



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS E NATURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA**

MARCOS CESAR LUNA DA SILVA

**PADRÕES DE LINEAMENTOS E CONTROLE ESTRUTURAL, TECTÔNICO E
NEOTECTÔNICO NO RELEVO DA REGIÃO DE PANCAS (ESPÍRITO SANTO,
SUDESTE DO BRASIL)**

VITÓRIA (ES)

2022

MARCOS CESAR LUNA DA SILVA

**PADRÕES DE LINEAMENTOS E CONTROLE ESTRUTURAL, TECTÔNICO E
NEOTECTÔNICO NO RELEVO DA REGIÃO DE PANCAS (ESPÍRITO SANTO,
SUDESTE DO BRASIL)**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia do Centro de Ciências Humanas e Naturais da Universidade Federal do Espírito Santo como requisito parcial para obtenção do Título de Mestre em Geografia, na área da Dinâmica dos Territórios e da Natureza. Orientadora: Profa. Dra. Luiza Leonardi Bricalli.

Vitória (ES)

2022

MARCOS CESAR LUNA DA SILVA

**PADRÕES DE LINEAMENTOS E CONTROLE ESTRUTURAL, TECTÔNICO E
NEOTECTÔNICO NO RELEVO DA REGIÃO DE PANCAS (ESPÍRITO SANTO,
SUDESTE DO BRASIL)**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia do Centro de Ciências Humanas e Naturais da Universidade Federal do Espírito Santo como requisito parcial para obtenção do Título de Mestre em Geografia, na área da Dinâmica dos Territórios e da Natureza. Orientadora: Profa. Dra. Luiza Leonardi Bricalli.

Aprovada em 20/10/2022

COMISSÃO EXAMINADORA:

Profa. Dra. Luiza Leonardi Bricalli (UFES)
Orientadora e Presidente da Comissão

Prof. Dr. André Luiz Nascentes Coelho
(UFES)
Examinador interno

Profa. Dra. Ambrosina Helena Ferreira
Gontijo Pascutti (UFRRJ)
Examinadora externa



O documento acima foi assinado digitalmente com senha eletrônica através do Protocolo Web, conforme Portaria UFES nº 1.269 de 30/08/2018, por LUIZA LEONARDI BRICALLI - SIAPE 3528787 Departamento de Geografia - DG/CCHN Em 03/11/2022 às 18:14

Para verificar as assinaturas e visualizar o documento original acesse o link: <https://api.lepisma.ufes.br/arquivos-assinados/596981?tipoArquivo=0>



O documento acima foi assinado digitalmente com senha eletrônica através do Protocolo Web, conforme Portaria UFES nº 1.269 de 30/08/2018, por ANDRE LUIZ NASCENTES COELHO - SIAPE 3436722 Departamento de Geografia - DG/CCHN Em 26/10/2022 às 14:10

Para verificar as assinaturas e visualizar o documento original acesse o link: <https://api.lepisma.ufes.br/arquivos-assinados/591829?tipoArquivo=0>



O documento acima foi assinado digitalmente com senha eletrônica através do Protocolo Web, conforme Portaria UFES nº 1.269 de 30/08/2018, por RAFAEL DE CASTRO CATÃO - SIAPE 1416049 Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Geografia Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Geografia - PPGG/CCHN Em 31/10/2022 às 16:12

Para verificar as assinaturas e visualizar o documento original acesse o link: <https://api.lepisma.ufes.br/arquivos-assinados/594740?tipoArquivo=0>

FICHA CATALOGRÁFICA

Ficha catalográfica disponibilizada pelo Sistema Integrado de Bibliotecas - SIBI/UFES e elaborada pelo autor

L961p Luna da Silva, Marcos Cesar, 1971-
Padrões de lineamentos e controle estrutural, tectônico e neotectônico no relevo da região de Pancas (Espírito Santo, Sudeste do Brasil) / Marcos Cesar Luna da Silva. - 2022.
125 f. : il.

Orientadora: Profa. Dra. Luiza Leonardi Bricalli.
Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Humanas e Naturais.

1. Lineamentos. 2. Controle estrutural. 3. Tectônica. 4. Neotectônica. 5. Relevo. I. Bricalli, Profa. Dra. Luiza Leonardi. II. Universidade Federal do Espírito Santo. Centro de Ciências Humanas e Naturais. III. Título.

CDU: 91

DEDICATÓRIA

Essa dissertação é dedicada a minha esposa Ana Cristina pelo amor, confiança e paciência de quem sempre acreditou no meu sucesso, aos meus filhos Weverton Cosme e Eduardo Luna pelo apoio e incentivo. Dedico também a minha mãe Gilza Luna e ao meu pai Francisco Rodrigues pela educação que me deram, aos meus irmãos e sobrinhos. Aos meus amigos que sempre me incentivaram e me apoiaram.

AGRADECIMENTOS

**À DEUS....ONIPOTENTE.
EM SUA INFINITA SABEDORIA, ELE NOS CONDUZ.**

**À FAMÍLIA...MEU ALICERCE.
É NA FAMÍLIA QUE TEMOS O NOSSO MAIOR INCENTIVO.**

AOS AMIGOS....QUE MOSTRAM NOSSOS ERROS.

Nas palavras de Emmanuel “Aptidão é a capacidade do espírito para executar essa ou aquela tarefa no plano evolutivo em que se vê situado. Por isso mesmo, aptidão aplicada é acesso do homem a níveis mais altos, de conformidade com a Lei Divina que retribui a cada um, segundo as obras que realiza.

Ainda, segundo Emmanuel “Cada existência dentro da perenidade do tempo e das Leis Evolutivas é um trecho da nossa longa estrada em que aprendemos, lutamos, erramos, acertamos, ou recomeçamos a aprender”.

Nesse novo trecho percorrido, da estrada do meu conhecimento, não poderia deixar de agradecer a minha orientadora Professora Dra. Luiza Leonardi Bricalli, pessoa ímpar, proba, dedicada e que ama o que faz, características essas que nos inspira e dá confiança na execução dos trabalhos.

Um agradecimento especial aos irmãos que a vida me deu, Valdemar Teodoro e Lincoln Duques, que sempre estiveram ao meu lado, quando mais precisei. Também quero agradecer aos meus colegas de turma Amanda, Breno e Thiago que incorporaram o “espírito de corpo”, não medindo esforços nas demandas que lhes foram solicitadas da minha parte. A Cecília, Cirla, Simone, Talles e Thayana, meu eterno agradecimento pelas ajudas durante o período da dissertação, fundamental para o sucesso.

“Embora ninguém possa voltar atrás e fazer um novo começo, qualquer um pode começar agora e fazer um novo fim.

Aos outros dou o direito de ser como são. A mim, dou o dever de ser cada dia melhor.”

Chico Xavier

RESUMO

Essa pesquisa tem como objetivo principal, investigar o controle litoestrutural, tectônico e neotectônico no relevo da região de Pancas (Espírito Santo, Sudeste do Brasil). A metodologia foi organizada em análises de gabinete e de campo. Em gabinete foram gerados mapas de lineamentos e de *trends* estruturais, a partir da técnica de extração manual, utilizando ferramentas de edição do *software* ArcGIS 10.3.1™ (ESRI, 2012), sobre um Modelo Digital de Elevação (MDE) com diferentes iluminações artificiais (escala 1:110.000) e geradas rosetas de orientação. Os mapas geológicos e geomorfológicos foram organizados/elaborados com o ArcGIS, a partir do Sistema de Informações Geográficas (SIG) e as bases cartográficas foram configuradas no sistema de projeção *UTM* e *DATUM* SIRGAS 2000, zona 24S, posteriormente analisados e comparados com os dados das orientações dos lineamentos decalcados, com a orientação das falhas de afloramentos estudadas e com a literatura existente. Os resultados apresentaram orientações NW-SE/NNW-SSE e NE-SW/NNE-SSW, com a predominância das orientações NNW-SSE e NW-SE identificadas na análise dos lineamentos e dos *trends* estruturais, semelhantes com as orientações das falhas geológicas e das falhas neotectônicas presentes na área estudada, refletindo a estruturação regional da área, apresentando as mesmas orientações da Faixa Colatina. As orientações secundárias do Orógeno Araçuaí (NE-SW), a identificação de feições morfotectônicas, a presença de diferenças topográficas abruptas (perfis topográficos), a identificação de regiões tectônicas (mapa de superfície de bases) e de blocos tectônicos (perfil em varredura) demonstram o controle tectônico no relevo da região de Pancas-ES, atingindo o objetivo desta pesquisa.

Palavras-chave: controle estrutural, lineamento, relevo.

ABSTRACT

The main objective of this research is to investigate the lithostructural, tectonic and neotectonic control in the relief of the Pancas region (Espírito Santo, Southeast of Brazil). The methodology was organized in office and field analyses. In the office, maps of lineaments and structural trends were generated, using the manual extraction technique, using editing tools from the ArcGIS 10.3.1™ software (ESRI, 2012), on a Digital Elevation Model (DEM) with different artificial lighting (scale 1:110,000) and generated orientation rosettes. The geological and geomorphological maps were organized/elaborated with ArcGIS, from the Geographic Information System (GIS) and the cartographic bases were configured in the UTM and DATUM SIRGAS 2000 projection system, zone 24S, later analyzed and compared with the data from the orientations of the traced lineaments, with the orientation of the faults of the studied outcrops and with the existing literature. The results showed NW-SE/NNW-SSE and NE-SW/NNE-SSW orientations, with the predominance of the NNW-SSE and NW-SE orientations identified in the analysis of the lineaments and structural trends, similar to the orientations of the geological faults and of the neotectonic faults present in the studied area, reflecting the regional structure of the area, presenting the same orientations of the Colatina band. The secondary orientations of the Araçuaí Orogen (NE-SW), the identification of morphotectonic features, the presence of abrupt topographic differences (topographic profiles), the identification of tectonic regions (base surface map) and tectonic blocks (scan profile) demonstrate the tectonic control in the relief of the Pancas-ES region, reaching the objective of this research.

Keywords: structural control, lineament, relief.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Mapa de localização da área estudada	23
Figura 2 – Mapa geológico do Espírito Santo	24
Figura 3 – Orógeno Araçuaí	27
Figura 4 – Faixa Colatina	30
Figura 5 – Mapa geológico da área estudada	31
Figura 6 - Afloramentos com falhas neotectônicas na área estudada	35
Figura 7 – Pontos SGP-03 e SGP-05 - Projeção estereográfica (Schmidt-Lambert, hemisfério inferior) e o campo de tensão associado a falhas dextrais WNW-ESE e ENE-WSW, associadas a esforços compressivos WNW-ESE e distensivos NNE-SSW	36
Figura 8 - Pontos SGP-08 e SGP-09 - Projeção estereográfica (Schmidt-Lambert, hemisfério inferior) e o campo de tensão associado falhas normais NW-SE a WNW-ENE, apresentando componente oblíqua dextral, e falhas dextrais ENE-WNW a NE-SW, associadas a esforços compressivos NW-SE e distensivos NE-SW	36
Figura 9 - Ponto SGP-12 - Projeção estereográfica (Schmidt-Lambert, hemisfério inferior) e o campo de tensão associado a: (A) a falhas dextrais NNE-SSW e NNW-SSE, e falha sinistral NE-SW, geradas por esforços compressivos NE-SW e distensivos NW-SE; (B) a falhas normais NE-SW, geradas por esforços distensivos NW-SE	36
Figura 10 – Mapa geomorfológico do Espírito Santo	37
Figura 11 - Mapa geomorfológico da área estudada	43
Figura 12 – Mapa do clima no ES	46
Figura 13 - Clima da área estudada	48
Figura 14 – Postulado de Wegener sobre a Teoria da Deriva Continental	49
Figura 15 – Movimentação e limites das placas tectônicas	50
Figura 16 – Força motriz dos movimentos das placas	51
Figura 17 – Força motriz dos movimentos das placas	51
Figura 18 – Projeção de feição linear em Pancas-ES	52
Figura 19 – Formas de relevo na região de Pancas-ES	54
Figura 20 – Padrão de formas de relevo em Pancas-ES	56
Figura 21 – Ocorrências de atividades sísmicas no Espírito Santo	60

Figura 22 – Fluxograma de atividades	62
Figura 23 – Modelo digital de elevação (Shuttle Radar Topography Mission/SRTM-NASA)	64
Figura 24 - Aplicação das iluminações artificiais na área estudada (A: 000°; B: 045°; C: 090°; D: 315°)	65
Figura 25 - Perfis geológicos-geomorfológicos (orientação E-W, NW-SE e NE-SW)	69
Figura 26 – Mapa de lineamentos	72
Figura 27 – Mapa de densidade de lineamentos e <i>trends</i> estruturais	74
Figura 28 – Mapa de lineamentos em ortofoto digital – Escala 1:25.000	76
Figura 29 – Mapa de lineamentos em ortofoto digital – Escala 1:10.000	77
Figura 30 – Mapa de falhas e fraturas	78
Figura 31 – Mapa hipsométrico	80
Figura 32 – Mapa de superfície de base	82
Figura 33 – Feições morfotectônicas	84
Figura 34 – Mapa e perfil geológico-geomorfológico A-B (orientação E-W)	86
Figura 35 – Mapa e perfil geológico-geomorfológico C-D (orientação NW-SE)	88
Figura 36 – Mapa e perfil geológico-geomorfológico E-F (orientação NE-SW)	90
Figura 37 – Mapa e perfil geológico-geomorfológico G-H (orientação E-W)	92
Figura 38 – Perfis em varredura AB (NW-SE) e CD (NE-SW)	94
Figura 39 – Mapa de localização dos pontos em campo	97
Figura 40 – Morfologia do relevo	99
Figura 41 – Vertentes íngremes	99
Figura 42 – Representação das vertentes íngremes	100
Figura 43 – Deslocamentos em morro	100
Figura 44 – Ângulos negativos em deslocamentos em morro	101
Figura 45 – Afloramento rochoso com minerais bem orientados	102
Figura 46 – Representação da orientação dos minerais	102
Figura 47 – Observação de dique	103
Figura 48 – Traçado sobre o dique	103
Figura 49 – Orientação dos minerais	104
Figura 50 – Traçado da orientação dos minerais	104
Figura 51 – Vista da cidade de Pancas-ES	104

Figura 52 – Traçado da Zona de cisalhamento transcorrente sinistral	105
Figura 53 – Ponto São Gabriel da Palha (SGP-05)	105
Figura 54 – Ponto São Gabriel da Palha (SGP-05) – Prof. Luiza Bricalli (UFES) ...	106
Figura 55 – Ponto São Gabriel da Palha (SGP-05)	106
Figura 56 – Campo de blocos	107
Figura 57 – Orientação dos minerais no campo de blocos	108
Figura 58 –Traçado da orientação dos minerais no campo de blocos	108
Figura 59 – Centro de Lajinha de Pancas	109
Figura 60 – Zona de Cisalhamento no Centro de Lajinha de Pancas	110
Figura 61 – Danos em residência no Distrito de Lajinha de Pancas-ES	111
Figura 62 – Supermercado Favoretti no Distrito de Lajinha de Pancas-ES	111
Figura 63 – Faceta triangular na ES-080	112
Figura 64 – Representação da Faceta triangular na ES-080	113

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Domínios Estruturais, Regiões e Unidades Geomorfológicas do ES segundo Gatto et al. (1983) e Mendes et al. (1987)	38
Quadro 2 - Domínios Estruturais, Regiões e Unidades Geomorfológicas da área estudada, segundo Gatto et al. (1983) Mendes et al. (1987)	44
Quadro 3 – Síntese do clima do estado do Espírito Santo, segundo IBGE (2018)	47
Quadro 4 – Pontos da área estudada	98

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Diferentes valores de Z-Factor de acordo com a latitude	66
--	----

LISTA DE SIGLAS

CPRM - Serviço Geológico do Brasil

CS-USP – Centro de Sismologia USP

GEOBASES – Sistema Integrado de Bases Geoespaciais do Estado do Espírito Santo

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

ICR – Índice de Concentração da Rugosidade

IDW - Inverse Distance Weighted – Inverso Ponderado das Distâncias

IMA – Instituto de Meio Ambiente e Recursos Hídricos

INCAPER – Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural

LCGGEO - Laboratório de Cartografia Geográfica e Geotecnologias (UFES)

MDE – Modelo Digital de Elevação

SGP – São Gabriel da Palha

SRTM - Shuttle Radar Topography Mission

TOPODATA - Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil

UC – Unidade de Conservação

UFES – Universidade Federal do Espírito Santo

USGS – Serviço Geológicos dos Estados Unidos

UTM - Universal Transversa de Mercator

SUMÁRIO

DEDICATÓRIA	05
AGRADECIMENTOS	06
EPÍGRAFE	07
RESUMO	08
ABSTRACT	09
LISTA DE FIGURAS	10
LISTA DE QUADROS	13
LISTA DE TABELAS	14
LISTA DE SIGLAS	15
1. INTRODUÇÃO	19
2. OBJETIVOS	21
2.1 OBJETIVO PRINCIPAL	21
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	21
3. ÁREA DE ESTUDO	22
3.1 LOCALIZAÇÃO E ACESSOS	22
3.2 GEOLOGIA	22
3.2.1 Geologia regional	22
3.2.1.1 Compartimento Geológico do Embasamento Pré-cambriano	22
3.2.1.2 Compartimento dos Depósitos Sedimentares Cenozoicos	28
3.2.1.3 Faixa Colatina	29
3.2.1.4 Neotectônica	29
3.2.2 Geologia da área	30
3.2.3 Neotectônica da área	34
3.3 GEOMORFOLOGIA	37
3.3.1 Geomorfologia regional	37
3.3.1.1 Domínios Morfoestruturais, Regiões e Unidades Geomorfológicas	37
3.3.1.1.1 Domínio Maciços Plutônicos	38
3.3.1.1.2 Domínio Faixa de Dobramentos Remobilizados	40
3.3.1.1.3 Domínio dos Depósitos Sedimentares	41
3.3.2 Geomorfologia da área	42
3.3.2.1 Domínios Morfoestruturais, Regiões e Unidades Geomorfológicas	42
3.4 CLIMA	45

3.4.1	Clima regional	45
3.4.2	Clima da área	45
4.	BASES TEÓRICAS E CONCEITUAIS	49
4.1	TECTÔNICA DE PLACAS	49
4.2	LINEAMENTOS	52
4.3	MORFOTECTÔNICA	53
4.4	MORFOESTRUTURA	55
4.5	NEOTECTÔNICA	57
4.6	ATIVIDADE SÍSMICA	59
5.	METODOLOGIA	62
5.1	ANÁLISES DE GABINETE	62
5.1.1	Revisão bibliográfica	63
5.1.2	Elaboração de mapas e perfis	63
5.1.3	Análise de lineamentos	63
5.1.3.1	Extração de lineamentos em MDE - Escala 1:110.000	63
5.1.3.2	Extração de lineamentos em ortofotos digitais - Escalas 1:25.000 e 1: 10.000	67
5.1.4	Análise estrutural e tectônica	67
5.1.4.1	Mapa de falhas e fraturas	67
5.1.5	Análise morfotectônica e morfoestrutural	67
5.1.5.1	Mapa hipsométrico	67
5.1.5.2	Mapa de superfície de base	67
5.1.5.3	Feições morfotectônicas	68
5.1.6	Perfis geológicos-geomorfológicos	68
5.1.7	Perfil em varredura	70
5.2	ANÁLISES DE CAMPO	70
6.	RESULTADOS E DISCUSSÕES	72
6.1	ANÁLISES DE GABINETE	72
6.1.1	Análise de lineamentos (área total 1.375,29 Km², escala 1:110.000)	72
6.1.2	Análise de densidade de lineamentos e <i>trends</i> estruturais	73
6.1.3	Análise de lineamentos em ortofotos digitais - Escalas 1:25.000 e 1: 10.000	75
6.1.4	Análise de falhas e fraturas	78

6.1.5	Análise da hipsometria	79
6.1.6	Análise do mapa de superfície de base	81
6.1.7	Análise de feições morfotectônicas	83
6.1.8	Análise dos perfis geológicos-geomorfológicos	85
6.1.9	Análise do perfil em varredura	93
6.1.10	Análises neotectônicas	95
6.2	ANÁLISES DE CAMPO	96
6.2.1	Pontos de campo	101
6.2.1.1	Ponto 1 – Sítio Cantinho do Céu	101
6.2.1.2	Ponto 2 – Pedra da colina	103
6.2.1.3	Ponto 3 – Mirante da Pedra da Colina	103
6.2.1.4	Ponto 4 – Afloramento São Gabriel da Palha (SGP-05)	105
6.2.1.5	Ponto 5 – Campo de blocos	107
6.2.1.6	Ponto 6 – Lajinha de Pancas-ES	108
6.2.1.7	Pontos 7 e 8 – Propriedade do Senhor Fred e Supermercado Favoretti	110
6.2.1.8	Ponto 9 – Facetas triangulares	112
7.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	114
8.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	116

1. INTRODUÇÃO

A presente pesquisa trata do estudo da relação de lineamentos, estruturas geológicas, tectônica e falhas neotectônicas na região de Pancas (Espírito Santo, sudeste do Brasil), a qual é de fundamental importância para o entendimento da evolução do relevo.

A análise de lineamentos tem sido uma ferramenta útil para pesquisas relacionadas ao entendimento da evolução do relevo de áreas com controle estrutural e tectônico, além da importância para análises neotectônicas. Tem sido utilizada em estudos realizados no Sudeste do Brasil por, entre outros, Gontijo (1999), Hiruma e Riccomini (1999), Hiruma et al. (2001), Modenesi-Gauttieri et al. (2002), Silva (2006), Hiruma (2007), Miranda (2007;2009), Mello e Bricalli (2009), Ribeiro (2010), Bricalli (2011), Busato (2014;2020), Souza (2015) e Posses (2020).

Estudos sobre litoestrutura e tectônica vem sendo desenvolvidos em todo mundo e apresentados em pesquisas com temáticas diferentes como, por exemplo, o estudo da relação da tectônica com feições topográficas em regiões tectonicamente ativas (WISE et al., 1985; CADOPPI et al., 2006).

No Brasil, diversos autores têm se dedicado aos estudos da litoestrutura e tectônica, onde podemos destacar, por exemplo, a análise dos componentes morfoestruturais do maciço Uruburetama (LIMA et al., 2015); estudos sobre a influência da tectônica pós-miocênica na configuração do relevo em uma borda de uma Margem Continental Passiva (LIMA et al., 2017); a influência da Neotectônica na configuração geomorfológica da linha de costa do Sul da Bahia (OLIVEIRA et al., 2018); avaliação do papel da neotectônica no sudeste do Brasil (PINHEIRO; CIANFARRA, 2021).

No estado do Espírito Santo a relação da litoestrutura, tectônica e neotectônica com o relevo, também tem sido objeto de estudos por pesquisadores (BUSATO, 2014; 2020; SOUZA, 2015; GABRIEL, 2017; POSSES, 2020). Em todo estado do Espírito Santo observa-se a presença de feições morfotectônicas e morfoestruturais (BUSATO, 2014;2020; SOUZA, 2015; SOUZA; BRICALLI 2017; POSSES 2020) e um grande conjunto de falhas neotectônicas (BRICALLI, 2011), controlando essas feições.

A área estudada é caracterizada por padrões de relevo com forte controle

estrutural e tectônico. Além disso, é importante mencionar a existência de falhas neotectônicas no local, sugerindo um condicionamento dessas falhas nas feições mencionadas (BRICALLI, 2011). Apresenta também, densidade alta de falhas/fraturas, e está inserida na feição geotectônica mais importante do estado do Espírito Santo (BRICALLI, 2011) de orientação NNW-SSE, com características rúpteis associadas a esforços compressivos e distensivos, sendo considerada uma área com presença de reativações tectônicas (NOVAIS et al., 2004). O relevo da região se apresenta em forma de pães-de-açúcar, separados por um conjunto de falhas/fraturas visíveis em imagens orbitais, semi-orbitais e *in loco*.

Somado a isso, a região de Pancas registrou 3 (três) atividades sísmicas recentes, de magnitudes baixas, no ano de 2021, cujos tremores foram relatados pela população local. A primeira ocorrência de atividade sísmica, no estado do Espírito Santo, foi registrada no ano de 1767.

Diante do exposto, o objetivo principal dessa pesquisa foi investigar o controle litoestrutural, tectônico e neotectônico no relevo da região de Pancas, estado do Espírito Santo. Os objetivos específicos corresponderam a: i) Identificar padrões de lineamentos na região de Pancas, segundo a metodologia de extração manual; ii) Relacionar padrões de lineamentos, estruturas geológicas, orientação das estruturas do Orógeno Araçuaí, orientação da Faixa Colatina e orientações de falhas neotectônicas com o relevo de pães-de-açúcar.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO PRINCIPAL

A presente pesquisa tem como objetivo principal investigar o controle litoestrutural, tectônico e neotectônico no relevo da região de Pancas, estado do Espírito Santo.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar padrões de lineamentos na região de Pancas, segundo a metodologia de extração manual;
- Relacionar padrões de lineamentos, estruturas geológicas, orientação das estruturas do Orógeno Araçuaí, orientação da Faixa Colatina e orientações de falhas neotectônicas com o relevo de pães-de-açúcar.

