

Caracterização da fragilidade ambiental da sub-bacia do rio Congonhas, MG

RESUMO

Mariana Faria Veloso

mah_veloso7@hotmail.com
orcid.org/0000-0002-8368-7877

Universidade Estadual de Montes Claros (UNIMONTES), Montes Claros, Minas Gerais, Brasil.

Cristiano Marcelo Pereira de Souza

cristiano.souza@ufv.br
orcid.org/0000-0001-7692-1613

Universidade Estadual de Montes Claros (UNIMONTES), Montes Claros, Minas Gerais, Brasil.

Bruna Nogueira Rezende

bbrunarezende@hotmail.com
orcid.org/0000-0003-4337-9324

Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Montes Claros, Minas Gerais, Brasil.

A fragilidade ambiental é uma das ferramentas de estudos que permitem compreender e visualizar áreas vulneráveis ou não aos processos erosivos, e quando aliada ao uso impróprio dos recursos hídricos e ambientais potencializam os desastres naturais. Diante desse contexto, o objetivo do trabalho foi caracterizar a fragilidade ambiental da sub-bacia do rio Congonhas, MG, localizada entre os municípios de Grão Mogol e Itacambira, e tendo como projeto futuro a construção da barragem de Congonhas. A análise foi construída a partir do modelo SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*), dados oficiais e uma imagem de satélite Sentinel-2, e integradas ao ambiente SIG obteve as variáveis ambientais que influenciam nos processos erosivos. Através de informações de pluviosidade, declividade e tipos de solos da área gerou-se o Mapa de Fragilidade Potencial (MFP) e a partir da combinação deste mapa com as informações de uso e ocupação do solo obteve-se o Mapa de Fragilidade Emergente (MFE). Verificou-se que a maior parte da região possui nível de fragilidade (potencial e emergente) nas classes médias a muito forte. Já as áreas de média fragilidade ambiental ocupam 25,54% (MFP) e 18,88% (MFE) e as áreas de baixa fragilidade correspondem a 36,73% (MFP) e 32,55% (MFE). O modelo produzido gerou informações importantes para a gestão ambiental e planejamento territorial para futuros projetos governamentais, municipais e sociedade civil, incentivando o uso racional dos recursos naturais e principalmente, o monitoramento das áreas instáveis.

PALAVRAS-CHAVE: Processos Erosivos. Vulnerabilidade. Sistema de Informação Geográfica.

INTRODUÇÃO

O desenvolvimento econômico aliado ao avanço tecnológico promove o aumento da exploração dos recursos naturais, gerando alterações nos sistemas ambientais. Nesta perspectiva, torna-se fundamental planejar o espaço territorial, afim de analisar-se as potencialidades e fragilidades das áreas com intervenções antrópicas.

Os sistemas ambientais podem-se comportar de diversas formas às intervenções humanas na paisagem, como solo, relevo, cobertura vegetal, clima e hidrografia (VALLE; FRANCELINO; PINHEIRO, 2016). Mapear a fragilidade ambiental possibilita estabelecer áreas mais vulneráveis, que requerem maior atenção. O mapa de fragilidade é uma ferramenta essencial utilizada por órgãos públicos para se tomar decisões frente aos problemas ambientais, onde os componentes dos sistemas ambientais são avaliados de forma integrada, considerando suas potencialidades e limitações. Além disto, o uso de sistema de informação geográfica (SIG) é imprescindível, pois permite a rápida geração e correlação de informações ambientais (DONHA; SOUZA; SUGAMOSTO, 2006; FRANCO et al., 2012; SOUZA et al., 2012; VALLE; FRANCELINO; PINHEIRO, 2016).

Para a determinação da fragilidade, há diversos métodos propostos por (LINGJUAN, 1998; MANFRÉ et al., 2013). Contudo, a metodologia de Ross (1994) fundamenta-se na teoria da Ecodinâmica de Tricart (1977) que determina a fragilidade em duas categorias: (i) potencial, com base nas informações de relevo, clima e solo; (ii) emergente, que além de considerar variáveis citadas, utiliza-se o uso do solo e demonstra áreas fragilizadas associadas a ação antrópica. Estudos desse cunho já foram aplicados em diversos contextos ambientais (FURLAN; BONOTTO; GUIMIERE, 2011; SPÖRL; CASTRO; LUCHIARI, 2011; ADAMI et al., 2012; MANFRÉ et al., 2013; CEREDA; RÖHM, 2014; VALLE; FRANCELINO; PINHEIRO, 2016).

Em regiões que possuem fatores de susceptibilidade ambiental e uso impróprio dos recursos ambientais, potencializam os desastres naturais (MILANEZI; PEREIRA, 2016) e, portanto, estudos de fragilidade são necessários. Neste sentido, o norte de Minas Gerais é uma região afetada pela escassez hídrica, apresentando chuvas irregulares que dificultam o desenvolvimento regional (MELLO et al., 2007), além de apresentar áreas sujeitas a desertificação (ALMEIDA; NERY; LIMA, 2013; BRASIL, 2004).

Como alternativa aos problemas hídricos regionais do norte de Minas, obras de barragens são implantadas, a exemplo, a do rio Congonhas, que é um dos principais mananciais hídricos da região, sendo afluente do Rio Itacambiruçu, um dos mais significativos da margem esquerda do Rio Jequitinhonha. A obra é coordenada pelo Departamento Nacional de Obras Contra a Seca (DNOCS), é vista como uma alternativa para garantir o abastecimento de água para moradores de Montes Claros, Francisco Sá, Janaúba, Juramento e Capitão Enéas, além da revitalização da Bacia do Rio Verde Grande, sub-bacia do Rio São Francisco. O objetivo da construção é proporcionar os usos múltiplos da água, exercendo a função de geração de energia e abastecimento de água (DNOCS, 2018), o que torna o investimento com grande importância social, econômica e ambiental e exige estudos ambientais acerca das potencialidades da área.

Contudo, a implantação das obras de barragens na região pode intensificar os problemas ambientais, com a expansão de novas áreas irrigadas e aumento dos processos erosivos (SALLUN; SALUUN FILHO, KARMANN, 2008). Um estudo realizado na bacia do rio Tietê/ Jacaré, por Tundisi et. al. (2008), concluiu-se que em virtude do uso desordenado do solo, houve o comprometimento e contaminação dos corpos hídricos com um déficit na recarga pela falta de vegetação.

