

AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE PRODUÇÃO DE SEDIMENTOS PARA A PCH PIEDADE – MONTE ALEGRE DE MINAS / MG

Lisia Moreira Cruz
Mestre em Geografia – UFU
lisia_mc@yahoo.com.br

Silvio Carlos Rodrigues
Prof. Dr. do curso de Geografia – UFU
silgel@ufu.br

RESUMO

A construção de reservatórios modifica a dinâmica natural de um rio interferindo no transporte de partículas sólidas, pois forma-se um meio artificial de retenção de sedimentos, provocando dentre outras consequências o assoreamento. A manutenção desses reservatórios para um uso mais eficaz e conservacionista é de fundamental importância. O presente trabalho buscou realizar um estudo no intuito de definir as potenciais áreas-fonte ao assoreamento do Lago da PCH Piedade, localizada no município de Monte Alegre de Minas – MG, por meio do mapeamento da suscetibilidade à erosão laminar e da densidade de drenagem. Assim, os dados de pedologia, declividade, uso e ocupação do solo e densidade de drenagem, foram levantados, analisados e sintetizados por meio de mapas. Os produtos cartográficos proporcionam um melhor entendimento das possíveis áreas produtoras de sedimentos que poderão gerar o assoreamento e desse modo fornecem subsídios para a prevenção e redução do carregamento de partículas para o lago. O mapeamento foi realizado em uma adaptação da proposta de Salomão (1994 *apud* GUERRA et al., 1999) para verificação da potencialidade à erosão laminar, e Guimarães (2008) que, além da erosão laminar faz análises morfométricas da área de estudo. Para elaboração dos mapas foi utilizado o software ArcGIS 9.2. O mapeamento apontou a existência de condições favoráveis ao controle do assoreamento em função dos aspectos naturais (como a baixa declividade na maior parte da área e a predominância de solos de erodibilidade moderada), porém quanto ao uso e ocupação do solo é necessária uma atenção mais efetiva, pois a maior parte da área de estudo é ocupada por pastagens e culturas.

Palavras-chave: Assoreamento. Bacia hidrográfica. PCH Piedade. Mapeamento.

POTENTIAL EVALUATION OF SEDIMENT YIELD FOR PCH PIEDADE – MONTE ALEGRE DE MINAS - MG

ABSTRACT

The construction of reservoirs modifies the natural dynamics of a river interfering with the transport of solid particles, because is formed an artificial means of sediment retention, among other consequences causing silting. The maintenance of these reservoirs for a more efficient use and conservation is of fundamental importance. This study attempts to make a research in order to define the potential source areas of sediments to the siltation of Lake PCH Piedade, located in the municipality of Monte Alegre de Minas - MG, by mapping the laminar susceptibility to erosion and drainage density. Thus, the data about soils, slope, land use and drainage density were collected, analyzed and synthesized by means of maps. Cartographic products provide a better understanding of the possible areas that generate the sediments and thus provide bases for the prevention and reduction of the carrying of particles to the lake. Mapping was performed in an adaptation of the proposal of Salomão (1994 *apud* GUERRA et al., 1999) to check the sheet erosion potential and Guimarães (2008) that, besides the sheet erosion, also makes morphometric analysis of the study area. For preparation of maps we used the software ArcGIS 9.2. The mapping pointed the favorable conditions for the control of

Recebido em 17/12/2012
Aprovado para publicação em 16/07/2013

siltation in function of natural features (such as low slopes in most of the area and the predominance of soils with moderate erodibility), but the land use condition of the area points the necessity of more effective attention, because the most of the study area is occupied by pastures and crops.

Keywords: Siltation. River basins. PCH Piedade. Mapping.

INTRODUÇÃO

As características físicas e geográficas do território brasileiro favoreceram que sua matriz energética fosse projetada tendo como principal fonte a energia hidráulica. De acordo com o balanço energético nacional, realizado com base nos dados de 2011, 81,9% da energia elétrica consumida no Brasil foi gerada por meio de hidroelétricas (MME, 2012).

Impulsionada por um contexto de crescimento econômico e populacional a construção de reservatórios de água é uma tendência crescente no Brasil, principalmente devido à progressiva demanda de energia elétrica. Desse modo, a manutenção desses reservatórios para um uso mais eficaz e conservacionista é de fundamental importância.

O armazenamento de água por meio da construção de uma barragem modifica a dinâmica natural de um rio interferindo no transporte de partículas sólidas, pois forma-se um meio artificial de retenção de sedimentos. Nesse sentido, Cristofolletti (1981) aponta que, na dinâmica fluvial, o rio está constantemente em busca de um novo equilíbrio. Com este tipo de ocupação o seu equilíbrio natural é alterado e irá se estabelecer um novo tipo de equilíbrio.

O assoreamento, como uma das possíveis consequências da construção de barragens, é a deposição contínua ou gradual do material carreado pelos cursos d'água no interior do reservatório, e ocorre devido à diminuição de velocidade e da turbulência das águas, que causa sua perda de capacidade de transporte (CARVALHO, 2008).

O estudo do transporte dos sedimentos, em busca de um melhor manejo desse processo, possibilita um retardamento ou prevenção do assoreamento nas represas. No que diz respeito aos lagos de hidroelétricas, o assoreamento compromete a qualidade e quantidade de água, diminuindo o volume utilizável e como consequência direta restringe a quantidade de energia gerada, encurta a vida útil, requisitando a construção de novos reservatórios.

De acordo com a Resolução da Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL de N.º 394/98, as Pequenas Centrais Hidrelétricas – PCHs são enquadradas no Brasil como usinas de potência instalada superior a 1 MW e inferior ou igual a 30 MW, e reservatório com área igual ou inferior a 3 Km². Recentemente elas tornaram-se mais atrativas para investidores devido aos incentivos regulatórios ofertados pelo Governo Federal para a geração descentralizada de energia elétrica. Além disso, por necessitarem de uma área inundada menor, as PCHs trazem menos prejuízos ecológicos, sociais e econômicos.

Contudo a implantação das PCHs não dispensa a adoção de medidas mitigatórias que conduzam à minimização de impactos. A retenção de material particulado no lago, pela redução no regime de fluxo, é inevitável, porém, o assoreamento é um processo passível de ser administrado e reduzido. Dessa forma, o estudo das áreas contribuintes de sedimentos vem auxiliar de modo determinante na prevenção e redução do assoreamento.

Programas de monitoramento do assoreamento do reservatório se fazem necessários em empreendimentos de geração de energia elétrica, sejam pequenas ou grandes centrais hidrelétricas, pois permitem o melhor controle das eventuais alterações no regime fluvial e no transporte de sedimentos do corpo hídrico, cujas águas são utilizadas no processo de geração de energia. Assim tais programas podem ser muito enriquecidos com a definição das áreas que mais contribuem com carreamento de sedimentos, fornecendo subsídios para a elaboração e quantificação de medidas corretivas.

De acordo com Annandale (1987) *apud* Maranesi (2002), os processos de sedimentação dos reservatórios são causados principalmente pela água superficial que atinge os canais fluviais que deságuam nos reservatórios. Dentro dessa perspectiva o presente estudo se propõe a

determinar as potenciais áreas-fonte de sedimentos para o reservatório de uma PCH, por meio da análise de fatores que contribuem para erosão laminar, processo que inicia o carreamento das partículas, bem como do estudo da densidade de drenagem para análise da capacidade de infiltração do terreno.

Assim, esses dados (pedologia, declividade, uso e ocupação do solo e densidade de drenagem) foram levantados, analisados e sintetizados por meio de mapas. Os produtos cartográficos proporcionam um melhor entendimento das possíveis áreas geradoras do assoreamento e assim fornecem subsídios para a prevenção e redução do carreamento de partículas para o lago.

Como unidade de análise foi utilizada a bacia hidrográfica, que devido às suas características naturais, permite o diagnóstico de diversos fatores, naturais e antrópicos, que se integram sistematicamente nos seus limites. Deste modo, para aplicação desse estudo foi selecionada a área da bacia hidrográfica do Rio Piedade à montante do reservatório da PCH Piedade, ou seja, a área de contribuição. Tal rio está localizado na mesorregião do Triângulo Mineiro, e é um importante afluente do Rio Paranaíba.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICO-METODOLÓGICA

De maneira geral, os ambientes naturais tendem a manter-se em equilíbrio dinâmico, porém com progressivas intervenções humanas tal equilíbrio vem sendo constantemente alterado. A dinâmica de cada ambiente é determinada pelo constante fluxo de energia e matéria que movem os sistemas. A partir de uma visão que se atente para essa realidade sistêmica é possível obter melhores resultados na análise e planejamento das possíveis intervenções.

A bacia hidrográfica foi definida por Botelho (2004) como uma área drenada por um rio principal e seus tributários sendo limitada pelos divisores d'água. A adoção da delimitação da bacia hidrográfica como unidade de análise, ou no caso deste estudo da parte da bacia hidrográfica contribuinte do reservatório, favorece a abordagem sistêmica. Assim, muitos dos problemas de quantidade e qualidade de água, inclusive o assoreamento de reservatórios, podem ser evitados ou, ainda, revertidos de maneira eficaz por meio de ações que abordam a bacia hidrográfica como uma visão unitária, levando-se em consideração as suas características naturais (como solo e declividade) e atividades antrópicas (como a ocupação do solo) realizadas em sua área de abrangência (GUIMARÃES, 2008)

O assoreamento “é um processo que consiste na acumulação de partículas sólidas (sedimento) em meio aquoso, ocorrendo quando a força do agente transportador natural é sobrepujada pela força da gravidade ou quando a supersaturação das águas permite a deposição” (INFANTI; FORNASARI, 1998, p. 26). Nessa perspectiva CHRISTOFOLETTI (1981, p.17) aponta que:

A sedimentação fluvial inclui os processos de remoção, transporte e deposição das partículas do regolito, envolvendo toda a dinâmica da bacia de drenagem. Toda a bacia fluvial é responsável pelo fornecimento detrítico aos cursos de água que, em conjunto, torna-se o fenômeno natural de maior ocorrência na esculturação da rede de canais e das paisagens encontradas na superfície terrestre.

