

## **Avaliação da Vulnerabilidade Ambiental em uma Microbacia do Rio Itabapoana: Estudo de Caso**

*Assessment of Environmental Vulnerability in a Watershed of the Itabapoana River: Case Study*

*Evaluación de la Vulnerabilidad Ambiental en una Cuenca del Río Itabapoana: Estudio de Caso*

José Geraldo Ferreira da Silva<sup>1</sup>  
Giuliano Grigolin<sup>2</sup>  
Klayton Bahiense Barros<sup>3</sup>

**Resumo:** O uso e ocupação do solo sempre influenciaram na composição do arranjo ambiental nas bacias hidrográficas. Este trabalho objetivou avaliar a evolução da vulnerabilidade ambiental da microbacia do Córrego Jordão, na Bacia do Rio Itabapoana, adotando técnicas de geoprocessamento, por meio de cruzamento de informações, para identificar as áreas críticas e com maior risco à ocorrência de erosão.

**Palavras-chave:** Degradação Ambiental; Desertificação; Erosão; Geoprocessamento; Sensoriamento Remoto.

**Abstract:** The use and occupation of land have always influenced the composition of the environmental arrangement in watersheds. In this intercurrence, the objective was to assess the evolution of environmental vulnerability in the Córrego Jordão microbasin, adopting geoprocessing techniques, through the crossing of information, to identify the critical areas and those with the greatest risk to the occurrence of erosion.

**Key-words:** Environmental Degradation; Desertification; Erosion; Geoprocessing; Remote sensing.

**Resumen:** El uso y ocupación de la tierra siempre ha influido en la composición del ordenamiento ambiental en las cuencas hidrográficas. En esta intercurrencia, el objetivo fue evaluar la evolución de la vulnerabilidad ambiental en la microcuenca Córrego Jordão, adoptando técnicas de

---

<sup>1</sup> Centro Universitário Vale do Cricaré, UniVC (j.geraldo525@gmail.com). ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8478-4196>

<sup>2</sup> Instituto de Defesa Agropecuária e Florestal do Espírito Santo (IDAF) (coordenador@geobases.es.gov.br). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1369-3307>

<sup>3</sup> Instituto Estadual de Meio Ambiente e de Recurso Hídrico (IEMA) (engklaytonbahiense@gmail.com). ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4406-0606>

geoprocessamento, a través del cruce de información, para identificar las áreas críticas con mayor riesgo de erosión.

**Palabras-llave:** Degradación ambiental; Desertificación; Erosión; Geoprocessamento; Detección remota.

## 1. Introdução

Dentre os diversos problemas de degradação ambiental encontrados em bacias hidrográficas, Franco (2001) ressalta que, mesmo sendo conhecido o potencial destrutivo das formas de ocupação do espaço, dos sistemas produtivos e das formas de exploração dos recursos naturais há vários anos, somente a partir da década de 70 a problemática ambiental passou a sensibilizar e a preocupar a sociedade em nível mundial, devido à manifestação de um conjunto de sinais, os quais anunciavam a insustentabilidade do desenvolvimento planetário pelos caminhos percorridos principalmente pelos países desenvolvidos.

O Brasil tem apresentado sinais evidentes, em diversas áreas, de acelerado processo erosivo, mas ainda dispendo de uma boa produtividade agrícola para atender a demanda da sociedade, principalmente devido a grande quantidade de terras existentes ainda para serem exploradas.

Segundo Lepsch (2011), com os avanços descontrolados do sistema agropecuário sobre novas fronteiras agrícolas, os terrenos têm apresentado indícios de processos erosivos.

Vale lembrar que, o Plano de Ação Nacional do Brasil de Combate à Desertificação - PAN-BRASIL (2004, p. 35) mostra que, no território nacional, há quatro “Núcleos de Desertificação”, reconhecidos pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA), a saber: Gilbués-PI, Irauçuba-CE, Seridó-RN e Cabrobó-PE.

Daí a importância da implementação do PAN-BRASIL em relação, sobretudo, à proteção das Áreas Susceptíveis à Desertificação (ASD), as quais “cobrem uma superfície de 1.340.863 km<sup>2</sup>, abrangendo um total de 1.488 municípios nos nove Estados do nordeste, além do norte de Minas Gerais e do norte do Espírito Santo” (ATLAS, 2007, p. 18).

Nessa perspectiva, reitera Santos (2004, p.85) que “toda ocorrência de evento em uma bacia hidrográfica, de origem antrópica ou natural, interfere na dinâmica desse sistema, na quantidade dos cursos de água e sua qualidade”.

É tácito que os fatores naturais, estão diretamente ligados ao meio antrópico, social, cultural e político, onde alterações negativas na vegetação natural, como impermeabilizações e

contaminações do solo e da água, podem influenciar de maneira direta a bacia.

Em Presidente Kennedy, ES, assim como em uma grande parte da bacia do Rio Itabapoana, a erosão do solo é vista com muita frequência e em vários estágios.

Por esta razão, torna-se importante identificar a dinâmica do processo de uso e ocupação do solo deste município, na perspectiva de serem formulados mapas temáticos correspondentes ao processo erosivo do solo, visto que somente com um acompanhamento das mudanças ocorridas ao longo do tempo, se tornará possível uma análise dos efeitos da atividade humana sobre a dinâmica e organização do espaço em questão.

Os solos, em muitos casos, principalmente devido a ação antrópica, apresentam processos erosivos que, se não forem controlados podem culminar em processos mais avançados. Este fato leva ao depauperamento dos solos, tornando-os improdutivos.

As grandes áreas de solos expostos, principalmente no Sul do Estado do Espírito Santo, são motivo de preocupação dos especialistas, pois estas áreas degradadas vêm se ampliando cada vez mais. Neste sentido, este trabalho teve como objetivo avaliar a evolução da vulnerabilidade ambiental da microbacia do Córrego Jordão, localizada no município de Presidente Kennedy, ES, ao longo dos anos.

Desta forma, foram elaborados mapas visando a classificar a vulnerabilidade ambiental na região da microbacia do Córrego Jordão, prospectando áreas suscetíveis aos processos erosivos, adotando técnicas de geoprocessamento para identificar as áreas críticas e com maior risco à ocorrência de erosão, por meio do cruzamento de informações.

## **2. Fragilidade/vulnerabilidade ambiental**

O estudo da fragilidade ambiental tem um papel importante como um dos instrumentos mais utilizados pelo poder público na elaboração de projetos visando o planejamento e gestão do território.

Acrescenta Carmo et al. (2011) que, o mapeamento da fragilidade ambiental possibilita a realização de uma análise integrada dos elementos físicos da paisagem, bióticos e antrópicos, corroborando assim para a avaliação das potencialidades do meio ambiente, e tendo como resultado a compreensão das características dos atributos naturais tanto positivos como negativos.

Todavia, conforme Cruz, Júnior e Rodrigues (2010), ao trabalhar com análise da fragilidade ambiental é preciso compreender, organizar e classificar os componentes que a integram num dado recorte espacial a ser estudado, levando em consideração os atributos naturais

e humanos.

Sendo assim, a partir dessa concepção verifica-se que o estudo da vulnerabilidade ambiental ocorre por meio da análise e integração dos elementos físicos e antrópicos que compõem a paisagem.

Tratando de vulnerabilidade ambiental e potencialidade socioeconômica, Medeiros (1999) realizou relevante trabalho ao transpor a metodologia de Zoneamento Ecológico-Econômico para um Sistema de Informação Geográfica (SIG), viabilizando a execução de um modelo que concretiza a integração, tão almejada, de aspectos socioeconômicos e ambientais para a gestão territorial, em região localizada no sudoeste do Estado de Rondônia, área que integra a Amazônia Legal.

Segundo Ross (1994), a partir da análise conjunta dos componentes, são atribuídos pesos ou coeficientes e influências a cada classe dos planos de informações, tendo como resultado um mapa-síntese com os vários graus de fragilidade/vulnerabilidade ambiental.

O modelo de fragilidade proposto por Ross (1994) parte do pressuposto que na natureza existe uma integração indissociável entre os atributos físicos e bióticos, numa relação de causa e efeito.

Assim, a fragilidade ambiental deve ser analisada de forma a criar um referencial teórico integrando os elementos: relevo, geologia, solo, uso e cobertura da terra e clima, conforme mostra a Tabela 1.

**Tabela 1** - Fatores de análise para vulnerabilidade à erosão do solo e seus parâmetros.

<b>Fatores de Análise para Vulnerabilidade à Erosão nos Solos</b>	<b>Parâmetros de Análises</b>
Uso da terra/Cobertura vegetal	Densidade de cobertura vegetal. Presença de práticas conservacionistas.
Relevo	Tipos de vertentes. Índices de declividade.
Solos	Textura (análise granulométrica). Profundidade/espessura dos horizontes. superficiais e sub-superficiais.
Clima	Distribuição anual e intensidade da pluviometria.

**Fonte:** Adaptado de Amaral e Ross (2009).

A vulnerabilidade de um talude aos processos erosivos está relacionada com a natureza coesiva das partículas do solo que o compõe (Shields, 1936), associada à altura e inclinação do barranco que são responsáveis por sua estabilidade, que é definida pelo Fator de Segurança (FS).

Holanda; Rocha e Oliveira (2008) definem Fator de Segurança como a resultante do

quociente entre forças resistentes e forças atuantes, desta forma considerasse um talude como instável quando o valor de FS é inferior à unidade.

Todavia, ao trabalhar com análise da fragilidade ambiental é preciso compreender, organizar e classificar os componentes que a integram num dado recorte espacial a ser estudado, levando em consideração os atributos naturais e humanos.

Sendo assim, a partir dessa concepção, verifica-se que o estudo da vulnerabilidade ambiental ocorre por meio da análise e integração dos elementos físicos e antrópicos que compõem a paisagem (CRUZ; JÚNIOR; RODRIGUES, 2010).

### 3. Metodologia

Em um ambiente de Sistema de Informação Geográfica, é preciso que todos os arquivos recebam as mesmas propriedades cartográficas, com características geocêntricas, pelas quais foram adotadas, as Coordenadas UTM, *Datum* WGS 84, zona 24 Sul.

Essas condições foram interpostas tornando-se possível a realização do mapa de uso e cobertura do solo por meio da interpretação visual das imagens para coleta de amostras de *pixel* das diversas feições apresentadas nas imagens.

No entanto, este trabalho foi realizado em quatro etapas: a primeira delas foi a identificação das imagens de satélites disponíveis que permitissem a identificação das características desejadas e que estivessem disponíveis em um mesmo período do ano, em um espaço cronologicamente suficiente para que se pudesse identificar algumas variações no ambiente de estudo.

A segunda etapa foi a busca por informações que permitissem caracterizar o ambiente de estudo; enquanto a terceira etapa constitui-se da realização do cruzamento das informações para identificação dos aspectos ligados à vulnerabilidade.

Por fim, na quarta etapa, com o auxílio do sistema de geoprocessamento, procedeu-se ao mapeamento das referidas áreas em relação à vulnerabilidade e à erosão.