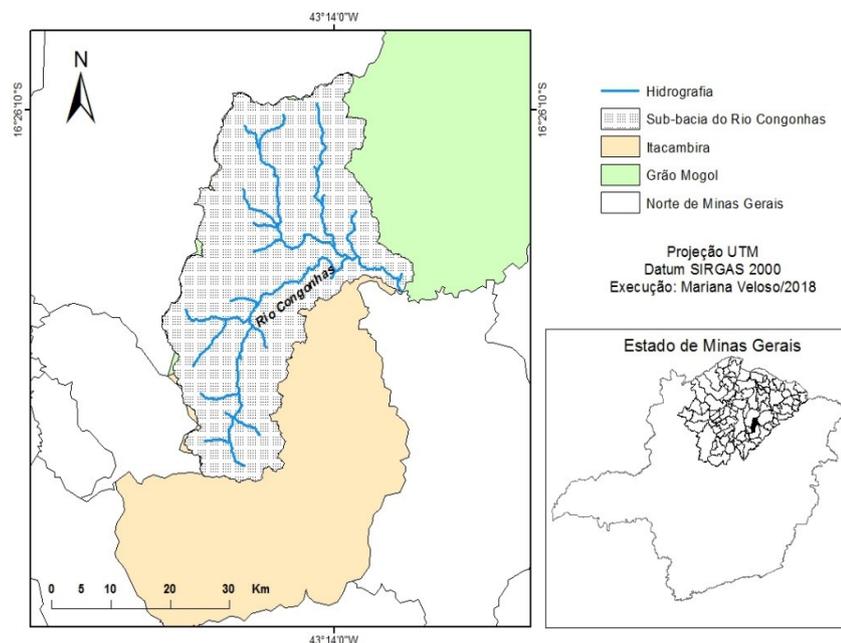
Diante desta problemática, o trabalho tem por objetivo determinar a fragilidade ambiental potencial e emergente da sub-bacia do rio Congonhas, através da ferramenta SIG por ser totalmente eficaz no monitoramento ambiental. O intuito é proporcionar subsídios para auxiliar projetos de recuperação, manejo e conservação de bacias hidrográficas.

METODOLOGIA

ÁREA DE ESTUDO

A sub-bacia do rio Congonhas está localizada entre os municípios de Grão Mogol e Itacambira com uma área de aproximadamente 1332,75 km² conforme a Figura 1. A área de estudo está inserida na bacia hidrográfica do Jequitinhonha. A região apresenta temperatura média anual de 20,45°C, e uma pluviosidade média anual de 1000 mm (CPRM, 2011). De acordo com a classificação de Köppen (1948), o clima dessa região é Aw, tropical quente.

Figura 1 - Mapa de localização da sub-bacia do rio Congonhas



Fonte: IBGE (2010).

VARIÁVEIS E DEFINIÇÃO DOS CRITÉRIOS

Para a obtenção dos mapas de fragilidade ambiental foram gerados mapas temáticos reclassificados de acordo com a metodologia Ross (1994) que consiste em uma análise de atributos dentro de uma hierarquia de classes de fragilidade. Essa hierarquia compreende uma escala que varia de 1 a 5, sendo 1 maior estabilidade e 5 maior vulnerabilidade. Os atributos utilizados como critério para a definição das classes foram os seguintes temas: precipitação média anual (mm/ano), declividade do terreno (%), classes de solos e uso/ocupação do solo.

Todas as análises foram realizadas em ambiente de SIG, o programa ArcGIS. A imagem de satélite utilizada no estudo foi Sentinel-2, sensor MSI (*Multispectral Instrument*), obtida através do *The Alaska Sar Facility* (ASF), referente ao período de julho do ano de 2018, devido à pouca presença de nuvens. A sub-bacia do rio Congonhas apresenta isoietas de pluviosidade média anual de 1000 mm distribuídas irregularmente e de acordo com Ross (2012) essa situação pluviométrica é caracterizada como distribuição anual desigual, com período seco entre 3 e 6 meses, e alta concentração das chuvas no verão entre novembro e abril, quando ocorrem 70% a 80% do total de chuvas. Dessa forma, foi atribuído um valor equivalente a 4 para toda a área da bacia.

Outro atributo importante da análise de fragilidade ambiental é a declividade, capaz de intensificar os processos erosivos, devido à transformação da energia potencial em energia cinética (CREPANI et al., 2001). A partir do Modelo Digital de Elevação (MDE) SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) de resolução 30 m, disponibilizado pela *United States Geological Survey* (USGS), foi elaborado o mapa de declividade do terreno. As classes de declividade foram definidas de acordo com a Embrapa (2006) e os critérios para hierarquização da vulnerabilidade estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 – Classes e níveis hierárquicos da variável declividade

| Níveis Hierárquicos | Declividade (%) | Área (%) |
|---------------------|------------------------------|----------|
| 1- Muito fraca | Plano (0-3) | 11,60 |
| 2- Fraca | Suave ondulado (3-8) | 35,09 |
| 3- Médio | Ondulado (8-20) | 44,32 |
| 4- Forte | Forte ondulado (20-45) | 8,75 |
| 5- Muito forte | Montanhoso e Escarpado (>45) | 0,24 |
| Total | | 100 |

Fonte: Autoria própria (2019).

Em relação aos processos pedológicos foi elaborado um mapa de solos com base no mapa de distribuição de solos do estado de Minas Gerais da Fundação Estadual do Meio Ambiente - FEAM. Após a importação da camada vetorial e a definição das classes sobre a área de estudo, a reclassificação foi feita de acordo com os critérios de Ross (1994) no quais os pesos foram atribuídos em função da fragilidade natural de cada classe de solo (Tabela 2).

Tabela 2 – Classes e níveis hierárquicos da variável classe de solos

| Níveis Hierárquicos | Declividade (%) | Área (%) |
|---------------------|---|----------|
| 4- Forte | Afloramento Rochoso | 7,40 |
| 4- Forte | Cambissolos Háplicos Tb Distroférricos | 52,22 |
| 2- Fraca | Latossolos Vernalho-Amarelo Distróficos | 37,54 |
| 1- Muito fraca | Latossolos Distróficos | 2,13 |
| 5- Muito forte | Neossolos Litólicos Distróficos | 0,71 |
| Total | | 100 |

Fonte: Autoria própria (2019).

O mapa de uso e ocupação do solo foi obtido através das imagens de satélite Sentinel-2, bandas 2, 3 e 4 para o ano de 2018. O algoritmo utilizado foi a Classificação de Máxima Verossimilhança (MAXVER) descrita como classificação supervisionada do tipo “pixel a pixel” em que analisam o espectro de cada pixel detectando regiões semelhantes. Foram definidas cinco classes: vegetação, culturas, solo exposto, pastagem e afloramento rochoso. A classe água não foi estabelecida devido a assinatura espectral muito semelhante a classe solo exposto e isso se configura devido a imagem ser do período seco e a baixa pluviosidade nos últimos anos. A Tabela 3 apresenta as classes e seus respectivos pesos e áreas de acordo com Ross (1994) e Crepani et. al (2001), e como também o percentual de área ocupada de cada classe.