O transporte de sedimentos em uma bacia varia muito desde as partes mais altas até as planícies, variação esta que depende da litologia, do tipo de solo, da cobertura vegetal, da velocidade da água, do regime de chuvas. O deslocamento e o transporte de sedimentos dependem da forma, tamanho, peso da partícula e das forças exercidas pela ação do escoamento. Quando essas forças se reduzem até a condição de não poderem continuar a deslocar a partícula, ocorre o processo de deposição. Esses depósitos podem ser de pequeno, médio ou grandes volumes. Um depósito de sedimento permanente sofre a ação do peso da água e de seu próprio peso, compactando-se (CARVALHO, 2008).

A modificação da velocidade de um curso d'água, provocada pela implantação do sistema barragem/reservatório, pode causar a intensificação da deposição de sedimentos e o consequente assoreamento destes locais.

O processo de assoreamento numa bacia hidrográfica encontra-se intimamente relacionado aos processos erosivos, uma vez que este processo é que fornece os materiais que darão origem ao assoreamento. Quando não há energia suficiente para transportar o material erodido, este material é depositado (GUERRA, 1995).

A área de estudo definida no presente trabalho está inserida no clima tropical com chuvas concentradas especialmente no verão. De acordo com Guerra (1995) o processo de erosão que mais se observa em ambientes tropicais é a erosão hídrica, definida como o processo de desagregação e transporte das partículas do solo pela ação das águas pluviais. O processo de erosão causado pela chuva é influenciado pela ação de diversos fatores que se inter-relacionam como a intensidade e quantidade de chuva, resistência do solo, relevo e tipo de cobertura vegetal (GUERRA; SILVA; BOTELHO, 1999)

A declividade dos terrenos de uma bacia hidrográfica é um dos fatores controladores a velocidade do escoamento superficial, afetando, conseqüentemente o tempo que leva a água da chuva para concentrar-se nos leitos fluviais que constituem a rede de drenagem das bacias. As intensidades dos picos de enchente e a maior ou menor oportunidade de infiltração e suscetibilidade para erosão dos solos dependem, em parte, da rapidez com que ocorre o escoamento sobre os terrenos da bacia (VILLELA; MATTOS, 1975).

A erodibilidade indica a resistência do solo à desagregação de partículas e o transporte subsequente. Esta analisada em conjunto com a velocidade do escoamento superficial, ou seja, a declividade, aponta a suscetibilidade do terreno à erosão (SALOMÃO, 1994 *apud* GUERRA et al., 1999).

Além dos fatores naturais, as formas de ocupação da terra condicionam fortemente no potencial à erosão que algumas bacias poderão sofrer. Áreas com um mesmo nível de suscetibilidade, ocupadas de maneira diferente, apresentam variados potenciais ao desenvolvimento da erosão laminar. O potencial à erosão laminar pode assim ser definido como resultado da interação entre a suscetibilidade dos terrenos em desenvolver erosão e a ocupação atual das terras (SALOMÃO, 1994 *apud* GUERRA et al., 1999).

Durante a ocupação do Cerrado no Triângulo Mineiro, onde está inserida a área de estudo, as valas para divisão de propriedades, o carro de boi utilizado como meio de circulação e o pisoteio do gado contribuíram para provocar situações que levaram aos problemas atuais de ravinamentos, voçorocamentos, agravando-se os de assoreamento de represas, de empobrecimento dos solos e de diminuição da vazão dos mananciais (BACCARO, 1990)

O estudo da morfometria das bacias de drenagem consiste no levantamento de índices e valores numéricos de vários atributos da bacia, que permitam a compreensão do funcionamento do sistema de drenagem (OLIVEIRA, 2009). Desse modo o parâmetro morfométrico correspondente à densidade de drenagem foi adotado nessa pesquisa, no intuito de avaliar a eficiência do terreno em permitir a infiltração, amenizando o escoamento superficial e, por conseguinte o carreamento de sedimentos.

As condições litológicas da bacia hidrográfica interferem diretamente na densidade de drenagem (Dd). As maiores Dd são indicativas de maior escoamento superficial em detrimento da baixa capacidade de infiltração, ao passo que Dd menores apontam uma maior capacidade de infiltração e drenagem dos solos diante do escoamento superficial que, concentrado, acaba com o tempo formando, ou contribuindo para canais fluviais (VILLELA; MATTOS, 1975).

Sobre a densidade de drenagem Christofolletti (1981) aponta que: a medida da permeabilidade do terreno aumenta quando a densidade de drenagem diminui, e a permeabilidade diminui quando a densidade de drenagem aumenta.

A definição do índice de Dd é expressa pela relação entre o comprimento total dos cursos d'água (sejam eles efêmeros, intermitentes ou perenes) de uma bacia e a sua área total. O comprimento dos cursos d'água na bacia é representado por L e a área de drenagem por A, a

densidade de drenagem será dada pela expressão de Villela & Mattos (1975): $Dd = \frac{L}{A}$.

Assim conclui-se que a densidade de drenagem varia inversamente com a extensão do escoamento superficial e, portanto fornece uma indicação da eficiência da drenagem da bacia. Apesar de existir poucas informações a respeito da densidade de drenagem de bacias hidrográficas, pode-se afirmar que este índice varia de 0,5 a 3,5 km/km², para bacias com drenagem pobre, ou seja, alta transmissibilidade do terreno; e, acima desse valor, aponta para bacias excepcionalmente bem drenadas, ou seja, baixa transmissibilidade do terreno. (VILLELA; MATTOS, 1975).

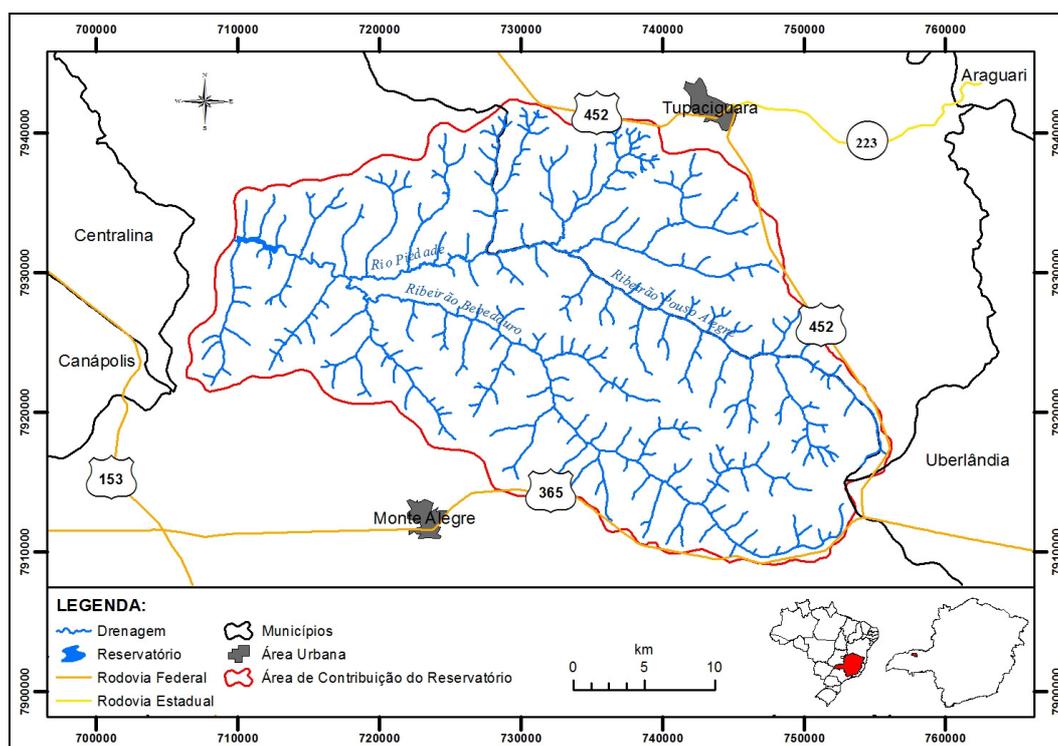
OBJETIVO

Definir as potenciais áreas-fonte ao assoreamento do Lago da PCH Piedade por meio do mapeamento da suscetibilidade à erosão laminar e da densidade de drenagem.

CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A Bacia Hidrográfica do Rio Piedade ocupa uma área total de 1.861 Km² e a área de contribuição do reservatório da PCH Piedade corresponde a aproximadamente 1.011 Km². A área de estudo está situada à oeste de Minas Gerais, na mesorregião do Triângulo Mineiro, compreende parte dos municípios de Tupaciguara e Monte Alegre de Minas. A bacia hidrográfica do rio Piedade possui os seus limites circunscritos no médio curso do rio Paranaíba em sua margem esquerda (Figura 1).

Figura 1. Mapa de localização da área de estudo

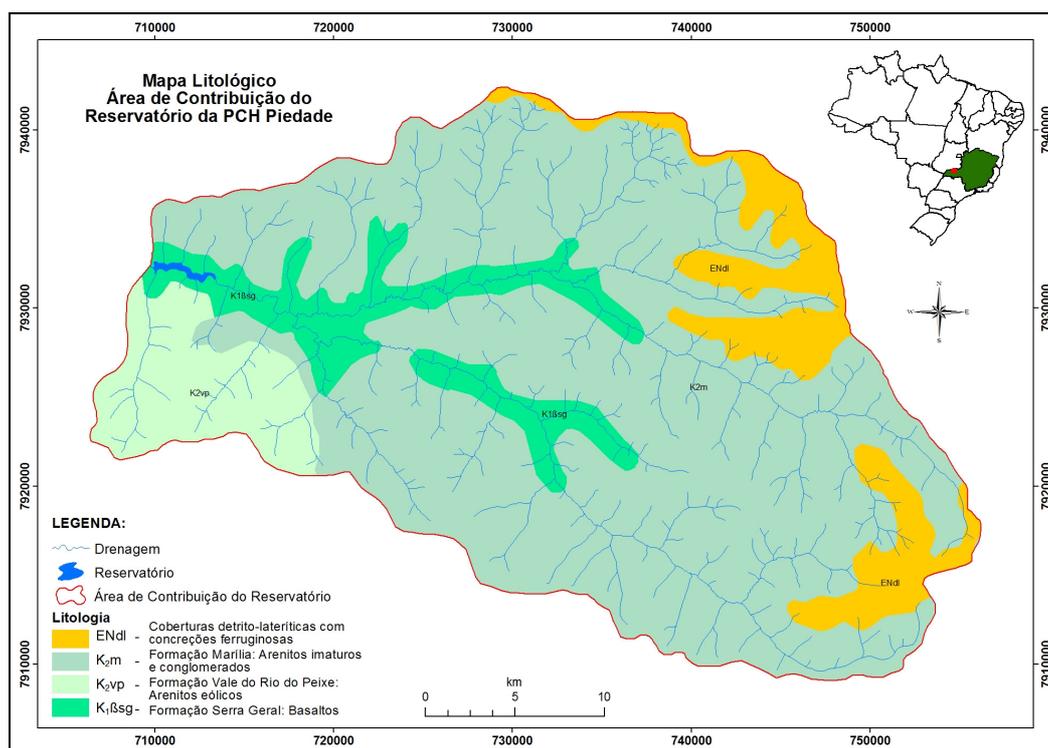


Fonte: Elaborado pelo autor.