Neste processo foram identificados os elementos da paisagem, levando em consideração, cor, tonalidade, textura, forma e assinatura espectral da paisagem, para as cenas escolhidas nos anos de 1985, 1990, 2009 e 2017, sendo identificadas as áreas: hidrográficas, remanescentes florestais, pastagens e solo exposto.

Após a coleta de amostras nas imagens aéreas, realizou-se a classificação das imagens de forma supervisionada, utilizando o algoritmo por Máxima Verossimilhança Gaussiana, que por sua

vez, utiliza apenas a informação espectral de cada *pixel* (em cada banda espectral) para agrupar regiões homogêneas.

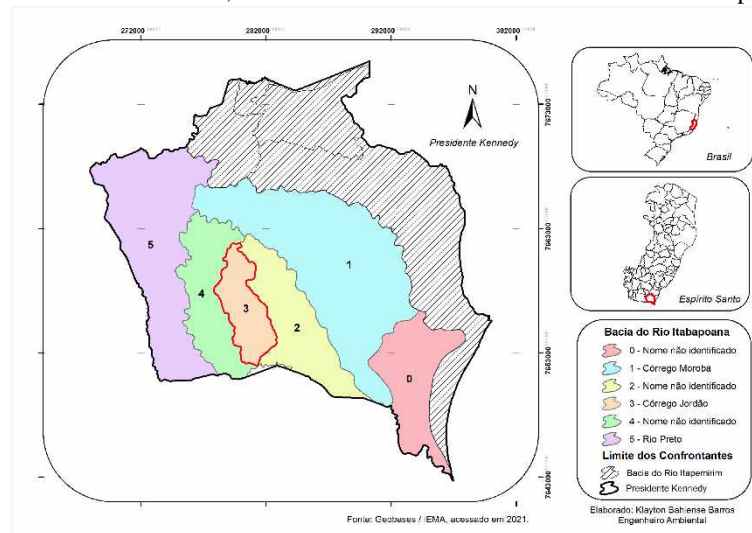
Segundo Crósta (1993), para a obtenção de um bom resultado com esta classificação, é necessário a escolha de um número razoavelmente elevado de *pixels* para cada amostra de treinamento da classe, e que estes tenham uma distribuição estatística próxima da distribuição normal.

A posteriori, com o acesso ao mapa de pedologia, declividade e a elaboração do uso e cobertura vegetal de cada ano correspondente, a acessibilidade ao aplicativo do ArcGIS 11.5.1, deu-se origem a ciências relacionadas a aquisição, ao processamento, a análise e a interpretação de imagens obtidas de qualquer objeto ou fenômeno da superfície terrestre, ou mesmo planetária sem que haja um contato físico de qualquer espécie entre o sensor e o objeto.

### 3.1. Identificação e caracterização da área de estudo

Para a realização deste trabalho foi prospectado a microbacia do Córrego Jordão, representada pela ordem nº3 no mapa, inserida na Bacia hidrográfica do Rio Itabapoana, conforme mostra a Figura 1.

**Figura 1** - Mapa da Bacia Hidrográfica do Córrego Jordão da área a ser pleiteada, caracterizando a classificação de subbacia de nível nº 06, sendo identificada dentro da Bacia do rio Itabapoana.

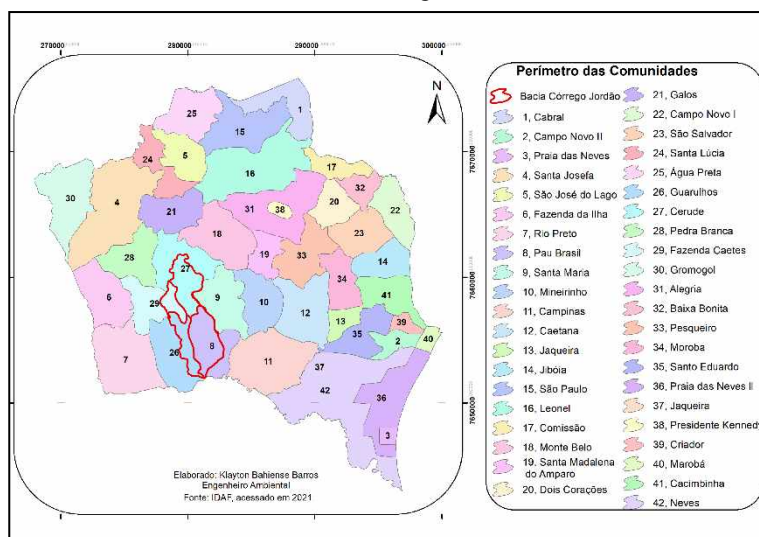


**Fonte:** Elaborado pelo autor.

O município, embora não tenha distritos registrados em lei, apresenta-se dividido em 42 comunidades, de acordo com o Instituto de Defesa Agropecuária e Florestal do Espírito Santo (IDAF).

Na Figura 2, pode-se identificar, que está microbacia, encontra-se inserida entre 4 comunidades e de maneira parcial.

**Figura 2** – Mapa de distribuição das 42 comunidades existentes em Presidente Kennedy, com vistas a área de estudo da microbacia do Córrego Jordão em evidência.



**Fonte:** Elaborado pelo autor.

Deste modo, de acordo com o mapa, a microbacia do Córrego Jordão, encontram-se entre as comunidades: Guarulhos, Cerude, Pau Brasil e Fazenda Caetés, na faixa da área de estudo que possui 24,90 km<sup>2</sup> de extensão.

A área de estudo localiza-se na região de Presidente Kennedy (Figura 1), no extremo sul do Estado do Espírito Santo, a uma latitude 21°05'56" sul e a uma longitude 41°02'48" oeste, estando a uma altitude de 55 metros.

A caracterização da área de estudo, tomou-se por base a aplicação da metodologia desenvolvida por Crepani et al. (2001), com base no conceito de Zoneamento Ecológico-Econômico, fundamentada na ecodinâmica de Tricart (1977).

Este conceito consiste na dinâmica do ambiente de um ecossistema, e utiliza como critério de análise o balanço entre os fatores indutores dos processos morfogenéticos e pedogenéticos.

A população estimada do município é de 11.658 habitantes (IBGE, 2020), em um território de 594,897 km<sup>2</sup> (IBGE, 2019).

O acesso ao município é pela BR-101 Sul, no km 418 sentido Vitória–Campos. No trevo, entre na ES-162, siga 20 km até a cidade de Presidente Kennedy, ou pela Rodovia do Sol (ES-060) passando por Marataízes e novamente pegando a ES-162, são 15 km. Ou, ainda, pela RJ224, sentido à Vitória, que são 21 km.

Limita-se ao norte com a Bacia Hidrográfica do Rio Itapemirim, ao sul com a Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul, à oeste com a Serra do Caparaó e com a Bacia Hidrográfica do Rio Doce e à leste com o Oceano Atlântico (<https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/es/presidente-kennedy.html>).

Para análise da série histórica temporal de 1976 a 2018, como o município de Presidente Kennedy não dispõe de série longa de dados pluviométricos, utilizaram-se dados de um pluviômetro localizado em Barra do Itapemirim, pertencente à Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), sob código número 02140000, município de Marataízes, ES, a aproximadamente 20 km de distância do local de estudo e com condições climáticas semelhantes.

A Figura 3 apresenta uma série temporal da anomalia da precipitação anual a partir do ano de 1976 até o ano de 2018, com valores condicionados abaixo ou acima da média entre todos os anos, resultados da média da média de todos os anos, no período de 42 anos.

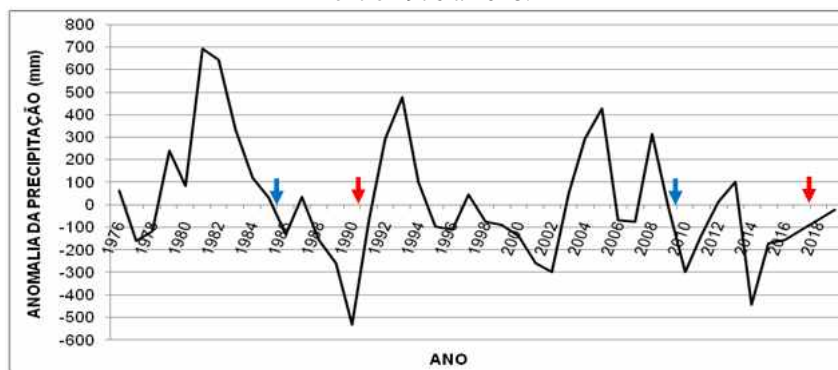
Como se pode observar, existem sequências de anos com anomalia positiva e sequências de anos com anomalia negativa.

Assim, no período em que as anomalias são positivas é de se esperar que as condições climáticas sejam favoráveis ao desenvolvimento das plantas e na sequência de anos com anomalia negativa, devem ser desfavoráveis ao bom desenvolvimento das plantas.

De forma a tornar possível obter imagens, cujas condições possuíssem certa semelhança, tomou-se como referência para períodos dos anos chuvosos, os anos de 1985 e 2009, vindos de uma série histórica de cheias, indicados pela seta azul na Figura 3, e, para períodos dos anos secos foram considerados os anos de 1990 e 2017, vindos de uma série histórica de estiagens, indicados pela seta vermelha.

Assim correu um intervalo de tempo de 25 e 27 anos entre cada intervalo considerado e 33 anos entre o primeiro e último ano.



**Figura 3** - Distribuição temporal da anomalia da precipitação anual em Presidente Kennedy, considerando o período entre 1976 a 2018.

**Fonte:** Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos SNIRH: <http://www.snirh.gov.br/>. Acesso em: 04 de novembro de 2020.

A Tabela 2 apresenta uma síntese dos dados pluviométricos referentes a cada um dos anos escolhidos para realização das avaliações.

Verifica-se, nesta Tabela 2, que nos anos de 1985 e 2009, a precipitação acumulada ficou próxima da média histórica que é de 1018,8 mm, porém como se observa, estes anos se posicionam ao final de uma sequência de anos chuvosos.

Também se verifica que os anos de 1990 e 2017 apresentam anomalia negativa, ou seja, foram mais secos do que a média e estão posicionados após uma sequência de anos secos.

**Tabela 2** - Dados relacionados ao gráfico de anomalias, com períodos chuvosos e de estiagem.

Ano	Precipitação (mm)			Características	Mês da Cena
	Anual	Anomalia*	Média**		
<b>1985</b>	1051,8	33	1018,8	Chuvoso	Março
<b>1990</b>	487,7	-531,1	1018,8	Seco	Abril
<b>2009</b>	1012,4	-6,4	1018,8	Chuvoso	Abril
<b>2017</b>	908,8	-110	1018,8	Seco	Abril

\* Valores abaixo ou acima da média entre todos os anos.

\*\* Média da média de todos os anos, no período de 42 anos.

**Fonte:** Elaborado pelo autor.

### 3.2. Levantamento dos materiais bibliográficos e cartográficos necessários a elaboração dos mapas temáticos

A bibliografia específica para o desenvolvimento desse estudo foi obtida em artigos de periódicos científicos, livros, monografias, dissertações e teses sobre a temática em questão.