3. ÁREA DE ESTUDO

3.1 LOCALIZAÇÃO E ACESSOS

A área estudada compreende a região de Pancas, no noroeste do estado do Espírito Santo, abrangendo 1.375,29 km², situada entre as latitudes 19°00'49.15"S – 19°24'10.62"S e longitudes 40°36'47.57"W – 40°54'58.39"W. O acesso, a partir da cidade de Vitória, inicia-se pela BR-101 Norte e, a partir do Município de João Neiva, pela BR-259, sentido Colatina. A área apresenta um relevo em forma de pães-de-açúcar, cuja beleza cênica deu origem a uma Unidade de Conservação (UC), criada em 2002, denominada “Monumento Natural dos Pontões Capixabas” (Figura 1).

3.2 GEOLOGIA

3.2.1 Geologia Regional

O estado do Espírito Santo apresenta 2 (dois) compartimentos geológicos principais: 1) O Compartimento do Embasamento Pré-cambriano, na porção oeste do estado, pertencente a Província da Mantiqueira, constituído por rochas metamórficas e ígneas plutônicas proterozoicas, e 2) o Compartimento dos Depósitos Sedimentares Cenozoicos, a leste, formado por rochas sedimentares representadas por depósitos da Formação Barreiras e Depósitos Sedimentares Quaternários (BRICALLI, 2011; CPRM, 2018) – figura 2.

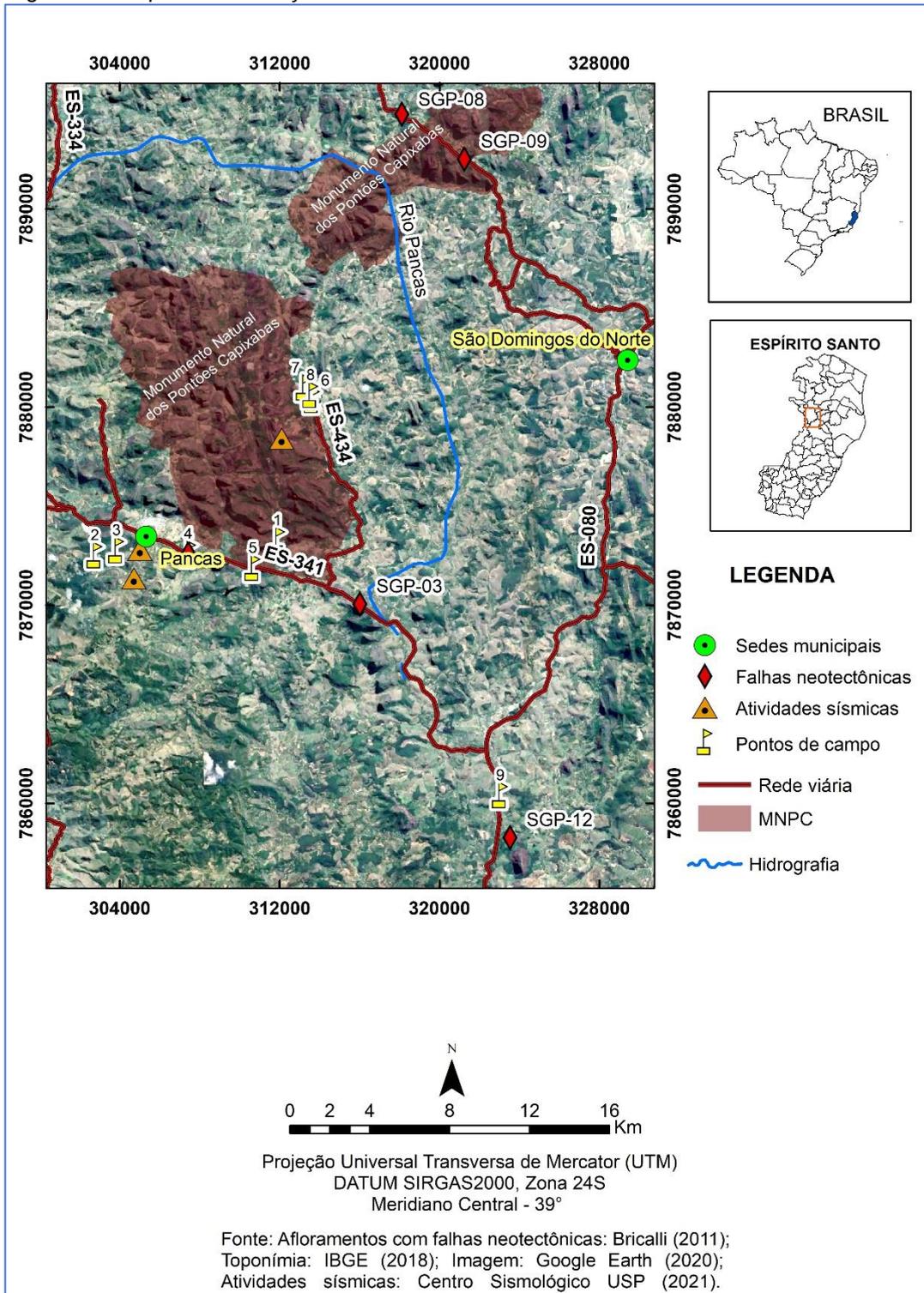
3.2.1.1 Compartimento Geológico do Embasamento Pré-cambriano

A área estudada está inserida no Compartimento do Embasamento Pré-cambriano, correspondente aos terrenos relacionados à faixa móvel Orógeno Araçuaí, presentes na borda sudeste do Cráton do São Francisco do Ciclo Brasileiro (HEILBRON et al., 2004). Segundo Heilbron et al. (2004), o Orógeno Araçuaí (Figura 3) se divide em 3 (três) compartimentos tectônicos: o domínio externo, interno e setentrional, se estendendo do Cráton do São Francisco ao litoral atlântico, e na altura do paralelo 21° ocorre a passagem para o Orógeno Ribeira, marcado pela deflexão da estruturação brasileira que muda da direção NNE, a norte, para NE, a sul.

O Espírito Santo está inserido no compartimento tectônico do domínio interno,

que é, de fato, o núcleo metamórfico-anatético do Orógeno Araçuaí, onde se originaram grandes quantidades de rochas graníticas em estágios diversos da Orogênese Brasileira (HEILBRON et al., 2004).

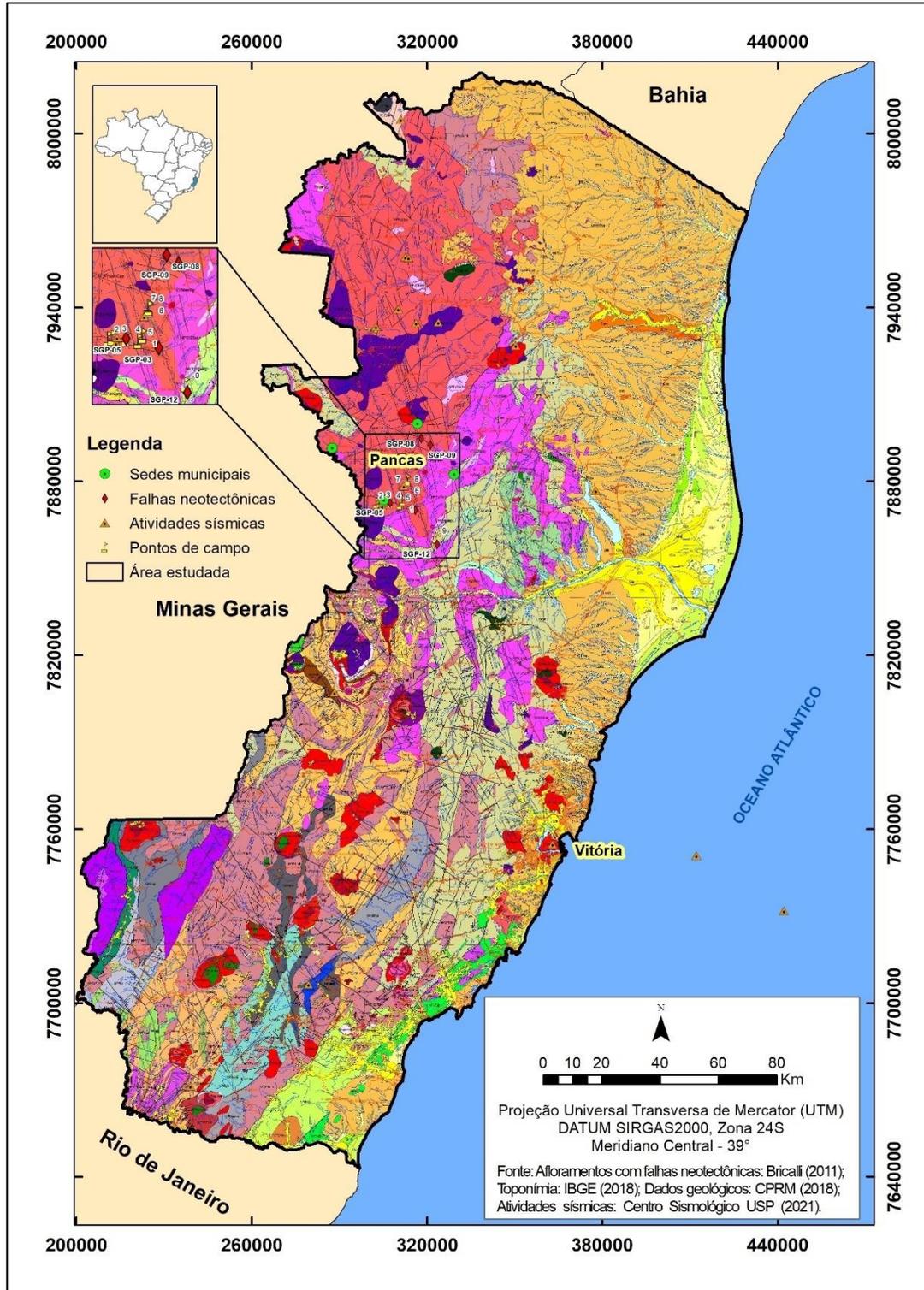
Figura 1 – Mapa de localização da área estudada



Fonte: Organizado pelo autor

Padrões de lineamentos e controle estrutural, tectônico e neotectônico no relevo da região de Pancas (Espírito Santo, Sudeste do Brasil).

Figura 2 – Mapa geológico do Espírito Santo



Fonte: Modificado de CPRM (2018)

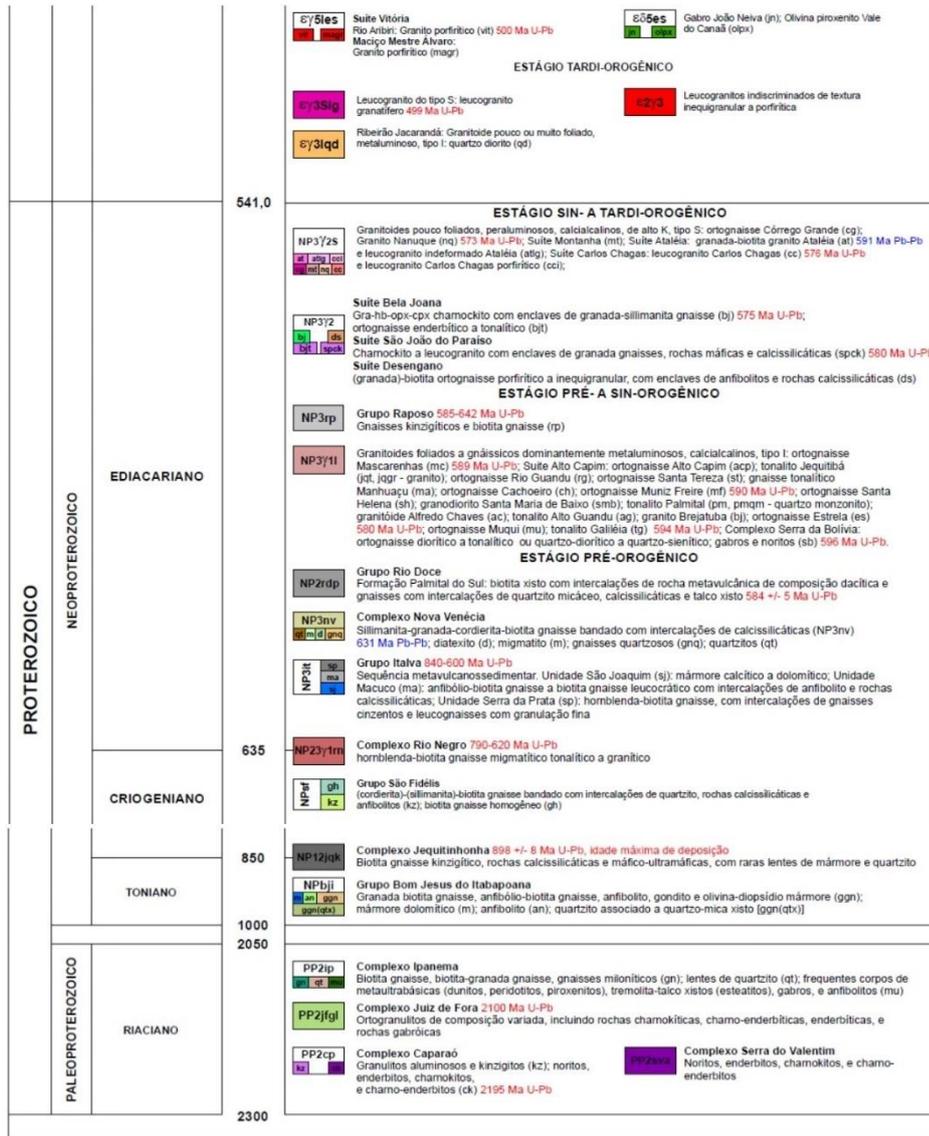
Padrões de lineamentos e controle estrutural, tectônico e neotectônico no relevo da região de Pancas (Espírito Santo, Sudeste do Brasil).

LEGENDAS

COLUNA LITOESTRATIGRÁFICA

ÉON	ERA	PERÍODO	ÉPOCA	Idade (Ma)	COBERTURAS SUPERFICIAIS									
CENOZOICO	NEÓGENO	HOLOCENO	0,01	Q2a	Depósitos fluviais argilo-arenosos e arenosos recentes: sedimentos fluviais de deltas dominados por processos fluviais e aluvionares constituídos de areia e cascalho									
				Q2fi	Depósitos flúvio-lagunares recentes: sedimentos areo-argilosos ricos em matéria orgânica, podendo frequentemente conter grande quantidade de conchas de moluscos de ambientes lagunares									
				Q2li	Depósitos marinhos litorâneos recentes: sedimentos arenosos bem selecionados									
				Q2pm	Depósitos de pântanos e manguezais recentes: sedimentos em geral pelíticos, localmente arenosos e quase sempre ricos em matéria orgânica, podendo conter fragmentos de madeira e conchas de moluscos									
				Q2cl	Cordões litorâneos recentes: sedimentos arenosos e argilo-arenosos costeiros									
				Q2p	Depósitos de paleocanais recentes: depósitos residuais associados a paleocanais fluviais compostos por areia e cascalho									
				Q12ca	Depósitos aluviais e colúviais indiferenciados: sedimentos argilo-arenosos encontrados nos vales, frequentemente acima do limite atingido pela penúltima transgressão									
				Q1cl	Cordões litorâneos antigos: sedimentos arenosos e argilo-arenosos costeiros									
				Q1li	Depósitos marinhos litorâneos antigos: sedimentos arenosos bem selecionados de coloração escura em consequência da presença de matéria orgânica de origem secundária									
				N2Q1di	Coberturas detrito-lateríticas: sedimentos detrito-lateríticos argilo-arenosos com níveis de cascalho e solos lateríticos ferruginosos									
		PLEISTOCENO	33,90	2,59	Enb	Grupo Barreiras: depósitos detriticos pobremente selecionados, com granulometria cascalho, areia, e argila, geralmente contendo horizontes lateríticos								
					PALEÓGENO	66,00	Eges	BACIA DO ESPÍRITO SANTO Espírito Santo 1: arenito, branco, feldespático, conglomerático e argilito (Formação Rio Doce - Erd), intercalados com ignimbritos e rochas piroclásticas de composição riolítica a dacítica (Formação Abrolhos - Eab). Observa-se um "mixing" na base da Fm. Rio Doce com vulcânicas ignimbriticas da Fm. Abrolhos; correspondendo a uma extensão do vulcanismo de Abrolhos, onshore 64-42 Ma Ar-Ar						
								MIOCENO	53,3	23,03	OLIGOCENO	33,90		
													EOCENO	56,00
FANEROZOICO	CAMBRIANO	ORDOVICIANO	485,4	443,4	PROVÍNCIA MANTIQUEIRA									
					ESTÁGIO PÓS-OROGÊNICO									
					O-5gr	Bom Jesus do Norte: Granito isotrópico, cinza claro e de granulção média								
					RO-4a	Diques e stocks de granitos finos, equigranulares e leucocráticos, associados a falhas e fraturas								
					RY-4sb	Suíte Serra do Bonfim: (hornblenda)-biotita gnaíse de composição granítica, porfírica, com variações para texturas miloníticas a ultramilonítica (Pedra Olho de Pombo).								
					Supersuíte Aimorés									
					E55amva	Suíte Várzea Alegre 2 - E755amva Granitoides metaluminosos, calcio-alcálicos de alto K e mafitos associados: Itarana: norito (no); Rio Sosego: diorito (dr); Praça Olho: charnockito (ck); Rio Jaboca: tonalito (t); Rio Taboca: microclina granito (mgr) 530 Ma Rb-Sr	E55amva	Recreio: norito médio e grosso, metaluminoso, tholeiítico						
					E75lamva	Charnockito Padre Paraíso 513-502 Ma U-Pb Charnockito e enderbita porfíricos, metaluminosos, calcio-alcálicos de alto K	E65am	Baunilha: norito (no); Bergamo: gabro (gb)						
					E65amb	Suíte Ibituba - E755amb Granitoides metaluminosos, calcio-alcálicos a alcalinos, tipo I. 535-520 Ma U-Pb. Canja: Charnockito (ck); Córrego Caparaó: microclina granito (mgr); Córrego Desengano: migmatitos e granitos (migr); Guandu: diorito (dr)	E75lam	São Bento: Charno-enderbita (ed); Humaitá: Microclina granito (mgr); Água: Biotita granito (bg); Humaitá: granito (gr); Lavrinha: tonalito (t); Granito Caladão (ca) 519-503 Ma Pb-Pb; Granito Jacoquã (jc); Granito Fazenda Berger (fb)						
					E75lamb	Suíte Lagoa Preta - E755lamb Córrego Aventuroso: Anortito (a); São Sebastião da Valsa: diorito (dr); Córrego Bananal: gabro (gb); Córrego Jac: olivina-gabro (olg); Córrego Crescúma: granito (gr); Córrego Ferrugem: charnockito (ck) 585 Ma Pb-Pb	E65amit	Suíte Itapina - E755amit 535-520 Ma U-Pb Granitoides metaluminosos, calcio-alcálicos a alcalinos, tipo I; Córrego Esperança: charnockito (ck); Santa Joana: microclina granito (mgr); Rio Chave: diorito (dr)						
					E75lamb	Supersuíte Santa Angélica								
					E65sasa	Suíte Santa Angélica - E755sasa Fazenda Bela Aurora: Diorito (dr); Laranjeiras: gabro (gb); Laminas Frio: albita granito porfírico e titanita granito (gr) 513 Ma Pb-Pb	E65sact	Suíte Castelo - E755sact Picada Comprida: granito (zona mista) (gr); Ribeirão da Prata: albita granito (gr1); Ribeirão São João: titanita granito (gr2); Estera: granodiorito (gd); Alto Cavite Quente: diorito de granulção média (dr1); Cavite: diorito de granulção fina (dr2)						
					E75saac	Suíte Alto Chapéu - E755saac Ribeirão Estrela: Albita granito (gr); Ribeirão São João: migmatito de bordo (mig); Córrego Santo Amaro: gabro (gb)	E65savn	Suíte Venda Nova - E755savn Ribeirão do Meio: Siengranito (sgr); Imigrante: granito fino (gr2); Conceição do Castelo: microclina granito (gr3); Ribeirão São José da Viçosa: charnockito (ck); Ribeirão Castelo: gabro (gb); Ribeirão do Peixe: norito (no)						
					E75sams	Suíte Mimoso do Sul - E755sams Mucuri do Sul: Monzonito (mz); Apudé: diorito (dr); Jacutinga: olivina-ortopiroxênio gabro Jacutinga (jc); Linhão: migmatito (mig); Córrego Ubrajá: granito (gr)	E65sa	Maciço Garrafão Granito porfírico, rêsse (gf); Maciço Afonso Cláudio Microclina granito (afc); Pedregulho: gabro (gb); Córrego Mondisa: diorito (dr); Granito Rio Ponte (rp); Ribeirão Muqui do Norte: granito (gr); Ribeirão Monte Cristo: Albita granito (agr); Granito Morro do Coco (mc);						
					E75saa	Suíte Aracá - E755saa Pedra Azul: Monzogranito (mzgr); Pedra do dedo: diorito (dr)	E65salm	Suíte Lajinha do Mutum - E755salm Córrego dos Medeiros: Diorito (dr); Córrego da Neblina: granito (gr)						
E75sacm	Suíte Conceição do Muqui - E755sacm Granito (gr); Albita granito (agr).	E75salm	Diorito Concórdia											
Supersuíte Espírito Santo 3														
E65esfu	Suíte Fundão - E755esfu Córrego Mucunat: Charnockito (ck); Córrego Chapada Grande: granito (gr); Ribeirão Três Rios: norito (no)	E65esara	Suíte Aracruz - E755esara Praque-Açu: Charnockito (ck); Córrego Taquaral: diorito (dr); Córrego Aricaçua: granito (gr); Córrego do Retiro: norito (no)											
E75esrn	Suíte Rio Novo do Sul - E755esrn Córrego Santa Helena: Zona agnítica (zag); Santa Maria: Granodiorito (gd); Córrego São Vicente de Cima: Granito (gr); Córrego do Gato: Monzogranito (mz); Novo: Diorito (dr)	E65esic	Suíte Iconha - E755esic Oróbi: Granodiorito e quartzomonzonito (gd); Bom Destino: Granito (gr); Itapoana: Microgranodiorito (mgd); Jaracata: Diorito e monzonito subordinado (dr)											
E75esrn	Norito São Gabriel da Baunilha: norito médio e grosso, metaluminoso, tholeiítico	E75esivi	Suíte Viana Córrego Boca do Mato: Granito (gr); Córrego do Moirho: Charnockito (ck)											

Padrões de lineamentos e controle estrutural, tectônico e neotectônico no relevo da região de Pancas (Espírito Santo, Sudeste do Brasil).

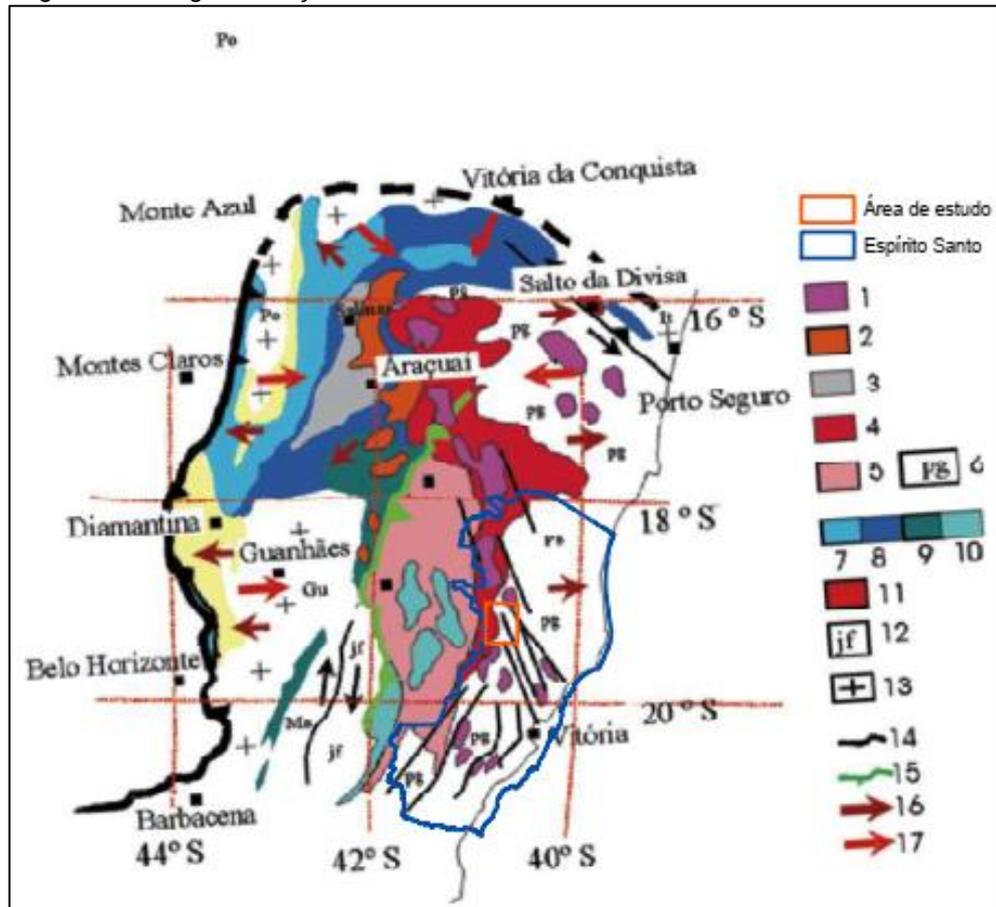


A notação dos granitoides segue a seguinte sistemática: Classificação química: "T" = tipo cordilheirano; "S" = tipo-S.
EXEMPLO DE NOTAÇÃO COMPLETA: NP3?2Scc = granitoide do Neoproterozoico, do Orógeno Araçuaí, do estágio sin- a tardi-orogênico, tipo-S. Em vermelho, idade de cristalização; em azul, idade Pb-Pb em zircão (evaporação); em verde, idade isocrônica Rb-Sr; em laranja, idade pelo método Ar-Ar.