A região onde se insere a bacia do rio Piedade é relativamente homogênea do ponto de vista climático, podendo ser classificado como Tropical Semiúmido, apresenta uma razoável variação sazonal, com estações bem definidas com verão quente e chuvoso e inverno seco e com temperaturas amenas. As características do clima permitem enquadrá-lo no tipo Aw da classificação de Köppen. Apresenta temperatura elevada no verão, sendo que a temperatura média é da ordem de 22 °C (AGRITEMPO, 2010).

A formação geológica da região está situada numa área de cobertura magmático-sedimentar pertencente à Bacia Sedimentar do Paraná. Apresenta a Formação Serra Geral, Formação Adamantina, Formação Marília e Coberturas Detrito-Lateríticas com concreções ferruginosas (Figura 2).

Figura 2. Mapa geológico



Fonte: Elaborado pelo autor.

O cenário geomorfológico apresenta o relevo Planáltico da Bacia do Paraná, variando de mediamente dissecado nas altitudes entre 700 a 960 m, a intensamente dissecado entre as altitudes de 550 a 700 m (CRUZ, 2010). Essa conformação do relevo favorece o intenso aproveitamento hidráulico, que torna a bacia do Paranaíba, a qual pertence a bacia do Rio Piedade, uma das áreas mais intensamente represadas do Brasil para fins de geração de energia.

A distribuição dos solos apresenta como predominância os Latossolos Vermelhos na maior parte da bacia, Argissolos Vermelho-amarelo em manchas à nordeste da bacia, Neossolo Litólico, próximo à passagem do médio para o baixo curso do rio Piedade, e Gleissolo Melânico com uma mancha à sudeste da bacia (EMBRAPA, 2006).

O domínio morfoclimático característico da área é o Cerrado. Este apresenta características topográficas, litológicas e de vegetação bastante peculiares e muito frágeis quando submetidas a atividades antrópicas desordenadas. Essa região, durante os últimos 30 anos, vem sofrendo intensas transformações, passando das tradicionais atividades de pecuária extensiva, agricultura itinerante e extrativismo para um acelerado processo de desenvolvimento da agropecuária, de monoculturas tecnicizadas, inicialmente com a implantação de reflorestamentos e mais recentemente com vários tipos de culturas, principalmente as de soja, café, feijão e milho (LIMA, 2007).

METODOLOGIA

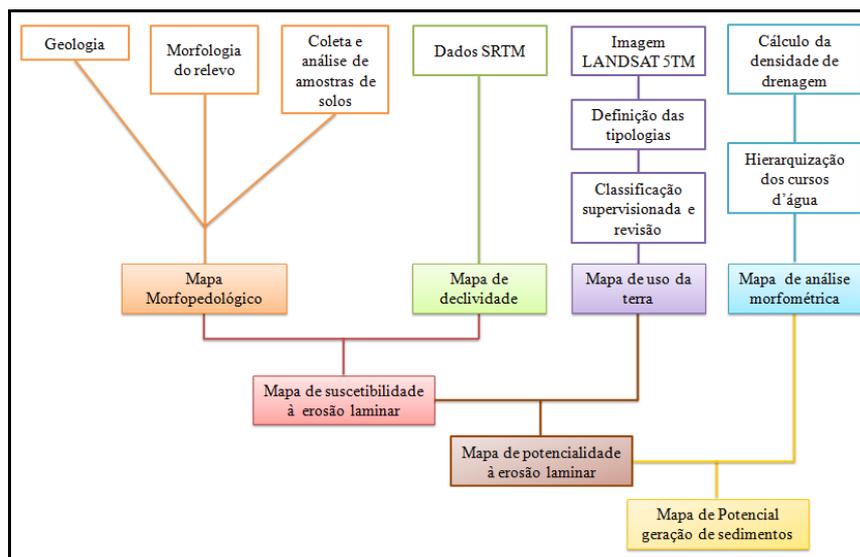
A dinâmica da produção de sedimentos foi avaliada considerando a Área de Contribuição do Reservatório – ACR – da PCH Piedade. Desse modo, foram analisados fatores que interferem na contribuição de sedimentos na bacia contribuinte ao reservatório da PCH Piedade. Foram estabelecidos procedimentos que contemplassem a relação entre os potenciais erosivos que contribuem para a geração de sedimentos.

Assim, a metodologia adotada consiste em analisar e mapear os principais fatores que interferem na produção de sedimentos. O mapeamento foi realizado a partir de uma adaptação da proposta de Salomão (1994 *apud* GUERRA et al., 1999) que avalia a potencialidade à erosão laminar.

Procedimentos para Confeção dos Mapas de Avaliação do Potencial de Geração de Sedimentos

Para geração do mapa das potenciais áreas-fonte contribuintes ao assoreamento na Bacia do Rio Piedade, foram organizados inicialmente os mapas da cobertura morfopedológica e declividade, que analisados em conjunto apontaram o grau de suscetibilidade à erosão laminar. Posteriormente, por meio da diferenciação do uso e ocupação atual da terra na escala de 1:50.000, juntamente com o mapa de suscetibilidade, foi gerado o mapa de potencialidade à erosão laminar. Por fim foi analisada a morfometria para definição da densidade de drenagem. Assim, por meio da interpolação desses mapas foi obtido o mapa final das principais áreas-fonte de contribuição ao assoreamento (Figura 3).

Figura 3. Esquema ilustrativo da geração dos mapas



Fonte: Elaborado pelo autor.

Mapa Morfopedológico

As amostras de solos foram coletadas pontos da ACR previamente estabelecidos. Para definição dos pontos foram feitas análises visuais de imagens levando em conta parâmetros de cor e rugosidade; densidade de canais, proximidades dos canais fluviais, altitudes, declividades, embasamento litológico que serviram, juntamente com a observação de campo, para compor o mapa.

Concluídos esses procedimentos, foram realizados os cálculos do percentual de argila, silte, areia fina e areia grossa existente em cada amostra, conforme metodologia da EMBRAPA (1987). Essas análises geraram informações sobre a textura do solo. Além da textura dos solos, foram estabelecidas correlações entre a declividade, altitude e substrato rochoso para definição dos tipos de solos com suas respectivas texturas, assim foram definidas as classes de erodibilidade adaptando à metodologia de Salomão (1994 *apud* GUERRA et al., 1999) (Tabela 1).

Tabela 1. Classes de erodibilidade

Classes de erodibilidade	Cobertura Morfopedológica
I	Baixas vertentes com Cambissolo Háplico de textura franco-arenosa.
II	Anfiteatros erosivos com Cambissolo Háplico, Neossolo Quartzarênico e Argissolo Amarelo de textura muito argilosa a arenoargilosa.
III	Colinas amplas com Latossolo Vermelho de textura argilo-arenoso a francoargiloarenoso
IV	Colinas amplas com Latossolo Vermelho-Amarelo de textura argilo-arenoso a francoargiloarenoso.
V	Veredas com Organossolo Háplico e Gleissolo Háplico de textura franco-argiloarenosas.

Fonte: Adaptado de SALOMÃO (1994 *apud* GUERRA et al., 1999).

Tais classes partem de um grau de maior erodibilidade até um grau de menor. Essa classificação foi realizada a partir dos dados obtidos das análises das amostras em consonância com os estudos Salomão (1994 *apud* GUERRA et al., 1999) e Ross (1994) que se basearam nos pressupostos de Bertoni e Lombardi Neto (1985), apresentando os índices de erodibilidade das principais unidades pedológicas do estado de São Paulo. Estes índices são norteadores para a classificação da cobertura morfopedológica Área de Contribuição do Reservatório da PCH Piedade.

Mapa de Declividade

A topografia do terreno interfere diretamente na intensidade da erosão laminar, sendo que quanto mais inclinado o relevo, maior a velocidade do escoamento superficial concentrado e maior será a remoção e o carreamento de sedimentos. Sendo assim foram definidos os intervalos das classes de erodibilidade de acordo com a metodologia adotada por Salomão (1994 *apud* GUERRA et al., 1999) que contempla os intervalos de declive adotados na definição de classes de uso das terras (Tabela 2).

Tabela 2. Classes de erodibilidade

Classes de erodibilidade	Declividade
I	> 20
II	12 a 20
III	6 a 12
IV	< 6

Fonte: SALOMÃO (1994 *apud* GUERRA et al., 1999).

Para geração do mapa de declividade foram obtidos, por meio da Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias – EMBRAPA, os dados SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) que foram utilizados na confecção e processamento de um Modelo Digital de Elevação (MDE) resultando em produtos capazes de representar as três dimensões espaciais do relevo: latitude, longitude e altitude (x, y, z). Esse dados processados no software de geoprocessamento ArcGIS 9.2 gerando assim o mapa de declividade que foi classificado em quatro categorias com pesos diferentes na interferência na erosão laminar.

Mapa preliminar de suscetibilidade à erosão laminar

Os fatores de erodibilidade estão fortemente associados aos de declividade do terreno. Desse modo, o mapa preliminar de suscetibilidade à erosão laminar foi construído a partir do cruzamento entre o mapa morfopedológico e o mapa de declividade (Quadro 1).

Quadro 1. Classes de suscetibilidade à erosão laminar

		Mapa de Declividade (em %)			
		I (>20)	II (12 a 20)	III (6 a 12)	IV (<6)
Mapa pedológico (com classes de erodibilidade)	I	I	I	II	II
	II	I	II	II	III
	III	II	III	III	IV
	IV	III	IV	IV	V
	V	Não existe	Não existe	Não existe	V

Fonte: Adaptado de SALOMÃO (1994 *apud* GUERRA et al., 1999).