A base de dados cartográfica, tanto em formato vetorial como em matricial (*raster*), foi levantada em diversas instituições especializadas, sendo disponibilizado gratuitamente.

Essas informações cartográficas foram essenciais para a construção de um banco de dados e elaboração dos mapas temáticos.

A base de dados impressa ou para *download*, foram às seguintes, de acordo com o Quadro 1.

**Quadro 1** - Descrição da base cartográfica e de dados utilizados nesta pesquisa.

Dados Cartográficos	Fonte/Ano	Escala	Aspectos Analisados
Imagens Aéreas (raster)	USGS LANDSAT_4-5-TM_C1_LEVEL-1 (MARÇO/1985)	1:50.000	Essas imagens foram utilizadas para fazer a classificação do uso e cobertura do solo no ano de 23/03/1985. Com resolução espacial de 30 m e escala definida. Cenas referentes ao comparativo de épocas chuvosas.
	USGS LANDSAT_4-5-TM_C1_LEVEL-1 (abril/1990)	1:50.000	Essas imagens foram utilizadas para fazer a classificação do uso e cobertura do solo no ano de 06/04/1990. Com resolução espacial de 30 m e escala definida. Cenas referentes ao comparativo de épocas secas.
	USGS LANDSAT_4-5-TM_C1_LEVEL-1 (ABRIL/2009)	1:50.000	Essas imagens foram utilizadas para fazer a classificação do uso e cobertura do solo no ano de 10/04/2009. Com resolução espacial de 30 m e escala definida. Cenas referentes ao comparativo de épocas chuvosas.
	USGS LANDSAT 8 OLI/TIRL_C1_LEVEL-1 (ABRIL/2017)	1:50.000	Essas imagens foram utilizadas para fazer a classificação do uso e cobertura do solo no ano de 16/04/2017. Com resolução espacial de 30 m e escala definida. Cenas referentes ao comparativo de épocas secas.
	IDAF (1970)	1:20.000	Essas imagens foram utilizadas para poder estudar o ambiente, em sua fase pré-processual, processual e de análise digital.
	IEMA (2007/2008)	1:15.000	Essas imagens foram utilizadas para poder estudar o ambiente, em sua fase pré-processual, processual e de análise digital.
	HIPARC (2012)	1:5.000	Essas imagens foram utilizadas para poder estudar o ambiente, em sua fase pré-processual, processual e de análise digital.
Base de dados Vetoriais (ES) (shapefile)	IJSN-2012	-	Esses planos de informações foram necessários para a confecção de todos os mapas da área de estudo com as seguintes informações: malha ferroviária, malha rodoviária, limites municipais e estaduais, arruamento, mapeamento geomorfológico do Espírito Santo, massa d'água, rede de drenagem etc.
Geologia (shapefile)	CPRM (2012)	1:100.000	Os dados vetoriais da CPRM foram utilizados para a produção do mapa de geologia da área de estudo.
Curvas de Nível (shapefile)	HIPARC (2012)	5 m	As curvas de nível com equidistância de 5 metros foram utilizadas para a produção do mapa de declividade da bacia.
Pedologia (shapefile)	RADAM	1:100.000	Os dados vetoriais da RADAM foram utilizados para a produção do mapa de pedologia da área de estudo, classificando o tipo de solo da bacia.

Solos (shapefile)	EMBRAPA (1979, 1999, 2006 e 2013)	1:400.000	Os dados vetoriais de solos fornecidos pela Embrapa foram necessários para a elaboração e adequação do mapa de solos.
Série Histórica das Chuvas	SNIRH	-	Esses planos de informações foram necessários: divisão hidrográfica, quantidade e qualidade das águas, usos de água, disponibilidade hídrica, eventos hidrológicos críticos, planos de recursos hídricos, regulação e fiscalização dos recursos hídricos e programas voltados a conservação e gestão dos recursos hídricos.

**Fonte:** Elaborado pelo autor.

### 3.3. Parametrização dos Mapas com Suscetibilidade a Vulnerabilidade Ambiental

É incontestável, que algumas características naturais da região exercem forte influência sobre a erosão, como a precipitação pluviométrica, tipo de solo, altitude e cobertura vegetal. São fatores que, dependendo de sua situação atual, podem influenciar mais ou menos na suscetibilidade.

Dentre os procedimentos metodológicos aplicáveis em ambiente de Sistema de Informação Geográfica, foi utilizada a análise de multicritério que permite a investigação combinada de diferentes variáveis para gerar um mapa síntese.

Esse procedimento é realizado a partir do mapeamento de variáveis por plano de informação e na definição do grau de pertinência de cada plano de informação e de cada um de seus componentes de legenda para a construção do resultado final.

A matemática empregada é a simples Média Ponderada, mas há pesquisadores que já utilizam a lógica Fuzzy para atribuir os pesos e as notas (MOURA, 2007, p.2901).

Apesar da importância e necessidade de analisar os fatores de uma maneira integrada, a aplicação da metodologia de análise de multicritério deve ser pensada de modo isolado para cada item.

A relação entre as variáveis resulta da aplicação do modelo, que necessariamente cruza todos os componentes (MOURA, 2007).

#### 3.3.1. Mapa de pedologia

A maior ou menor suscetibilidade de um solo a sofrer os processos erosivos da morfogênese depende de diversos fatores e os mais importantes são: estrutura do solo, tipo e quantidade das argilas, permeabilidade e profundidade do solo e a presença de camadas impermeáveis.

Na metodologia proposta, a principal característica considerada para estabelecer as classes de vulnerabilidade ambiental foi o grau de desenvolvimento ou maturidade do solo e a erodibilidade.

O termo erodibilidade, se refere à capacidade do solo de resistir à erosão e está relacionado às propriedades desse material, como sua composição mineralógica e granulométrica, além de suas características físicas e químicas e do tipo de manejo que recebe.

Para cada tipo de solo da microbacia do Córrego Jordão é atribuído um peso para sua suscetibilidade à erosão. A partir de dados bibliográficos, associados à interpretação da imagem, são atribuídos valores de vulnerabilidade ao solo.

Na Tabela 3 e na Figura 4, podem ser observados os pesos dados a cada classe de solo, com base nas considerações feitas pelo Sistema Brasileiro de Classificação do Solo.

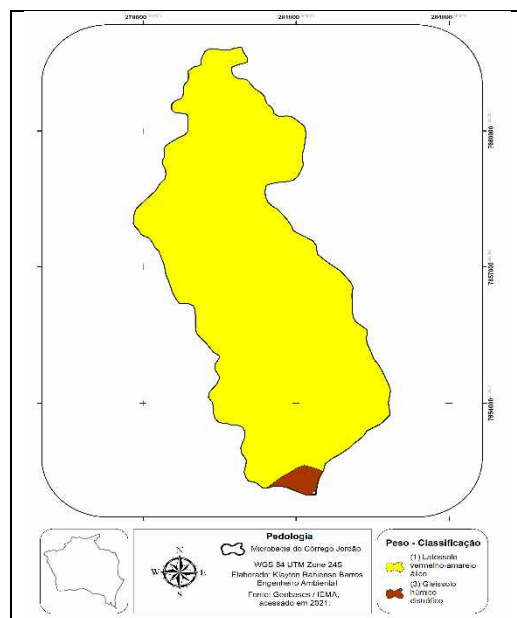
**Tabela 3** - Classificação do solo da microbacia do Córrego Jordão e respectivos pesos e representação de área.

Pedologia (P)	Peso Vulnerabilidade	Área		
		km <sup>2</sup>	Hectare (ha)	(%)
Latossolo Vermelho-Amarelo Álico	1	24,52	2.452,59	98,5
Gleissolo Húmico Distrófico	3	0,38	37,92	1,5
<b>Total =</b>		<b>24,90</b>	<b>2.490,51</b>	<b>100</b>

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Note que o valor de maior peso da vulnerabilidade na área de contribuição nos estudos pedológicos simboliza o menor tamanho, com representação de 1,5%, em uma área equivalente a 37,92 hectares ao sul da microbacia com características de Gleissolo Húmico Distrófico e com 98,5% as áreas consideradas Latossolo Vermelho Amarelo Álico em uma proporção de área igual a 2.452,59 hectares ao norte.

**Figura 4** - Mapa de localização das classes pedológicas existentes na área de estudo.



Fonte: Elaborado pelo autor.

### 3.3.2. Mapa de declividade

A declividade refere-se à inclinação do relevo em relação ao horizonte, podendo ter unidade de medida em graus (variando de 0° a 90°) ou pode ser expressa em porcentagem (variando de zero a infinito) (VALERIANO, 2008). A declividade tem relação direta com a velocidade de transformação da energia potencial em energia cinética (CREPANI et al., 2001).

Quanto maior a declividade, mais rápido a energia potencial das águas transforma-se em energia cinética e maior é a velocidade das massas de água e sua capacidade de transporte (CREPANI et al., 2001). Assim, quanto maior a declividade, maior a suscetibilidade dessa área à erosão.

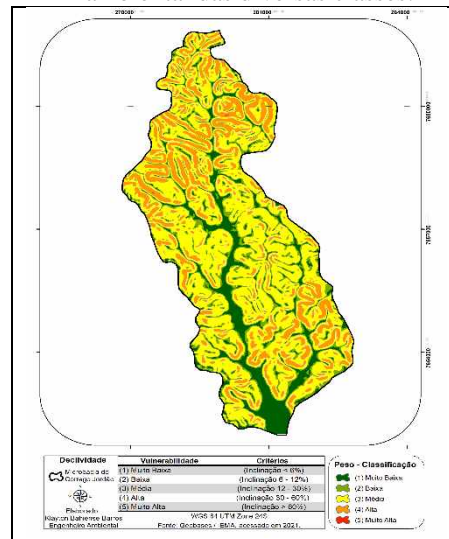
No caso da microbacia do Córrego Jordão, o MDE foi gerado a partir das curvas de nível com equidistância de 5 em 5 metros. Desta forma, a amplitude altimétrica da área foi classificada em cinco classes, sendo as menores altitudes no sentido a jusante ao centro da bacia, em relevo plano, suave ondulado e ondulado, correlacionadas com as unidades pedológicas. Já as maiores altitudes são encontradas no sentido central à montante. Conforme critérios na Tabela 4 e na Figura 5.

**Tabela 4** - Distribuição das classes, quanto a declividade, considerando o grau de porcentagem de inclinação de acordo com a suscetibilidade entre muito baixa, baixa, média, alta e muito alta.

<b>Declividade ( D )</b>	<b>Crítérios</b>	<b>Peso Vulnerabilidade</b>
Muito Baixa	(Inclinação < 6%)	<b>1</b>
Baixa	(Inclinação 6 - 12%)	<b>2</b>
Média	(Inclinação 12 - 30%)	<b>3</b>
Alta	(Inclinação 30 - 60%)	<b>4</b>
Muito Alta	(Inclinação > 60%)	<b>5</b>

**Fonte:** Elaborado pelo Autor.

**Figura 5** - Mapa de declividade da microbacia do Córrego Jordão, mostrando a localização da vulnerabilidade ambiental das diversas classes.