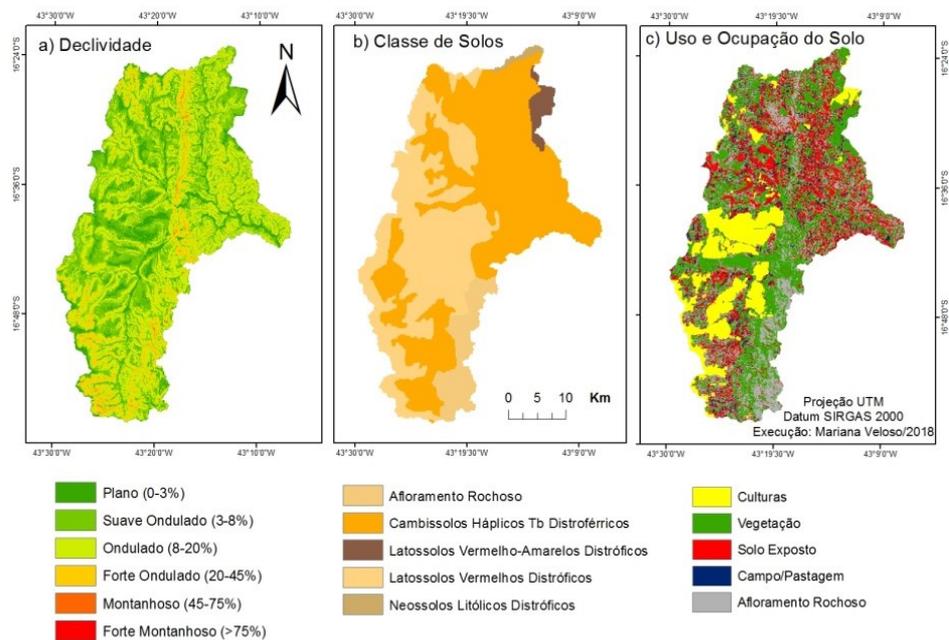
Tabela 3 – Níveis hierárquicos atribuídos a variável uso e ocupação do solo

| Níveis Hierárquicos | Declividade (%) | Área (%) |
|---------------------|-----------------|----------|
| 5- Muito forte | Afl. Rochoso | 19,86 |
| 4- Forte | Culturas | 17,48 |
| 3- Médio | Campos/Pasto | 6,32 |
| 5- Muito forte | Solo Exposto | 21,29 |
| 2- Fraca | Vegetação | 35,05 |
| Total | | 100 |

Fonte: Autoria Própria (2019).

A Figura 2 apresenta os mapas dos atributos de terrenos, somente o mapa da pluviosidade não foi representado devido ao valor de superfície continua em toda a área.

Figura 2 – Fragilidade ambiental dos atributos de terreno: (a) declividade; (b) classe de solos; (c) uso e ocupação do solo



Fonte: Autoria própria (2019).

MAPEAMENTO DA FRAGILIDADE AMBIENTAL

A fragilidade ambiental é resultante de dois mapas, fragilidade potencial e fragilidade emergente. Os atributos, precipitação, declividade, classe de solos e o uso/ocupação do solo teve suas informações sobrepostas e com base na metodologia Ross (1994) as variáveis são representadas hierarquicamente em cinco classes da vulnerabilidade ambiental: muito fraca (classe 1), fraca (classe 2), média (classe 3), forte (classe 4) e muito forte (classe 5).

Para a associação dos atributos e a elaboração dos mapas utilizou-se a função *raster calculator* do ArcGIS 10.2.2 em que uma equação é criada tendo assim as informações de cada atributo correlacionadas em uma análise simultânea dos mapas.

O mapa de fragilidade potencial (MFP) foi estabelecido conforme a equação:

$$\text{MFP} = \text{pluviosidade} * 0,25 + \text{declividade} * 0,45 + \text{solos} * 0,30 \quad (1)$$

A fragilidade ambiental emergente tem como resultado o mapa de fragilidade potencial mais o atributo de uso e ocupação do solo apresentando a seguinte equação:

$$\text{MFE} = \text{pluviosidade} * 0,15 + \text{declividade} * 0,25 + \text{solos} * 0,25 + \text{uso/ocupação} * 0,35 \quad (2)$$

Os pesos atribuídos em cada equação variam devido ao grau de importância de cada variável no contexto analisado.

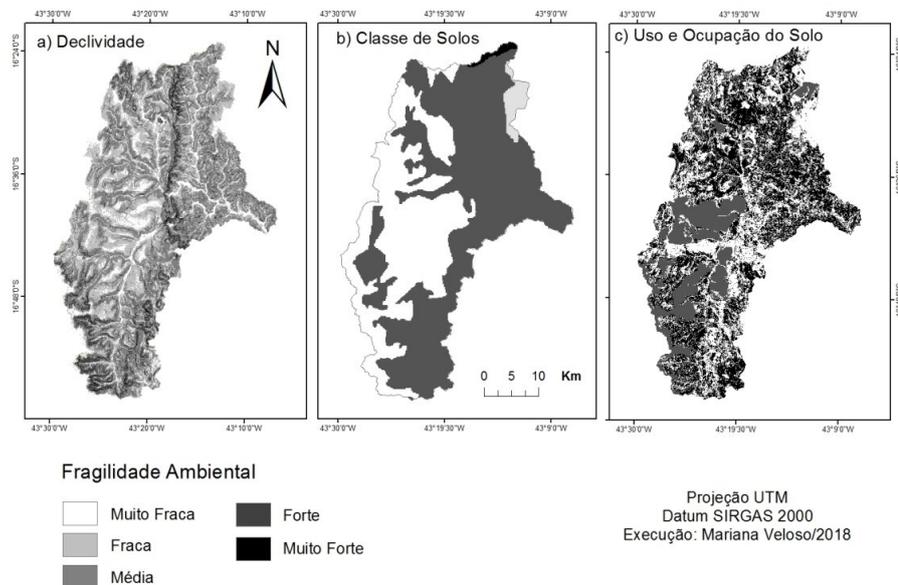
RESULTADOS E DISCUSSÃO

FRAGILIDADE DAS VARIÁVEIS

A sub-bacia do rio Congonhas está localizada em uma região semiárida dotada de irregularidades de chuvas e períodos longos de seca ao longo do ano. Nos últimos anos percebem-se precipitações abaixo da média no norte de Minas Gerais provocando longas estiagens (MOREIRA et al., 2016).

A vulnerabilidade forte – peso 4, atribuído a fragilidade ambiental a pluviosidade considera a influência do escoamento superficial das águas em uma superfície continua. Já as outras variáveis apresentam diferentes vulnerabilidades, dessa forma, são apresentadas as classificações de fragilidade nos mapas temáticos (Figura 3).

Figura 3 - Classificação da fragilidade ambiental dos atributos do terreno (declividade, classes de solos e uso e ocupação do solo)



Fonte: Autoria própria (2019).

Em relação ao mapa de declividade destaca-se o médio grau de vulnerabilidade ambiental associado às áreas de relevo ondulado que ocupa 44,32% da área total. Além disso, boa parte é composta por áreas planas e suaves ondulações, correspondendo a 11,6% e 35,09% respectivamente. Essa configuração favorece uma intensidade baixa a média dos processos erosivos. Entretanto, a associação das águas pluviais, solos desprovidos de cobertura vegetal e relevo ondulado propicia um aumento do escoamento superficial, o que pode acarretar maior erosão.

Os Cambissolos Háplicos predominam na área correspondendo 52,22% da área total (Figura 2). Esse tipo de solo propicia a ocorrência de processos erosivos, principalmente em situação de relevo mais movimentado, além de ser um solo raso, por vezes adensados e por vezes siltosos, fatores que geram baixa agregação e prevalência de escoamento superficial. Já solos considerados profundos e porosos apresentam grau mínimo de vulnerabilidade ambiental como os

Latosolos Vermelhos (Leme, 2007). Esse grau de fragilidade atribuído pode ser explicado pelo bom desenvolvimento dos processos pedológicos.