Sendo assim o mapa de suscetibilidade à erosão laminar reflete a tendência natural do terreno em apresentar o fluxo em lençol com o carreamento de partículas.

Mapa de Uso e Ocupação Atual

O levantamento e delimitação e da cobertura vegetal e uso da terra da área de estudo foi organizado em classes, a fim de possibilitar a interpolação dos dados na elaboração do mapa de potencialidade à erosão laminar. O critério adotado para o estabelecimento das classes leva em conta o porte da cobertura vegetal e a intensidade da ação antrópica no manejo da terra. “O porte da cobertura vegetal reflete, de forma indireta, o nível de cobertura vegetal sobre o solo e, conseqüentemente, a proteção do solo quanto aos processos erosivos.” (SALOMÃO, 1994 *apud* GUERRA et al., 1999). As classes estão organizadas em ordem crescente em relação ao seu potencial de proteção pela vegetação (Tabela 3).

Tabela 3. Classe de ocupação atual das terras

Classe de ocupação atual das terras	Características	Tipos de uso
I	Cobertura vegetal de baixo e médio porte, com intensa atividade antrópica.	Culturas anuais, área de preparo de plantio e solo exposto
II	Cobertura vegetal de baixo e médio porte, com atividade antrópica moderada.	Culturas perenes, cana-de-açúcar e pastagem
III	Cobertura vegetal de baixo e médio porte, com atividade antrópica muito reduzida.	Pasto sujo e campo cerrado
IV	Cobertura vegetal de porte alto a médio, com atividade antrópica muito reduzida.	Reflorestamento, capoeirão e florestas
V	Espelhos d'água e várzeas.	Espelhos d'água de várzeas

Fonte: Adaptado de SALOMÃO (1994 *apud* GUERRA et al., 1999).

Para a confecção do mapa de Uso e Ocupação da Terra utilizou-se dados de Sensoriamento Remoto que foram processados de maneira supervisionada no software ArcGIS 9.2, com a verificação e correção da classificação quando necessário. Algumas áreas classificadas foram conferidas em observações em campo. Para a classificação do uso e ocupação da terra utilizou-se imagens LANDSAT 5TM obtidas em 28 de agosto de 2011, período que coincide a menor ocorrência de nuvens na região e maior diferenciação da resposta de cores dos tipos de cobertura vegetal. Para esta classificação utilizou-se a composição colorida 4R2G7B, que evidencia a diferenciação entre as classes analisadas.

Mapa de Potencialidade à Erosão Laminar

O mapa de potencialidade à erosão laminar foi realizado por meio do cruzamento matricial das classes de suscetibilidade à erosão laminar e de uso e ocupação do solo gerando três classes (Quadro 2) que obedecem aos seguintes critérios (SALOMÃO, 1994 *apud* GUERRA et al., 1999):

- CLASSE I - alto potencial: uso atual do solo incompatível com a suscetibilidade à erosão laminar;
- CLASSE II - médio potencial: uso atual do solo incompatível com a suscetibilidade à erosão laminar, possível de ser controlada com práticas conservacionistas adequadas;
- CLASSE III - baixo potencial: uso atual do solo compatível com a suscetibilidade à erosão laminar.

Quadro 2. Classes de potencialidade à erosão laminar.

		Classes de uso e ocupação atual das terras				
		I	II	III	IV	V
Classe de suscetibilidade à erosão laminar	I	I	I	I	II	-
	II	I	II	II	III	-
	III	II	II	II	III	-
	IV	II	III	III	III	-
	V	III	III	III	III	III

Fonte: Adaptado de Salomão (1994 *apud* GUERRA et al., 1999).

Mapa de Densidade de Drenagem

A análise da densidade de drenagem em conjunto com o levantamento do potencial erosivo da área de estudo irá apontar o risco potencial ao assoreamento, pois a densidade de drenagem reflete capacidade do terreno de permitir a infiltração das águas pluviais do terreno e conseqüentemente a suscetibilidade a erosão decorrente do atrito do próprio escoamento superficial que conduz material erodido dos pontos abaixo das encostas para as calhas fluviais.

Para obtenção da densidade de drenagem primeiramente foram definidas as principais bacias, em seguida calculadas suas respectivas áreas e medidos os comprimentos dos seus cursos d'água. Por fim esses dados foram inseridos na expressão e chegou-se ao resultado da densidade de drenagem.

As bacias foram diferenciadas de acordo com a hierarquia de drenagem de Strahler (1957 *apud* Christofolleti, 1981), classificando e definindo os canais principais como os de 4ª e 5ª ordem agrupados com seus respectivos tributários. Assim, o mapeamento da densidade de drenagem, foi realizado em função de quatro bacias que apresentam maior regularidade do ciclo hidrológico: do Rio Piedade, do Córrego Capão D'anta, do Ribeirão Pouso Alegre e do Ribeirão Bebedouro. Essa divisão não foi realizada como critério de classificação ou ordem hierárquica, mas simplesmente para facilitar a análise da densidade de drenagem buscando uma comparação entre diferentes áreas.

Mapa de Potencialidade ao Assoreamento

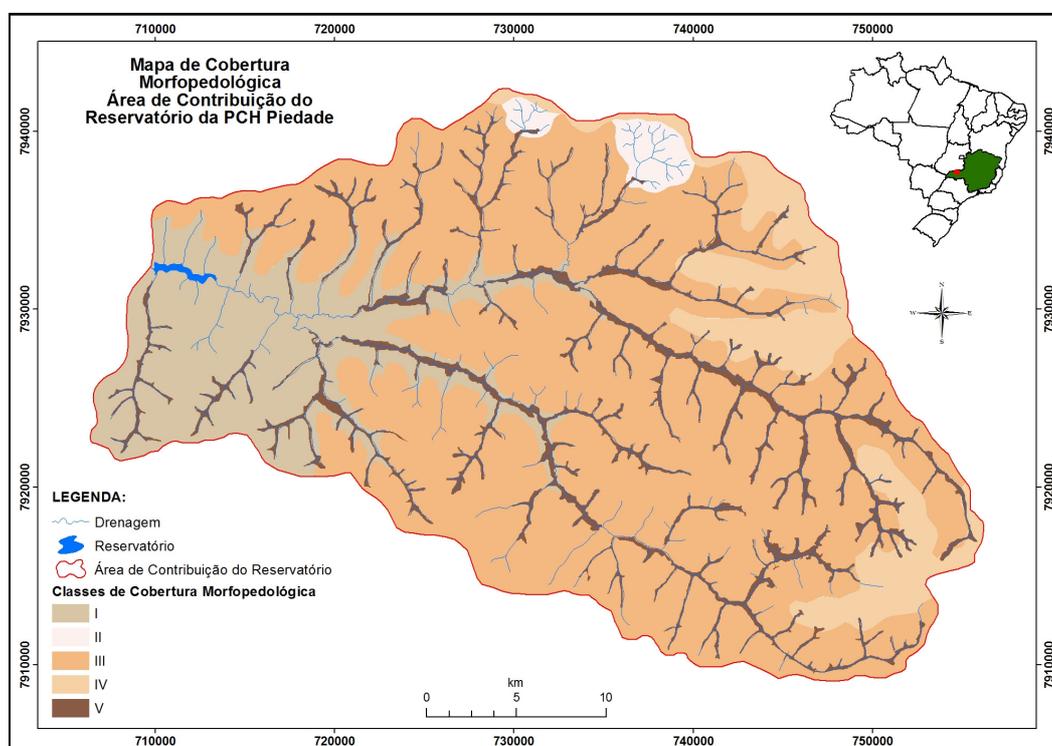
No intuito de avaliar as principais potenciais áreas-fontes de sedimentos que podem desencadear o assoreamento do reservatório, foi gerado o mapa final mediante aos resultados da inter-relação dos fatores de suscetibilidade à erosão laminar, potencial erosão laminar e da densidade de drenagem.

Nesse mapa foi mantida a subdivisão em quatro áreas contribuintes do reservatório para que, dessa forma, fosse possível realizar uma análise do potencial aporte de sedimentos ao reservatório das diferentes partes da área de estudo.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Diante da metodologia proposta foram gerados os mapas que auxiliaram na análise dos principais fatores causadores de processos erosivos e, por conseguinte, causadores do assoreamento de cursos d'água. Ademais foram realizadas verificações da densidade de drenagem para análise da interferência desse fator. Assim, a determinação da Potencialidade ao Assoreamento da Bacia do Rio Piedade foi realizada a partir de estudos prévios dos seguintes fatores: Cobertura Morfopedológica, Declividade, Uso e Ocupação da Terra e Densidade de Drenagem. O mapa de Cobertura Morfopedológica está ilustrado na Figura 4 apresenta e a distribuição percentual das coberturas morfopedológicas está representada na .

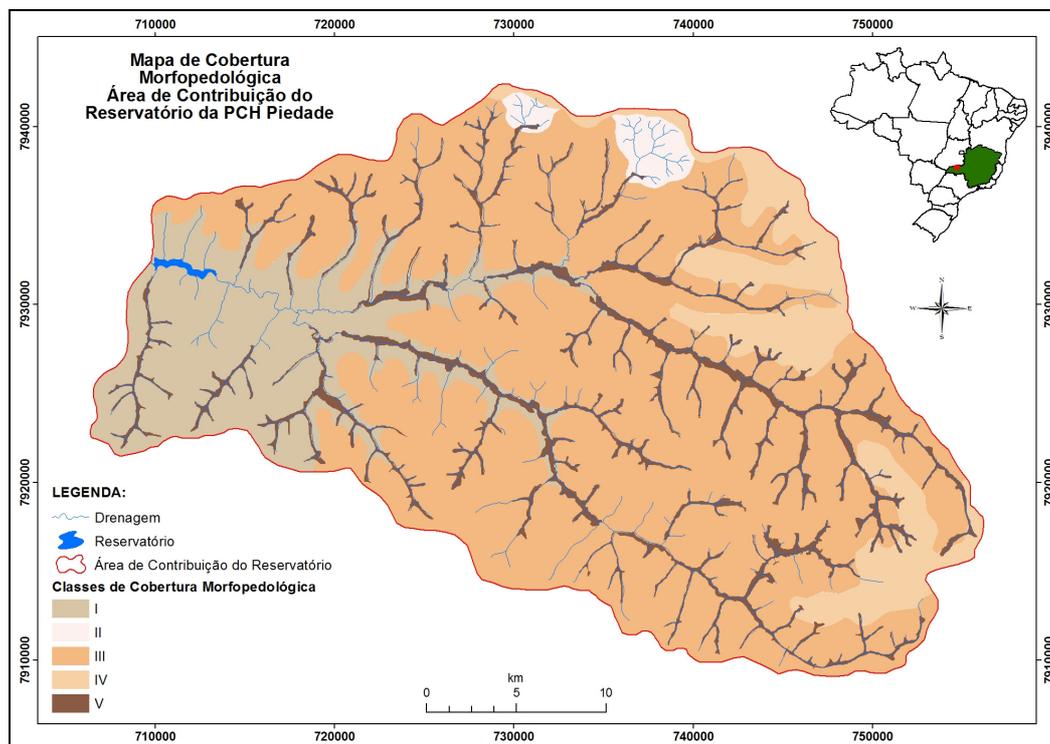
Figura 4. Mapa de Cobertura Morfopedológica.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 4.