### 3.3.3. Mapas de uso e cobertura da terra

A cobertura vegetal da terra é outro fator importante no processo de erosão, pois determina o grau de proteção do solo. Segundo Crepani et al. (2001) e Guerra; Silva e Botelho (1999) a ação da cobertura vegetal na proteção dos solos se dá de várias formas: (a) evita o impacto direto das gotas de chuva; (b) impede a compactação do solo, processo que diminui a capacidade de absorção de água; (c) aumenta a capacidade de infiltração do solo pela difusão do fluxo de água da chuva; e (d) suporta a vida silvestre, aumentando a porosidade a permeabilidade do solo.

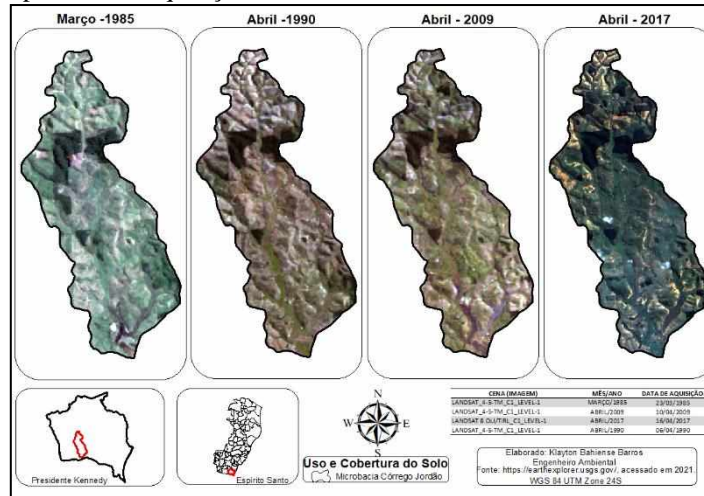
O primeiro passo determinou na escolha da seleção das imagens no site *USGS Earth Explore*, por meio de dados disponíveis abertos, priorizando o mesmo mês a cada ano subsequente, com o objetivo de separar os meses secos e chuvosos para as comparações.

Após a escolha das imagens, objetivou-se juntar as cenas (bandas) e transformar em uma só imagem, fazendo a composição das bandas. Logo após, foram cortadas a composição das bandas criadas no formato da poligonal de interesse, que neste caso é o da microbacia do Córrego Jordão, mantendo como critério a resolução espacial original da imagem com pixel igual a 30 x 30 metros de resolução espacial e escala de 1: 50.000, para todos os mapas.

Quanto ao uso e cobertura da terra, fez-se necessário a aquisição das imagens *raster* conforme a Figura 6, visto incumbir as condições associadas aos meses mais próximos entre si, com resolução espacial de 30 x 30 metros, fixos a escala de 1: 50.000, haja visto que o processamento se decorre por meio de análises de cumprimentos de ondas, capazes de serem

absorvidas, refletidas ou mesmo emitidas, através das amostras fornecidas ao software ArcGIS, localizada remotamente na ortofotomosaico.

**Figura 6** - Mapa de uso e cobertura da terra da microbacia do Córrego Jordão, utilizando imagens em formato *raster*, por data de aquisição entre os anos de 1985, 1990, 2009 e 2017.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Percebam que os arranjos ambientais vistos como: corpos hídricos, fragmentos florestais, pastagens e solos expostos se modificam com o passar do tempo devido a períodos de estiagens prolongadas ou por períodos de muitas precipitações, não sendo possível evidenciar o uso e ocupação do solo por meio de outras culturas. E devido a existência sazonal deste seguimento, fez-se necessário a coleta dos dados por amostragem atendendo sua classificação, a critério do que pode ser observado na Figura 6.

A metodologia para a análise à perda de solo leva em consideração a cobertura que a vegetação e a atividade antrópica potencializa ao solo, protegendo-o da ação erosiva das águas das chuvas. As áreas onde ocorre atividade humana, como solo exposto, culturas anuais e pastagens, possuem um alto valor de vulnerabilidade aos processos de perda de solo, devido à baixa cobertura do solo e ao constante preparo para a agricultura.

Logo após o presente mapa ter sido analisado quanto ao uso e cobertura da terra, foi elaborado um novo mapa que retratassem os mesmos anos amostrados, com o software do programa ArcGIS 11.5.1, onde foi determinado 04 (quatro) classes, que, por conseguinte, através de coleta de amostra sobre a imagem, ficaram definidas entre: hidrografia; fragmentos florestais; pastagem e solo exposto. No entanto, nota-se que não foram mencionados áreas de lavoura, cultivos, rochas e outros, por se tratar de áreas somente de pastagens, visto também em *in locu*.

Dando continuidade ao próximo passo, deve-se a criação de mapa, no que tange a classificação quanto ao uso e cobertura do solo. Neste passo, fez-se necessário a criação de 04 (quatro) classes principais: a hidrografia com nota equivalente ao valor de 1, considerando a áreas de alagado, brejos, córregos, lagos e lagoas, com baixa declividade; os fragmentos florestais, que seriam as matas nativas, matas com estágio inicial de vegetação, macegas, plantações de eucaliptos dentre outras, com nota no valor de 2; área de pastagens, considerando as gramíneas rasteiras sobre o solo com nota no valor de 4, e a pior hipótese com nota no valor de 5, para áreas com solo exposto, considerados com ausência de cobertura vegetal.

É importante ressaltar que Sossai (2018) ao avaliar o uso e ocupação do solo em Presidente Kennedy, no ano de 2012, identificou que a área com solo exposto representava 1,8%, identificados nas classificações de uso do solo, feita sobre as imagens obtidas nos anos de 2007/2008 e 2012. De acordo com Dadalto; Barreto e Sartori (2012) ao fazerem o levantamento de áreas agrícolas degradadas no estado do Espírito Santo, identificaram que o Rio Itabapoana representa 11,45% de degradação em relação a sua área rural.

É consentâneo a análise multicritério, constituir valores para cada variável de modo a diferenciar o grau de importância e correlação com o fenômeno em questão (susceptibilidade erosiva), e notas (1 a 5) para cada componente de legenda, de maneira que quanto maior a nota, maior a susceptibilidade erosiva (1: muito baixa; 2: baixa; 3: média; 4: alta; 5: muito alta). Os mapas finais foram elaborados a partir do cruzamento dos parâmetros estabelecidos para as variáveis.

Ressalta-se que as notas de algumas variáveis sofreram alterações em relação às referências consultadas para que ficassem coerentes com a área de estudo. Com a constituição dos mapas temáticos de pedologia, declividade e uso e ocupação da terra, foi estabelecida uma escala com valores relativos e empíricos ao uso dos mapas e ao tamanho dos pixels, atribuídos as notas que variaram de 1 a 5, sendo o número 5 o valor considerado com grau de maior risco de erosão do solo, relevantes a distribuição de sua classe de acordo com a relação da paisagem para fins de cálculos. Feito isto, compôs-se as variáveis pedologia, declividade e uso e cobertura da terra, valores de pesos atribuídos ao grau de importância para a microbacia de estudo, totalizando 100% de sua distribuição, conforme Tabela 5.



**Tabela 5** - Quadro de distribuição dos valores das notas quanto as variáveis existentes, utilizados de acordo com a metodologia de Crepani (2001), adequados a pesquisa.

Variável	Componentes de Legenda	Nota (1 - 5)
Pedologia ( P )	Latossolo Vermelho-Amarelo Álico	1
	Gleissolo Húmico Distrófico	3
Declividade ( D )	Muito Baixa (Inclinação < 6%)	1
	Baixa (Inclinação 6 - 12%)	2
	Média (Inclinação 12 - 30%)	3
	Alta (Inclinação 30 - 60%)	4
	Muito Alta (Inclinação > 60%)	5
Uso do Solo ( US )	Hidrografia	1
	Fragmentos Florestais	2
	Pastagem	4
	Solo Exposto	5

**Fonte:** Adaptada pelo autor, com base na metodologia de Crepani (2001).

Na Tabela 6, são apresentados de maneira percentual a distribuição dos pesos entre os mapas de pedologia o equivalente a 25%, declividade o equivalente à 25% e uso e cobertura da terra o equivalente à 50%, por onde foram sucedidos por meio de várias análises anteriores. Neste caso, foi possível observar, por tentativa e erro, que quanto maior for o valor estimado para o peso com relação ao mapa de declividade e o uso e cobertura vegetal, maior será seu refinamento, quanto a análise sobreposta ao mapa de origem, os tornando mais precisa a classificação, inclusive as consideradas com grau de alta vulnerabilidade.

**Tabela 6** - Quadro de distribuição dos valores dos pesos quanto às variáveis existentes, utilizados de acordo com a metodologia de Crepani (2001), adequados a pesquisa.

Variável	Siglas	Suscetibilidade Erosiva
		Peso (0 - 100%)
Pedologia	P	25
Declividade	D	25
Uso do Solo	US	50
<b>Total =</b>		<b>100</b>

**Fonte:** Adaptada pelo autor.

Após o tratamento digital das imagens usadas como “âncora” nesta metodologia, a atribuição dos valores de vulnerabilidade correspondentes a cada fator, foram transformados para o formato matricial, sendo possível realizar o processamento da álgebra de mapas, utilizando a Equação (1) da metodologia de CREPANI et al. (2001), adaptada pelo autor:

*Equação (1) para cálculo da vulnerabilidade ambiental com relação à suscetibilidade erosiva:*

$$SE_{(Cena)} = (P * 25) + (D * 25) + (US * 50)$$

Onde:

**SE (Cena)** = Suscetibilidade Erosiva.

**P** = Pedologia relacionado a classificação do solo da área de estudo.

**D (2012)** = Declividade relacionado ao ano de 2012, com curvas de nível equidistantes 5m de distância.

**US (Cena)** = Uso e Cobertura do Solo de acordo com o ano de referência a cena escolhida.

Isto posto, cria-se o mapa a ser analisado, correspondente a suscetibilidade erosiva com o uso do software ArcGIS 11.5.1, sendo consolidado as variáveis pedológicas com peso igual a 25% e o de declividade igual a 25% consideradas fixas, variando somente o uso e cobertura do solo, por determinação da data de aquisição da cena, sendo este equivalente ao valor mais relevante igual a 50% do peso.

Trata-se, pois da criação de 05 classes, a saber, sendo representada quanto ao grau de vulnerabilidade ambiental em detrimento a suscetibilidade erosiva da seguinte forma: as áreas consideradas com solo exposto ou vegetação ausente sobre a camada superficial da terra, serão consideradas com grau máximo da vulnerabilidade, classificadas como muito alta vulnerabilidade; as áreas consideradas de pastagens ou com formação de gramíneas rasteiras serão classificadas como alta vulnerabilidade a degradação; as áreas consideradas médias relacionadas aos fenômenos naturais e as áreas consideradas com fragmentos florestais independentes de seu porte ou estado avançado de crescimento será equivalente a baixa vulnerabilidade, as áreas consideradas hidrográficas e com baixa declividade, será classificadas com grau de muito baixa vulnerabilidade conforme Tabela 7.