CONVENÇÕES GEOLÓGICAS

Fonte: CPRM (2018)

Figura 3 – Orógeno Araçuaí



- | | |
|--|---|
| 1 - Suíte G5, tipo I (520-490 Ma). | 12 - Complexo Juiz de Fora (2,2-2,0 Ga). |
| 2 - Suíte G4, tipo S (520-500 Ma). | 13 - Arqueano a Mesoproterozóico retrabalhado na Orogenia Brasiliana (Supergrupo Espinhaço em amarelo); complexos Gu- Guanhães, It- Itabuna, Ma-Mantiqueira, P-Pocrane, e Po-Porteirinha. |
| 3 - Formação Salinas (570-520 Ma). | 14 - Limite cratônico. |
| 4 - Suítes G2 (585-565 Ma) e G3S, ambas tipo S. | 15 - Zona de sutura neoproterozóica. |
| 5 - Suíte G1, tipo I (630-585 Ma). | 16 - Transporte tectônico. |
| 6 - Complexo paragnáissico. | 17 - Polaridade metamórfica |
| 7 - Grupo Macaúbas proximal. | |
| 8 - Grupo Macaúbas distal. | |
| 9 - Formação Ribeirão da Folha (RF) e Grupo Dom Silvério (DS). | |
| 10 - Grupo Rio Doce. | |
| 11 - Granito Salto da Divisa (880 Ma). | |

Fonte: Adaptado de Heilbron et al. (2004)

O Orógeno Araçuaí passou por vários estágios de formação até chegar a sua configuração atual. Iniciou-se com a fase de *rift*, há cerca de 930Ma e 880Ma, com o estabelecimento de uma bacia precursora do Orógeno Araçuaí, registrada por exames de diques máficos e pelas unidades basais e proximais do Grupo Macaúbas; em seguida, ocorreu a transição para a margem passiva, com características de mar profundo e remanescentes de crosta oceânica, principalmente do Grupo Macaúbas e do Grupo Rio Doce (HEILBRON et al., 2004).

Posteriormente, conforme Heilbron et al. (2004), ocorreram mais 4 (quatro)

estágios orogênicos:

i) o estágio pré-colisional (630Ma-585Ma), caracterizado por granitos do tipo I da suíte G1, constituídos por tonalitos e granodioritos, com dioritos subordinados e frequentes enclaves máficos;

ii) o estágio sin-colisional (585Ma-565Ma), caracterizado por granitos do tipo S da suíte G2 e incluem corpos graníticos tabulares autóctones ou parautóctones e intrusões com composição, predominante, de granada-biotita granito, de natureza caucioalcalino. O Complexo Paraíba do Sul e o domínio dos granitos do tipo S da suíte G2 são os domínios do embasamento pré-cambriano de maior extensão e pertencem a este estágio;

iii) o estágio tardi-colisional (565Ma-535Ma), representado pelos granitos da suíte G3-S, caracterizados por granada-cordierita leucogranito e alguns plútons graníticos do tipo I, com assinatura cálcio-alcalina de alto K;

iv) o estágio pós-colisional (535Ma-490Ma), representado por intrusões graníticas do tipo I da suíte G5, podendo conter fácies charnockíticas e enderbíticas, com composição predominante que varia de granito a sienogranito, geralmente porfirítico a subporfirítico com frequentes enclaves máficos e eventuais xenólitos de rocha encaixante.

No mapa da CPRM (2018) é possível observar uma diferenciação litológica e estrutural entre o norte e o sul do estado do Espírito Santo, e o Complexo Paraíba do Sul, mesmo presente em todo estado, apresenta, na porção norte, menor heterogeneidade litológica e estrutural que a porção sul.

Na porção norte do estado predominam três Domínios Geológicos: o Complexo Paraíba do Sul, com fácies anfíbolito alto; Suítes Granitoides do tipo S G3-S e G2, e do tipo I G5; e Coberturas Fanerozoicas amplamente distribuídas. Na porção sul ocorre predominância areal do Complexo Paraíba do Sul (fácies anfíbolito alto) e Granitos do tipo S das suítes G3-S e G2 ocorrendo em forma de ilhotas mais ou menos lenticulares, além de outros, em menor quantidade do que o norte do estado (CPRM, 2018).

3.2.1.2 Compartimento dos Depósitos Sedimentares Cenozoicos

Os Depósitos Cenozoicos são formados por rochas sedimentares

representadas por depósitos da Formação Barreiras e Depósitos Sedimentares Quaternários Fluviais e Marinheiros, e constituem as litologias da parte leste do estado do Espírito Santo distribuindo-se de forma descontínua ao longo da costa, com maior predominância na porção norte. A litologia dos Depósitos Sedimentares de idade cenozoica é constituída por depósitos fluviais argilo-arenosos e arenosos recentes (sedimentos fluviais de deltas dominados por processos fluviais e aluvionares compostos de areia e cascalho), e de sedimentos da Formação Barreiras, formados por depósitos detríticos pobremente selecionados, com granulometria de cascalho, areia, e argila, geralmente contendo horizonte lateríticos (CPRM, 2018).

Na faixa costeira do estado do Espírito Santo, os depósitos quaternários estão bem retratados, no entanto, a área estudada apresenta cobertura quaternária presente no relevo e nas margens dos rios, representada por depósitos continentais (terraços arenosos pleistocênicos, terraços arenosos holocênicos, pântanos e mangues holocênicos, depósitos holocênicos fluvio-lagunares e depósitos holocênicos aluvionares) – (SILVA et al., 1987; MARTIN et al., 1997).

3.2.1.3 Faixa Colatina

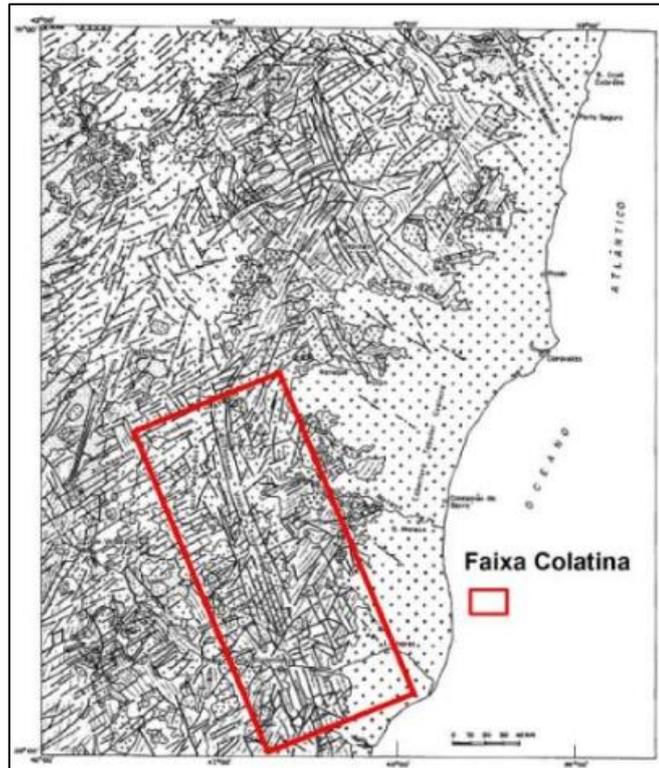
No Compartimento do Embasamento Pré-cambriano existe uma feição tectono-estrutural, de orientação NNW-SSE, com aproximadamente 250 km de extensão, denominada Alinhamento Vitória-Ecoporanga (SILVA et al., 1987) ou Faixa Colatina (NOVAIS et al., 2004) - figura 4, que se inicia em Vitória, passa por Colatina e Ecoporanga e se estende até o estado de Minas Gerais. Tem sua origem associada a um processo de deformação dúctil junto à borda sul do Cráton do São Francisco e teria sido reativada no Eon Paleozoico, a partir de processos de cisalhamento, posteriormente, no Mesozoico (Jurássico). Estudos recentes consideram que outras reativações possam ter ocorrido durante o Neogeno e Quaternário (NOVAIS et al., 2004; MIRANDA, 2007; BRICALLI, 2011).

3.2.1.4 Neotectônica

No estado do Espírito Santo existem muitas falhas neotectônicas (MELLO et al., 2005; MIRANDA, 2007;2009; RIBEIRO, 2010; BRICALLI, 2011), presentes

também na área estudada, no Compartimento do Embasamento Pré-cambriano, uma vez que afeta rochas do embasamento alterado, de idade quaternária, sendo assim consideradas falhas neotectônicas.

Figura 4 – Faixa Colatina



Fonte: Modificado de Silva et al. (1987)

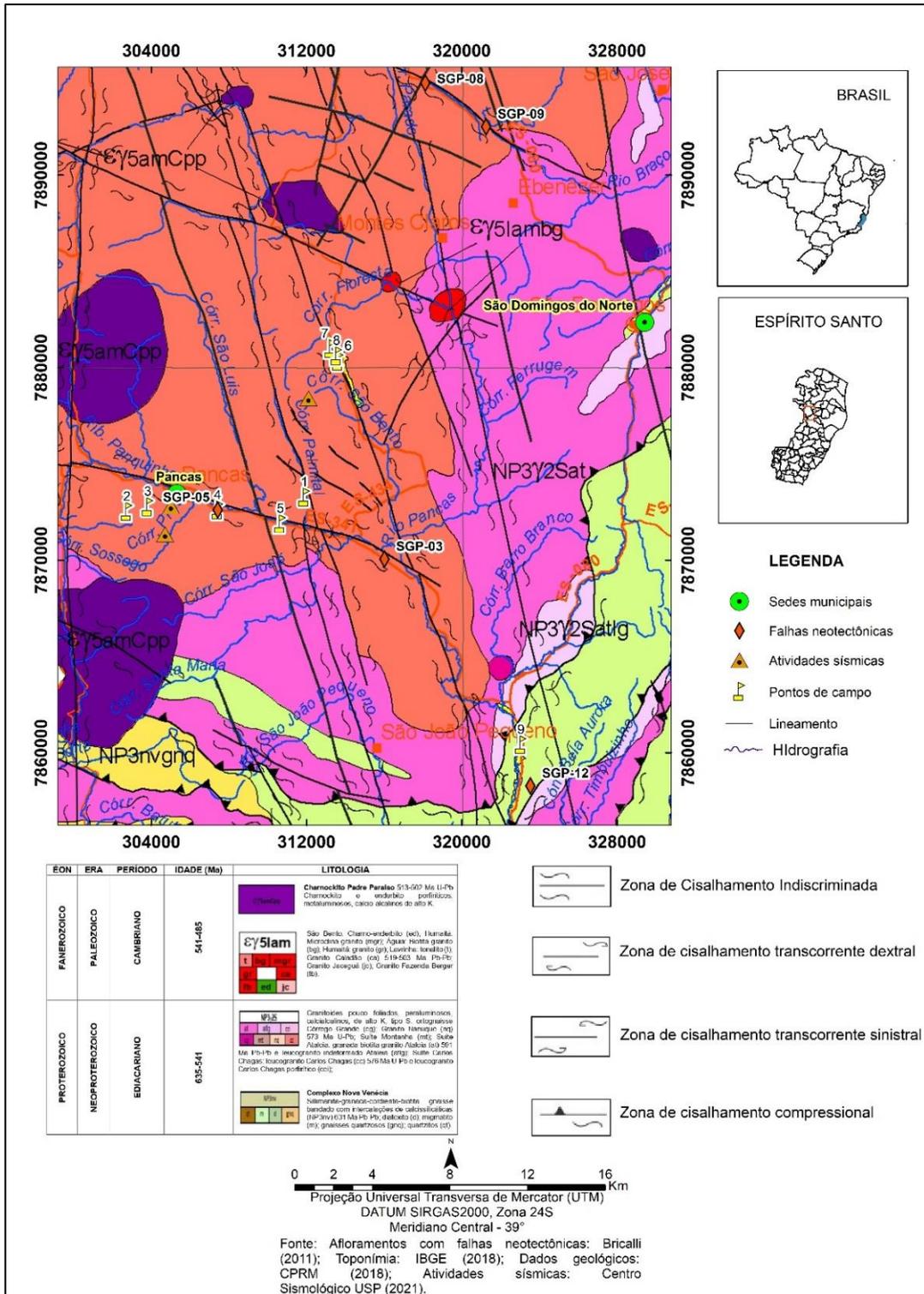
Os estudos de neotectônica realizados em todo estado do Espírito Santo indicam a existência de 3 (três) regimes neotectônicos: 1) Transcorrência Sinistral E-W, associada a uma Distensão NW-SE e compressão NE-SW; 2) Transcorrência Dextral E-W, relacionada a uma distensão NE-SW e compressão NW-SE, afetando os depósitos paleogênicos, neogênicos e pleistocênicos, atribuída ao limite Pleistoceno-Holoceno e; 3) Distensão NW-SE, afetando os depósitos Holocênicos (MIRANDA, 2007;2009; RIBEIRO, 2010; BRICALLI, 2011).

3.2.2 Geologia da área

A área estudada está inserida no Compartimento Geológico do Embasamento Pré-cambriano apresentando litologias diferentes (Figura 5):

Padrões de lineamentos e controle estrutural, tectônico e neotectônico no relevo da região de Pancas (Espírito Santo, Sudeste do Brasil).

Figura 5 – Mapa geológico da área estudada



Fonte: Modificado de CPRM (2018)

i) silimanita-granada-cordierita-biotita bandado com intercalações de calcissilicáticas (NP3nv), gnaissas quartzosos (gnq), pertencentes ao Complexo Nova Venécia (Era Neoproterozoica), datado de 631Ma Pb-Pb. Esse complexo abrange a

porção sul da área estudada e pequenas porções a nordeste e noroeste (CPRM, 2018);

ii) granitóides poucos foliados, Peraluminosos, calcialcalinos, de alto K, tipo S, estágio sin- a tardi-orogênico pertencentes as litologias (Era Neoproterozoica) Granito Nanuque (nq) 573Ma U-Pb que abrange a porção sudoeste na área estudada; Suíte Ataleia, datada de 591Ma Pb-Pb, composta de granada-biotita granito Ataleia (at) e leucogranito indeformado Ataleia (atlg), que abrange as porções sul, leste e pequena área a oeste da área estudada e a Suíte Carlos Chagas, datada de 576Ma U-Pb, composta de: leucogranito Carlos Chagas (cc) que abrange a maior parte da área estudada (CPRM, 2018);

iii) charnockito e enderbita porfiríticos, metaluminosos, calcio-alcálicos de alto K pertencentes ao Charnockito Padre Paraíso (Era Paleozoica), estágio pós-orogênico, datado de 513Ma-502Ma U-Pb, que está distribuído em porções na área abrangida pela Suíte Carlos Chagas (CPRM, 2018).

Além disso, diversas estruturas geológicas estão presentes na área estudada, segundo a CPRM (2018). No total, observa-se a presença de 18 (dezoito) estruturas geológicas abrangendo toda área, com orientações predominantes NW-SE a NNW-SSE.

Na Suíte Carlos Chagas (cc), composta de leucogranito, existem extensas Zonas de Cisalhamento Indiscriminadas:

i) 1 (uma) Zona de cisalhamento indiscriminada de orientação WNW-ESE com cerca de 16 Km de extensão, na porção nordeste da área estudada e que atravessa parte da litologia Suíte Ataleia: granada-biotita granito Ataleia (at) - (CPRM, 2018);

ii) 3 (três) Zonas de cisalhamento indiscriminada de orientação NNW-SSE com cerca de 40 Km, 23 Km e 44 Km de extensão, que também atravessam as litologias localizadas a sudeste, sul, e sul-sudoeste da área estudada, Suíte Ataleia: granada-biotita granito Ataleia (at) e leucogranito indeformado Ataleia (atlg), além dos gnaisses quartzosos (gnq) do Complexo Nova Venécia (CPRM, 2018);

iii) 1 (uma) Zona de cisalhamento indiscriminada de orientação N-S, com cerca de 43 Km de extensão, que também atravessa a porção oeste da área estudada e as litologias da Suíte Ataleia: granada-biotita granito Ataleia (at) e leucogranito indeformado Ataleia (atlg), Complexo Nova Venécia, composto de silimanita-granada-

cordierita-biotita bandado com intercalações de calcissilicáticas (NP3nv), gnaisses quartzosos (gnq) e Charnockito Padre Paraíso, composto por charnockito e enderbita porfiríticos, metaluminosos, calcio-alcálicos de alto K (CPRM, 2018);

iv) 1 (uma) Zona de cisalhamento indiscriminada de orientação NNE-SSW, localizada na porção centro-norte da área estudada com cerca de 10 Km de extensão e que também atravessa a litologia Suíte Ataleia: granada-biotita granito Ataleia (at) - (CPRM, 2018);

v) 1 (uma) Zona de cisalhamento indiscriminada de orientação ENE-WSW, na porção noroeste da área estudada com cerca de 17 Km de extensão e que também atravessa a litologia Suíte Ataleia: granada-biotita granito Ataleia (at) - (CPRM, 2018);

Na Suíte Carlos Chagas, observa-se também, 3 (três) grandes Zonas de cisalhamento transcorrente sinistral:

i) 1 (uma) de orientação NNW-SSE com cerca de 46 Km de extensão, que também atravessa as litologias Charnockito Padre Paraíso composto por Charnockito e enderbita porfiríticos, metaluminosos, calcio-alcálicos de alto K; Suíte Ataleia: granada-biotita, granito Ataleia (at) e Complexo Nova Venécia, composto de silimanita-granada-cordierita-biotita bandado com intercalações de calcissilicáticas (NP3nv), gnaisses quartzosos (gnq) – (CPRM, 2018).

ii) 1 (uma) de orientação WNW-ESE com cerca de 25 Km de extensão que atravessa a região centro norte da área estudada. Essa estrutura também atravessa as litologias Suíte Ataleia: granada-biotita, granito Ataleia (at) e Água: Biotita granito (bg) – (CPRM, 2018);

iii) 1 (uma) de orientação WNW-ESE com cerca de 20,5 Km de extensão que atravessa a região centro-sul da área estudada (CPRM, 2018).

Zonas de cisalhamento indiscriminada também são observadas em outras litologias, conforme descritas:

i) 1 (uma) Zona de cisalhamento indiscriminada com orientação WNW-ESE, ao sul da área estudada com cerca de 9,5 Km de extensão, dentro da litologia Suíte Ataleia: granada-biotita granito Ataleia (at) – (CPRM, 2018).

ii) 1 (uma) Zona de cisalhamento indiscriminada com orientação N-S, ao sul da área estudada com cerca de 8,5 Km de extensão, atravessando as litologias Suíte Ataleia: granada-biotita granito Ataleia (at) e Complexo Nova Venécia, composto de silimanita-granada-cordierita-biotita bandado com intercalações de calcissilicáticas

(NP3nv), gnaisses quartzosos (gnq) – (CPRM, 2018).

iii) 1 (uma) Zona de cisalhamento indiscriminada com orientação NNW-SSE, ao sul da área estudada com cerca de 7 Km de extensão, atravessando as litologias Suíte Ataleia: granada-biotita granito Ataleia (at) e Complexo Nova Venécia, composto de silimanita-granada-cordierita-biotita bandado com intercalações de calcissilicáticas (NP3nv), gnaisses quartzosos (gnq) – (CPRM, 2018).

Na litologia do Charnockito Padre Paraíso composto por charnockito e enderbitos porfiríticos, metaluminosos, calcio-alcálicos de alto K, observa-se 1 (uma) Zona de cisalhamento transcorrente dextral, orientação WNW-ESE com cerca de 7,4 Km de extensão (CPRM, 2018).

Extensas Zonas de cisalhamento compressional, com orientações NNW-SSE, NE-SE, WNW-ESE, E-W, são observadas ao sul e sudeste da área estudada, localizadas entre os limites da litologia do Complexo Nova Venécia composto de silimanita-granada-cordierita-biotita bandado com intercalações de calcissilicáticas (NP3nv), gnaisses quartzosos (gnq) com as litologias Suíte Ataleia: granada-biotita, granito Ataleia (at) e leucogranito indeformado Ataleia (atlg) - (CPRM, 2018).

3.2.3 Neotectônica da área

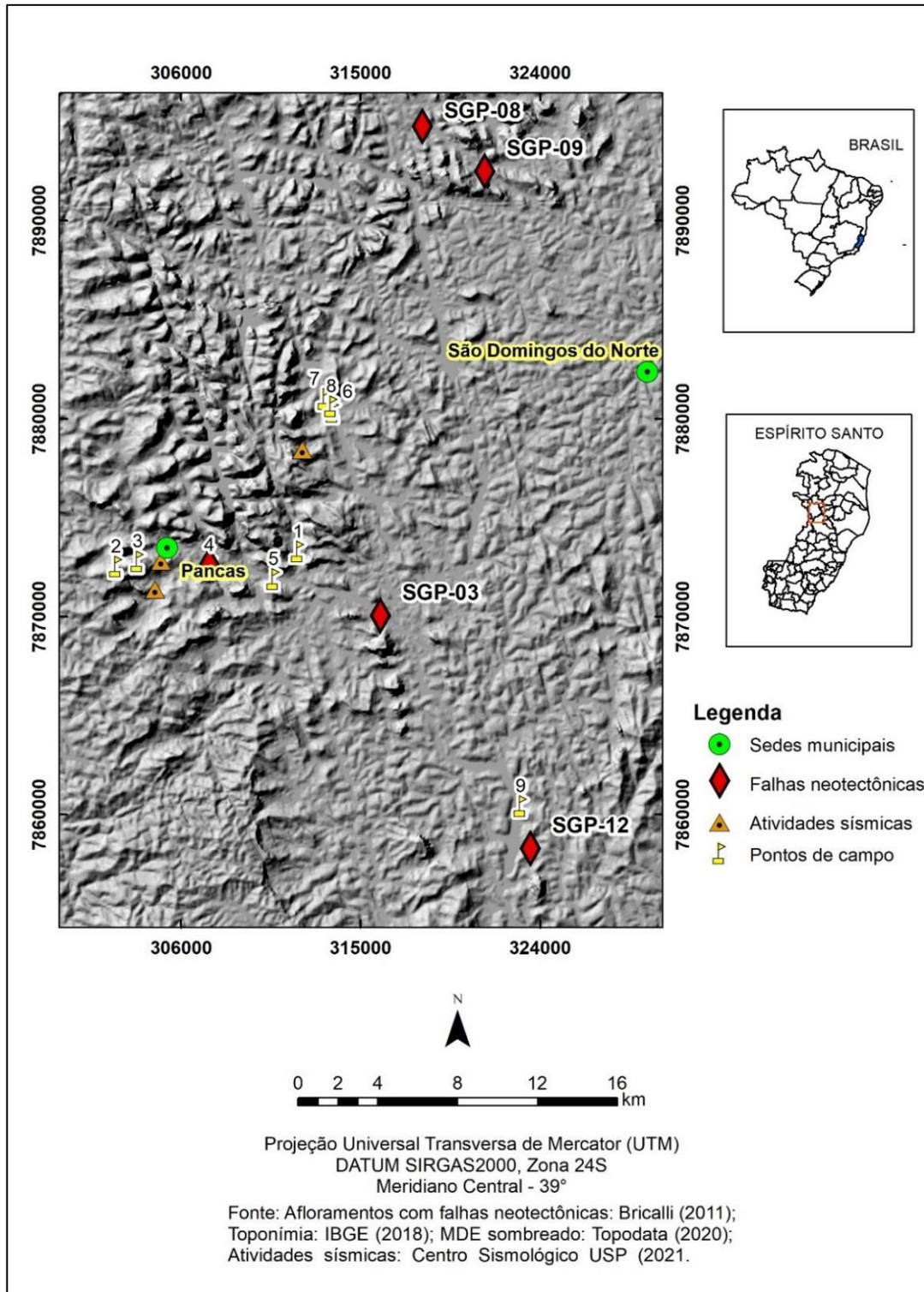
Na área estudada observa-se a presença de afloramentos com falhas neotectônicas estudados por Bricalli (2011) – figura 6, situados nas porções centro-oeste (SGP-03 e SGP-05), nordeste (SGP-08 e SGP-09) e sudeste (SGP-12). A partir dos estereogramas (Figuras 7, 8 e 9) de cada afloramento, atenta-se, especialmente, à orientação das falhas, os tipos de falhas (normal, reversa, sinistral ou dextral), unidade estratigráfica afetada e identificação dos eventos neotectônicos apontados.

