

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO  
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS E NATURAIS  
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA

JULIANA MENDES FRECHIANI

**EVOLUÇÃO ANTROPOGÊNICA DO RELEVO EM ITAOCA,  
CACHOEIRO DE ITAPEMIRIM (ES)**

**VITÓRIA  
2015**

JULIANA MENDES FRECHIANI

**EVOLUÇÃO ANTROPOGÊNICA DO RELEVO EM ITAOCA,  
CACHOEIRO DE ITAPEMIRIM (ES)**

Monografia apresentada ao Departamento de Geografia do Centro de Ciências Humanas e Naturais da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção de grau de bacharel em Geografia.

Orientador: Prof. Dr. Eberval Marchioro.

**VITÓRIA  
2015**

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente a Deus, que permitiu que tudo isso acontecesse ao longo de minha vida, e não somente nestes anos como universitária, mas em todos os momentos, me proporcionando força e coragem para os novos desafios encontrados nessa caminhada.

À minha família: pai, mãe, irmão, pela capacidade de acreditar e investir em mim. Obrigada pela dedicação e pelas alegrias e tristezas compartilhadas.

E como não agradecer aos amigos tão presentes, que foram capazes de compreender as diferenças, as alegrias, as tristezas, os amores, as ilusões? Pelas várias viagens inesquecíveis e pelo apoio dado, mesmo que distante, muito obrigada.

Ao Professor Doutor Eberval Marchioro, com quem partilhei tantas ideias que vieram a se tornar este trabalho. Obrigada pelos ensinamentos, pela paciência e confiança ao longo das supervisões das minhas atividades.

E à memória de Marllonn Vieira Amaral, todo amor e saudade. A conclusão da graduação também é sua!

EVOLUÇÃO ANTROPOGÊNICA DO RELEVO EM ITAOCA, CACHOEIRO DE  
ITAPEMIRIM (ES)

DE

JULIANA MENDES FRECHIANI

Monografia apresentada ao Departamento de Geografia do Centro de Ciências Humanas e Naturais da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção de grau de bacharel em Geografia.

Apresentada em 12 de agosto de 2015

**Banca examinadora:**

---

Prof. Dr. Eberval Marchioro. (Ufes)

---

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Luiza Bricalli (Ufes)

---

Prof. Msc. Wimerson Sanches Bazan (Ifes)



*Para todos que já tiveram um momento de fraqueza. Não  
vai durar para sempre, então não deixe isso afetar o que  
há de melhor em você.*

*(J. Redmerski – Entre o agora e o sempre)*

## RESUMO

O agente humano é atualmente de igual importância quando se analisam os fatores que contribuem para a formação do relevo. Os impactos da atividade antrópica na origem da morfologia têm sido crescentes no último século, principalmente nas áreas de mineração, onde a escavação permite a criação de um novo modelado na região, ambientes antes côncavos tornam-se convexos e vice-versa. Embora a atividade mineradora seja regulamentada na Constituição Federal Brasileira de 1988, desde a concessão da lavra até as consequências ambientais geradas, ainda pouco se é discutido o choque que as novas formas de relevo provocarão na dinâmica natural local.

Algumas formas de relevo são resultantes da modificação do homem, criando assim um ambiente artificial, como é o caso da nova geomorfologia surgida no nordeste e no leste de Itaoca nos últimos quarenta anos ocasionada pela mineração. Sendo assim, o objeto da Geomorfologia Antropogênica é a descrição de que maneira o homem influencia na formação da variedade de formas do relevo, as mudanças ambientais ocorridas devido a esse processo e o estabelecimento de novas condições de equilíbrio.

Nesse contexto, o presente trabalho foi desenvolvido com o objetivo de analisar, a partir da Teoria Geral dos Sistemas, esse ambiente antropogênico, influenciado pela exploração de rochas ornamentais, a partir da análise do distrito de Itaoca, no município de Cachoeiro de Itapemirim.

Para demonstrar tal alteração da paisagem, utilizou-se do software ArcGis™ 10.2, onde foram consideradas algumas variáveis importantes na transformação da encosta, sendo elas: uso e cobertura da terra, elevação (m), perfil topográfico, orientação das vertentes, curvatura vertical, curvatura horizontal e formas de terreno.

**Palavras-Chave:** Mapeamento Geomorfológico. Mineração. Antropogeomorfologia.

## **ABSTRACT**

The human agent is currently equally important when we considering the factors that contribute to the shaping of the relief. The impacts of human activity on the origin of morphology have been increasing in the last century, especially in mining, where the excavation enables the creation of a new shape in the region, environments that was dishing in the past become convex and vice versa. Although mining activity is regulated by the Brazilian Federal Constitution of 1988, since the granting of mining until the generated environmental consequences, the shock that the new forms of relief will cause to the natural local dynamics is still wispy discussed. Some landforms are resulting from the modification of human being, thus creating an artificial environment, such as the new geomorphology arose in the northeast and east of Itaoca the last forty years, occurred because of the mining. Thus, the object of Anthropogenic Geomorphology is a description of how man influences the shape of the variety of landforms, environmental changes due to this process and the establishment of new equilibrium conditions. In this context, the present work has the objective to analyse, from General Systems Theory, the anthropogenic environment, influenced by the operation of ornamental rocks, from the analysis of Itaoca district in the municipality of Cachoeiro de Itapemirim.

To demonstrate such a change of scenery, the software ArcGis<sup>TM</sup> 10.2 was used, which took into account some important variables in the transformation of the slope, which are: land use and land cover, elevation (m), topographic profile, orientation of the slopes, vertical curvature, horizontal curvature and forms of terrain.

Key words: Geomorphological mapping, mining, atrophic geomorfology.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> – Dinâmica processual em geomorfologia.....	19
<b>Figura 2</b> – Sistema Morfológico .....	32
<b>Figura 3</b> – Sistema em Cascata .....	32
<b>Figura 4</b> – Sistema De Resposta (Feedback Negativo).....	33
<b>Figura 5</b> – Sistema de Resposta (Feedback Positivo).....	33
<b>Figura 6</b> – Interesse mineralário no distrito de Itaoca.....	43
<b>Figura 7</b> – Mapa de localização de Cachoeiro de Itapemirim .....	45
<b>Figura 8</b> – Exploração de Rochas Ornamentais em Itaoca .....	46
<b>Figura 9</b> – Temperatura Média do distrito de Burarama .....	47
<b>Figura 10</b> – Precipitação média do distrito de Burarama .....	48
<b>Figura 11</b> – Mapa geológico de Itaoca .....	49
<b>Figura 12</b> – Mapa dos minerais e rochas extraídas de Itaoca .....	51
<b>Figura 13</b> – Mapa do relevo de Itaoca .....	53
<b>Figura 14</b> – Mapa da vegetação de Itaoca .....	54
<b>Figura 15</b> – Mapa da hidrografia de Itaoca.....	55
<b>Figura 16</b> – Extração de rochas ornamentais.....	57
<b>Figura 17</b> – Desenho esquemático da lavra em cava/fossa .....	58
<b>Figura 18</b> – Lavra em Planície ou Platô (Fossa e Poço) .....	58
<b>Figura 19</b> – Lavra em fossa no distrito de Itaoca.....	59
<b>Figura 20</b> – Geração de arquivo raster.....	64
<b>Figura 21</b> – Criação de orientação de vertentes a partir do raster.....	65
<b>Figura 22</b> – Processos morfogenéticos e pedogenéticos nas vertentes.....	66
<b>Figura 23</b> – Relação dos fluxos de água conforme as formas da vertente ....	67
<b>Figura 24</b> – Variáveis geomorfométricas locais, derivadas da altimetria .....	68

<b>Figura 25</b> – Criação de curvatura do relevo de Itaoca no ArcGisTM 10.2. ....	68
<b>Figura 26</b> – Definição de intervalos de curvatura horizontal .....	69
<b>Figura 27</b> – Classificação da simbologia da curvatura horizontal .....	69
<b>Figura 28</b> – Reclassificação da curvatura.....	70
<b>Figura 29</b> – Reclassificação da curvatura.....	70
<b>Figura 30</b> – Resultado da reclassificação de curvaturas .....	71
<b>Figura 31</b> – Formas do terreno .....	72
<b>Figura 32</b> – Combinação das curvaturas horizontal e vertical .....	72
<b>Figura 33</b> – Nomeação das formas .....	73
<b>Figura 34</b> – Mapa do uso e cobertura da terra de Itaoca (1970) .....	77
<b>Figura 35</b> – Mapa de uso e cobertura da terra de Itaoca (2012) .....	78
<b>Figura 36</b> – Surgimento de lagoas artificiais antropogênicas em Itaoca.....	79
<b>Figura 37</b> – Mudança antropogênica no topo da encosta em Itaoca .....	80
<b>Figura 38</b> – Mapa hipsométrico em metros de Itaoca.....	81
<b>Figura 39</b> – Mapa de orientação das vertentes de Itaoca.....	83
<b>Figura 40</b> – Mapa de declividade de Itaoca .....	85
<b>Figura 41</b> – Mapa de curvatura vertical do distrito de Itaoca .....	87
<b>Figura 42</b> – Mapa de curvatura horizontal do distrito de Itaoca .....	89
<b>Figura 43</b> – Formas de terreno predominantes em Itaoca.....	90
<b>Figura 44</b> – Mapa de formas de terreno geral do distrito de Itaoca .....	92
<b>Figura 45</b> – Mapa de localização dos pontos escolhidos .....	94
<b>Figura 46</b> – Mapa Hipsométrico da Área 1 .....	95
<b>Figura 47</b> – Perfil de elevação da Área 1 .....	96
<b>Figura 48</b> – Comparação em imagens aéreas da Área 1 (70 e 2012).....	96
<b>Figura 49</b> – Mapa de Orientação de Vertentes da Área 1 .....	97

<b>Figura 50</b> – Mapa de declividade da Área 1 .....	98
<b>Figura 51</b> – Mapa de curvatura vertical da Área 1 .....	99
<b>Figura 52</b> – Mapa de curvatura horizontal da Área 1.....	100
<b>Figura 53</b> – Formas de terreno predominantes da Área 1 .....	101
<b>Figura 54</b> – Mapa formas de terreno da Área 1 .....	102
<b>Figura 55</b> – Exploração de rochas ornamentais no distrito de Itaoca .....	103
<b>Figura 56</b> – Mapa Hipsométrico da Área 2 .....	103
<b>Figura 57</b> – Perfil de elevação da Área 2 .....	104
<b>Figura 58</b> – Comparação em imagens aéreas da Área 2 .....	104
<b>Figura 59</b> – Mapa de orientação de vertentes da Área 2.....	105
<b>Figura 60</b> – Mapa de declividade da Área 2 .....	106
<b>Figura 61</b> – Mapa de curvatura vertical da Área 2.....	107
<b>Figura 62</b> – Mapa de curvatura horizontal da Área 2.....	107
<b>Figura 63</b> – Formas de terreno predominantes da Área 2.....	109
<b>Figura 64</b> – Formas de terreno Área 2 .....	109
<b>Figura 65</b> – Exploração de rochas ornamentais no distrito de Itaoca .....	110
<b>Figura 66</b> – Mapa Hipsométrico da Área 3 .....	111
<b>Figura 67</b> – Perfil de elevação da Área 3 .....	111
<b>Figura 68</b> – Comparação em imagens aéreas da Área 3 .....	112
<b>Figura 69</b> – Orientação de vertentes da Área 3.....	112
<b>Figura 70</b> – Mapa de declividade da Área 3 .....	113
<b>Figura 71</b> – Mapa de curvatura vertical da Área 3.....	114
<b>Figura 72</b> – Mapa de curvatura horizontal da Área 3.....	115
<b>Figura 73</b> – Formas predominantes da Área 3 .....	116
<b>Figura 74</b> – Mapa de formas de terreno da Área 3.....	117

<b>Figura 75</b> – Mapa Hipsométrico da Área 4 .....	118
<b>Figura 76</b> – Perfil de elevação da Área 4 .....	118
<b>Figura 77</b> – Comparação em imagens aéreas da Área 4 .....	118
<b>Figura 78</b> – Mapa de orientação de vertentes da Área 4.....	119
<b>Figura 79</b> – Mapa de declividade da Área 4 .....	120
<b>Figura 80</b> – Mapa de curvatura vertical da Área 4.....	121
<b>Figura 81</b> – Mapa de curvatura horizontal da Área 4.....	122
<b>Figura 82</b> – Formas de terreno predominantes da Área 4.....	123
<b>Figura 83</b> – Mapa formas de terreno da Área 4.....	124
<b>Figura 84</b> – Exploração de rochas ornamentais no distrito de Itaoca .....	124
<b>Figura 85</b> – Mapa Hipsométrico da Área 5 .....	125
<b>Figura 86</b> – Perfil de elevação da Área 5 .....	125
<b>Figura 87</b> – Comparação em imagens aéreas da Área 5 .....	125
<b>Figura 88</b> – Mapa de orientação de vertente da Área 5 .....	126
<b>Figura 89</b> – Mapa de declividade da Área 5 .....	127
<b>Figura 90</b> – Mapa de curvatura vertical da Área 5.....	128
<b>Figura 91</b> – Mapa de curvatura horizontal da Área 5.....	129
<b>Figura 92</b> – Formas de terreno predominantes da Área 5.....	130
<b>Figura 93</b> – Mapa de formas de terreno da Área 5.....	131

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> – Aplicações do mapeamento geomorfológico .....	27
<b>Tabela 2</b> – Competências atuais na exploração mineral e a proposta.....	40
<b>Tabela 3</b> – Participação dos estados brasileiros na exportação de rochas ...	41
<b>Tabela 4</b> – Variedades cromáticas dos granitos no Espírito Santo.....	42
<b>Tabela 5</b> – Perfil da produção brasileira por tipo de rocha.....	57
<b>Tabela 6</b> – Tabela de classificação de uso e cobertura da terra (IEMA).....	62
<b>Tabela 7</b> – Classes de Declividade, segundo EMBRAPA (1999) .....	66
<b>Tabela 8</b> – Nomeação das formas .....	73
<b>Tabela 9</b> – Uso e cobertura da terra em Itaoca no ano de 1970 e 2012.....	75
<b>Tabela 10</b> – Orientação das vertentes do distrito de Itaoca.....	82
<b>Tabela 11</b> – Declividade de Itaoca.....	84
<b>Tabela 12</b> – Curvatura vertical de Itaoca .....	86
<b>Tabela 13</b> – Curvatura horizontal de Itaoca .....	88
<b>Tabela 14</b> – Formas de terreno de Itaoca.....	91
<b>Tabela 15</b> – Classes de declividade da Área 1 .....	98
<b>Tabela 16</b> – Curvatura vertical e horizontal da Área 1 .....	99
<b>Tabela 17</b> – Formas do terreno da Área 1 .....	101
<b>Tabela 18</b> – Classes de declividade da Área 2 .....	105
<b>Tabela 19</b> – Curvatura vertical e horizontal da Área 2 .....	106
<b>Tabela 20</b> – Formas do terreno da Área 2 .....	108
<b>Tabela 21</b> – Classes de declividade da Área 3 .....	113
<b>Tabela 22</b> – Curvatura vertical e horizontal da Área 3 .....	114
<b>Tabela 23</b> – Formas de terreno da Área 3 .....	116
<b>Tabela 24</b> – Classes de declividades da Área 4 .....	120



<b>Tabela 25</b> – Curvatura vertical e horizontal da Área 4 .....	121
<b>Tabela 26</b> – Formas de terreno da Área 4 .....	123
<b>Tabela 27</b> – Classes de declividade da Área 5 .....	127
<b>Tabela 28</b> – Curvatura vertical e horizontal da Área 5 .....	128
<b>Tabela 29</b> – Formas de terreno da Área 5 .....	130

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>16</b>
<b>2 OBJETIVOS.....</b>	<b>18</b>
<b>2.1 OBJETIVO GERAL.....</b>	<b>18</b>
<b>2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....</b>	<b>18</b>
<b>3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>19</b>
<b>3.1 ANTROPOGEOMORFOLOGIA.....</b>	<b>19</b>
<b>3.2 CARTOGRAFIA GEOMORFOLÓGICA.....</b>	<b>23</b>
<b>3.3 TEORIA GERAL DOS SISTEMAS .....</b>	<b>28</b>
<b>3.4 LEGISLAÇÃO.....</b>	<b>34</b>
<b>3.4.1 Código de Mineração x Novo Código de Mineração .....</b>	<b>39</b>
<b>4 ÁREA ESTUDADA .....</b>	<b>41</b>
<b>4.1 ESPÍRITO SANTO .....</b>	<b>41</b>
<b>4.2 CACHOEIRO DE ITAPEMIRIM .....</b>	<b>44</b>
<b>4.3 ITAOCA.....</b>	<b>46</b>
<b>4.4 ESTÁGIO DA EXPLORAÇÃO DE ROCHAS ORNAMENTAIS EM CACHOEIRO DE ITAPEMIRIM.....</b>	<b>49</b>
<b>5 MATERIAIS E METODOLOGIA .....</b>	<b>53</b>
<b>6 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>74</b>
<b>6.1 UMA VISÃO GERAL DO DISTRITO DE ITAOCA.....</b>	<b>74</b>
<b>6.1.1 Uso e cobertura da terra do distrito de Itaoca .....</b>	<b>74</b>
<b>6.2 HIPSOMETRIA DO DISTRITO DE ITAOCA.....</b>	<b>80</b>
<b>6.3 ORIENTAÇÃO DAS VERTENTES .....</b>	<b>82</b>
<b>6.4 DECLIVIDADE .....</b>	<b>84</b>

6.5 CURVATURA VERTICAL .....	86
6.6 CURVATURA HORIZONTAL .....	88
6.7 FORMAS DE TERRENO .....	90
6.8 EVOLUÇÃO ANTROPOGÊNCIA DE ÁREAS ESPECÍFICAS.....	93
6.8.1 Área 1 .....	95
6.8.2 Área 2 .....	102
6.8.3 Área 3 .....	110
6.8.4 Área 4 .....	117
6.8.5 Área 5 .....	124
7 CONCLUSÕES .....	132
8 REFERÊNCIAS.....	134

## 1 INTRODUÇÃO

O relevo é composto por diferentes gêneses resultantes de processos que nele atuam. Estes processos, antes manifestados em escala de tempo geológico, passam a ocorrer sob forte influência do homem, provocando, assim, mudanças na dinâmica natural, resultando em processos geomorfológicos de origem antrópica, denominada de “antropogeomorfologia” (PEREZ; QUARESMA, 2011).

De acordo com Nir (1982), a Antropogeomorfologia é um ramo da Geografia física que aborda as ações antrópica ao longo do tempo sobre o relevo terrestre e têm sido incorporadas as pesquisas Geomorfológicas.

Segundo Perez e Quaresma (2011), “o sistema antrópico, por meio do uso e ocupação das terras, ao acelerar processos morfológicos, permite a ocorrência rápida de fenômenos que se manifestariam em longo período de tempo, caso fossem resultantes exclusivamente de processos naturais” (2011, p. 89).

Na construção do espaço, o homem altera os processos e formas da paisagem, principalmente no processo de urbanização, edificação, agricultura e, na exploração mineral, entre outras formas (PEREIRA, 2013, p. 43).

O Brasil possui, de maneira geral, uma forte exploração mineral, com destaque para o ferro, mármore e granito, entre outros, que contribuem para a evolução antropogênica do relevo, mas que ainda carece de estudos geomorfológicos demonstrando, tal interação ao longo do tempo histórico.

Dentro deste contexto, está inserido o estado do Espírito Santo, que possui uma forte extração mineral associado ao mármore e granito, em diferentes porções do território capixaba, refletindo-se não apenas em problemas ambientais, mas também, sobre a evolução antropogênica do relevo terrestre.

A exploração de rochas ornamentais é o terceiro maior gerador de receita para o Espírito Santo e, responde por 7% do produto interno bruto (PIB) capixaba. De acordo com o Atlas de Rochas Ornamentais do Estado do Espírito Santo (2013), das 26 maiores empresas brasileiras exportadoras de rochas ornamentais com faturamento superior a US\$ 10 milhões em 2007, 21 encontram-se instaladas no Espírito Santo e, concentra mais da metade do parque industrial brasileiro.

Dentre os territórios capixabas que têm forte presença da exploração de mármore, pode-se destacar o distrito de Itaoca, no Município de Cachoeiro de Itapemirim (ES), que é responsável atualmente por 12,58% de exportações capixabas de blocos, de acordo com o informativo do CENTRO ROCHAS (Centro Brasileiro de Exportadores de Rochas Ornamentais), do ano de 2014.

Em função do quadro de produção de rochas ornamentais do Estado do Espírito Santo e, principalmente de Cachoeiro de Itapemirim, que também é denominada como a “capital capixaba do mármore” e se destaca como o principal centro de extração e concentração de jazidas de mármore, esse trabalho justifica-se pela contribuição sobre o conhecimento da evolução antropogênica do relevo, associado a esta extração mineral de rochas ornamentais.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GERAL**

O presente trabalho tem por finalidade a análise antropogeomorfológica a partir das alterações ocasionadas pela mineração sobre o relevo no distrito de Itaoca, situado no município de Cachoeiro de Itapemirim, Espírito Santo, nos anos de 1970 e 2012.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Avaliar o efeito da mineração sobre a morfologia da encosta das cinco áreas escolhidas entre os anos de 1970 e 2012;
- Analisar a evolução do uso e cobertura da terra entre os anos de 1970 e 2012.

### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 ANTROPOGEOMORFOLOGIA

O homem se colocou em uma posição de destaque (figura 1) quando se fala em alteração da paisagem e em formação do relevo da terra. Construções, aterros, explorações, desrespeito aos limites naturais, entre outras atividades fizeram com que os estudos morfológicos levassem em consideração mais essa variante.



**Figura 1** – Dinâmica Processual em Geomorfologia

Fonte: Adaptado de Casetti (2005).

Em meados do século XIX e início do século XX surgiram os primeiros trabalhos que serviram como base para a formulação da antropogeomorfologia, sendo considerado como principal o trabalho de Marsh (1894), com a obra *Man and nature or physical geography as modified by humanaction*. Outro trabalho de grande destaque foi o de Sherlock, em 1922, que apresenta pela primeira vez "o homem como um agente de denudação e transformações mais eficiente do que agentes naturais, principalmente em ambientes densamente povoados" (PASCHOAL et al., 2012).

A intervenção do homem provoca a criação de ambientes artificiais, ou seja, que não apresentam mais a morfologia original, que têm como característica a influência na modificação de processos naturais. A partir dessa premissa, derivou desse ramo do conhecimento a Antropogeomorfologia, ou Geomorfologia Antrópica, ou mesmo Geomorfologia Antropogênica, conceito esse formulado por Nir em 1983, em seu livro *Man, a Geomorphological Agent*. Na *Introduction to Anthropic Geomorphology*, que teve grande aceitação e logo se tornou um livro referência para estudos morfológicos. Goudie (1993; 1994) é outro autor de relevante importância no que se refere aos efeitos da ação antrópica sobre a superfície terrestre, como demonstra Guerra e Jorge (2013, p. 67):

Em 2006, Goudie chamou a atenção para a necessidade de reconhecer os efeitos diretos e indiretos das ações humanas em sistemas geomorfológicos e, especialmente, em sistemas fluviais, pois estaríamos numa nova era de influência antropogênica, em que esses sistemas teriam respostas ou reações geomorfológicas [...] (GUERRA; JORGE, 2013, p. 67).

No Brasil, o conceito começou a ser discutido por Cleide Rodrigues em 1997, em sua tese de doutorado denominada de *Geomorfologia Aplicada ao Planejamento Físico Territorial Brasileiro*, que continuou apresentando uma adaptação do conceito de Nir (1983) no Brasil em textos publicados em 2001, 2004 e 2005. Após a introdução desse pensamento no cenário acadêmico brasileiro, outros trabalhos foram surgindo e, paralelamente, as ações humanas sobre os meios físicos foram se intensificando, fazendo com que esse pensamento ganhasse força e se tornasse uma reflexão importante para a sociedade.

Rodrigues (2005), em seu artigo “Morfologia Original e Morfologia Antropogênica na definição de unidades espaciais de planejamento urbano: exemplo na metrópole paulista”, apresenta os conceitos de morfologia Original e Antropogênica como pilares para o entendimento do conceito de Antropogeomorfologia proposta originalmente por Nir (1983), sendo destacado em publicações sobre antropogeomorfologia nos últimos anos. O mesmo propõe o estudo da ação do homem no ambiente geomorfológico em três



fases: Pré-intervenção (década de 1970), perturbação ativa com ação antrópica intensa e pós intervenção (2012).

A Antropogeomorfologia é o estudo do ambiente que resulta da presença e da intervenção antrópica (RODRIGUES apud SANTOS FILHOS, 2011) no meio natural, é o estudo no tempo e no espaço (NIR; GOUDIE apud SANTOS FILHO, 2011) das mudanças no ambiente físico provocadas por ações antrópicas, considerando em sua análise três elementos morfológicos básicos: formas, materiais e processos da superfície terrestre. (HART, 1986; SANTOS FILHO, 2011) (PEREIRA, 2013, p. 46).

Em suas abordagens, Rodrigues (2005) reforça a importância de considerar os diversos aspectos que corroboram na alteração da paisagem, assim como os elementos antrópicos e os originais. A morfologia original é entendida como o meio físico que não sofreu alterações significativas (sem dimensões métricas) da ação antrópica.

Para a autora, a morfologia original compreende o conjunto de formas e processos atrelados que representam as fases de pré-perturbação antrópica e que mais se aproximam das características morfológicas hipoteticamente livres da organização dos sistemas socioeconômicos (SIMON; CORREA; PEREZ FILHO; CUNHA, 2010, p.2).

Os principais estudos na Antropogeomorfologia estão relacionados aos impactos da atividade antrópica sobre as formas do relevo, sobre a alteração e transformação que a atividade humana ocasiona (GOUDIE, 1993 apud PEREIRA, 2013).

A morfologia antropogênica está estreitamente relacionada à ação humana, sendo representada nas “fases de perturbação intensa ou de pós perturbação, onde feições morfohidrográficas derivadas de mecanismos de controle antrópico podem ser identificadas, mensuradas e avaliadas” (RODRIGUES, 2005).

Para Rodrigues (1999, 2003, 2005), as orientações básicas para se estudarem os efeitos das ações antrópicas no meio físico são:

- a) observar as ações humanas como ações geomorfológicas na superfície terrestre;
- b) investigar nas ações humanas padrões significativos para a morfodinâmica;
- c) investigar a dinâmica e a história cumulativa das intervenções humanas, iniciando com os estágios pré-perturbação;
- d) empregar diversas e complementares escalas espaço-temporais;
- e) empregar e investigar as possibilidades da cartografia geomorfológica de detalhe;
- f) explorar a abordagem sistêmica;
- g) usar a noção de limiar geomorfológico e a análise de magnitude e frequência;
- h) dar ênfase à análise integrada em sistemas geomorfológicos;
- i) levar em consideração as particularidades dos contextos morfoclimáticos e morfoestruturais;
- j) ampliar o monitoramento de balanços, taxas e geografia dos processos derivados e não derivados de ações antrópicas.

Dentro da perspectiva da Geomorfologia Original e Antropogênica surge um instrumento importante na análise da evolução do relevo frente à ação transformadora do homem: a cartografia geomorfológica evolutiva. “[...] Do reconhecimento cartográfico das unidades morfológicas originais para posteriormente considerar a sequência de intervenções antrópicas nas formas e na distribuição de materiais superficiais” (RODRIGUES, 2005, p. 101).

A cartografia geomorfológica, utilizando de seus recursos de análise, como mapas, cartas topográficas e diferentes escalas de abordagem se constitui como fator respeitável para comparação de alterações geomorfológicas na paisagem, principalmente na atualidade, em que essas transformações ocorrem em velocidade acelerada. A possibilidade de se assegurar

mecanismos que controlem tais alterações faz da cartografia geomorfológica um importante campo de estudo dentro da morfologia antropogênica, pela possibilidade de contribuir para análises mais específicas do meio.

### 3.2 CARTOGRAFIA GEOMORFOLÓGICA

*“[...] o objeto da geomorfologia é examinar o relevo da superfície terrestre. O relevo [...] é elemento muito importante do ambiente geográfico. O conhecimento desse ambiente, de seus elementos específicos – isto é, também do relevo – é necessário não apenas para o desenvolvimento da ciência, mas também para o controle racional e o uso que o homem faz desse ambiente. O objeto (sic) da geomorfologia é duplo: 1) o exame do relevo para ter ideia de seu desenvolvimento e das regras desse desenvolvimento; 2) o exame do relevo para facilitar o melhor controle e uso que o homem faz desse ambiente [...]*

*(KLIMASZEWSKI, 1963, apud COLTRINARI, 2011, p. 122)*

A cartografia é uma ciência importante na representação gráfica e espacial de objetos analisados, se preocupando, principalmente dentro da Geomorfologia, com a identificação das formas na superfície. O conceito pioneiro de mapa geomorfológico foi elaborado por Passarge (1912), porém a obra *Atlas Morfológico*, elaborada pelo mesmo, não obteve grande repercussão na época. Florenzano (2008, p.105) ressalta que o “[...] mapa constitui-se no resultado de análise e da interpretação geomorfológica, ele é ao mesmo tempo fonte de informação e um instrumento dela. É um instrumento de análise e síntese”.

A metodologia aplicada por Passarge (1912 apud COLTRINARI, 2011, p. 123) permaneceu nas décadas posteriores como o único método para classificação de mapeamento geomorfológico, embora alguns mapas fossem produzidos na Europa Central e Oriental.

Após a Segunda Guerra Mundial (1939-1945) ocorreu o aprofundamento dos estudos, agora não somente baseados em morfologia e tipos de relevo. Em

contrapartida, a produção cartográfica europeia e a geomorfologia norte-americana estavam baseadas, no século XIX, numa descrição da natureza e de seus fenômenos, porém sem qualquer sistema de classificação detalhada (KLIMASZEWSKI, 1988 apud COLTRINARI, 2011, p. 123).

Na França, as cartas geomorfológicas de pequena e média escala eram resultado de “traduções” gráficas de relatórios, teses e monografias. (TRICART, 1963 apud COLTRINARI, 2011, p. 123).

Após a Segunda Guerra Mundial e início da Guerra Fria, vários sensores foram desenvolvidos para espionagem e investigação de países rivais. O auxílio de fotografias aéreas proporcionou os estudos detalhados do relevo e do modelado e das relações entre embasamento, clima e gênese das formas observadas e registradas em mapas topográficos em escalas de 1:50.000 ou maiores. A compilação dos produtos dessa cartografia foi iniciada, entre outros, por Boesch (1945), Klimaszewski (1950, 1953) e Tricart (1954) (COLTRINARI, 2011, p. 123).

Na década de 1950, Gellert (1972 apud COLTRINARI, 2011, p. 123) ressalta que a cartografia geomorfológica tornou-se o método de pesquisa da geomorfologia, sustentando o desenvolvimento teórico e prático da disciplina. Em Estocolmo, em 1960, houve o 19º Congresso da União Geográfica Internacional (UGI), no qual a cartografia geomorfológica demonstrou maior variação de conteúdo e formas. Tal evento contou com a presença de países como França, a extinta URSS, Suíça, Japão, Polônia e Portugal.

No entanto, era necessário a criação de um método para análise comparativa integrada de mapas, resultando na criação da Comissão Geomorfológica Aplicada, guiada por Klimaszewski, cujos objetivos eram:

1. Introduzir e desenvolver a metodologia do mapeamento geomorfológico;
2. Adotar um sistema e princípios uniformes de cartografia para assegurar sua comparabilidade;

3. Oferecer, mediante os mapas geomorfológicos, subsídios para o conhecimento do ambiente geográfico e seu uso racional (KLIMASZEWSKI, 1982 apud COLTRINARI, 2011, p. 123).

Diferentes autores, em países diversos, tentaram classificar a morfologia do relevo de acordo com suas perspectivas, tais como: Tricart e Cailleux (1956), Mescerjakov (1968), Ab'Saber (1969), este último sendo retomado por Casetti (2007), que apresenta três níveis de abordagem:

1. Compartimentação topográfica regional e caracterização morfológica (analisa os diferentes níveis topográficos e as características do relevo, destacando a morfologia);
2. Estrutura superficial da paisagem (relaciona os depósitos correlativos com as condições climáticas, enfatizando a morfogênese);
3. Processos morfoclimáticos e pedogênicos atuais, a morfodinâmica, **inserindo o homem como agente desses processos**. (FLORENZANO, 2008, p. 106, grifo nosso).

Hayden (1986 apud FLORENZANO, 2008, p.106) afirma que o desenvolvimento do mapeamento geomorfológico seguiu caminhos distintos nos países, devido aos interesses e à ênfase dada pelos seus geomorfólogos e pela própria diversidade de formas do relevo encontradas nas diferentes regiões.

Florenzano (2008, p. 107) sintetiza os principais sistemas de mapeamento geomorfológico existentes, sendo que os mais conhecidos e utilizados são: Internacional Geographical Union (IGU) (DEMEK, 1972), *Internacional Institute for Aerial Survey and Earth Sciences* (ITC) (VESTAPPEN; ZUDAM, 1975) e o sistema francês (TRICART, 1972).

O ITC criou uma metodologia internacional para o mapeamento geomorfológico. Neste, as formas do relevo são classificadas a partir de sua

origem, seguindo o modelo de Vestappen (1983 apud FLORENZANO, 2008, p. 108).

Gustavsson (2006 apud FLORENZANO, 2008, p. 110), ressalta que o mapeamento e a pesquisa geomorfológica seguem duas abordagens diferentes atualmente: a analítica e a sintética. A primeira é caracterizada como um mapa que contém informações descritivas dos aspectos morfológicos, morfogenéticos, morfocronológicos e morfométricos. Dentro dessa abordagem encontram-se as cartas morfodinâmicas, que expressam as mudanças que ocorrem na superfície no curto intervalo de tempo, como é o caso da exploração de rochas ornamentais, criando novas formas de relevo em menos de uma década, por exemplo. A sintética é caracterizada como aquela em que os dados geomorfológicos são combinados com outras variáveis (solo, vegetação e hidrografia).

No Brasil, a escola de maior influência é a francesa de Tricart, voltado para cartas de detalhe. Segundo Florenzano (2008, p.108), esse sistema usa o modelo dos elementos, ou seja, grande número de sinais, o que torna a interpretação e leitura difícil.

A exceção em se analisar em extensão territorial se deu através do projeto RADAMBRASIL, na década de 1970, em que foi destacado o mapa geomorfológico com legenda, aberto e flexível, no qual a legenda apresenta informações da morfologia e morfogênese (FLORENZANO, p. 112).

Marçal e Guerra (2012, p. 129), a partir de Cooke e Doornkamp (1990), ressaltam a potencialidade aplicativa do conhecimento geomorfológico no diagnóstico das condições ambientais, contribuindo para orientar a alocação e o assentamento das atividades humanas. As possibilidades de aplicação do mapeamento geomorfológico são exemplificadas na tabela 1:

**Tabela 1** – Aplicações do mapeamento geomorfológico

<b>Categoria de uso</b>	<b>Exemplos de aplicação do mapeamento geomorfológico</b>
Uso da Terra	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Planejamento territorial e regional</li> <li>• Conservação e paisagens naturais e culturais</li> </ul>
Agricultura e áreas florestadas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Potencial de uso</li> <li>• Conservação e controle de erosão dos solos</li> <li>• Dragagem e irrigação</li> </ul>
Engenharia Civil aplicada ao subsolo e à superfície	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reconstrução e replanejamento de ocupações, especialmente no caso urbano</li> <li>• Alocação das atividades industriais</li> <li>• Comunicação (estradas, linhas férreas, construção de canais)</li> <li>• Reservatório e represas</li> <li>• Potencial do litoral</li> </ul>
Recursos Minerais	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Prospecção, levantamento geológico, exploração e mineração</li> <li>• Danos potenciais e reais causados pela mineração</li> </ul>

Fonte: Adaptado de Cooke e Doornkamp (1990).

Na pesquisa foi preciso desenvolver a compreensão das alterações impostas pela ação do homem em áreas de mineração. Para isso, foi necessário recorrer a uma cartografia geomorfológica evolutiva entre o período da década de 1970 e o ano de 2012.

Segundo Casetti (2005), Cartografia Geomorfológica se constitui num importante instrumento na espacialização dos fatos geomorfológicos, permitindo representar a gênese das formas do relevo e suas relações com a estrutura e processos, bem como com a própria dinâmica, considerando suas particularidades.

A elaboração do mapeamento geomorfológico do distrito de Itaoca seguiu a proposta de Tricart (1965), que deve compor quatro informações importantes: morfométricas, morfográficas, morfogenéticas e cronológicas.

- a) Morfométricos: aborda informações métricas apoiados em base cartográfica;
- b) Morfográficos: são formas de relevo resultantes do processo evolutivo;
- c) Morfogenéticos: processos responsáveis pelas formas do relevo;
- d) Cronológicos: período da formação das formas.

### 3.3 TEORIA GERAL DOS SISTEMAS

O relevo é um componente da natureza, sendo produto de fluxos internos e externos de energia, resultando em formas que oferecem sustentáculo para arranjos espaciais de produção humana (ROSS, 2006 apud SILVEIRA; CUNHA, 2010). Sendo a Geomorfologia a ciência que estuda o relevo, Ross (2006, p. 9) assim a define:

Geomorfologia é a disciplina das ciências da Terra mais diretamente utilizada e proporciona suporte absoluto as atividades humanas. Nesse sentido, destaca-se que o relevo da superfície terrestre é o “ piso”, o “chão”, onde a humanidade constrói e desenvolve suas atividades, produz, organiza e reorganiza seus espaços territoriais. A Geomorfologia ajuda a explicar como os espaços territoriais terrestres se organizam por meio das ações humanas.

No século XX, Ludwing Von Bertalanffy (1901-1972) criticou a ideia de que o mundo era dividido em diferentes partes, sendo que, para o mesmo, tudo está inter-relacionado com um objetivo comum, sendo as partes compreendidas através de um contexto amplo. A conceituação de Bertalanffy (1979) a respeito da Teoria de Sistemas é que todo o organismo vivo deve ser classificado como sistema aberto, ou seja, com constantes trocas de matéria e energia, e consequente interação com o ambiente. A abordagem sistêmica foi desenvolvida por Bertalanffy e Defay nos anos de 1930 e estes são considerados como “pais” da teoria, destacando que o significado da expressão um tanto mística “o todo é mais do que a soma das partes” consiste simplesmente no fato de que as características constitutivas não são explicáveis a partir das características das partes isoladas” (BERTALANFFY, 1973 apud LIMBERGER, 2006, p. 99).

Segundo Christofolletti (1979), um sistema é caracterizado por: a) seus elementos ou unidades; b) suas relações – os elementos dependem um dos



outros, através de ligações que denunciam os fluxos; c) seus atributos – são qualidades atribuídas a um sistema; d) entrada (*input*); e) saída (*output*).

Praticamente, a totalidade dos sistemas que interessam ao geógrafo não atua de modo isolado, mas funciona dentro de um ambiente e faz parte de um universo maior. Esse conjunto maior, no qual se encontra inserido o sistema particular que está estudando pode ser denominado universo, e qual compreende o conjunto de todos os fenômenos e eventos que através de suas mudanças e dinamismo, apresentam repercussões no sistema focalizado, e também de todos os fenômenos e eventos que sofrem alterações e mudanças por causa do comportamento do referido sistema particular (CHRISTOFOLETTI, 1979, p. 3).

A Teoria Geral do Sistema foi introduzida na Geomorfologia por Arthur N. Strahler, em 1950, considerando na época a dinâmica de funcionamento dos sistemas naturais. Após Strahler, houveram outras contribuições importantes, como Culling (1957), Hack (1960), Chorley (1962), Howard (1967), Chorley e Kennedy (1971). Este último de maior contribuição para a Geografia Física (CHRISTOFOLETTI, 1979).

A fim de entender a dinâmica do relevo, sendo o mesmo visto como um sistema funcionando de forma integrada, Christofolletti (1979) traz alguns conceitos relevantes como os de sistema e processo, vistos como importantes na contribuição da análise da formação do relevo. Processo é definido como uma sequência de ações regulares e contínuas que se desenvolve de maneira específica e leva a um resultado. Já sistema é um conjunto de elementos e das relações entre si e entre os seus atributos.

Para Christofolletti (1979), sistema é classificado como o conjunto de objetos ou atributos e suas relações, que se encontra organizado para executar uma função particular. Segundo Vale (2012, p. 91), um sistema é um operador que em um determinado lapso de tempo recebe a entrada, alimentando o sistema (*input*) e transformando-o em saída (*output*).

Vários aspectos são interessantes na análise da formação de sistemas, sendo eles: a matéria, a energia e a estrutura. Segundo Christofolletti (1979), a matéria é definida como o material a ser mobilizado através de um sistema. A energia corresponde às forças que fazem esse mesmo sistema funcionar,

permitindo a realização do trabalho. A estrutura é definida como a constituição de elementos e suas relações.

De acordo com Christofolletti (1979), a aplicabilidade da proposta de Teoria Geral dos Sistemas, desenvolvida por Defay (1929 apud BERTALANFFY, 1932), permitiu que a mesma fosse considerada como uma doutrina universal, ou seja, assinalou que a teoria poderia ultrapassar as fronteiras da Biologia e da Física e propor perspectivas sistêmicas aos estudos geográficos.

De acordo com Christofolletti (1979), as relações interligam as várias unidades, tendo em vista a transformação do *input* recebido, representam o elo de significação do sistema. Os sistemas podem ser classificados de acordo com o critério funcional estabelecido por Forster Rapoport e Trucco (1979, p. 4):

- a) Sistemas isolados: São aqueles que, dadas as condições iniciais, não sofrem mais nenhuma perda nem recebem energia ou matéria do ambiente que os circundam. De acordo com Vale (2012), esse sistema é exemplificado através do “ciclo da erosão” de Davis.
- b) Sistemas não-isolados: São aqueles que mantêm relações com os demais sistemas do universo, podendo ser classificado como fechado e aberto. O fechado é considerado quando há ganho ou perda de energia, não de matéria, como é o caso do Planeta Terra, pois o mesmo recebe energia, não tendo perda ou acréscimo de matéria.  
O sistema aberto é aquele em que ocorrem constantes trocas de energia e agora de matéria, que é exemplificado por uma bacia hidrográfica.

Ao se considerar a complexidade estrutural, Chorley e Kennedy (1971 apud Christofolletti, 1979, p. 15) distinguem os tipos de sistemas exemplificados na figura 2, sendo os mais importantes:

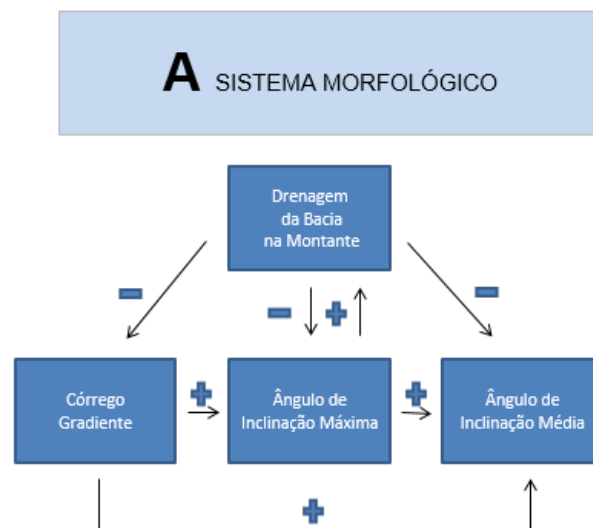
- 1) Sistemas Morfológicos (Figura 2): São constituídos pelas propriedades físicas do fenômeno, sendo analisadas pelas formas. Nesse sistema, por exemplo, a rede de drenagem é observada por parâmetros como comprimento, declividade, altura, entre outros.