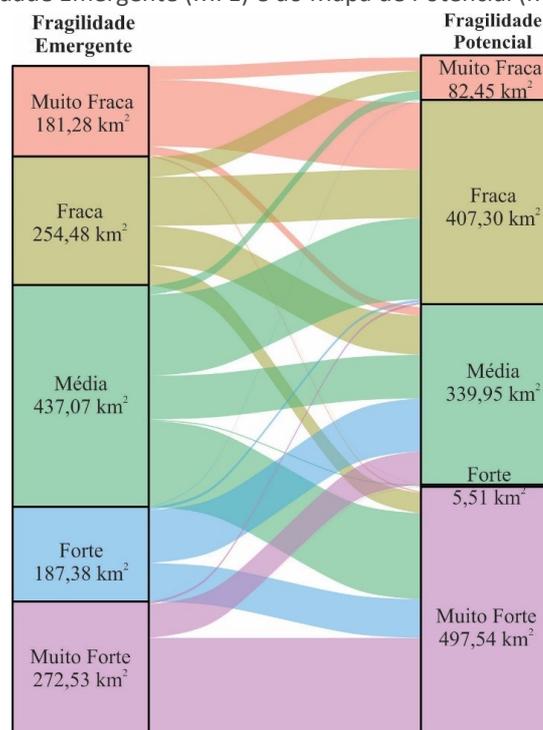
A hierarquização das classes de solos de acordo com Crepani et al. (2001), identifica-se alta vulnerabilidade em áreas onduladas e montanhosas e até mesmo em áreas planas. Nesse caso, associada à presença de Neossolos Litólicos (valor 5) que são pouco desenvolvidos, rasos e não hidro mórficos (EMBRAPA, 2006).

O uso e ocupação do solo influencia diretamente a ação dos agentes erosivos como o escoamento superficial e depósito de sedimentos nos mananciais podendo alterar a qualidade e a quantidade da água (VANZELA; HERNANDEZ; FRANCO, 2010). E os efeitos dessa ocupação foram apresentados em quatro classes de vulnerabilidade: fraca, média, forte e muito forte (35,05%, 21,29%, 21,35% e 22,31% da área total da sub-bacia, respectivamente).

FRAGILIDADE POTENCIAL E EMERGENTE

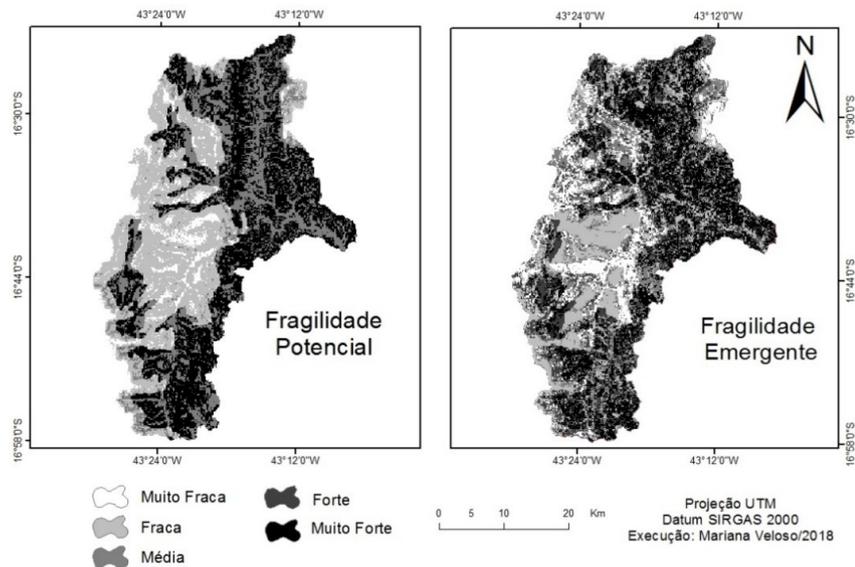
Através da integração das variáveis ambientais, a sub-bacia do rio Congonhas majoritariamente é representada pela classe de vulnerabilidade muito forte tanto para a fragilidade potencial como a emergente (Figura 4). Essa configuração está concentrada em áreas de solo exposto, pastos e campos localizados principalmente nas áreas de relevo mais acentuado (Figura 5).

Figura 4 – Gráfico de área (km²) e faixas de conversão dos níveis hierárquicos do Mapa de Fragilidade Emergente (MFE) e do Mapa de Potencial (MFP)



Fonte: Autoria própria (2019).

Figura 5 – Mapas de fragilidade ambiental potencial e emergente da sub-bacia do rio Congonhas, MG



Fonte: Autoria própria (2019).

A partir da Figura 4 e o Mapa de Fragilidade Potencial percebem-se as potencialidades e carências naturais da sub-bacia e as áreas de baixa vulnerabilidade correspondem a 36,73% da área e prevalecem em regiões com solos Latossolos Vermelho e Latossolos Vermelho-Amarelo, estes que ocupam quase 40% da área total.

Já as áreas de alta vulnerabilidade representam um pouco mais que as áreas de menor fragilidade, cobrindo 37,73% da área. Nota-se que a susceptibilidade alta abrange os locais de relevo forte ondulado, mas como também as regiões planas, porém a presença da classe de solo, Cambissolos, nessas áreas favorece uma maior erodibilidade (SILVA et al., 2009).

Em situação semelhante de declividade, a classe média de fragilidade com 25,54% da área total, ocorrem principalmente sobre a maior classe de relevo, os ondulados, porém a presença de Latossolos que são mais estáveis e resistentes a erosão (AYER et al., 2015) reduzi o grau de fragilidade.

O Mapa de Fragilidade Emergente demonstra que a presença da cobertura vegetal nas regiões de solo mais vulnerável minimiza a intensidade dos processos erosivos e, conseqüentemente reduz a fragilidade para níveis menores em áreas nas quais seria considerada de média a alta vulnerabilidade no MFP. Este fato já foi identificado em estudos de fragilidade em outras regiões como a bacia do rio Aldeia Velha, RJ na qual a presença da vegetação estabilizou os níveis altos de vulnerabilidade (VALLE; FRANCELINO; PINHEIRO, 2016).

A cobertura florestal é de suma importância na conservação do solo, sendo considerados juntamente ao manejo do solo os fatores mais eficientes na redução da perda de solo por erosão (SCHICK et al., 2000). Além disso, o desenvolvimento do porte aéreo com um alto índice de cobertura e produtividade de fitomassa amortecem melhor os impactos de gotas de chuvas reduzindo os processos erosivos (CARDOSO et al., 2012).

Parte da precipitação interceptada pelas copas da floresta é retida e outra é escoada pelos troncos, sendo que este chega ao solo tendo a capacidade de infiltração, fator que depende do tipo e do uso do solo (RODRIGUES et al., 2015). Os Latossolos são solos que variam a sua capacidade de infiltração de fortemente a bem drenados assegurando sobre os riscos de erosão (EMBRAPA, 2006), e se encontram em boa parte da sub-bacia em regiões ocupadas pelas culturas.