Os afloramentos SGP-03 e SGP-05 apresentam falhas dextrais ENE-WSW afetando a cobertura sedimentar de idade supostamente pleistocênica (ponto SGP-03) e os depósitos da Formação Barreiras (ponto SGP-05) cujas estruturas estão associadas a esforços compressivos WNW-ESE e distensivos NNE-SSW (BRICALLI, 2011).

Os afloramentos SGP-08 e SGP-09 apresentam falhas normais NW-SE a WNW-ESE, componente oblíquo dextral, e falhas dextrais ENE-WNW a NE-SW, afetando o embasamento alterado e a cobertura sedimentar de idade supostamente

pleistocênica. Estas falhas são associadas a esforços compressivos NW-SE e distensivos NE-SW (BRICALLI, 2011).

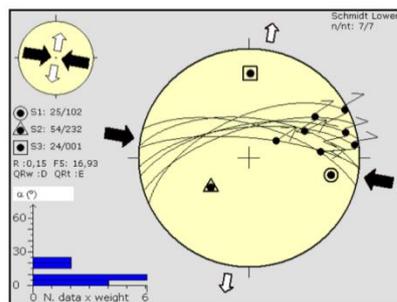
Figura 6 - Afloramentos com falhas neotectônicas na área estudada



Fonte: Organizado pelo autor

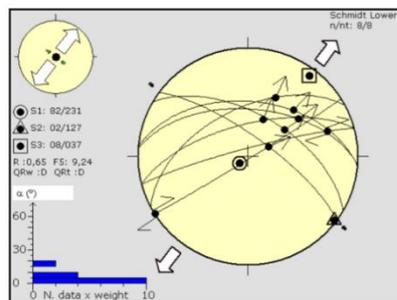
O afloramento SGP-12 apresenta falhas dexas NNE-SSW e NNW-SSE e falha sinistral NE-SW, associadas a esforços compressivos NW-SW e distensivos NW-SE; e falhas normais NE-SW, associadas a esforços distensivos (BRICALLI, 2011).

Figura 7 – Pontos SGP-03 e SGP-05 - Projeção estereográfica (Schmidt-Lambert, hemisfério inferior) e o campo de tensão associado a falhas dexas WNW-ESE e ENE-WSW, associadas a esforços compressivos WNW-ESE e distensivos NNE-SSW.



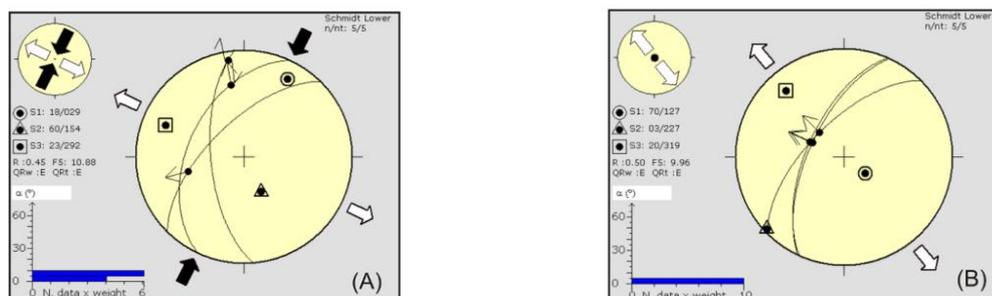
Fonte: Bricalli (2011)

Figura 8 - Pontos SGP-08 e SGP-09 - Projeção estereográfica (Schmidt-Lambert, hemisfério inferior) e o campo de tensão associado falhas normais NW-SE a WNW-ESE, apresentando componente oblíqua dextral, e falhas dexas ENE-WNW a NE-SW, associadas a esforços compressivos NW-SE e distensivos NE-SW.



Fonte: Bricalli (2011)

Figura 9 - Ponto SGP-12 - Projeção estereográfica (Schmidt-Lambert, hemisfério inferior) e o campo de tensão associado a: (A) a falhas dexas NNE-SSW e NNW-SSE, e falha sinistral NE-SW, geradas por esforços compressivos NE-SW e distensivos NW-SE; (B) a falhas normais NE-SW, geradas por esforços distensivos NW-SE.



Fonte: Bricalli (2011)

Segundo Gatto et al. (1983) e Mendes et al. (1987) o estado do Espírito Santo está inserido em 3 (três) Domínios morfoestruturais: 1) Domínio Maciços Plutônicos que compreende as Regiões geomorfológicas Compartimentos Deprimidos e Planaltos Soerguidos que abrangem, respectivamente, as Unidades geomorfológicas Depressão Marginal e Bloco Montanhoso Central; 2) Domínio Faixa de Dobramentos Remobilizados que compreende a Região geomorfológica Planalto da Mantiqueira Setentrional e que abrange as Unidades geomorfológicas Maciços do Caparaó e Patamares Escalonados do Sul Capixaba e, a Região geomorfológica Colinas e Maciços Costeiros que abrange a Unidade geomorfológica Colinas e Maciços Costeiros e; 3) Domínio dos Depósitos Sedimentares que compreende a Região geomorfológica Planícies Costeiras e que abrange a Unidade geomorfológica Complexos Deltaicos Estuarinos e Praias e, a Região geomorfológica Piemontes Inumados, que abrange a Unidade geomorfológica Tabuleiros costeiros (Quadro 1):

Quadro 1 - Domínios Estruturais, Regiões e Unidades Geomorfológicas do ES (GATTO et al., 1983; MENDES et al., 1987)

DOMÍNIOS MORFOESTRUTURAIS	REGIÕES GEOMORFOLÓGICAS	UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS
Domínio Maciços Plutônicos	Compartimentos Deprimidos	Depressão Marginal
	Planaltos Soerguidos	Bloco Montanhoso Central
Domínio Faixa de Dobramentos Remobilizados	Planalto da Mantiqueira Setentrional	Maciços do Caparaó e Patamares Escalonados do Sul Capixaba
	Região Colinas e Maciços Costeiros	Colinas e Maciços Costeiros
Domínio dos Depósitos Sedimentares	Planícies Costeiras	Complexos Deltaicos Estuarinos e Praias
	Piemontes Inumados	Tabuleiros costeiros

Fonte: Organizado pelo autor

3.3.1.1.1 Domínio Maciços Plutônicos

Esse Domínio apresenta configuração alongada de direção N-S, abrangendo o noroeste do estado do Espírito Santo, formando compartimentos planálticos separados por depressões estruturais, apresentando rochas proterozóicas de litoestruturas variáveis e de idades diferentes. Essas condições explicam a presença

de áreas com particularidades geomorfológicas e semelhanças entre si (MENDES et al., 1987).

A Região geomorfológica Compartimentos Deprimidos constitui uma faixa semicircular, estreita e descontínua, de direção E-W e N-S, situada nos sopés do Planalto do Jequitinhonha, dos Planaltos Soerguidos, dos Compartimentos Planálticos do Leste de Minas, do Planalto da Mantiqueira Setentrional e à retaguarda dos Piemontes Orientais. Essa área deprimida está relacionada com vales de rios da região, caracterizada por uma morfologia de feições convexas, aguçadas e grandes extensões de áreas aplanadas que se adaptam às fraquezas litológicas e estruturais, assim como com as condicionantes climáticas. Nesta região as altitudes variam entre 200m até mais de 400m (MENDES et al., 1987).

A Unidade geomorfológica Depressão Marginal corresponde aos setores dissecados e deprimidos entre os divisores das bacias dos rios da região, em trechos dos Estados de Minas Gerais e do Espírito Santo, apresentando configuração irregular, marcada por reentrâncias, favorecendo a sua penetração entre as encostas íngremes das elevações circundantes, que refletem nas formas de dissecação, um controle estrutural de acordo com sua profundidade e declividade, que seguem um direcionamento NW-SE, NE-SW e até N-S, indicando Interferências estruturais dos ciclos geotectônicos (MENDES et al., 1987).

A Região geomorfológica Planaltos Soerguidos apresenta relevos relacionados às oscilações climáticas ou com as com variações dos níveis de base dos rios, podendo refletir implicações com movimentos tectônicos. Apresenta grandes massas intrusivas com maciços residuais elevados assinalados por pontões rochosos e localmente por restos de topos parcialmente conservados (MENDES et al., 1987).

A Unidade geomorfológica Bloco Montanhoso Central apresenta um aspecto montanhoso, devido ao realce dos diversos núcleos plutônicos, a partir de retomadas erosivas, em consequência de oscilações climáticas e movimentações estruturais. Possui altitudes em torno de 500m e 700m, alcançando até mais de 1.000m nas elevações serranas. A influência do controle estrutural reflete-se sobre a drenagem, sulcos estruturais profundos, escarpas, cristas e pontões, orientados preferencialmente nas direções NW-SE e NE-SW de conformidade com fraturas e falhas intercruzadas e com as massas intrusivas (MENDES et al., 1987).

3.3.1.1.2 Domínio Faixa de Dobramentos Remobilizados

Esse Domínio apresenta relevos predominantemente montanhosos e com altitudes variadas que atingem até mais de 1500m, distribuídos de forma irregular e descontínua próximos à costa e às margens do rio Doce. As reativações ocorridas nos vários ciclos geotectônicos, principalmente do Brasileiro, ocasionaram deformações nos antigos dobramentos, migmatizações e intrusões de grandes massas graníticas, provocando efeitos compressivos e mudanças de direções. As Influências estruturais refletem-se nos grandes alinhamentos de cristas de vales muito profundos e de escarpas adaptadas a falhas conforme direções NNE e ESE (MENDES et al., 1987).

A Região geomorfológica Planalto da Mantiqueira Setentrional tem aspecto montanhoso fortemente dissecado, altitudes variadas e geralmente dispostas em níveis altimétricos, relacionados com as fases de dissecção comandadas pelos rios e adaptados às fraquezas litológicas e estruturais. Os setores mais elevados constituem importantes dispersores de drenagem que se dirigem para as partes mais baixas (MENDES et al., 1987).

A Unidade geomorfológica Maciços do Caparaó apresenta configuração irregular marcada por reentrâncias, abrange parte dos estados de Minas Gerais e do Espírito Santo. Caracteriza-se por um modelado intensamente dissecado, com altitudes médias de 600m, grandes elevações maciças que compreendem altitudes superiores a 1000m, refletindo as deformações geotectônicas ocorridas nas estruturas originais das rochas proterozoicas, constituídas principalmente de metatexitos e hornblenda gnaisses, granitos e granodioritos, quartzo-biotita xistos e quartzitos puros (MENDES et al., 1987).

A Unidade geomorfológica Patamares Escalonados do Sul Capixaba está situada na parte oriental da região da Mantiqueira Setentrional e se prolonga para o sul, onde tem maior expressão e de forma alongada e irregular pelas margens direita e esquerda do rio Doce. Apresenta níveis de dissecção escalonados formando patamares, delimitados por frentes escarpadas adaptadas a falhas voltadas para noroeste e com caimento topográfico para sudeste, sugerindo blocos basculados em decorrência de impulsos epirogenéticos relacionados com a atuação dos ciclos geotectônicos e da Reativação Wealdeniana. Estes blocos são representados por elevações serranas que atingem altitudes em torno de 800m e 1.000m (MENDES et

al., 1987).

As feições aguçadas refletem os condicionamentos estruturais, caracterizando-se por encostas em sua maioria destacadas pelo grau de declividade. As feições convexas mostram as influências estruturais parcialmente mascaradas pela dissecação, mas refletidas através de alinhamentos de vales. (MENDES et al., 1987).

3.3.1.1.3 Domínio dos Depósitos Sedimentares

O Domínio dos Depósitos Sedimentares se distribui na direção N-S, margeando o litoral sul do estado da Bahia e do litoral norte do estado do Espírito Santo, apresentando ocorrência de sedimentos do Grupo Barreiras e de ambientes costeiros depositados no Cenozoico, sobre o embasamento arqueano. De idade terciária, esses depósitos são arenosos e argilo-arenosos com níveis de cascalhos e se estendem à oeste onde se limita as formações cristalinas e são condicionados ao controle tectônico que o atingiu a partir do Cretácio, reagindo às influências climáticas, atuais e pretéritas, que vão imprimindo um modelado de características distintas e que identificam duas Regiões denominadas Planícies Costeiras e Piemontes Inumados (MENDES et al., 1987).

As Planícies Costeiras compreendem a parte do Domínio dos Depósitos Sedimentares distribuída ao longo da costa, sendo representadas pelos Complexos Deltaicos, Estuarinos e Praiais que penetram para o interior através dos vales dos principais rios, onde alcança extensões mais significativas, localmente assumindo feições de deltas nas áreas da foz de um rio (MENDES et al., 1987).

O Piemontes Inumados registram altitudes que decrescem de oeste para leste, constituindo-se de sedimentos cenozoicos do Grupo Barreiras depositados sobre o embasamento muito alterado. Esse condicionamento litológico influencia na natureza do modelado, que se caracteriza por feições predominantemente conservadas, representadas por interflúvios tabulares (MENDES et al., 1987).

A Unidade geomorfológica Tabuleiros Costeiros coincide com os sedimentos cenozoicos do Grupo Barreiras, constituídos de areias e argilas variegadas com eventuais linhas de pedra, caracterizando-se pela predominância de feições aplanadas parcialmente, conservadas e submetidas a retoques com remanejamentos sucessivos. Ocorrem também áreas dissecadas constituídas de feições de topos

convexos e eventualmente aguçados, formando pontões e até cristas, relacionadas com áreas de coberturas rasas e com exposições ocasionais do substrato (MENDES et al., 1987).

3.3.2 Geomorfologia da área

3.3.2.1 Domínios Morfoestruturais, Regiões e Unidades Geomorfológicas

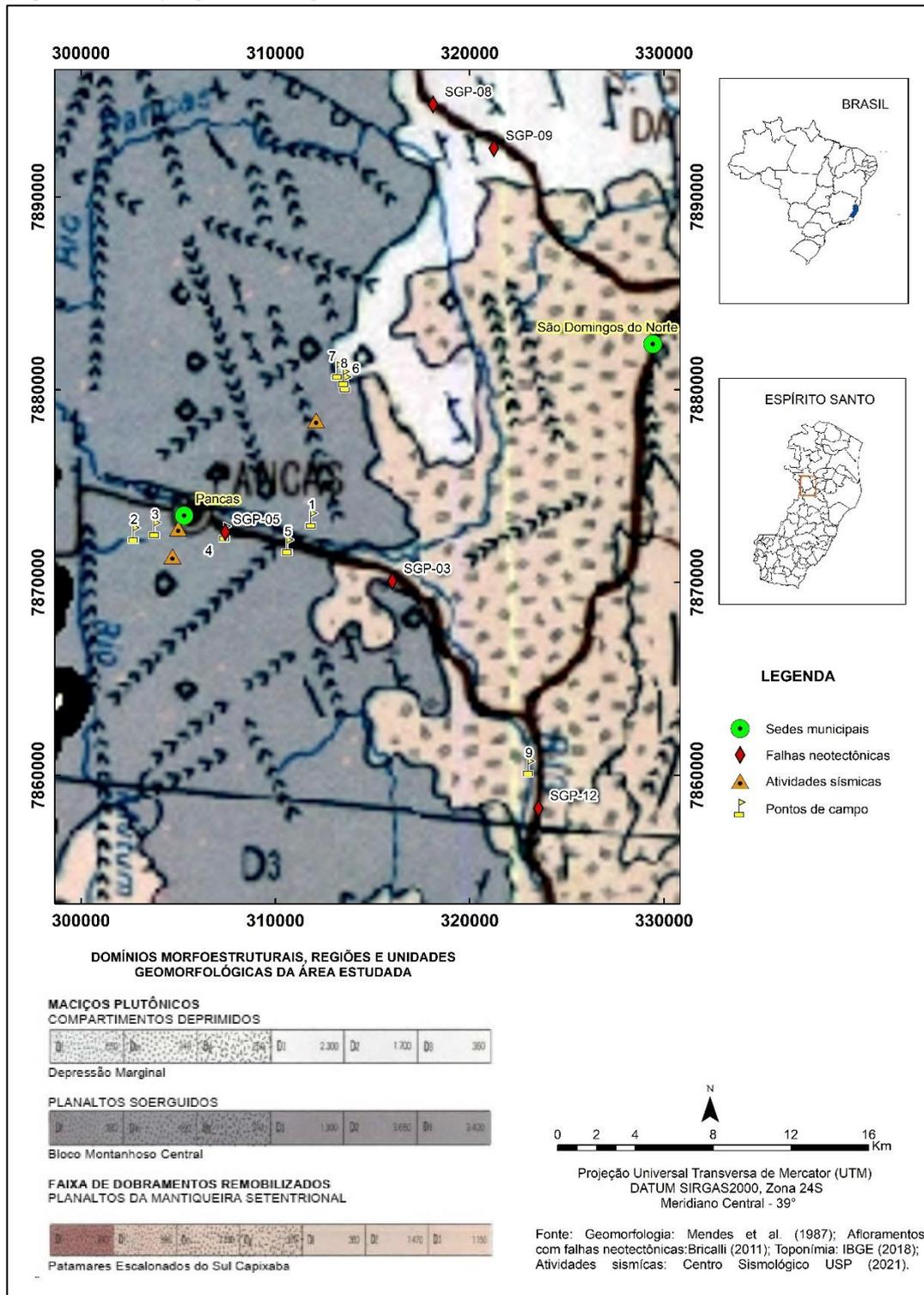
A área estudada está inserida em 2 (dois) Domínios morfoestruturais (GATTO et al., 1983; MENDES et al., 1987) cujas características foram mencionadas anteriormente, são eles: 1) Domínio Maciços Plutônicos que compreende as Regiões geomorfológicas Compartimentos Deprimidos e Planaltos Soerguidos e que abrangem as Unidades geomorfológicas Depressão Marginal e Bloco Montanhoso Central, respectivamente e; 2) Domínio Faixa de Dobramentos Remobilizados que compreende a Região geomorfológica Planalto da Mantiqueira Setentrional e que abrange a Unidade geomorfológica Patamares Escalonados do Sul Capixaba (Figura 11 e Quadro 2).

Na área predomina a Região geomorfológica Planaltos Soerguidos que abrange a Unidade geomorfológica Bloco Montanhoso Central, apresentando um relevo relacionado com as oscilações climáticas ou com as variações dos níveis de base dos rios, destacando grandes massas intrusivas com maciços residuais elevados assinalados por pontões rochosos e localmente por restos de topos parcialmente preservados (MENDES et al., 1987).

A Unidade geomorfológica Bloco Montanhoso Central apresenta um aspecto montanhoso, com altitudes em torno de 500m e 700m que alcançam até mais de 1.000m nas elevações serranas. A influência do controle estrutural reflete-se sobre a drenagem, sulcos estruturais profundos, escarpas, cristas e pontões, orientados preferencialmente nas direções NW-SE e NE-SW de conformidade com fraturas e falhas intercruzadas e com as massas intrusivas (MENDES et al., 1987).

A Região geomorfológica Compartimentos Deprimidos abrange pequena área, conforme descrita no item geomorfologia regional. Área deprimida que se relaciona com vales de rios, morfologia de feições convexas, aguçadas e de grandes extensões de áreas planadas que se adaptam às fraquezas litológicas e estruturais e às condicionantes climáticas (MENDES et al., 1987).

Figura 11 - Mapa geomorfológico da área estudada



Fonte: Modificado de Mendes et al. (1987)

Na Região geomorfológica Compartimentos Deprimidos, as rochas geralmente afloram em forma de cúpulas e as altitudes nessa região variam de 200m à 400m, sendo que os índices mais baixos estão ao longo dos cursos d'água e em áreas

aplanadas, feições dissecadas que caracterizam a Unidade geomorfológica Depressão Marginal (MENDES et al., 1987).

Quadro 2 - Domínios Estruturais, Regiões e Unidades Geomorfológicas da área estudada (GATTO et al., 1983; MENDES et al., 1987)

DOMÍNIOS MORFOESTRUTURAIS	REGIÕES GEOMORFOLÓGICAS	UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS
Domínio Maciços Plutônicos	Compartimentos Deprimidos	Depressão Marginal
	Planaltos Soerguidos	Bloco Montanhoso Central
Domínio Faixa de Dobramentos Remobilizados	Planalto da Mantiqueira Setentrional	Patamares Escalonados do Sul Capixaba

Fonte: Organizado pelo autor

A Região geomorfológica Planalto da Mantiqueira Setentrional e que abrange a Unidade geomorfológica Patamares Escalonados do Sul Capixaba está presente à leste da área estudada. Os relevos são predominantemente montanhosos com altitudes variadas que se distribuem de forma irregular e descontinuamente (MENDES et al., 1987). As reativações das estruturas do Proterozoico ocasionaram deformações nos antigos dobramentos, migmatizações e intrusões de grandes massas graníticas, provocando efeitos compressivos e mudanças de direções (MENDES et al., 1987).

As Influências estruturais refletem-se nos grandes alinhamentos de cristas de vales muito profundos e de escarpas adaptadas a falhas conforme direções NNE e ESE (MENDES et al., 1987). O forte relevo dissecado da área estudada, apresenta uma morfogênese onde há um estágio de instabilidade com forte intensidade dos processos desnudacionais e entre os pontões existem depressões que apresentam fraca declividade (5° a 11°) e nas outras áreas são observadas declividades que variam entre média (11° a 24°), forte (24° a 37°) e muito forte ($> 37^{\circ}$) - (MENDES et al., 1987). Essa instabilidade é responsável pelo surgimento de ravinamentos e alterações diferenciais que são provocadas por desmoronamentos de blocos (MENDES et al., 1987).

Na área estudada, as maiores elevações estão concentradas entre o centro de Pancas e o Distrito de Lajinha de Pancas, essas elevações apresentam cotas que variam de 200m a até 950m, o relevo é caracterizado por pontões e pães-de-açúcar de características homogêneas, o que demonstra os tipos de rochas existentes com

ângulos mais baixos, possuindo foliação tectônica, com encostas íngremes e suaves e que em decorrência de sua estrutura planar, apresenta uma rede de drenagem controlada estruturalmente, através de fraturas e cisalhamento (BALTAZAR et al., 2010).

Uma modelagem e distribuição geográfica de domínios geomorfológicos se apresenta na região de Pancas, que faz prevalecerem ocorrências dos granitóides da Suíte Ataleia e parte dos gnaisses do Complexo Nova Venécia. Apresenta características de relevo colinoso, cujas cotas variam de 150m na parte sul e altitudes médias de cerca de 600m, a rede de drenagem de padrão dendrítico é controlada parcialmente pelos lineamentos estruturais com um sistema de fraturas de direção NNW na porção sul-sudoeste (BALTAZAR et al., 2010).

3.4 CLIMA

3.4.1 Clima regional

O clima do Brasil é caracterizado como tropical úmido, apresentando temperaturas elevadas e expressiva precipitação pluviométrica (NIMER, 1989). No estado do Espírito Santo há o predomínio do clima tropical úmido em grande parte do seu território e outros climas também são observados, como o clima tropical semiúmido na região noroeste e o clima tropical super-úmido nas regiões nordeste e centro-sul (IBGE, 2018) – figura 12. As temperaturas médias anuais no estado do Espírito Santo são de 23° com volume de precipitação superior a 1.400mm por ano que se concentra no verão (IBGE, 2018) – quadro 3.