- 2) Sistemas em Sequência (Figura 3): São formados pelo conjunto de subsistemas, com relevância espacial e de localização geográfica, e são constituídos de matéria e energia. O exemplo desse tipo de sistema são os subsistemas que compõem a atmosfera.
- 3) Sistemas de Processo Resposta (Figura 4): São formados pela alteração de sistemas morfológicos e sistemas em sequência. Esse último indica o processo, enquanto o outro caracteriza a forma.
- 4) Sistemas Controlados (Figura 5): São aqueles que terão na ação humana a maior influência nos sistemas processo resposta:

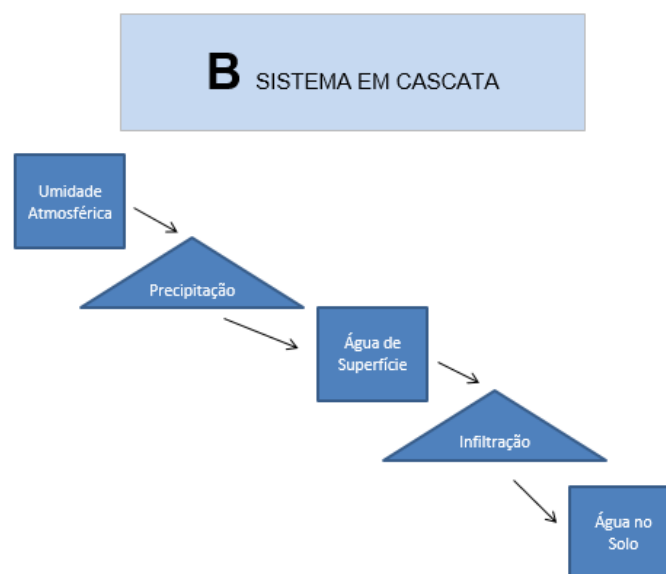
Quando se examina a estrutura dos sistemas de processos respostas, verifica-se que há certas variáveis chaves, ou válvulas, sobre as quais o homem pode interagir para produzir modificações na distribuição de matéria e energia dentro dos sistemas em sequência e, conseqüentemente, influenciar nas formas que com ele estão relacionados (CHRISTOFOLETTI, 1979, p. 19).

Dentro desse contexto encontra-se a exploração de rochas ornamentais, que provoca alterações geomorfológicas, nas vertentes, através de cavas que causam rupturas bruscas na declividade da paisagem.

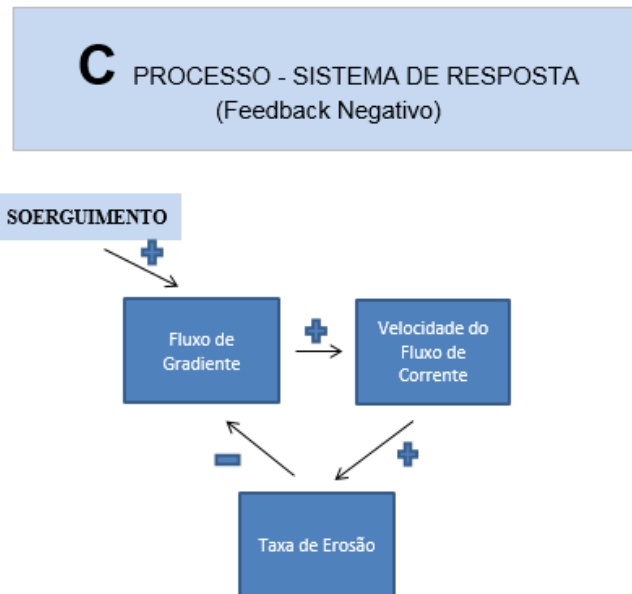
Este trabalho está baseado na Teoria Geral do Sistema, pois as mudanças na energia e matéria desprendida pela natureza são fortemente influenciadas pelo homem, alterando as mesmas. Em função disso, é necessário a discussão da Teoria, buscando inserir a ação antrópica enquanto fator dinamizador da evolução da paisagem.



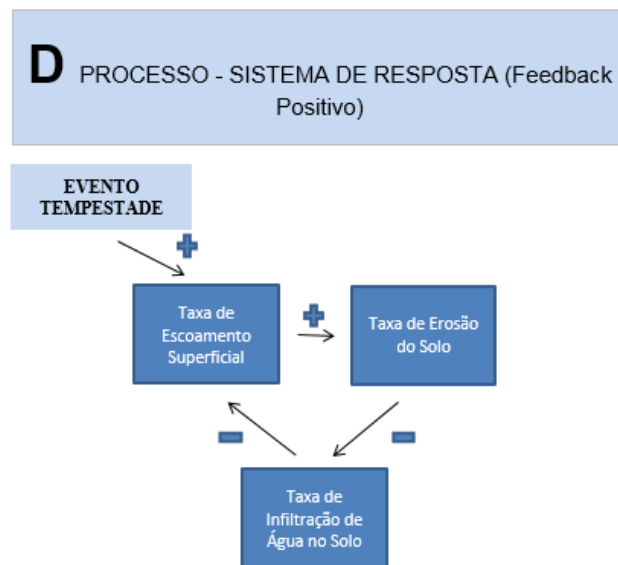
**Figura 2 – Sistema Morfológico**



**Figura 3 – Sistema em Cascata**



**Figura 4 –** Sistema De Resposta (Feedback Negativo)



**Figura 5 –** Sistema de Resposta (Feedback Positivo)

Fonte: Summerfield (1989).

### 3.4 LEGISLAÇÃO

O direito minerário encontra sua expressão máxima na Constituição Federal (CF/1988). Assim como a maioria dos setores da economia, a mineração possui registros legais desde a concessão de lavra até a fiscalização e garantia da preservação do meio ambiente a partir de órgãos competentes.

Ross (2004, p.232) afirma que “a mineração e o garimpo são atividades que também exercem forte interferência no ambiente natural e contribuem para sua deterioração, pois trata-se da extração de recursos minerais do solo e do subsolo, dos mais variados tipos e usos”.

Em 2006, o CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente), através da Resolução 369/06, dispôs sobre os casos excepcionais de utilidade pública que permitem a intervenção em áreas de APPs (Áreas de Preservação Permanentes), essenciais para o funcionamento do Estado.

O parecer do CONAMA nº145/2006 orienta que a mineração é uma atividade de utilidade pública e como tal deve ser reconhecida, pois é inimaginável a vida sem minerais, metais e compostos metálicos, essenciais para a vida das plantas, dos animais, e dos seres humanos. “[...] Para os padrões, métodos e processos de desenvolvimento econômico e social, com qualidade ambiental, hoje existentes no mundo, a disponibilidade de bens minerais é simplesmente essencial: não há progresso sem mineração e seus produtos”.

A Constituição Federal Brasileira de 1988 afirma que o Estado detém o domínio e o controle sobre os recursos minerais e concede sua exploração ao proprietário particular, garantindo acima de tudo os interesses do país. Os direitos minerários a serem exercidos pelo particular são a pesquisa pelo recurso mineral e lavrar a jazida desejada em determinada área, porém para que esta autorização seja dada, o interessado deve seguir todos os requisitos jurídicos, técnicos e econômicos previstos na legislação.

O artigo 22 (CF/88), inciso XII, prevê que cabe à União legislar sobre jazidas, minas, recursos minerais e metalurgia. Quanto à propriedade dos recursos minerais, o artigo 176 determina:

As jazidas, em lavras ou não, e demais recursos minerais e os potenciais de energia hidráulica constituem propriedade distinta da do solo, para efeito de exploração ou aproveitamento, e pertencem à união, garantida ao concessionário a propriedade do produto da lavra.

A lei 9.314/1996, artigo 2, afirma que são considerados regimes de aproveitamento das substâncias minerais:

- I- Regime de Concessão: quando depender de portaria de concessão do Ministro de Estado de Minas e Energia;
- II- Regime de Autorização: quando depender de expedição de alvará de autorização do diretor-geral do Departamento Nacional de Produção Mineral –DNPM;
- III- Regime de Licenciamento: quando depender de licença expedida em obediência a regulamentos administrativos locais e de registro da licença do Departamento Nacional de Produção Mineral –DNPM;
- IV- Regime de Permissão de Lavra Garimpeira: quando depender de portaria de permissão do diretor geral do Departamento Nacional de Produção Mineral –DNPM;
- V- Regime de Monopolização: quando, em virtude de lei especial, depender de execução direta ou indiretamente do Governo Federal.

A definição de lavra, segundo o artigo 45, é entendida como o conjunto de operações coordenadas, objetivando o aproveitamento industrial da jazida a começar da extração das substâncias minerais úteis que contiver até o seu beneficiamento. O regime de concessão trata-se de obrigações recíprocas, no qual é permitido a utilização e aproveitamento do recurso mineral, através do Ministério de Minas e Energia.

O ato administrativo denominado concessão de lavra [...] é um ato administrativo negocial, que incorpora um direito real, através do qual a união consente ao minerador o direito de aproveitar industrialmente seus recursos minerais. Como ato administrativo de natureza negocial, gera efeitos e direitos subjetivos para o minerador e para a

união: de um lado o direito de lavrar: de outro, o direito de exigir a atividade mineral sem embaraços. Ambos – união e minerador – estão vinculados ao código de mineração, que outorga direitos e fixa obrigações de cada parte (FREIRE, 2005 apud GONÇALVES, 2009).

O artigo 15 destaca que a autorização de pesquisa será outorgada pelo Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) a brasileiros, pessoa natural, firma individual ou empresas legalmente reconhecidas, mediante a requerimento do interessado. Segundo esse, os trabalhos necessários às pesquisas serão executadas sob responsabilidade de um engenheiro de minas ou geólogo, sendo os mesmos habilitados ao exercício da profissão.

A autorização de pesquisa será conferida a partir do artigo 22, destacando o item V, que informa: “o titular da autorização fica obrigado a realizar os respectivos trabalhos de pesquisa, devendo submeter a aprovação do DNPM, dentro do prazo de vigência do alvará, ou de sua renovação, relatório circunstanciado dos trabalhos, contendo os estudos geológicos e tecnológicos quantitativos da jazida e demonstrativos da exequibilidade técnico-econômica da lavra, elaborado sob a responsabilidade técnica de profissional legalmente habilitado [...]”.

O decreto lei 227/67, cap. II, art. 14, aborda que a pesquisa mineral compreende, entre outros, os seguintes trabalhos de campo e de laboratório: levantamentos geológicos pormenorizados da área a pesquisar, em escala conveniente a estudos dos afloramentos e suas correlações, levantamentos geofísicos e geoquímicos, aberturas de escavações visitáveis e execução de sondagens do corpo mineral; amostragens sistemáticas, análises físicas e químicas das amostras e dos testemunhos de sondagens; e ensaios de beneficiamento dos minérios ou das substâncias minerais úteis para obtenção de concentrados de acordo com as especificações do mercado ou aproveitamento industrial.

O regime de autorização é regulamentado pelo art. 2º, inciso II, através do decreto-lei 227/67. Segundo Gonçalves (2009), o regime de autorização para pesquisa inicia-se através de um procedimento administrativo, que garante ao



proprietário particular a preferência para a execução das atividades referentes à mineração; autorização da pesquisa e concessão de lavra. Esse privilégio será garantido após o Requerimento de Pesquisa, e o vencimento da autorização de pesquisa não pode exceder três anos, cabendo prorrogação tecnicamente justificada.

A autorização de pesquisa mineral, consubstanciada em um alvará outorgado pelo diretor-geral do DNPM, e um ato administrativo vinculado, na certa que, preenchidos todos os requisitos da lei pelo pretendente a autorização não se pode negá-la, sob pena de, em caso a de negativa, estar a ato que assim for emanado afrontando a lei e conter, irremediavelmente, todas as características de ato praticado com desvio de poder (SOUZA, 2003 apud GONÇALVES, 2009, p. 63).

O Regime de Licenciamento deve ser baseado na Instrução Normativa nº 5, de 2000, é facultado exclusivamente ao proprietário do solo ou a quem dele tiver expressa a autorização, salvo se a jazida situar-se em imóveis pertencentes a pessoa pública de direito público. Este depende de uma licença específica através de uma autoridade local municipal e também de um registro no DNPM.

O Regime de Permissão de Lavra Garimpeira é caracterizado, segundo Gonçalves (2009), pelo consentimento da União Federal para aproveitamento de jazida mineral que, por sua natureza, dimensão, localização e utilização econômica, pode ser lavrada independentemente da prévia pesquisa. A permissão de lavra garimpeira é garantida a partir do licenciamento ambiental com apresentação de relatórios e estudos de impactos ambientais e aprovação da autoridade administrativa municipal, quando situado em área urbana.

Monopolizar é definido em economia como uma empresa que detém o mercado de um determinado produto ou serviço, induzindo nos preços da comercialização dos mesmos. Porém, não há na legislação qualquer referência sobre monopolização de rochas ornamentais. No entanto, o art.177 da CF/88 prevê certas atividades que constituem monopólio da união:

- I- A pesquisa e a lavra das jazidas de petróleo e gás natural e outros hidrocarbonetos fluidos;

- II- A refinação do petróleo nacional ou estrangeiro;
- III- A importação e exportação dos produtos e derivados básicos resultantes das atividades previstas nos incisos anteriores;
- IV- O transporte marítimo do petróleo bruto de origem nacional ou de derivados básicos de petróleo produzidos no país, bem como o transporte, por meio de conduto, de petróleo bruto, seus derivados e gás natural de qualquer origem;
- V- A pesquisa, a lavra, o enriquecimento, o reprocessamento, a industrialização e o comércio de minérios e minerais nucleares e seus derivados.

Não há possibilidade de que a atividade de mineração não gere dano, porém o art. 225 destaca que “todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao poder público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações”.

O § 1º, inciso IV, do mesmo artigo, estabelece que incumbe ao poder público “exigir, na forma da lei, para instalação de obra ou atividade potencialmente degradadora do meio ambiente, estudo prévio de impacto ambiental, a que se dará publicidade”.

Para complementar a legislação ambiental, existe no Brasil o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), além de órgãos estaduais e municipais. No Espírito Santo, o IEMA (Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos) é o órgão responsável pelo licenciamento ambiental da atividade minerária.

### 3.4.1 Código de Mineração x Novo Código de Mineração

O Código de Mineração tem a finalidade de regulamentar todos os regimes de aproveitamento do setor minerário do país através do decreto nº 227 (1967), mas desde então vem sofrendo alterações, que culminaram na sua aprovação como lei em 1996 (nº 9.314), entrando em vigor no ano seguinte.

Verifica-se que os direitos minerários estão baseados em uma conjuntura econômica e política passada, não retratando o desenvolvimento e o mercado em que a indústria brasileira encontra-se atualmente. Sendo assim, o novo marco da mineração é proposto baseado na CF/88, na qual há retomada de planejamento setorial, preservação do interesse nacional e atrativos de investimentos para o setor são algumas das alterações propostas na nova legislação. Além do mais, o direito da prioridade será extinto, e a exploração dos minerais será destinada ao primeiro interessado cadastrado.

As alterações na nova regulamentação da mineração visam também maior segurança jurídica e regulatória nas relações entre o poder concedente e concessionários. Segundo o site do Ministério de Minas e Energia (MME),

a regulação proposta para o setor mineral estabelece a criação de novas instituições para a discussão e formulação de política mineral bem como para a gestão e a regulação setorial. Será criado o Conselho Nacional da Política Mineral, órgão de assessoramento da presidência da República, e Agência Nacional da Mineração, órgão regulador e fiscalizador do setor. Tais instituições desempenharão atribuições novas e modernas nas relações entre o poder público e o setor produtivo.

Os tributos recolhidos na mineração através da Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais (CFEM) são baseados na lei nº 8.876 /94, art. 3º, inciso IX, e podem ser alterados com variação em até 4% na nova regulamentação. Atualmente, os tributos na exploração de rochas ornamentais estão com alíquota de 2% segundo o DNPM, e de maneira geral são distribuídos da seguinte forma:

- 12% para a União (DNPM, IBAMA E Ministério de Ciência e Tecnologia);

- 23% para o Estado onde for extraída a substância mineral;
- 65% para o município produtor.

Entre as inovações (tabela 2) desse projeto de lei está a extração do direito a prioridade citado anteriormente, que afirma que o acesso ao recurso mineral dependerá de 3 situações distintas, porém com atuação presente do Estado:

- I- Processo Licitatório: Obtenção de áreas e recursos minerais considerados importantes para a União com concessão de 40 anos e prorrogação de 20 em 20 anos;
- II- Chamada Pública: Mais simplificado que o processo anterior, com obtenção de minerais menos estratégicos e controle total da União;
- III- Sem Processo Licitatório ou Chamada Pública: São minerais que possuirão baixo controle da União, sendo eles:
  - a. Minérios para emprego imediato na construção civil;
  - b. Argilas destinadas à fábrica de tijolos e afins;
  - c. Rochas Ornamentais;**
  - d. Água Mineral;
  - e. Minérios empregados como corretivos no solo da agricultura.

**Tabela 2** – Competências atuais na exploração mineral no Brasil e a proposta

COMPETÊNCIA	ATUAL	PROPOSTA
Política Setorial	MME	Conselho Nacional de Política Mineral
Poder Concedente	MME (concessão) DNPM (autorização)	MME
Regulação e Fiscalização	DNPM	Agência Reguladora
Exploração Mineral	Empresas Privadas CPRM	Empresas Privadas CPRM
Pesquisa e Lavra	Empresas Privadas	Empresas Privadas
Pesquisa e Lavra em Áreas Especiais	Não há	Licitação Pública para Concessão
Desenvolver, Produzir e Comercializar	Empresas Privadas	Empresas Privadas
Arrecadação da CFEM	DNPM	Agência Reguladora

Fonte: Site do Ministério de Minas e Energia.

## 4 ÁREA ESTUDADA

### 4.1 ESPÍRITO SANTO

De acordo com a tabela abaixo, do CENTROROCHAS, informativo do ano de 2014, o estado do Espírito Santo é o maior exportador de rochas no Brasil atualmente. Isso deve-se principalmente à participação de municípios como Cachoeiro de Itapemirim, que possui toda formação geológica propícia para a exploração.

**Tabela 3** – Participação dos estados brasileiros na exportação de rochas (jan. a dez. – 2014)

ESTADOS	BRUTAS		MANUFATURADAS			
	ROCHAS CARBONÁTICAS	ROCHAS SILICÁTICAS	GRANITOS	OUTRAS ROCHAS	MÁRMORES	ARDÓSIAS
BAHIA	129.656	15.102.493	604.182	52.773	107.806	0
CEARÁ	24.534	6.894.755	9.260.444	0	8.493	0
<b>ESPÍRITO SANTO</b>	<b>5.157.581,00</b>	<b>128.097.608</b>	<b>856.364.502</b>	<b>183.646</b>	<b>28.389.711</b>	<b>4.769</b>
MINAS GERAIS	448.807	86.591.137	29.115.426	13.843.961	97.117	45.914.886
PARAÍBA	0	5.376.983	2.012.046	0	0	0
PERNAMBUCO	0	1.845.288	0	0	0	0
RIO DE JANEIRO	0	1.385.125	11.288.443	58.867	898.700	208.205
RIO GRANDE DO NORTE	1.196.728	6.225.184	1.401.692	7.922	0	0
SANTA CATARINA	330.084	6.688	6.420.897	0	134.990	300.668
SÃO PAULO	0	335.546	2.189.483	8.998	646.769	544.814
DEMAIS ESTADOS	47.137	5.008.151	1.490.811	264.228	431.149	326.110
TOTAL	7.334.527	256.868.958	920.147.926	14.420.395	30.714.735	47.299.452

Fonte: Informativo das Exportações de Rochas (2014).

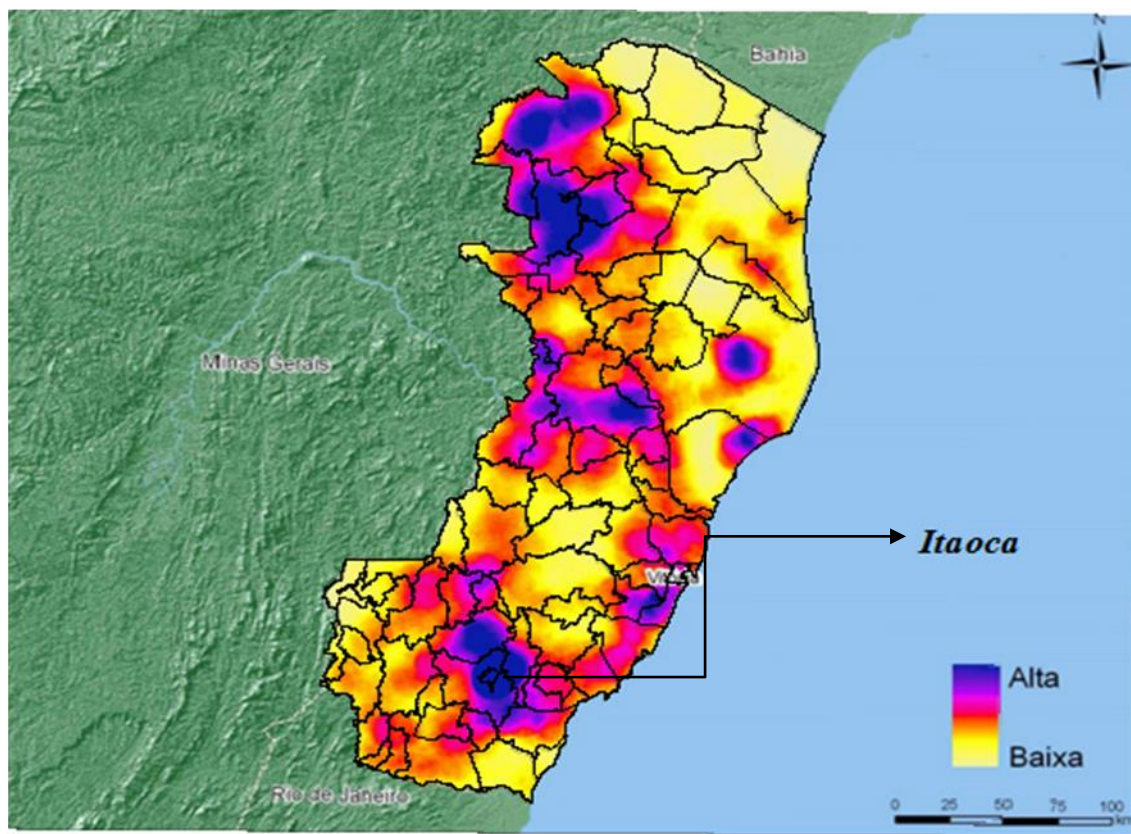
Quando se fala em variedades de granitos o estado apresenta uma diversificação nas cores, no entanto é importante destacar Cachoeiro de Itapemirim, este apresentando as seguintes variedades: amarelo e cinza, como demonstra a tabela 4, retirada do Atlas de Rochas Ornamentais do Estado do Espírito Santo (2013):

**Tabela 4 – Variedades Cromáticas dos granitos no Espírito Santo**

	Amarelo	Azul	Bege	Branco	Cinza	Marrom	Preto	Rosa	Verde
Afonso Cláudio									
Água Doce do Norte									
Água Branca									
Alegre									
Aracruz									
Baixo Guandu									
Barra de São Francisco									
Boa Esperança									
Cachoeiro do Itapemirim									
Castelo									
Colatina									
Ecoporanga									
Governador Lindenberg									
Ibiraçu									
Iconha									
Itaguaçu									
Iuna									
João Neiva									
Linhares									
Mimoso do Sul									
Muniz Freire									
Nova Venécia									
Pancas									
Ponto Belo									
Rio Novo do Sul									
São Roque do Canaã									
Sooretama									
Vargem Alta									
Venda Nova do Imigrante									
Vila Pavão									

Fonte: Atlas de Rochas Ornamentais do Estado do Espírito Santo (2013).

Ao se tratar das principais áreas de interesse mineral, observou-se a partir da figura 6 que o Espírito Santo apresenta áreas de alto interesse representada neste mapa pela cor roxa. Mais uma vez, é destacável a participação de Itaoca e Cachoeiro de Itapemirim na extração mineral.



**Figura 6** – Interesse mineral no distrito de Itaoca

Fonte: Diagnóstico geo-biofísico e Carta temática de Vulnerabilidade Natural, Convênio n. 013/2008.

De acordo com o prefácio do Atlas de Rochas Ornamentais do Estado do Espírito Santo, disponibilizado pelo CPRM em 2013, o estado possui justificativas por apresentar posição de destaque em âmbito nacional:

O estado do Espírito Santo é o principal polo produtor e exportador de rochas possuindo centenas de unidades de beneficiamento de altíssima produtividade. Esta posição de destaque é consequência de um conjunto de fatores, tais como: infra-estrutura portuária e ferroviária, proximidade com os grandes centros consumidores do país, incentivo fiscal, oferta de mão-de-obra, aglomeração espontânea de empresas do setor, etc. Estas variáveis contribuíram sobremaneira para consolidar a posição do estado como referência mundial na produção e comercialização de rochas ornamentais.

## 4.2 CACHOEIRO DE ITAPEMIRIM

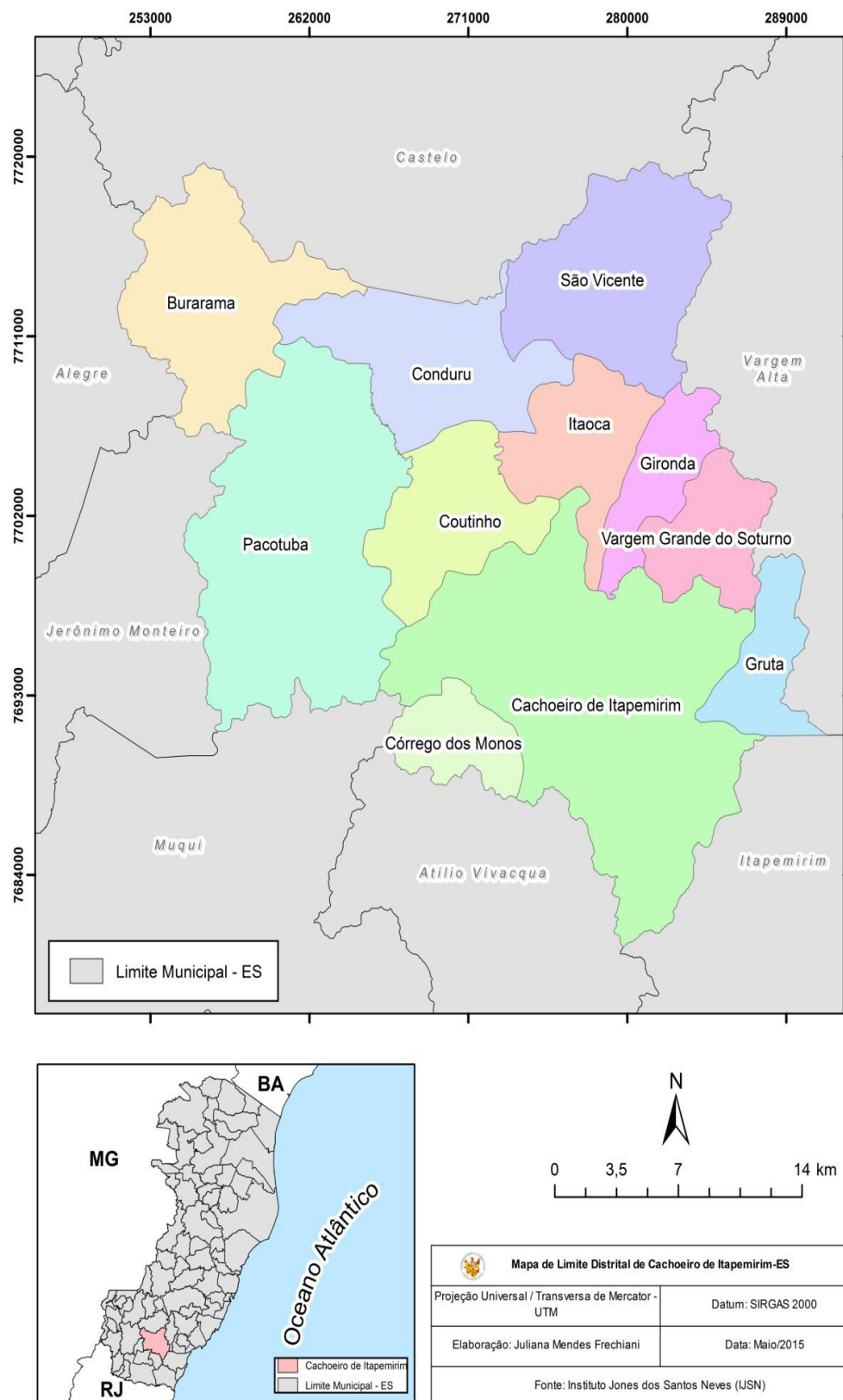
O município de Cachoeiro de Itapemirim encontra-se localizado no sul do estado do Espírito Santo (figura 7) e, segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2013), possui uma área de 878,179 km<sup>2</sup> e 205.213 habitantes.

De acordo com o documento de Investimentos Previstos para o Espírito Santo entre 2008-2013, do Instituto Jones dos Santos Neves (IJSN, 2009), a microrregião Polo Cachoeiro concentra 18,1% dos investimentos acima de R\$ 1 milhão, estes, que foram destinados principalmente para mineração, geração e transmissão de energia elétrica, distribuição de gás, atividades petrolíferas e transporte ferroviário e rodoviário. Além disso, é importante destacar que se encontra no polo de Cachoeiro de Itapemirim e Castelo o maior parque para processamento industrial de rochas ornamentais do país.

Segundo a Prefeitura Municipal, Cachoeiro de Itapemirim é formado por onze distritos atualmente como demonstra a figura 6, sendo eles: Córrego dos Monos, Coutinho, Gruta, Cachoeiro de Itapemirim, Burarama, Conduru, Gironda, Itaoca, Pacotuba, São Vicente e Vargem Grande do Soturno. Neste trabalho, a ênfase será o distrito de Itaoca, criado em 1953 pela Lei Estadual nº 779:

O histórico minerador do município de Cachoeiro de Itapemirim remonta-se a 1874, com a produção de cal a partir do calcário extraído das jazidas da região denominada Campo de São Felipe, hoje bairro Aeroporto. Com isso, as atividades foram intensificadas e houve a descoberta de jazidas de calcário, de grande potencial produtivo na região da Serra de Itaoca e Prosperidade, que passaram a abastecer a fábrica de cimento, que iniciou as atividades em 1924 (QUALHANO, 2005).





**Figura 7** – Mapa de localização do município de Cachoeiro de Itapemirim

Fonte: Elaborada por Juliana Mendes Frechiani.

Segundo o Programa de Assistência Técnica e Extensão Rural (PROATER, 2011-2013), elaborado pelo INCAPER (Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural), o município de Cachoeiro de Itapemirim é caracterizado por solos de baixa e média fertilidade e clima tropical, com índice pluviométrico médio de 1.200mm, havendo duas estações distintas, a seca correspondente aos meses de abril a setembro e a chuvosa, abrangendo o período de outubro a março.

### 4.3 ITAOCA

O distrito de Itaoca é destacado pela exploração e produção nacional de mármore e granito como rochas ornamentais (figura 8) ou para fins industriais, sendo uma área de intensa exploração e de interesse do setor minerário.



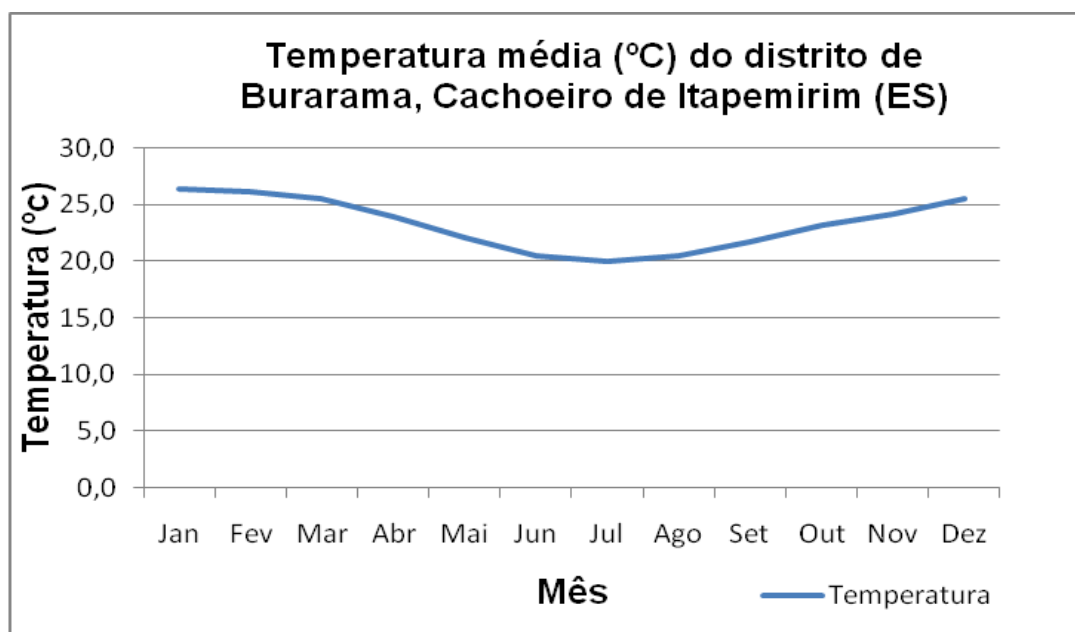
**Figura 8** – Exploração de Rochas Ornamentais em Itaoca

Fonte: Arquivo pessoal de Juliana Mendes Frechiani (2015).

Fisicamente, a fim de representar a temperatura média e os índices pluviométricos, foi utilizado a análise dos dados de um distrito próximo ao estudado, Burarama. Este foi necessário, já que não há dados referentes a

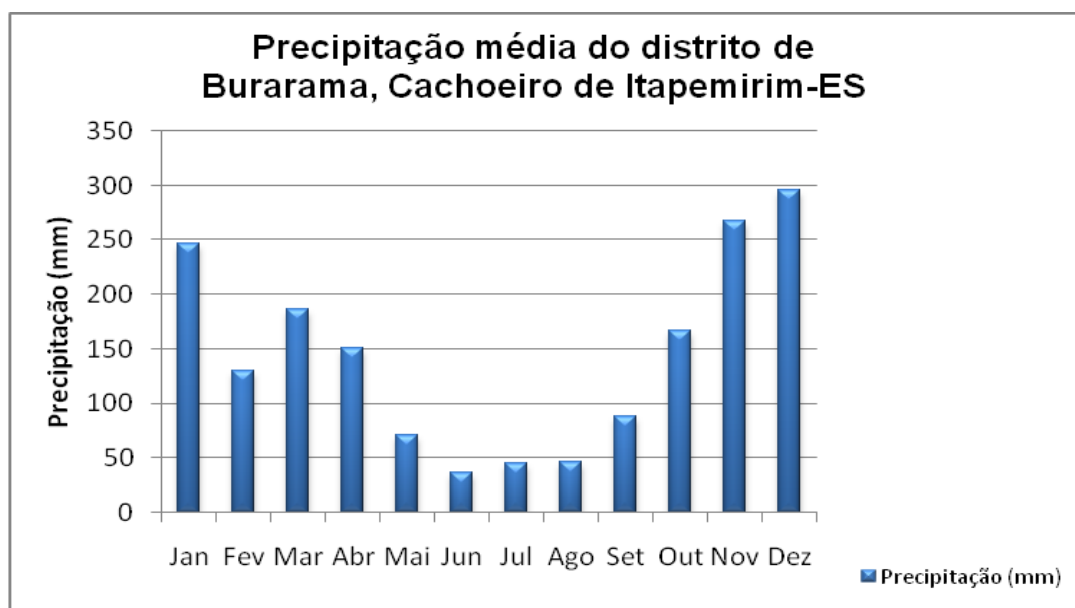
área estudada. Observou-se a partir das figuras 9 e 10, respectivamente, que a temperatura média é de 25° e precipitação elevada de dezembro a janeiro.

O clima da região é fortemente influenciado pela incidência das massas de ar Polar Atlântica, Massa Equatorial Continental e Tropical Atlântica ao longo dos diferentes períodos do ano, repercutindo-se na modificação da temperatura, umidade, vento e pressão atmosférica. A confluência entre as massas de ar Polar Atlântica e Equatorial Continental formam a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), que, segundo Silva (2013), ocasiona elevado total pluviométrico ao longo de alguns dias.



**Figura 9** - Temperatura Média do distrito de Burarama

Fonte: Santos (1999).



**Figura 10** - Precipitação média do distrito de Burarama

Fonte: Santos (1999).

A geologia está caracterizada na figura 11 por granitoides foliados a gnáissicos predominantemente metaluminosos, calcialcalinos do tipo tonalito Alto Guandu (AG) na porção norte. Na parte central do distrito, encontra-se o Maciço Santa Angélica, além da presença de falhas e lineamentos.



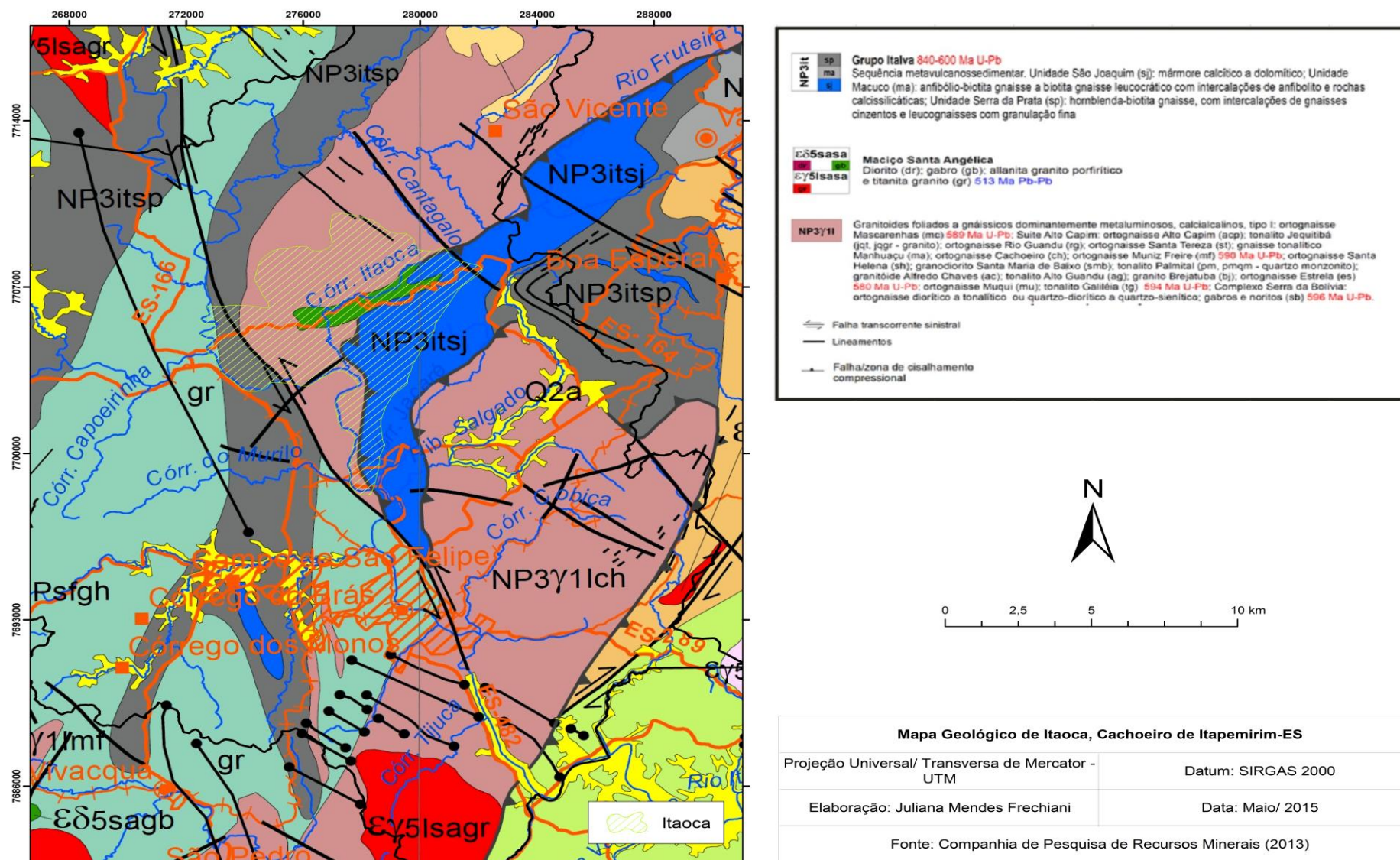
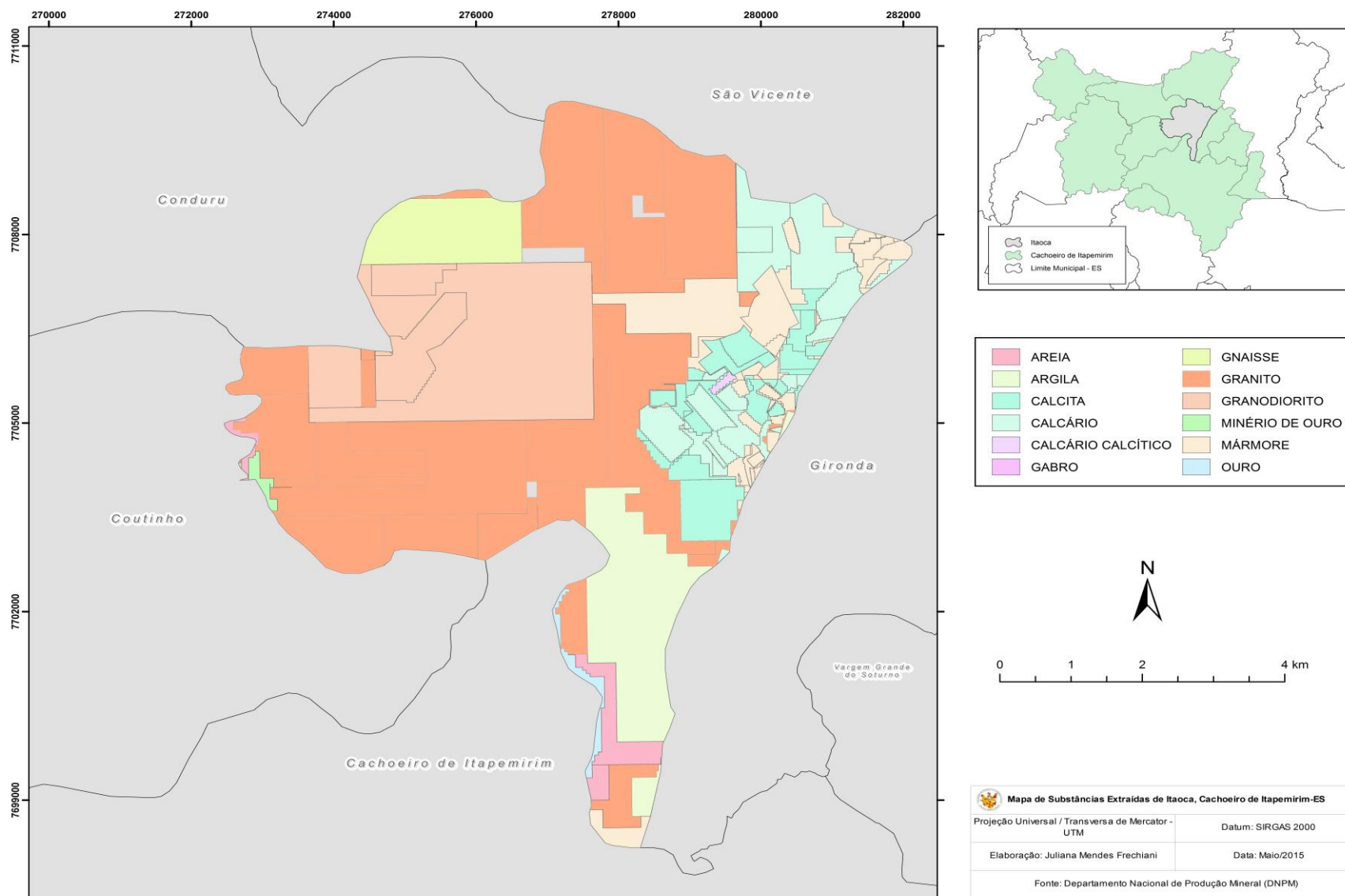


Figura 11 – Mapa geológico de Itaoca

Fonte: Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (2013).