Embora a vegetação desempenhe um papel de proteção ao solo, caracterizada por interceptar a precipitação e aumentar a infiltração de água no solo (BACELLAR, 2005), parte do uso da bacia é com cultura de eucalipto. Por se tratar de uma planta exótica, origem australiana, os impactos ambientais dessa cultura no Brasil vêm sendo debatidas. A necessidade hídrica do eucalipto não distingue das plantas nativas e o impacto sob os recursos hídricos depende mais das características locais, principalmente do índice pluviométrico, do que as características fisiológicas da cultura (VITAL, 2007). O fator de consumo situa-se em torno de 80 a 1200 mm/ano, um volume pluviométrico inferior a esse fator tende ao déficit hídrico e superior, não tendem ao ressecamento do solo (VITAL, 2007).

Os impactos ambientais do plantio de florestas são mais evidentes quando realizados em grande escala desde que não ocupem mais de 20% da área da sub-bacia em que se localiza (CALDER, 2007). Em estudo realizado por Brown et al. (2007) em uma bacia hidrográfica na Austrália com cerca de 84.000 km², na qual, através de simulação por modelos hidrológicos verificaram a influência de 30.000 hectares (0,4% da área total) de plantações florestais e não foi notado nenhum efeito sob o rio principal. Em novas simulações, os autores notaram que 30.000 hectares localizados em uma das sub-bacias menores resultavam em uma redução do deflúvio desta sub-bacia e esta diminuição seria menos expressiva quando aos plantios estivessem localizados longe das áreas onde o lençol freático é mais superficial.

As plantações florestais presentes na sub-bacia do rio Congonhas compreendem em boa parte por eucalipto, ocupando 17,48% e, portanto, não apresentando impactos significativos. Esse fator não deve ser o único da avaliação de plantios, estudos sobre a água, solo e a biodiversidade devem ser avaliadas juntamente as condições de plantio, manejo e até mesmo da colheita, para que os recursos naturais sejam utilizados sustentavelmente, e essa avaliação seja realizada independente da cultura plantada.

As culturas em meio aos Latossolos e relevos inferiores a 20% amenizam a ação dos processos erosivos, apresentando fraca a média vulnerabilidade no MFE. Os pontos fortes de fragilidade se encontram em maioria nas áreas de solo exposto e afloramento rochoso que por não possuírem a cobertura vegetal favorece o escoamento superficial provocado pelas chuvas e conseqüentemente, a produção de sedimentos (SANTOS et al., 2000).

Em relação as pastagens, estas podem influenciar na maior susceptibilidade aos processos erosivos. Foi observado que onde havia este uso era acompanhado da redução da fragilidade. No entanto, isso pode não ser verdadeiro, pois há vários estágios de vigor das pastagens, e elevados níveis de degradação são acompanhados por aumento de processos erosivos (SOUZA et al., 2011; PASSOS et al., 2017). Portanto, novas formas de manejo e conservação do solo são necessárias, principalmente nas áreas de solo exposto e conseqüentemente diminuir a porcentagem de áreas de forte a muito forte nos MFP e MFE.

A presença de solo exposto, aumenta os níveis de fragilidade na bacia, esta classe ocupa 21,29%. Essas áreas de alta vulnerabilidade ambiental são formadas por uma exposição direta do solo e de pastos mal manejados. A retirada da vegetação e a compactação do solo por meio do gado geram susceptibilidade a erosão e quando em períodos chuvosos, a água pode escoar levando toda a superfície do solo e ao longo do tempo, os impactos da chuva com o solo transporta sedimentos em maior fluxo, podendo originar ravinas e evoluir para voçorocas (CARDOSO; PIRES, 2009). As áreas de solo exposto na sub-bacia de estudo se situam em boa parte em Cambissolos Háplicos que apresentam maior incidência para voçorocas, ou seja, maior relação voçoroca/quilômetro quadrado (GOMIDE; SILVA; SOARES, 2011).

O arrasto de sedimentos junto a fertilizantes e agroquímicos reduz a espessura do solo, a capacidade de retenção e redistribuição no perfil provocando assoreamento e poluição dos cursos d'água, o que compromete a perenidade dos rios (SANTOS; HERNANDEZ; ROSSETTI, 2010). Além da imagem Sentinel-2, outras duas ferramentas contribuíram para as análises: (i) a imagem de satélite WorldView-3 contribuindo para uma melhor acurácia da coleta dos pixels ao mapeamento de uso e ocupação do solo e (ii) o programa Google Earth, que possibilitou uma análise temporal do ano de 2009 a 2016, e desde então percebe-se que o rio Congonhas diminui a sua vazão e se encontra mais assoreado (Figura 5). Situação preocupante devido ao projeto de construção da barragem Congonhas que visa justamente complementar o abastecimento de água nas cidades próximas.

Figura 5 – Mosaico de duas imagens de satélite, a esquerda referente ao ano de 2009 e a direita, ao ano de 2016



Fonte: Google Earth (2019).

A construção de barragens provoca alterações no regime dos rios, transformando um ambiente lótico (rio) em lântico (lago) desequilibrando a estrutura físico-química e hidrobiológica do meio, o que pode gerar bastantes impactos negativos, seja a montante ou a jusante do barramento (BASTOS, 1998). Diante desse contexto, os responsáveis pela construção da barragem Congonhas devem estar atentos, pois além da vantagem do abastecimento de água, geração de energia e o uso múltiplo da água, os riscos são significativos.

De acordo com a Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010 que estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens e cria o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens, nas disposições do artigo 2º, para a condição de segurança, devem manter a integridade estrutural e operacional das

barragens, e como também a preservação da vida e o do meio ambiente. Portanto, a ação fiscalizadora dos órgãos ambientais junto a planos e relatórios é indispensável para o controle dos riscos e do uso múltiplo da água, para que o rio Congonhas não venha sofrer mais ainda com o assoreamento e baixa vazão fluvial prejudicando aqueles que venham a usufruir essa água.

Na área de estudo, regiões com Cambissolo Háplico e afloramentos rochosos, este devido ao alto relevo e a propensão do material a erosão, apresentaram os mais altos valores de fragilidade ambiental. Fatores como classe de solo e relevo são importantes para as tomadas de decisões sob as formas de ocupação do solo e do controle dos processos erosivos. Essas preocupações visam contribuir para a qualidade dos recursos hídricos e o abastecimento de água na região.

CONCLUSÕES

A análise da fragilidade ambiental da sub-bacia do rio Congonhas com a utilização dos recursos do SIG, como dados SRTM, ArcGis e Google Earth, permitiu classificar, quantificar e mapear a distribuição das variáveis ambientais pluviosidade, declividade, tipos de solo e uso/ocupação do solo presentes na área de estudo, assim como a vulnerabilidade das características topográficas, naturais e de intervenções antrópicas.