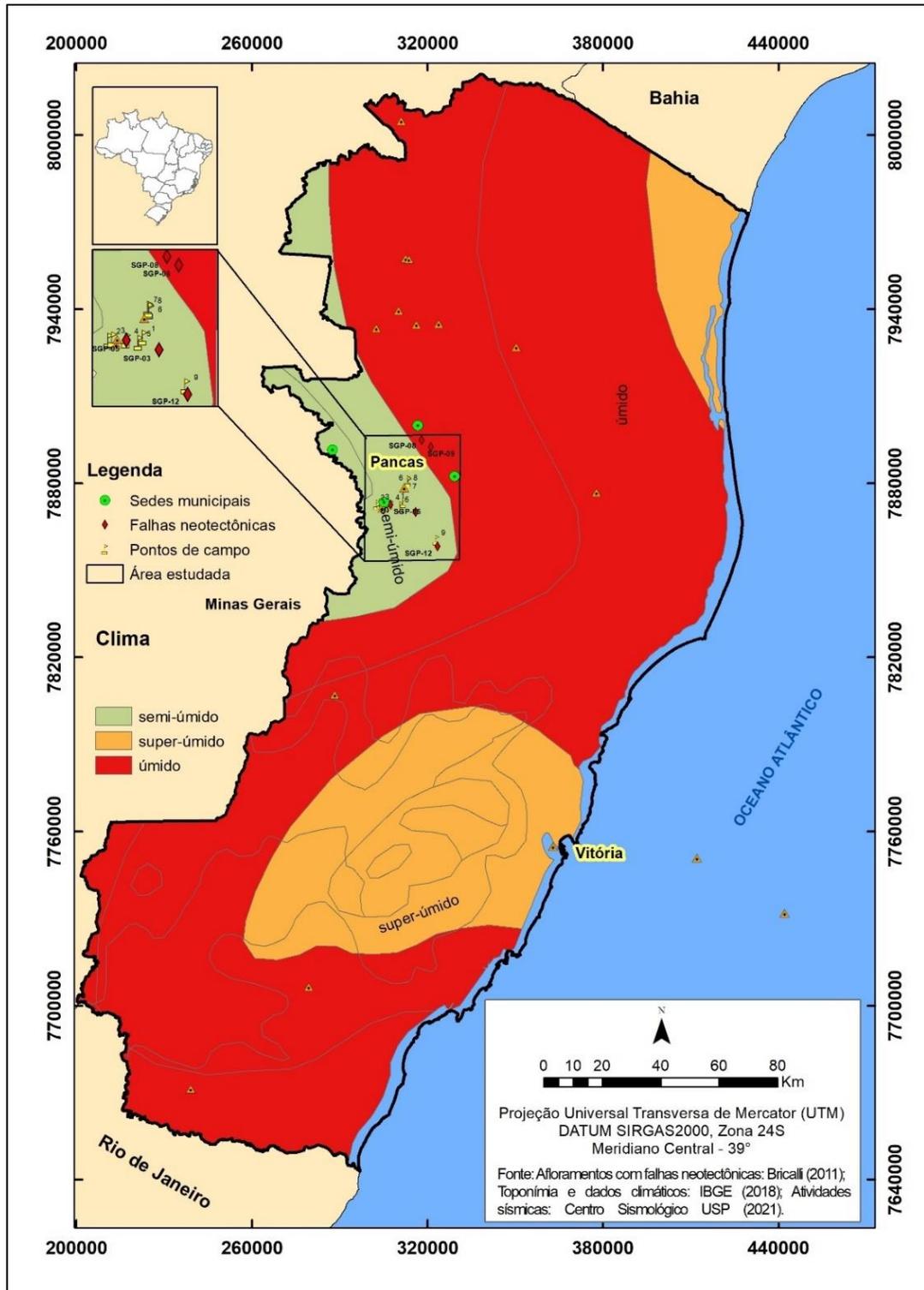
3.4.2 Clima da área

A área estudada apresenta uma interação do relevo com os elementos atmosféricos, influenciando a disposição espacial dos tipos climáticos e sobre a dinâmica das paisagens (WANDERLEY et al., 2019). O relevo pode influenciar o clima na dinâmica dessa interação, através de características, como: altitude, declividade, posição, orientação e forma das vertentes (OLIVEIRA; GALVANI, 2015).

Na maior parte da área estudada (Figura 13), a temperatura classificada como quente (média > 18° C em todos os meses do ano) está relacionada ao clima tropical

semiúmido, onde o período de seca é de 4 (quatro) a 5 (cinco) meses no ano, o que corresponde com as maiores elevações de cotas que variam de 188m a 901m e também com as maiores declividades ($>20^\circ$).

Figura 12 – Mapa do clima no ES



Fonte: Modificado de IBGE (2018)

Quadro 3 – Síntese do clima do estado do Espírito Santo (IBGE, 2018)

CLIMA TROPICAL			
Temperatura	Clima	Região	Período de Seca
QUENTE (média >18° C em todos os meses)	SUPERÚMIDO	NE-SE-Centro-Sul	Subseca
	ÚMIDO	N - S	1 a 2 meses secos / 3 meses secos
	SEMIÚMIDO	NW	4 a 5 meses secos
SUBQUENTE (média entre 15° e 18° C Em pelo menos 1 mês)	SUPÉRÚMIDO	Centro-Sul	Sem seca/Subseca
	ÚMIDO	NW – WSW - SW	1 a 2 meses secos / 3 meses secos
	SEMIÚMIDO	NW	4 a 5 meses secos
MESOTÉRMICO BRANDO (média entre 10° C e 15° C)	SUPÉRÚMIDO	Centro-Sul	Sem seca/Subseca
	ÚMIDO	SW	1 a 3 meses secos
	SEMIÚMIDO	-	-
MESOTÉRMICO MEDIANO (média > 10° C)	SUPÉRÚMIDO	Centro-Sul	Sem seca
	ÚMIDO	SW	1 a 2 meses secos
	SEMIÚMIDO	-	-

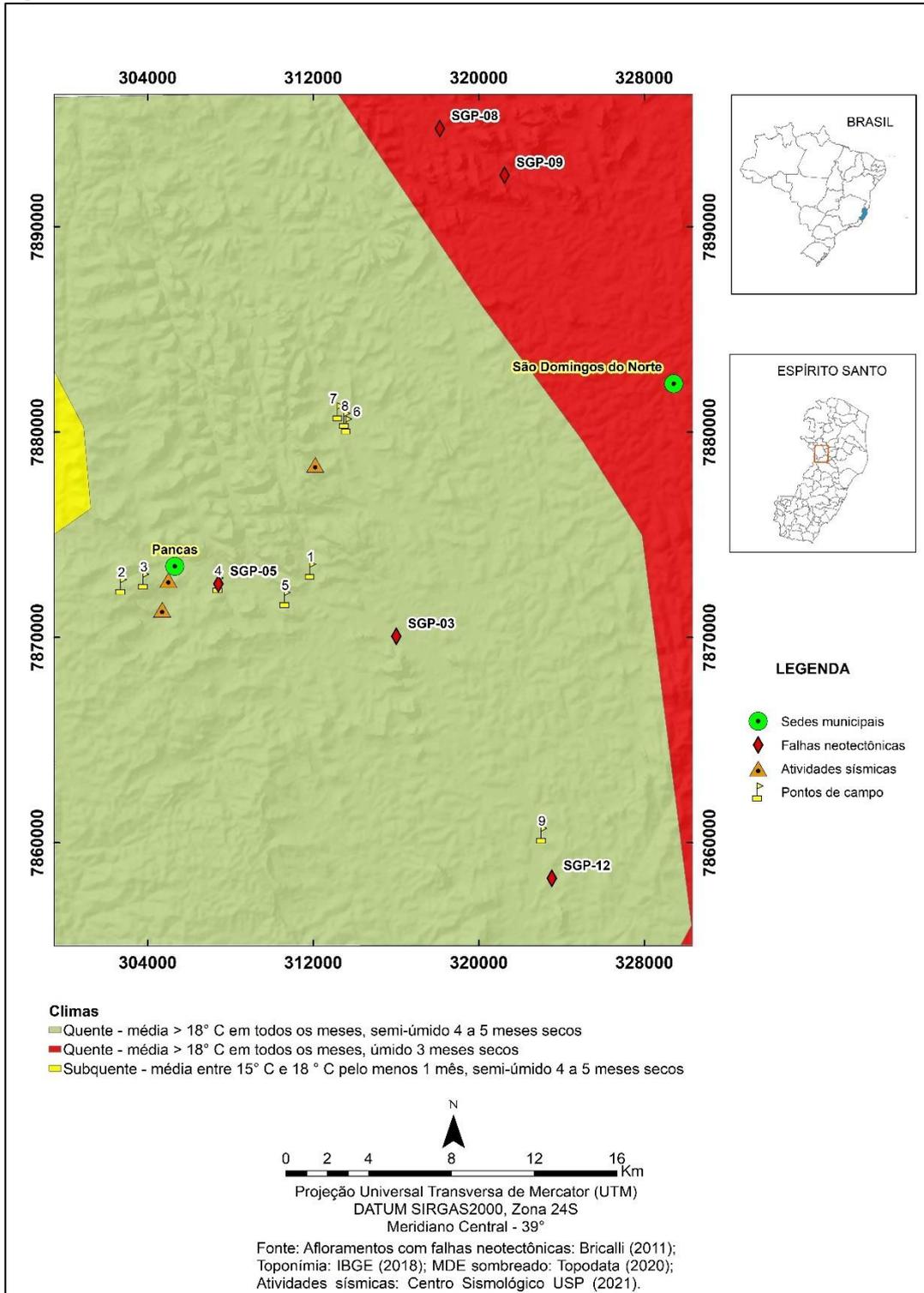
Fonte: Organizado pelo autor

Nas porções nordeste e leste, a temperatura classificada como quente (média > 18° C em todos os meses do ano) está relacionada ao clima tropical úmido, onde o período de seca é de 3 (três) meses no ano, o que corresponde com as menores elevações de cotas que variam entre 77m a 188m e também com as menores declividades (<20°).

No oeste da área estudada, uma pequena porção apresenta a temperatura classificada como subquente (média entre 15° e 18° em pelo menos 1 mês no ano) e está relacionada ao clima tropical semiúmido, onde o período de seca vai de 4 (quatro) a 5 (cinco) meses no ano, o que corresponde com as maiores elevações de cotas que variam de 188m a 901m e também com as maiores declividades (>20°).

A pluviosidade média anual, na área estudada, varia entre 1100mm a 1200mm, apresentando um período de inverno seco e um verão que apresenta chuvas muito intensas. Nos meses mais frios as temperaturas variam de 9,4° C a 18° C e nos meses mais quentes de 27,8° C a 34° C (IBGE, 2018).

Figura 13 - Clima da área estudada



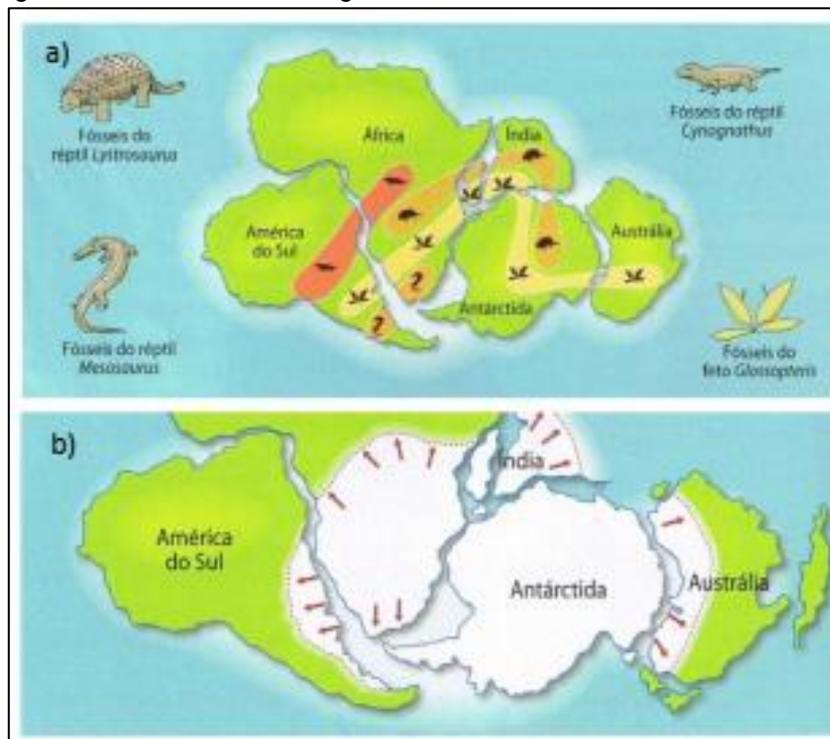
Fonte: Modificado de IBGE (2018)

4. BASES TEÓRICAS E CONCEITUAIS

4.1 TECTÔNICA DE PLACAS

A Teoria da Deriva Continental foi formulada por vários cientistas e postulada por Wegener (1912) que partiu da hipótese da existência de um único continente denominado “Pangeia” que começou a se fragmentar e os fragmentos foram derivando e se chocando uns com os outros, seguido de uma nova separação. Enumerou ainda algumas feições geomorfológicas, como por exemplo, a cadeia de montanhas da Serra do Cabo na África do Sul. Wegener se baseava nas evidências estruturais como as cadeias montanhosas e também paleontológicas como a fauna e flora que eram similares em locais distintos (Figura 14a). Essas evidências se correlacionavam em regiões da África e Brasil ao se juntarem os continentes. As evidências de glaciação (Figura 14b) com a presença de estrias indicando direção de movimentos também chamaram a atenção de Wegener (TEIXEIRA et al., 2000).

Figura 14 – Postulado de Wegener sobre a Teoria da Deriva Continental



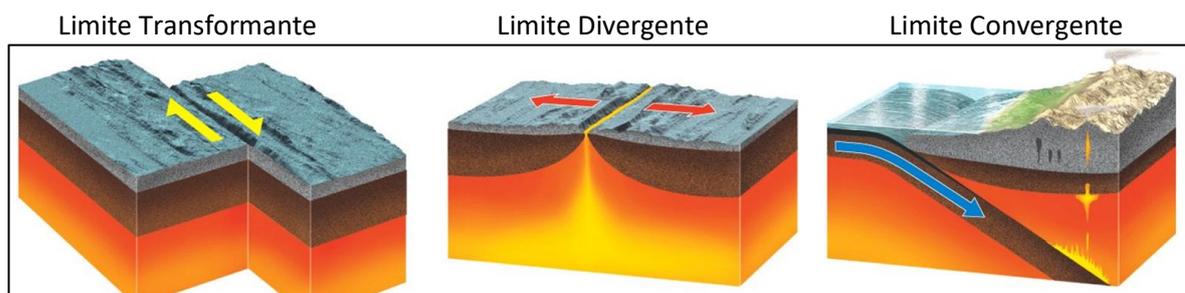
Fonte: Cavadas e Franco (2010)

Os principais argumentos da Teoria da Tectônica de Placas se baseiam na relação das estruturas do fundo oceânico com os processos de convecção no interior

da terra, com o encaixe geométrico dos continentes e a paleontologia (fauna e flora de Gondwana) em que se observou o mesmo tipo de flora e fauna em continentes, mostrando que os mesmos estiveram ligados no passado. Outros argumentos estão na idade do fundo oceânico, pois à medida que este se afasta do fundo da dorsal mesoatlântica, as rochas vão ficando mais velhas, e por fim a zona de Benioff-Wadati onde os hipocentros se concentram em uma superfície inclinada (TEIXEIRA et al., 2000).

A placa tectônica é um corpo de rocha que se movimenta horizontalmente com velocidade aproximada de 10cm/ano, sendo composta pela litosfera que tem 10% de crosta (constituída pela crosta continental que tem predominantemente rochas de composição granítica e pela crosta oceânica que contém rochas basálticas) mais 90% de manto que se dividem ao redor do planeta. Processos geológicos importantes estão relacionados a sua movimentação e limites (Figura 15) e a espessura dessas placas pode variar de 0 a 150 km, envolvendo o manto superior e a crosta continental. As placas tectônicas estão divididas em três tipos de limites: convergentes, divergentes e transformantes e a sua formação pode ser oceânica e continental ou apenas um tipo (TEIXEIRA et al., 2000).

Figura 15 – Movimentação e limites das placas tectônicas

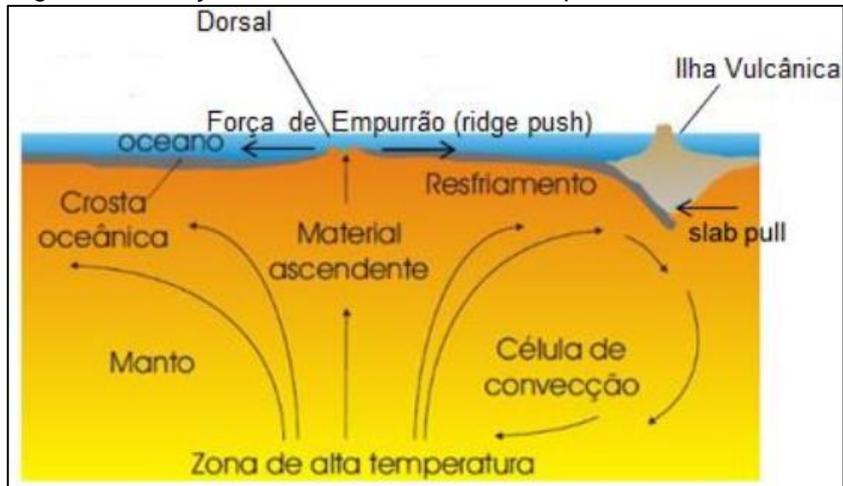


Fonte: Para Entender a Terra (2006)

A força motriz (Figuras 16 e 17) dos movimentos das placas tectônicas pode ocorrer por: i) gravidade que pode atuar de 2 (duas) maneiras, deslizando por gravidade e à medida que a placa se afasta da dorsal vai ficando mais fria e mais densa; ii) Ridge Push, onde o material magmático em ascendência tende a empurrar a placa, fazendo-a deslizar por gravidade; iii) correntes de convecção da astenosfera que se movimentam no sentido horário e anti-horário, seguindo a própria direção da placa, no entanto, pode ocorrer de irem no sentido contrário ao movimento das placas,

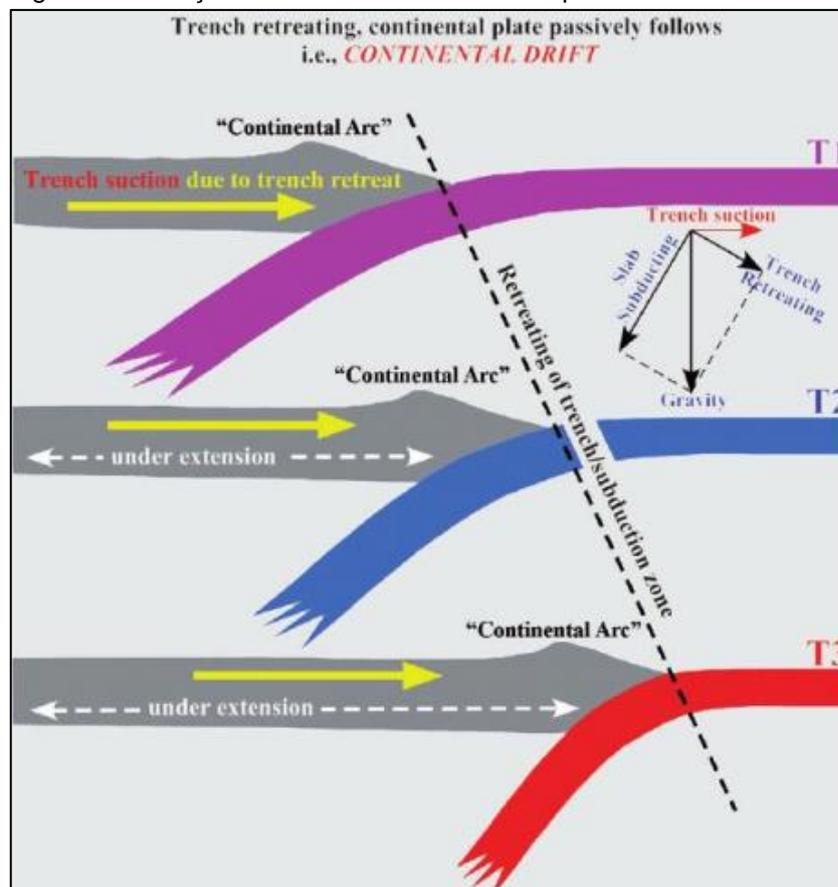
atrapalhando o “movimento” e; iv) sucção de subducção onde a placa que está sendo subducada é recuada sendo sugada para a zona de subducção.

Figura 16 – Força motriz dos movimentos das placas



Fonte: Teixeira et al (2000)

Figura 17 – Força motriz dos movimentos das placas

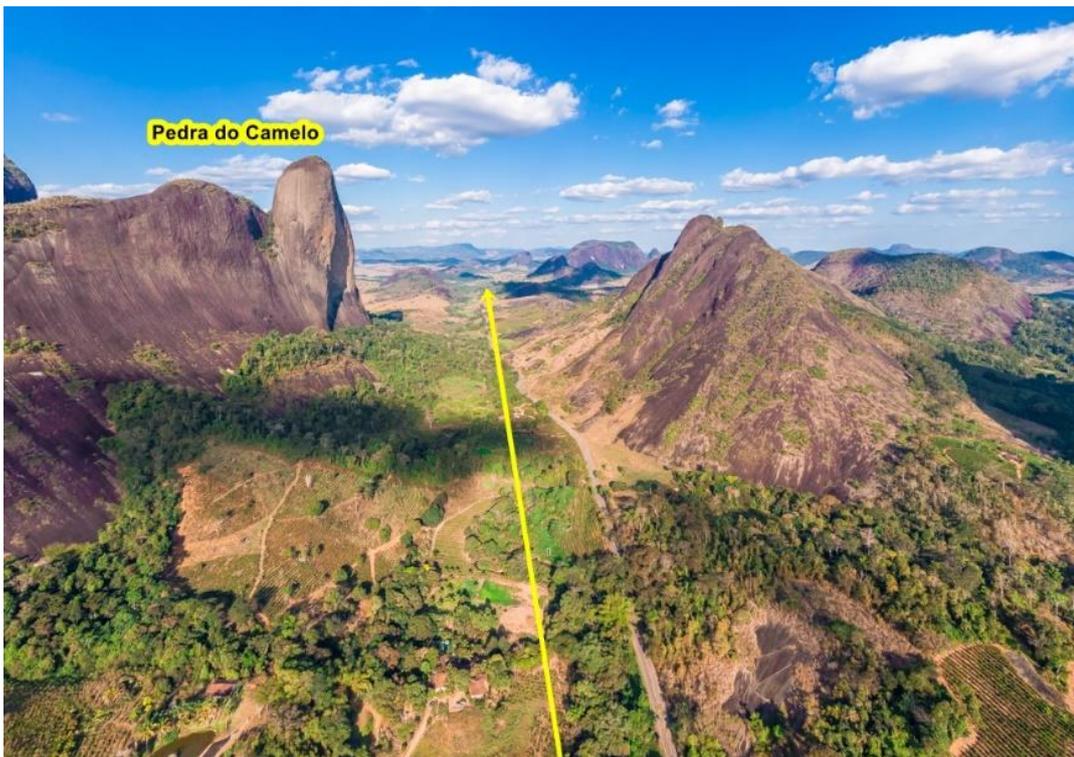


Fonte: researchgate.net. Acesso em 24/12/2021

4.2 LINEAMENTOS

Lineamentos são considerados feições lineares identificáveis no terreno e através de imagens orbitais e semi-orbitais e que podem ser associadas a estruturas de superfície (Figura 18).

Figura 18 – Projeção de feição linear em Pancas-ES



Fonte: Acervo do autor (fotografia de Lincoln Duques)

Entretanto, ao longo dos últimos anos, diversos autores apresentaram definições diferentes para o conceito de lineamento (HOBBS, 1904; O'LEARY et al., 1976; LIU, 1984; WISE et al., 1985; SABINS, 1996; JORDAN; SCHOTT, 2005; MAIA; BEZERRA, 2002).

Limeira et al. (2009) trazem a importância de mapas de lineamentos e de densidade de lineamentos, em razão de que as principais direções de lineamentos orientam a encontrar e coletar dados estruturais concisos que servirão de base para uma compartimentação estrutural da área estudada.

Para Corrêa e Fonsêca (2010) a extração manual de lineamentos, a partir dos produtos de sensoriamento remoto é uma ferramenta importante a ser usada para se

caracterizar, a morfoestrutura de uma área, de modo ser possível que essa observação sirva de subsídio na análise da evolução tectônica e de eventos neotectônicos.

Bricalli (2011) adotou a terminologia de lineamento como feições geomórficas lineares da superfície terrestre relacionadas a cursos d'água retilíneos, segmentos alinhados de vales, segmentos de escarpas, alinhamento de cristas, trechos de rios e lagos. Os lineamentos podem indicar locais de ocorrências de estruturas geológicas importantes, dessa forma comprovando a influência estrutural e/ou tectônica na evolução do relevo. Isso ocorre, pois, os lineamentos refletem as principais linhas de fraqueza regionais (BRICALLI; MELLO, 2013).

Os lineamentos, via de regra, são expressos na topografia e geralmente são associados a falhas, zonas lineares de fraturamento, deformação por flexão e aumento da permeabilidade da costa, também podem ser associados a cadeias lineares como vulcões dada as suas características geológicas (FLORINSKY, 2016). As estruturas regionais de qualquer regime tectônico exercem influência marcante no padrão de dissecação do relevo e muito frequentemente separam áreas com características geológicas, hidrológicas, pedológicas e conseqüentemente geomorfológicas distintas. De acordo com essa perspectiva, os lineamentos contínuos podem auxiliar no traçado de divisores entre compartimentos geomorfológicos (MARTINS-FERREIRA; CAMPOS, 2017).