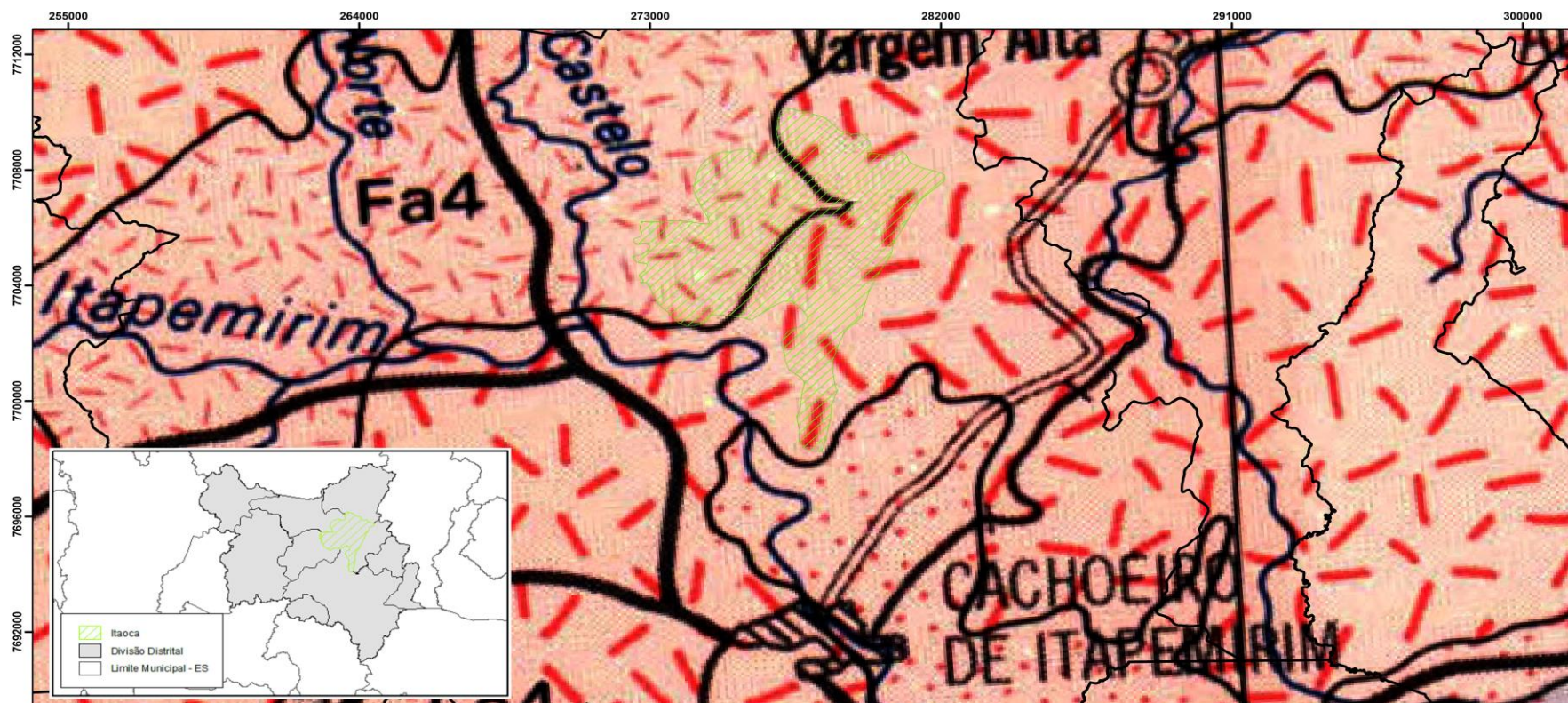
O site do DNPM (Departamento Nacional De Produção Mineral) disponibiliza o Sistema de Informações Geográficas da Mineração (SIGMINE), desenvolvido pela Coordenação de Geoprocessamento (CGEO/CGTIG), dados georreferenciados com os tipos de substâncias autorizadas para exploração mineral em Itaoca, destacando-se com a presença de granito, gnaisse, calcita e mármore (figura 12). Observou-se que na parte nordeste e leste do distrito onde se encontram as áreas de mineração que as substâncias extraídas são principalmente: mármore, calcita e calcário.



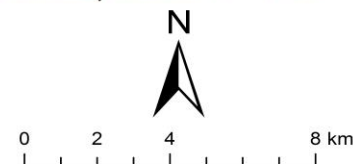
**Figura 12** – Mapa dos minerais e rochas extraídas de Itaoca  
Fonte: Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM).

O relevo de Itaoca, como descrito na legenda na figura 13, é formado por um relevo com processos desnundacionais fracos a muito fortes, com diferentes morfologias e ocupações. Além disso, a vegetação é caracterizada (figura 14) por pastagem, sendo esta predominante e floresta de montana.





Sistemas de Relevos		Características	Morfologia Atual	Potencialidades e Limitações à Ocupação
Desnudações em interflúvios e vertentes	Muito Fina	<b>MFa4</b>	Processos morfogênicos representados pela erosão areolar, com tendência à incisão de drenagem e surgimento de sulcos e ravinas localizados. Em função do equilíbrio dos processos pedogênicos/morfogênicos, consideram-se as áreas com densidade de drenagem 1,2,3 e 4 como sendo de Transição. Nas áreas 5 e 6, onde há maior predominância dos processos erosivos, a morfodinâmica é considerada Instável.	Nas áreas próximas ao litoral, as baixas colinas com vales largos e de fundos chatos, onde a intervenção antrópica é mais acelerada, há um domínio maior dos processos erosivos evidenciados pelos sulcos e ravinas existentes. Utilização dos topos planos e mecanizáveis para a produção agrícola; concentração da pecuária extensiva, melhoria do sistema de irrigação nos baixos cursos dos rios.
		<b>MFa5</b>		
	Forte	<b>Fo4</b>	Além dos efeitos da erosão diferencial, sofre processos morfogênicos intensos como escoamentos difusos e concentrados. Presença de movimentos de massa tais como rastejamentos e deslizamentos. Desequilíbrio entre os processos morfogênicos e pedogênicos, predominando os primeiros, e caracterizando a área como de dinâmica Instável.	Forte grau de instabilidade, caracterizada pela desagregação mecânica, originando blocos e matações nas encostas e escoamentos difusos e concentrados, acelerando movimentos de massa nas encostas onde a cobertura vegetal foi retratada. Áreas de relevos serranos aproveitados para atividades turísticas como no Parque Nacional da Serra da Canastra ou Poços de Caldas e Lambari-RJ.
		<b>Fo5</b>		

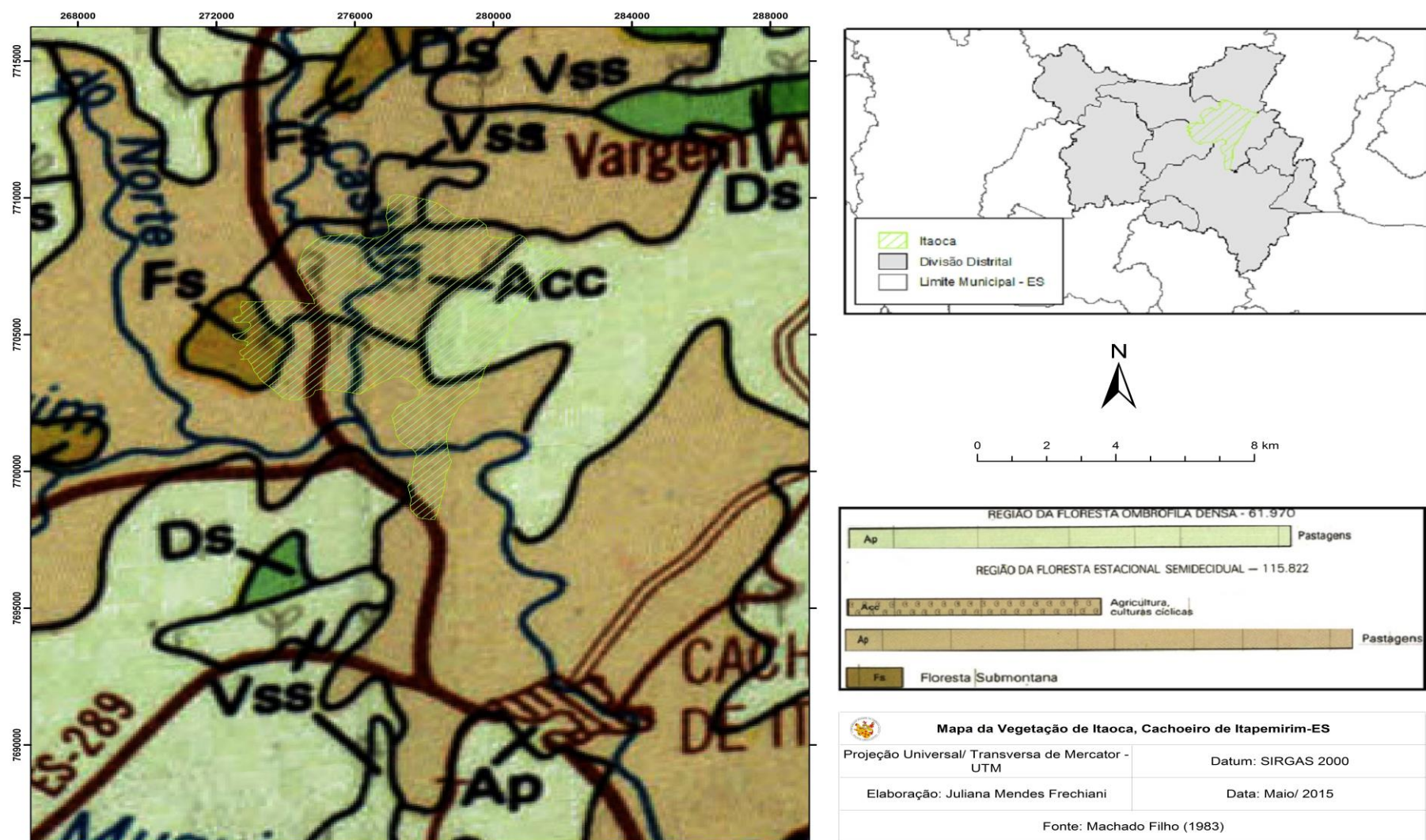


Mapa do Relevo de Itaoca, Cachoeiro de Itapemirim-ES	
Projeção Universal/ Transversa de Mercator - UTM	Datum: SIRGAS 2000
Elaboração: Juliana Mendes Frechiani	Data: Maio/ 2015
Fonte: Machado Filho (1983)	

**Figura 13** – Mapa do relevo de Itaoca

Fonte: Projeto RADAMBRASIL (1983).

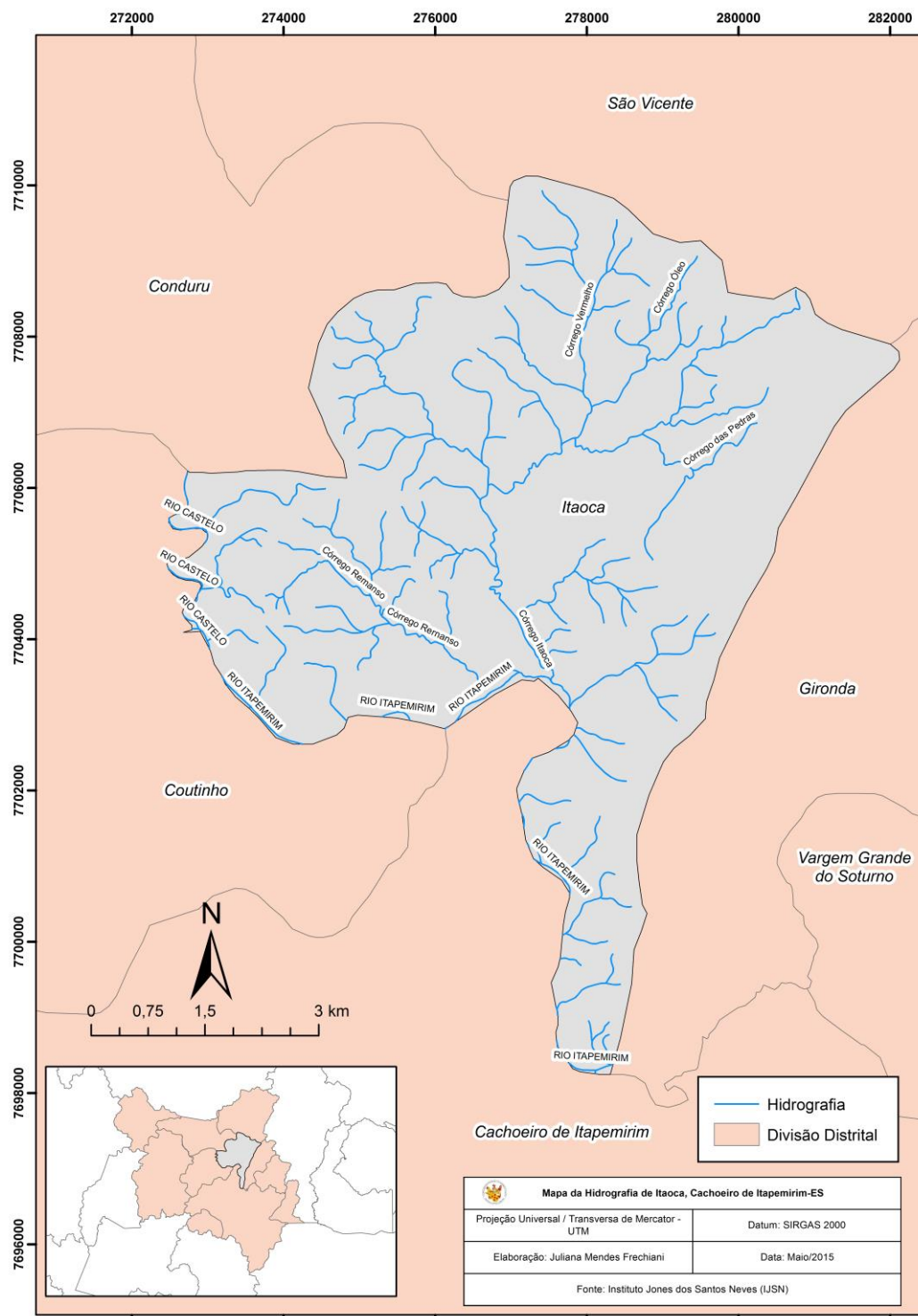




**Figura 14 – Mapa da vegetação de Itaoca**

Fonte: Projeto RADAMBRASIL (1983).

Em relação à hidrografia, Itaoca faz parte da Bacia Hidrográfica do Rio Itapemirim, que tem como principais afluentes os rios Itapemirim e Castelo como demonstra a figura 15.



**Figura 15 – Mapa da hidrografia de Itaoca**

Fonte: Instituto Jones dos Santos Neves (IJSN).

#### **4.4 ESTÁGIO DA EXPLORAÇÃO DE ROCHAS ORNAMENTAIS EM CACHOEIRO DE ITAPEMIRIM**

De acordo com a ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), rochas ornamentais constituem materiais naturais, extraídos a partir de pedreiras sob a forma de blocos e/ou placas, cortados de forma variada e beneficiados por meio de esquadrejamento, polimento, lustro, apicoamento ou flameamento (FRASCÁ, 2011 apud CNPM, 2013).

Segundo o Atlas de Rochas Ornamentais do Estado do Espírito Santo (2013), em termos comerciais, as rochas ornamentais podem ser divididas em granitos e mármore. Os tipos de granitos são englobados por rochas silicáticas: granitos, granodioritos, sienitos, gnaisses, metaconglomerados, migmatitos, monzonitos, xistos, etc. Já os mármore são agrupados pelas rochas carbonáticas, tanto sedimentares quanto metamórficas, sendo elas: quartzitos, metarenitos, serpentinitos e ardósias.

O mesmo documento traz a participação de mais de 70% do Espírito Santo em exportações de rochas ornamentais frente ao cenário nacional no ano de 2012 a partir dos dados do Centro Brasileiro dos Exportadores de Rochas Ornamentais (CENTROROCHAS). Além disso, 90% dos investimentos do parque industrial brasileiro nesse segmento são realizados no Espírito Santo.

O perfil da produção brasileira no ano de 2012, segundo a Associação Brasileira da Indústria de Rochas Ornamentais (ABIROCHAS), mostra que a produção predominante foi de granitos e similares (4,6 toneladas), de acordo com a tabela 5:

**Tabela 5** – Perfil da produção brasileira por tipo de rocha

<b>Tipo de Rocha</b>	<b>Produção (Milhão t)</b>
Granito e similares	4,6
Mármore e Travertino	1,7
Ardósia	0,6
Quartzito Foliado	0,6
Quartzito Maciço	0,6
Pedra Miracema	0,2
Outros (Basalto, Pedra Cariri, Pedra-Sabão, Pedra Morisca, etc.)	1,0
Total Estimado	9,3

Fonte: ABIROCHAS (2012)

O planejamento para determinação do tipo de exploração é determinado de acordo com a metodologia empregada em cada empresa. Porém, de maneira ampla, as atividades estão divididas desta forma de acordo com a figura 16:

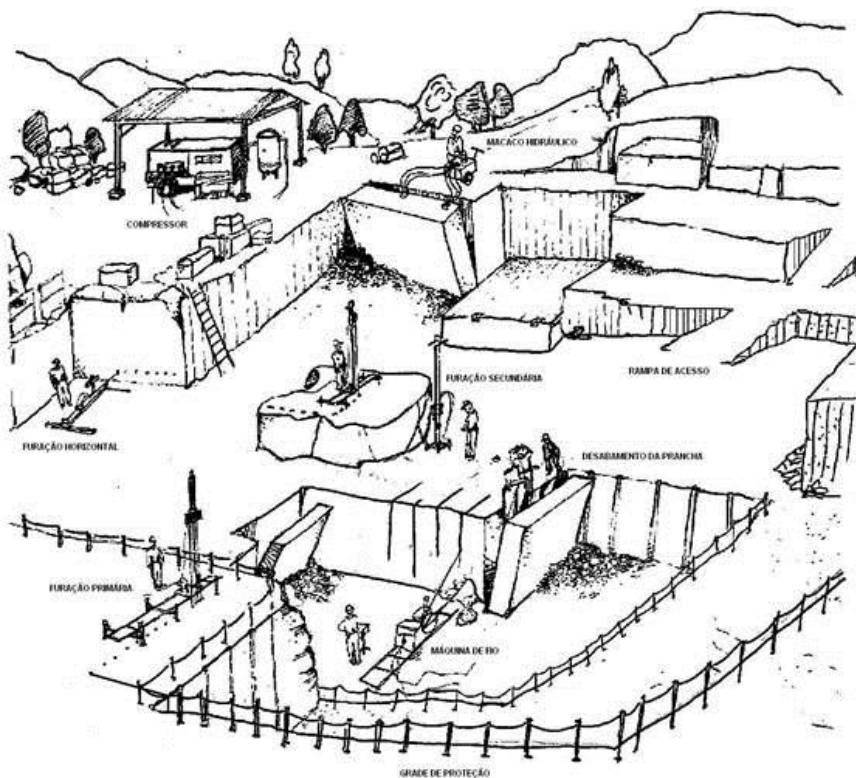
**Figura 16** – Extração de rochas ornamentais

Fonte: Informativo das Exportações de Rochas (2014).



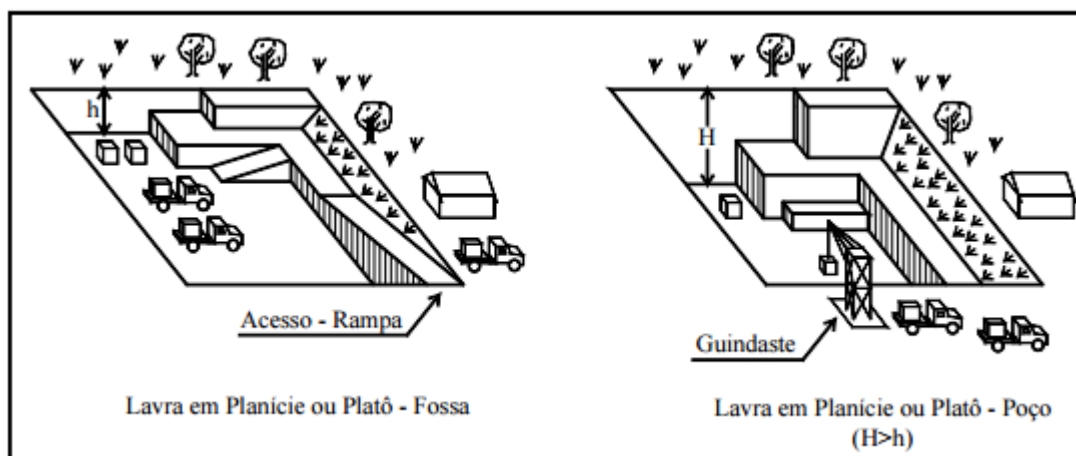
Observou-se que em Itaoca a exploração é feita a céu aberto, com prioridade na forma de cava/fossa, que é caracterizada neste trabalho através da figura 17:

### LAVRA EM FOSSA



**Figura 17** – Desenho esquemático da lavra em cava/fossa

Fonte: Informativo das Exportações de Rochas (2014).



**Figura 18** – Lavra em Planície ou Platô (Fossa e Poço)

Fonte: Cabello (2011).



**Figura 19** – Lavra em fossa no distrito de Itaoca

Fonte: Arquivo pessoal de Juliana Mendes Frechiani.

Considerando o exposto, verificou-se a importância da exploração de rochas ornamentais, entre outros, para a econômica capixaba, o que contribui ainda mais para justificar a escolha deste distrito de Itaoca para analisar o impacto da ação mineradora sobre a evolução das encostas.

## 5 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Segundo Nir (1983), os estudos ligados à antropogeomorfologia devem seguir duas abordagens: a abordagem histórica (investigação da evolução humana sobre as formas e seus processos) e a abordagem geomorfológica (análise sobre taxas e extensões dos processos).

A orientação metodológica do presente trabalho está vinculada à Teoria Geral dos Sistemas aplicada à Geografia, o que coloca em pauta a influência do homem sobre a morfologia do relevo, e, também nos fluxos e na dinâmica local.

Segundo Christofolletti (1979), a área selecionada para estudo se enquadra nas características dos sistemas controlados, assim definidos devido à atuação do homem sobre os mecanismos de processos-respostas, cuja complexidade passa a ser aumentada devido à intervenção humana.

O levantamento de fotografias aéreas utilizadas nos dois períodos para o presente trabalho possuem as seguintes características:

- 1970 – As fotografias aéreas da década de 1970 foram tomadas por uma câmara aérea ZEISS RMK A 15/23, numa escala média de 1: 20.000 e distância focal de 152,878 mm.
- 2012 - As fotografias foram tomadas por uma câmera digital UltraCam-Lp da VEXCEL, distância focal de 70,4 mm e GSD é de 25 cm para a banda Pancromática e 55 cm para as bandas multiespectral. As cujas sobreposições longitudinal e lateral foram de 60% e 30%, respectivamente, para uma altura do voo considerada em relação ao plano médio e direção das faixas de voo norte ↔ sul. A precisão do Ortofotomosaico gerado neste projeto foi de 1: 10.000, com GSD de 25 cm.

O projeto da década de 70 foi executado pela empresa Esteio: Engenharia e Aerolevantamentos S.A., situada em Curitiba/ PR, contratada pela Secretaria de Estado da Agricultura do Estado do Espírito Santo, Departamento de Aerofotogrametria e Fotointerpretação (IDAF).



As fotografias deste período não foram digitalizadas por um *scanner* fotogramétrico, além disso foi necessário um *software* fotogramétrico denominado *AgisoftPhotoScan* 1.1.6, o qual se baseia na técnica de visão computacional *Scale Invariant Feature Transform* (SIFT) para o processamento das correspondências entre as imagens, cujo algoritmo foi publicado por David Lowe, em 1999, e patenteado nos EUA pela University of British Columbia. De posse do Modelo Digital de Superfície (MDS) foi possível a geração de um mosaico ortorretificado, sendo georreferenciado no ArcGis™10.2 (ESRI, 2013) posteriormente.

Para a elaboração dos mapas temáticos de caracterização da área de estudo, tais como o de geologia, geomorfologia, hidrologia, localização e hipsométrico, utilizou-se do *software* ArcGis™10.2, que compreende de uma das principais ferramentas SIG (Sistema de Informações Geográficas) do mercado.

O primeiro e único trabalho de campo foi realizado no primeiro semestre de 2015, para maior apreensão e comprovação dos aspectos da transformação ocasionada na paisagem, descrições, interpretação do uso e cobertura do solo. Devido à extensão do distrito de Itaoca, foram escolhidas apenas cinco áreas de explorações notórias, para exemplificar a retirada de material e consequente formação de um novo modelado.

Todo o processamento e geração de mapas foi realizado no ArcGis™ 10.2, com base na delimitação do distrito de Itaoca. Como dito acima, serão analisados dois períodos: a década de 1970 (período anterior) e o ano de 2012, representando a década atual. As curvas de nível adotadas possuem intervalo mínimo de 20 em 20 metros para o ano de 1970 e de 5 em 5 metros para o ano de 2012, no entanto para compatibilização dos dados nestas últimas foram consideradas apenas as curvas de 20 em 20 metros para em seguida ser criado o arquivo base *raster* com intervalo igual nos dois períodos. O sistema de referência geodésico será o SIRGAS 2000/UTM zone 24S.

O mapeamento do uso e cobertura da terra foi feito na escala de 1:5.000, a partir da tabela de classificação utilizada pela HIPARC Geotecnologia (tabela

6), a serviço do Instituto Estadual de Meio Ambiente (IEMA) no ano de 2012. No entanto, para classificar os dados neste estudo utilizou-se dos mesmos parâmetros analisados por Fitz (2008), a saber: forma, sombra, tamanho, tonalidade, densidade, declividade, textura, posição e adjacências.

**Tabela 6** – Tabela de classificação de uso e cobertura da terra (IEMA)  
**TABELA DE CLASSIFICAÇÃO DO IEMA (2012)**

<b>CÓDIGO</b>	<b>CLASSE</b>	<b>LEGENDA</b>
<b>1</b>	MATA NATIVA	MN
<b>2</b>	MATA NATIVA EM ESTÁGIO INICIAL DE REGENERAÇÃO	EI
<b>3</b>	MANGUE	MN
<b>4</b>	RESTINGA	R
<b>5</b>	BREJO	B
<b>6</b>	SOLO EXPOSTO	SE
<b>7</b>	MACEGA	Ma
<b>8</b>	CAMPO RUPESTRE/ALTITUDE	CR
<b>9</b>	EXTRAÇÃO MINERAÇÃO	Mi
<b>10</b>	AFLORAMENTO ROCHOSO	AR
<b>11</b>	REFLORESTAMENTO - EUCALIPTO	RE
<b>12</b>	REFLORESTAMENTO - SERINGUEIRA	RS
<b>13</b>	REFLORESTAMENTO - PINUS	RP
<b>14</b>	CULTIVO AGRÍCOLA - CAFÉ	CF
<b>15</b>	CULTIVO AGRÍCOLA - CANA DE AÇÚCAR	CA
<b>16</b>	CULTIVO AGRÍCOLA - ABACAXI	Ab
<b>17</b>	CULTIVO AGRÍCOLA - MAMÃO	Mm
<b>18</b>	CULTIVO AGRÍCOLA - COCO-DA-BAHIA	Co
<b>19</b>	CULTIVO AGRÍCOLA - BANANA	Ba
<b>20</b>	CULTIVO AGRÍCOLA - OUTROS CULTIVO PERMANENTES	OP
<b>21</b>	CULTIVO AGRÍCOLA - OUTROS CULTIVO TEMPORÁRIOS	OT
<b>22</b>	PASTAGEM	P
<b>23</b>	MASSA D'ÁGUA	MD
<b>24</b>	ÁREA EDIFICADA	AE
<b>25</b>	OUTROS	O

Fonte: Hiparc (2012).

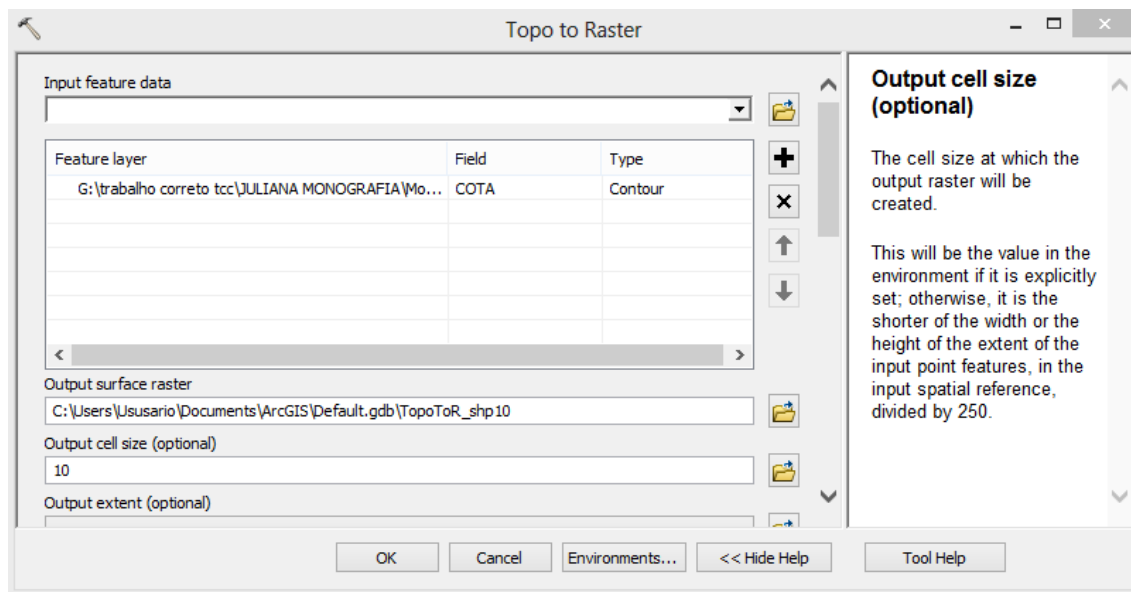
O mapeamento geomorfológico que, segundo Paschoal (2010, p.36), “[...] não se constitui um mapa para ver e sim para ler, diante da grande quantidade de informações neste contida”. A carta geomorfológica será baseada na proposta de Tricart (1965), na qual serão analisadas quatro abordagens de origens diferentes: morfometria, morfografia, morfogênese e cronologia (espaço-temporal).

Os valores morfométricos são os dados quantitativos como as curvas de nível. As informações morfográficas deram-se por meio de fotografias aéreas, através das quais é possível analisar as diferentes feições do relevo e a evolução dos processos erosivos. Já a cronologia será analisada pelo período estabelecido, só não tendo ênfase neste trabalho as informações litológicas (morfogênese).

Para compreender mais a transformação do relevo, foram definidas cinco áreas de maior intensidade de mineração e, a partir disso foi criado um *topo data (raster)* para cada área em dois períodos diferentes (1970 e 2012). Com base no mesmo foi possível concluir informações de variáveis, tais como: declividade, orientação das vertentes, curvatura horizontal, curvatura vertical e as formas de relevo final a partir do cruzamento de informações das duas curvaturas. Essas variáveis foram alcançadas a partir do Sistema de Informação Geográfica (SIG), especificamente do ArcGis™ 10.2.

O raster foi criado a partir das curvas de nível (70 e 2012) no ArcGis™ 10.2, na ferramenta *topo to raster (3d Analyst)*, que parte da interpolação da superfície *raster* em linhas (curvas de nível) e através deste arquivo foi criado o alinhamento do perfil topográfico A/B.

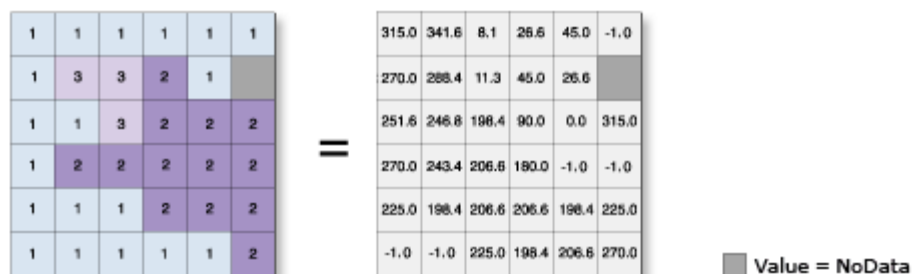
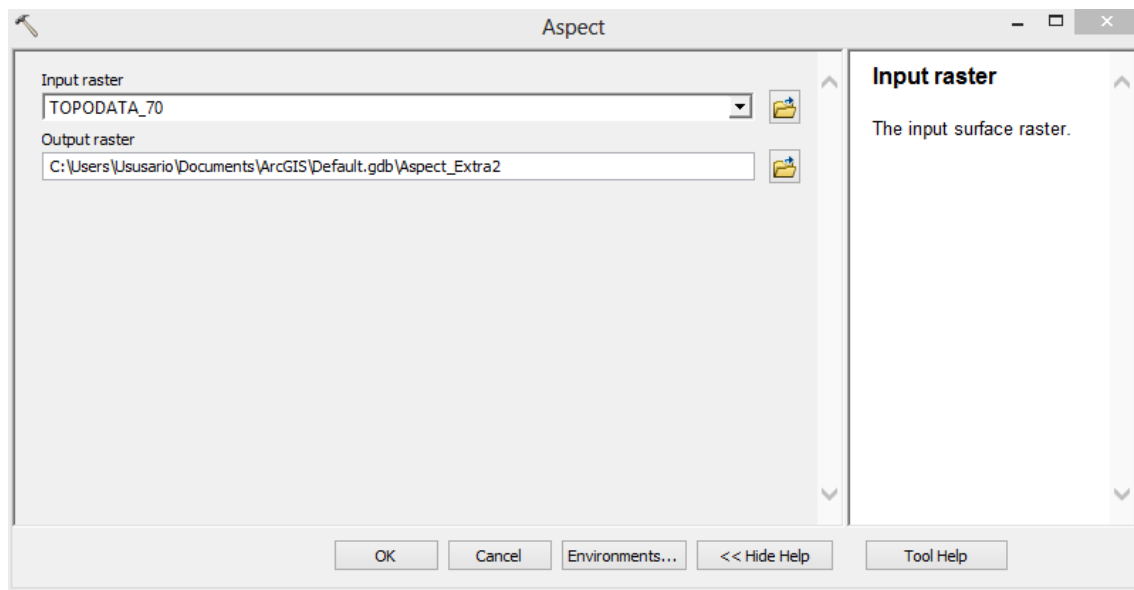
O arquivo de entrada foram os valores z (altitude) dos dois períodos (1970 e 2012), onde as curvas estavam dispostas em um intervalo de 20 em 20 metros. No campo "*field*", foi alterado para "*cota*", que corresponde ao valor de cada elevação. Em "*cellsize*" foi definido o tamanho da célula na qual o arquivo raster de saída foi criado, sendo esse o valor de 10 metros nos dois períodos.



**Figura 20** – Geração de arquivo *raster*

Fonte: Elaborada por Juliana Mendes Frechiani através do ArcGis™ 10.2.

Em seguida, foi criado o mapa de orientação de vertentes por meio da ferramenta *Aspect (3d Analyst)*, que identifica a direção da curva descendente da taxa máxima de mudança de valor de cada célula para seus vizinhos. Segundo o próprio programa, o *aspect* expresso em graus positivos identifica o sentido horário norte. As células do *raster* criado, que são planas e com inclinação zero, apresentarão aspecto -1 e os arquivos que não apresentam valor serão caracterizados como *nodata*.



**Figura 21** – Criação de orientação de vertentes a partir do *raster*

Fonte: Elaborada por Juliana Mendes Frechiani através do ArcGis™ 10.2.

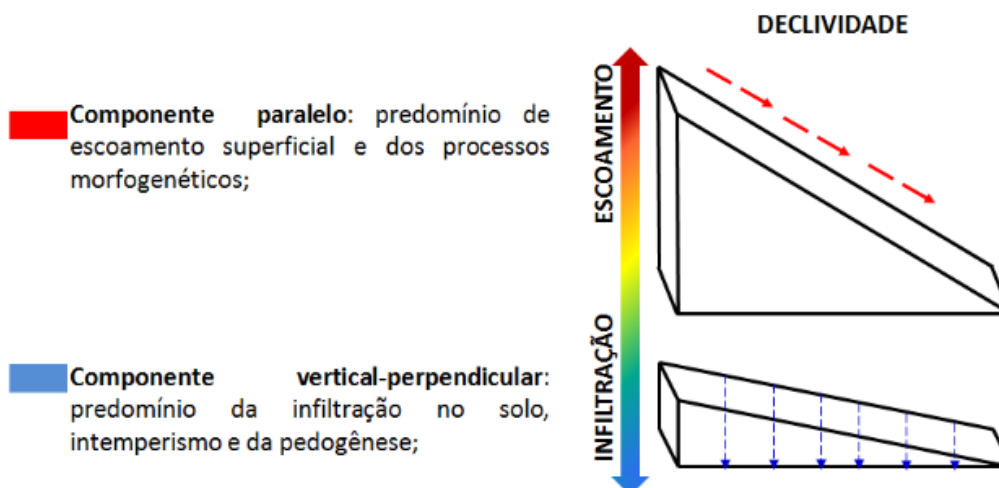
A principal utilização da orientação de vertentes em geoprocessamento advém do seu poder de descrição da estrutura de hidrologia superficial. A sequência de pontos (*pixels*) alinhados pela orientação de vertentes determina um caminho esperado de escoamento que costuma se chamar de linhas de fluxo (VALERIANO, 2010, p. 34).

Valeriano (2010, p. 87) destaca que, quanto maior a latitude, maior a influência da orientação de vertentes no regime térmico (e hídrico, consequentemente), por conta da incidência de energia solar, maior nas vertentes orientadas ao Norte que ao Sul. O mapa final de orientação das vertentes (figura 36) foi classificado em 10 classes, sendo elas: Plana, Norte, Nordeste, Leste, Sudeste, Sul, Sudoeste, Oeste, Noroeste e Norte.

A declividade (figura 22) é o ângulo de inclinação da superfície local em relação ao plano horizontal (VALERIANO, 2010, p. 85) e sua análise é importante devido a sua influência no fluxo da água sobre a superfície. É elaborada através da ferramenta *slope (3d Analyst)* e pode se representada por duas classificações: graus ou porcentagem. Neste trabalho, as classes serão analisadas por este último, com base na classificação do EMBRAPA (1999) de acordo com a tabela 7:

Tabela 7 – Classes de declividade	
EMBRAPA	
Relevo	Faixa (%)
<b>Plano</b>	0 a 3
<b>Suave Ondulado</b>	3 a 8
<b>Ondulado</b>	8 a 20
<b>Forte Ondulado</b>	20 a 45
<b>Montanhoso</b>	45 a 75
<b>Escarpado</b>	Acima de 75

Fonte: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 1999).



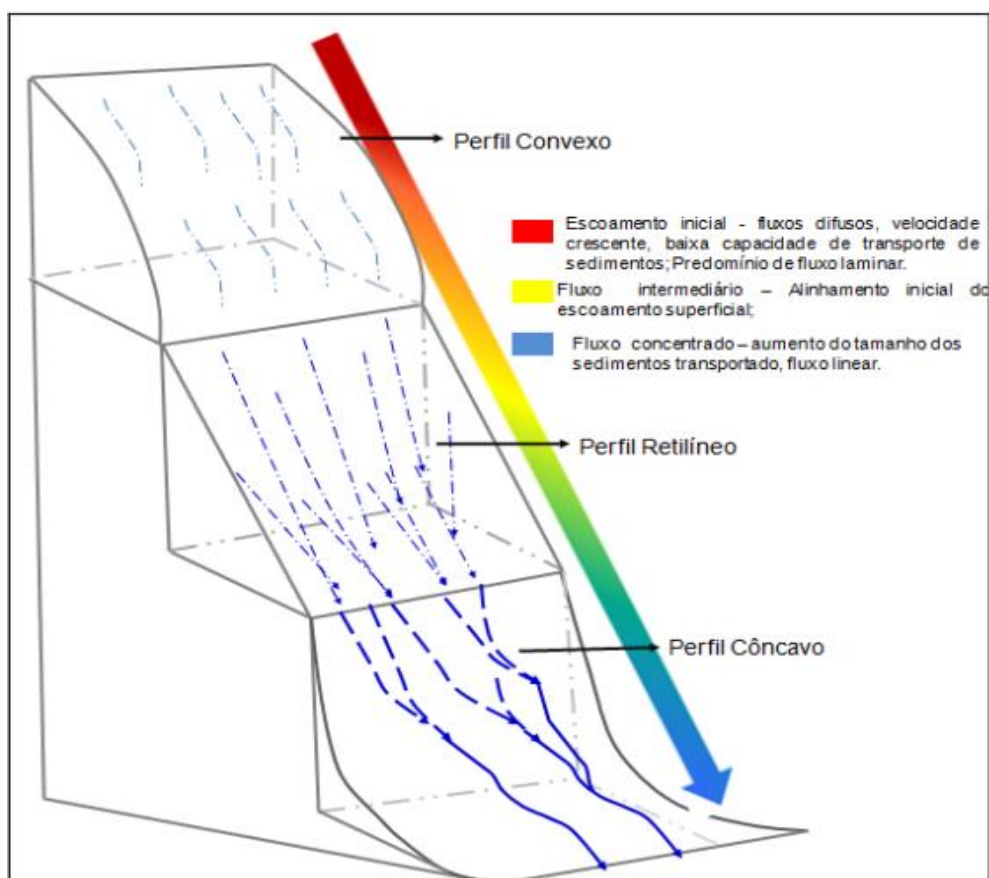
**Figura 22** – Processos morfogenéticos e pedogenéticos nas vertentes

Fonte: Neto (2013).