Figura 4. Mapa de Cobertura Morfopedológica.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 4. Distribuição da Cobertura Morfopedológica

Erodibilidade	Cobertura Morfopedológica	Porcentagem
I	Baixas vertentes com Cambissolo Háplico de textura franco-arenosa.	16,90%
II	Anfiteatros erosivos com Cambissolo Háplico, Neossolo Quartzarênico e Argissolo Amarelo de textura muito argilosa a arenoargilosa.	1,78%
III	Colinas amplas com Latossolo Vermelho de textura argilo-arenoso a francoargiloarenoso	9,64%
IV	Colinas amplas com Latossolo Vermelho-Amarelo de textura argilo-arenoso a francoargiloarenoso.	63,24%
V	Veredas com Organossolo Háplico e Gleissolo Háplico de textura franco-argiloarenosas.	8,44%

Fonte: Produzido pelo autor.

A partir da análise do mapa morfopedológico foi possível apontar:

- As colinas amplas com Latossolo Vermelho-Amarelo de textura argilo-arenoso a francoargiloarenoso são predominantes com 63,24%. Tais coberturas apresentam baixa suscetibilidade à erosão laminar devido ao relevo de baixa declividade e tipo de solo com boa drenagem e capacidade retenção.
- Com 16,90% estão as baixas vertentes com Cambissolo Háplico de textura franco-arenosa que são coberturas permeáveis, leves, de moderada a baixa capacidade de retenção de água e de baixo teor de matéria orgânica que, somado ao relevo mais acentuado, caracteriza uma área extremamente suscetível à erosão.
- As colinas amplas com Latossolo Vermelho de textura argilo-arenoso a francoargiloarenos correspondem a 9,64% moderada suscetibilidade à erosão laminar devido ao relevo de baixa declividade e tipo de solo com razoável drenagem e capacidade retenção.

- As veredas com Organossolo Háplico e Gleissolo Háplico de textura franco-argiloarenosas recobrem 8,44% e correspondem a áreas com ou pouca ou nula suscetibilidade à erosão.
- Anfiteatros erosivos com Cambissolo Háplico, Neossolo Quartzarênico e Argissolo Amarelo de textura muito argilosa a arenoargilosa com 1,78% são áreas de muito suscetíveis à erosão principalmente devido ao fator da inclinação acentuada do terreno.

O mapa de declividade, apresentado na Figura 5, demonstra que grande parte da ACR Piedade possui baixa suscetibilidade à erosão laminar sendo que, na maior parte da ACR Piedade, a declividade é menor que 6%. As áreas com altitudes mais elevadas apresentam o relevo com inclinação mais suave como é possível visualizar na

Figura 6.

As áreas com declividade entre 6% e 12% correspondem a 1,21% e apenas 0,07% com declividade entre 12% e 20%. Não foram encontradas declividades acima de 20% (Tabela 5). Em manchas na porção noroeste da ACR e nas baixas vertentes, próximas ao reservatório, a declividade é maior (Figura 7).

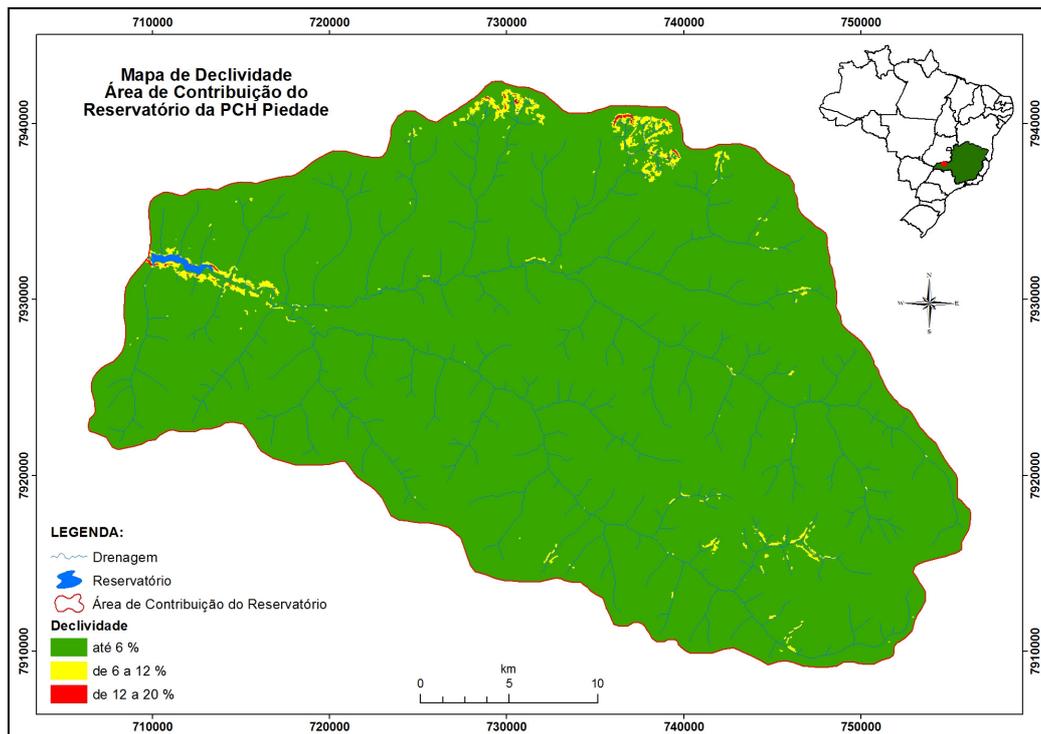
Tabela 5: Distribuição da Declividade.

Classes de declividade	Declividade	Porcentagem
I	> 20	0%
II	12 a 20	0,07%
III	6 a 12	1,21%
IV	< 6	98,72%

Fonte: Produzido pelo autor.

As vertentes sobre solos basálticos da formação Serra Geral conferem declividades mais acentuadas. Essa característica favorece que haja a predominância de declividades acima de 6% nas áreas no entorno do reservatório. A declividade mais acentuada interfere na contribuição de sedimentos, diretamente das vertentes, uma vez que, na medida em que se aumenta a declividade verifica-se a maior tendência ao carreamento de sedimentos.

Figura 5. Mapa de Declividade



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 6. Visão panorâmica de parte da ACR Piedade com baixa declividade.



Fonte: Produzido pelo autor.

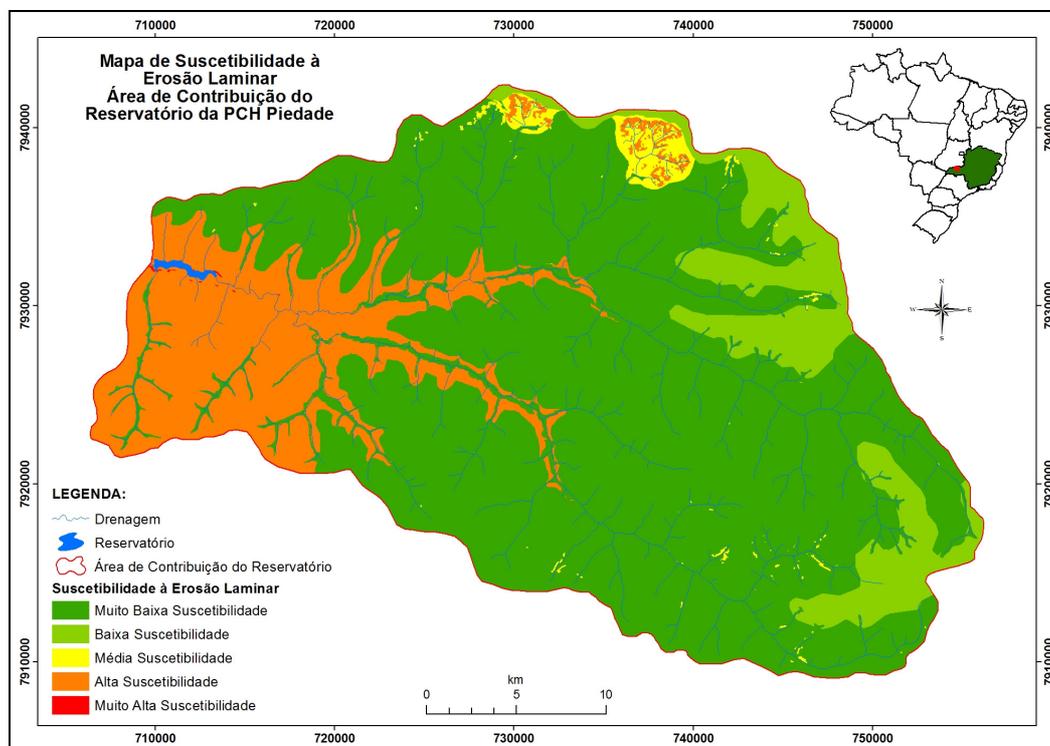
Figura 7. Vista do relevo no entorno do reservatório.



Fonte: Produzido pelo autor.

A partir da interpolação do mapa morfopedológico e de declividade foi gerado o mapa de suscetibilidade à erosão laminar (Figura 8) que apresentou baixa suscetibilidade em mais de 70% da ACR (Tabela 6).