**Tabela 7** - Classificação quanto ao nível de vulnerabilidade ambiental na microbacia do Córrego Jordão de acordo com o grau de suscetibilidade erosiva, adequado a área da pesquisa.

<b>Vulnerabilidade Ambiental</b>	<b>Suscetibilidade Erosiva</b>
Muito Baixa	<b>1</b>
Baixa	<b>2</b>
Média	<b>3</b>
Alta	<b>4</b>
Muito Alta	<b>5</b>

**Fonte:** Adaptada pelo autor.

## 4. Resultados e Discussão

### 4.1. Análise quanto ao uso e cobertura da terra na microbacia do Córrego Jordão

A análise aqui relacionada subjetiva de maneira temporal, supervisionará as ocorrências por meio do uso do geoprocessamento, sendo possível constatar que o uso e ocupação do solo vai

de encontro aos fatores climáticos incidentes a época, ao tipo de relevo, vegetação, corpos hídricos, pelos quais pode demonstrar os fenômenos que ali foram associados por meio da rastreabilidade dos dados utilizados em conformidade com a metodologia empregada.

#### 4.1.1. Uso e ocupação do solo de 1985

Considerando a observância que neste ano de março de 1985, o uso e ocupação do solo da microbacia do Córrego Jordão, houve chuvas próximas da média histórica e que vem após uma sequência de anos chuvosos, foi elaborado a Tabela 8 onde consta das proporções a serem observadas quanto a extensão territorial de cada classe de uso e ocupação.

Nota-se, pois que a classificação gerada originou o quantitativo de 04 classes essenciais, variando seu valor peso, conforme seu grau de importância sendo o maior número, correspondente ao índice de exposição considerado de maior risco a vulnerabilidade de erosão. Observe que a pastagem possui 73,7% de representatividade com extensão de área proporcional igual a 1.836,25 ha de um total de 2.490,57 ha. O solo exposto por sua vez, concentra-se com 12,3% de representatividade, possuindo uma área delimitada a 305,80 ha. Logo tem-se um o fragmento florestal igual a 9,1%, com área igual a 227,41 ha, com área menor do que a área de solo exposto. A hidrografia representou 4,9% da área total da microbacia, isto representa 121,12 ha de área.

Apesar de ter identificado 73,7% de áreas cobertas com pastagens, basta um olhar mais crítico para a região de estudo que se verifica uma enorme área com pastagens degradadas, que não se levou em conta neste estudo. Mas a maior preocupação principalmente com relação à vulnerabilidade destes solos é principalmente com os solos expostos, pois estes não possuem nenhuma proteção contra as ações dos agentes erosivos. Além disso, não se identificou matas ciliares ao longo das calhas dos córregos nesta microbacia.

**Tabela 8** - Tipos de classes de uso e ocupação do solo identificados na microbacia do Córrego Jordão com os respectivos pesos e representatividades por extensão de área ocupada, considerando a imagem Landsat TM 4-5 de março de 1985.

Classe 1985	Peso	Área		
		Hectare (ha)	km <sup>2</sup>	(%)
Hidrografia	1	121,12	1,21	4,9
Fragmento Florestal	2	227,41	2,27	9,1
Pastagem	4	1.836,25	18,36	73,7
Solo Exposto	5	305,80	3,06	12,3
<b>Total =</b>		<b>2.490,57</b>	<b>24,91</b>	<b>100</b>

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Assim, a falta de fragmentos florestais, associados às áreas de pastagens, que em grande parte da área de estudo é de pastagem degradada, verifica-se a necessidade urgente de ações de combate aos processos erosivos e recuperação destas áreas.

#### 4.1.2. Uso e ocupação do solo de 1990

No entanto, o uso e ocupação do solo da microbacia do Córrego Jordão considerando a imagem de abril de 1990, houve chuvas abaixo da média histórica e que vem após uma sequência de anos secos, como pode ser visto na Tabela 9, observada a extensão territorial de cada classe de uso e ocupação considerada.

Observe, nesta Tabela 9, que a pastagem possui 73,9% de representatividade com extensão de área proporcional igual a 1.839,42 ha de um total de 2.490,57 ha. O solo exposto por sua vez, concentra-se com 16,6% de representatividade, possuindo uma área delimitada a 413,91 ha. Logo tem-se um o fragmento florestal igual a 6,3%, com área igual a 157,05 ha, com área menor do que a área de solo exposto. A hidrografia representou 3,2% da área total da microbacia, isto representa 80,19 ha de área.

**Tabela 9** - Tipos de classes de uso e ocupação do solo identificados na microbacia do Córrego Jordão com os respectivos pesos e representatividades por extensão de área ocupada, considerando a imagem Landsat TM 4-5 de abril de 1990.

Classe 1990	Peso	Área		
		Hectare (ha)	km <sup>2</sup>	(%)
Hidrografia	1	80,19	0,80	3,2
Fragmento Florestal	2	157,05	1,57	6,3
Pastagem	4	1.839,42	18,39	73,9
Solo Exposto	5	413,91	4,14	16,6
<b>Total =</b>		<b>2.490,57</b>	<b>24,91</b>	<b>100</b>

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Apesar de ter identificado 73,9% de áreas cobertas com pastagens, ligeiramente maior do que o observado em 1985, verifica-se que a área com solo exposto aumentou em detrimento às áreas com hidrografia e fragmentos florestais, aumentando assim, a proporção de área degradada em relação às áreas conservadas. Bastaram apenas 5 anos com pluviosidade abaixo da média para se verificar alterações no uso do solo, aumentando as áreas de solo exposto de 12,3% em 1985, para 16,6% em 1990.

#### 4.1.3. Uso e ocupação do solo de 2009

Já no uso e ocupação do solo da microbacia do Córrego Jordão considerando a imagem

de abril de 2009, houve chuvas próximas da média histórica e que vem após uma sequência de anos chuvosos, conforme Tabela 10, onde pode ser observada a extensão territorial de cada classe de uso e ocupação considerada.

Observe, nesta Tabela 10, que a pastagem possui 69,7% de representatividade com extensão de área proporcional igual a 1.737,00 ha de um total de 2.490,57 ha. O solo exposto por sua vez, concentra-se com 19,9% de representatividade, possuindo uma área delimitada a 495,18 ha. Logo se tem um o fragmento florestal igual a 7,0%, com área igual a 174,78 ha, com área menor do que a área de solo exposto. A hidrografia representou 3,4% da área total da microbacia, isto representa 83,61 ha de área.

**Tabela 10** - Tipos de classes de uso e ocupação do solo identificados na microbacia do Córrego Jordão com os respectivos pesos e representatividades por extensão de área ocupada, considerando a imagem Landsat TM 4-5 de abril de 2009.

Classe 2009	Peso	Área		
		Hectare (ha)	km <sup>2</sup>	(%)
Hidrografia	1	83,61	0,84	3,4
Fragmento Florestal	2	174,78	1,75	7,0
Pastagem	4	1.737,00	17,37	69,7
Solo Exposto	5	495,18	4,95	19,9
<b>Total =</b>		<b>2.490,57</b>	<b>24,91</b>	<b>100</b>

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Verifica-se que existem 69,7% de áreas cobertas com pastagens, valores estes menores do que os dados observados em 1985 e em 1990. Verifica-se também, que a área com solo exposto aumentou expressivamente, aumentado assim, a proporção de área degradada em relação às áreas conservadas.

#### 4.1.4. Uso e ocupação do solo de 2017

Por conseguinte, pode ser observado que o uso e ocupação do solo da microbacia do Córrego Jordão em abril de 2017, houve chuvas abaixo da média histórica e que vem após uma sequência de anos secos, que na Tabela 11, pode ser observada a extensão territorial de cada classe de uso e ocupação considerada.

Observe, nesta Tabela 11, que a pastagem possui 70,9% de representatividade com extensão de área proporcional igual a 1.765,98 ha de um total de 2.490,57 ha. O solo exposto por sua vez, concentra-se com 19,4% de representatividade, possuindo uma área delimitada a 483,03 ha. Logo se tem um fragmento florestal igual a 8,5%, com área igual a 212,13 ha, com área menor

do que a área de solo exposto.

**Tabela 11** - Tipos de classes de uso e ocupação do solo identificados na microbacia do Córrego Jordão com os respectivos pesos e representatividades por extensão de área ocupada, considerando a imagem Landsat 8 OLI TRIS de abril de 2017.

Classe 2017	Peso	Área		
		Hectare (ha)	km <sup>2</sup>	(%)
Hidrografia	1	29,43	0,29	1,2
Fragmento Florestal	2	212,13	2,12	8,5
Pastagem	4	1.765,98	17,43	70,9
Solo Exposto	5	483,03	4,83	19,4
<b>Total =</b>		<b>2.490,57</b>	<b>24,68</b>	<b>100</b>

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Verifica-se, ainda, que a hidrografia representou 1,2% da área total da microbacia, isto representa 29,43 ha de área. Assim, pode-se verificar que a hidrografia apresentou o menor valor de cobertura de área, considerando os anos avaliados, mostrando a severidade da estiagem e da degradação dos solos desta área de estudo.

Verifica-se que existem 70,9% de áreas cobertas com pastagens, valores estes menores do que os dados observados em 1985 e em 1990, porém muito próximo do ano de 2009. Observa-se também, que a área com solo exposto praticamente não variou em relação ao ano de 2009. Desta forma, quando se compara estes dados com os dados da Figura 6, a extensão de solos expostos saiu de 12,3% em 1985, para 19,9% em 2009 e se manteve em 19,4% em 2017.

#### 4.1.5. Síntese qualitativa das transformações ocorridas na microbacia hidrográfica do Córrego Jordão com relação ao uso e ocupação do solo dos anos estudados

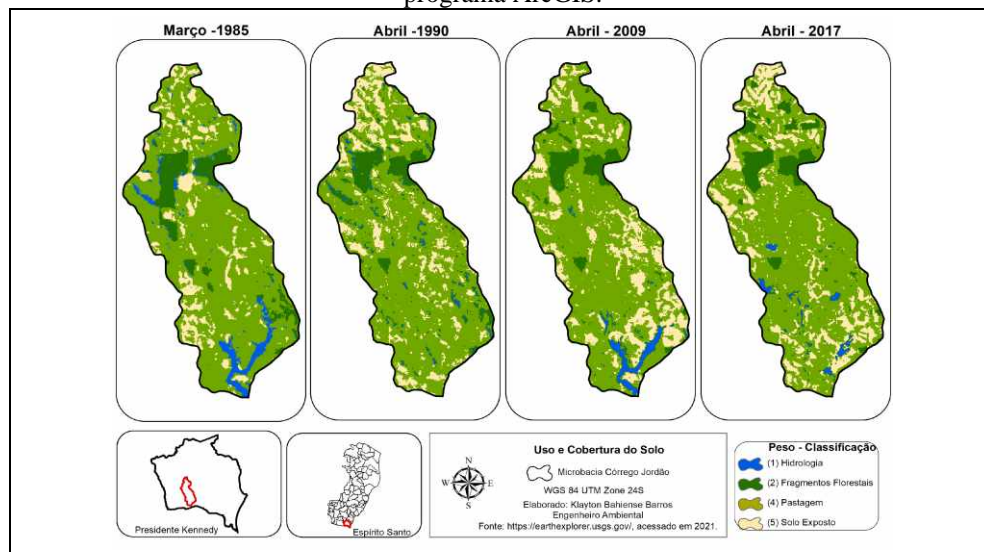
No intuito de garimpar as oscilações qualitativas, procedidas as observações em meio às extensões territoriais de cada classe de uso e cobertura da terra (decorrentes aos anos de 1985, 1990, 2009 e 2017), nota-se, que a classificação gerada no decorrer dos anos originou o quantitativo de 04 classes essenciais, variando seu valor peso, conforme seu grau de importância sendo o maior número, correspondente ao índice de exposição considerado de maior risco a vulnerabilidade de erosão.