A variável curvatura vertical (figura 23) é um importante instrumento no equilíbrio entre os processos de pedogênese e morfogênese. É definida como a forma convexa/côncava do terreno quando analisado em perfil (VALERIANO, 2010, p. 88). Em outro trabalho (2008, p. 35), o mesmo autor afirma que em

SIG seu cálculo é baseado na comparação entre diferenciais altimétricos recíprocos ao ponto (*pixel*) sob análise feita através de janelas móveis.

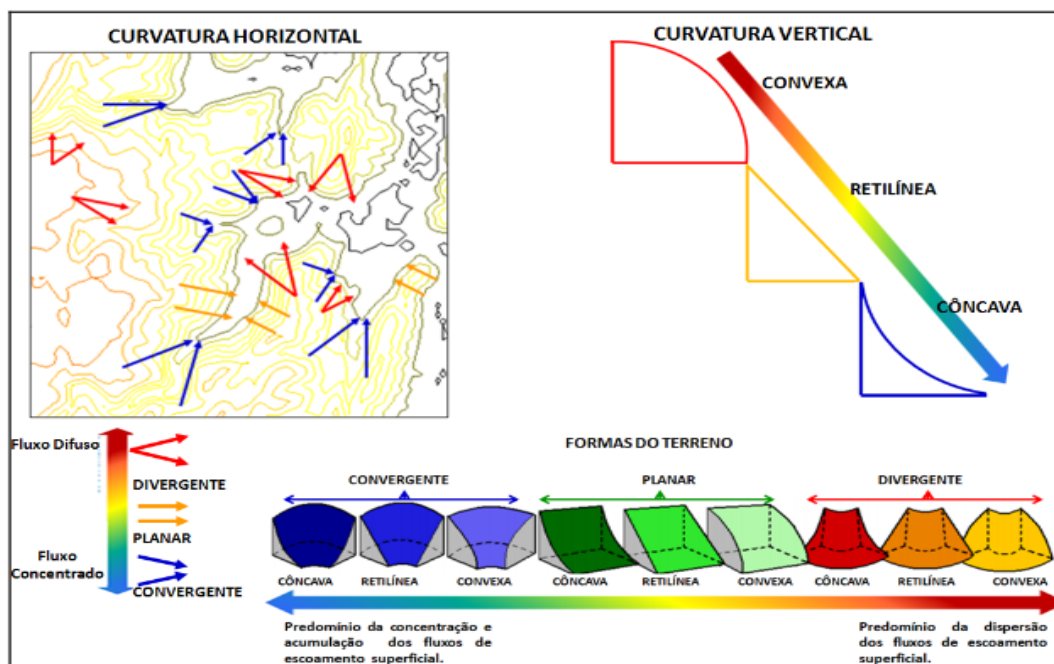
Ainda de acordo com Valeriano (2008), as curvaturas nulas correspondem às retas, e as curvaturas apresentarão valores positivos e negativos, que podem variar ao menos e mais infinito, dependendo da área abordada. Na teoria, valores positivos correspondem a terrenos convexos, negativos a terrenos côncavos, e nulos a vertentes retilíneas.



**Figura 23** – Relação dos fluxos de água conforme as formas da vertente

Fonte: Neto (2013).

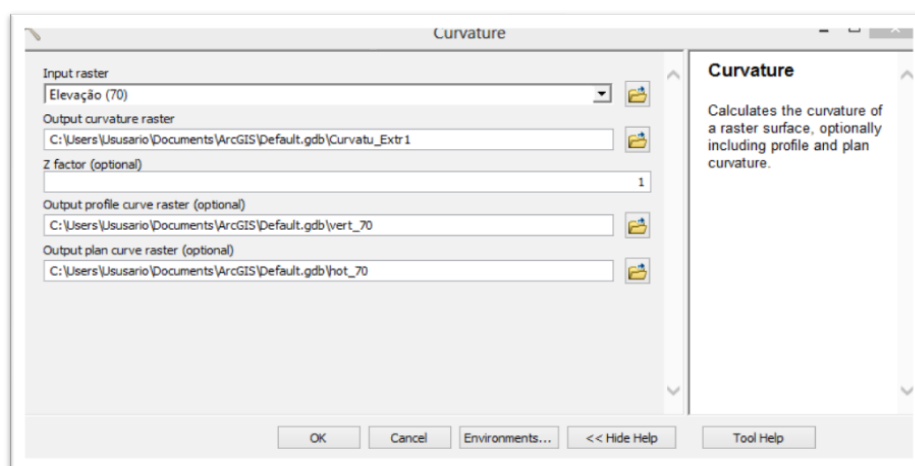
A curvatura horizontal refere-se ao caráter divergente, planar e convergente dos fluxos de matéria sobre o terreno quando analisado em projeção horizontal e pode ser observada a partir das direções das linhas de fluxo (VALERIANO, 2010, p.89). Na figura 24, as variáveis utilizadas no trabalho bem como os as formas de terreno como resultado:



**Figura 24** – Variáveis geomorfológicas locais, derivadas da altimetria.

Fonte: Neto (2013).

A ferramenta operacional utilizada foi a *Curvature (3d Analyst)*, sendo o arquivo de entrada o *raster* dos dois períodos, esses elaborados e analisados separadamente. Dentro da janela *Curvature* (figura 24), selecionou-se a opção de criar três tipos da mesma: a geral, que neste trabalho será desconsiderada; a vertical (*profile*) e a horizontal (*plan*).



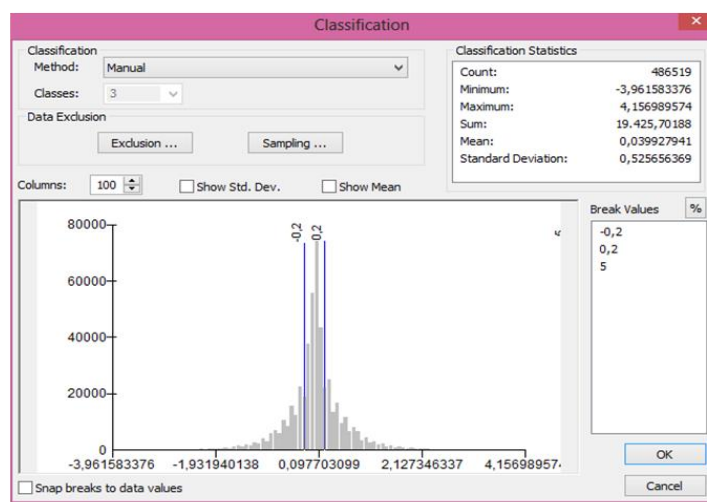
**Figura 25** – Criação de curvatura do relevo de Itaoca no ArcGis™ 10.2.

Fonte: Elaborada por Juliana Mendes Frechiani através do ArcGis™ 10.2.

Os testes de curvatura (figura 26) foram feitos manualmente a partir da *Symbology>Classified>Classify*. Nessa janela, foram analisados o mínimo e o

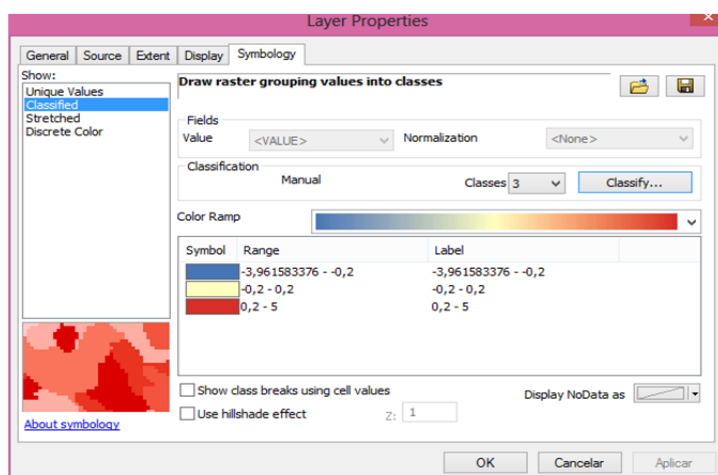


máximo contidos em *Classification Statistics* e, a partir disso, definidas quatro classes para posteriormente eliminar uma. Nesse caso, é importante entender o modelado do relevo para definir o intervalo de superfície plana ou retilínea e ver quais valores mais se aproximam da realidade dos períodos analisados. Sendo assim, como demonstra abaixo, a quarta classe já removida, de -3 a -0,2, será a superfície côncava; de -0,2 a 0,2 será plana e de 0,2 a 5 será convexa. Em seguida, foi definida (figura 26) a escala de cores que melhor representasse a superfície.



**Figura 26** – Definição de intervalos de curvatura horizontal

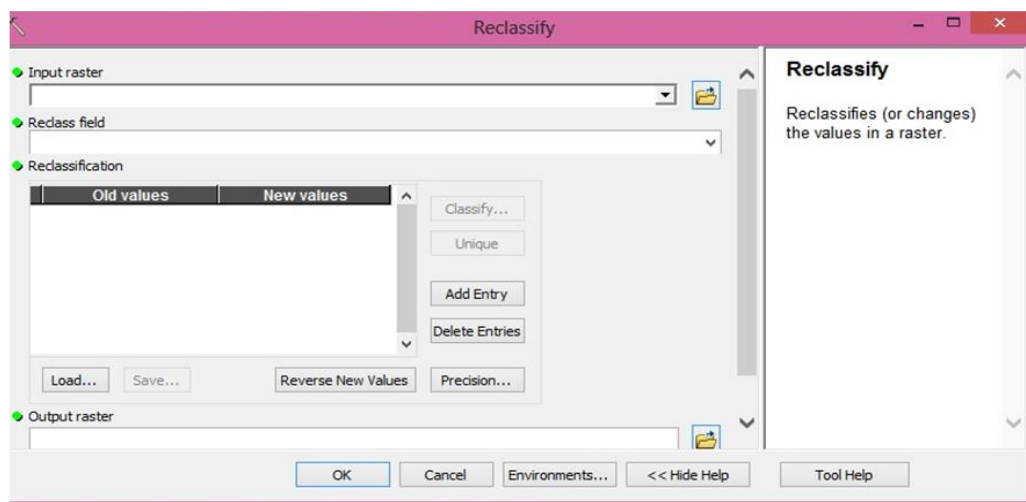
Fonte: Elaborada por Juliana Mendes Frechiani através do ArcGis™ 10.2.



**Figura 27** – Classificação da simbologia da curvatura horizontal

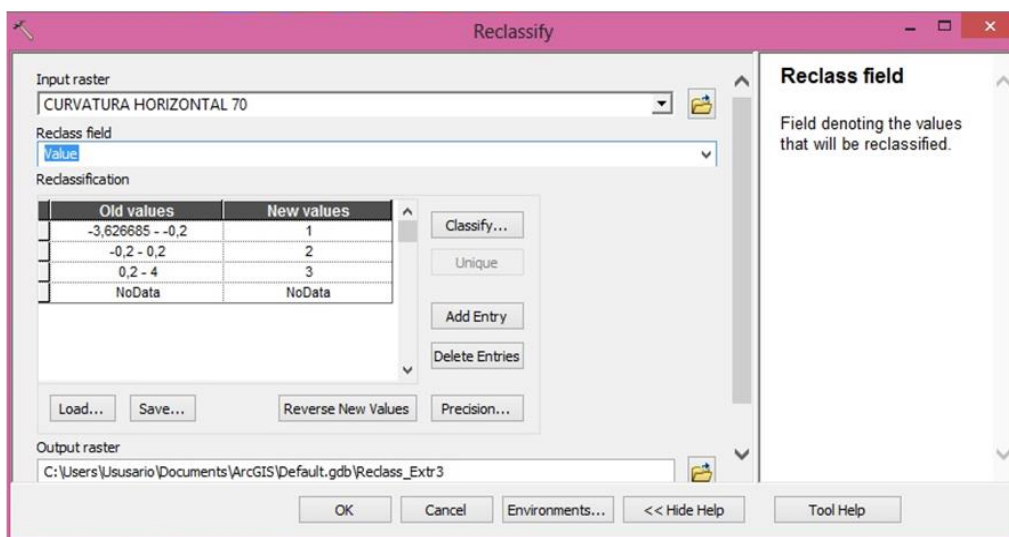
Fonte: Elaborada por Juliana Mendes Frechiani através do ArcGis™ 10.2.

Após essa etapa, foi necessário utilizar o *Reclassify (3d Analyst)* de acordo com a figura 28 e 29, onde foi atribuído a nomeação das superfícies (côncava, retilínea, convexa, divergente, convergente e plana) na tabela de atributos. O arquivo de entrada foi o raster dos dois períodos, analisados separadamente e o produto final nesta etapa está na figura 30.



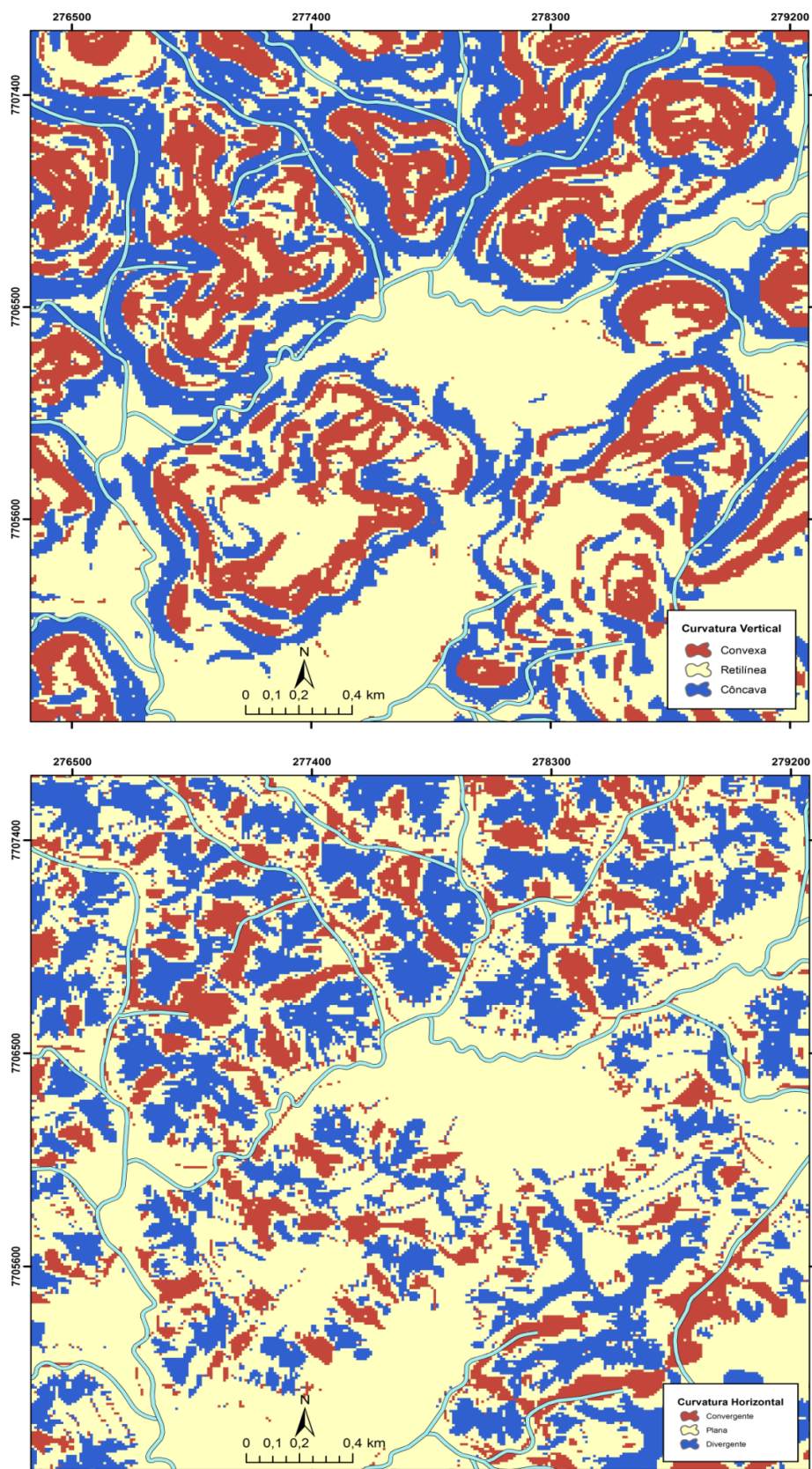
**Figura 28** – Reclassificação da curvatura

Fonte: Elaborada por Juliana Mendes Frechiani através do ArcGis™ 10.2



**Figura 29** – Reclassificação da curvatura

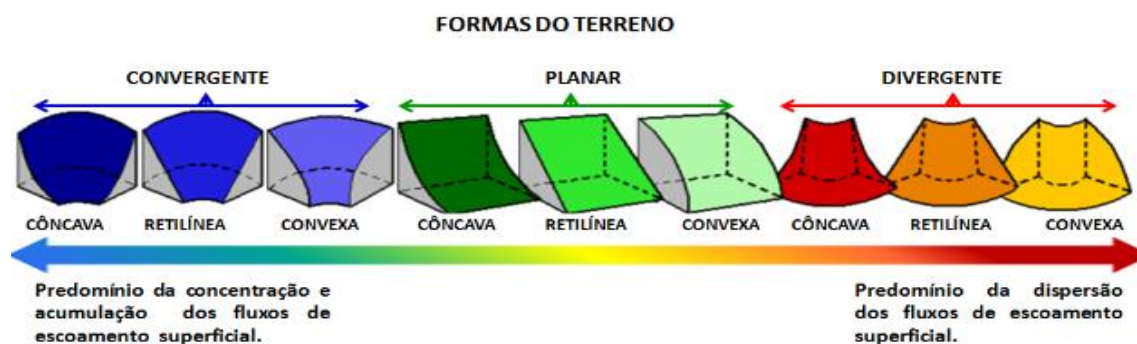
Fonte: Elaborada por Juliana Mendes Frechiani através do ArcGis™ 10.2



**Figura 30** – Resultado da reclassificação de curvaturas

Fonte: Elaborada por Juliana Mendes Frechiani através do ArcGis™ 10.2

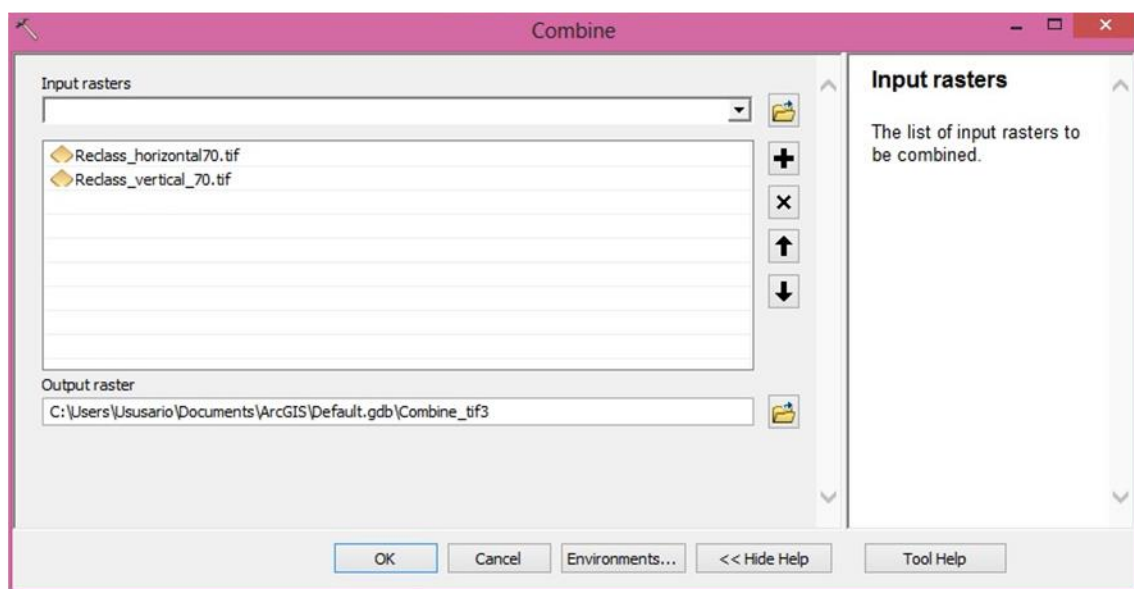
Posteriormente a essas etapas, para os dois períodos surgem dois arquivos formados por três classes cada, que combinadas fornecem a indicação da forma do relevo; ou seja, surgiu um novo arquivo formado por nove classes baseadas na junção das curvaturas horizontal e vertical (figura 31), sendo elas:



**Figura 31** – Formas do terreno

Fonte: Neto (2013).

Esta etapa foi desenvolvida a partir da ferramenta *Combine (3d Analyst)*, como demonstra a figura 32, e os arquivos utilizados foram os produtos do *Reclassify*:



**Figura 32** – Combinação das curvaturas horizontal e vertical

Fonte: Elaborada por Juliana Mendes Frechiani através do ArcGis™ 10.2

Após essa etapa, surgiu a tabela de atributos com nove classes, como se vê na tabela 8, onde foi criado um novo *field*, nomeado como "formas". Os nomes

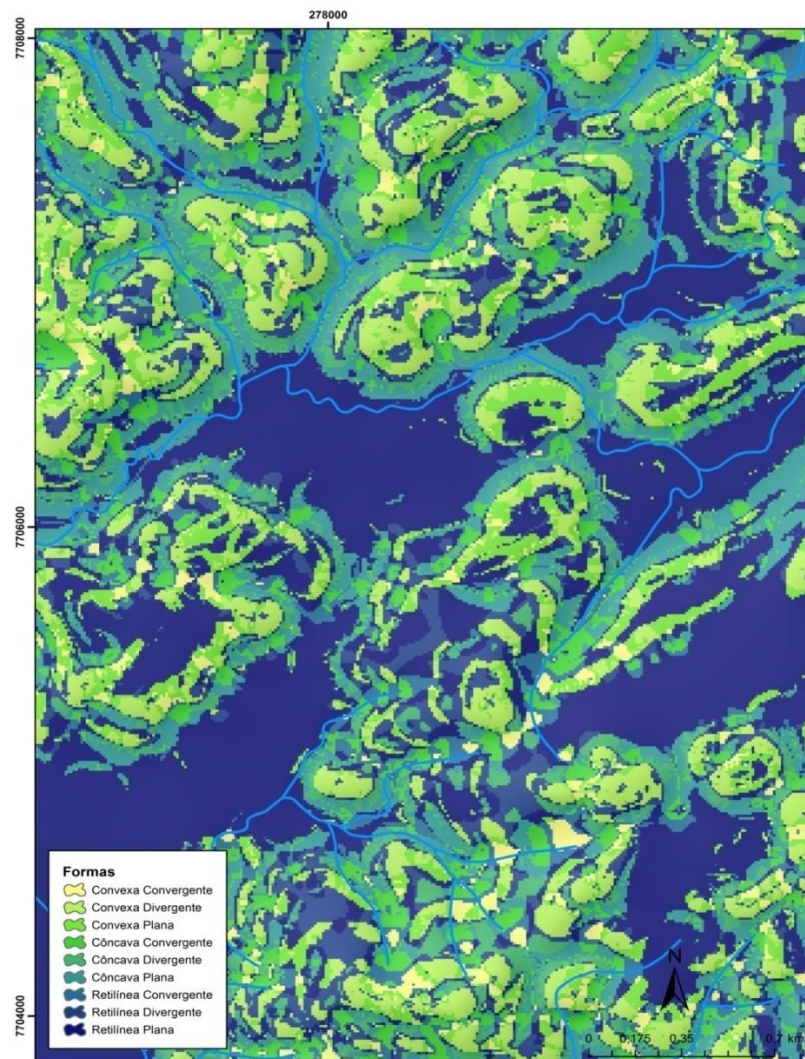


seguiram a seguinte composição: primeiro a nomenclatura da curvatura vertical e em seguida a curvatura horizontal. O produto final nesta etapa está demonstrada na figura 33.

**Tabela 8 – Nomeação das formas**

OID	Value	OBJECTID	Count	vert rec	hor rec	Formas
0	1	1	57694	3	2	Côncava Plana
1	2	2	218489	2	2	Retilínea Plana
2	3	3	41646	1	2	Convexa Plana
3	4	4	35015	1	3	Convexa Divergente
4	5	5	28485	3	1	Côncava Convergente
5	6	6	16031	3	3	Côncava Divergente
6	7	7	30269	2	1	Retilínea Convergente
7	8	8	47325	2	3	Retilínea Divergente
8	9	9	11609	1	1	Convexa Convergente

Fonte: Elaborada por Juliana Mendes Frechiani através do ArcGis™ 10.2.



**Figura 33 – Nomeação das formas**

Fonte: Elaborada por Juliana Mendes Frechiani através do ArcGis™ 10.2.

## **6 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **6.1 UMA VISÃO GERAL DO DISTRITO DE ITAOCA**

De início, a análise foi feita do distrito de Itaoca como um todo, considerando os seguintes aspectos no ano de 1970 e 2012:

- Uso e cobertura da terra;
- Elevação (m);
- Perfil topográfico de um alinhamento A/B;
- Orientação das Vertentes;
- Declividade (%);
- Curvatura Vertical;
- Curvatura Horizontal;
- Formas do Terreno.

#### **6.1.1 Uso e cobertura da terra do distrito de Itaoca**

De acordo com os dois mapas elaborados na escala 1:5.000 (figura 34 e 35), do distrito de Itaoca, no que diz respeito à evolução do uso e cobertura da terra, predominam a classe de pastagem, tanto para o ano de 1970, bem como para o ano de 2012 (tabela 9).

No primeiro período (1970), a porção nordeste e leste eram onde se encontravam as principais áreas de mineração. Verifica-se que haviam sete áreas de extração, porém grande quantidade era de mata nativa e pequenas extensões de mata nativa em estágio de regeneração.

Em 2012 assim como 1970 há o predomínio da pastagem, porém há mudança no cenário de Itaoca, há ampliação da área edificada, assim como o aumento da mata nativa em estágio inicial de regeneração. Este último, respectivamente, deve-se ao fato dos programas estaduais de incentivo à preservação da mata nativa.

Na porção leste e nordeste, onde se encontra a área de mineração intensa, nota-se a mudança drástica da paisagem e, a duplicação da área de atuação da mineração de 2,07% para, no ano de 2012, 4,65% (tabela 9).

**Tabela 9** – Uso e cobertura da terra do município de Itaoca nos anos de 1970 e 2012

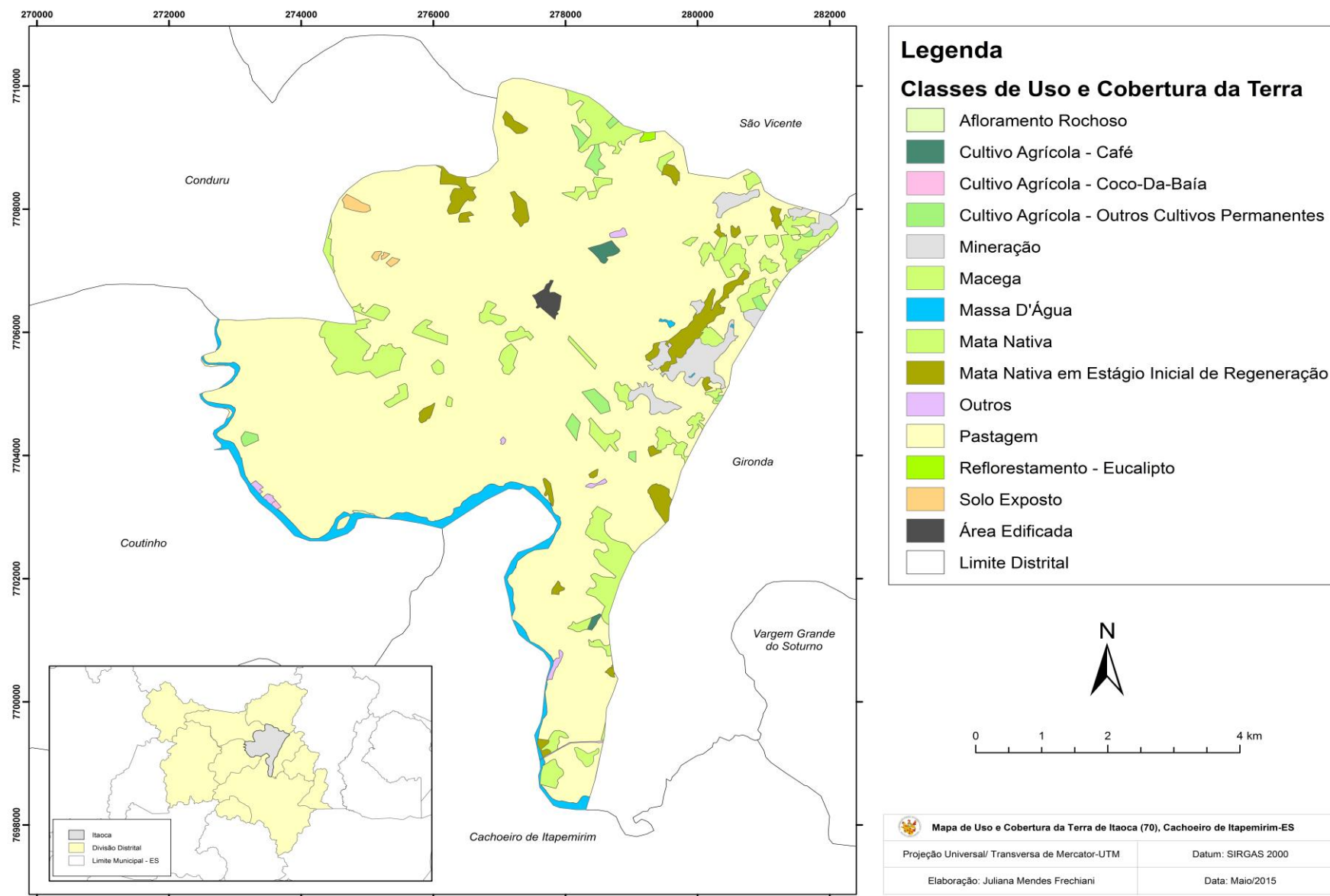
<b>Classes/Ano</b>	<b>1970</b>	<b>2012</b>
Afloramento Rochoso	0,02%	0,27%
Área Edificada	0,28%	1,04%
Brejo	0,00%	0,11%
Cultivo Agrícola – Café	0,23%	0,78%
Cultivo Agrícola – Côco-Da-Baía	0,02%	0,02%
Cultivo Agrícola – Outros Cultivos Permanentes	0,80%	0,25%
Cultivo Agrícola - Outros Cultivos Temporários	0,00%	0,21%
Cultivo Agrícola - Cana-de-Açúcar	0,00%	0,08%
Extração de Mineração	<b>2,07%</b>	<b>4,65%</b>
Macega	1,23%	5,63%
Massa D'Água	<b>2,40%</b>	<b>2,63%</b>
Mata Nativa	6,94%	6,50%
Mata Nativa em Estágio Inicial de Regeneração	2,56%	5,50%
Pastagem	82,90%	66,86%
Reflorestamento – Eucalipto	0,05%	0,85%
Solo Exposto	0,23%	0,12%
Outros	0,27%	4,50%
<b>Total</b>	<b>100,00%</b>	<b>100,00%</b>

Fonte: Elaborada por Juliana Mendes Frechiani.

A área de massa de água sofreu um pequeno aumento entre os períodos estudados. Em ambos os períodos, sua origem está associada à mineração, pois com o aprofundamento da exploração por meio da lavra em cava ou fossa pode-se atingir o lençol freático ou funcionar com área de convergência de águas superficiais e subsuperficiais das encostas e das chuvas, intitulada na

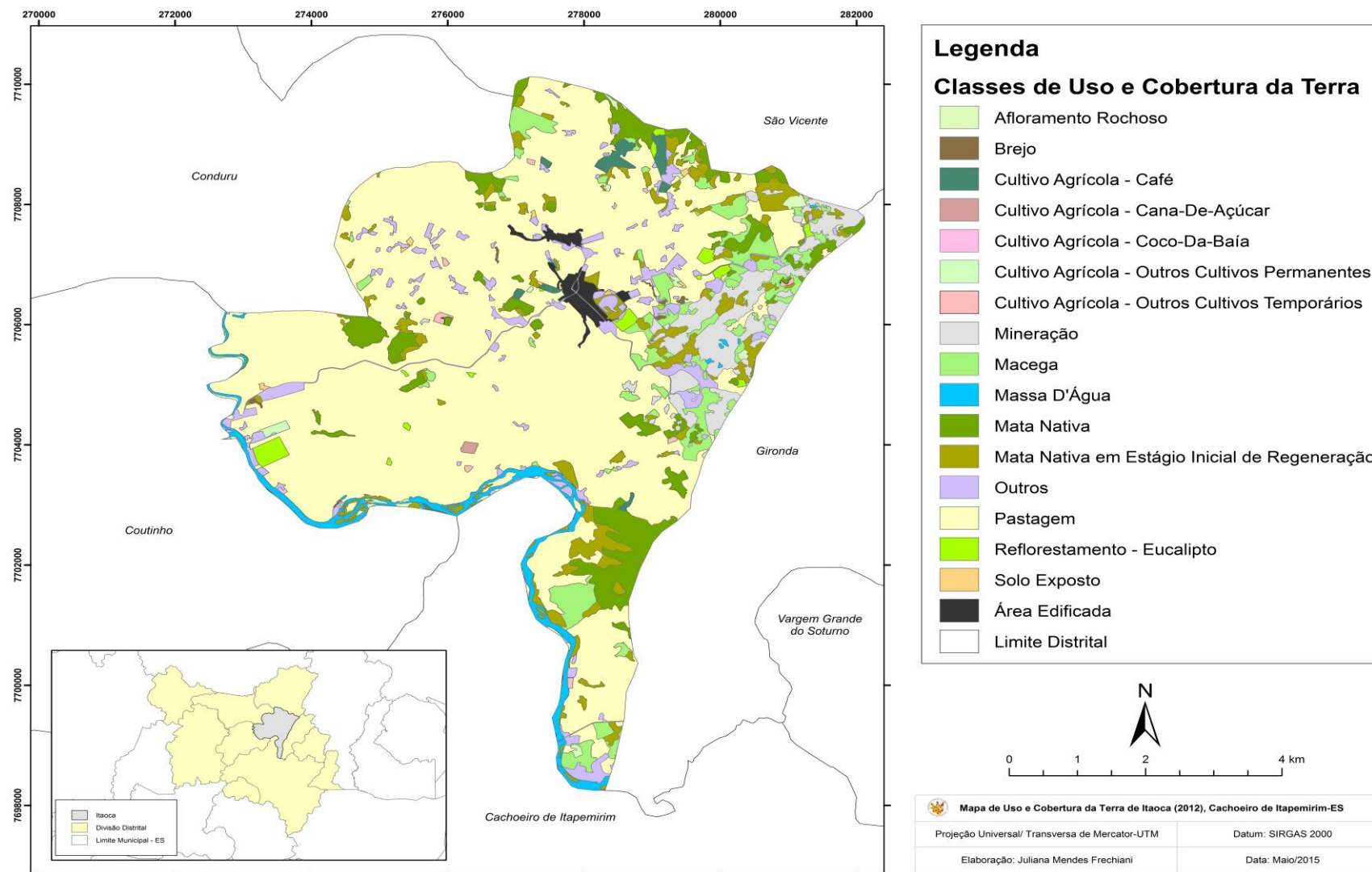
mineração como “pós atividade mineradora” ou aqui sugerido como lagoa artificial antrópica de mineração.





**Figura 34 – Mapa do uso e cobertura da terra de Itaoca (1970)**

Fonte: Elaborada por Juliana Mendes Frechiani.



**Figura 35 – Mapa de uso e cobertura da terra de Itaoca (2012)**

Fonte: Elaborada por Juliana Mendes Frechiani.



**Figura 36** – Surgimento de lagoas artificiais antropogênicas em Itaoca

Fonte: Arquivo pessoal de Juliana Mendes Frechiani.



## 6.2 HIPSOMETRIA DO DISTRITO DE ITAOCA

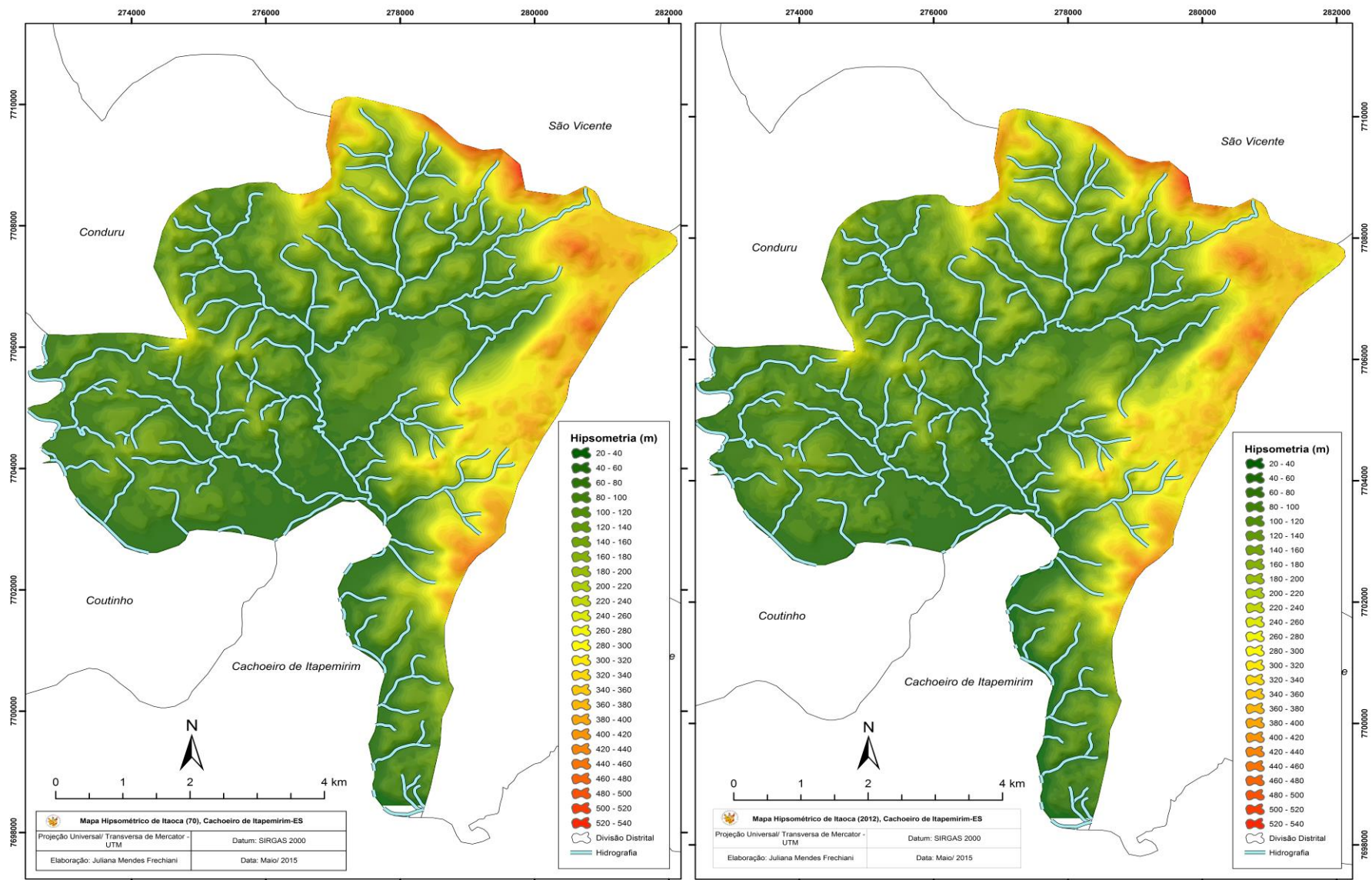
Ao se tratar da elevação do distrito de Itaoca, nota-se que o relevo é contornado de norte até o sudeste por superfícies mais elevadas e, onde se encontraram as áreas de mineração, que possivelmente, provocaram a redução das áreas de altitude 560 metros para 540 metros, além de transformar boa parte das elevações ao seu contorno, gerando a formação de relevos (altitudes) antropogênicos.

As superfícies mais planas são encontradas mais ao centro do distrito e onde se encontra a área edificada e a sede do mesmo. As porções oeste e centro-oeste são compostas pelas áreas onde se encontram principalmente pastagem e cultura de permanentes, por exemplo.



**Figura 37** – Mudança antropogênica no topo da encosta em Itaoca

Fonte: Arquivo pessoal de Juliana Mendes Frechiani.



**Figura 38 – Mapa de hipsometria em metros do distrito de Itaoca**

Fonte: Elaborada por Juliana Mendes Frechiani.

### 6.3 ORIENTAÇÃO DAS VERTENTES

A orientação determina a direção esperada do escoamento superficial e subsuperficial da água, ou seja, seu deslocamento em superfície e em subsuperfície e, nos cursos d'água.

Observa-se que no ano de 1970 e, em 2012, as orientações predominantes eram as mesmas. A maioria das encostas são orientadas para Sudoeste, mas verifica-se também na tabela 10 e na figura 39 uma distribuição equitativa em relação a outras classe.

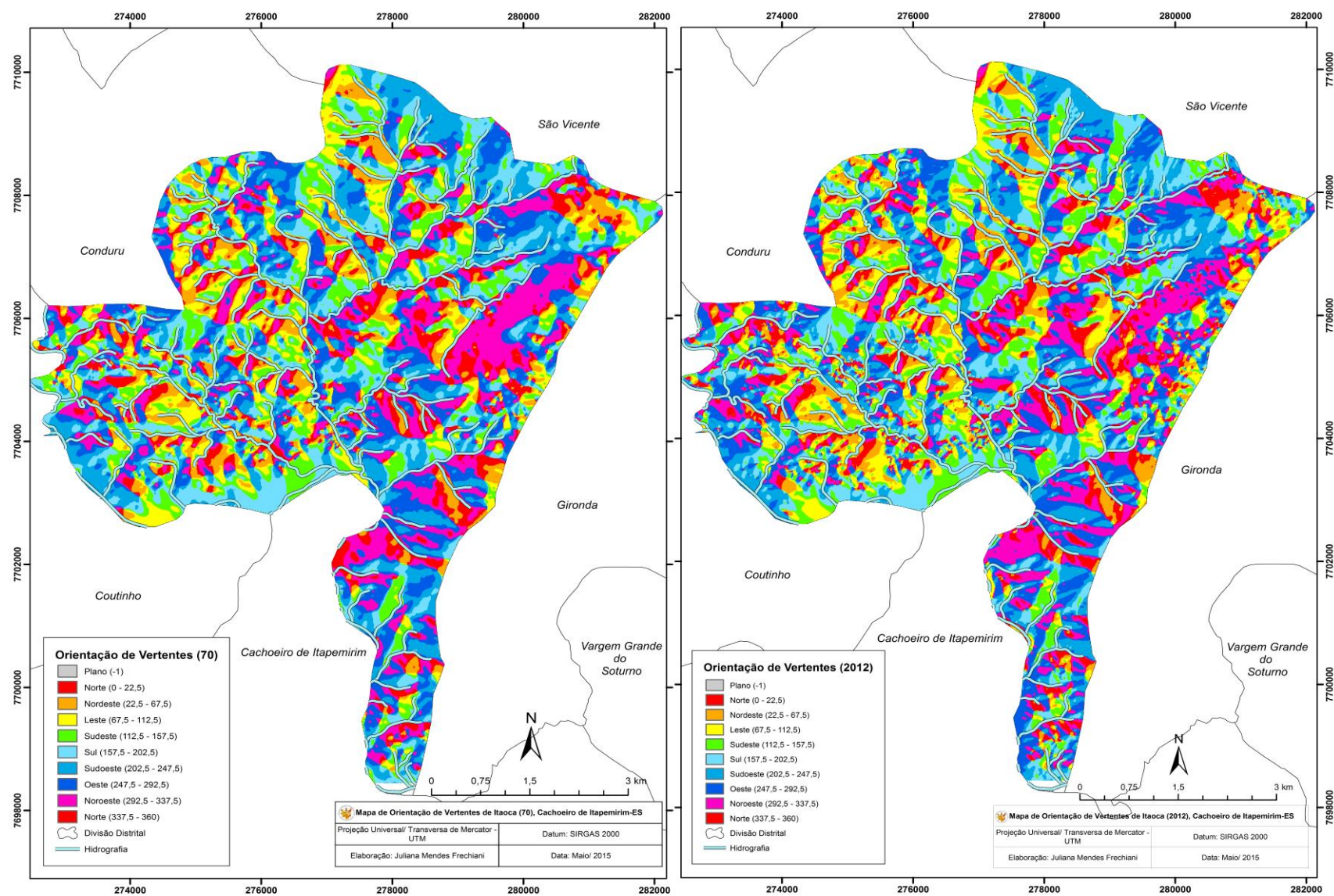
Como no uso e cobertura da terra entre 1970 e 2012, a atividade de mineração nesta escala de trabalho em pouco contribui para ser verificado mudanças significativas na orientação da encosta, devendo ser observadas em escala de detalhe nas cinco áreas escolhidas e, que serão discutidas adiante.