Figura 8. Mapa de Suscetibilidade à Erosão Laminar



Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 6. Distribuição da Suscetibilidade à erosão laminar.

Classe	Suscetibilidade à erosão laminar	Porcentagem
I	Muito Alta Suscetibilidade	0,02%
II	Alta Suscetibilidade	17,39%
III	Média Suscetibilidade	1,55%
IV	Baixa Suscetibilidade	9,63%
V	Muito Baixa Suscetibilidade	71,41%

Fonte: Produzido pelo autor.

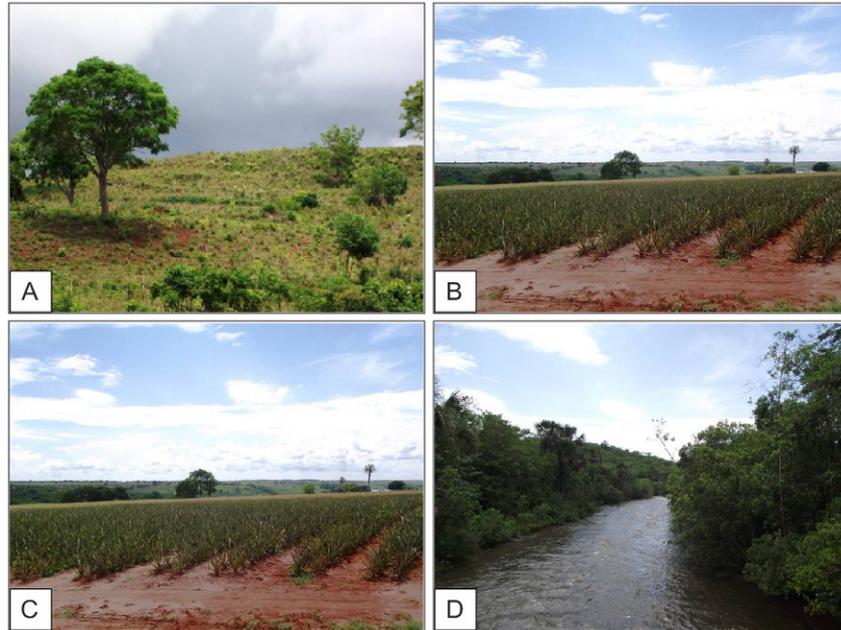
Apesar de menos de 20% da ACR Piedade apresentar alta e muito alta suscetibilidade à erosão laminar, elas ocorrem em locais muito próximos dos rios contribuintes diretos do reservatório e do próprio reservatório. Desse modo os sedimentos carreados desses locais tendem a chegar mais rapidamente ao reservatório, bem como diminui a probabilidade de que eles sejam acumulados ao longo do curso dos rios e córregos.

Segundo Lima (2007) os proprietários de terras Bacia do Rio Piedade têm na cultura do abacaxi e pecuária (Figura 9) sua maior fonte de renda, fato que se confirma na abordagem específica da ACR Piedade. Sendo assim, a ocupação do solo é intensa na região. A competitividade agrícola em busca de elevada produtividade exige dos produtores a intervenções no solo como a prática de correção de acidez, adubação, aragem, irrigação, uso de maquinários agrícolas, construção de estradas etc. o que pode muitas vezes resultar no agravamento dos processos erosivos e consequente aumento no aporte de sedimentos ao lago da PCH Piedade (LIMA, 2007).

De acordo com o mapa de uso e ocupação da terra (Figura 10), mais da metade da ACR Piedade é recoberta por culturas perenes, pastagens e culturas anuais, evidenciando a

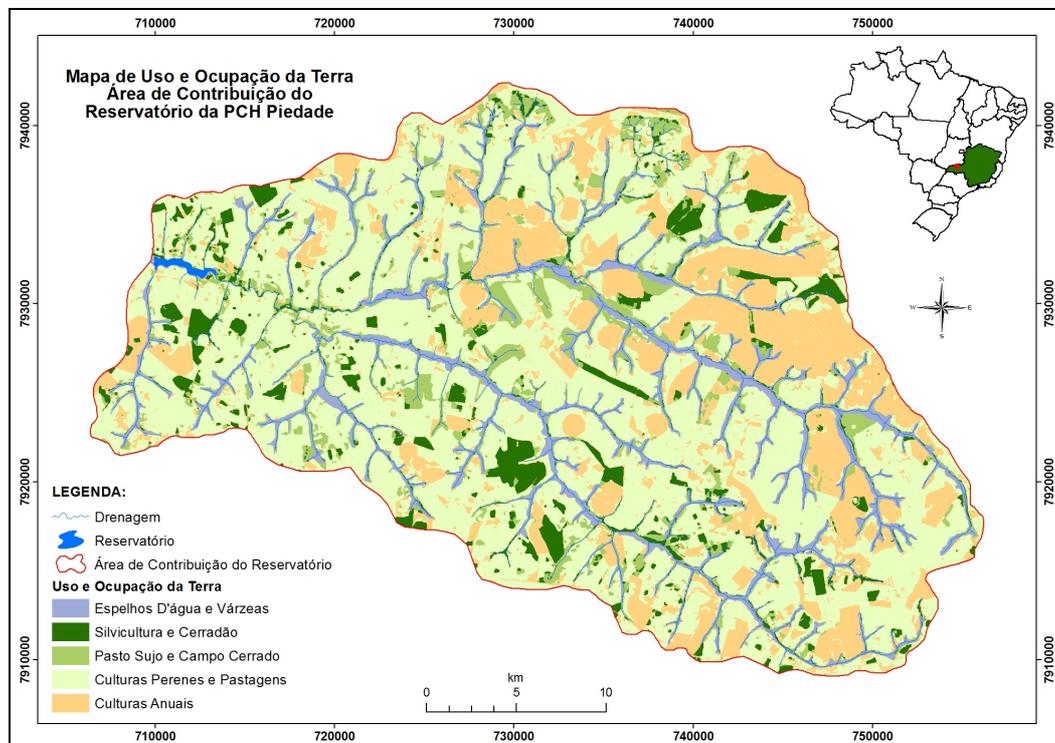
predominância de cobertura vegetal de baixo e médio porte, com intensa atividade antrópica (Tabela 7). Esse quadro é favorecido pelo tipo de solo e relevo propícios ao desenvolvimento de atividades agropecuárias.

Figura 9. Vista de diferentes usos da terra na ACR. (A)– pastagem; (B) – cultivo de abacaxi; (C) – cultivo de soja; (D) vegetação ciliar.



Fonte: Produzido pelo autor.

Figura 10. Mapa de Uso e Ocupação da Terra



A análise do mapa de uso e ocupação, relacionada à presença dos cursos d'água, evidencia a ausência de mata galeria em grande extensão da área. Esse fator também interfere de maneira

substancial no assoreamento, uma vez que, além de expor o solo a maior ação do impacto das gotas de chuva e ao escoamento linear, também fragiliza as margens dos rios que ficam mais vulneráveis à solapamentos, erosão e escorregamentos. A revegetação dessas áreas é fundamental, pois ameniza os fatores citados e estabelece um obstáculo aos sedimentos carregados ao longo da vertente.

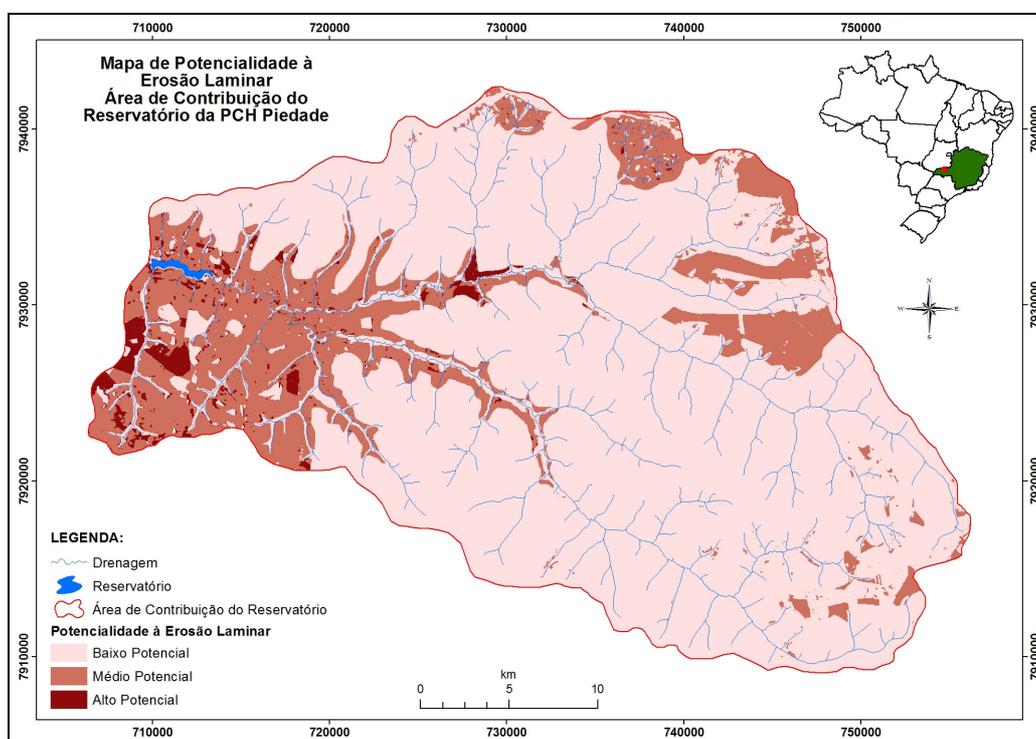
Tabela 7. Distribuição das classes de ocupação atual das terras

Classe de ocupação atual das terras	Tipos de uso	Porcentagem
I	Culturas anuais, área de preparo de plantio e solo exposto	22,89%
II	Culturas perenes, cana-de-açúcar e pastagem	53,62%
III	Pasto sujo e campo cerrado	8,69%
IV	Reflorestamento, capoeirão e florestas	6,13%
V	Espelhos d'água de várzeas	8,67%

Fonte: Produzido pelo autor.

Por meio cruzamento dos mapas de suscetibilidade à erosão laminar com o mapa dos usos e ocupação da terra, realizando a relação matricial desses elementos foi obtido o mapa de potencialidade à erosão laminar (Figura 11).