Observa-se na Figura 7, que decorrente ao ano de 1985, existem apenas alguns fragmentos florestais distribuídos na região, além disto, pode-se observar diversos fragmentos com solos expostos em toda a microbacia. A grande parte do terreno é ocupada por pastagens.

Quanto ao ano de 1990, existem apenas alguns fragmentos florestais distribuídos na região, verifica-se nitidamente que alguns destes fragmentos sofreram redução de área e outros não

foram identificados. Nesta figura pode-se observar em 1990, que a cabeceira da microbacia do Córrego Jordão apresenta uma grande concentração de áreas com solo exposto, visivelmente maior do que o observado no ano de 1985. Além disto, podem-se observar uma enormidade de pequenos fragmentos com solos expostos em toda a microbacia. A grande parte do terreno é ocupada por pastagens. Observa-se também nesta figura, que as áreas identificadas como hidrografia está muito menor do que a observada no ano de 1985, principalmente na foz da bacia, mas também se observa vários pequenos pontos distribuídos ao longo da bacia. Estes pontos podem provavelmente ser pequenas barragens construídas após o ano de 1985.

**Figura 7** - Resultado da classificação da probabilidade máxima dos mapa de uso e cobertura da terra da microbacia do Córrego Jordão, extraídos das imagens em formato raster, entre os anos de 1985, 1990, 2009 e 2017, por meio do programa ArcGIS.



**Fonte:** Elaborado pelo autor.

Observa-se, no ano de 2009, apenas alguns fragmentos florestais distribuídos na região. Apesar de se observar que alguns fragmentos reduziram de tamanho, observa-se o surgimento de alguns outros, neste intervalo de 18 anos. Nesta figura, ainda, pode-se observar que a cabeceira da microbacia do Córrego Jordão apresentou uma recuperação da cobertura do solo. Isto se deu provavelmente por se tratar de uma imagem após um período chuvoso, a pastagem pode ter se recuperado e coberto estas áreas. Porém, nesta figura, observa-se o aumento de área de diversos fragmentos de solos expostos, com maior concentração no lado esquerdo da foz da bacia.

Observe na Figura 7 que alguns fragmentos florestais que foram detectados em 1985, já não são identificados em 2009. Comparando as Figuras nos anos 1985, 1990 e 2009, observa-se certa dinâmica na localização das áreas expostas ao longo do tempo. Uma desapareceram, outras

surgiram e outras ganharam tamanho.

Verifica-se também o reaparecimento das áreas denominadas hidrografia na foz da bacia, em condições similares às observadas na Figura 7, para ano de 1985, porém o ‘fragmento do lado esquerdo da foz com comprimento um pouco menor.

Observam-se, no ano de 2017, apenas alguns fragmentos florestais distribuídos na região. Porém cabe destacar que entre 2009 e 2017 observa-se o surgimento de alguns novos fragmentos florestais, provavelmente de eucalipto, o que contribuiu para aumento da área com fragmentos florestais.

Nesta figura, ainda, pode-se observar que apesar da cabeceira da microbacia do Córrego Jordão ter apresentado uma recuperação da cobertura do solo no ano de 2009, conforme mostra a Figura 7, verifica-se que a área com solo exposto nesta região da bacia aumentou após um período seco. Isto se deu provavelmente por se tratar de uma imagem após um período seco, desta forma, verifica-se que a pastagem está muito vulnerável, desaparecendo e voltando, surgindo o que poderíamos chamar aqui de um “efeito sanfona” nas áreas degradadas, mas que a cada ciclo observa-se que a área de solo exposto está aumentando.

Verifica-se ainda que novas áreas de solo exposto surgiram e, que algumas desapareceram, mostrando certa dinâmica nesta oscilação, que requer estudos mais refinados para entender melhor este processo. É possível observar que existe tendência, mesmo que pequena de redução na abrangência das classes hidrografia; fragmentos florestais e pastagens, porém observa-se que a classe de solo exposto, apresentou tendência a aumentar com o avançar dos anos. Assim, pelos dados encontrados esta microbacia está apresentando um quadro degenerativo da cobertura do solo, agravando sobremaneira a absorção de água pelo solo, a qual posteriormente vai manter as nascentes abastecidas. Outro aspecto importante e preocupante é o depauperamento do solo devido a erosão que se agrava quando sua cobertura se torna cada vez mais escassa, culminando em uma microbacia de baixa produção de massa verde e baixa produção de água.

#### **4.2. Análise da vulnerabilidade ambiental na microbacia do Córrego Jordão**

Preconizando almejar os incidentes temporais que ocorreram entre os anos de 1985, 1990, 2009 e 2017, quanto a referida vulnerabilidade ambiental a partir dos requisitos presentes em torno da microbacia do Córrego Jordão é que a análise permeará em vislumbrar a tempestividade do suscetível grau que possa ser incidido sobre os diversos resultados em apologia a integração quanto a fragilidade do ecossistema em geral. Desta forma os resultados propõem reduzir riscos quanto as



vulnerabilidades ambientais, econômicas e sociais decorrentes da mudança do clima, processos de desertificação e degradação da terra para minimizar prejuízos materiais, impactos nos ecossistemas e promover a melhoria socioambiental por meio de medidas de adaptação.

#### **4.2.1. Vulnerabilidade Ambiental de 1985**

Na Figura 8 pode ser observado o mapa de vulnerabilidade quanto aos riscos de degradação ambiental que ocorre na microbacia do Córrego Jordão. Verifica-se, que ao norte do mapa e a esquerda em direção a oeste, encontra-se visualmente as maiores concentrações de áreas classificadas com vulnerabilidade muito alta, enquanto ao sul, na parte inferior, é possível verificar o aparecimento de áreas com vulnerabilidade muito baixa, onde o lençol freático aflora sobre a superfície. Pode-se observar também que a existência de áreas com vulnerabilidade baixa, é devida a remanescentes florestais. Mas mesmo dentro dos remanescentes florestais, devido à declividade do solo são identificadas áreas com vulnerabilidade média. Isto se deve ao fato do surgimento dos fragmentos florestais de maneira isolada que podem afetar a sustentabilidade dos fragmentos, caso o diagnóstico da área não seja resolvido. Dependendo da dinâmica do uso e cobertura da terra ao longo da série temporal, é possível observar amostras onde a paisagem com desmatamentos mais recentes apresentou fragmentos mais intensos do que aquelas com desmatamentos mais antigos onde ocorreu pequena ou quase nenhuma extração. Por conseguinte, dependendo da concentração do solo na microbacia e sua sazonalidade, em épocas predominantemente chuvosas, com a redução de floresta pode ocorrer o aumento de minerais na concentração das águas.

Na Tabela 12, pode ser observada a extensão territorial de cada classe quanto o grau de vulnerabilidade para o ano de 1985. Observe que as áreas consideradas com vulnerabilidade muito alta ocupam 25,6% do território desta microbacia, com extensão de 631,44 ha. Com relação à classe de vulnerabilidade alta, verifica-se que esta ocupa 1.001,16 ha. Assim, numa microbacia de 2.469,87 ha, verifica-se que 1.632,60 ha estão sujeitos à vulnerabilidade alta e muito alta e apenas 289,44 hectares apresentam vulnerabilidade baixa a muito baixa.

Na Tabela 12, ainda podem ser observados os valores percentuais de extensão territorial de cada classe de vulnerabilidade. Observa-se, nesta tabela, que as classes de vulnerabilidade alta e muito alta, somam 66,1% do território da bacia. Este dado é preocupante, haja vista que à medida que se aumenta a vulnerabilidade de uma área, aumenta proporcionalmente a chance desta área entrar em processo degenerativo acelerado, perdendo sua capacidade produtiva e sua capacidade de absorver água. Verifica-se ainda, que apenas 11,7% desta microbacia apresentam índice de

vulnerabilidade ambiental baixa a muito baixa. Também se deve ter preocupação com a vulnerabilidade média, uma vez que em períodos de muita escassez de chuvas estas áreas podem migrar para vulnerabilidades maiores.

**Tabela 12** - Distribuição das classes, quanto a vulnerabilidade do solo, na microbacia do Córrego Jordão, no ano de 1985.

Classe 1985	Peso	Área		
		Hectare (ha)	km <sup>2</sup>	(%)
Muito Baixa	1	74,52	0,75	3,0
Baixa	2	214,92	2,15	8,7
Média	3	547,83	5,48	22,2
Alta	4	1.001,16	10,01	40,5
Muito Alta	5	631,44	6,31	25,6
<b>Total =</b>		<b>2.469,87</b>	<b>24,70</b>	<b>100</b>

Fonte: Elaborado pelo Autor.

#### 4.2.2. Vulnerabilidade ambiental de 1990

Na Figura 8 pode ser observado o mapa de vulnerabilidade do solo da microbacia do Córrego Jordão considerando a imagem de abril de 1990, ano esse em que houve chuvas abaixo da média histórica e que vem após uma sequência de anos secos. Observa-se, nesta figura, uma maior concentração de áreas com vulnerabilidade muito alta na cabeceira da bacia, porém pode-se verificar que devido ao período seco que ocorreu por toda a microbacia se observa o aumento da vulnerabilidade ambiental do terreno.

Verifica-se, também, nesta figura, que as áreas com vulnerabilidade muito baixa, praticamente não é mais vista. Mesmo dentro das áreas com remanescente florestal, verifica-se o aumento da vulnerabilidade média acontecendo. Essas áreas em amarelo consideradas de média suscetibilidade se comprimem visualmente ao norte e se dilatam ao sul, por ocasião de serem os talwegues e se encontrarem em época de secas.

Na visão qualitativa o que difere do mapa de 1985, é que em 1990, como podemos observar, as concentrações mais altas de vulnerabilidade estão na parte norte do mapa de 1990, onde estão localizadas as cabeceiras que abastecem as nascentes da bacia.