**Tabela 10** – Orientação das vertentes no distrito de Itaoca

<b>Orientação das Vertentes (%)</b>		
<b>Orientação</b>	<b>1970</b>	<b>2012</b>
<b>Plano</b>	0,00	0,04
<b>Norte</b>	4,54	4,80
<b>Nordeste</b>	9,37	9,23
<b>Leste</b>	10,28	10,51
<b>Sudeste</b>	11,91	11,90
<b>Sul</b>	13,96	13,38
<b>Sudoeste</b>	15,93	15,49
<b>Oeste</b>	14,61	15,33
<b>Noroeste</b>	14,00	13,91
<b>Norte</b>	5,40	5,41

Fonte: Elaborada por Juliana Mendes Frechiani.





**Figura 39 – Mapa de orientação das vertentes no distrito de Itaoca**

Fonte: Elaborada por Juliana Mendes Frechiani.

## 6.4 DECLIVIDADE

Observa-se na tabela 11 e na figura 40 que no período passado e no atual há predominância do relevo fortemente ondulado com 33,74% e 34,22%, respectivamente, seguido da classe ondulada com 20,39% e 18,82%, respectivamente. A área edificada do distrito é caracterizada por uma declividade com formas mais planares.

**Tabela 11 – Declividade de Itaoca**

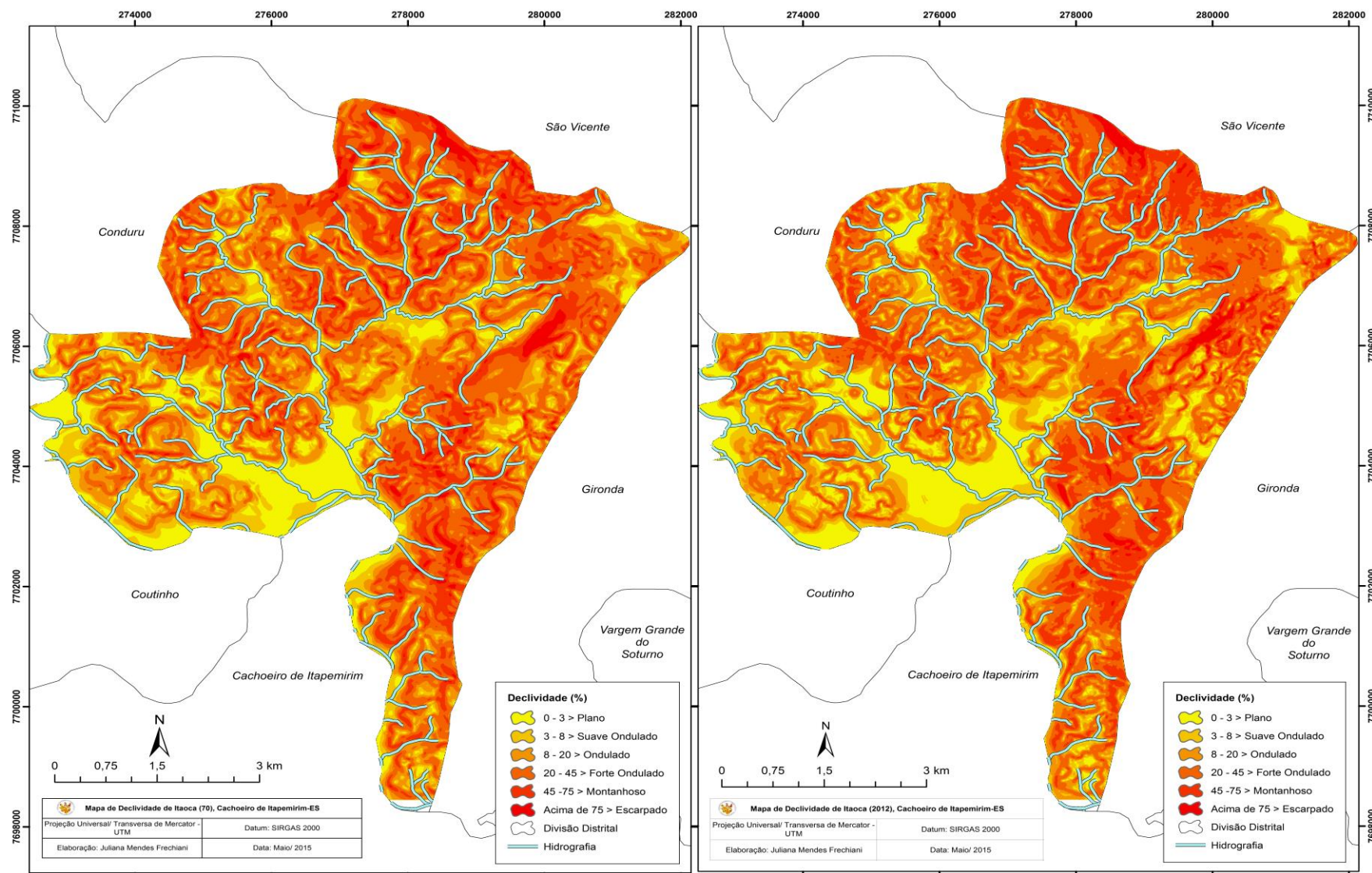
<b>Declividade (%)</b>		
<b>Forma</b>	<b>1970</b>	<b>2012</b>
<b>Plano</b>	11,38	12,82
<b>Suave ondulado</b>	14,67	13,96
<b>Ondulado</b>	20,39	18,82
<b>Forte ondulado</b>	33,74	34,22
<b>Montanhoso</b>	17,8	18,81
<b>Escarpado</b>	2,02	1,37

Fonte: Elaborada por Juliana Mendes Frechiani.

Também, pode-se verificar uma pequena alteração nos valores de relevo escarpado, de 2,02% para 1,37% de declividade, que pode indicar uma contribuição na retração antropogênica das áreas de escarpa no distrito de Itaoca.

Outro fato que corrobora para acreditar na evolução antropogênica das encostas, é que, na classe relevo plano, ocorreu um aumento de 11,38% para 12,82%, originados do sistema de mineração em degraus nas encostas, que resulta ao final em uma superfície plana.





**Figura 40 – Mapa de declividades do distrito de Itaoca**

Fonte: Elaborada por Juliana Mendes Frechiani.

## 6.5 CURVATURA VERTICAL

Nota-se que o distrito de Itaoca, nos dois períodos analisados a partir da tabela 12 e a figura 41, que a curvatura predominantemente era a forma retilínea, no entanto, na década de 1970, a segunda morfologia que se destacava era a côncava, sendo, atualmente, a convexa, ocasionando mudança de fluxo de matéria e água ao longo das encostas.

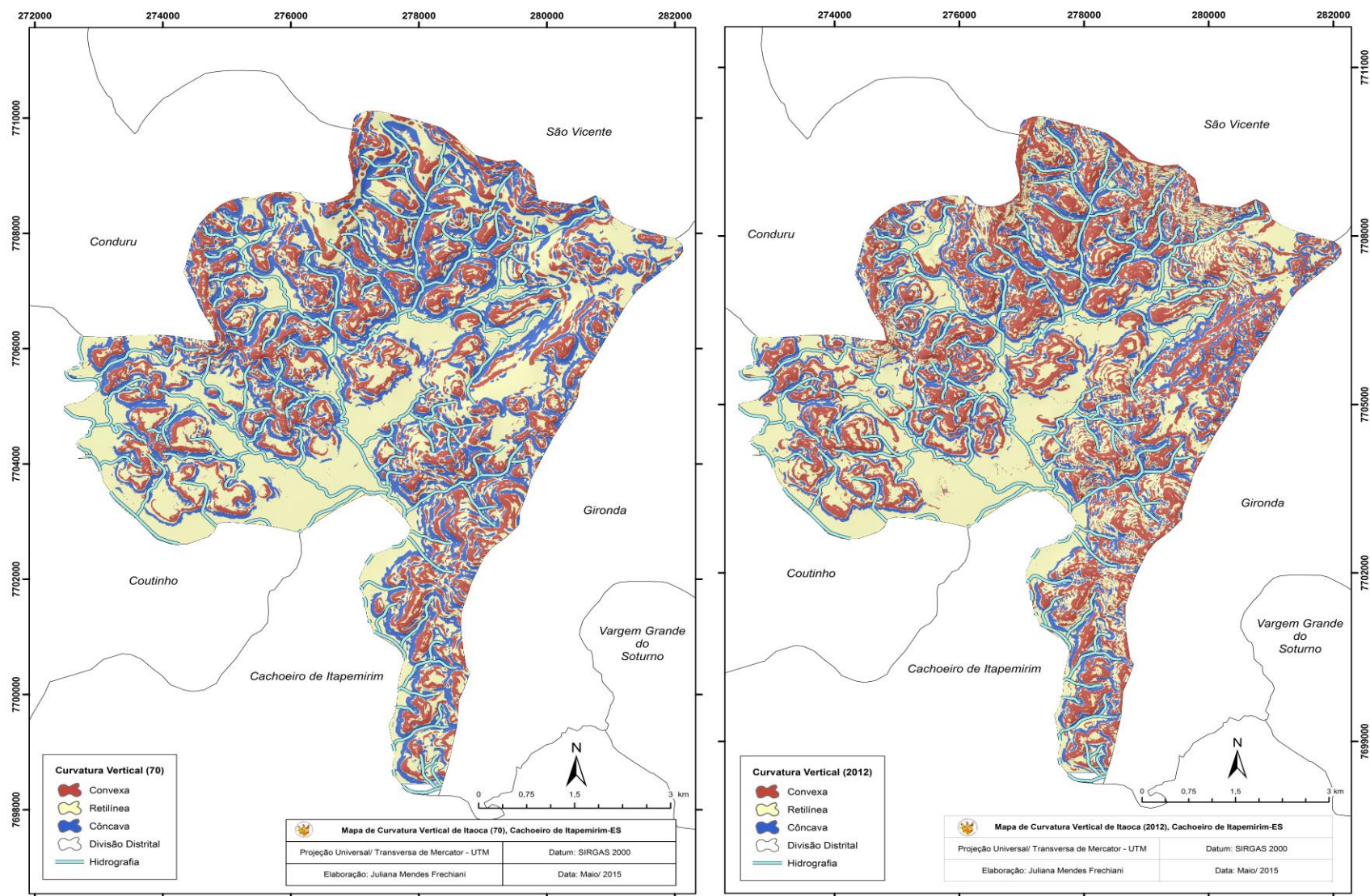
A forma côncava contribui para o escoamento superficial linear e, o aumento do tamanho dos sedimentos transportados em virtude da energia de transporte disponível, podendo gerar feições erosivas. Já na forma convexa, os fluxos são difusos e, há predomínio do fluxo laminar, que de maneira geral apresenta baixa capacidade de transporte de material sólido.

**Tabela 12 – Curvatura vertical de Itaoca**

<b>Curvatura Vertical (%)</b>		
<b>Forma</b>	<b>1970</b>	<b>2012</b>
<b>Convexa</b>	23,4	31,44
<b>Retilínea</b>	47,76	47,54
<b>Côncava</b>	28,84	21,02

Fonte: Elaborada por Juliana Mendes Frechiani.

Esta mudança na morfologia côncava de 28,84% para 21,02% contribui para reforçar a evolução antropogênica das encostas, uma vez que a curvatura vertical reflete outro método de exploração da mineração, intitulada de Lavra em Encosta, onde se obtém blocos isolados por meio de fios diamantados.



**Figura 41 – Mapa de curvatura vertical do distrito de Itaoca**

Fonte: Elaborada por Juliana Mendes Frechiani.

## 6.6 CURVATURA HORIZONTAL

A percepção da curvatura horizontal é feita através das linhas de fluxo (VALERIANO, 2010, p. 90), em que é possível identificar o caráter convergente, divergente e planar do terreno. Observa-se na tabela 13 e na figura 42 que no ano de 1970 e em 2012, a forma predominante é a planar, seguida da forma divergente (fluxo difuso).

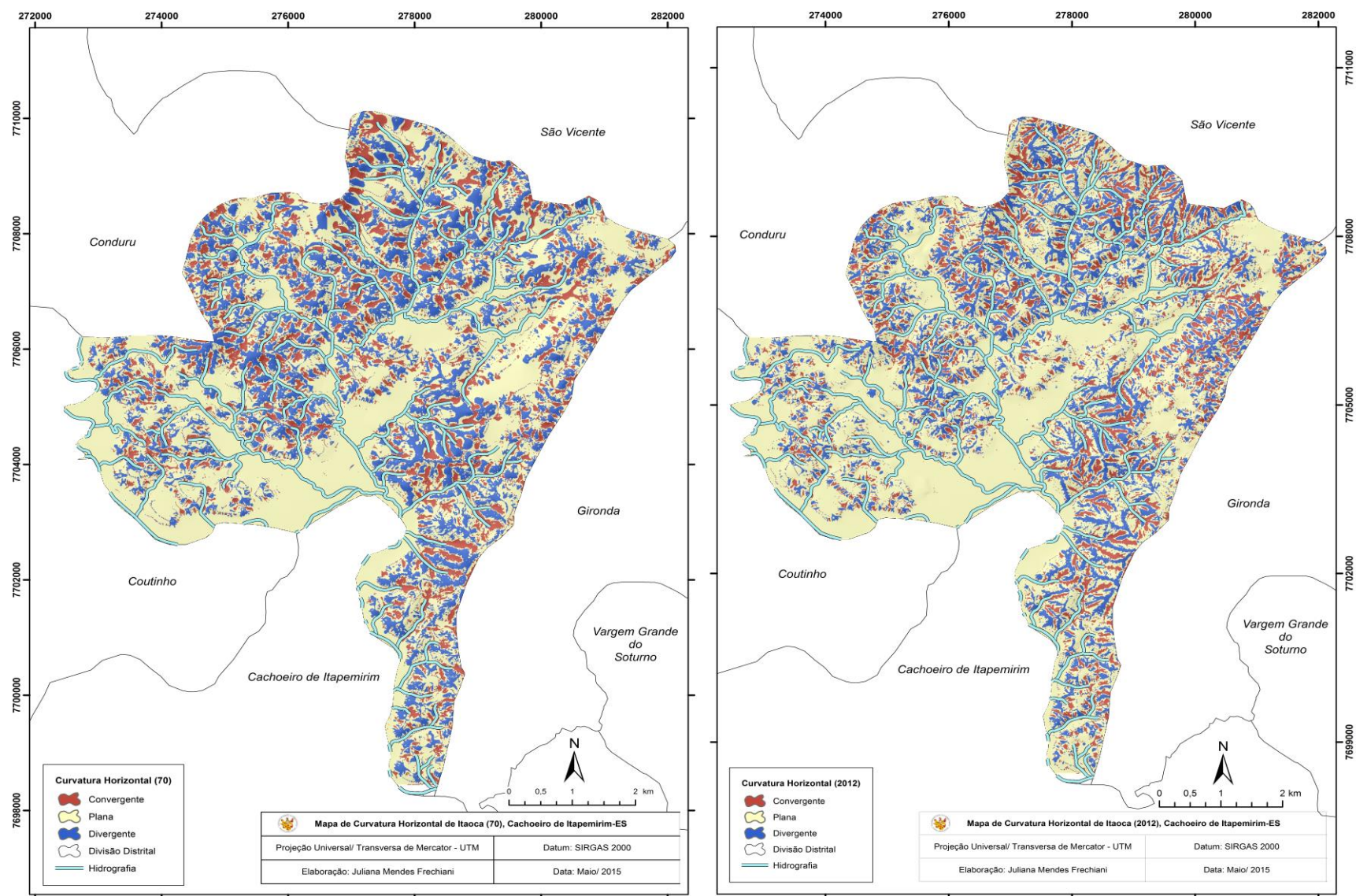
**Tabela 13** – Curvatura horizontal de Itaoca

<b>Curvatura Horizontal (%)</b>		
<b>Forma</b>	<b>1970</b>	<b>2012</b>
<b>Convergente</b>	16,46	14,46
<b>Plana</b>	59,27	65,32
<b>Divergente</b>	24,27	20,22

Fonte: Elaborada por Juliana Mendes Frechiani.

Apesar de não haver mudança de categoria, verifica-se na tabela 13 que a percentagem de forma plana passou de 59,27% do ano de 1970, para 65,32% no ano de 2012, devido a extração mineradora nas encostas e de fossa/lavra, criando superfícies planas residuais.



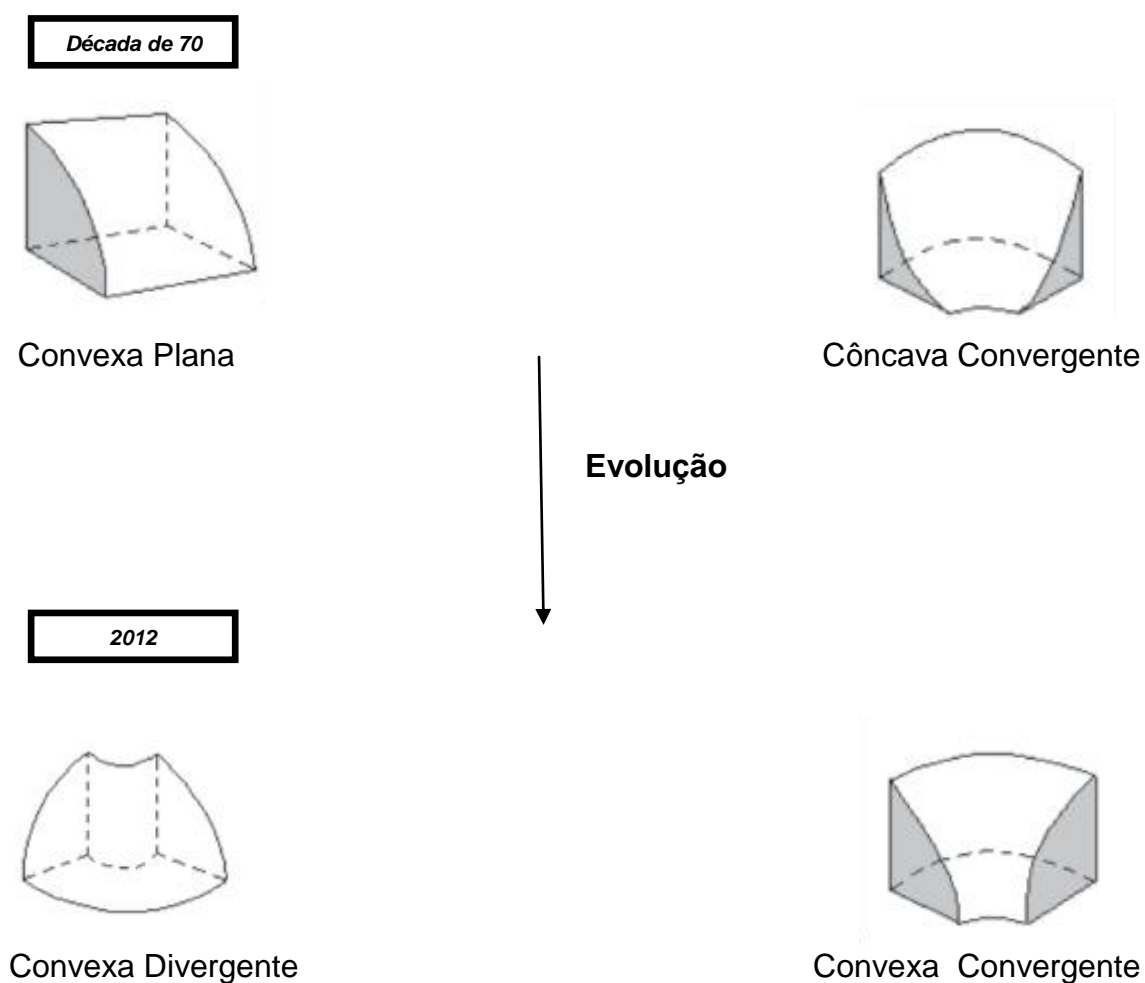


**Figura 42 – Mapa de curvatura horizontal do distrito de Itaoca**

Fonte: Elaborada por Juliana Mendes Frechiani.

## 6.7 FORMAS DE TERRENO

A combinação das duas curvaturas (horizontal e vertical) representam a caracterização da forma do terreno. Nota-se na tabela 14 e figura 44 que a forma predominante na década de 1970, era a convexa-plana e, atualmente é a convexa-divergente, ou seja, máxima dispersão de escoamento superficial e subsuperficial de água no terreno.



**Figura 43** – Formas de terreno predominantes em Itaoca

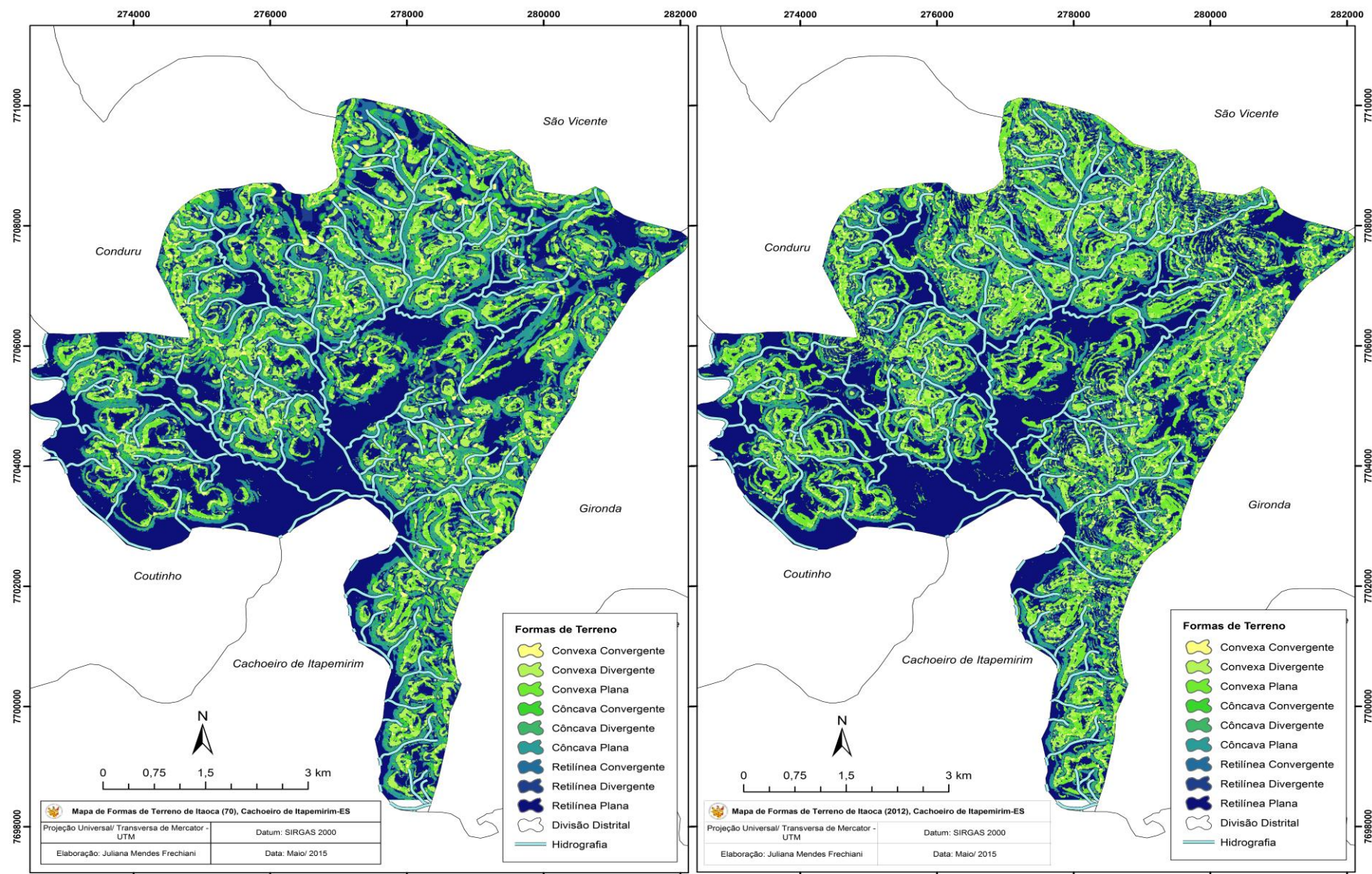
Fonte: Dikau (1990).

**Tabela 14 – Formas de terreno de Itaoca**

<b>Formas de Terreno (%)</b>		
<b>Formas</b>	<b>1970</b>	<b>2012</b>
<b>Convexa Convergente</b>	7,82	11,85
<b>Convexa Divergente</b>	5,34	44,92
<b>Convexa Plana</b>	35,08	8,55
<b>Côncava Convergente</b>	15,04	7,19
<b>Côncava Divergente</b>	7,34	5,85
<b>Côncava Plana</b>	10,93	3,29
<b>Retilínea Convergente</b>	9,17	6,23
<b>Retilínea Divergente</b>	5,99	9,74
<b>Retilínea Plana</b>	3,29	2,38

Fonte: Elaborada por Juliana Mendes Frechiani.





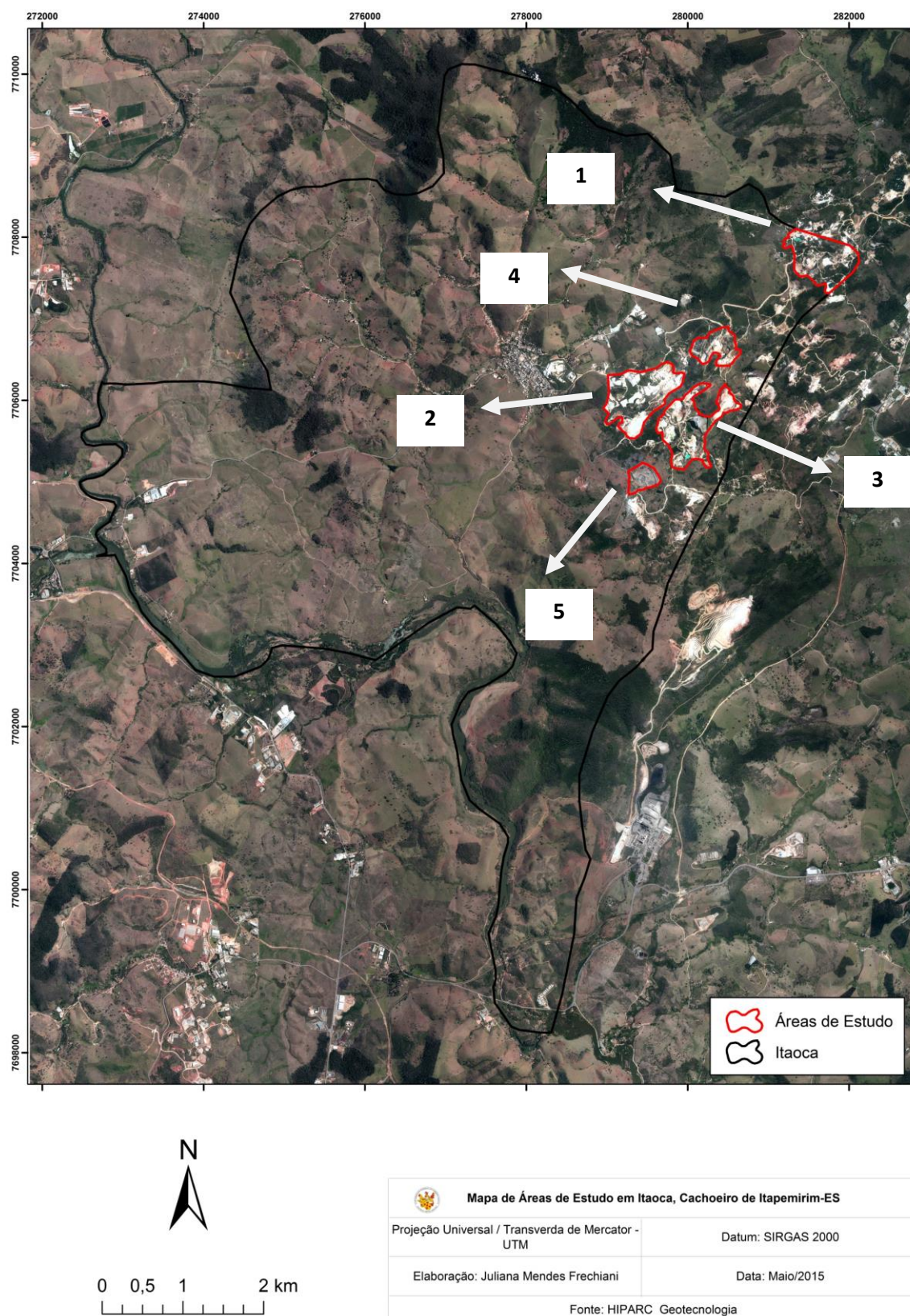
**Figura 44 – Mapa de formas de terreno geral do distrito de Itaoca**

Fonte: Elaborada por Juliana Mendes Frechiani.



## **6.8 ANÁLISE DA EVOLUÇÃO ANTROPOGÊNCIA DE ALGUMAS ÁREAS ESPECÍFICAS DE MINERAÇÃO**

Conforme salientado na metodologia deste trabalho, foram escolhidas cinco áreas (figura 45) com forte atuação da atividade mineradora verificadas no mapeamento de uso e cobertura da terra, que podem contribuir em escala de detalhe para o entendimento da evolução das encostas antropogênicas.



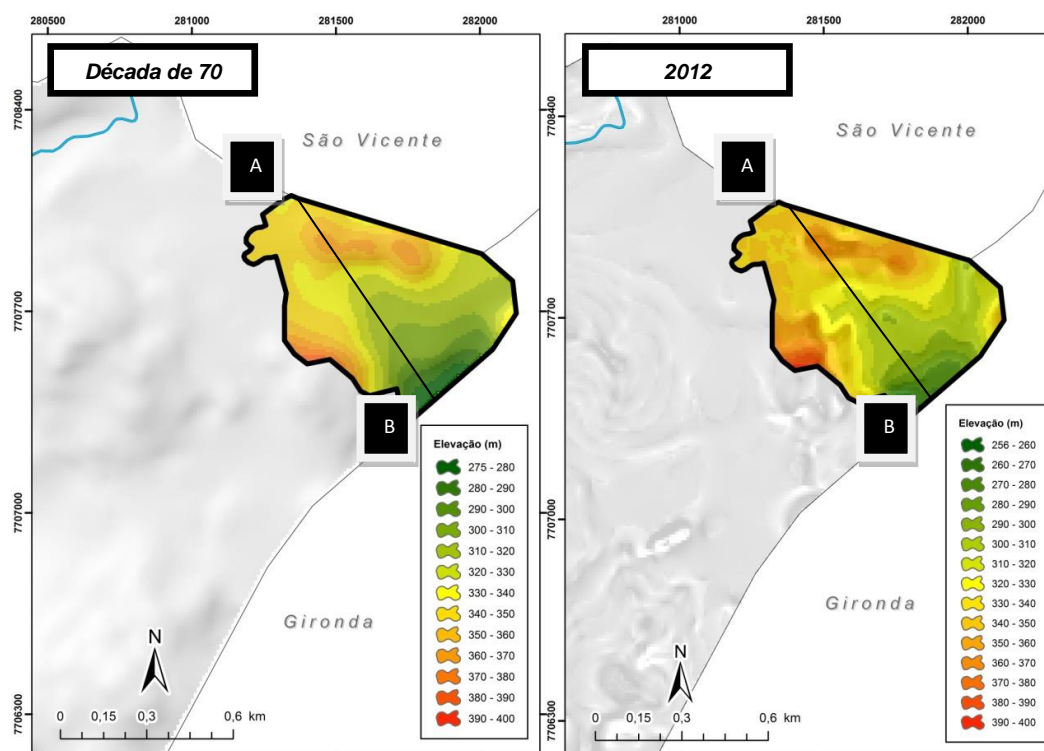
**Figura 45** – Mapa de localização dos pontos escolhidos

Fonte: Elaborada por Juliana Mendes Frechiani.

### 6.8.1 Área 1

A área 1, encontra-se localizada na porção nordeste de Itaoca, sendo uma das áreas mais transformadas do espaço geográfico, quando se trata do relevo antrópico. Tem como substâncias extraídas, segundo o DNPM, predominantemente o mármore e a calcita.

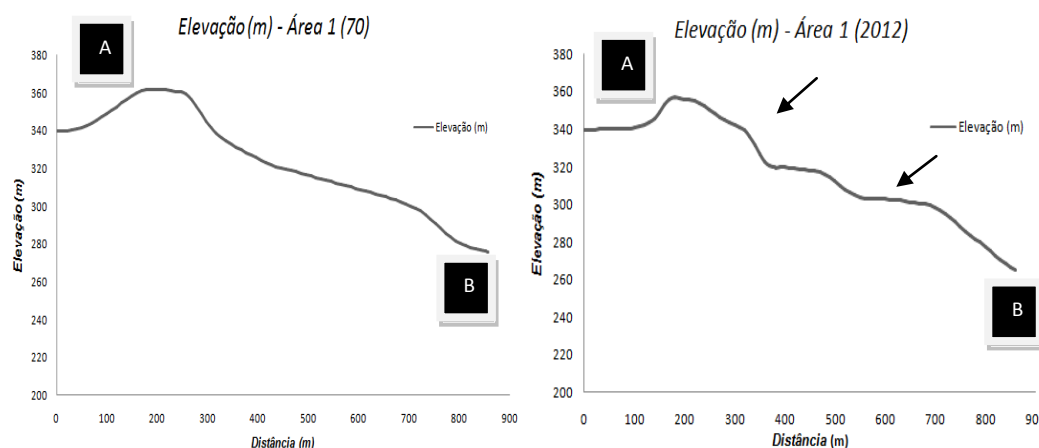
Para constatar essa transformação, foi necessário a comparação dos dois períodos a partir de um alinhamento comum com elevação no intervalo de 10 em 10 metros, como mostra a figura 46.



**Figura 46 – Mapa Hipsométrico da Área 1**

Fonte: Elaborada por Juliana Mendes Frechiani.

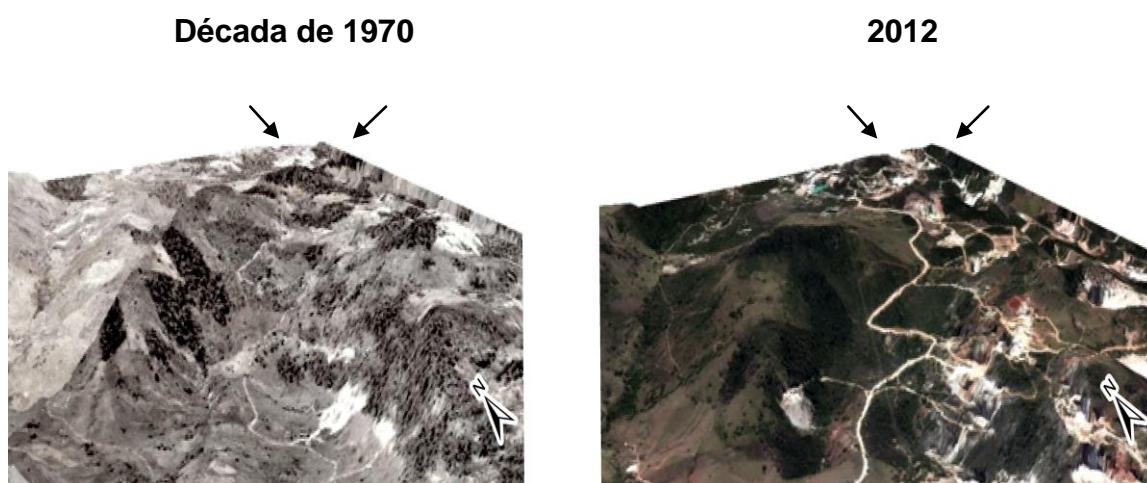




**Figura 47 – Perfil de elevação da Área 1**

Fonte: Elaborada por Juliana Mendes Frechiani.

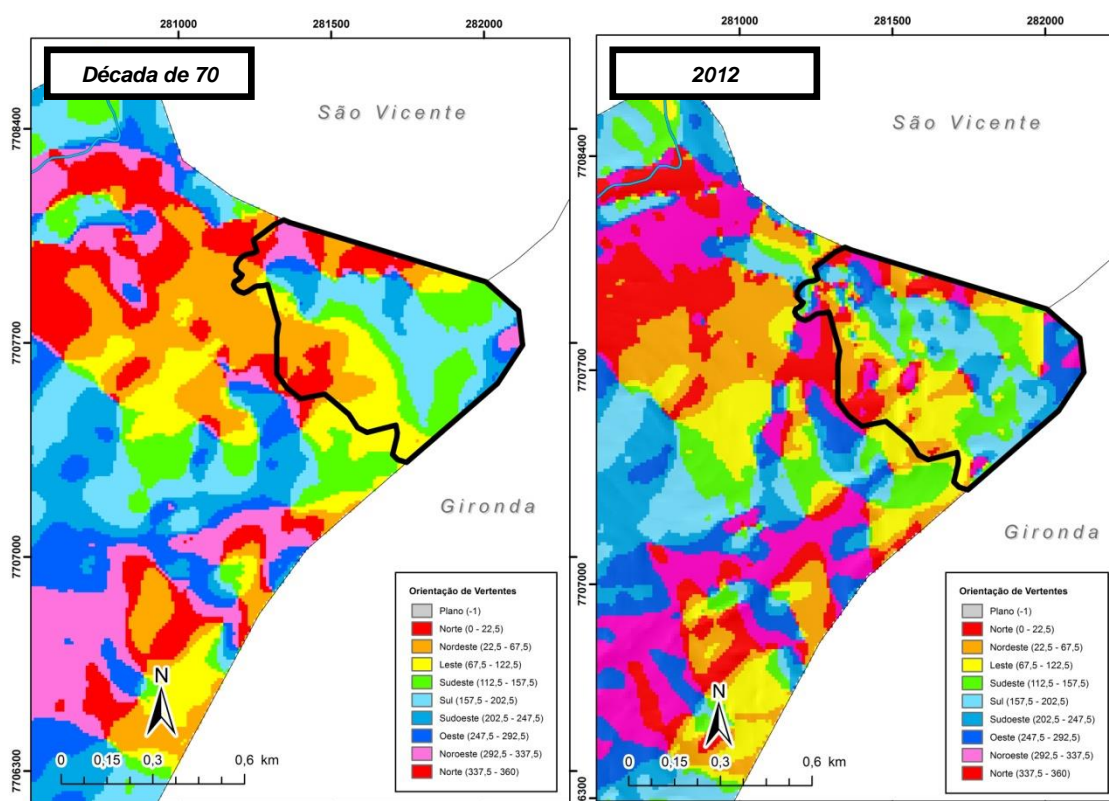
A partir do alinhamento A/B (figura 47) notou-se que na porção sudoeste da área 1 houve intensa alteração no perfil do relevo, com recuo expressivo da escarpa da vertente e retalhamento da encosta. A exploração das encosta deu origem a degraus no relevo, intitulados de nesse trabalho, de escarpa de mineração, que são resultantes do modelo de extração mineral de mármore em Itaoca, denominado de exploração mineral da encosta em blocos, gerando face com inclinação elevada. Também, em trabalho de campo e também visualizadas através da figura 48, nesta área foi possível identificar no sopé da encostas, "lagoas" derivadas de aprofundamente da atividade mineradora, por meio de método de fossa/cava.



**Figura 48 – Comparação em imagens aéreas da Área 1 (70 e 2012)**

Fonte: Elaborada por Juliana Mendes Frechiani através de visualização no ArcScene™ 10.2.

Ao se analisar o mapa de orientação das vertentes (figura 49), observou-se que o escoamento superficial foi alterado devido à grande transformação do relevo, a área antes com predomínio de orientação sul passa a ter pequenas porções com orientação sudoeste e oeste. Além disso, a porção nordeste foi alterada principalmente para leste, assim como as demais áreas que dificilmente mantiveram a mesma orientação. Tais alterações contribuem para alteração na direção do escoamento superficial e subsuperficial, contribuindo para modificar o ritmo hidrossediementológicos dos córregos adjacentes.



**Figura 49 – Mapa de Orientação de Vertentes da Área 1**

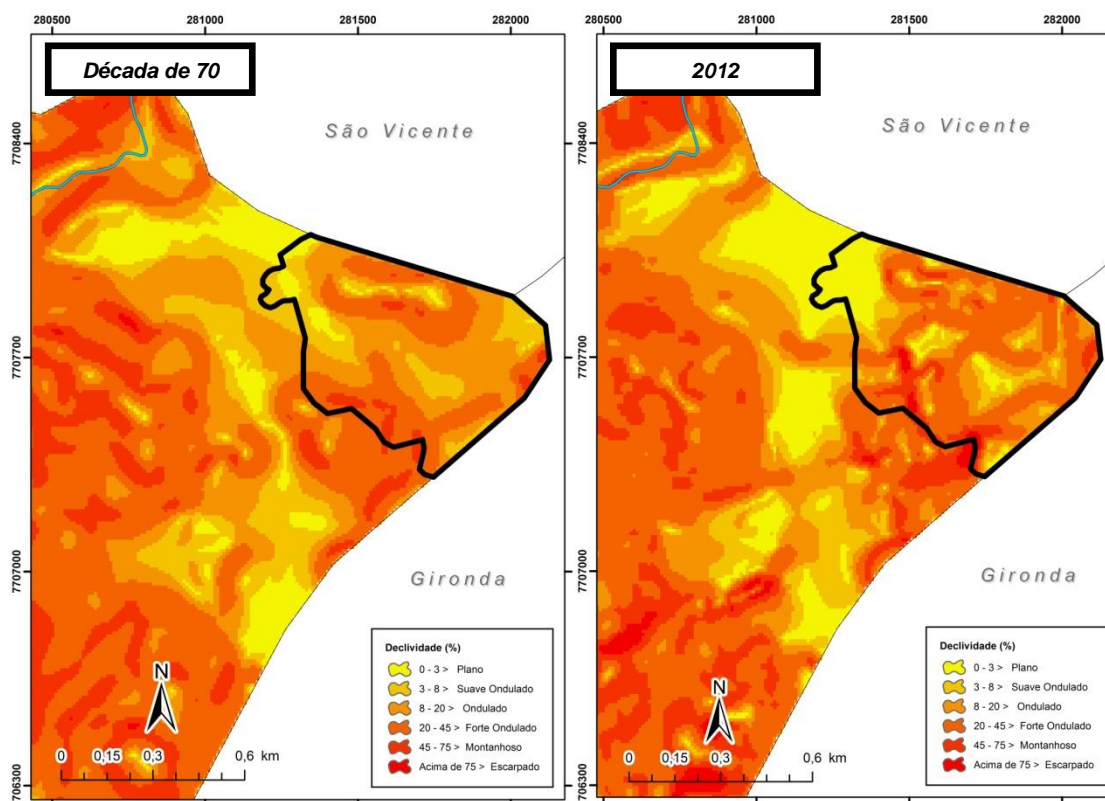
Fonte:Elaborada por Juliana Mendes Frechiani.