A sub-bacia de estudo foi diagnosticada com média a alta fragilidade ambiental indicando certa susceptibilidade de ocorrência de processos erosivos. O predomínio dessa classe se caracteriza pela grande extensão de Cambissolos Háplicos em relevos acentuados, e a presença significativa de áreas de solos expostos e afloramento rochoso. Dessa forma, o uso dos recursos naturais nessas áreas instáveis, deve ser limitado e normatizado com mais exigência a fim de proteger esses recursos, principalmente o rio Congonhas que tem como uma de suas funções o abastecimento de água através do projeto de barragem.

A importância da cobertura florestal para a estabilidade do ambiente é evidenciada no Mapa de Fragilidade Emergente, sendo capaz de reduzir as áreas de fragilidade alta. O predomínio de fragmentos florestais e floresta plantada (eucalipto), sendo esta sobre os solos Latossolos condicionam a essas áreas uma menor atuação dos processos erosivos. Portanto, deve ser incentivada a utilização racional destas áreas como a conservação e manejo das culturas, e a preservação ambiental. Dessa forma, foram identificadas áreas de grande vulnerabilidade natural à erosão, referente aos declives forte ondulados a montanhoso, e aos solos susceptíveis e pouco desenvolvidos na área de estudo.

A análise destas variáveis ambientais auxilia na gestão ambiental e planejamento territorial a fim de solucionar os conflitos socioambientais, como elaboração de projetos para a preservação de florestas e de práticas de contenção dos processos erosivos, juntamente, as companhias de desenvolvimento do governo, prefeituras municipais e organizações da sociedade civil. Neste sentido, a metodologia utilizada se mostra como uma importante ferramenta para a gestão pública.

Entretanto, estudos dessa natureza são eficientes na identificação de áreas de riscos naturais e antrópicos, representadas pela fragilidade potencial natural e de uso e ocupação das terras.

Characterization of the environmental fragility of the Congonhas river sub-basin, MG

ABSTRACT

Environmental fragility is one of the study tools that use and visualize areas that are vulnerable or not to erosive processes, and when combined with the allowed use of water and environmental potential natural disasters. Given this context, the objective of this work was to characterize the environmental fragility of the Congonhas river sub-basin, MG, located between the municipalities of Grão Mogol and Itacambira, and having as future project the construction of the Congonhas dam. The analysis was constructed using SRTM (Shuttle Radar Topography Mission), official data and a Sentinel-2 satellite image, and integrated to the GIS environment obtained the environmental variables that influence the erosive processes. Through information of rainfall, slope and types of soils of the area the Potential Fragility Map (MFP) was generated and by combining this map with land use and occupation information obtained in the Emerging Fragility Map (MFE). Most of the region has been found to have fragility levels (potential and emerging) in the medium to very strong class. The areas of medium environmental fragility occupy 25.54% (MFP) and 18.88% (MFE) and the low fragility areas correspond to 36.73% (MFP) and 32.55% (MFE). The model produced generated important information for environmental management and territorial planning for future governmental, municipal and civil society projects, encouraging the rational use of natural resources and, especially, the monitoring of unstable areas.

KEYWORDS: Erosive Processes. Vulnerability. Geographic Information System.

REFERÊNCIAS

ADAMI, S. F., MARQUES, R. C.; KOITI, M. C.; LEITE, J. F. M. Environmental Fragility and Susceptibility Mapping Using Geographic Information Systems: applications on Ribeirão do Pinhal watershed (Limeira, State of São Paulo). **Acta Scientiarum Technology**, v. 34, n. 1, p.433-440, 2012. <http://dx.doi.org/10.4025/actascitechnol.v34i4.10005>.

ALMEIDA, R. P., NERY, C. V. M., LIMA, F. A. Uso do Sensoriamento Remoto para Estudo da Susceptibilidade ao Processo de Desertificação na Região Semiárida do Norte de Minas Gerais. **Caminhos de Geografia**, v. 14, n. 47, p.162-168, 2013. Disponível em <<http://www.seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/22448>>. acessos em 22 abr. 2019.

AYER, J. B. E.; OLIVETTI, D.; MINCATO, R. L.; SILVA, M. L. N. Erosão Hídrica em Latossolos Vermelhos Distróficos. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 45, n. 2, p.180-191, 2015. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/pat/v45n2/1517-6398-pat-45-02-0180.pdf>>. acessos em 7 fev. 2019.

BACELLAR, L. A. P. 2005. O papel das florestas no regime hidrológico de bacias hidrográficas. **Geo.br**, v. 1, p.1-39, 2005. Disponível em: <<http://jararaca.ufsm.br/websites/deaer/download/VIVIEN/Texto06/exartigorevi sao.pdf>>. acessos em 4 mar. 2019.

BASTOS, R. K. X. Impactos da Construção de Centrais Hidrelétricas Relacionados com a Água: pressupostos para a avaliação e proposição de medidas mitigadoras. *In*: Simpósio Brasileiro de Pequenas e Médias Centrais Hidrelétricas, 1., 1998, Poços de Caldas. **Anais[...]** São Paulo: CMGB, 1998. p.63-75.

BRASIL, P. Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca. PAN-Brasil. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2004. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/estruturas/sedr_desertif/_arquivos/pan_brasil_portugu es.pdf>. acessos em 5 mar. 2019.

BROWN, A. E.; PODGER, G. M.; DAVIDSON, A. J.; DOWLING, T. I.; ZHANG, L. Predicting the Impact of Plantation Forestry on Water Users at Local and Regional Scales: an example for the Murrumbidgee River Basin. **Forest Ecology and Management**, v. 251, n. 1, p.82-93, 2007. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378112707004690>>. acessos em 22 fev. 2019. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2007.06.011>.

CALDER, I. R. Forests and Water - Ensuring Forest Benefits Outweigh Water Costs. **Forest Ecology and Management**, v. 251, n. 1, p.110-120, 2007. Disponível em:

<<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378112707004719>>. acessos em 20 fev. 2019. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2007.06.015>.

CARDOSO, R.; PIRES, L. V. Voçorocas: processos de formação, prevenção e medidas corretivas. In: Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, 13., 2009, Viçosa. **Anais[...]** Viçosa: s. ed. 2009. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/301552655_Vocorocasprocessos_de_formacao_prevencao_e_medidas_corretivas>. acessos em 20 jan. 2019.

CARDOSO, D. P.; SILVA, M. L. N.; CARVALHO, G. J.; FREITAS, D. A. F.; AVANZI, J. C. Plantas de Cobertura no Controle das Perdas de Solo, Água e Nutrientes por Erosão Hídrica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 6, p.632-638, 2012. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v16n6/v16n06a07.pdf>>. acessos em 24 jan. 2019.

CEREDA, A., RÖHM, S. A. Analysis of Environmental Fragility Using Multi-Criteria Analysis (MCE) for Integrated Landscape Assessment. **Journal of Urban and Environmental Engineering**, v. 8, n. 1, p.28-37, 2014. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/271700344_Analysis_of_Environmental_Fragility_Using_Multi-Criteria_Evaluation_Analysis_MCE_for_Integrated_Landscape_Assessment>. acessos em 27 fev. 2019. <https://doi.org/10.4090/juee.2014.v8n1.028037>.