Na Tabela 13, pode ser observada a extensão territorial de cada classe quanto o grau de vulnerabilidade para o ano de 1990. Observe que as áreas consideradas com vulnerabilidade muito alta ocupam 28,1% do território desta microbacia, com extensão de 693,90 ha. Com relação à classe de vulnerabilidade alta, verifica-se que esta ocupa 965,79 ha, com representatividade de 39,1%.

Assim, numa microbacia de 2.469,87 ha, verifica-se que 1.659,69 ha estão sujeitos à

vulnerabilidade alta e muito alta e apenas 199,89 ha apresentam vulnerabilidade baixa a muito baixa. Considerando as áreas de vulnerabilidade muito baixa e baixa, verificou-se uma redução em suas respectivas áreas de 45,5% e de 26,1%, quando comparamos os dados obtidos no ano de 1985 com o ano de 1990.

**Tabela 13** - Distribuição das classes, quanto a vulnerabilidade do solo, distribuídos entre, muito baixa, baixa, média, alta e muito alta no ano de 1990.

Classe 1990	Peso	Área		
		Hectare (ha)	km <sup>2</sup>	(%)
Muito Baixa	1	41,22	0,41	1,7
Baixa	2	158,67	1,59	6,4
Média	3	610,29	6,10	24,7
Alta	4	965,79	9,66	39,1
Muito Alta	5	693,90	6,94	28,1
<b>Total =</b>		<b>2.469,87</b>	<b>24,70</b>	<b>100</b>

Fonte: Elaborado pelo Autor.

#### 4.2.3. Vulnerabilidade ambiental de 2009

Na Figura 8 pode ser observado o mapa de vulnerabilidade do solo da microbacia do Córrego Jordão considerando a imagem de abril de 2009, ano esse em que houve chuva próxima da média histórica e que vem após uma sequência de anos chuvosos. Pode-se observar, nesta figura, a propagação na vulnerabilidade muito alta na margem direita da parte sul da microbacia. Verifica-se também, o ressurgimento das áreas com vulnerabilidade muito baixa, o que condiz com um maior armazenamento no lençol freático por meio da saturação de água existente entre seus poros e fissuras.

Mesmo considerando que este ano choveu próximo da média histórica e ainda que, este ano venha após uma sequência de anos chuvosos, observa-se um ganho de área com vulnerabilidade muito alta, devido ao fato de a cobertura da terra expor o solo de forma fragmentada, o que propicia o arraste de matéria desagregada por meio da pressão que as águas das chuvas podem ocasionar.

Observa-se, ainda, nesta figura, que nas áreas de remanescentes florestais não houve alteração no grau de vulnerabilidade com relação ao ano de 1990, ou seja, as chuvas ocorridas foram suficientes para que estes remanescentes retomassem suas condições do ano de 1985.

Observe que as áreas consideradas com vulnerabilidade muito alta na Tabela 14 ocupam 31,8% do território desta microbacia, com extensão de 786,51 ha. Com relação à classe de vulnerabilidade alta, verifica-se que esta ocupa 916,74 ha, sendo representada por 37,1%.

Assim, numa microbacia de 2.469,87 ha, verifica-se que 1.703,25 ha estão sujeitos à vulnerabilidade alta e muito alta, ou seja, 68,9% do território da microbacia e, apenas 208,53 ha apresentam vulnerabilidade baixa a muito baixa. Assim, verifica-se que as áreas com vulnerabilidade muito alta vêm aumentando gradativamente em relação aos anos anteriores, mesmo sendo esta avaliação realizada com imagens de um ano com chuvas próximo da média e após sequência de anos chuvosos.

**Tabela 14** - Distribuição das classes, quanto a vulnerabilidade do solo, distribuídos entre, muito baixa, baixa, média, alta e muito alta no ano de 2009.

Classe 2009	Peso	Área		
		Hectare (ha)	km <sup>2</sup>	(%)
Muito Baixa	1	63,72	0,64	2,6
Baixa	2	144,81	1,45	5,9
Média	3	558,09	5,58	22,6
Alta	4	916,74	9,17	37,1
Muito Alta	5	786,51	7,87	31,8
<b>Total =</b>		<b>2.469,87</b>	<b>24,70</b>	<b>100</b>

Fonte: Elaborado pelo Autor.

#### 4.2.4. Vulnerabilidade ambiental de 2017

Na Figura 8 pode ser observado o mapa de vulnerabilidade do solo da microbacia do Córrego Jordão considerando a imagem de abril de 2017, ano esse em que houve chuvas abaixo da média histórica e que vem após uma sequência de anos secos.

Observa-se, nesta figura, que as áreas com vulnerabilidade muito alta aparecem em maior concentração na porção norte e na porção sul da bacia, com pouca expressividade na região central.

Na porção central desta microbacia, pode-se observar o predomínio da classe de solos com vulnerabilidade média a alta. Quase não se observa a classe de vulnerabilidade baixa e muito baixa. Isto se deve principalmente à severidade da seca deste período, que foi amplamente discutida na mídia estadual, como sendo uma das mais severas dos últimos anos, causando milhões de prejuízos à agricultura e a pecuária.

Na Tabela 15, pode ser observada a extensão territorial de cada classe quanto o grau de vulnerabilidade para o ano de 2017. Observe que as áreas consideradas com vulnerabilidade muito alta ocupam 29,3% do território desta microbacia, com extensão de 724,77 ha. Com relação à classe de vulnerabilidade alta, verifica-se que esta ocupa 941,31 ha, com representatividade de 38,1%.

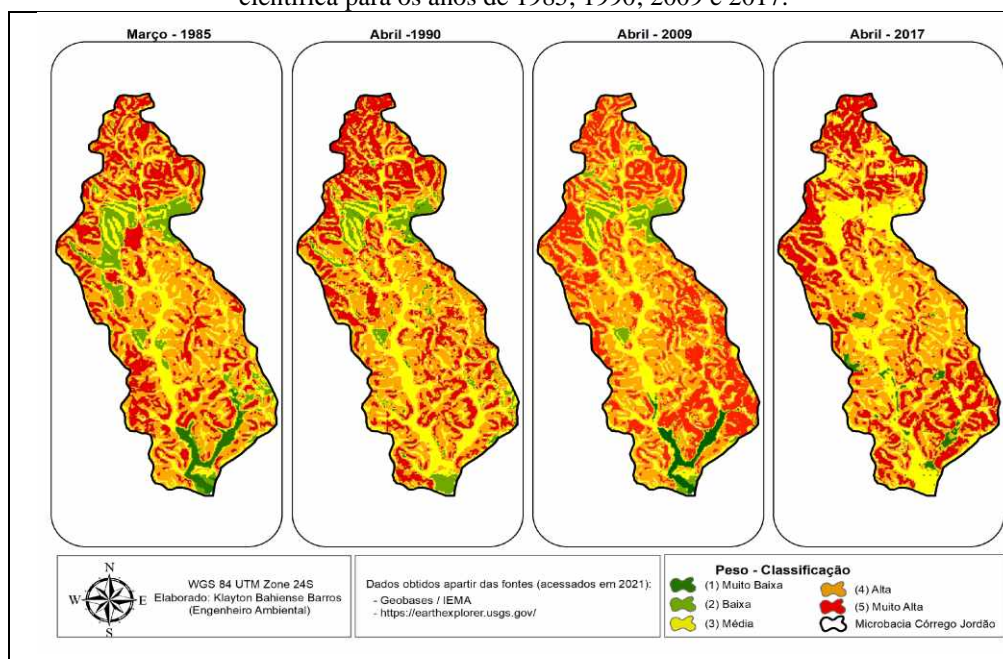
**Tabela 15** - Distribuição das classes, quanto a vulnerabilidade do solo, distribuídos entre, muito baixa, baixa, média, alta e muito alta no ano de 2017.

Classe 2017	Peso	Área		
		Hectare (ha)	km <sup>2</sup>	(%)
Muito Baixa	1	44,64	0,45	1,8
Baixa	2	10,98	0,11	0,4
Média	3	751,50	7,52	30,4
Alta	4	941,31	9,41	38,1
Muito Alta	5	724,77	7,25	29,3
<b>Total =</b>		<b>2.473,20</b>	<b>24,73</b>	<b>100</b>

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Cabe aqui ressaltar que, neste ano, verificou-se um aumento expressivo na área com vulnerabilidade média que saiu de 22,6% em 2009 (Tabela 14) para 30,4% no ano de 2017, conferindo a esta classe um aumento de 34,5% em apenas 8 anos. Isto aconteceu provavelmente devido à degradação dos fundos dos vales assim como também dos remanescentes florestais, em decorrência da falta de água proveniente das chuvas que não vieram, neste período.

Desta forma, numa microbacia de 2.473,20 ha, verifica-se que 1.666,08 ha estão sujeitos à vulnerabilidade alta e muito alta, ou seja, 67,4% do território da microbacia e, apenas 55,62 ha apresentam vulnerabilidade baixa a muito baixa, com representatividade de 2,2%. Mas precisa-se ressaltar que as áreas de vulnerabilidade média cresceram expressivamente, mostrando que esta microbacia precisa de cuidados com relação conservação e uso do seu solo.

**Figura 8** - Mapa de Vulnerabilidade Ambiental na microbacia hidrográfica do Córrego Jordão, com notação científica para os anos de 1985; 1990; 2009 e 2017.

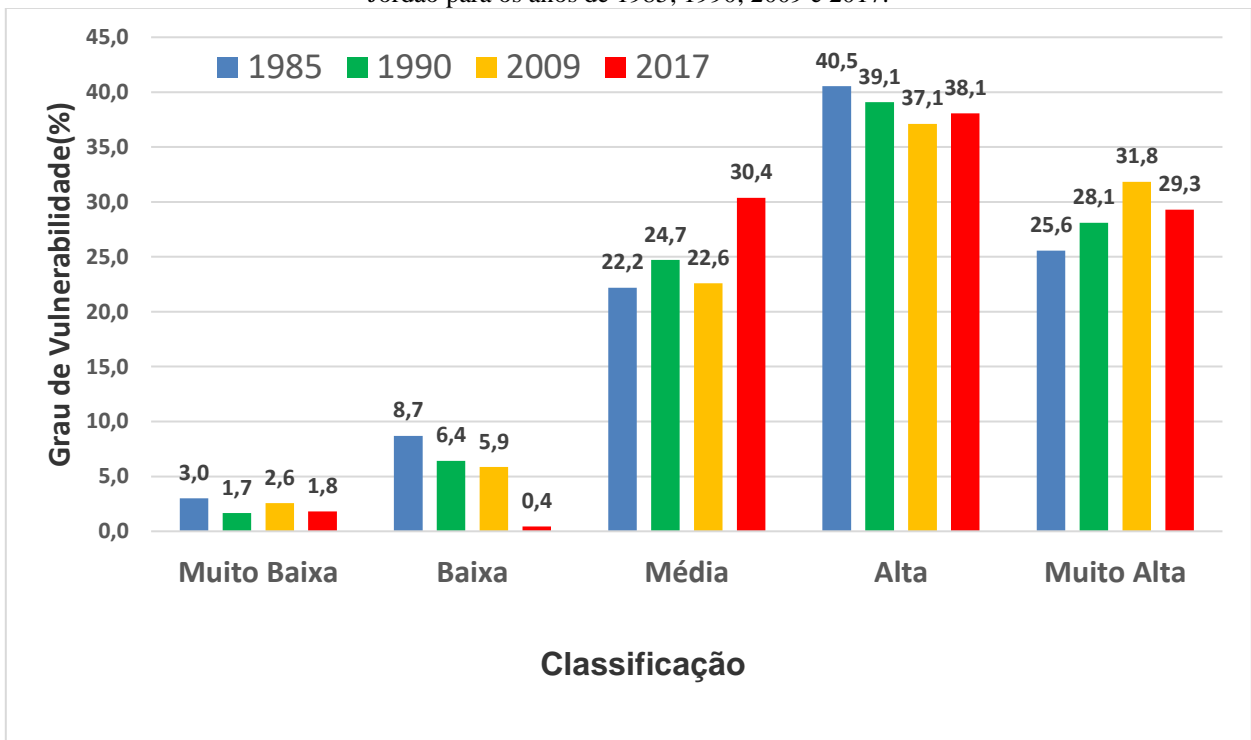
Fonte: Elaborado pelo autor.