A área 1 possuía, no ano de 1970, uma superfície relativamente ondulada (38,99%) e fortemente ondulada (34,12%) como demonstra a tabela 15 e a figura 50. Em 2012, há o rebaixamento do relevo nas superfícies onduladas como demonstra a tabela 15 e, consequentemente a evolução das superfícies planas, sendo que o baixo ângulo de inclinação dessas vertentes faz com o que a dinâmica do escoamento superficial da água se altere, agora fluindo em menor velocidade, permitindo assim maior capacidade de infiltração do terreno.

**Tabela 15 – Classes de Declividade da Área 1**

ÁREA 1	1970 (%)	2012 (%)
Plano (0 a 3)	4,65%	13,13%
Suave Ondulado (3 a 8)	18,20%	11,00%
Ondulado (8 a 20)	38,99%	23,99%
Fortemente Ondulado (20 a 45)	34,12%	44,61%
Montanhoso (45 a 75)	4,04%	7,13%
Escarpado (Acima de 75)	-	0,14%

Fonte:Elaborada por Juliana Mendes Frechiani.

**Figura 50 – Mapa de declividade da Área 1**

Fonte: Elaborada por Juliana Mendes Frechiani.

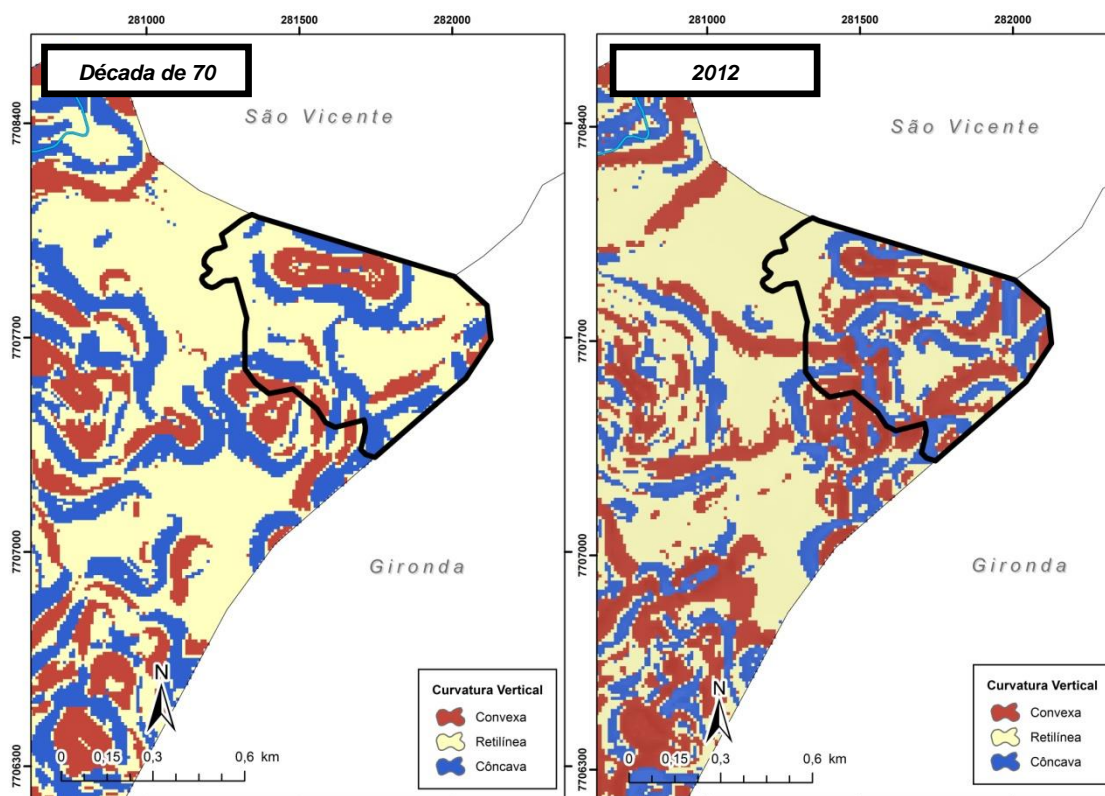
No tabela 16 de curvaturas, nota-se na vertical (figura 51) há predominância de áreas retílineas em 1970 (54,58%), permitindo um fluxo classificado como intermediário, seguido de superfície côncava (27,76%). Porém, há presença de forma convexa ao noroeste da área. Pode-se afirmar que em 2012 houve o avanço das superfícies convexas (34,00%) e côncavas (28,50%), esta última com menor suscetibilidade à erosão.

No que se refere à curvatura horizontal (figura 52), verificou-se o avanço das superfícies "coletoras de água" (convergente). Assim, segundo Bigarella (2003 apud NETO, 2013, p. 15), quanto mais concentrados os fluxos d'água, maior seu potencial de erosão pluvial. A erosão torna-se mais efetiva, pois o material colocado em suspensão nas águas passa a ser transportado vertente abaixo com uma energia capaz de desagregar maiores porções de solo e produzir sulcos de erosão. Além disso, é importante notar que nos dois tipos de curvatura houve redução das superfícies mais planas/retilíneas.

**Tabela 16 – Curvatura vertical e horizontal da Área 1**

Curvaturas - Área 1					
Horizontal			Vertical		
Forma	70	2012	Forma	70	2012
<b>Convergente</b>	15,40%	19,33%	<b>Convexa</b>	17,66%	34,00%
<b>Plana</b>	65,03%	57,70%	<b>Retilínea</b>	54,58%	37,50%
<b>Divergente</b>	19,57%	22,97%	<b>Côncava</b>	27,76%	28,50%

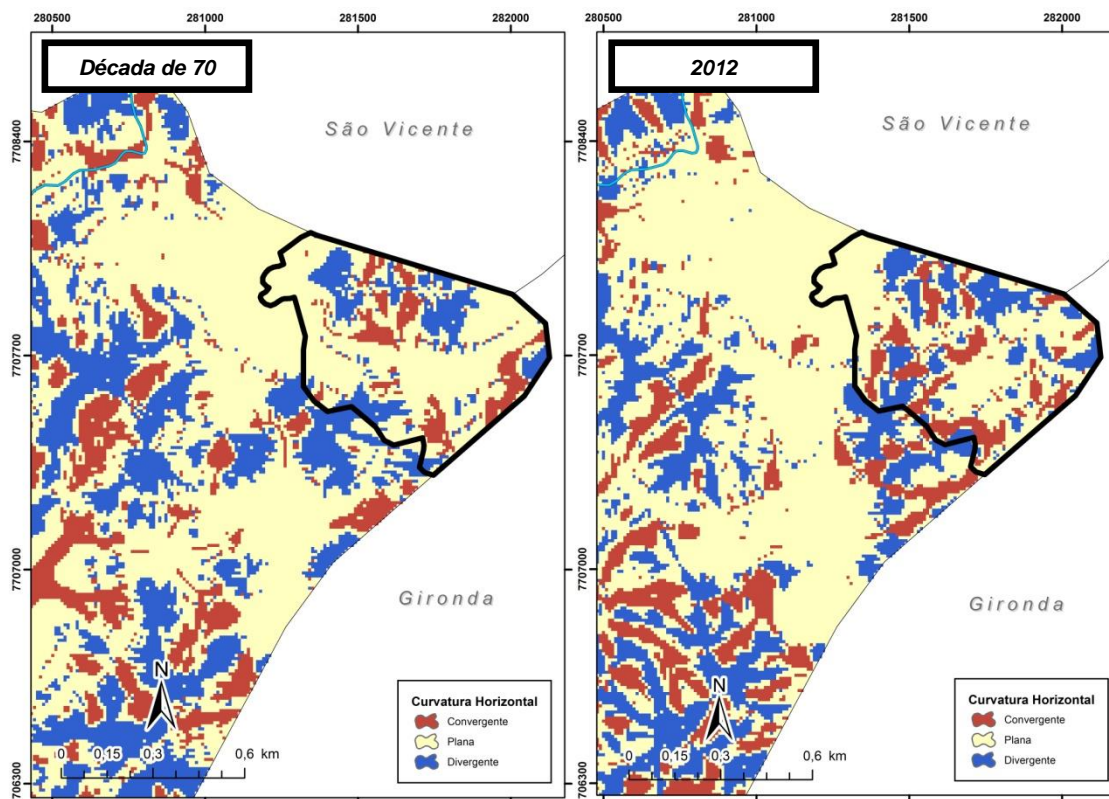
Fonte: Elaborada por Juliana Mendes Frechiani.



**Figura 51 – Mapa de curvatura vertical da Área 1**

Fonte: Elaborada por Juliana Mendes Frechiani.





**Figura 52** – Mapa de Curvatura Horizontal da Área 1

Fonte: Elaborada por Juliana Mendes Frechiani.

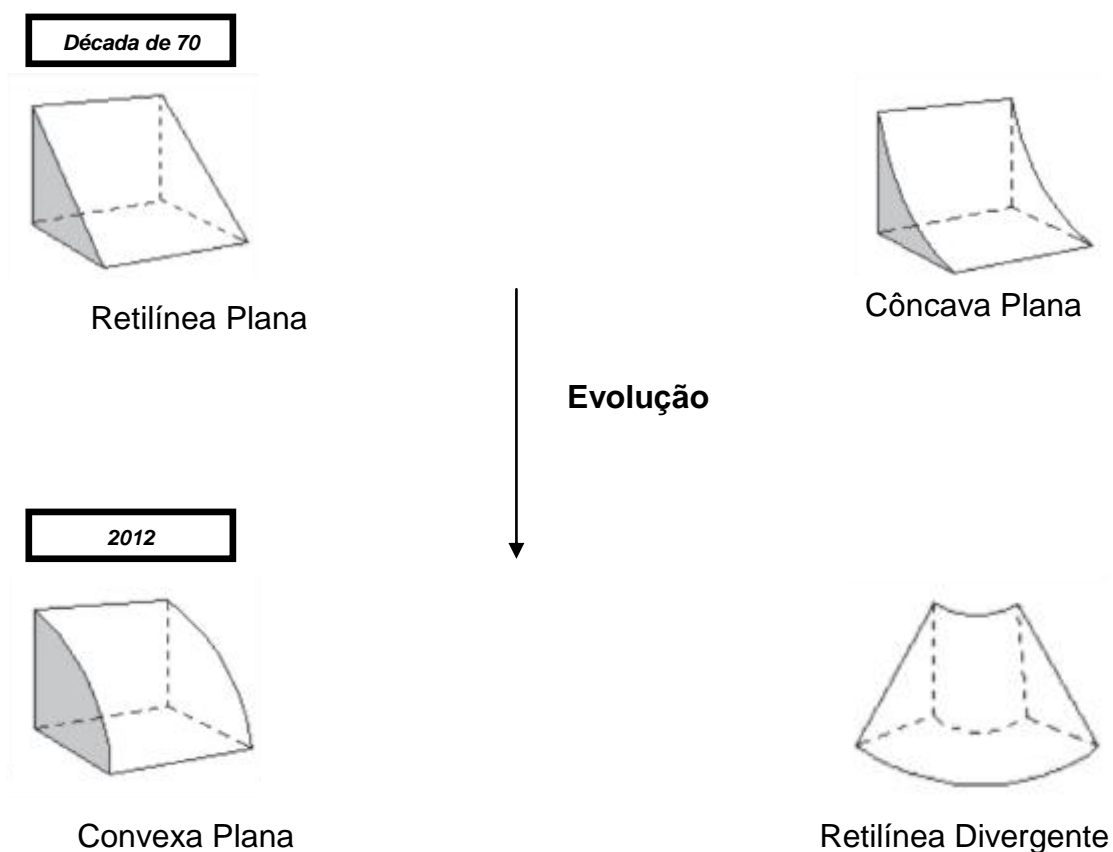
As formas do terreno resultam da combinação entre as curvaturas vertical e horizontal. Como produto final da associação da curvatura vertical (côncavo, retilíneo e convexo) e curvatura horizontal (convergente, planar e divergente), estabelecendo-se nove classes distintas para as formas do terreno (VALERIANO, 2008). Desse modo, a partir desses resultados considerou-se a partir da tabela 17 que na década de 1970 a forma predominante era retilínea plana (41,84%) e côncava plana (15,92%). Porém, em 2012, observa-se a redução das duas como demonstra a figura 53, sendo mais intensa na retilínea-plana. Em contrapartida, a forma convexa plana (28,23%) passa a ser a predominante na área de estudo.



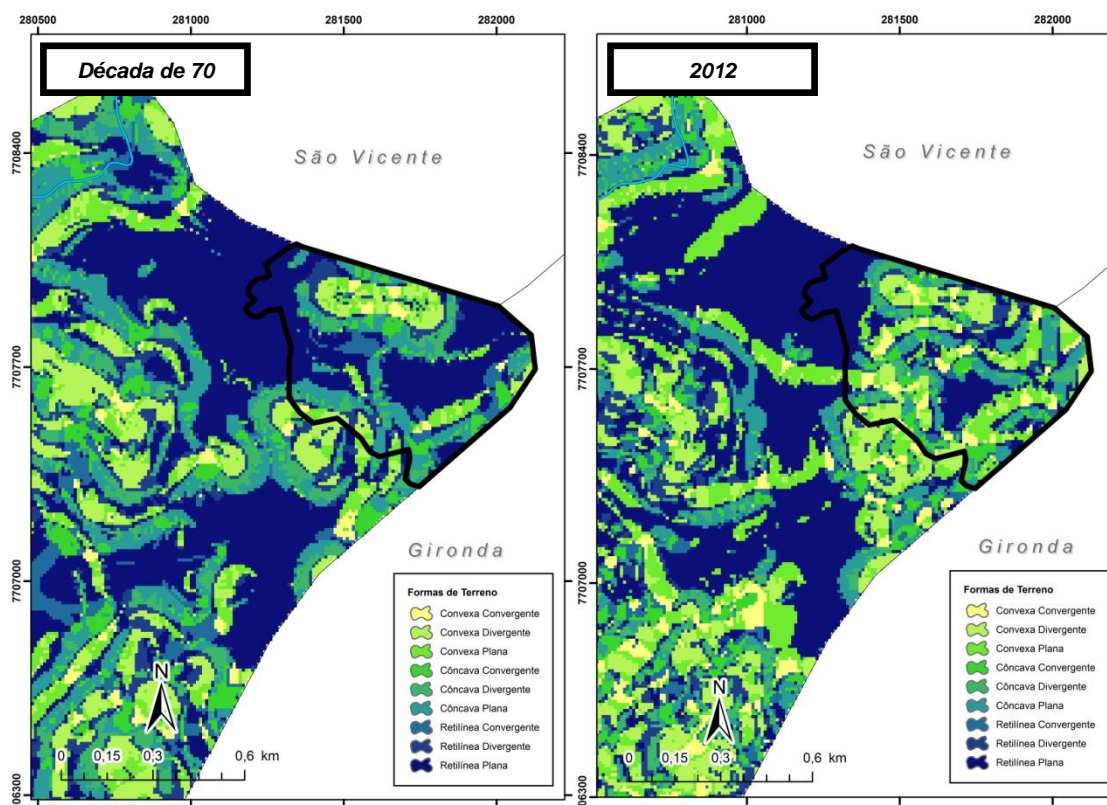
**Tabela 17 – Formas do terreno – Área 1**

<b>Formas do terreno – Área 1</b>		
<b>Forma</b>	<b>1970</b>	<b>2012</b>
Côncava Convergente	6,17%	7,94%
Côncava Divergente	5,71%	4,27%
Côncava Plana	15,92%	7,11%
Convexa Convergente	2,58%	14,68%
Convexa Divergente	7,93%	12,19%
Convexa Plana	7,23%	28,23%
Retilínea Convergente	6,68%	4,98%
Retilínea Divergente	5,94%	14,80%
Retilínea Plana	41,84%	5,80%

Fonte: Elaborada por Juliana Mendes Frechiani.

**Figura 53 – Formas de terreno predominantes da Área 1**

Fonte: Dikau (1990).



**Figura 54** – Mapa formas de terreno da Área 1

Fonte: Elaborada por Juliana Mendes Frechiani.

## 6.8.2 Área 2

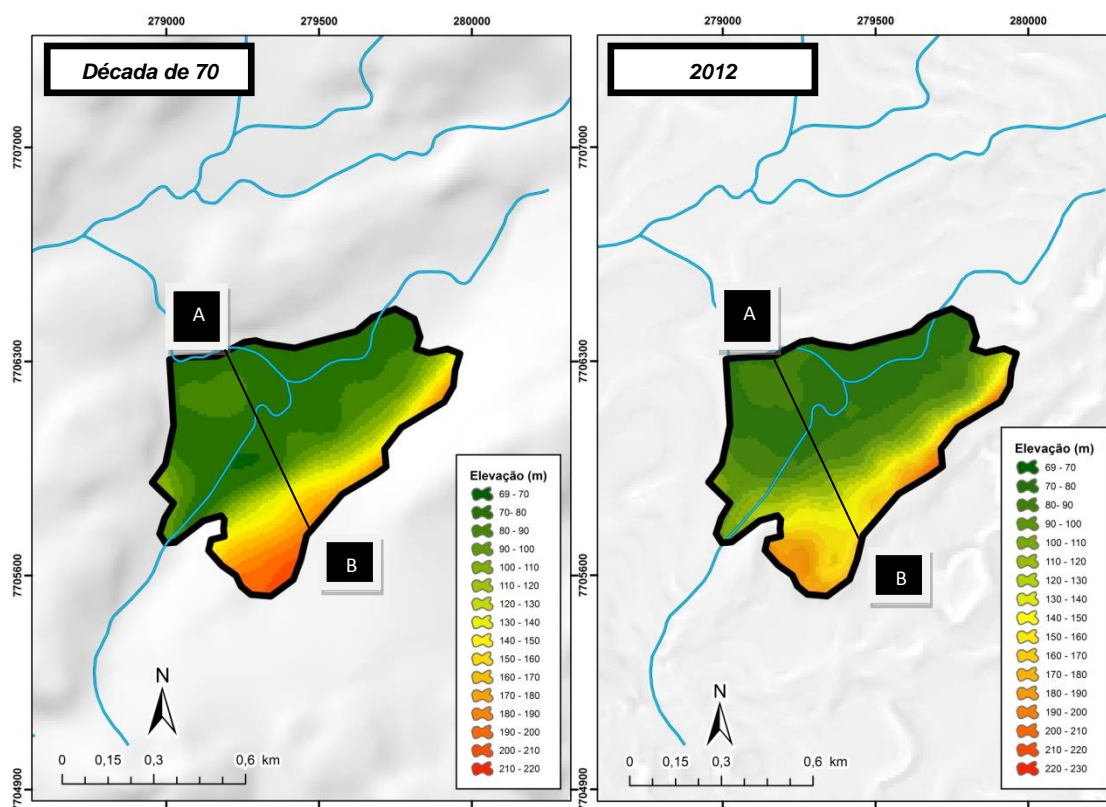
A área 2 está localizada na porção central do distrito, e, segundo dados do DNPM, as substâncias extraídas são calcita e mármore. Na década de 1970 era predominantemente mata nativa, porém sofreu grande transformação na paisagem, com alteração na elevação, com destaque para a porção sul/sudeste, onde houve redução das vertentes mais elevadas em torno de 50 metros (220 metros para 170 metros, aproximadamente) de acordo com a figura 56.

Ao analisar o perfil topográfico dos dois períodos (figura 57), destaca-se o rebaixamento da encosta mais ao topo, em torno de 20 metros. Também é possível verificar o surgimento de uma área de planície que reflete a atividade de lavra em encosta e de cava/fossa (figura 58).



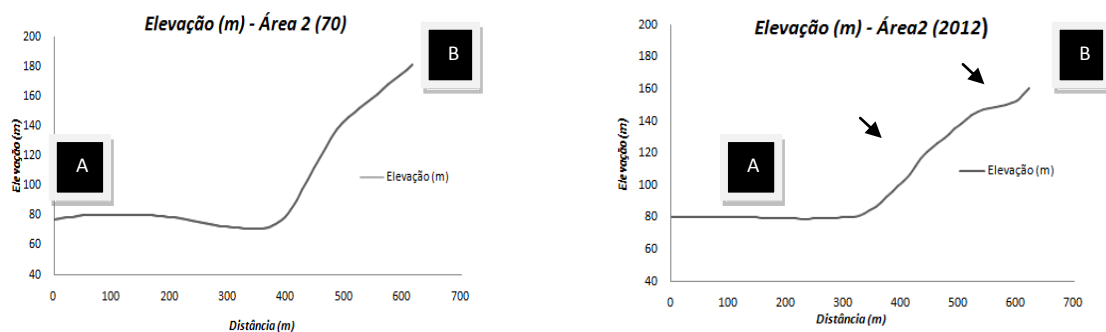
**Figura 55** – Exploração de rochas ornamentais no distrito de Itaoca

Fonte: Arquivo pessoal de Juliana Mendes Frechiani.



**Figura 56** – Mapa Hipsométrico da Área 2

Fonte: Elaborada por Juliana Mendes Frechiani.

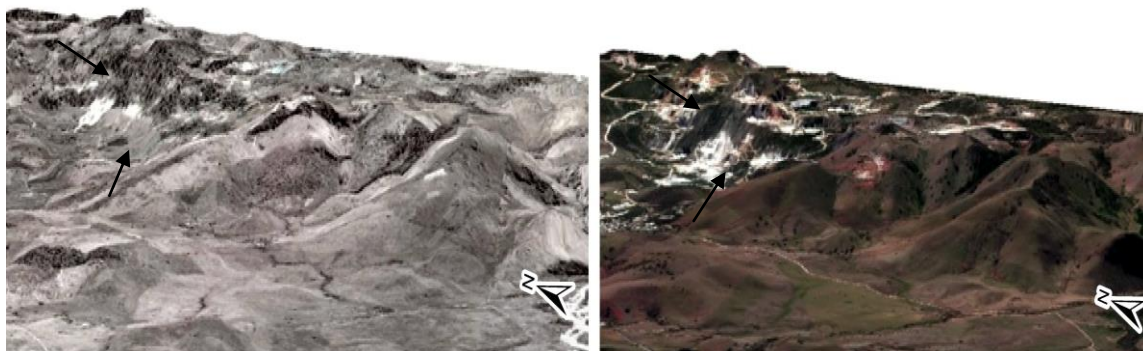


**Figura 57** – Perfil de elevação da Área 2

Fonte:Elaborada por Juliana Mendes Frechiani.

**Década de 70**

**2012**



**Figura 58** – Comparação em imagens aéreas da Área 2

Fonte:Elaborada por Juliana Mendes Frechiani através de visualização no ArcScene™ 10.2.

No mapa (figura 59) de análise de orientação de vertentes observou-se que quase metade do relevo estava orientada para noroeste na década de 1970 e que, em 2012, devido à grande exploração da lavra em encosta (escavação), surgiu uma variedade de orientações, como norte, nordeste e sul.

A área 2 (figura 60) possuía na década de 1970 um relevo relativamente forte ondulado a montanhoso, na vertente onde fica a área de maior exploração na mesma. Na superfície mais plana, onde se localiza o rio, encontra-se área com declividade caracterizada como suavemente ondulada (28,53%). Em 2012, nota-se a diminuição deste último, assim como a quase nula presença de relevo escarpado (0,14%). A declividade nesse ano é considerada

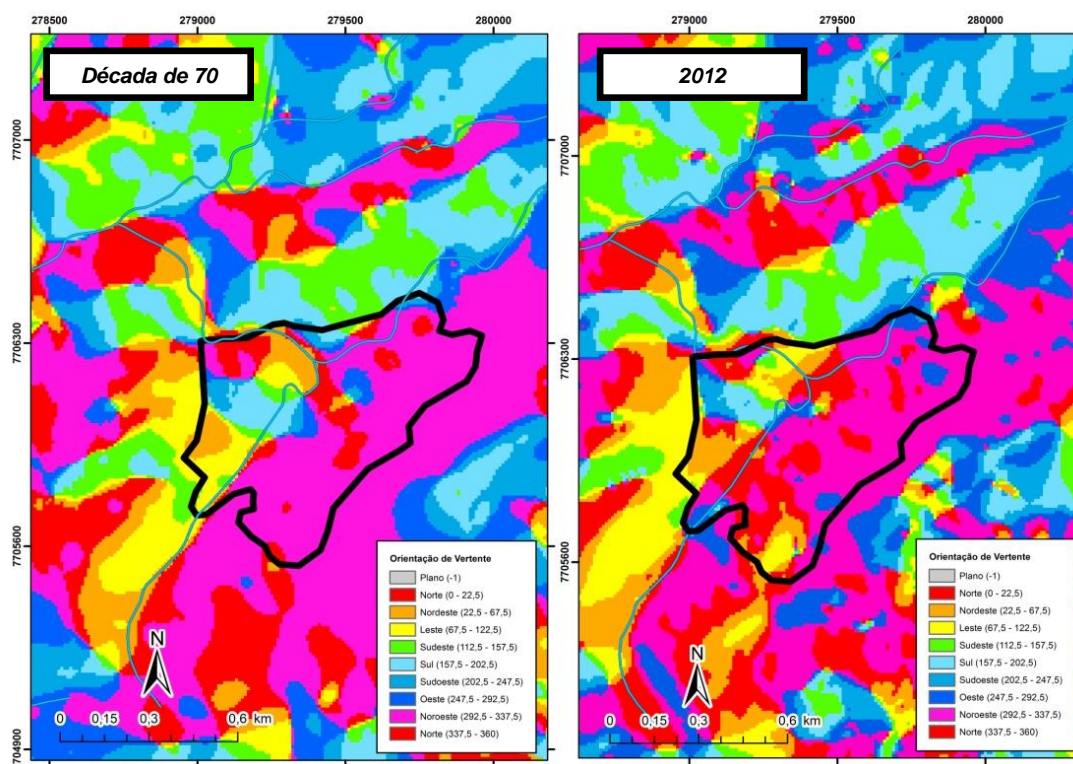


predominantemente ondulada a forte ondulada com mais de 60% da área 2 de acordo com a tabela 18.

**Tabela 18 – Classes de declividade da Área 2**

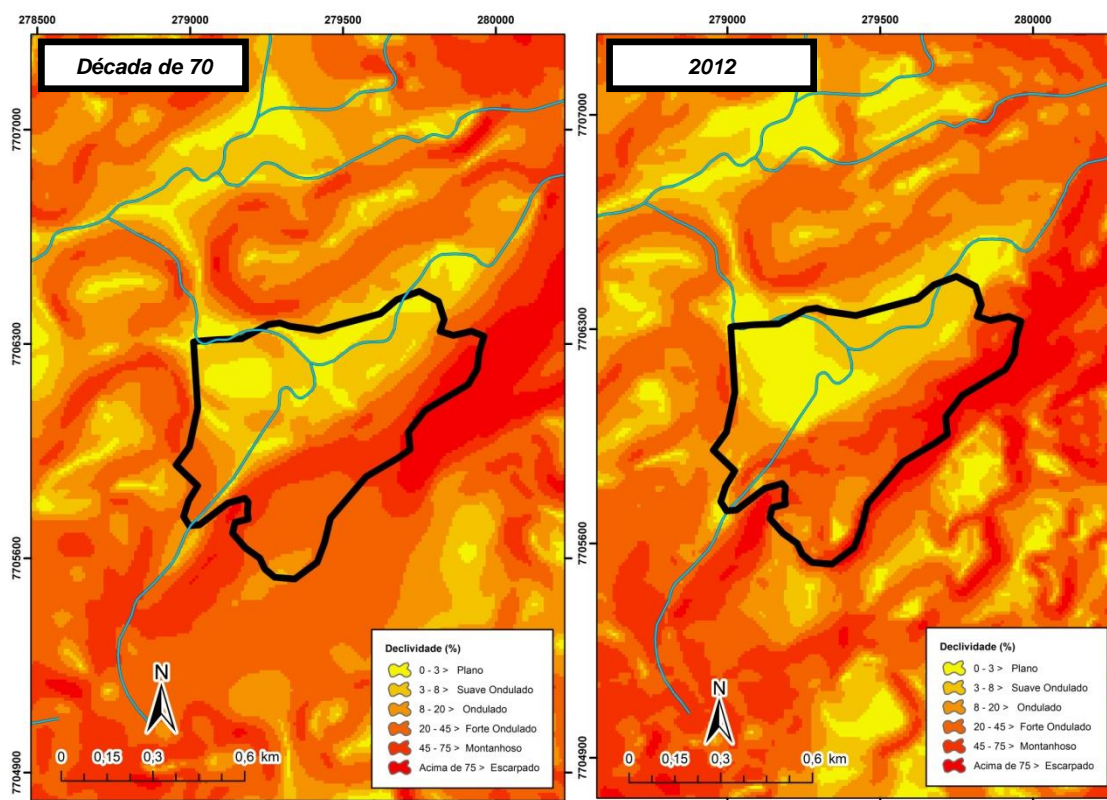
ÁREA 2	1970 (%)	2012 (%)
Plano (0 a 3)	13,55%	13,13%
Suave Ondulado (3 a 8)	28,53%	11,00%
Ondulado (8 a 20)	13,56%	23,99%
Fortemente Ondulado (20 a 45)	25,09%	44,61%
Montanhoso (45 a 75)	15,35%	7,13%
Escarpado (Acima de 75)	3,92%	0,14%

Fonte: Elaborada por Juliana Mendes Frechiani



**Figura 59 – Mapa de orientação de vertentes da Área 2**

Fonte: Elaborada por Juliana Mendes Frechiani.



**Figura 60** – Mapa de declividade da Área 2

Fonte: Elaborada por Juliana Mendes Frechiani.

No mapa de curvatura vertical (figura 61), a área se configurava como majoritariamente retilínea (64,20%) em 1970, sendo assim também em 2012. As formas côncavas e convexas cresceram, mas a configuração do relevo permaneceu a mesma (tabela 19).

**Tabela 19** – Curvaturas Vertical e Horizontal da Área 2

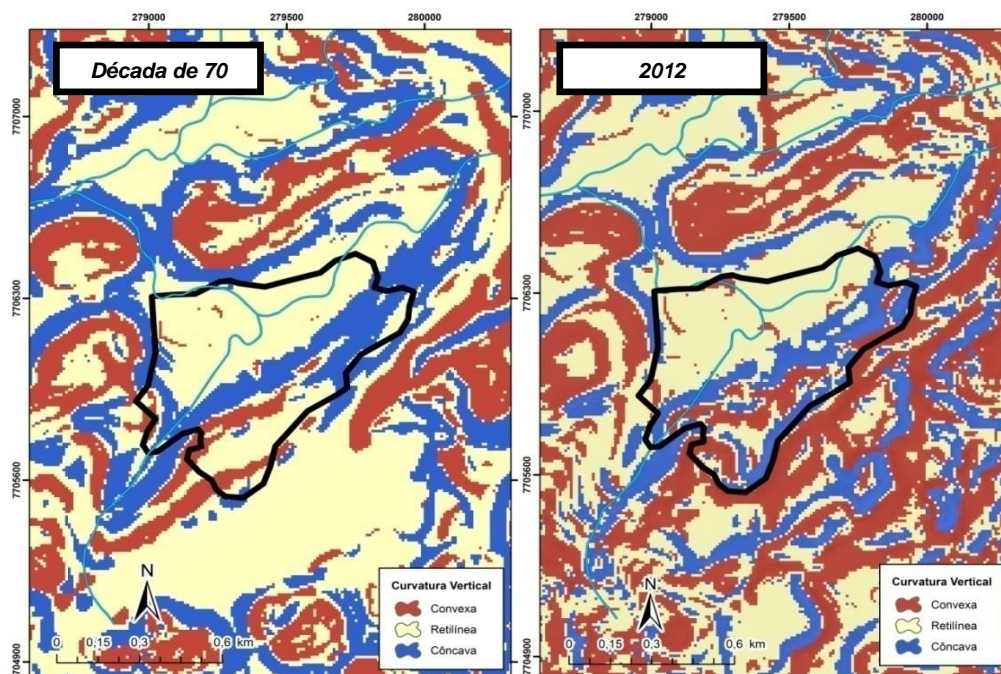
Curvaturas - Área 2					
Horizontal			Vertical		
Forma	70	2012	Forma	70	2012
Convergente	6,72%	13,71%	Convexa	9,00%	17,45%
Plana	86,75%	72,97%	Retilínea	64,20%	53,63%
Divergente	6,49%	13,32%	Côncava	26,80%	28,92%

Fonte: Elaborada por Juliana Mendes Frechiani.

Ao se tratar de fluxo de matéria, quando analisados em projeção horizontal (figura 62), nota-se que o relevo, antes predominantemente com fluxo planar, passa a ter em pequenas áreas na escarpa caráter ora convergente (fluxo concentrado), ora divergente (fluxo difuso). Esse tipo de análise de escoamento

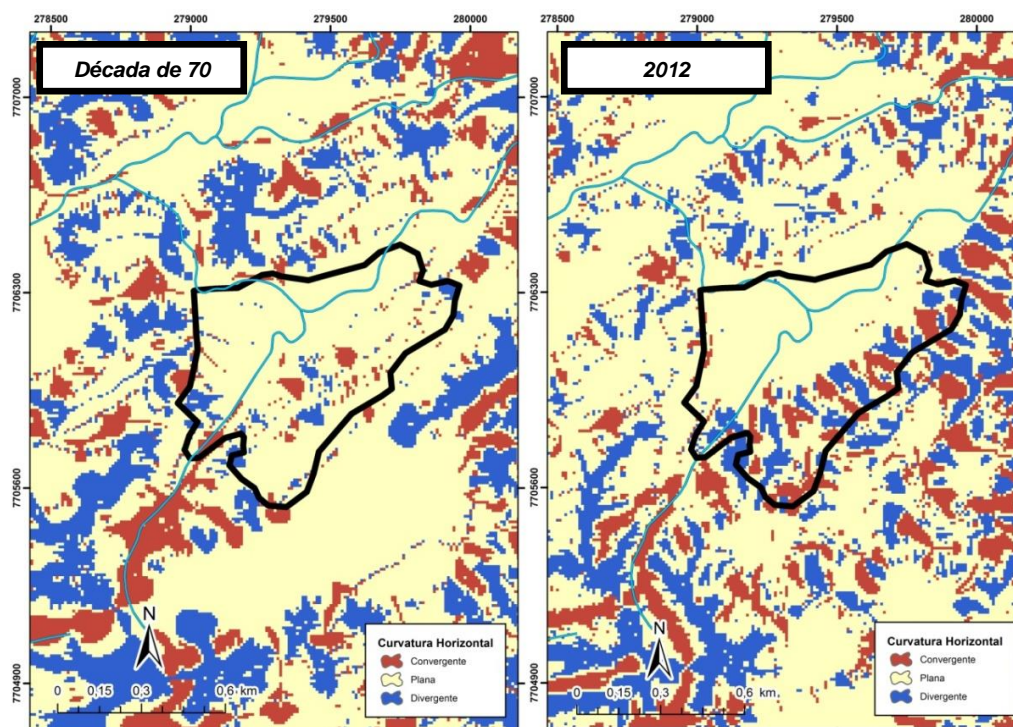


superficial é importante, pois a superfície plana terá agora que se reorganizar naturalmente para receber esses novos padrões de drenagem e fluxos de matéria alterados.



**Figura 61** – Mapa de curvatura vertical da Área 2

Fonte:Elaborada por Juliana Mendes Frechiani.



**Figura 62** – Mapa de curvatura horizontal da Área 2

Fonte:Elaborada por Juliana Mendes Frechiani.

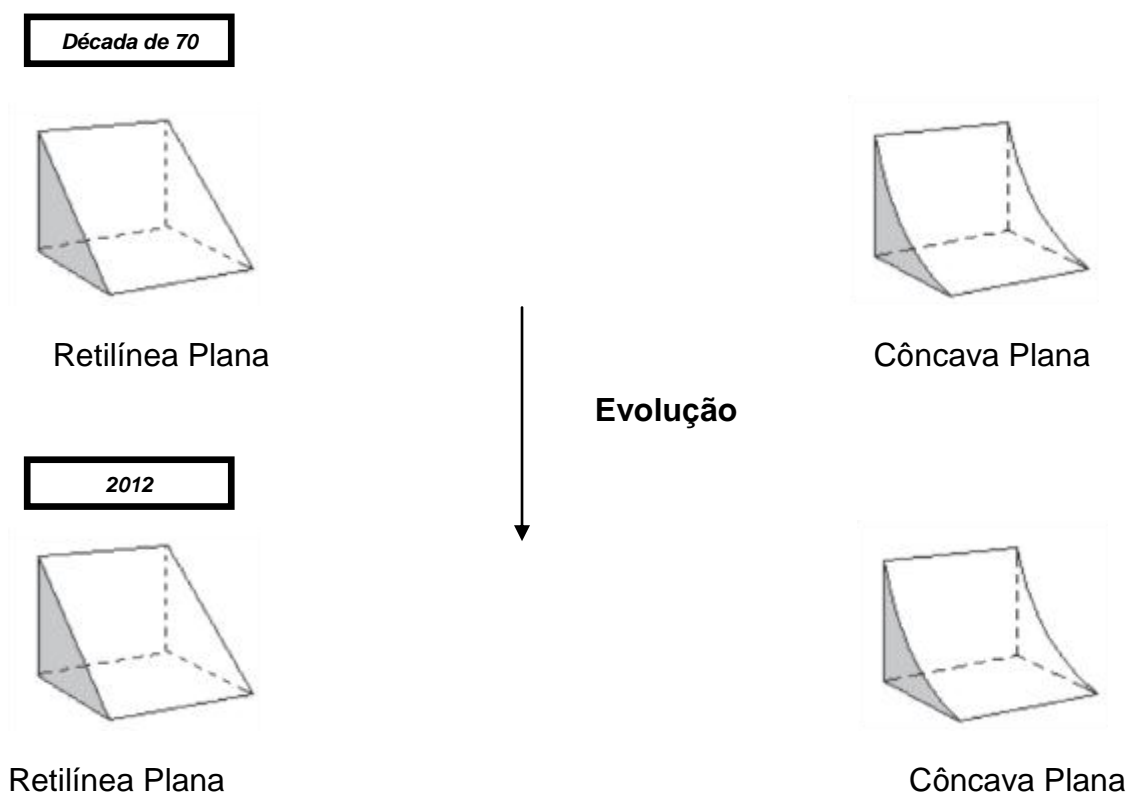


As curvaturas horizontais e verticais combinadas (tabela 20) da área 2 proporcionaram a caracterização do relevo nos dois períodos. Em 1970, as duas formas de terreno predominantes eram a retilínea plana e a côncava plana, que em 2012, se mantiveram com destaque, porém com percentuais menores (figura 63 e 64).

**Tabela 20** – Formas do terreno da Área 2

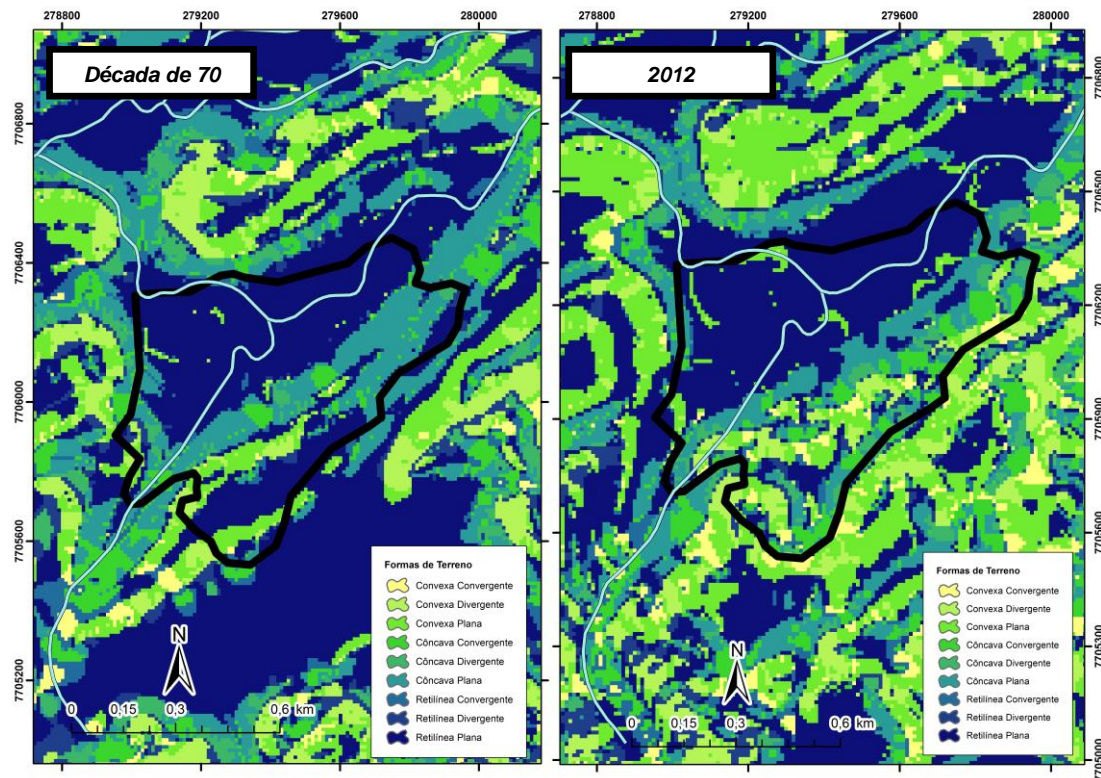
<b>Formas do terreno – Área 2</b>		
<b>Forma</b>	<b>1970</b>	<b>2012</b>
Côncava Convergente	4,42%	8,38%
Côncava Divergente	1,93%	4,67%
Côncava Plana	20,29%	15,85%
Convexa Convergente	0,25%	2,62%
Convexa Divergente	2,42%	5,94%
Convexa Plana	6,37%	8,88%
Retilínea Convergente	2,08%	2,70%
Retilínea Divergente	2,15%	2,70%
Retilínea Plana	60,09%	48,26%

Fonte: Elaborada por Juliana Mendes Frechiani.



**Figura 63–** Formas de terreno predominantes da Área 2

Fonte: Dikau (1990).



**Figura 64–** Formas de terreno Área 2

Fonte: Elaborada por Juliana Mendes Frechiani.

