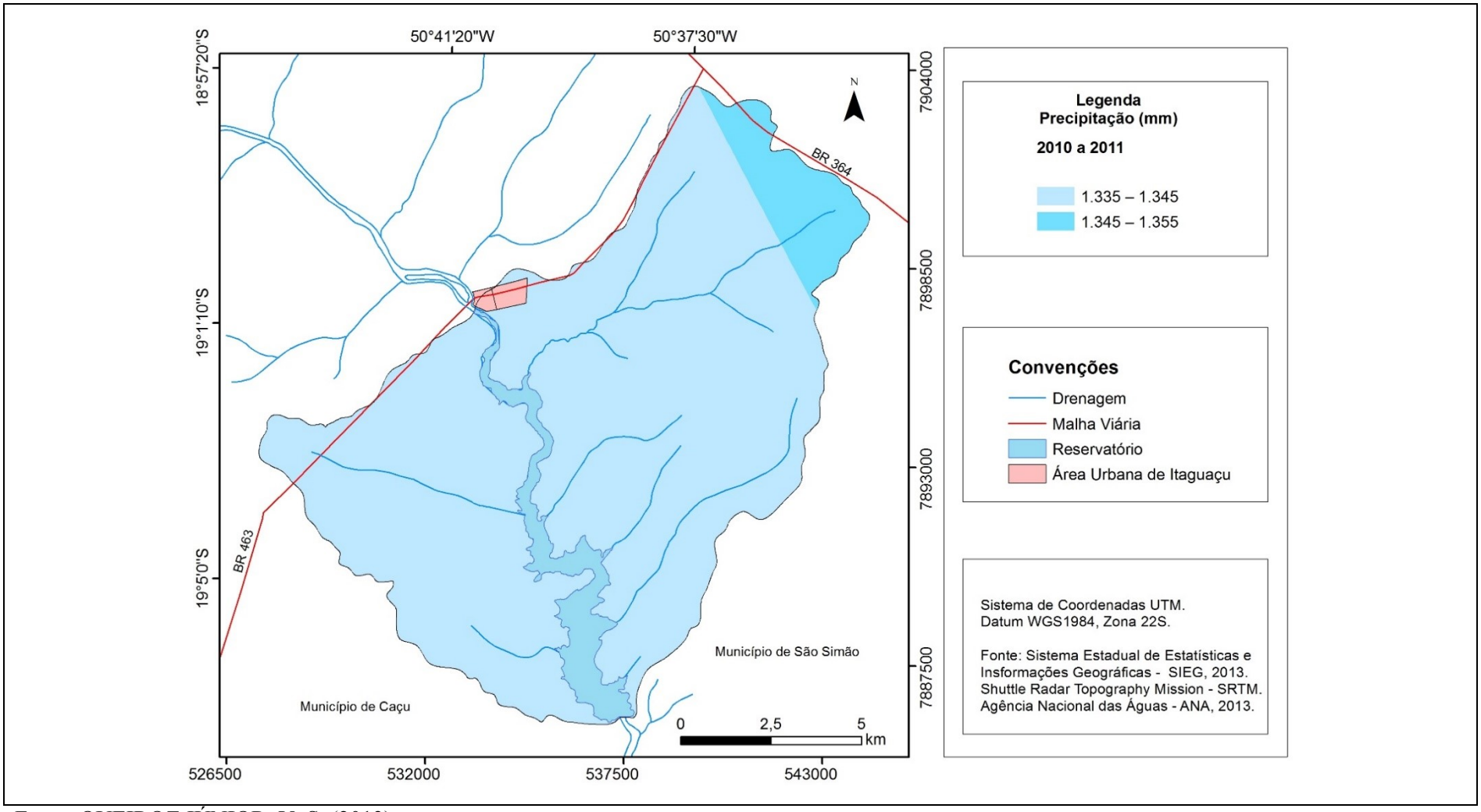
WISCHMEIER, W.H. e SMITH, D.D. (1978): **Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning**. Washington, United States Department of Agriculture, pp 58. (Agriculture Handbook, 537).

Apêndice A – Variabilidade espacial das chuvas da Bacia Hidrográfica da UHE Foz do Rio Claro, no período de 1977 a 2009.



Fonte: QUEIROZ JÚNIOR, V. S. (2013).

Apêndice B – Variabilidade espacial das chuvas da Bacia Hidrográfica da UHE Foz do Rio Claro, no período de 2010 a 2011.