COSTA, C. W.; PIGA, F. G.; MORAES, M. C. P.; DORICI, M.; SANGUINETTO, E. C.; LOLLO, J. A.; MOSCHINI, L. E.; LORANDI, R.; OLIVEIRA, L. J. 2015. Fragilidade Ambiental e Escassez Hídrica em Bacias Hidrográficas: Manancial do rio das Araras – Araras, SP. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 20, n. 4, p.946–958, 2015. Disponível em: <<https://www.abrh.org.br/SGCv3/index.php?PUB=1&ID=156&SUMARIO=5120>>. acessos em 25 fev. 2019. <https://doi.org/10.21168/rbrh.v20n4.p946-958>.

CREPANI, E.; MEDEIROS, J. S.; HERNANDEZ, P.; FLORENZANO, T. G.; DUARTE, V.; BARBOSA, C. C. F. **Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento Aplicados ao Zoneamento Ecológico-Econômico e ao Ordenamento Territorial**. São José dos Campos, SP. Ed. INPE, 2001, p.103. Disponível em: <<http://sap.ccst.inpe.br/artigos/CrepaneEtAl.pdf>>. acessos em 20 dez. 2018.

CPRM – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. Levantamento da Geodiversidade: projeto atlas pluviométrico do Brasil, isoietas anuais médias períodos 1977 a 2006. Brasília, 2011. p.2. Disponível em: <<http://www.cprm.gov.br/publique/Hidrologia/Mapas-e-Publicacoes/Atlas-Pluviometrico-do-Brasil-1351.html>>.

DNOCS. Departamento Nacional de Obras Contra as Secas. Disponível em: <<https://www2.dnocs.gov.br/gab-cs/3135-noticia-site-antigo-3572>>. acessos em 20 nov. 2018.

DONHA, A. G., SOUZA, L. D. P., SUGAMOSTO, M. L. Determinação da Fragilidade Ambiental Utilizando Técnicas de Suporte à Decisão e SIG. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 10, n. 1, p.175-181, 2006. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v10n1/v10n1a26>>. acessos em 20 jan. 2019.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2 ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 2006.

FRANCO, G. B.; BETIM, L. S.; MARQUES, E. A. G.; GOMES, R. L.; CHAGAS, C. S. Relação Qualidade da Água e Fragilidade Ambiental da Bacia do Rio Almada, Bahia. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 42, n. 1, p.114-127, 2012. Disponível em: <<http://www.ppegeo.igc.usp.br/index.php/rbg/article/view/8004/7428>>. acessos em 2 mar. 2019. <http://dx.doi.org/10.5327/Z0375-75362012000500010>.

FURLAN, A.; BONOTTO, D. M.; GUMIERE, S. J. Development of Environmental and Natural Vulnerability Maps for Brazilian Coastal at São Sebastião in São Paulo State. **Environmental Earth Sciences**, v. 64, n. 3, p.659-669, 2011. Disponível em: <<https://repositorio.unesp.br/handle/11449/25179>>. acessos em 11 jan. 2019.

GOMIDE, P. H. O.; SILVA, M. L. N.; SOARES, C. R. O. F. S. 2005. Atributos Físicos, Químicos e Biológicos do Solo em Ambientes de Voçorocas no Município de Lavras – MG. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, n. 2, p.567-577, 2005. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-06832011000200026&script=sci_abstract&tlng=pt>. acessos em 5 fev. 2019. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832011000200026>.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Sinopse do Censo Demográfico 2011. Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: <www.ibge.gov.br>. acessos em 9 jan. 2019.

KÖPPEN, W. **Climatologia: con un studio de los climas de la Tierra**. 1 ed. México: Fundo de Cultura Econômica, 1948. 478p.

LEME S. M. **Relevo, Processos Geocológicos e Sócio/Reprodutores e a Fragilidade Ambiental da Bacia do Ribeirão Piracicamirim/SP**. 2007. 194 f. Tese (Doutorado em Geografia), Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/8/8135/tde-18022008-110758/pt-br.php>>.

LINGJUAN, Z. Y. Z. Study on Method of Quantitative Assessment of Fragile Environment. **Scientia Geographica Sinica**, v. 1, 1998. Disponível em: <http://en.cnki.com.cn/Article_en/CJFDTOTAL-DLKX801.010.htm>. acessos em 5 mar. 2019.

MANFRÉ, L. A., DA SILVA, A. M., URBAN, R. C., RODGERS, J. Environmental Fragility Evaluation and Guidelines for Environmental Zoning: A study case on Ibiuna (the southeastern brazilian region). **Environmental Earth Sciences**, v. 69, n. 3, p.947-957, 2013. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007/s12665-012-1979-2>>. acessos em 20 jan. 2019. <http://dx.doi.org/10.1007/s12665-012-1979-2>.

MELLO, C. R., SÁ, M. A. C., CURTI, N., MELLO, J. M., VIOLA, M. R., SILVA, A. M. Erosividade Mensal e Anual da Chuva no Estado de Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 4, p.537-545, 2007. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100204X2007000400012&script=sci_abstract&tlng=pt>. acessos em 24 fev. 2019. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2007000400012>.

MILANEZI, C. H. S.; PEREIRA, J. G. Caracterização da Vulnerabilidade Ambiental na Microbacia do Córrego Azul, Ivinhema – MS. **Geografia (Londrina)**, v. 25, n. 1, p.43-63, 2016. Disponível em: <<http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/geografia/article/view/21726>>. acessos em 4 mar. 2019. <http://dx.doi.org/10.5433/2447-1747.2016v25n1p43>.

MOREIRA, A. A.; GUASSELLI, L. A.; SILVA FILHO, L. C. P.; ANDRADE, A. C. F.; ARRUDA, D. C. Índice de Condição da Vegetação (VCI) para Mapeamento de Seca no Norte do Estado de Minas Gerais. In: XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 17., 2015, João Pessoa. **Anais[...]** João Pessoa: INPE, 2015. p.1-7.

PASSOS, R. R., COSTA, L. M., ASSIS, I. R., SANTOS, D. A., RUIZ, H. A., PRATA, G. L. A. D. O., VAZ, A. F. Least Limiting Water Range of Udox Soil Under Degraded Pastures on Different Sun-Exposed Faces. **International Agrophysics**, v. 31, n. 3, p.393-400, 2017. Disponível em: <<https://content.sciendo.com/view/journals/intag/31/3/article-p393.xml>>. acessos em 7 mar. 2019. <https://doi.org/10.1515/intag-2016-0066>.

RODRIGUES, V. A.; SÁNCHEZ-ROMÁN, R. M.; TARJUELO, J. M.; SARTORI, M. M. P.; CANALES, A. R. Avaliação do Escoamento e Interceptação da Água das Chuvas. **Revista Irriga**, Botucatu, v. especial, p.1-13, 2015. Disponível em: <<http://irriga.fca.unesp.br/index.php/irriga/article/view/1054>>. acessos em 7 mar. 2019. <https://doi.org/10.15809/irriga.2015v1n1p01>.