### 6.8.3 Área 3

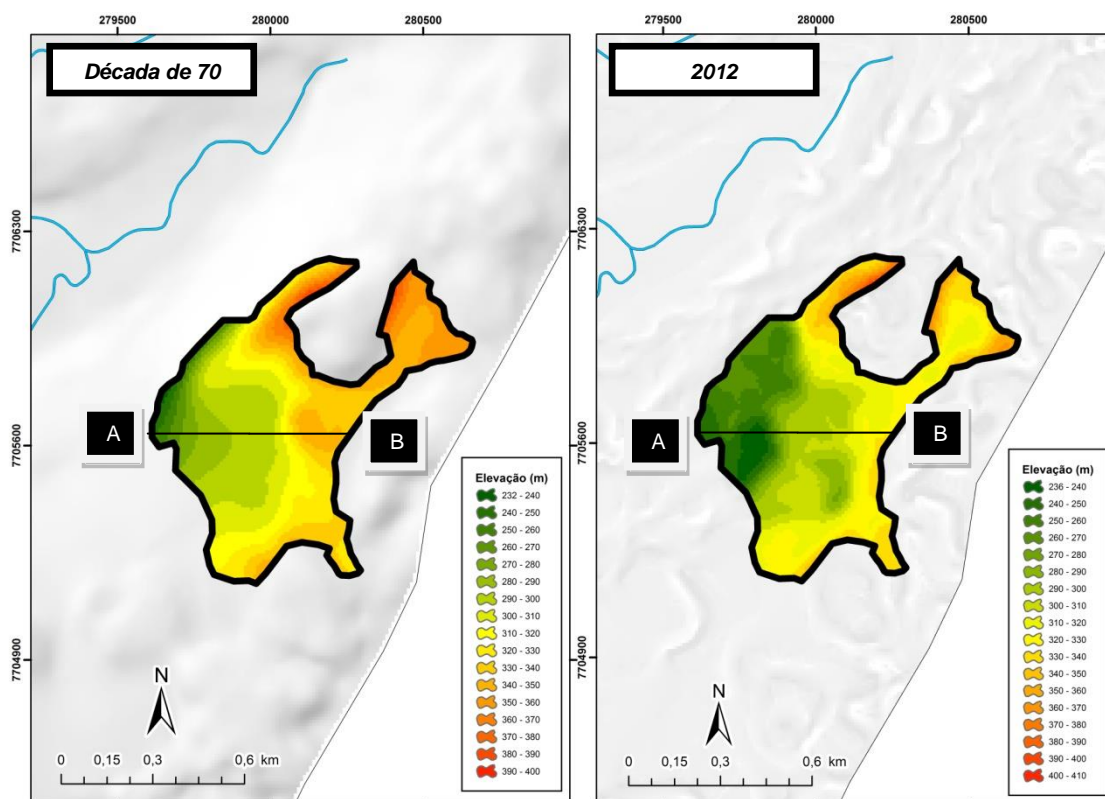
A área 3 é abrangida por uma extensa área de mineração como pode ser visto na figura 65, com transformação visível da paisagem. Esta, segundo o DNPM, é caracterizada pela exploração das substâncias calcita e mármore.



**Figura 65** – Exploração de rochas ornamentais no distrito de Itaoca

Fonte: Arquivo pessoal de Juliana Mendes Frechiani.

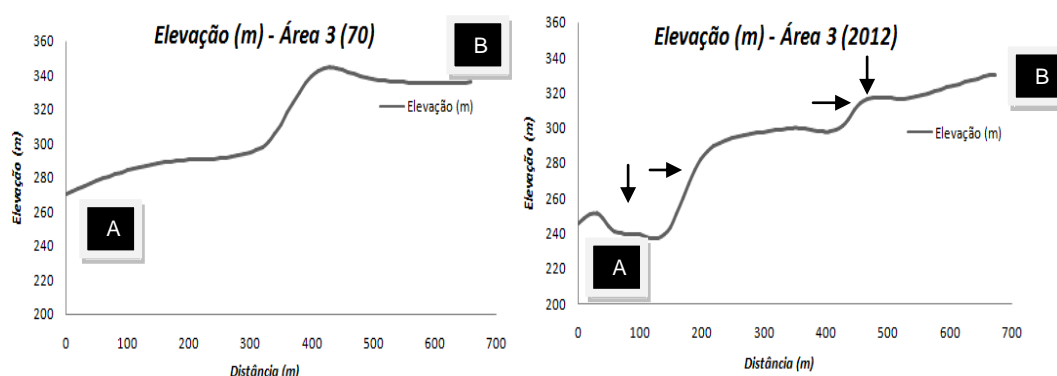
No ano de 1970, a extração de rocha ornamental e calcita era pequena, no entanto a intervenção antrópica nos últimos quarenta anos transformou e acelerou processos que seriam naturais ou que possivelmente nem existiriam. Nesse ano apresentava elevações nas superfícies mais baixas, em torno de 230 a 270 metros (A), porém, quando comparada a 2012, há uma ampliação da elevação mais baixa (230-240 metros), ou seja, nesta área o processo de escavação foi intenso. No entanto, é notório destacar que boa parte da elevação montanhosa do nordeste da área 3 foi esculpida mineração, assim como o distrito como um todo, que passou a ter elevações em torno de 310 a 330 metros (figura 66).



**Figura 66 – Mapa Hipsométrico da Área 3**

Fonte: Elaborada por Juliana Mendes Frechiani.

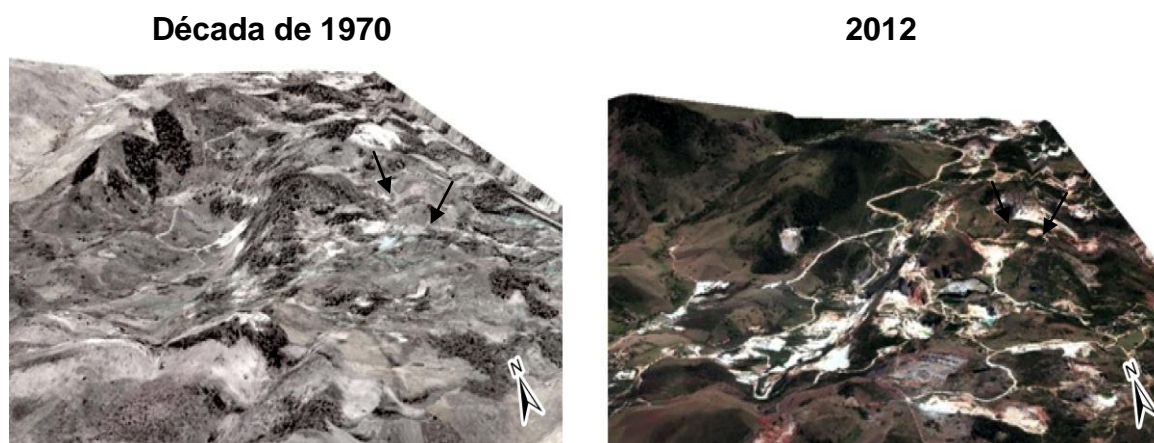
Ao analisar o alinhamento A para B (figura 67), nota-se o rebaixamento do relevo na primeira seção e a formação de uma escarpa inexistente no período anterior. Assim como nas áreas anteriormente discutidas, ocorre a formação dos degraus típicos da mineração de rochas ornamentais.



**Figura 67 – Perfil de elevação da Área 3**

Fonte: Elaborada por Juliana Mendes Frechiani.

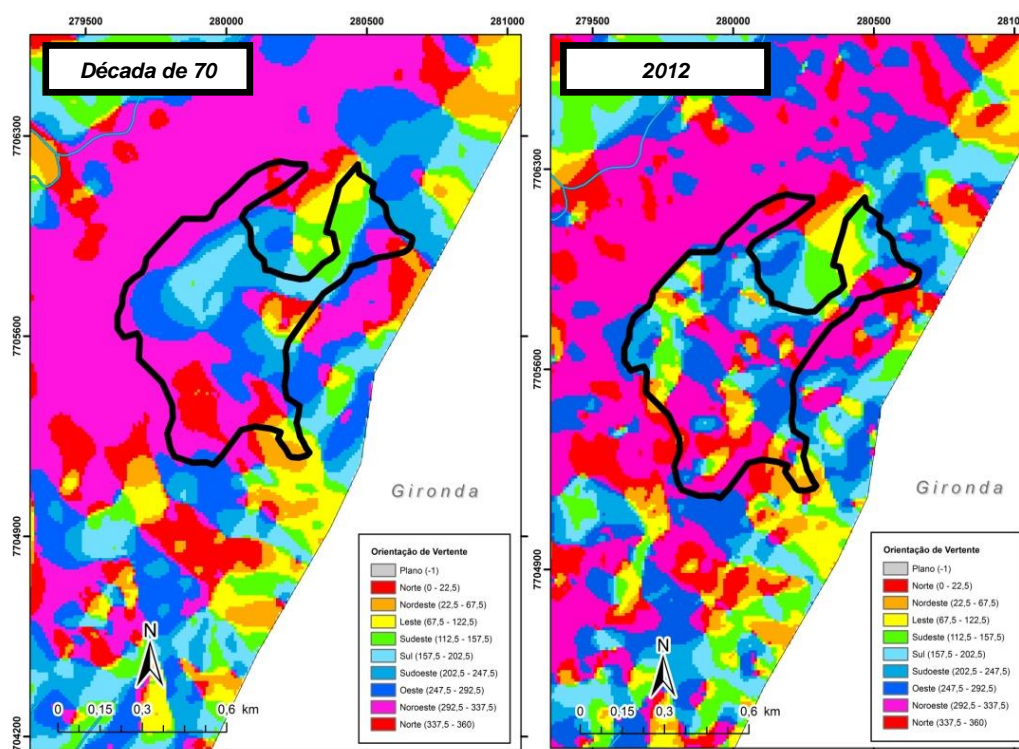




**Figura 68** – Comparação em imagens aéreas da Área 3

Fonte:Elaborada por Juliana Mendes Frechiani através de visualização no ArcScene™ 10.2.

O mapa de orientação de vertentes (figura 69) demonstra que em 2012 a área 3 dispõe de uma alta diversidade morfológica e detalhamento quando comparada à década de 1970, provocando nessa área novas direções de escoamento superficiais e novos locais de deposição.



**Figura 69** – Orientação de vertentes da Área 3

Fonte:Elaborada por Juliana Mendes Frechiani.

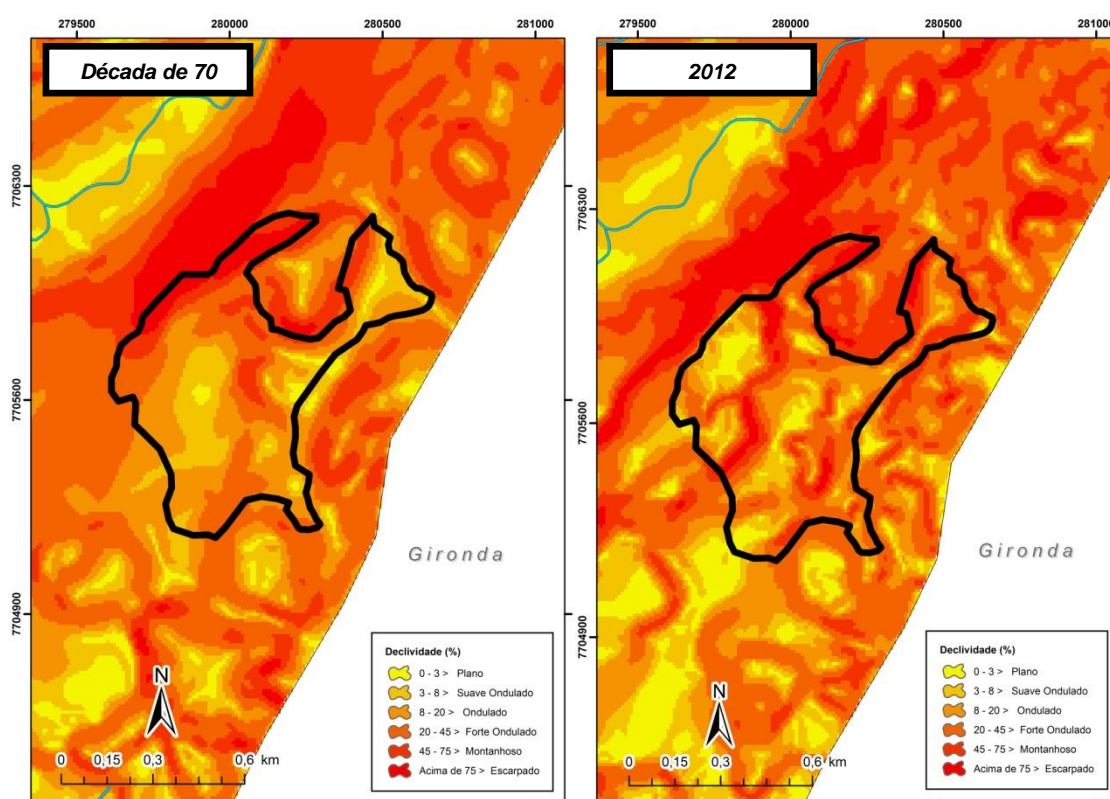
Em 1970, a área 3 era ondulada a fortemente ondulada (declividade até 45%) como demonstra a tabela 21, no entanto, em 2012, o relevo ondulado sofreu

redução e aumento da classe plana. Nota-se que, nas áreas de superfícies convexas, o relevo tornou-se montanhoso devido ao aumento da inclinação após a exploração (figura 70).

**Tabela 21** – Classes de declividade da Área 3

ÁREA 3	70 (%)	2012 (%)
Plano (0 a 3)	2,75%	6,46%
Suave Ondulado (3 a 8)	19,28%	14,73%
Ondulado (8 a 20)	33,58%	23,42%
Fortemente Ondulado (20 a 45)	26,82%	30,15%
Montanhoso (45 a 75)	10,93%	18,26%
Escarpado (Acima de 75)	6,64%	6,98%

Fonte: Elaborada por Juliana Mendes Frechiani.



**Figura 70** – Mapa de declividade da Área 3

Fonte: Elaborada por Juliana Mendes Frechiani.

Ao analisar a curvatura vertical (figura 71), observa-se que, no primeiro período, a forma predominante era a retilínea (54,09%), seguido pela forma côncava (27,33%), porém, em 2012, as duas formas convexa e côncava são

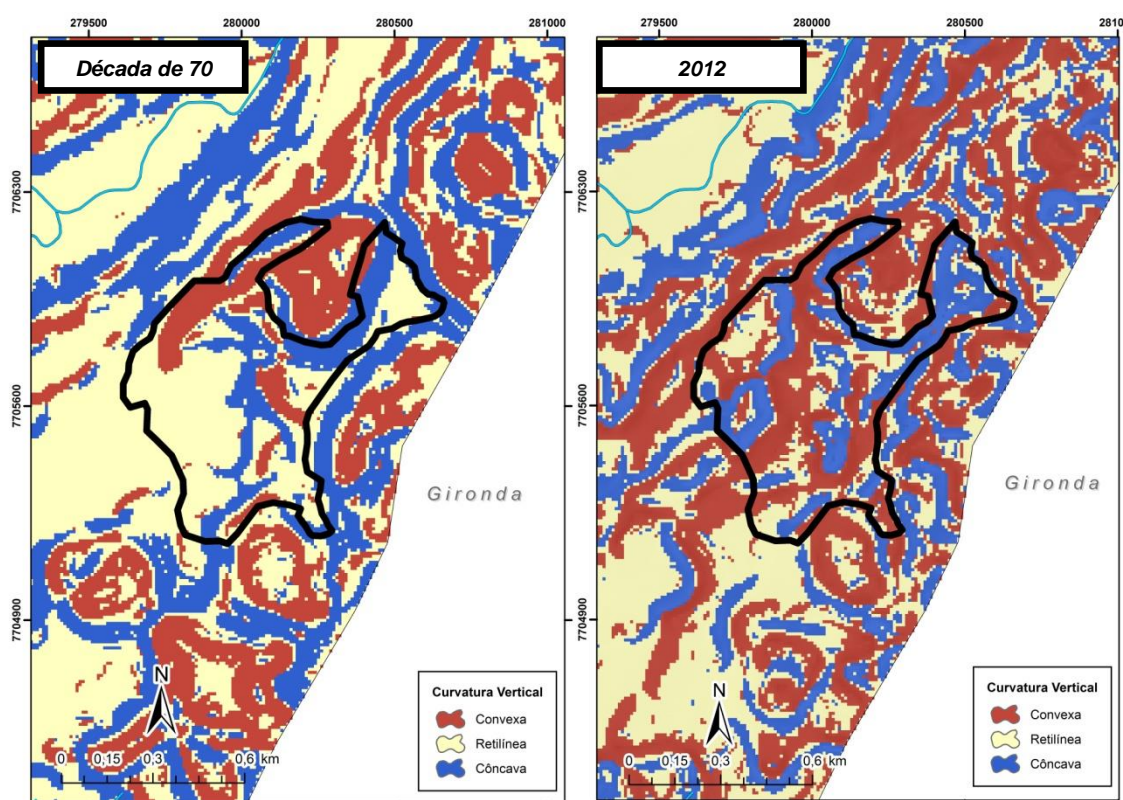
ampliadas e a forma antes predominante é reduzida em torno de 20% como demonstra a tabela 22.

A curvatura horizontal (figura 72) refere-se ao caráter divergente e convergente dos fluxos de matéria sobre o terreno (VALERIANO, 2008, p. 89), destacou-se que predomina a forma plana e há ampliação do fluxo concentrado (convergente).

**Tabela 22** – Curvatura vertical e horizontal da Área 3

Curvaturas - Área 3					
Horizontal			Vertical		
Forma	70	2012	Forma	70	2012
<b>Convergente</b>	12,68%	28,15%	<b>Convexa</b>	18,58%	42,65%
<b>Plana</b>	66,57%	51,02%	<b>Retilínea</b>	54,09%	21,85%
<b>Divergente</b>	20,75%	20,83%	<b>Côncava</b>	27,33%	35,50%

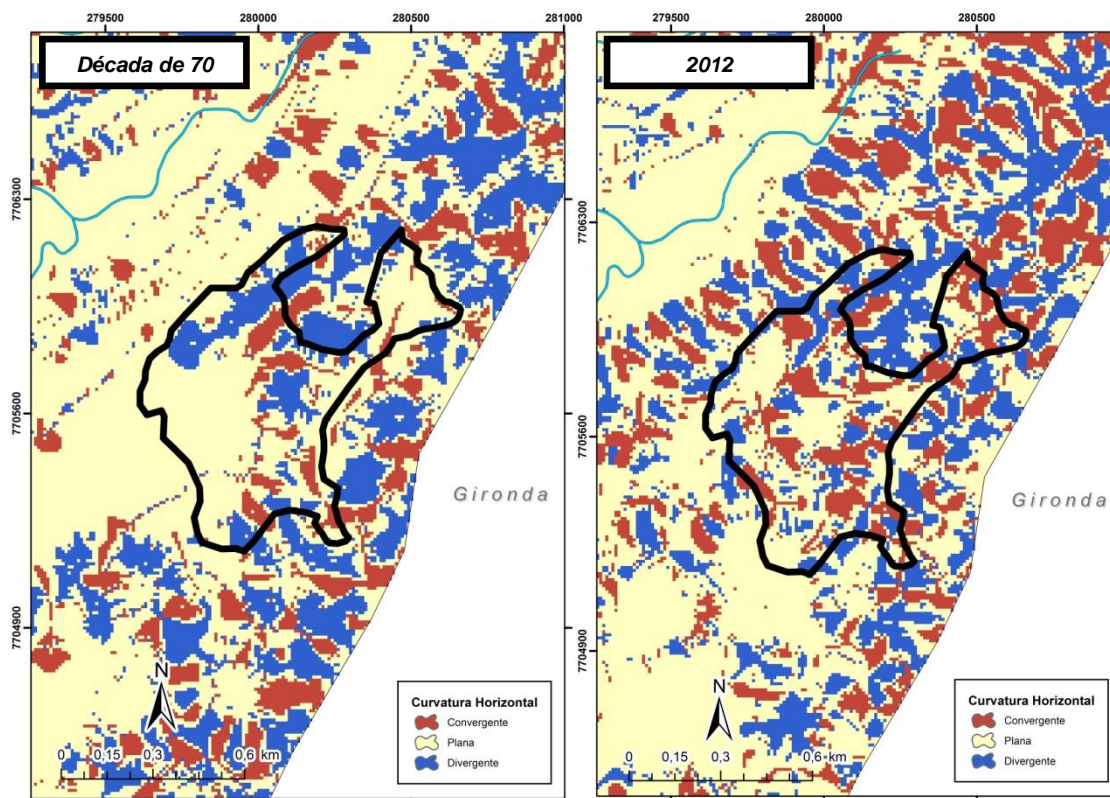
Fonte: Elaborada por Juliana Mendes Frechiani



**Figura 71** – Mapa de curvatura vertical da Área 3

Fonte: Elaborada por Juliana Mendes Frechiani.





**Figura 72** – Mapa de curvatura horizontal da Área 3

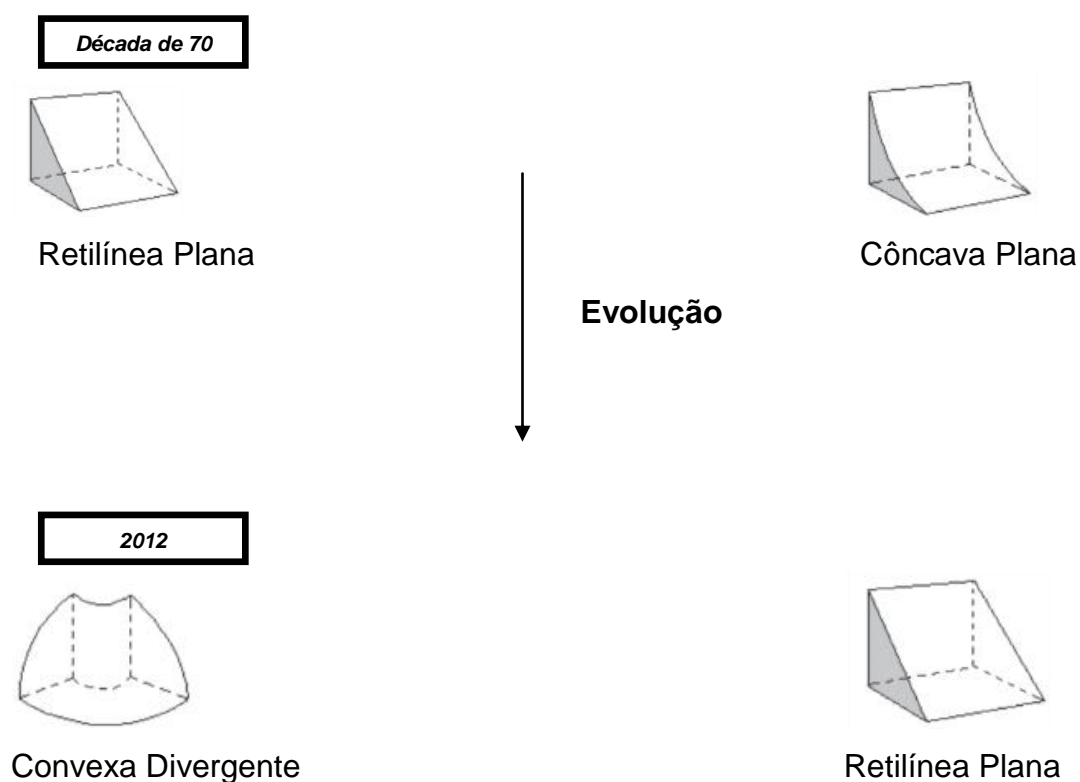
Fonte: Elaborada por Juliana Mendes Frechiani.

A combinação das curvaturas horizontal e vertical gerou as formas (figura 73 e 74) que abrangem tanto como era o relevo antigo quanto como o atual está distribuído. Nota-se que na tabela 23, na década de 1970, mais da metade do terreno era classificada como retilínea plana (42,62%) e côncava plana (16,76%), porém, em 2012, essas formas diminuem significativamente e o terreno passa a ser formado por convexa divergente (22,05%) e retilínea plana (14,79%).

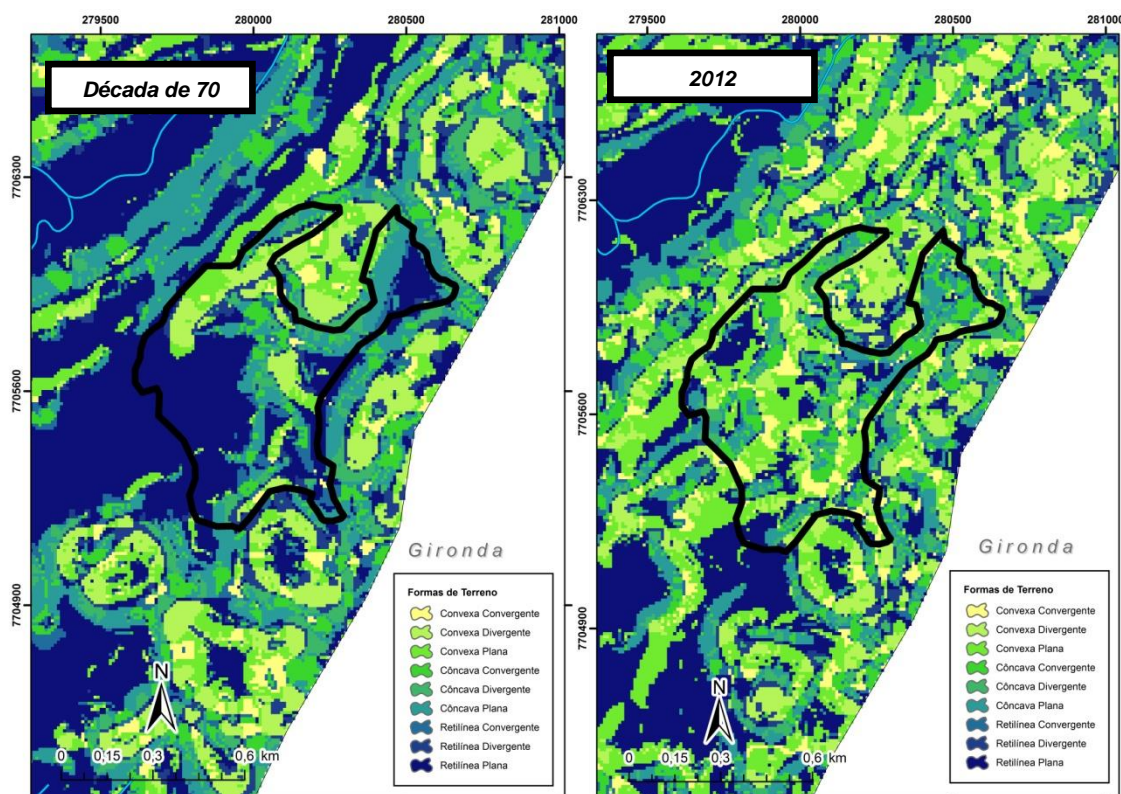
**Tabela 23 – Formas de terreno da Área 3**

<b>Formas do terreno – Área 3</b>		
<b>Forma</b>	<b>1970</b>	<b>2012</b>
Côncava Convergente	5,34%	14,18%
Côncava Divergente	5,21%	2,71%
Côncava Plana	16,76%	8,98%
Convexa Convergente	1,26%	14,20%
Convexa Divergente	10,13%	22,05%
Convexa Plana	7,20%	4,97%
Retilínea Convergente	6,08%	6,52%
Retilínea Divergente	5,40%	11,60%
Retilínea Plana	42,62%	14,79%

Fonte: Elaborada por Juliana Mendes Frechiani.

**Figura 73 – Formas predominantes da Área 3**

Fonte: Dikau (1990).



**Figura 74** – Mapa de formas de terreno da Área 3

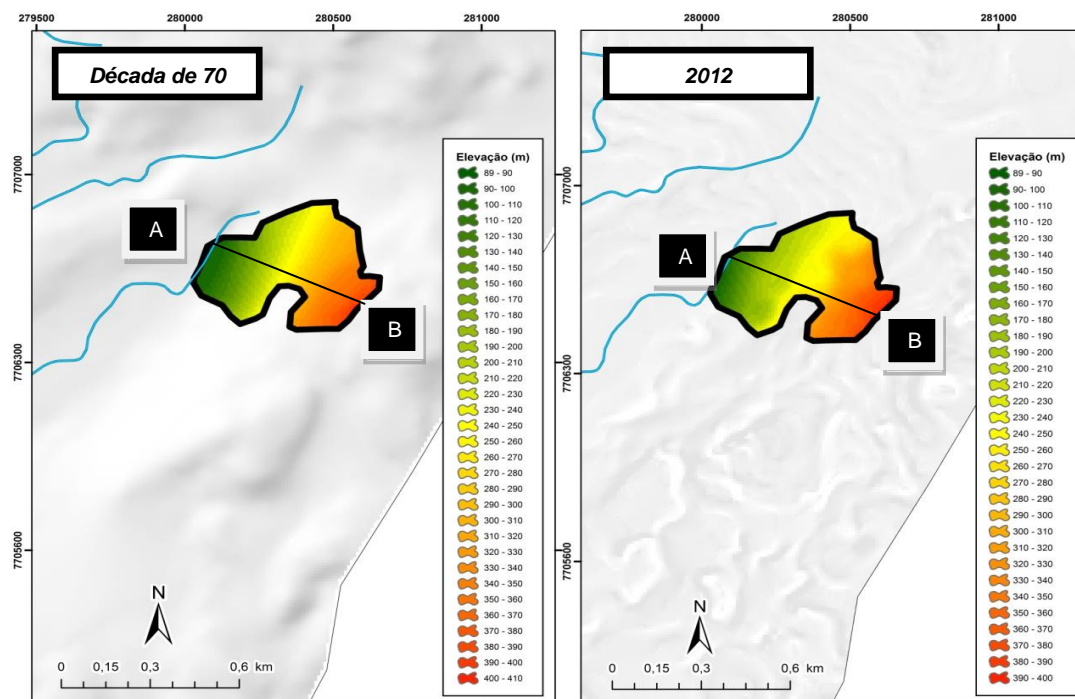
Fonte: Elaborada por Juliana Mendes Frechiani.

#### 6.8.4 Área 4

Esta área localiza-se próxima às outras áreas na região central/nordeste do distrito de Itaoca e, assim como as demais apresentadas, caracteriza-se pela exploração de substâncias como mármore e calcita, de acordo com o DNPM.

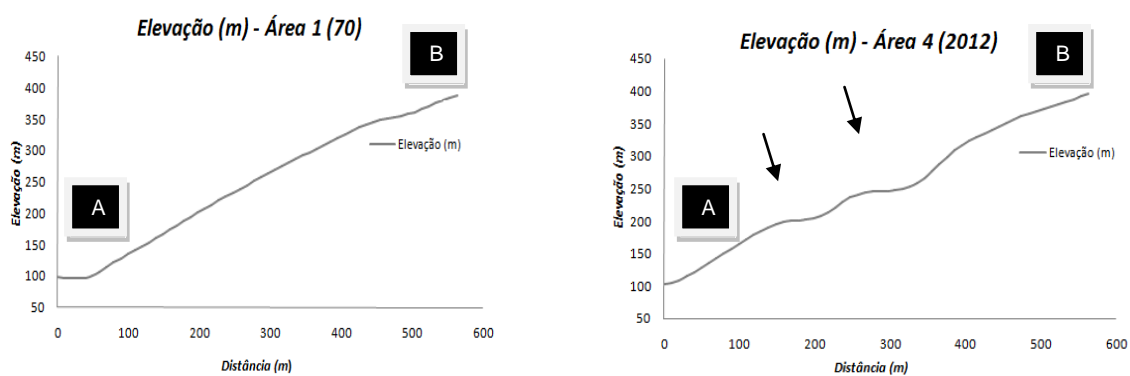
Nota-se, na elevação (figura 75) apresentada abaixo dos dois períodos (1970 e 2012), que aparentemente a paisagem não sofreu grande alteração, mas o perfil (figura 76) mostrou como o relevo evoluiu nesses últimos quarenta anos.





**Figura 75 – Mapa Hipsométrico da Área 4**

Fonte: Elaborada por Juliana Mendes Frechiani.

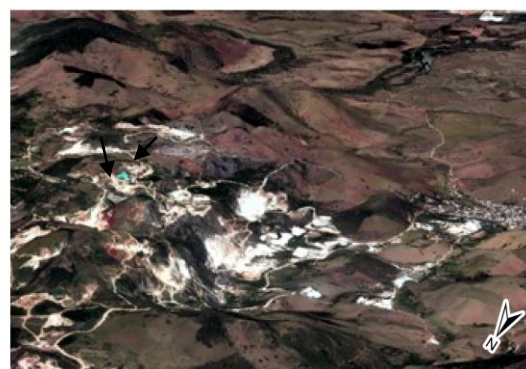


**Figura 76 – Perfil de elevação da Área 4**

Fonte: Elaborada por Juliana Mendes Frechiani.

**Década de 70**

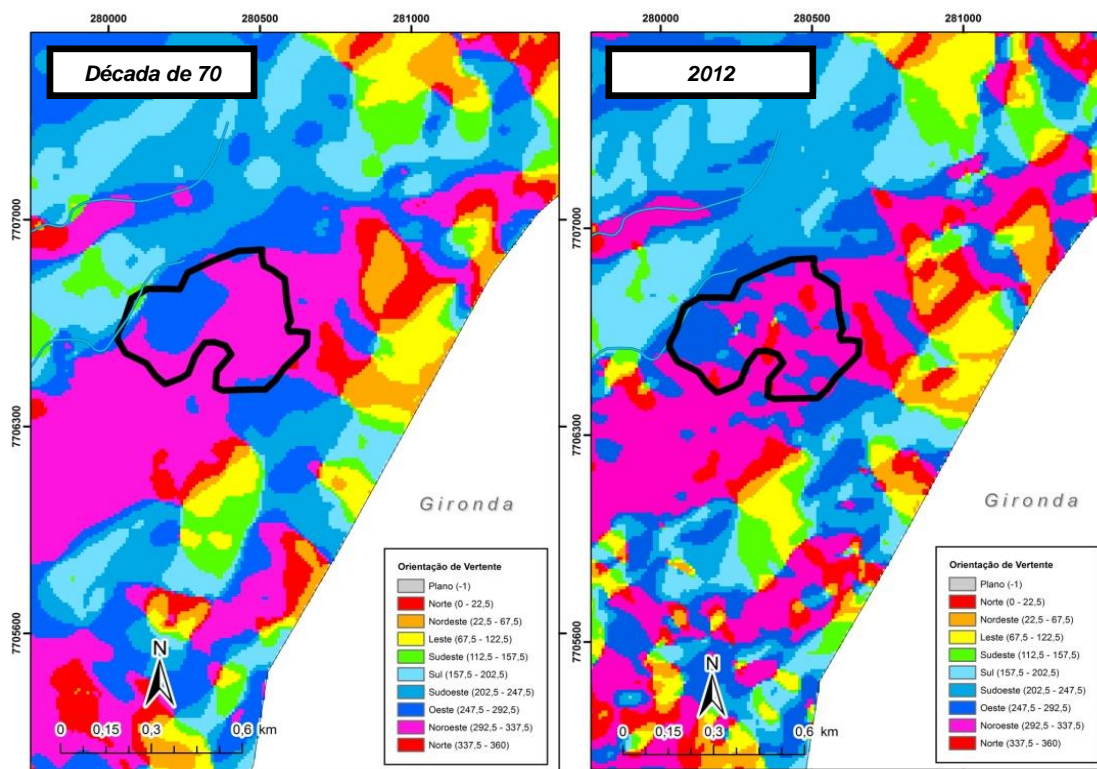
**2012**



**Figura 77 – Comparação em imagens aéreas da Área 4**

Fonte: Elaborada por Juliana Mendes Frechiani através de visualização no ArcScene™ 10.2.

A orientação das vertentes (figura 78) na área 4 em 1970 era distribuída somente de duas formas: noroeste e oeste, mas, em 2012, a vertente passa a ter novas orientações, a direção norte e sul.



**Figura 78** – Mapa de Orientação de vertentes da Área 4

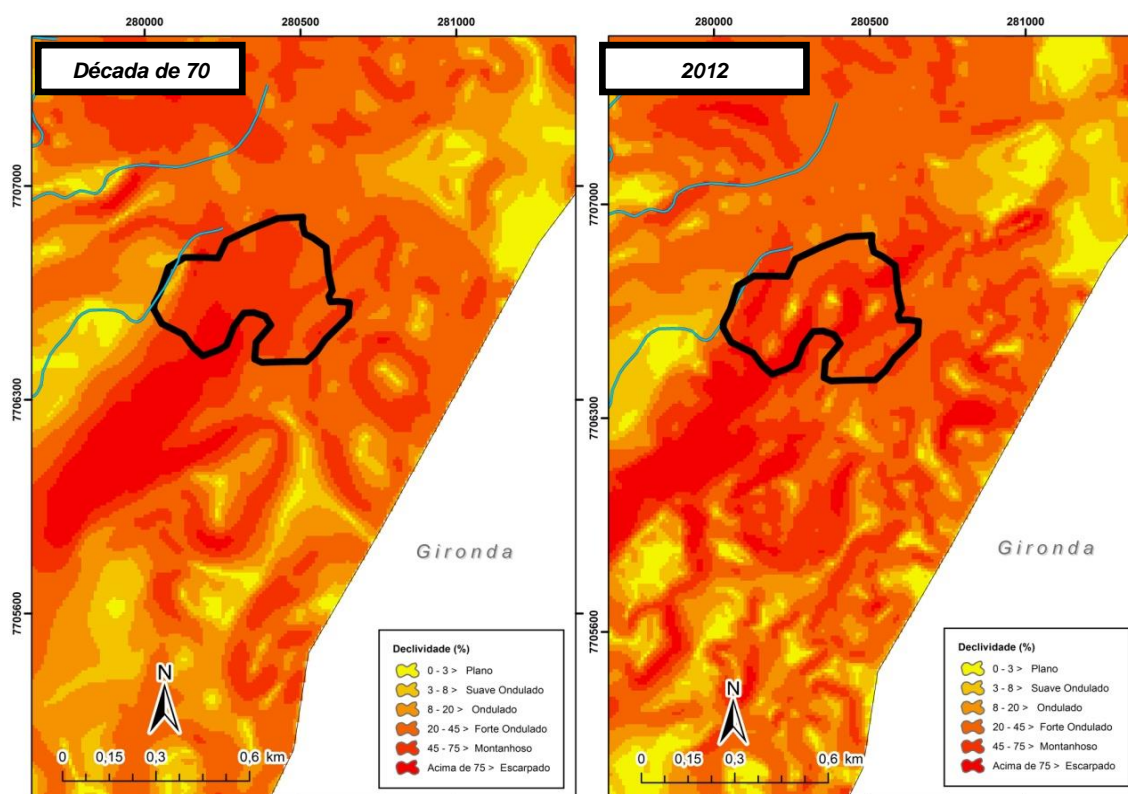
Fonte: Elaborada por Juliana Mendes Frechiani.

No mapa de declividade da área 4 (figura 79), nota-se que em 1970 o relevo era predominantemente montanhoso, ou seja, as elevações de boa parte dessa área estavam entre 45 a 75%. Porém, em 2012 ocorreu a redução desse tipo de declividade e, o crescimento do relevo fortemente ondulado evidenciando sinais da mineração (tabela 24).

**Tabela 24** – Classes de declividades da Área 4

<b>ÁREA 4</b>	<b>1970 (%)</b>	<b>2012 (%)</b>
Plano (0 a 3)	0,05	0,43
Suave Ondulado (3 a 8)	1,12	0,81
Ondulado (8 a 20)	2,83	3,25
Fortemente Ondulado (20 a 45)	22,43	33,50
Montanhoso (45 a 75)	64,70	43,75
Escarpado (Acima de 75)	8,87	18,26

Fonte: Elaborada por Juliana Mendes Frechiani.

**Figura 79** – Mapa de declividade da Área 4

Fonte: Elaborada por Juliana Mendes Frechiani.

A curvatura vertical (figura 80) dessa área na década de 1970 era constituída em sua maioria por forma retilínea, no entanto, em 2012, observou-se que o relevo muda completamente a forma, passando a ser distribuídas quase igualmente, havendo um ligeiro predomínio das formas convexas (42,62%).

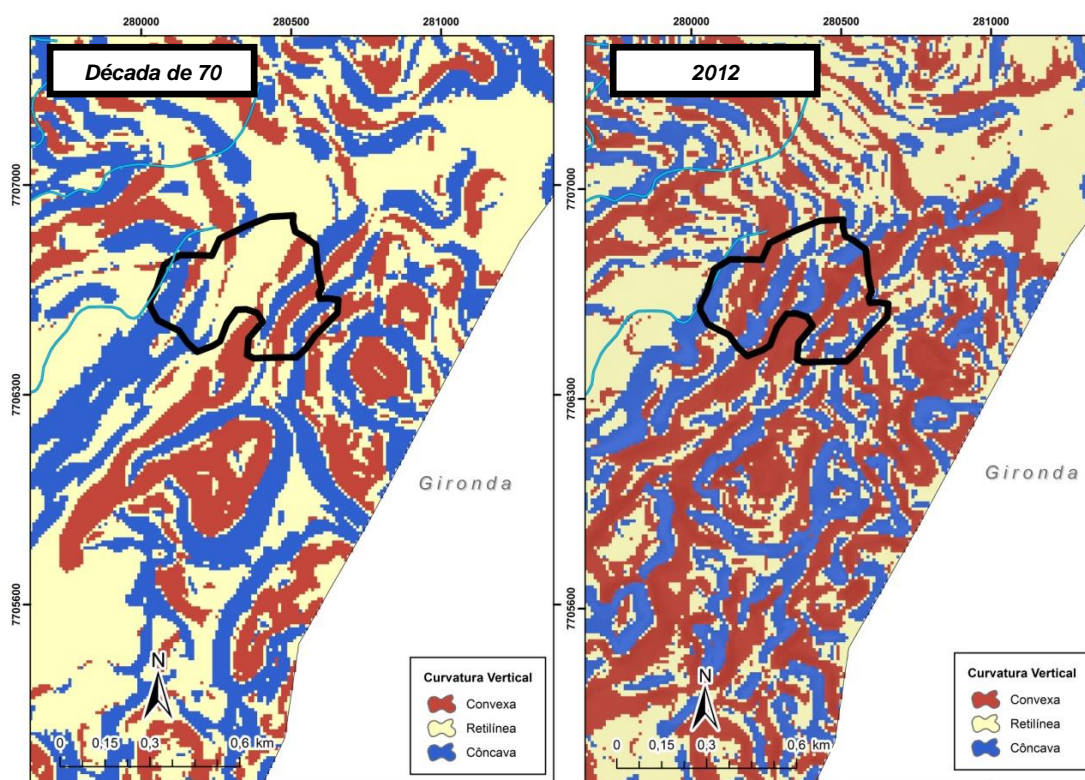


**Tabela 25 – Curvaturas vertical e horizontal da Área 4**  
**Curvaturas - Área 4**

Horizontal			Vertical		
Forma	70	2012	Forma	70	2012
<b>Convergente</b>	14,00%	32,75%	<b>Convexa</b>	20,73%	42,62%
<b>Plana</b>	74,35%	42,25%	<b>Retilínea</b>	51,98%	19,76%
<b>Divergente</b>	11,65%	25,00%	<b>Côncava</b>	27,29%	37,62%

Fonte: Elaborada por Juliana Mendes Frechiani.