Bricalli e Mello (2017) identificaram domínios de lineamentos no estado do Espírito Santo, a partir da análise de padrões de orientação, extensão e distribuição que serviram de base para as investigações do condicionamento morfotectônico e neotectônico da evolução geomorfológica.

4.3 MORFOTECTÔNICA

Os principais estudos sobre a morfotectônica no Brasil têm sido desenvolvidos nas regiões Nordeste, Sul e principalmente na Sudeste (SAADI, 1998; GONTIJO, 1999; MODENESI-GAUTTIERI et al., 2002; NEVES, et al., 2003; SALAMUNI et al., 2004; HIRUMA, 2007; HARTWIG; RICCOMINI, 2010; JUNIOR et al., 2013; MARQUES NETO; PEREZ FILHO, 2013; BUSATO, 2014; TAVARES et al., 2014, MESQUITA et al., 2021).

A importância do crescimento do estudo das relações entre tectônica e a gênese do relevo foi descrita por Summerfield (1986) que também retratou a preocupação com a morfotectônica das margens passivas e a necessidade de integração de modelos tectônicos com o estudo de *landforms*. Ao se avaliar o papel da deformação crustal recente ou contínua, na gênese do relevo, pode haver envolvimento da relação existente entre a neotectônica e a geomorfologia. Esse envolvimento, com a compreensão de controles tectônicos pode levar também a evidências morfológicas, muitas vezes em conjunto com outras evidências geofísicas e geológicas (SUMMERFIELD, 1987).

O estudo de Modenesi-Gauttieri et al. (2002) visou especificamente descrever evidências geomorfológicas de um tectonismo recente, dessa forma, ao caracterizar a estrutura neotectônica de um planalto, reconheceu suas relações com as estruturas regionais. De acordo com Florenzano (2008) os eventos tectônicos foram e são fundamentais na construção das formas de relevo atuais, sendo a tectônica responsável pela formação e deformação dos diferentes tipos rochosos que são submetidos aos processos geomórficos modeladores que resultarão nas formas de relevo que constituem uma determinada paisagem (Figura 19).

Figura 19 – Formas de relevo na região de Pancas-ES



Fonte: Acervo do autor (fotografia de Lincoln Duques)

Nos locais em que se pode observar as exposições de rochas, estarão presentes estruturas geológicas e sendo a terra um planeta ativo, com variedades de processos que são responsáveis pela origem de montanhas e outros que envolvem pequenas ou nenhuma deformação. A evolução endogenética faz com que o planeta apresente as mais variadas formas de relevo e desníveis topográficos (WICANDER, 2009). Em regiões onde unidades morfoestratigráficas apresentam cotas topográficas que se igualam inúmeras vezes, há indícios de que fatores neotectônicos podem ser causadores desta condição (JUNIOR et al., 2013).

As evidências morfológicas nas redes de drenagens e no relevo de uma região, demonstram que as características de movimentos tectônicos recentes vão modificando a paisagem e como consequência desses esforços tectônicos há a dificuldade de formação de superfícies aplainadas, bem como a preservação de perfis dos topos de morros (MARQUES NETO; PEREZ FILHO, 2013). Nas faixas móveis a reativação de antigas falhas pré-cambrianas vem sendo mais efetiva, provocando o desnivelamento de superfícies geomorfológicas cronocorrelatas e a obliteração dos perfis de alteração existentes. Para Tavares et al. (2014) é necessária a identificação de feições morfotectônicas associadas a eventos mais jovens, como, depósitos superficiais deformados e o grau de juventude das formas criadas, isto é, facetas triangulares, escarpas abruptas sem dissecação.

A tectônica recente em uma área, evidencia reativações de falhas preexistentes. Os avanços na compreensão da distributividade dos esforços neotectônicos em relevos cristalinos, calcado fundamentalmente na integração dos elementos litoestruturais presentes em uma área de estudo, na interpretação dos esforços tectônicos predominantes, no mapeamento de feições morfotectônicas sincronicamente com interpretações in loco, consubstanciam a averiguação dos setores anômalos e permitem conceber a dinâmica dos eventos neotectônicos mesclando-se com as estruturas pretéritas (SILVA et al., 2016).

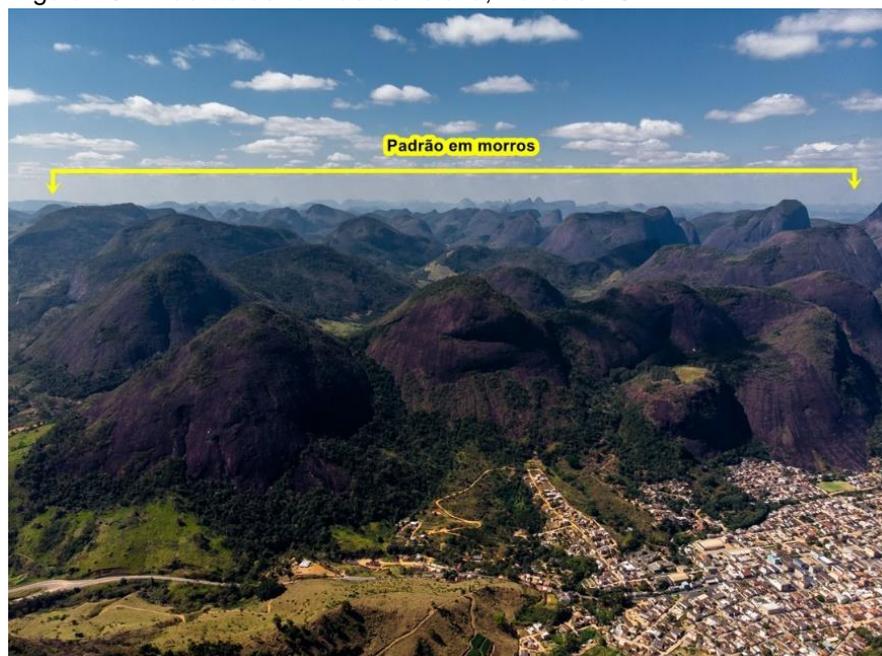
Marques Neto, Silva, Moreira (2020) afirmam que é possível afiançar o papel do componente neotectônico no rejuvenescimento da paisagem, corroborado pelos dados geomorfométricos e litoestruturais, bem como pelas evidências geomorfológicas.

4.4 MORFOESTRUTURA

Os principais estudos sobre a morfoestrutura no Brasil têm sido desenvolvidos nas regiões Nordeste, Sul e principalmente na Sudeste (HASUI, 1990; ROSS, 1992; SAADI, 1993;1998; GONTIJO, 1999; MODENESI-GAUTTIERI et al., 2002; PEULVAST; CLAUDINO-SALES, 2002; NEVES et al., 2003; ETCHEBEHERE et al., 2004; SALAMUNI et al., 2004; FURRIER et al., 2006; HIRUMA, 2007; BEZERRA et al., 2008; CORREA et al., 2010; HARTWIG; RICCOMINI, 2010; MARQUES NETO; PEREZ FILHO, 2013; BUSATO, 2014; TAVARES et al., 2014; MAIA; BEZERRA, 2014; MESQUITA et al., 2021).

Muitos pesquisadores se destacam por estudarem regiões específicas do Brasil (COSTA et al., 1996 e SOUZA FILHO et al., 1999 para região amazônica; LIMA, 2000; BEZERRA et al., 2001; SALES; PEULVAST, 2007 e BEZERRA et al., 2014 para a costa do Nordeste e RICCOMINI, 1989 e HIRUMA et al., 2001, na região Sudeste) contribuindo na análise dessas regiões estudadas. A abordagem morfoestrutural do relevo pode ser definida em diversas escalas levando em consideração aspectos variados da morfogênese, enfatizando a importância dos componentes endógenos sobre a morfogênese do relevo e influência dos mecanismos endógenos atuantes sobre a hierarquização dos compartimentos de relevo, estabelecendo assim um modelo conceitual para a compartimentação morfoestrutural (CORRÊA et al., 2010) – figura 20.

Figura 20 – Padrão de formas de relevo, Pancas-ES



Fonte: Acervo do autor (fotografia de Lincoln Duques)

No meio físico, o estudo e mapeamento de padrões morfoestruturais tem uma grande importância e essa relevância está representada nas dimensões, modelados e compartimentos que contribui desde a distribuição da vegetação até a determinação de microclimas, tornando assim o estudo e mapeamento um fator preponderante para o conhecimento dos fenômenos físicos de uma determinada região (LEITE; SILVA, 2012).

Na compartimentação morfoestrutural, a influência de estruturas antigas herdadas do rift continental do sudeste do Brasil é refletida de forma contundente. Grandes alinhamentos topográficos são correspondentes a linhas de falha orientadas segundo as direções principais das falhas pré-cambrianas reativadas. Essas orientações são impostas de certa forma para os compartimentos morfoestruturais, alguns pronunciadamente alongados no sentido NE-SW, como as Cristas Monoclinais, o Planalto Alongado de Lambari, o Planalto de Cruzília-Minduri, e mesmo alguns compartimentos da Serra da Mantiqueira, cuja direção muda abruptamente da orientação (MARQUES NETO; PEREZ FILHO, 2013).

Uma região que não apresenta uma tectônica ativa pode refletir um modelo característico de um relevo com forte influência morfoestrutural, apresentando falhas que demonstram a importância da tectônica na estruturação do embasamento. As falhas que representam descontinuidades do relevo podem estar associadas tanto a eventos tectônicos pretéritos, como também a alívios de pressão (LIMA; CORDEIRO; BASTOS, 2021).

As áreas que concentram a maioria dos lineamentos sugerem que esses lineamentos podem estar associados a estruturas reativadas. O uso dos lineamentos e das características geológicas e estruturais é importante na caracterização, delimitação e interpretação das unidades morfoestruturais (GOIS; FALCÃO; MONTEIRO, 2021).

4.5 NEOTECTÔNICA

No Brasil, os principais estudos sobre a Neotectônica são desenvolvidos na região Sudeste (GONTIJO, 1999; HIRUMA et al., 2001; MODENESI-GAUTTIERI et al., 2002; BRICALLI; MELLO, 2009; FORNACIARI; BRICALLI, 2009; RIBEIRO, 2010; BRICALLI, 2011; BUSATO, 2014) principalmente na área do *Rift* Continental do

sudeste do Brasil. Essas áreas são alvos de pesquisadores interessados nos movimentos recentes da crosta (BRICALLI, 2011).

Busato (2014) destaca importantes trabalhos desenvolvidos na região nordeste do Brasil (BEZERRA et al., 2001; NOGUEIRA; BEZERRA; CASTRO, 2006; LIMA et al., 2006; BEZERRA et al., 2007).

Em 1948, Obruchev abordou o termo Neotectônica que entendeu como sendo uma sucessão de movimentos crustais recentes. A concepção de Pavlides (1989) leva em consideração que o início do período neotectônico depende das características individuais, de cada ambiente geológico, onde o objeto da neotectônica é o estudo dos eventos tectônicos recentes que ocorreram ou ainda estão ocorrendo em uma determinada região após sua orogenia final ou mais precisamente após sua última reorganização tectônica mais significativa (SAADI, 1993).

Os recentes movimentos da Terra trazem indicativos característicos de atividades neotectônicas que podem ser usadas como formas de se detectar e analisar esses eventos (HANCOCK; WILLIAMS, 1986).

O desenvolvimento de processos e feições geológicas têm influência de zonas de fraqueza crustal, essa influência vem sendo notada, pois se revela fundamental no entendimento do desenvolvimento de muitas feições geológicas, no tempo e no espaço como em manifestações da Neotectônica (HASUI, 1990).

As ocorrências de terremotos em porções da crosta continental intraplaca, que são consideradas como as mais estáveis, traz à tona preocupações quanto à estabilidade geológica regional e suas implicações para a atividade humana, em especial a implantação de grandes obras de engenharia. Essas incidências favoreceram o desenvolvimento de estudos visando o estabelecimento das relações entre a tectônica e a sismicidade (SALVADOR; RICCOMINI, 1995).

Os processos decorridos a partir do Neogeno determinariam as principais feições do relevo atual da terra. No fim do século passado e início deste século, pesquisadores já tinham a preocupação de registrar os eventos sísmicos ocorridos no Brasil, em particular no Nordeste Brasileiro, onde movimentos sísmicos estão relacionados à morfologia do relevo. As evidências de uma tectônica cenozoica no Brasil estão presentes nos *horst*, *grabens* e *rift valleys* (DE LIMA, 2000).

As falhas tem nas estruturas neotectônicas sua expressão superficial, tais como as escarpas de falhas. Variações regionais na elevação e as informações sísmicas de

terremotos possuem importantes conjuntos de dados que se distribuem aumentando as chances de se obter uma boa estimativa dos eixos de esforços (FOSSEN, 2012). Os dados sobre falhas geológicas são necessários na neotectônica e nos estudos sísmicos, exploração de minério e petróleo entre outros. A descoberta e o monitoramento de falhas locais e regionais são necessários nas construções e operações que podem causar mudanças na atividade tectônica regional. Essas falhas geralmente são indicadas por lineamentos que podem ter características geológicas de diferentes origens, idade, profundidade e escala (FLORINSKY, 2016).

4.6 ATIVIDADE SÍSMICA

O Brasil está sobre uma intraplaca, situada na região central da placa Sul-Americana, cuja plataforma permaneceu estável na sua porção norte (Escudo das Guianas) e centro ocidental do Brasil e parte da Bolívia (Escudo Brasil Central). A placa Sul-Americana apresenta embasamento pré-cambriano em quase todo a sua margem atlântica (BIZZI et al., 2003).

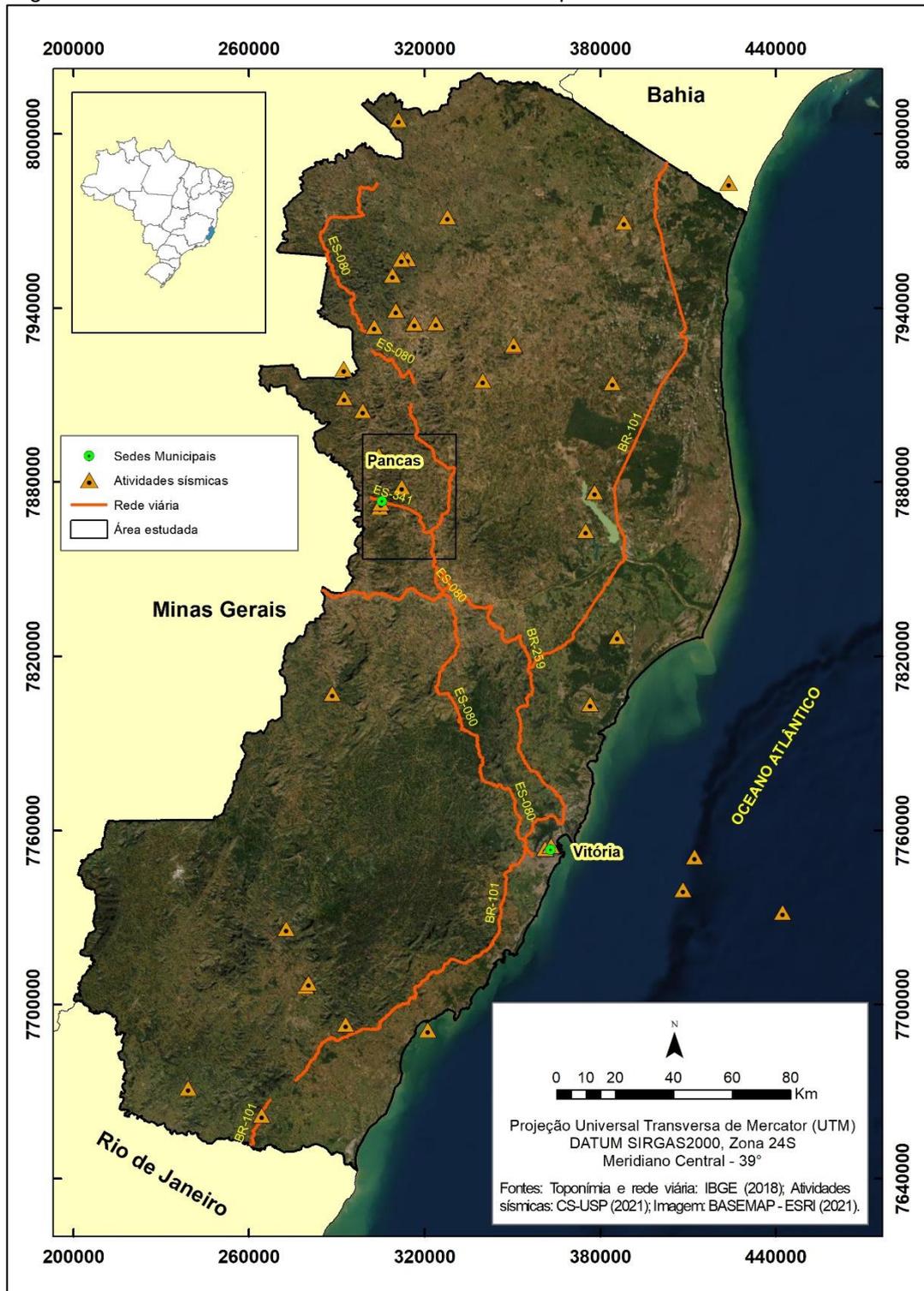
Os terremotos ocorrem como consequência da movimentação das placas tectônicas que se distribuem na superfície terrestre e que ao se moverem acabam se chocando entre si. A colisão dessas placas provoca dois tipos de terremotos, os de borda de placas que são os mais fortes, como ocorrem no Chile e os terremotos intraplacas, que são historicamente mais fracos, como os que ocorrem no Nordeste (CORREIA, 2010). Em decorrência dessa movimentação, a Placa Sul Americana está sendo submetida a um regime compressivo provocado pelo empurrão da Placa de Nazca de oeste para leste, e pela ascensão magmática na cadeia meso-atlântica, que a empurra para oeste (CORREIA, 2010).

No estado do Espírito Santo há registros de atividades sísmicas em todo o seu território desde o ano de 1767. Em 2021, 3 (três) atividades sísmicas de magnitudes 1,4 e 1,7 foram registradas na área, sendo 1 (uma) na região do Distrito de Lajinha de Pancas e 2 (duas) na região da cidade de Pancas (CS-USP, 2021).

A área estudada apresenta extensas zonas de cisalhamento e falhas/fraturas com predominância de direção NNW-SSE e NW-SE que refletem a orientação da Faixa Colatina (NNW-SSE) - (NOVAIS et al., 2004; NOVAIS, 2005). Estando sobre o Compartimento do Embasamento Pré-Cambriano, Unidade geológica muito antiga, as

falhas mais extensas e profundas constituem verdadeiras zonas de fraqueza da crosta terrestre, que os geocientistas chamam de suturas, que tendem a se movimentar, provocando diversas atividades sísmicas (CORREIA, 2010).

Figura 21 – Ocorrências de atividades sísmicas no Espírito Santo



Fonte: Organizado pelo autor

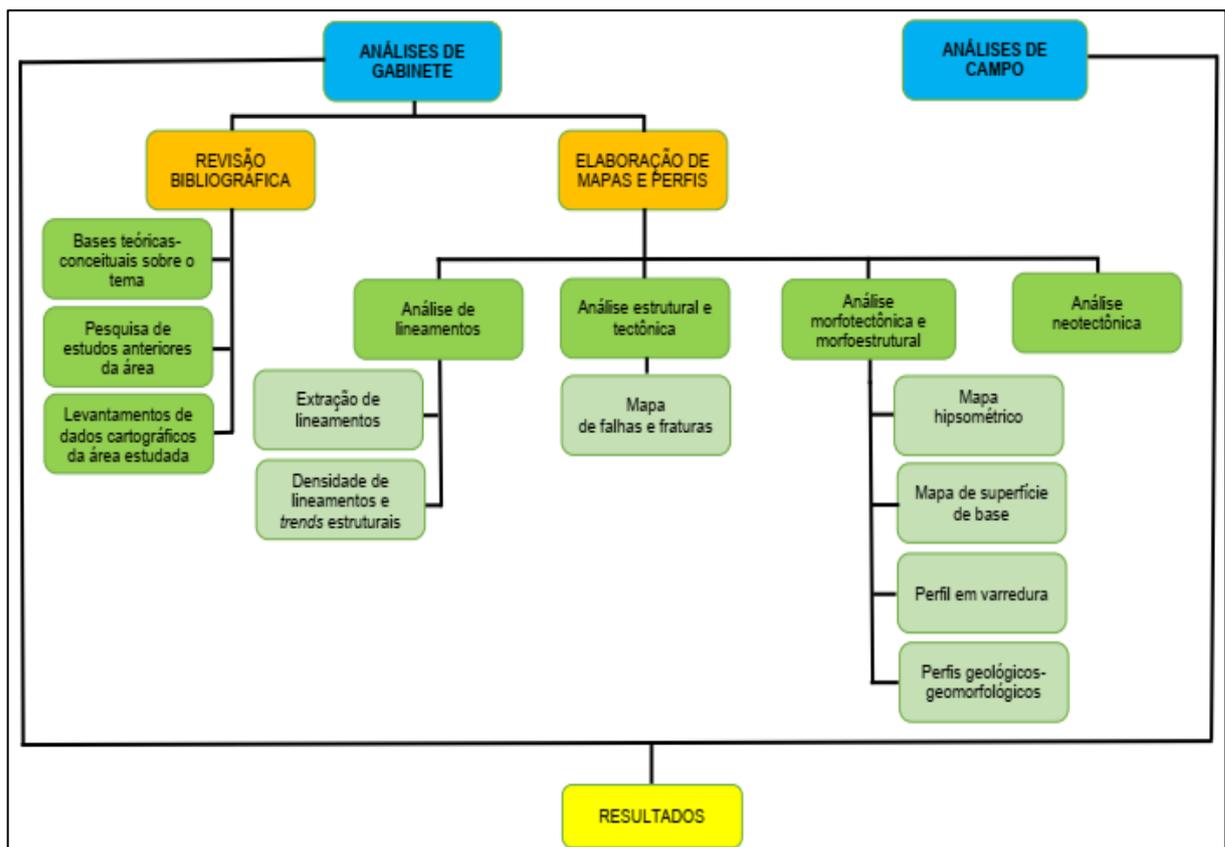
É possível que essas atividades sísmicas se distribuam às vezes sobre a própria zona de cisalhamento, às vezes acima ou abaixo da mesma, associado a alguma falha de menor extensão, o que faz com que as atividades sísmicas sejam menos intensas devido à sua situação intraplaca (CORREIA, 2010).

A região de Pancas, também apresenta densidade alta de fraturamentos/falhamentos e de lineamentos (BRICALLI, 2011) estando situada em uma região abrangida por Zonas de cisalhamento transcorrente sinistral (CPRM, 2018) que pode estar influenciando essas ocorrências de atividades sísmicas, em virtude também dessa compressão a que está sendo submetida a placa Sul Americana.

5. METODOLOGIA

A pesquisa foi dividida em 2 (duas) etapas fundamentais: i) análises de gabinete e; ii) análises de campo, conforme apresentada no fluxograma de atividades (Figura 22).

Figura 22 – Fluxograma de atividades



Fonte: Organizado pelo autor

5.1 ANÁLISES DE GABINETE

As análises de gabinete foram divididas em 5 (cinco) etapas: i) revisão bibliográfica: bases teóricas-conceituais sobre o tema, pesquisa de estudos anteriores da área e levantamento de dados cartográficos da área estudada; ii) elaboração de mapas e perfis; iii) análise de lineamentos; iv) análise estrutural e tectônica; v) análises morfotectônicas e morfoestruturais.

5.1.1 Revisão bibliográfica

Na Revisão bibliográfica foram consultados livros, artigos, monografias, dissertações e teses, referentes às variáveis litologia, estruturas geológicas, tectônica, rugosidade do relevo, altitude do relevo, morfoestrutura, morfotectônica e a relação dessas variáveis com a temática da pesquisa.

A partir desse levantamento foi possível criar uma base teórica-conceitual pertinente ao tema proposto no presente estudo. Em seguida foi realizada uma pesquisa sobre os estudos já realizados na área a respeito da temática estudada, especialmente sobre litoestrutura, lineamentos, tectônica, neotectônica, morfoestrutura e morfotectônica. Posteriormente, foram adquiridos em diversas fontes, bases cartográficas da área, afim de subsidiar a pesquisa e a elaboração dos mapeamentos.