ROSS, J. L. S. Análise Empírica da Fragilidade dos Ambientes Naturais e Antropizados. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 8, n. 6, p.63-74, 1994.

Disponível em: <<http://www.revistas.usp.br/rdg/article/view/47327>>. acessos em 20 nov. 2018. <https://doi.org/10.7154/RDG.1994.0008.0006>.

ROSS J. L. S. Landforms and Environmental Planning: potentialities and fragilities. **Revista do Departamento de Geografia**, v. especial RDG 30 anos, n. 1, p.38-51, 2012. Disponível em: <<http://www.revistas.usp.br/rdg/article/view/53841>>. acessos em 18 dez. 2018. <https://doi.org/10.7154/RDG.2012.0112.0003>.

SALLUN, A. E. M.; SALLUM FILHO, W.; KARMANN, I. Diagnóstico do Meio Físico da Bacia Hidrográfica do Rio Congonhas, MG. **Geonomos**, v. 16, n. 1, p.37-50, 2008. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/291258231_DIAGNOSTICO_DO_MEIO_FISICO_DA_BACIA_HIDROGRAFICA_DO_RIO_CONGONHAS_MG>. acessos em 1 dez. 2018. <https://doi.org/10.18285/geonomos.v16i1.92>.

SANTOS, C. A. G.; KOICHI, S.; WATANABE, M.; SRINIVASAN, V. S. Influência do Tipo da Cobertura Vegetal Sobre a Erosão no Semi-Árido Paraibano. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 4, n. 1, p.92-96, 2000. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662000000100017&lng=pt&tlng=pt>. acessos em 5 fev. 2019. <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662000000100017>.

SANTOS, G. O.; HERNANDEZ, F. B. T.; ROSSETTI, J. C. Balanço Hídrico como Ferramenta ao Planejamento Agropecuário para a Região de Marinópolis, Noroeste do Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 4, n. 3, p.142-149, 2010. Disponível em: <<http://www.inovagri.org.br/revista/index.php/rbai/article/view/32>>. acessos em 20 mar. 2019. <http://dx.doi.org/10.7127/RBAI.V4N300010>.

SCHICK, J.; BERTOL, I.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; BATISTELA, O. Erosão Hídrica em Cambissolo Húmico Alumínico Submetido a Diferentes Sistemas de Preparo e Cultivo do Solo: I. Perdas de solo e água. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 24, n. 2, p.427-436, 2000. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-06832000000200019&script=sci_abstract&tlng=pt>. acessos em 9 mar. 2019. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832000000200019>.

SILVA, A. M.; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; AVANZI, J. C.; FERREIRA, M. M. Erosividade da Chuva e Erodibilidade de Cambissolo e Latossolo na Região de Lavras, Sul de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, n. 6, p.1811-1820, 2009. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832009000600029&lng=pt&tlng=pt>. acessos em 18 fev. 2019. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832009000600029>.

SOUZA, C., FRANCO, G., GOMES, R., MARQUES, E., CHAGAS, C. Zoneamento AgroEcológico da Bacia Hidrográfica do Rio Almada (Bahia) com Uso de Sistema de Informação Geográfica. **Espaço e Geografia**, v. 15, n. 1, p.207-227, 2012. Disponível em:

<https://www.researchgate.net/publication/275584593_ZONEAMENTO_AGROECOLOGICO_DA_BACIA_HIDROGRAFICA_DO_ALMADA_BAHIA_COM_USO_DE_SISTEMA_DE_INFORMACAO_GEOGRAFICA>. acessos em 9 fev. 2019.

SOUZA, C. M. P., MOREAU, M. S., MOREAU, A. M. S. D. S., FONTES, E. D. O. Níveis de Degradação de Pastagens da Bacia do Rio Colônia-BA com Uso de Imagens Landsat 5TM. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 3, p.228-243, 2011. Disponível em:

<https://www.researchgate.net/publication/275584591_Niveis_de_Degradacao_de_Pastagens_da_Bacia_do_Rio_Colonia-BA_com_Uso_de_Imagens_LANDSAT_5TM_Degradation_Level_of_Grassland_of_River_Basin_Colombia-BA_Using_Landsat_5_TM>. acessos em 9 mar. 2019. <http://dx.doi.org/10.26848/rbgf.v3i3.232685>.

SPÖRL, C., CASTRO, E., LUCHIARI, A. Aplicação de Redes Neurais Artificiais na Construção de Modelos de Fragilidade Ambiental. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 21, n. 1, p.113-135, 2011. Disponível em: <<http://www.revistas.usp.br/rdg/issue/view/3927>>. acessos em 15 mar. 2019. <https://doi.org/10.7154/RDG.2011.0021.0006>.

TRICART, J. Ecodinâmica. Rio de Janeiro: IBGE, Diretoria Técnica, SUPREN, Rio de Janeiro, 1977. 91p.

TUNDISI, J. G.; TUNDISI, T. M.; PARESCHI, D. C.; LUZIA, A. P.; HAELING, P. H. V.; FROLINNI, E. H. A Bacia Hidrográfica do Tietê/Jacaré: estudo de caso em pesquisa e gerenciamento. **Estudos Avançados**, v. 22, n. 63, p.159-172, 2008. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-40142008000200010&script=sci_abstract&lng=pt>. acessos em 29 jan. 2019. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-40142008000200010>.

VALLE, I. C.; FRANCELINO, M. R.; PINHEIRO, H. S. K. Mapeamento da Fragilidade Ambiental na Bacia do Rio Aldeia Velha, RJ. **Floresta e Ambiente**, v. 23, n. 2, p.295-308, 2016. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2179-80872016000200295&lng=en&nrm=iso&lng=pt>. acessos em 24 set. 2018. <https://doi.org/10.1590/2179-8087.107714>.

VANZELA, L. S.; HERNANDEZ, F. B. T.; FRANCO, R. A. M. Influência do Uso e Ocupação do Solo nos Recursos Hídricos do Córrego Três Barras, Marinópolis. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 1, p.55-64, 2010. Disponível em: <<http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1415->

[43662010000100008&script=sci_abstract&tlng=pt](http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662010000100008)>. acessos em 20 jan. 2019.
<http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662010000100008>.

VITAL, M. H. F. Impacto Ambiental de Florestas de Eucalipto. **Revista do BNDES**, v. 14, n. 28, p.235-276, 2007. Disponível em: <<http://web.bndes.gov.br/bib/jspui/handle/1408/12554>>. acessos em 19 fev. 2019.

Recebido: 23 abr. 2019

Aprovado: 21 fev. 2020

DOI:

Como citar: VELOSO, M, F.; SOUZA, C, N, P.; REZENDE, B, N.. Caracterização da fragilidade ambiental da sub-bacia do rio Congonhas, MG. **R. bras. Geom.**, Curitiba, v. 8, n. 2, p. 089-108, abr/jun. 2020. Disponível em: <<https://periodicos.utfpr.edu.br/rbgeo>>. Acesso em: XXX.

Correspondência:

Mariana Faria Veloso

Rua Germano Gonçalves, 696 A, CEP 39400-352, Montes Claros, Minas Gerais, Brasil.

Direito autoral: Este artigo está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.