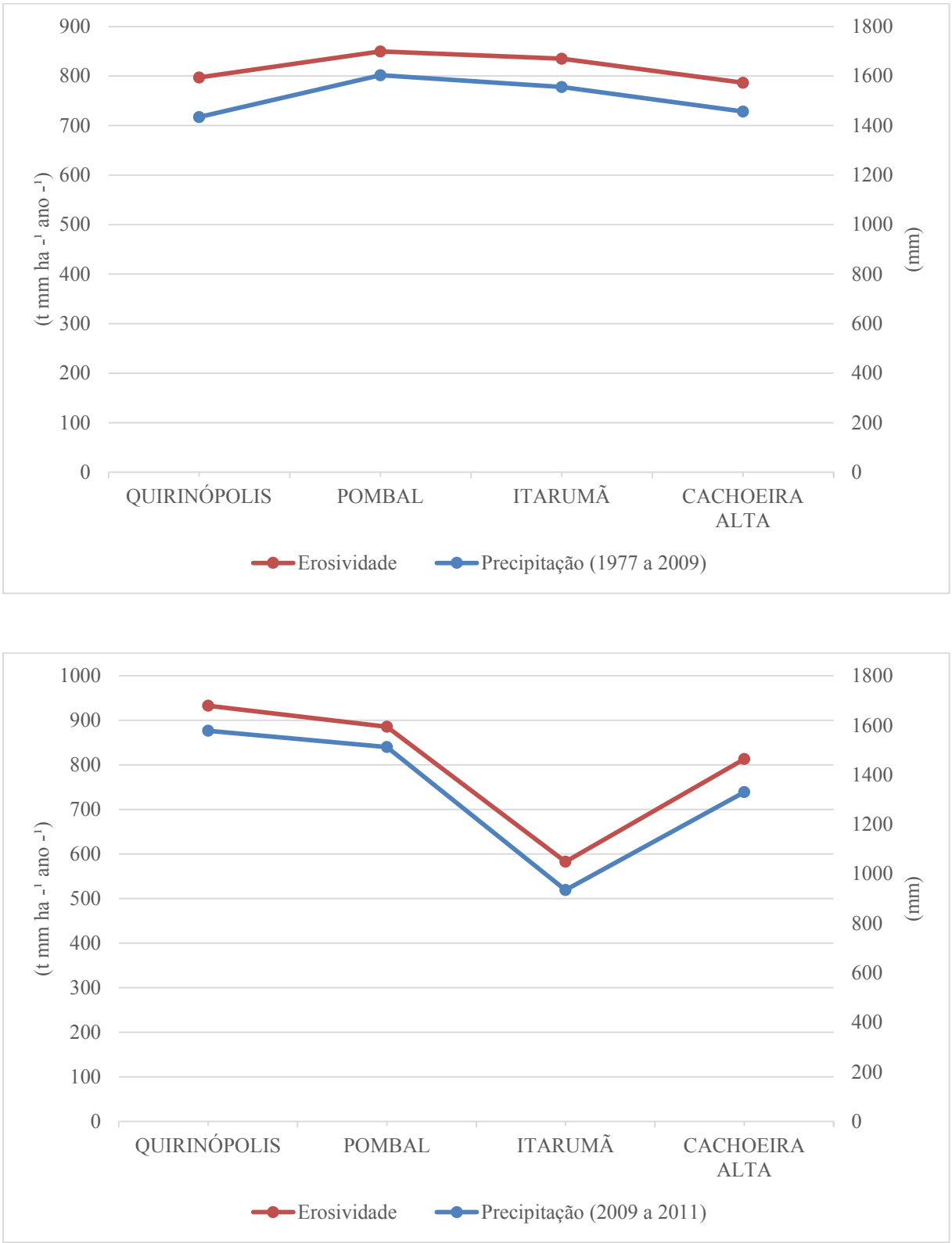
Fonte: QUEIROZ JÚNIOR, V. S. (2013).

Apêndice C – Médias pluviométricas das estações adjacentes a Bacia Hidrográfica da UHE Foz do Rio Claro.

ESTAÇÃO	PERÍODO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	TOTAL
Quirinópolis	1977 a 2009	284,66	191,65	177,96	83,75	41,48	15,68	6,79	15,68	60,83	102,73	192,85	260,51	1434,57
Pombal		275,06	217,31	250,64	102,26	45,43	17,60	10,08	20,93	72,42	125,84	200,71	265,50	1603,78
Itarumã		302,90	230,93	201,62	91,22	45,92	24,03	9,30	22,61	64,23	122,96	180,48	259,94	1556,14
Cacho. Alta		266,49	205,33	205,78	93,49	49,20	21,15	12,15	13,49	51,77	113,93	177,80	246,22	1456,80
Média total	-	282,28	211,30	209,00	92,68	45,51	19,61	9,58	18,18	62,31	116,37	187,96	258,04	1512,82
Quirinópolis	2010 a 2011	239,70	244,25	351,50	81,60	15,50	21,25	0,50	0,50	39,70	138,40	170,15	274,75	1577,80
Pombal		211,40	207,80	325,00	99,95	8,90	22,70	1,50	3,60	23,30	174,55	167,35	266,20	1512,25
Itarumã		146,60	140,90	213,30	38,40	54,75	13,25	23,75	0,00	10,90	106,05	36,05	150,80	934,75
Cacho. Alta		257,25	201,90	246,95	27,85	24,05	0,00	15,75	2,50	17,80	169,35	199,35	166,95	1329,70
Média total	-	251,81	205,71	242,42	79,02	36,75	17,25	9,93	10,83	44,81	130,02	168,08	238,77	1435,40

Fonte: Agencia Nacional da Águas (2013).

Apêndice D – Médias precipitação pluviométrica, correlacionadas aos valores de erosividade por estação analisadas por períodos.



Fonte: Agencia Nacional da Águas (2013).
Organização: QUEIROZ JÚNIOR, V. S. (2013)