5.1.2 Elaboração de mapas e perfis

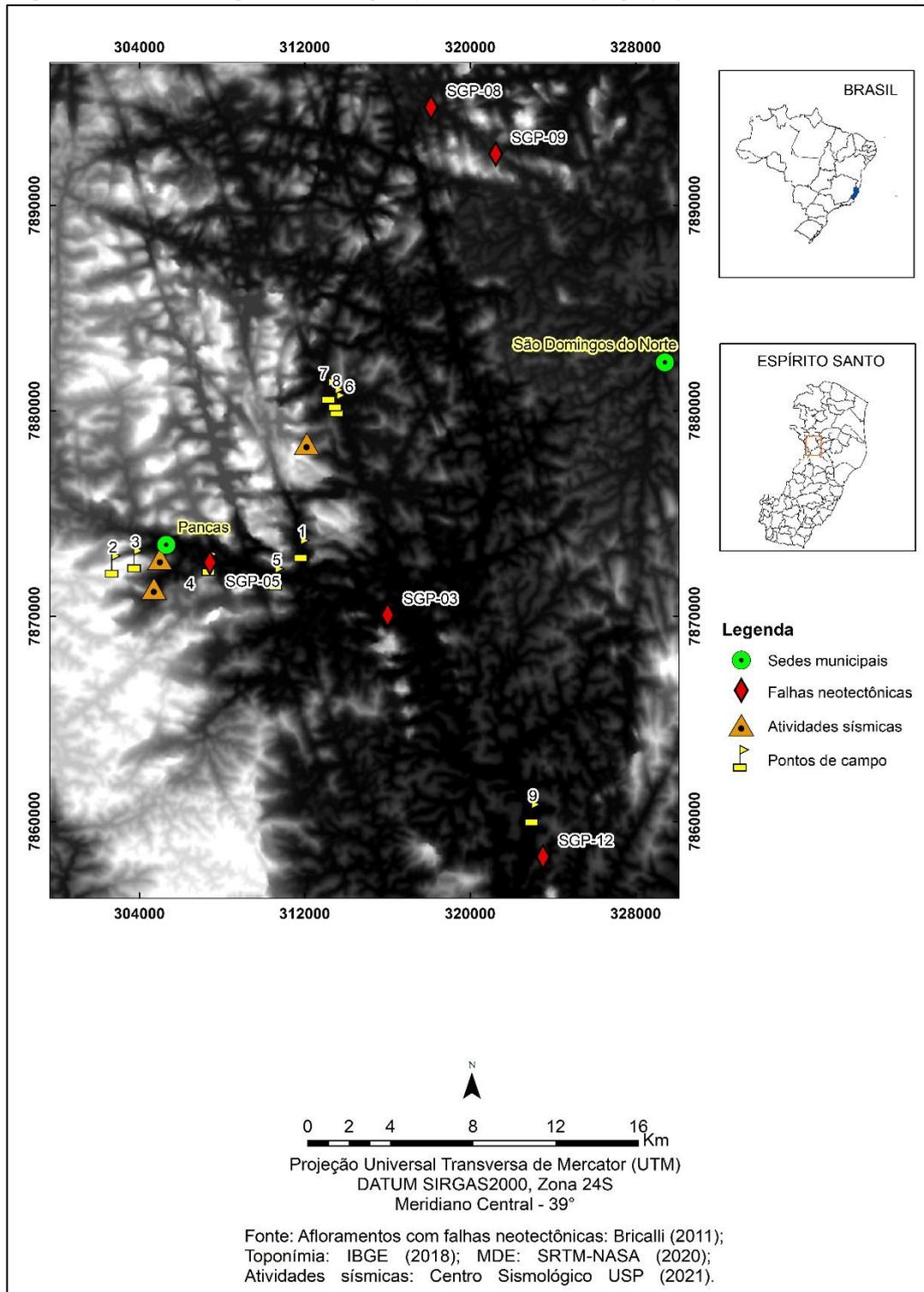
Os mapas de Localização Geográfica, Mapas Geológicos e Geomorfológicos, perfis e a espacialização dos pontos de campo foram organizados/elaborados com uso do *software* ArcGIS 10.3.1™ (ESRI, 2012), a partir do Sistema de Informações Geográficas (SIG), disponibilizado pelo Laboratório de Cartografia Geográfica e Geotecnologias – LCGGEO (UFES). As bases cartográficas foram configuradas no sistema de projeção *Universal Transversa de Mercator* (UTM) e DATUM de referência SIRGAS 2000, Zona 24S.

5.1.3 Análise de lineamentos

5.1.3.1 Extração de lineamentos em MDE (1:110.000)

Os lineamentos foram decalcados no ArcMap™ 10.3.1 (ESRI, 2012), sobre um modelo digital de elevação (MDE) do Serviço Geológico Norte-Americano (USGS), com resolução espacial de 30m (Topodata) - Valeriano (2002), obtido no site: <http://www.webmapit.com.br/inpe/topodata/> (Figura 23).

Figura 23 – Modelo digital de elevação (Shuttle Radar Topography Mission/SRTM-NASA)

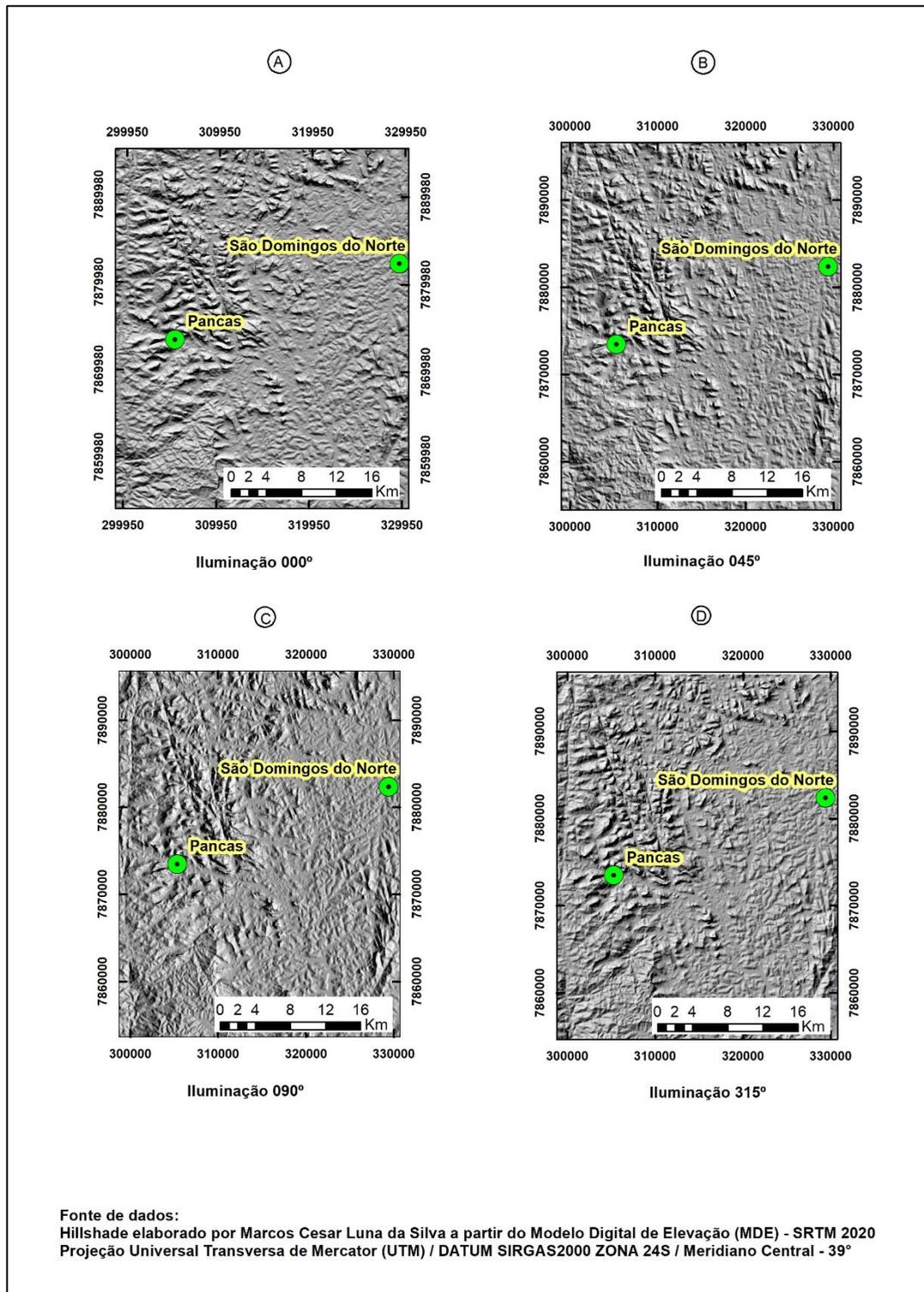


Fonte: Organizado pelo autor

Sobre o MDE foram aplicadas técnicas de iluminações artificiais (0°, 45°, 90° e 315°) e altitude solar de 45° utilizando a ferramenta “Hillshade” (Figura 24), e foi estabelecido o “Z-factor” com o valor 0,00000934 (BRICALLI, 2011) calculado a partir

da média entre os valores das latitudes que abrangem o estado do Espírito Santo (Tabela 1).

Figura 24 - Aplicação das iluminações artificiais na área estudada (A: 000°; B: 045°; C: 090°; D: 315°)



Fonte: Aplicação de iluminações artificiais de 0° (A), 45° (B), 90° (C) e 315° (D), com elevação solar constante de 45°. Elaborado por Marcos Cesar Luna da Silva

Tabela 1 – Diferentes valores de Z-Factor de acordo com a latitude

LATITUDE	FATOR - Z
0	0.00000898
10	0.00000912
20	0.00000956
30	0.00001036
40	0.00001171
50	0.00001395
60	0.00001792
70	0.00002619
80	0.00005256

Fonte: Modificado de Bricalli (2011)

Em seguida, os lineamentos foram decalcados segundo a metodologia de extração manual (BRICALLI, 2011) levando-se em consideração as características: linhas de segmentos de escarpas, alinhamento de cristas, vales, trechos de rios e lagos, depressões alongadas e ainda feições lineares separando terrenos através da diferença de textura e feições tonais lineares (LIU, 1984).

Os valores de direção de lineamentos foram calculados através da metodologia proposta por Queiroz et al. (2014) utilizando o *software AzimuthFinder*® 1.1, disponível no site: <http://www.neotectonica.ufpr.br/2013/index.php/aplicativos>, uma ferramenta computacional para funcionamento dentro do conjunto de programas do ArcGIS 10.3.1™ (ESRI, 2012). Para a determinação do comprimento dos lineamentos identificados foi criada uma coluna na tabela de atributos do Plano de Informação Geográfica referente aos lineamentos e em seguida, aplicada a ferramenta *Calculate Geometry* para calcular os comprimentos dos lineamentos extraídos na unidade metro. O sistema de coordenadas deve estar em UTM, para que o resultado final seja em metros.

Os azimutes dos lineamentos, assim como o comprimento dos lineamentos foram representados de acordo com Cardozo e Allmendinger (2020), com a utilização do *software Oriana* (versão 3.21, license demo), da Kovach Computing Services, disponível no site <http://www.kovcomp.co.uk/oriana/downl2.html>. e confeccionados em diagramas de rosetas.

Em seguida foi elaborado o mapa de densidade de lineamentos a partir dos lineamentos decalcados anteriormente e aponta as regiões com maior e menor

concentrações de lineamentos. Para isso, foi utilizada a ferramenta *Line Density do ArcToolBox*, do ArcGIS 10.3.1™ (ESRI, 2012) com tamanho de célula 30 e unidade de área km/km². Posteriormente foram decalcados os *trends* estruturais da área sobre a densidade de lineamentos.

5.1.3.2 Extração de lineamentos em ortofotos digitais - Escalas 1:25.000 e 1:10.000

O mapa de lineamentos sobre ortofotos digitais, assim como o cálculo do azimute, o cálculo do comprimento de lineamentos, a densidade de lineamentos e o decalque dos *trends* estruturais, foi elaborado da mesma maneira que o mapa de lineamentos sobre o MDE, com exceção de não terem sido aplicadas iluminações artificiais, por se tratar de fotografias aéreas.

5.1.4 Análise estrutural e tectônica

5.1.4.1 Mapa de falhas e fraturas

O mapa de falhas e estruturas foi gerado no software ArcGIS 10.3.1™ (ESRI, 2012), tendo como base o mapa geológico da CPRM (2018), escala 1:400.000 a partir da vetorização das estruturas geológicas presentes na área estudada.

5.1.5 Análise morfotectônica e morfoestrutural

5.1.5.1 Mapa hipsométrico

O mapa hipsométrico foi elaborado através do modelo digital de elevação (MDE) - (Topodata) - Valeriano (2002), apresentando 5 (cinco) intervalos de classes de altitudes (77m a 188m; 188m a 300m; 300m a 442m; 442m a 596m e 596m a 901m).

5.1.5.2 Mapa de superfície de base

Para a elaboração do mapa de superfícies de base (SB), foi utilizado o modelo digital de elevação (MDE) do Projeto Topodata (VALERIANO, 2011),

a fim de obter as informações altimétricas da área estudada e determinar a hierarquia da drenagem conforme propõe Strahler (1952). A rede de drenagem foi extraída do MDE. Após essas etapas, utilizando a ferramenta *Stream Order* do referido *software*, foi determinada a hierarquia dos rios. Os segmentos de segunda ordem (STRAHLER, 1952) da rede de drenagem da área estudada, foram selecionados e convertidos para pontos. Em seguida, o valor da altitude de cada ponto foi obtido a partir do modelo digital de elevação (MDE) e, por fim, os dados foram interpolados utilizando o método do “INVERSO DA DISTÂNCIA PONDERADA – IDW”, na potência 2, com raio de busca de 2,5 km e considerando-se os 15 pontos mais próximos, resultando no mapa de superfícies de base (SALVADOR; PIMENTEL, 2009).

5.1.5.3 Feições morfotectônicas

As Feições Morfotectônicas foram identificadas e classificadas segundo Ollier (1981), Summerfield (1986; 1987; 1991) e Gontijo (1999), os quais apontam como feições morfotectônicas: facetas trapezoidais e triangulares, *Shutter Ridge*, Vales alinhados, Vales assimétricos, Alvéolos de sedimentação, Escarpas de falha, *Horsts* e *Grabens*, Estruturas em Dominó, Vales lineares, Cristas lineares. Em gabinete, foram identificadas 04 (quatro) áreas de ocorrência de feições morfotectônicas com controle neotectônico sobre as fotografias aéreas digitais (Ortofotos), com uso do *ArcGIS 10.3.1™* (ESRI, 2012).

Em seguida, foram criados 5 (cinco) *Data Frames*, sendo 1 (um) para a totalidade da área estudada com apontamento da distribuição das feições morfotectônicas e 4 (quatro) para representação de cada feição morfotectônica. Posteriormente, foram mapeadas as seguintes feições morfotectônicas: i) 1 (uma) Escarpa linear; ii) 1 (um) Vale retilíneo; iii) 1 (uma) Escarpa de falha; v) 1 (uma) Faceta triangular. Para a diferenciação entre Escarpa Linear e Escarpa de Falha foram consideradas as estruturas mapeadas pela CPRM (2018).

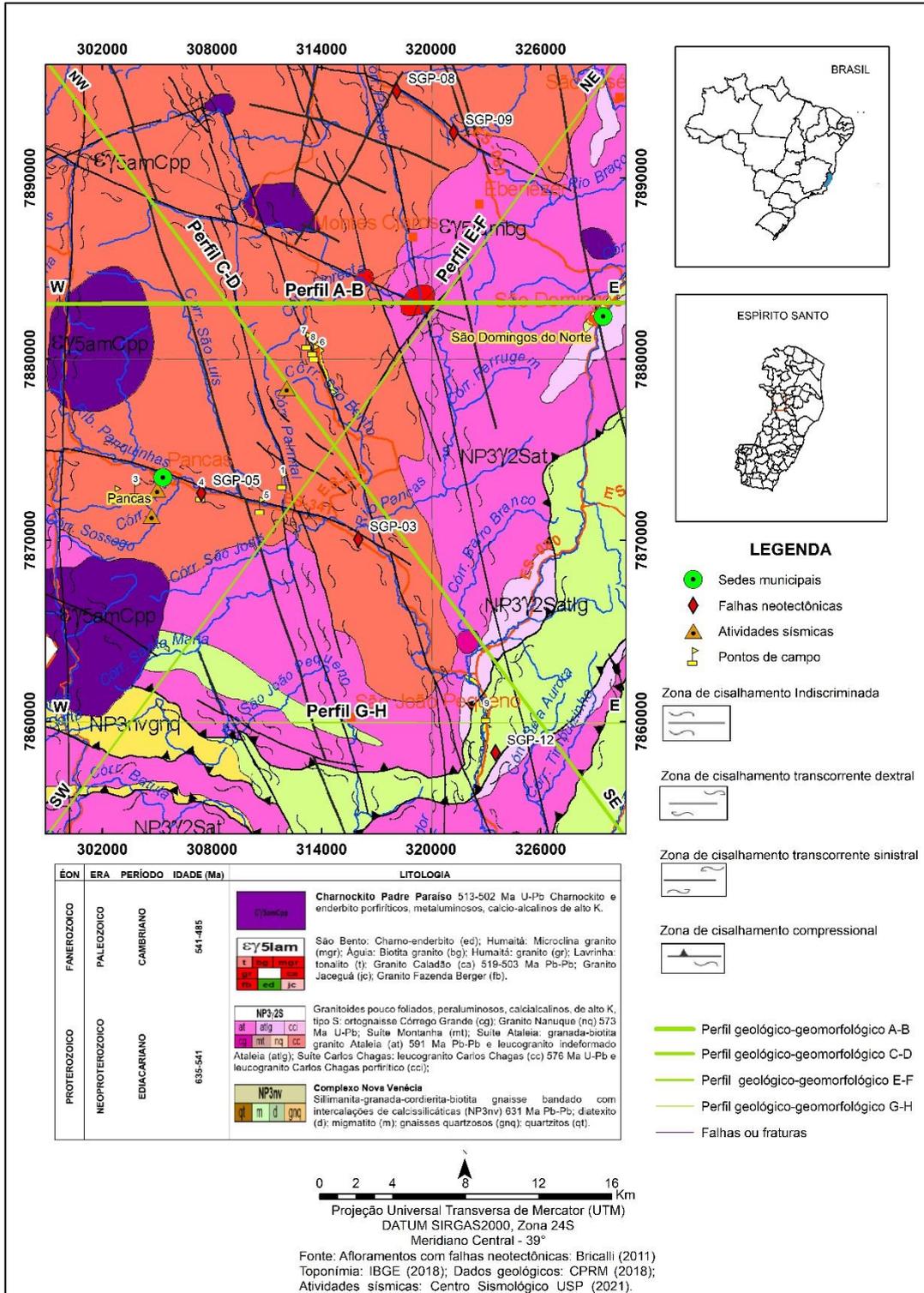
5.1.6 Perfis geológicos-geomorfológicos

Para a elaboração dos perfis (Figura 25) foram traçadas 4 (quatro) linhas de corte em direções pré-estabelecidas (E-W, NW-SE e NE-SW) e de acordo com a

Padrões de lineamentos e controle estrutural, tectônico e neotectônico no relevo da região de Pancas (Espírito Santo, Sudeste do Brasil).

melhor representação da variação da altitude da área para possível identificação de blocos de altitudes.

Figura 25 - Perfis geológicos-geomorfológicos (orientação E-W, NW-SE e NE-SW)



Fonte: Modificado de CPRM (2018)

Os perfis foram gerados primeiramente sobre o MDE, através da ferramenta *Create Profile Graph* da extensão *3D Analyst* do ArcGIS 10.3.1™ (ESRI, 2012). A classificação das litologias foi realizada manualmente, a partir do início e final dos limites litológicos presentes no mapa geológico (CPRM, 2018) e a inserção no perfil topográfico elaborado, permitindo, assim, a representação topográfica em duas dimensões (2D).

5.1.7 Perfil em varredura

Foram elaborados 2 (dois) perfis em varredura nas orientações NW-SE (perfil A-B) e NE-SW (perfil C-D), conforme metodologia proposta por Meis et al. (1982), sobre a base cartográfica do IBGE (1979) na carta topográfica São Gabriel da Palha (SE.24-Y-C-III), na escala 1:100.000. O perfil em varredura foi elaborado perpendicularmente à estruturação do relevo a fim de representar blocos soerguidos e bloco rebaixados. Inicialmente foi sobreposto o papel milimetrado transparente sobre a carta topográfica, posicionado perpendicularmente à estruturação do relevo. Posteriormente, foram extraídos todos os valores de altimetria de pontos cotados e os valores altimétricos de topos de morros que não possuíam pontos cotados. Após isso, os valores de altimetria, extraídos da carta topográfica, foram transferidos para o *software* Excel® em forma de tabela e foi gerado o gráfico do tipo “dispersão”, apresentando as altitudes dos pontos cotados e topos com seus respectivos valores altimétricos e a distância na carta topográfica na escala de 1:100.000.

O perfil em varredura pode identificar possíveis blocos de rochas soerguidos e rebaixados por falhas geológicas. Sendo assim, foram interpretados possíveis blocos soerguidos e blocos rebaixados a partir da concentração dos pontos de dispersão presentes no gráfico. Onde os pontos encontram-se próximos entre si e posicionados em altitudes mais elevadas pode ser caracterizado como um bloco soerguido, e onde se apresentam próximos entre si e em altitudes mais baixas pode ser caracterizado como bloco rebaixado. Esse procedimento foi realizado através do programa de edição *Paint do Windows®* onde foram desenhados os blocos sobre o gráfico em dispersão.

5.2 ANÁLISES DE CAMPO

O trabalho de campo na área estudada, foi realizado no mês de setembro de 2021, buscando identificar, especialmente, estruturas geológicas, feições morfotectônicas e afloramentos com falhas neotectônicas. Foram percorridos 9 (nove) pontos de campo, registrados com GPS (*Global Position System*) para sua exata localização geográfica, que incluem, afloramentos com dados de neotectônica estudados por Bricalli (2011) – (SGP-03, SGP-05 e SGP-12), a fim de verificar as informações apontadas pela autora.

O registro das características geológicas e geomorfológicas acima mencionadas, foi realizado por meio de análises *in situ* dos litótipos, estruturas geológicas e feições geomorfológicas presentes (morfologia do relevo: topo, vertente, fundo de vale, áreas de planícies, platôs, etc.), além de ter sido realizada uma comparação com os mapeamentos geológicos e geomorfológicos pré-existentes (CPRM, 2018; MENDES et al., 1987).

A análise dos litótipos foi feita com auxílio de martelo geológico *Estwing* com cabo revestido de náilon e, posteriormente, identificação a olho nu e lupa (10mmx20mm) dos minerais presentes. As estruturas geológicas (falhas e fraturas) foram medidas com uso da bússola modelo *Bruton*. As morfologias foram interpretadas a partir da classificação das morfologias de topos, vertentes e vales presentes na área.

Além disso, as informações foram registradas por câmera fotográfica digital Nikon D5300 com GPS, Wi-Fi, sensor APSC (resolução 20 *megapixels*) e, posterior, anotações e desenhos em caderneta de campo. Na área estudada também foram registradas fotografias aéreas com a utilização do drone *mavic air* com autonomia de voo de 20 minutos por bateria, alcance de 5 km horizontal e a altura de voo utilizada foi de 60 metros do solo, câmera com sensor CMOS 1/2.3 polegadas de 12 megapixels, gimbal para correção de movimentos de atitude da aeronave, GPS de navegação embarcado e Aplicativo de voo DJI GO 4. Também foi realizado voo manual para obtenção de imagens e tratamento das fotos no *software Lightroom* para correção de balanço de branco, contraste e realces.