#### 4.2.5. Síntese comparativa das transformações ocorridas na microbacia hidrográfica do Córrego Jordão com relação a vulnerabilidade ambiental dos anos estudados

Na Figura 9, é apresentada a variação das classes de vulnerabilidade ambiental para os anos considerados neste estudo. Verifica-se, nesta figura, que a classe de vulnerabilidade muito baixa apresentou uma tendência a reduzir sua abrangência com o passar dos anos, de igual forma verifica-se para a classe de vulnerabilidade baixa. Neste caso, para o ano de 2017 esta classe praticamente desapareceu devido à falta de chuva.

Situação inversa é observada, nesta figura, para a classe de vulnerabilidade média em que se observa uma tendência ao crescimento, em área de abrangência com o tempo, partindo de 22,2% em 1985, para 30,4% em 2017. Os maiores picos de expansão ocorreram nos anos secos 1990 e 2017.

**Figura 9** - Variação percentual das Classes de Vulnerabilidade Ambiental na microbacia hidrográfica do Córrego Jordão para os anos de 1985; 1990; 2009 e 2017.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Com relação à classe vulnerabilidade alta, verifica-se uma tendência à redução em sua abrangência, saindo de 40,5% em 1985, para 38,1% em 2017. Porém, ainda, observa-se, nesta figura que a classe de vulnerabilidade muito alta também apresentou tendência de crescer em extensão territorial, saindo de 25,6% em 1985 para 29,3% em 2017, mas verifica-se que a maior

expansão em área ocorreu em 2009, quando atingiu 31,8% de ocupação territorial. Desta forma, observa-se que as classes de vulnerabilidade muito baixa, baixa e alta apresentaram tendência à redução com o tempo e as classes de vulnerabilidade média e muito alta, apresentaram tendência a crescer.

Este fato é muito preocupante, pois as classes de vulnerabilidades mais baixas possuem pouca representatividade em extensão territorial e as classes com as maiores vulnerabilidades ambientais apresentam as maiores extensões territoriais. Isto nos remete a preocupação com esta área, pois a degradação dos solos vem aumentando gradativamente e se não forem tomadas providências, pode-se chegar a áreas desertificadas em pouco espaço de tempo, conforme pode ser observado na Figura 8, de forma qualitativa, quanto ao agrupamento da notação científica das imagens.

## 5. Conclusão

Neste estudo, considerando a escolha dos anos 1985 e 2009 com chuva maior ou igual à média após uma sequência de anos chuvosos e, dos anos 1990 e 2017 com chuva menor do que a média climatológica, após uma sequência de anos secos, percebeu-se que existe uma tendência à expansão de áreas com classe de vulnerabilidade média e muito alta. Este aspecto é preocupante, pois os dados revelam que aproximadamente 67% desta microbacia apresenta grau de vulnerabilidade alta a muito alta e, que aproximadamente 90% dela possui vulnerabilidade igual ou superior ao grau médio.

Diante exposto ao longo do trabalho, conclui-se que as sequências de anos chuvosos não foram suficientes para a recuperação da cobertura do solo, na área de estudo. Conclui-se também que as áreas com grau de vulnerabilidade média e muito alta, apresentam tendência a expandir com o passar dos anos, pois após um período de tempo de 32 anos, entre 1985 a 2017, as áreas com vulnerabilidade média sofreram expansão de 36,9% em relação ao ano de 1985 e as áreas com vulnerabilidade muito alta sofreram expansão de 14,5%, no mesmo período.

Estes dados nos mostram a urgência de medidas preventivas e restauradoras destes ambientes, tornando-se premente a necessidade da recuperação das pastagens degradadas, dos remanescentes florestais, das matas ciliares, das nascentes, etc.

Essas ações podem ser conduzidas por meio de políticas públicas direcionadas para este fim, alocação de recursos para projetos de recuperação de áreas degradadas, sejam eles a fundo perdido ou por meio de financiamentos bancário aos interessados. Torna-se urgente estabelecer

programas de educação ambiental no meio rural, mostrando a importância da cobertura do solo e de se recuperar estas áreas em processo de degradação.

## 6. Referências

AMARAL, R; ROSS, J. L. S. – As unidades ecodinâmicas na análise da fragilidade ambiental do Parque Estadual do Morro do Diabo e entorno, Teodoro Sampaio/SP. GEOUSP – Espaço e Tempo nº 26, São Paulo, 2009.

ATLAS das áreas suscetíveis à desertificação do Brasil / MMA, Secretaria de Recursos Hídricos, Universidade Estadual da Paraíba. Organizador: Marcos Oliveira Santana. Brasília: MMA, 2007. 18p.

AQUINO, A. R.; PALETTA, F. C.; ALMEIDA, J. R. Vulnerabilidade ambiental. São Paulo. Editora Edgard Blucher. 112p, 2017.

CARMO, J. P. A; SOUZA, G. F; POLIDERO, M; LOLLO, J. A. Análise da Fragilidade Ambiental em Áreas Urbanas. O caso do município de Londrina – PR. Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR. INPE. Curitiba, 2011. p.0855.

CREPANI, E.; MEDEIROS, J. S.; FILHO, P. H.; 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, 2001.

CRUZ, L. M; JÚNIOR, J. F. P; RODRIGUES, S. C. Abordagem Cartográfica da Fragilidade Ambiental na Bacia Hidrográfica do Glória – MG. Revista Brasileira de Cartografia nº 62/03, 2010.

CUNHA, S. B da. Morfologia dos Canais Urbanos. In: POLETO, C (Org.). Ambiente e Sedimento. ABRH. Porto Alegre, 2008, Cap.9, 404p.

DADALTO, G. G; BARRETO, P.; SARTORI, M. Levantamento de Áreas Agrícolas Degradadas no Estado do Espírito Santo. Vitória: CEDAGRO, 2012. Disponível em: [http://www.cedagro.org.br/artigos/A\\_Areas\\_Degradadas\\_Doc\\_Completo.pdf](http://www.cedagro.org.br/artigos/A_Areas_Degradadas_Doc_Completo.pdf). Acesso em: 18 Dez 2020.

FRANCO, M. de A. R. Planejamento ambiental para a cidade sustentável. São Paulo: Annablume: FAPESP, 2001.

GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S.; BOTELHO, R. G. M. Erosão e Conservação dos Solos: Conceitos, Temas e Aplicações. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999. 340p.

GUERRA, A. J. T; MENDONÇA, J. K. S. Erosão dos Solos e a Questão Ambiental. In: VITTE, A. C; GUERRA, A. J.T. (Org.). Reflexões sobre a Geografia Física no Brasil. Ed. 7ª Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2014. Cap. 8. p. 282.

Haidara, I. et al. Efficiency of Fuzzy Analytic Hierarchy Process to detect soil erosion



vulnerability. *Geoderma*, [s.l.], v. 354, 113853, nov. 2019.

HOLANDA, F. S. R.; ROCHA, I. P.; OLIVEIRA, V. S. Estabilização de taludes marginais com técnicas de bioengenharia de solos no Baixo São Francisco. *Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental*, v. 12, n. 6, 2008, p. 570-575.

IBGE, INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Cidades e Estados – Presidente Kennedy. Código 3204302 Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/es/presidente-kennedy.html>. Acesso em: 10 de outubro de 2020.

LEPSCH, I. F. 19 Lições de Pedologia. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.

MEDEIROS, J. S. Bancos de dados geográficos e redes neurais artificiais: tecnologias de apoio à gestão do território. São Paulo. 236 p. Tese (Doutoramento em Geografia) – Universidade de São Paulo, 1999.

MESSIAS, C.G; FERREIRA, M. F.M; RIBEIRO, M. B. P; MENEZES, M. D. Análise Empírica de Fragilidade Ambiental Utilizando Técnicas de Geoprocessamento: o Caso da Área de Influência da Hidrelétrica do Funil – MG. *REVISTA GEONORTE*, Edição Especial, V.2, N.4, p.112 – 125, 2012.

PAN-BRASIL. Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca. Ministério de Meio Ambiente. Secretaria de Recursos Hídrico. Tabela 1.8, p. 36, 2005.

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

ROVANI, F. et al. Análise da vulnerabilidade natural à perda de solo de Barão de Cotegipe, RS. *Revista do Departamento de Geografia*, v. 29, p. 262-278, 2015.

SANTOS, R. F. Planejamento Ambiental: Teoria e Prática. Ed. Oficina de Textos. São Paulo, 2004.

SHIELDS, I. A. Application of similarity principles and turbulence research to bed-load movement. In: OTT, W. P.; VAN UCHELEN, J. C. (Eds.) *Hydrodynamics Laboratory Publication*, v. 167. Pasadena: California Institute of Technology, 1936.

SOSSAI, M. F. Atlas da mata atlântica do estado do Espírito Santo: 2007-2008 / 2012-2015. Espírito Santo: Secretária de Estado de Meio Ambiente e de Recursos Hídricos, IEMA 2018 - 148p.

SOUZA, V. de; GASPARETTO, N. V. L. Aplicação da Equação Universal de Perdas de Solo (eups) na Bacia do Córrego Pinhalzinho Segundo, Noroeste do Paraná. In *Revista Brasileira de Geomorfologia*. V. 13, n° 3, p. 267-278, Julho/Setembro de 2012.

TRICART, J. – *Ecodinâmica*. Rio de Janeiro: FIBGE, Secretaria de Planejamento da Presidência da República, 1977. 97p.

VALERIANO, M. M. TOPODATA: guia para utilização de dados geomorfológicos locais. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), 2008 (INPE-15318-RPQ/818). 75 p.

VASQUEZ, B. A. F. Recuperação de Áreas Degradadas. In: POLETO, C. (Org.). Introdução ao Gerenciamento Ambiental. Ed 1ª. Rio de Janeiro, Interciência Ltda, 2010. Cap.6, p. 183-237.