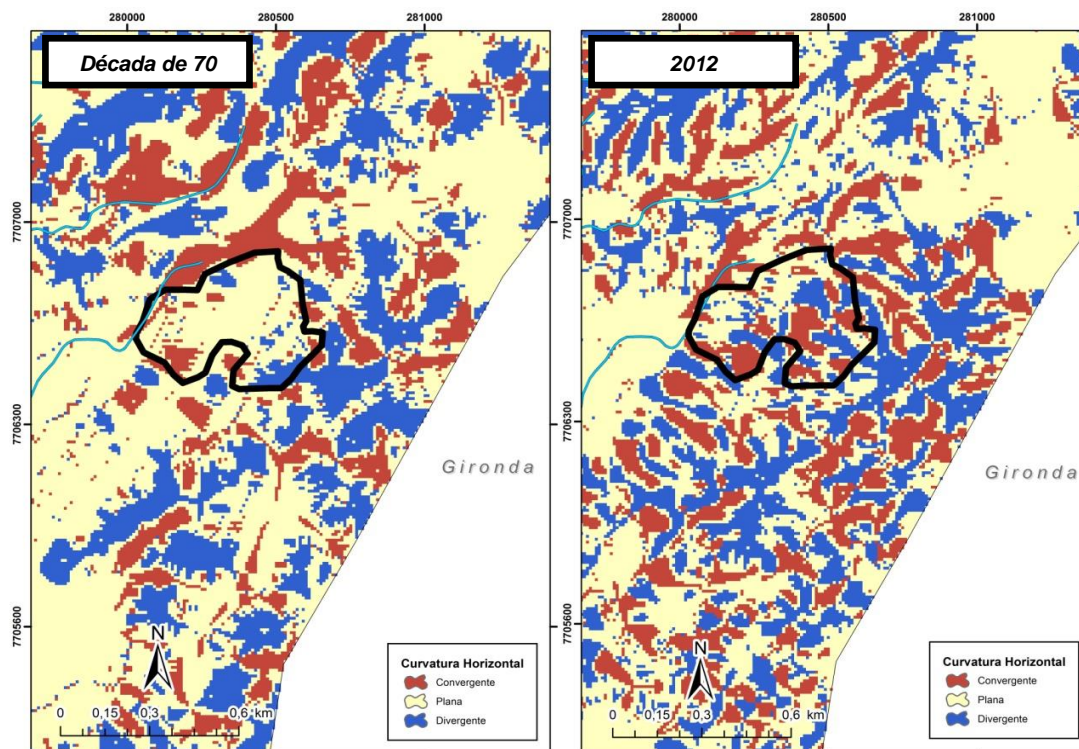
Ao analisar a curvatura horizontal (tabela 25 e figura 81), observou-se que a forma dominante era a plana (74,35%), em 1970, porém em 2012, foi reduzida, permitindo assim que o fluxo de matéria, água e minerais tivesse uma maior intensificação, pois as formas convergentes e divergentes foram ampliadas nesse intervalo de quarenta anos.



**Figura 80 – Mapa de curvatura vertical da Área 4**

Fonte: Elaborada por Juliana Mendes Frechiani.





**Figura 81** – Mapa de curvatura horizontal da Área 4

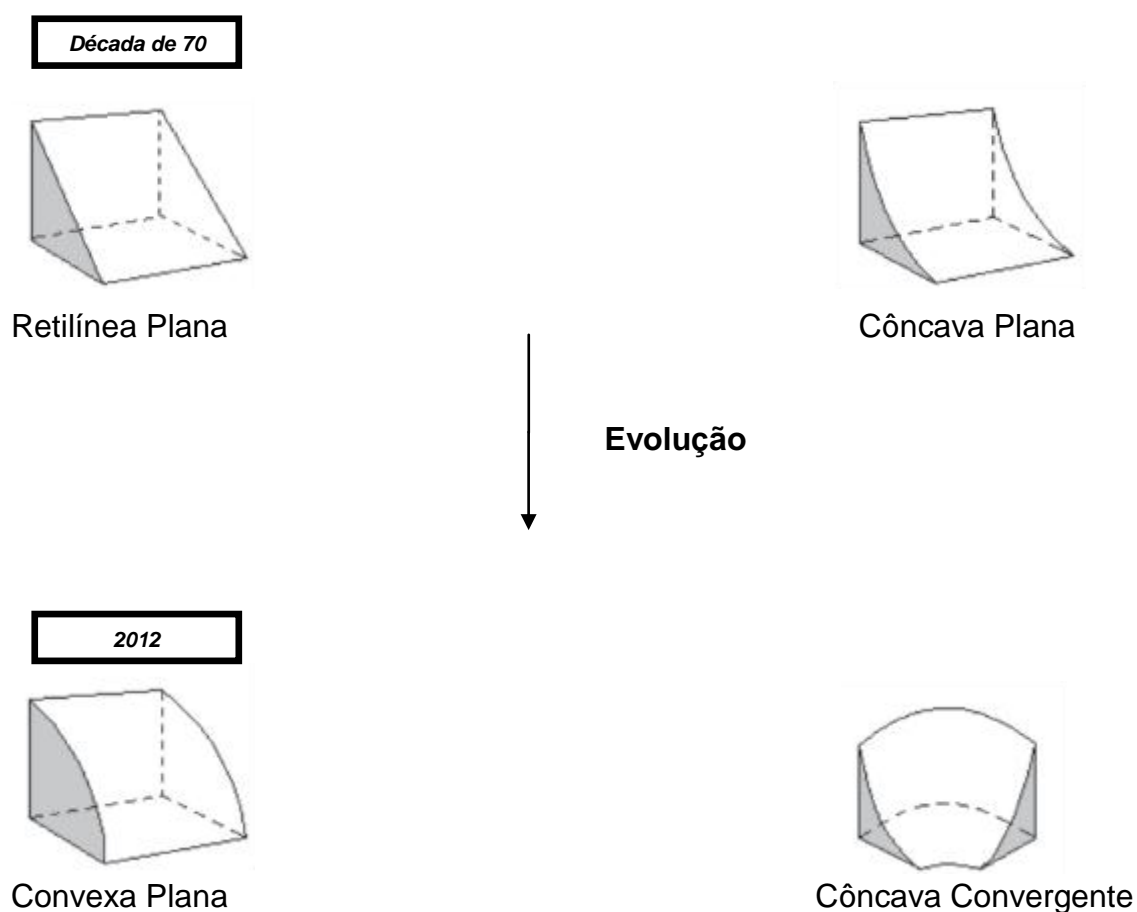
Fonte: Elaborada por Juliana Mendes Frechiani.

Na combinação das duas curvaturas (tabela 26 e figura 82), a forma predominante na década de 1970 foi a retilínea plana, com 42,73% e a côncava plana com 17,94% das áreas. Em 2012, há uma maior diversidade morfológica com valores relativamente próximos entre as formas, porém a mais dominante é a convexa plana, com 17,21% e, posteriormente, a côncava convergente com 17,19%.

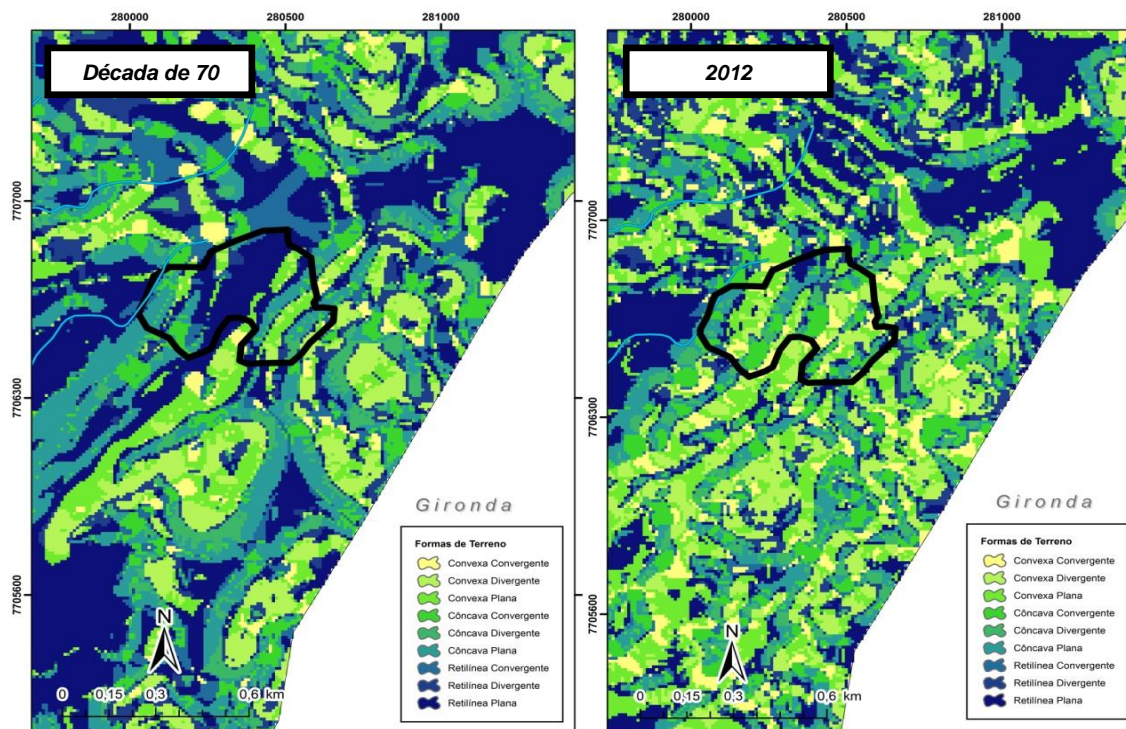
**Tabela 26** – Formas de terreno da Área 4

<b>Formas do terreno – Área 4</b>		
<b>Forma</b>	<b>70</b>	<b>2012</b>
Côncava Convergente	6,63%	17,19%
Côncava Divergente	2,73%	7,48%
Côncava Plana	17,94%	14,27%
Convexa Convergente	1,49%	11,72%
Convexa Divergente	5,56%	12,82%
Convexa Plana	13,67%	17,21%
Retilínea Convergente	5,88%	4,39%
Retilínea Divergente	3,37%	5,07%
Retilínea Plana	42,73%	9,85%

Fonte: Elaborada por Juliana Mendes Frechiani.

**Figura 82** – Formas de terreno predominantes da Área 4

Fonte: Dikau (1990).



**Figura 83** – Mapa formas de terreno da Área 4

Fonte: Elaborada por Juliana Mendes Frechiani.

### 6.8.5 Área 5

Essa área localiza-se ao sudeste no distrito de Itaoca e, atualmente, está abandonada pela mineração, como pode ser visto na figura 84. Segundo o DNPM, a substância que foi extraída predominantemente foi o calcário.

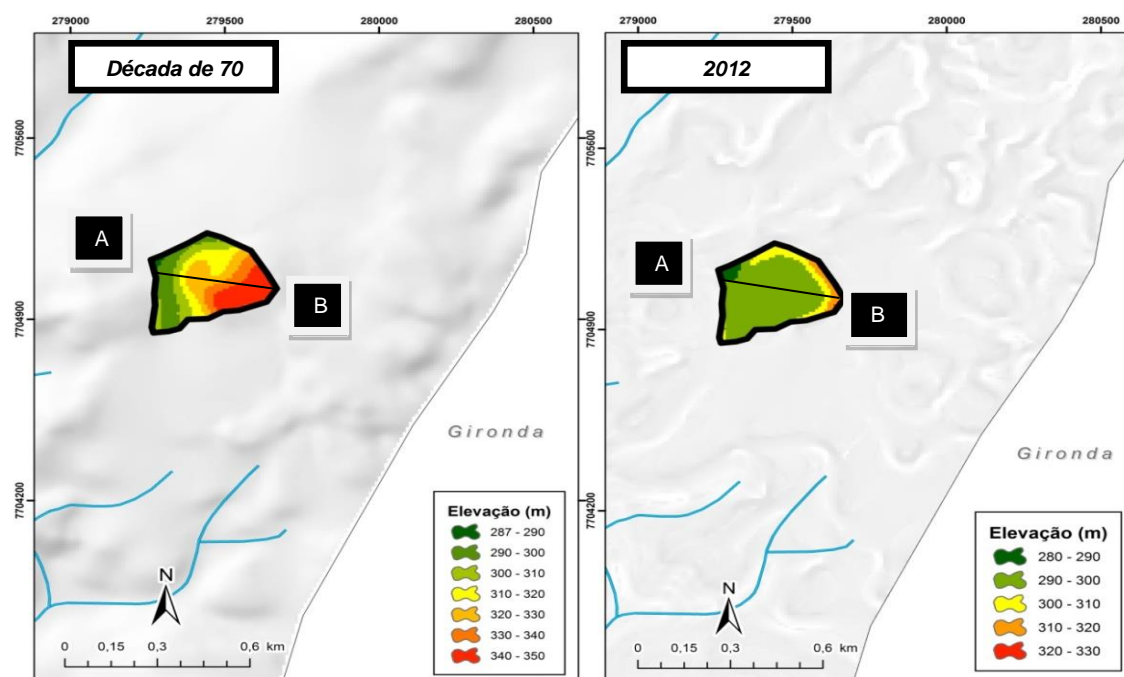
A extração permitiu uma modificação total da paisagem, com formação visível dos "degraus" antes inexistentes pelo perfil topográfico. Observou-se de maneira clara o recuo antrópico do relevo e, o rebaixamento da porção mais elevada do relevo (figura 85 e 86).



**Figura 84** – Exploração de rochas ornamentais no distrito de Itaoca

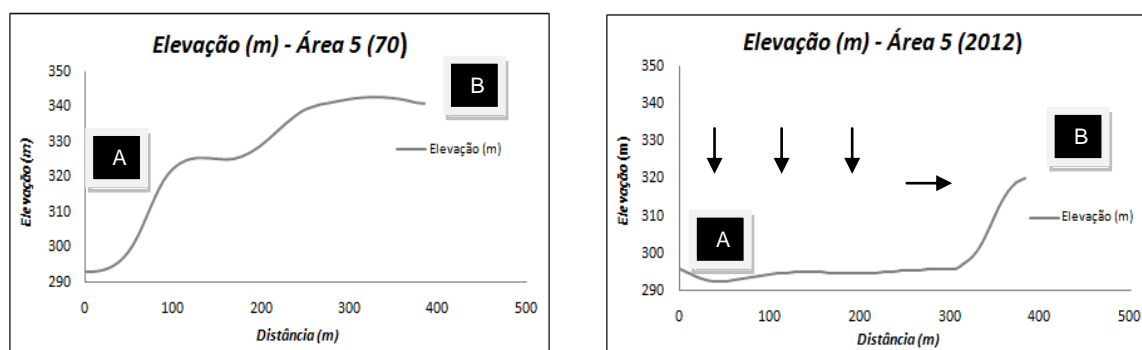
Fonte: Arquivo pessoal de Juliana Mendes Frechiani.





**Figura 85 – Mapa Hipsométrico da Área 5**

Fonte: Elaborada por Juliana Mendes Frechiani.

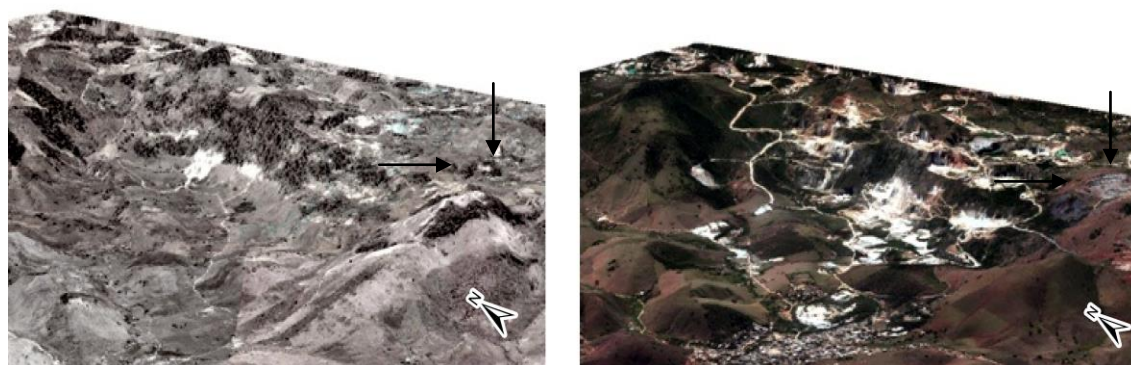


**Figura 86 – Perfil de elevação da Área 5**

Fonte: Elaborada por Juliana Mendes Frechiani.

**Década de 70**

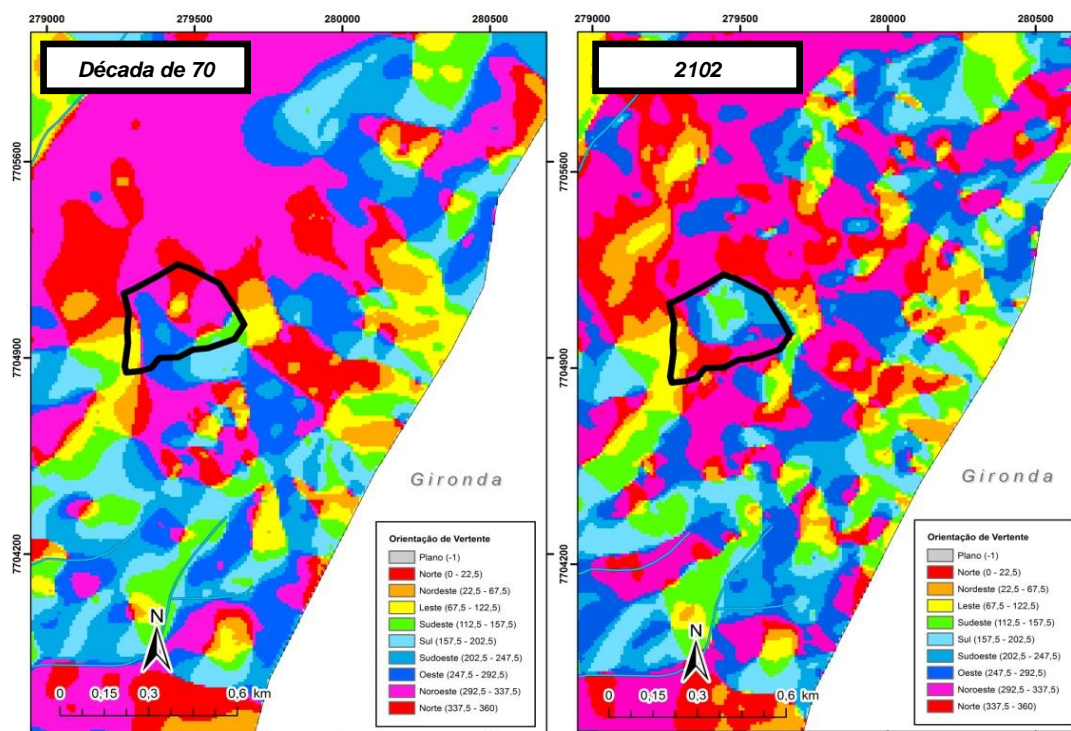
**2012**



**Figura 87 – Comparação em imagens aéreas da Área 5**

Fonte: Elaborada por Juliana Mendes Frechiani através de visualização no ArcScene™ 10.2.

O mapa de orientação de vertentes (figura 88) permitiu constatar que na década de 1970 o relevo dessa área orientava-se principalmente para oeste e noroeste, já em 2012, a porção que era oeste, passa a ter maior detalhamento na forma da vertente, começando a ter configuração norte, nordeste e sudoeste. A parte leste sofreu intensa modificação, não preservando praticamente nenhuma forma anterior.



**Figura 88** – Mapa de orientação de vertente da Área 5

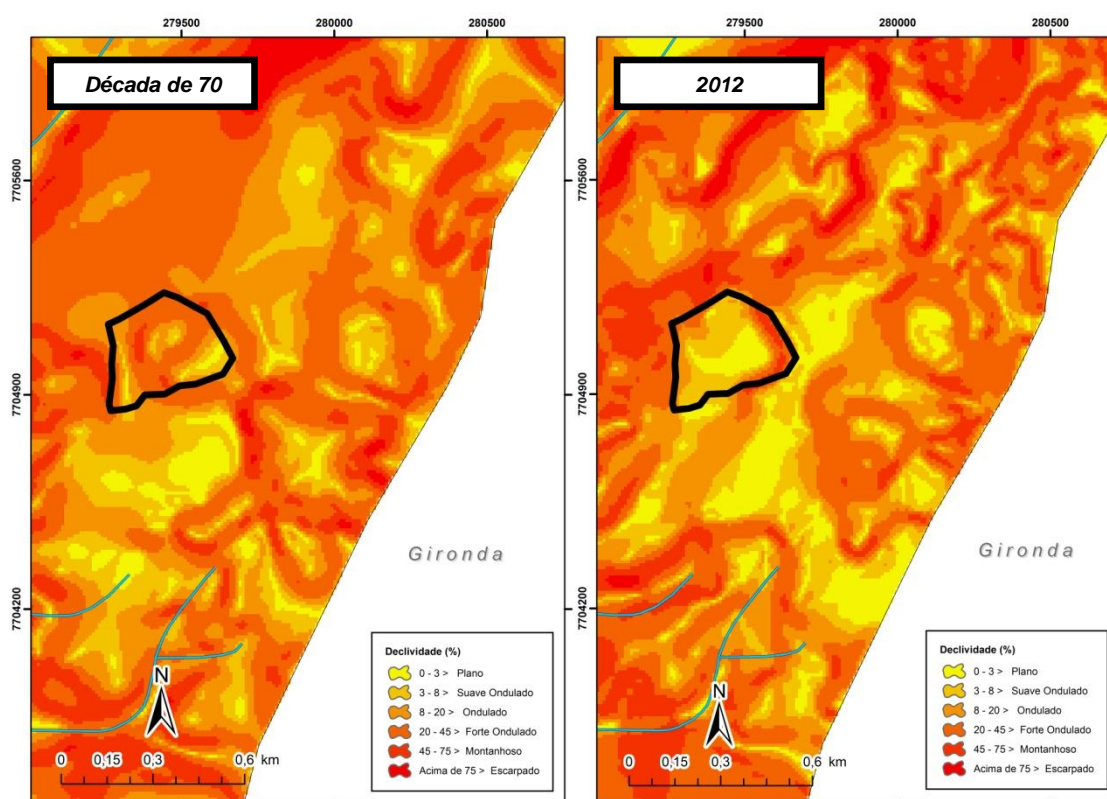
Fonte: Elaborada por Juliana Mendes Frechiani.

Quando se trata de declividade (figura 89), essa área abrangia um relevo fortemente ondulado e ondulado, com, respectivamente, 47,80% e 29,09% da área, não possuindo em nenhum dos dois períodos a classe escarpada (tabela 27). No entanto, ao se observar o período posterior, a transformação é evidente, pois o relevo torna-se majoritariamente classificado como suave ondulado e plano, ou seja, como dito anteriormente, a vertente foi intensamente explorada, provocando a redução da elevação.

**Tabela 27** – Classes de declividade da Área 5

ÁREA 5	1970 (%)	2012 (%)
Plano (0 a 3)	4,11%	20,47%
Suave Ondulado (3 a 8)	14,00%	38,40%
Ondulado (8 a 20)	29,09%	20,37%
Fortemente Ondulado (20 a 45)	47,80%	14,30%
Montanhoso (45 a 75)	5,00%	6,46%
Escarpado (Acima de 75)	-	-

Fonte: Elaborada por Juliana Mendes Frechiani.

**Figura 89** – Mapa de declividade da Área 5

Fonte: Elaborada por Juliana Mendes Frechiani.

Na análise das duas curvaturas, destaca-se na vertical (figura 90) a predominância da forma côncava (36,44%) e convexa (33,99%), porém em 2012 há um aplainamento do relevo, visto que quase 70% da forma passa a ser retilínea, ou seja, a vertente em boa parte é "cortada" até o plano. Na

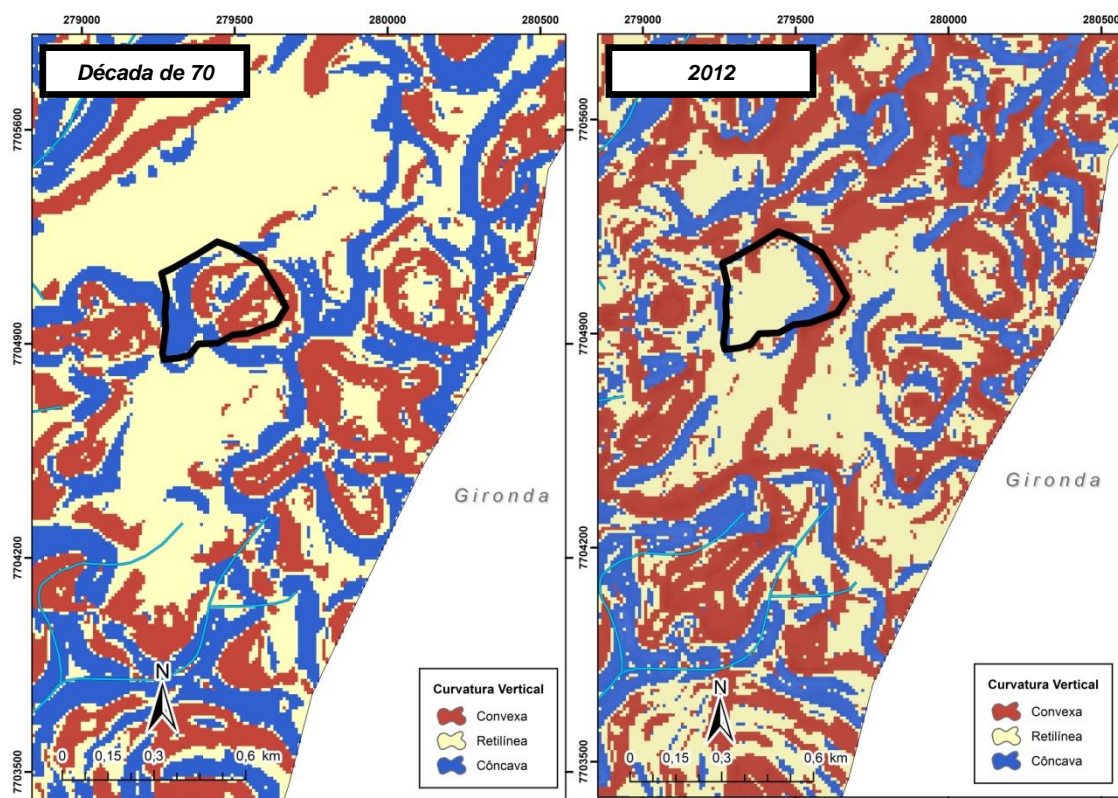


horizontal (figura 91), é importante destacar o mesmo, a evolução da forma retilínea na área 5 (81,98%) como demonstra a tabela 28.

**Tabela 28 – Mapa de declividade da Área 5**

Curvaturas - Área 5					
Horizontal			Vertical		
Forma	70	2012	Forma	70	2012
Convergente	16,26%	10,97%	Convexa	33,99%	15,47%
Plana	52,30%	81,98%	Retilínea	29,57%	63,85%
Divergente	31,44%	7,05%	Côncava	36,44%	20,68%

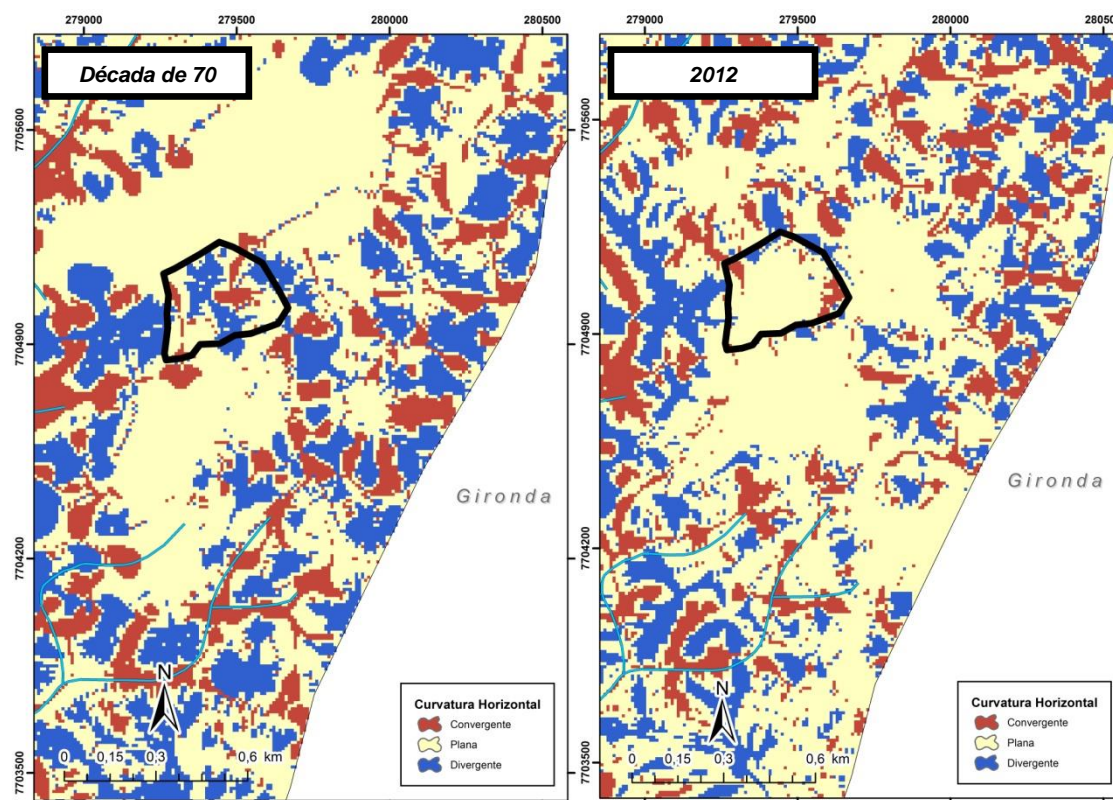
Fonte: Elaborada por Juliana Mendes Frechiani.



**Figura 90 – Mapa de curvatura vertical da Área 5**

Fonte: Elaborada por Juliana Mendes Frechiani.





**Figura 91** – Mapa de curvatura horizontal da Área 5

Fonte: Elaborada por Juliana Mendes Frechiani.

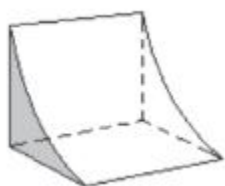
O resultado da combinação das curvaturas possibilitou demonstrar (tabela 29) que na década de 1970 o relevo estava distribuído de forma mais diversificada, com predominância de côncava plana (21,44%) e retilínea plana (16,65%). No entanto, em 2012, existe o aplainamento do relevo (figura 93), quando mais da metade da superfície foi formada pela forma retilínea plana (60,35%).

**Tabela 29** – Formas do terreno da Área 5

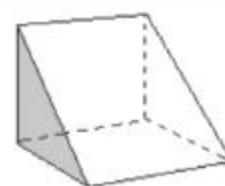
<b>Formas do terreno – Área 5</b>		
<b>Forma</b>	<b>70</b>	<b>2012</b>
Côncava Convergente	7,05%	5,20%
Côncava Divergente	7,94%	1,37%
Côncava Plana	21,44%	14,10%
Convexa Convergente	4,11%	3,91%
Convexa Divergente	15,67%	4,01%
Convexa Plana	14,21%	7,54%
Retilínea Convergente	5,09%	1,86%
Retilínea Divergente	7,84%	1,66%
Retilínea Plana	16,65%	60,35%

Fonte: Elaborada por Juliana Mendes Frechiani.

**Década de 70**



Côncava Plana

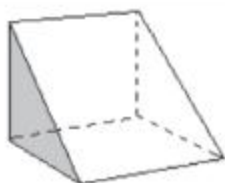


Retilínea Plana

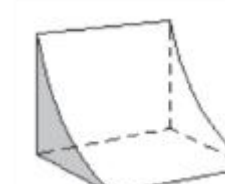
**Evolução**



**2012**



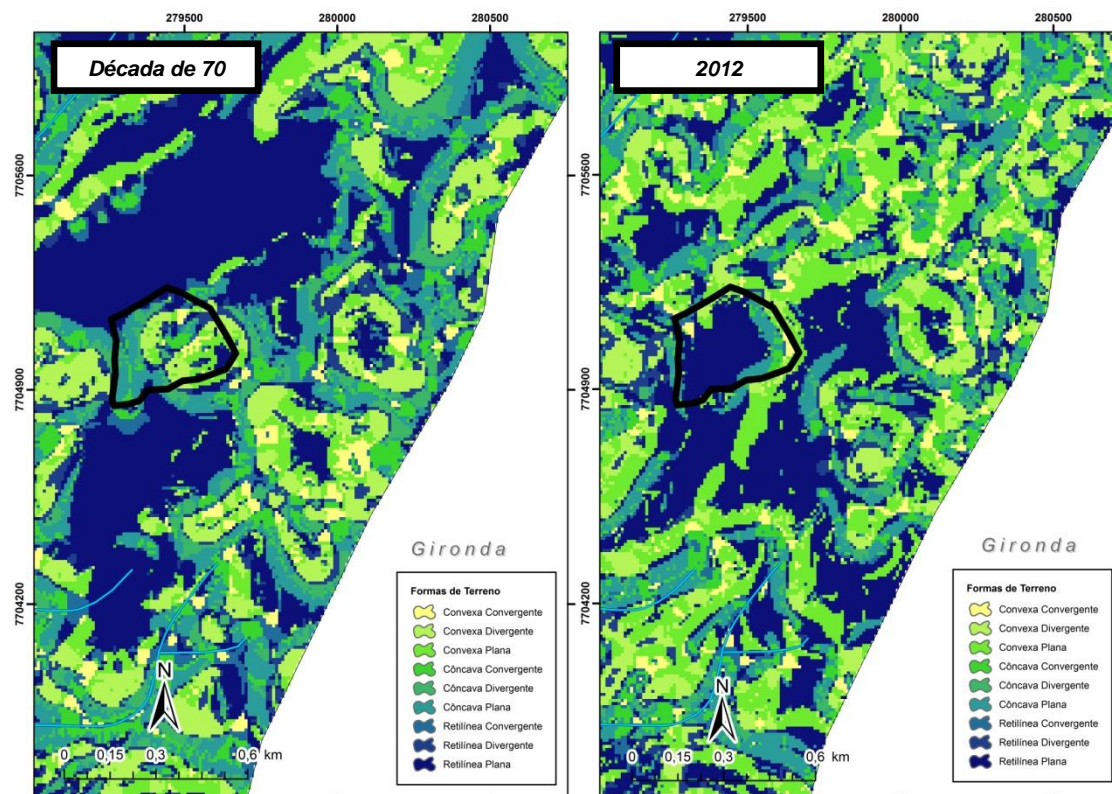
Retilínea Plana



Côncava Plana

**Figura 92** – Formas de terreno predominantes da Área 5

Fonte: Dikau (1990).



**Figura 93** – Mapa de formas de terreno da Área 5

Fonte: Elaborada por Juliana Mendes Frechiani.

## 7 CONCLUSÕES

O Espírito Santo, na última década, consolidou-se no cenário nacional e mundial como um grande exportador de rochas ornamentais. Dentro dessa perspectiva, o município de Cachoeiro de Itapemirim, onde encontra-se o distrito de Itaoca, talvez seja o de maior expressão na extração deste desse tipo de rochas.

A partir da análise das imagens aéreas e do mapeamento do uso e cobertura da terra nos períodos analisados (1970 e 2012), foi possível visualizar o avanço da mineração na porção leste e nordeste de Itaoca. É perceptível que a exploração foi intensa, sem quaisquer diagnósticos de impactos de extração mineral no relevo. A mineração duplicou em 2012 quando comparado ao período anterior, o que promoveu mudanças na morfologia da encostas.

Além disso, houve o aumento da ocorrência de massa de água está associado às lagoas de origem antrópica, intitulado neste trabalho de “Lagoa artificial antrópica de mineração”, resultado da exploração de rochas em forma de fossa ou cava.

A evidência e comprovação da transformação na morfologia original foi analisada neste trabalho a partir dos seguintes aspectos: uso e cobertura da terra, elevação (m), perfil topográfico, orientação das vertentes, curvatura vertical, curvatura horizontal e formas de terreno. Este último resultou na modelagem do período anterior e do atual das áreas de mineração.

Na metodologia empregada na análise dos dados, encontrou-se dificuldade na disponibilização de dados mais precisos, sendo de decisão da autora, diante disso, abrir a probabilidade para falhas nos resultados da representação real da superfície. Isso deve-se ao fato de usar o intervalo de dez em dez metros nos dois períodos; na literatura de SIG, essa utilização, na década de 1970, não seria recomendada, pois corre-se o risco de perder as formas que realmente correspondem à morfologia. O resultado, porém, não foi afetado de maneira direta, já que o importante era demonstrar a transformação através da visualização dos aspectos.

Observa-se que a partir das cinco áreas escolhidas a mudança foi evidente, com o surgimento de escarpas antrópicas, superfícies côncavas e convexas (escavadas pela mineração) e a tendência de aplainamento da curvatura vertical. Nota-se que é necessário criar mecanismos mais eficazes de se conter a intervenção antrópica no relevo em Itaoca, pois não há qualquer estudo que mostre de maneira clara e precisa as consequências dessas novas morfologias, que acarretará novas taxas de intensidade de processos naturais e novas concentrações de fluxos.

## **8 REFERÊNCIAS**

[ARCGIS] **ArcGis™**: Software (2013). Disponível em <<http://www.esri.com/software/arcgis/index.html>>. Acesso em: 16 de agosto de 2014.

BRASIL. **Constituição (1988)**. Constituição da República Federativa do Brasil: promulgada em 5 de outubro de 1988. Organização do texto: Juarez de Oliveira. 4. ed. São Paulo: Saraiva, 1990. 168 p. (Série Legislação Brasileira).

CABELLO, M. L. R. Reciclagem de resíduo gerado na extração de quartzito. Tese. (Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Metalúrgica, Materiais e de Minas. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2012.

CASSETI, V. **Geomorfologia**. [S. l.]: Goiás, 2005. Disponível em: <<http://www.funape.org.br/geomorfologia/>>. Acesso em: 11 de julho de 2014.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. São Paulo: Edgard Blücher, 1980.

COLTRINARI, L. A Cartografia Geomorfológica detalhada: a representação gráfica do relevo entre 1950-1970. In: **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 12, n. 3, 2011, P.121-129.

ESPÍRITO SANTO (Estado). Programa Estadual de Zoneamento Ecológico-Econômico no Estado do Espírito Santo. **Relatório III: Diagnóstico geo-biofísico e Carta temática de Vulnerabilidade Natural**. Convênio n. 013/2008. ES, 2008. Disponível em: <[http://www.meioambiente.es.gov.br/download/Relatorio\\_III\\_Diagnostico\\_Geobiologico.pdf](http://www.meioambiente.es.gov.br/download/Relatorio_III_Diagnostico_Geobiologico.pdf)>. Acesso em: 9 de julho de 2014.

FITZ, P. R. **Geoprocessamento sem complicação**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

FLORENZANO, T. G. **Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

FUNAPE. Fundação de Apoio à Pesquisa. **Cartografia geomorfológica**. Goiás. Disponível em: <[http://www.funape.org.br/geomorfologia/pdf/cartografia\\_geomorfologica.pdf](http://www.funape.org.br/geomorfologia/pdf/cartografia_geomorfologica.pdf)>. Acesso em: 11 de julho de 2014.

GUERRA, A. J. T.; JORGE, M. C. O. **Processos erosivos e recuperação de áreas degradadas**. Rio de Janeiro: Oficina de Textos, 2013.

LIMBERGER, L. Abordagem sistêmica e complexidade na Geografia. In: **Revista Geografia**. v. 15, n. 2. Londrina, 2006.

NETO, J. C. A. da S. Avaliação da vulnerabilidade à perda de solos na bacia do rio Salobra, MS, com base nas formas do terreno. In: **Revista Geografia**. v. 22, n. 1, p. 5-25. Londrina, 2013.



MACHADO FILHO. Folha SF 23/24. **RADAMBRASIL**. Rio de Janeiro/Vitória, 1983.

PASCHOAL, L. G. **Dinâmica do uso e ocupação da terra em área de mineração de argila**: o caso da bacia hidrográfica do Ribeirão Santa Gertrudes/SP. 2010. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, 2010.

PASCHOAL, L. G.; CUNHA, C. M. L.; Conceição, F. T. da. A Cartografia Geomorfológica como Subsídio para a Análise do Relevo Antropogênico em Área de Mineração. In: **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 13, 2012, p. 379-391.

PEREIRA, U. C. Paisagem alterada: o homem como agente geomorfológico-mudança no relevo através da mineração em Minaçu-GO. **Espaço em Revista**, v. 15, 2013, p. 40-55.

PEREZ-FILHO, A.; QUARESMA, C. C. Ação antrópica sobre as escalas temporais dos fenômenos geomorfológicos. In: **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 12, n. 3, 2011, p. 83-90.

QUALHANO, Miguel Ângelo Lima. **O arranjo produtivo local do setor de rochas ornamentais no município de Cachoeiro de Itapemirim – ES**. 2005. 113 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Cândido Mendes, Campos Dos Goytacazes, 2005.

RODRIGUES, C. Morfologia Original e Morfologia Antropogênica na definição de unidades espaciais de planejamento urbano: um exemplo na metrópole paulista. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 17, São Paulo: Edusp, 2005, p. 101-111.

SARDOU FILHO, R. et al. **Atlas de Rochas Ornamentais do Estado do Espírito Santo**. Brasília, DF, 2013. Disponível em: <[http://www.cprm.gov.br/publique/media/atlas\\_rochas\\_ES.pdf](http://www.cprm.gov.br/publique/media/atlas_rochas_ES.pdf)>. Acesso em: 11 de julho de 2014.

SANTOS FILHO, R. D. dos. Antropogeomorfologia Urbana. In: GUERRA, A. J. T. (org.). **Geomorfologia Urbana**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011.

SILVEIRA, A.; CUNHA, M. L. da. A cartografia geomorfológica como subsídio para análise das interferências do uso da terra no desencadeamento dos processos erosivos: um estudo em área canavieira. In: **Revista RA'EGA**. v. 21, 2010. Disponível em: <<http://ojs.c3sl.ufpr.br/ojs/index.php/raega/article/view/16739/14027>>. Acesso em: 11 de julho de 2014.

SIMON, A. L. H.; CORREA, C. V. S.; PEREZ FILHO, A.; CUNHA, C. M. L. da. **Análise da morfologia original nos estudos sobre a evolução do relevo antropogênico**. In: VI Seminário Latino Americano de Geografia Física; II Seminário Ibero-Americano de Geografia Física, Coimbra, 2010.

VALE, C. C. do. Teoria Geral do Sistema: Histórico e Correlações com a Geografia e com o estudo da paisagem. In: **Revista Entre Lugar**. a. 3, n. 6, Dourados (MS), 2012, p. 85-108.

VALERIANO, M. M. **Topodata**: guia para utilização de dados geomorfológicos locais. São José dos Campos: INPE, 2008. (INPE-15318-RPE/818).

VIANA; D. J.; EVANGELISTA, H. J. Mármore da Região de Itaoca (ES) e escarnitos no contato com diques máficos e félsicos: mineralogia e petrogênese. In: **Revista Genomos**. Ouro Preto, p. 61-67.