Figura 11. Mapa de Potencialidade à Erosão Laminar.



Fonte: Elaborado pelo autor.

De acordo com os dados verificou-se que a classe de baixo potencial a erosão laminar ocupa 77,78% da área. O médio potencial corresponde a 20,30% e incidem, sobretudo nas áreas de menor altitude e em manchas nas porções norte e nordeste da ACR Piedade. Com 1,92% as áreas de alta potencialidade à erosão laminar ocorrem apenas em pequenas manchas intercaladas às áreas de média potencialidade, condicionadas principalmente pelo tipo de uso da terra (Tabela 8)

Tabela 8. Distribuição da Potencialidade à erosão laminar

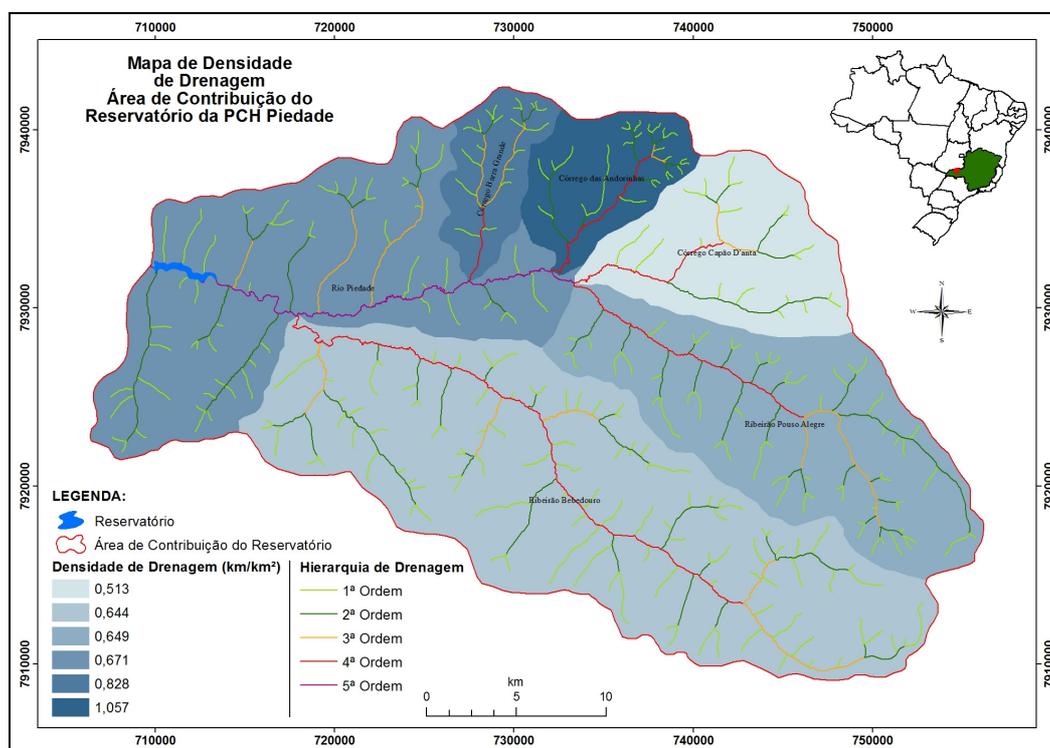
Classe	Potencialidade à erosão laminar	Porcentagem
I	Alto Potencial	1,92%
II	Médio Potencial	20,30%
III	Baixo Potencial	77,78%

Fonte: Produzido pelo autor.

Além dos fatores citados acima foram feitas considerações sobre a densidade de drenagem, que, como já foi mencionado, reflete a capacidade do terreno em absorver as águas pluviais. Desse modo considera-se que quanto maior a densidade de drenagem menor será a permeabilidade do terreno. Para realizar tal procedimento foi feita divisão da ACR Piedade em seis bacias hidrográficas com os rios de no mínimo 4ª ordem. Desse modo foram obtidas as seguintes bacias: Córrego Capão D'anta, Ribeirão Bebedouro, Ribeirão Pouso Alegre, Córrego Barra Grande, Córrego Andorinhas e Rio Piedade.

O índice de densidade de drenagem de bacias hidrográficas varia de 0,5 km/km², para bacias com drenagem pobre, a 3,5 ou mais para bacias excepcionalmente bem drenadas. (VILLELA; MATTOS, 1975). Nessa perspectiva a área de estudo demonstrou densidade pobre, com índices baixos que variam de 0,513 Km/Km² a 1,057 Km/Km² (Figura 12; Tabela 9). Sendo assim conclui-se que há uma boa permeabilidade no solo, não sendo este um fator que influencia na ampliação do assoreamento nos cursos d'água.

Figura 12. Mapa de Densidade de Drenagem.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 9. Distribuição da área ocupada por bacia

Bacia hidrográfica	Classe	Densidade (km/km ²)	Porcentagem
Córrego Barra Grande	II	0,828	4,18%
Córrego Capão D'anta	II	0,513	10,10%
Córrego das Andorinhas	II	1,057	5,69%
Ribeirão Bebedouro	II	0,644	37,46%
Ribeirão Pouso Alegre	II	0,649	19,16%
Rio Piedade	II	0,671	23,40%
Média - 0,727			-

Fonte: Produzido pelo autor.

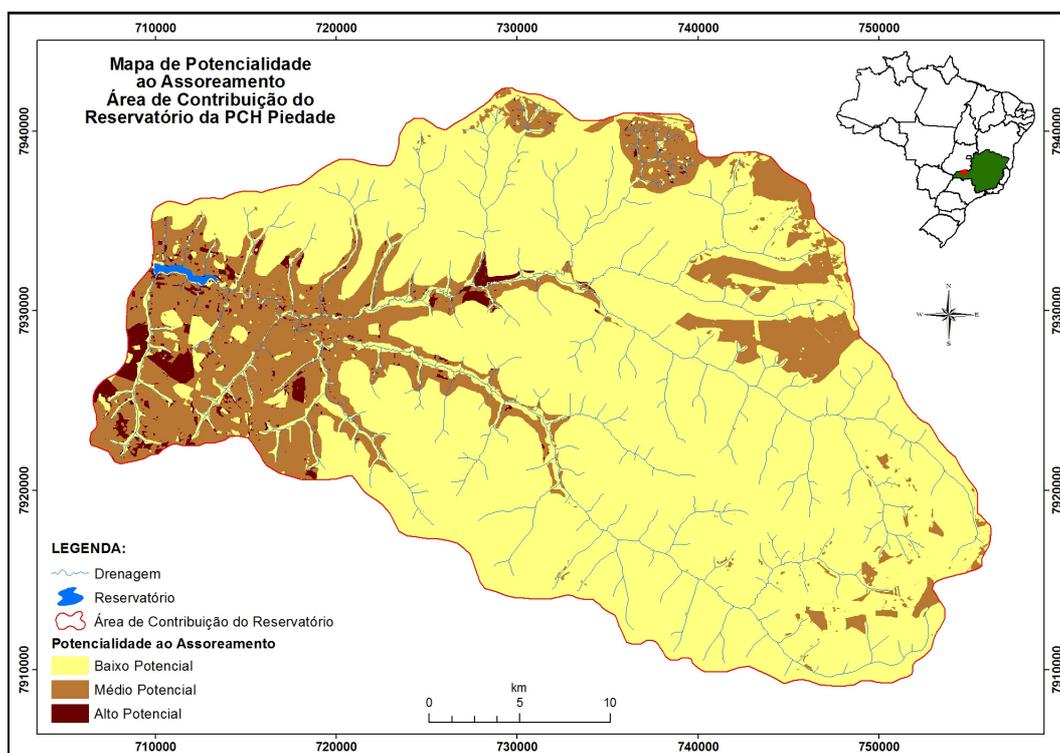
A distribuição dos diferentes graus de Potencialidade ao Assoreamento em relação ao mapa de potencialidade à erosão laminar não ocorreram modificações (Tabela 10), pois a densidade de drenagem foi inferior a 3,5Km/Km² em toda a ACR Piedade não interferindo no resultado (Figura 13).

Tabela 10. Distribuição da Potencialidade de contribuição ao assoreamento

Classe	Potencialidade de contribuição ao assoreamento	Porcentagem
I	Alto Potencial	1,92%
II	Médio Potencial	20,30%
III	Baixo Potencial	77,78%

Fonte: Produzido pelo autor.

Figura 13. Mapa de Potencialidade ao Assoreamento



Fonte: Elaborado pelo autor.

Diante da observação do mapa final de Potencialidade ao Assoreamento e comparando-se aos demais mapas, a maior probabilidade de remoção de materiais da superfície do terreno se dá pela ação do fluxo d'água linear, responsabilizando-se principalmente os usos agrícolas amplamente praticados na região e a cobertura morfo-pedológica. Este processo, responsável pelo aumento progressivo de remoção da carga sedimentar, poderá provocar o assoreamento de reservatórios instalados nos canais de drenagem, além de possibilitar a inutilização agrícola do solo.

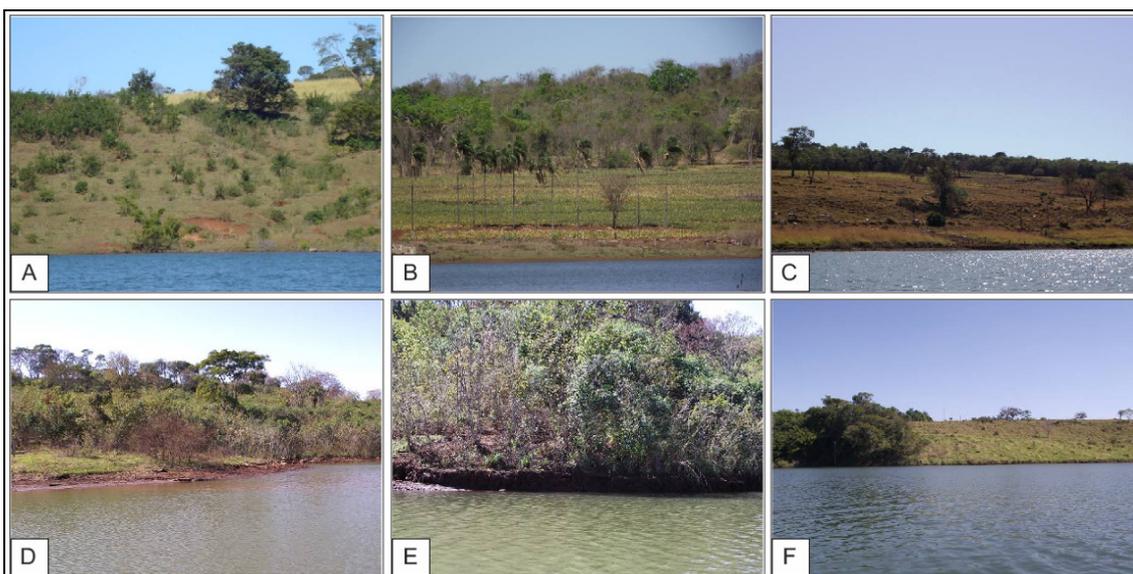
De acordo com a divisão das bacias na ACR todas apresentaram predominância de baixo potencial, no entanto as proporções foram diferentes potencialidades à geração de sedimentos:

- Bacia do Ribeirão Pouso Alegre: apresentou baixa contribuição com 92,6% de sua área com baixo potencial.
- Bacia do Ribeirão Bebedouro: apesar de 86,4% da área ter baixo potencial de contribuição de sedimentos, ele possui uma grande extensão e os 13,56% correspondente ao médio e alto potencial se concentra mais próximo a confluência com o Rio Piedade.
- Bacia do Córrego Barra Grande: tem 86,56% de baixo potencial, o médio e alto potencial se concentraram nas cabeceiras, influenciado principalmente pela declividade mais acentuada nesses locais.
- Bacia do Córrego Andorinhas: possui 74,6% de sua área com baixo potencial e assim como na Bacia do Córrego Barra Grande o médio e alto potencial se concentraram nas cabeceiras.

- Bacia do Córrego Capão D'anta: apresenta 72,91% com baixo potencial e quase todo restante da área tem médio potencial.
- A Bacia do Rio Piedade: apresentou 46,77% de sua área com médio e alto potencial. Revelando a área circundante do Rio Piedade com maior potencialidade à geração de sedimentos influenciada pelos fatores de cobertura pedogenética, declividade e uso e ocupação da terra.

Desse modo o entorno do reservatório apresenta diversas situações que tendem a intensificar a geração de sedimentos como demonstra as imagens a seguir (Figura 14).

Figura 14. Imagens das margens do reservatório. (A) – pastagem com presença de voçoroca; (B) – plantio de soja; (C) – pastagem; (D) e (E) mata ciliar e solapamentos; (E) mata ciliar e pastagem.



Fonte: Produzido pelo autor.

As margens do reservatório não estão protegidas por vegetação que impeça a chegada direta de sedimentos ao lago. As imagens apontam a ocorrência de uma voçoroca, pastagens nas quais há áreas de dessedentação de bovinos, cortes no relevo que provocam solapamentos, além da declividade mais acentuada.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise das potenciais áreas contribuintes ao assoreamento do reservatório da PCH Piedade, como base na metodologia adotada, demonstrou resultados satisfatórios diante dos objetivos propostos. Estes resultados serão de grande valia para estudos posteriores que poderão avaliar o assoreamento deste reservatório, permitindo uma melhor compreensão dos possíveis locais de aporte de sedimentos.

O mapeamento apontou para condições favoráveis ao controle do assoreamento quanto aos aspectos de declividade, que na maior parte da área é baixa, e a densidade de drenagem que traduz a capacidade de permeabilidade do solo.

Porém quanto à cobertura morfopedológica há uma predominância de baixa suscetibilidade à erosão laminar, mas é verificado na área próxima ao reservatório com cobertura extremamente suscetível à erosão laminar, sugerindo uma maior atenção. Interferindo diretamente no mapa de potencialidade à erosão laminar.

O uso e ocupação do solo são necessários uma atenção mais efetiva, pois a maior parte da área de estudo é ocupada por pastagens e culturas. Fator que juntamente com o tipo de cobertura morfopedológica contribui pra a potencial geração de sedimentos.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - ANEEL. Resolução n.º 394, de 4 de dezembro de 1998. Estabelece os critérios para o enquadramento de empreendimentos hidrelétricos na condição de pequenas centrais hidrelétricas. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, 7 dez. 1998.

AGRITEMPO. **Sistema de Monitoramento Agrometeorológico**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Disponível em: < <http://www.agritempo.gov.br/agroclima/sumario> >. Acesso em: maio de 2010.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia (MME). **Balço energético nacional 2012 – ano base 2011: relatório final**. Brasília, 2012. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/mme/galerias/arquivos/publicacoes/BEN/2_-_BEN_-_Ano_Base/1_-_BEN_Portugues_-_Inglxs_-_Completo.pdf>. Acesso em: 10 dez. 2012.

BACCARO, C.A.D. **Estudo dos processos geomorfológicos de escoamento pluvial em área de Cerrado - Uberlândia – MG**,1990, 164 f. Tese (Doutorado em Geografia. Área de concentração Geografia Física). FFLCH/USP, São Paulo, 1990

BOTELHO, R. G. M.; SILVA, A. S. Bacia Hidrográfica e Qualidade Ambiental. In: VITTE, A. C.; GUERRA, A. J. T. (org). **Reflexões sobre a Geografia Física no Brasil**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004. p.153-192

CABRAL, J. B. P. **Estudo do processo de assoreamento em reservatórios**. In: Caminhos de Geografia, 6, (14)62-69, fev. 2005

CARVALHO, N. O. **Hidrossedimentologia Prática**. CPRM e ELETROBRÁS. 2. ed. Rio de Janeiro, RJ. 384p. 2008

CAMPOS, R. Sobre transporte de sedimentos e assoreamento de reservatórios. In: **II Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste**. ABRH, Fortaleza, 1994.

COELHO NETO, A. L. Hidrologia de encontros na interface com a geomorfologia. In: GUERRA, A.J.T.; SILVA, A.S.; BOTELHO, R.G.M. (organização). **Erosão e Conservação dos Solos: conceitos, temas e aplicações**. 1. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia Fluvial**. São Paulo : Edgar Blucher, 1981.

CRUZ, L. M.; PINESE JÚNIOR, J. F.; RODRIGUES, S. C. Abordagem Cartográfica da Fragilidade Ambiental na Bacia Hidrográfica do Glória – MG. **Revista Brasileira de Cartografia**. n. 62/04, 2010. (Noprelo)

ELETROBRÁS/IPH. **Diagnóstico das condições sedimentológicas dos principais rios brasileiros**. Rio de Janeiro: Eletrobrás, 1992, 100 p.

ELETROBRÁS. **Informações sobre o setor elétrico**. Disponível em: www.ELETROBRÁS.gov.br. Acesso em: 11/06/2006

EMBRAPA **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária**. Sistema brasileiro de classificação de solo. Rio de Janeiro, Embrapa solos, 2006. 306p.

EMBRAPA. **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária**. Centro Nacional de Pesquisa em Solos - CNPS. Manual de métodos de análise de solos. Rio de Janeiro, 1987. 211 p. (EMBRAPA – CNPS. Documentos.

INFANTI, J.N.; FORNASARI, F.N. Processos de dinâmica superficial. In: Geologia de Engenharia. São Paulo: ABGE, 1998.

GEOMINAS. **Programa Integrado de Uso da Tecnologia de Geoprocessamento pelos Órgãos do Estado de Minas Gerais**. Disponível em: < <http://www.geominas.mg.gov.br/>>. Acesso em: jan. 2009.

GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. **Geomorfologia: Uma atualização de bases e conceitos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1995. 472 p.

- GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S.; BOTELHO, R. G. M. (Org.). **Erosão e conservação dos solos: conceitos, técnicas e aplicações**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999.
- GUERRA, A.T.; GUERRA, A.J.T. **Novo dicionário geológico-geomorfológico**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1997.
- GUIMARÃES, L. J. R. **Levantamento das Áreas Potenciais ao Assoreamento da Barragem Piraquara I**. Curitiba, 2008. 91 p Dissertação de mestrado – Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná.
- LIMA, J. D. **Mudanças Ambientais na Bacia Hidrográfica do Rio Piedade - Triângulo Mineiro (MG)**. 2007. 174 f. Tese (Doutorado)-Programa de Pós Graduação em Geografia. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007.
- MARANESI, D. A. **Avaliação Geoambiental em Áreas de Cerrado no Triângulo Mineiro para Implantação de Pequenos Reservatórios Superficiais de Água: Aplicação na Folha de Tupaciguara, MG (1:100.000)**. 2002. 141 f.Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2002.
- OLIVEIRA, P. C. A. de. **Cenários ambientais e diagnose da Bacia Hidrográfica do Córrego Guaribas, Uberlândia-MG**. 2009. 142 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2009. 142 p.
- RODRIGUES, S. C. Mudanças Ambientais na Região do Cerrado. Análise das Causas e Efeitos da Ocupação e Uso do Solo Sobre o Relevo. O Caso da Bacia Hidrográfica do Rio Araguari, MG. **GEOUSP – Espaço e Tempo**, São Paulo, n.12, p 105-124, 2002.
- ROSS, J. L. S. **Geomorfologia, Ambiente e Planejamento**. São Paulo: Contexto, 2. ed., 1991. 85p.
- _____. O registro cartográfico dos fatos geomórficos e a questão da taxonomia do relevo. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, n. 6, 1992. p. 17-29.
- _____. Análise Empírica da Fragilidade dos Ambientes Naturais e Antropizados. **Revista do Departamento de Geografia**. n. 8, FFLCH-USP, São Paulo, 1994.
- SILVA, Alexandre Marco; SCHULZ, Harry Edmar; CAMARGO, Plínio Barbosa. **Erosão e Hidrossedimentologia em Bacias Hidrográficas**. São Carlos : RiMa, 2003.
- SILVA, S. A. **Avaliação do assoreamento do lago Bonsucesso, Jataí-GO**. Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná. Dissertação de Mestrado em Geologia. Curitiba, 2007. 110 p.
- SUGUIU, K. **Introdução à Sedimentologia**. São Paulo, Edgard Blücher, Ed. Da Universidade de São Paulo, 1973.
- TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro, Superintendência de Recursos Naturais e Meio Ambiente, 1977.
- VILELA, S. M; MATTOS, A. **Hidrologia aplicada**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1975.