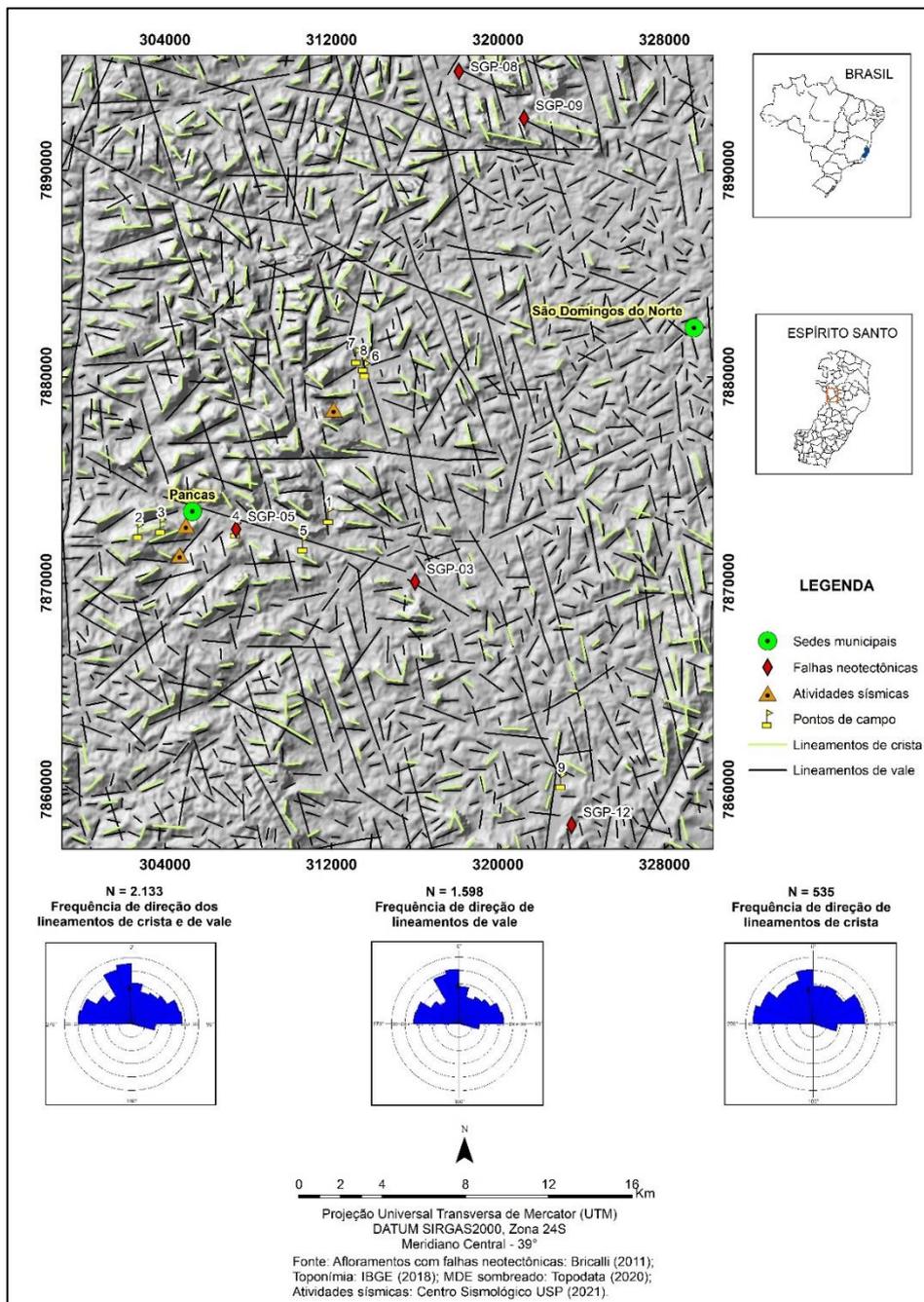
6. RESULTADOS E DISCUSSÕES

6.1 ANÁLISES DE GABINETE

6.1.1 Análise de lineamentos (área total 1.375,29 Km², escala 1:110.000)

Na área de estudo foram traçados 2.133 lineamentos, sendo 1598 lineamentos de vale e 535 lineamentos de cristas alinhadas (Figura 26).

Figura 26 – Mapa de lineamentos



Fonte: Organizado pelo autor

Os gráficos de rosetas demonstram a predominância dos lineamentos de direção NNW-SSE e NW-SE, seguidas pelas orientações NNE-SSW e NE-SW, seguidos da orientação N-S. As orientações E-W são pouco representativas (Figura 26). As orientações NNW-SSE e NW-SE refletem as estruturas regionais (lineamentos do estado do Espírito Santo), identificadas por Bricalli (2011).

As orientações NNW-SSE e NW-SE dos lineamentos refletem a orientação da Faixa Colatina (NNW-SSE) - (NOVAIS et al., 2004; NOVAIS, 2005) e são coincidentes com as orientações predominantes do mapa de *trends* estruturais (Figura 27). As orientações NNW-SSE a NW-SE dos lineamentos também são coincidentes com a orientação de uma falha dextral NNW-SSE do ponto SGP-08 e SGP-09, falha dextral NNW-SSE do ponto SGP-12 (BRICALLI, 2011).

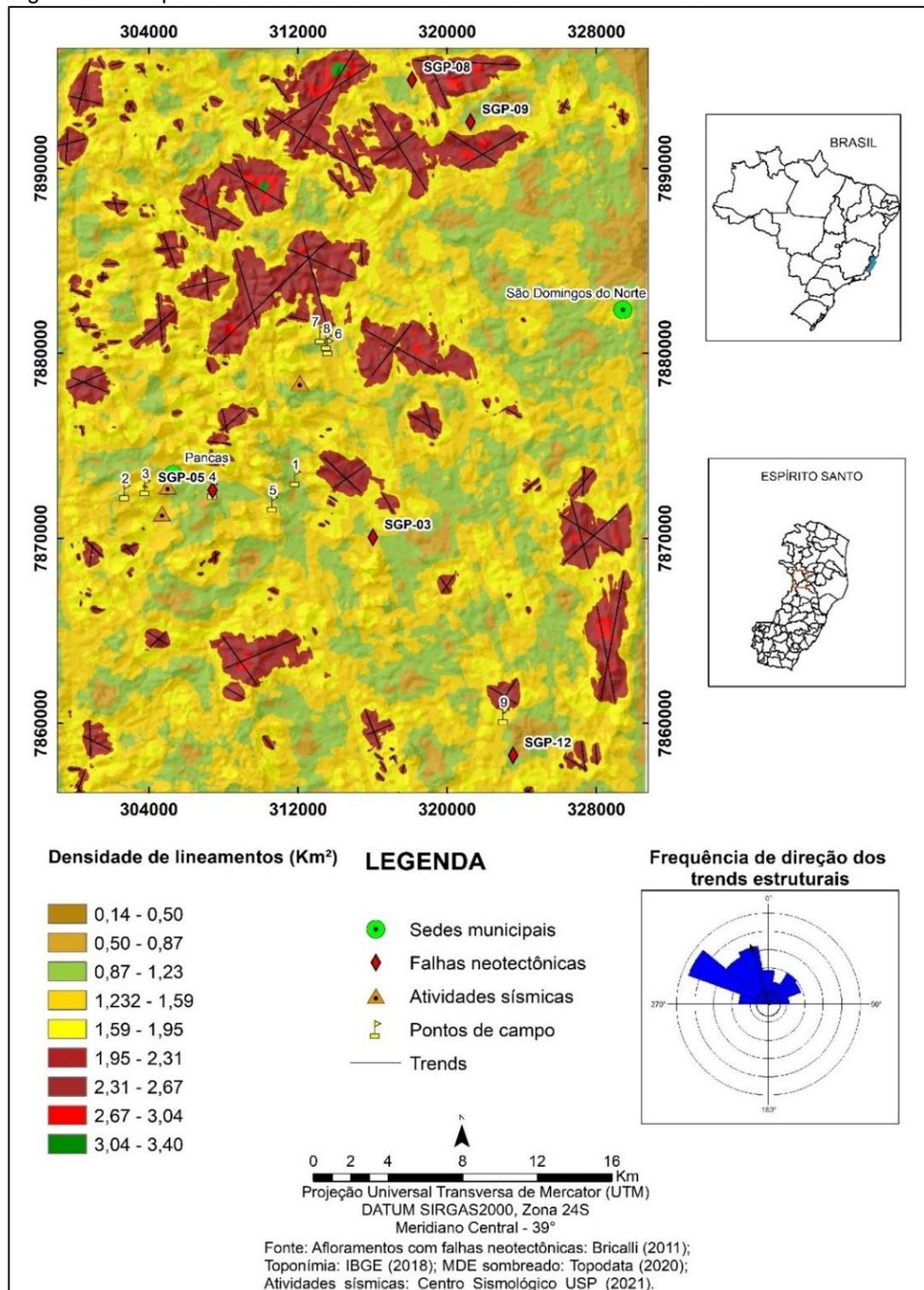
Os lineamentos de direção NNE-SSW e NE-SW refletem a orientação do Orógeno Araçuaí (NE-SW) - Machado Filho et al. (1983); Pedrosa Soares e Wiedemann-Leonardos (2000). Essas orientações refletem também, as estruturas regionais (lineamentos do estado do Espírito Santo), identificadas por Bricalli (2011). Além das orientações da falha dextral ENE-WNW do ponto SGP-08 e SGP-09 e das falhas normais NE-SW e dextrais NNE-SSW do ponto SGP-12 (BRICALLI, 2011).

6.1.2 Análise de densidade de lineamentos e *trends* estruturais

O mapa de densidade de lineamentos e de *trends* estruturais apresentou um total de 167 lineamentos traçados. Os maiores intervalos de classe, entre 1,95 Km² a 3,4 Km², estão concentrados na porção norte do Domínio Maciços Plutônicos e em pequenas áreas distribuídas no centro e sul desse Domínio. Na porção sudeste, no Domínio Faixa de Dobramentos Remobilizados, também há presença de áreas com concentração desses intervalos de classe. Os intervalos de classe entre 0,87 Km² a 1,95 Km² estão distribuídos uniformemente em toda a área estudada (Figura 27).

O gráfico de rosetas dos *trends* estruturais apresentou predominância de lineamentos de direção NNW-SSE e NW-SE, seguidas das orientações NE-SW. As orientações N-S e E-W são menos expressivas que as mencionadas. As orientações refletem as estruturas regionais (lineamentos do estado do Espírito Santo), identificadas por Bricalli (2011).

Figura 27 – Mapa de densidade de lineamentos e *trends* estruturais



Fonte: Organizado pelo autor

As orientações NNW-SSE e NW-SE dos lineamentos refletem a orientação da Faixa Colatina (NNW-SSE) - (NOVAIS et al., 2004; NOVAIS, 2005) e são coincidentes com as orientações dos *trends* estruturais. As orientações NNW-SSE a NW-SE dos

lineamentos também são coincidentes com a orientação de uma falha dextral NNW-SSE do ponto SGP-12, falha dextral NNW-SSE do ponto SGP-08 e SGP-09 (BRICALLI, 2011).

Os lineamentos de direção NNE-SSW e NE-SW refletem a orientação do Orógeno Araçuaí (NE-SW) - Machado Filho et al. (1983); Pedrosa Soares e Wiedemann-Leonardos (2000). Também refletem as orientações da falha dextral ENE-WNW do ponto SGP-08 e SGP-09 e falhas normais NE-SW e dextrais NNE-SSW do ponto SGP-12 (BRICALLI, 2011).

6.1.3 Análise de lineamentos em ortofotos digitais - Escalas 1:25.000 e 1:10.000

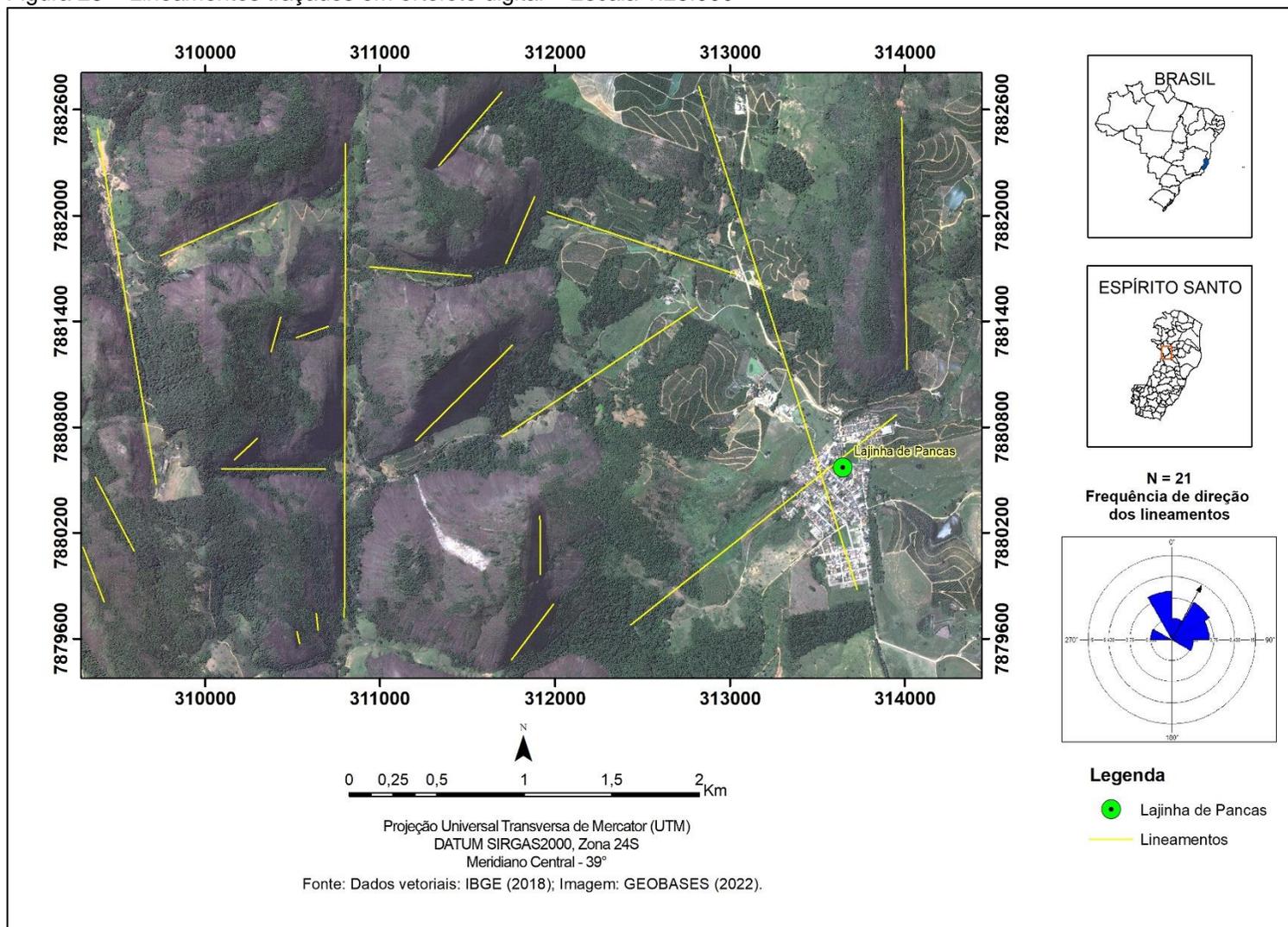
O mapa de lineamentos (escala 1:25.000) – figura 28, apresentou um total de 21 lineamentos traçados no entorno do Distrito de Lajinha de Pancas-ES, região situada dentro da área estudada. O gráfico de rosetas apresentou a predominância de direção NNW-SSE, seguida da orientação NE-SW, seguidas das orientações WNW-ESE e ENE-WSW.

A orientação predominante (NNW-SSE) dos lineamentos, reflete a orientação da Faixa Colatina (NNW-SSE) - (NOVAIS et al., 2004; NOVAIS, 2005). As orientações NNW-SSE a NW-SE dos lineamentos também são coincidentes com a orientação de uma falha dextral NNW-SSE do ponto SGP-12, falha dextral NNW-SSE do ponto SGP-08 e SGP-09 (BRICALLI, 2011), pontos esses próximos à área delimitada.

O mapa de lineamentos (escala 1:10.000) – figura 29, apresentou um total de 10 lineamentos traçados à sudoeste do centro da sede do município de Pancas-ES, região situada dentro da área estudada. O gráfico de rosetas demonstrou a predominância dos lineamentos de direção NE-SW, seguida da orientação ENE-WSW. Essas orientações refletem as estruturas regionais (lineamentos do estado do Espírito Santo), identificadas por Bricalli (2011).

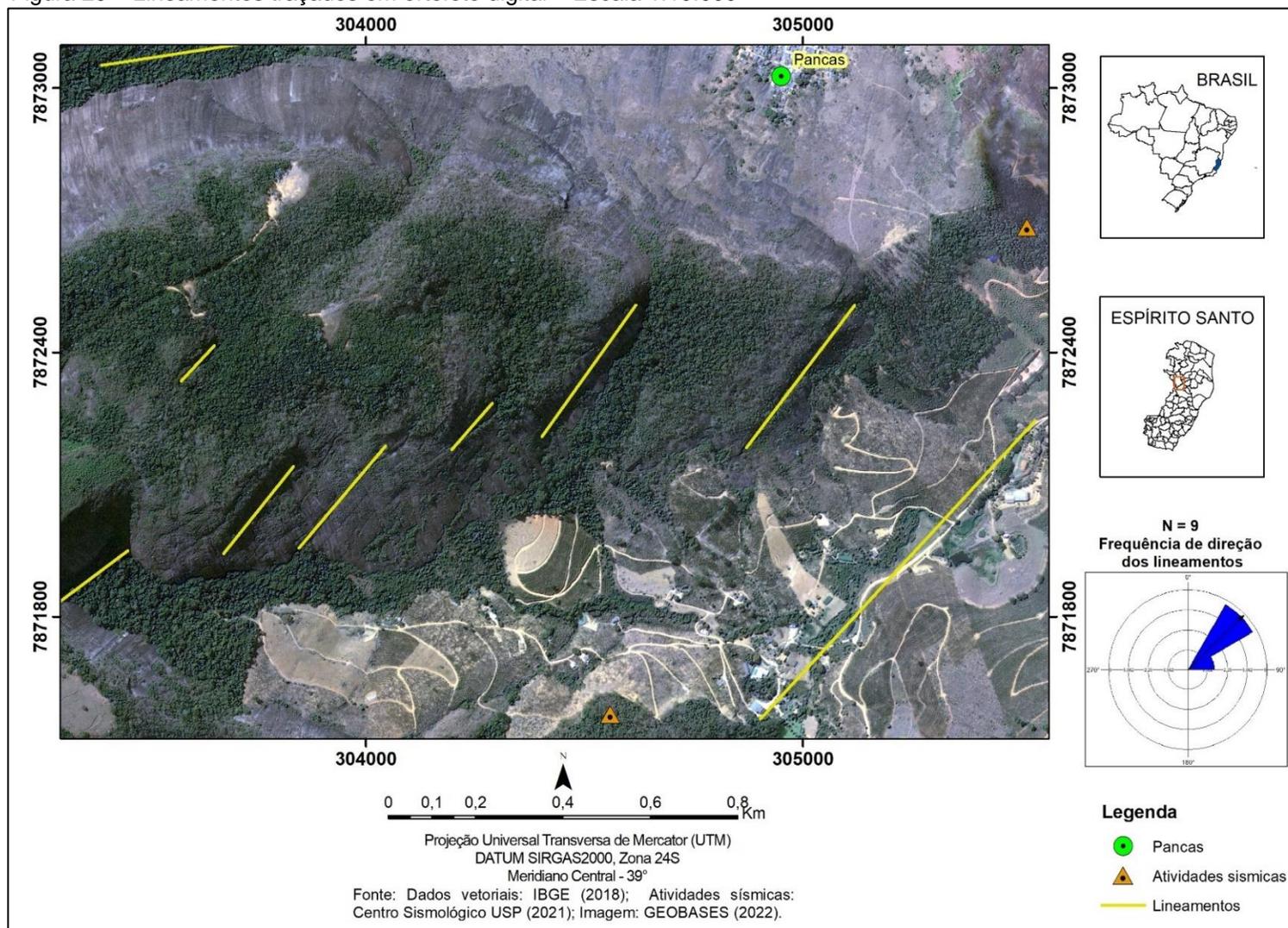
Essa orientação (NE-SW) dos lineamentos traçados na área do Distrito de Lajinha de Pancas-ES, reflete a orientação do Orógeno Araçuaí (NE-SW) - Machado Filho et al. (1983); Pedrosa Soares e Wiedemann-Leonardos (2000). Também reflete as orientações das falhas normal NE-SW e dextral NNE-SSW do ponto SGP-12 (BRICALLI, 2011), pontos esses próximos à área delimitada.

Figura 28 – Lineamentos traçados em ortofoto digital – Escala 1:25.000



Fonte: Organizado pelo autor

Figura 29 – Lineamentos traçados em ortofoto digital – Escala 1:10.000

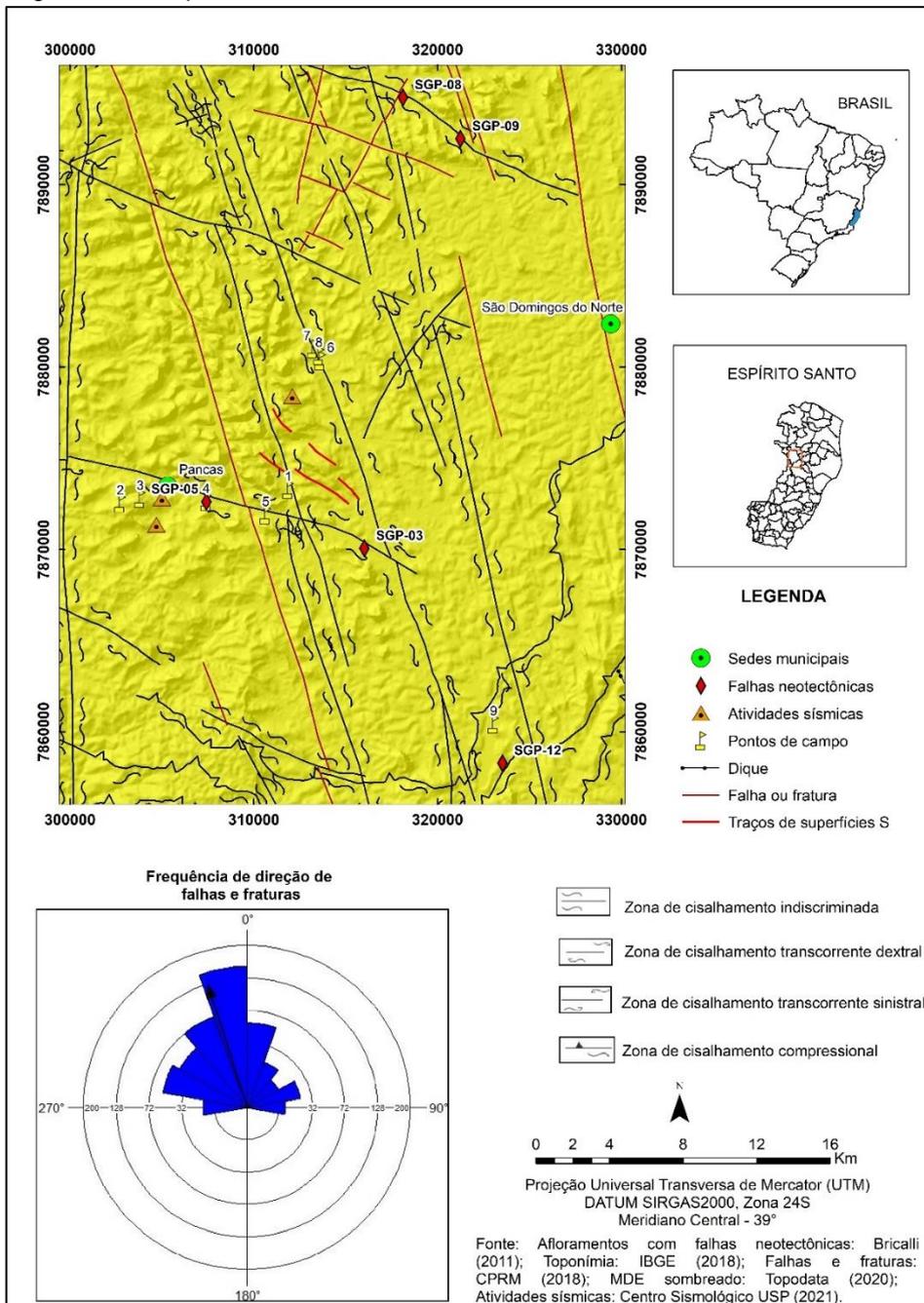


Fonte: Organizado pelo autor

6.1.4 Análise de falhas e fraturas

O gráfico de rosetas do mapa de falhas e fraturas existentes na área estudada, demonstrou a predominância dos lineamentos de direção NNW-SSE e NW-SE, seguidas pelas orientações NNE-SSW e NE-SW, seguidos das orientações WNW-ESE e ENE-WSW (Figura 30).

Figura 30 – Mapa de falhas e fraturas



Fonte: Organizado pelo autor

Essas orientações refletem as estruturas regionais (lineamentos do estado do Espírito Santo), identificadas por Bricalli (2011).

Os lineamentos de direção NNE-SSW e NE-SW refletem a orientação do Orogênio Araçuaí (NE-SW) - Machado Filho et al. (1983); Pedrosa Soares e Wiedemann-Leonardos (2000). Também refletem as orientações das falhas dextrais WNW-ESE e ENE-WSW do ponto SGP-03 e SGP-05, falhas normais e sinistrais NE-SW e dextrais NNE-SSW do ponto SGP-12 (BRICALLI, 2011).

As orientações NNW-SSE a NW-SE dos lineamentos refletem a orientação da Faixa Colatina (NNW-SSE) - (NOVAIS et al., 2004; NOVAIS, 2005) e são coincidentes com as orientações da falha dextral NNW-SSE do ponto SGP-12, falhas normais NW-SE do ponto SGP-08 e SGP-09.

6.1.5 Análise da hipsometria

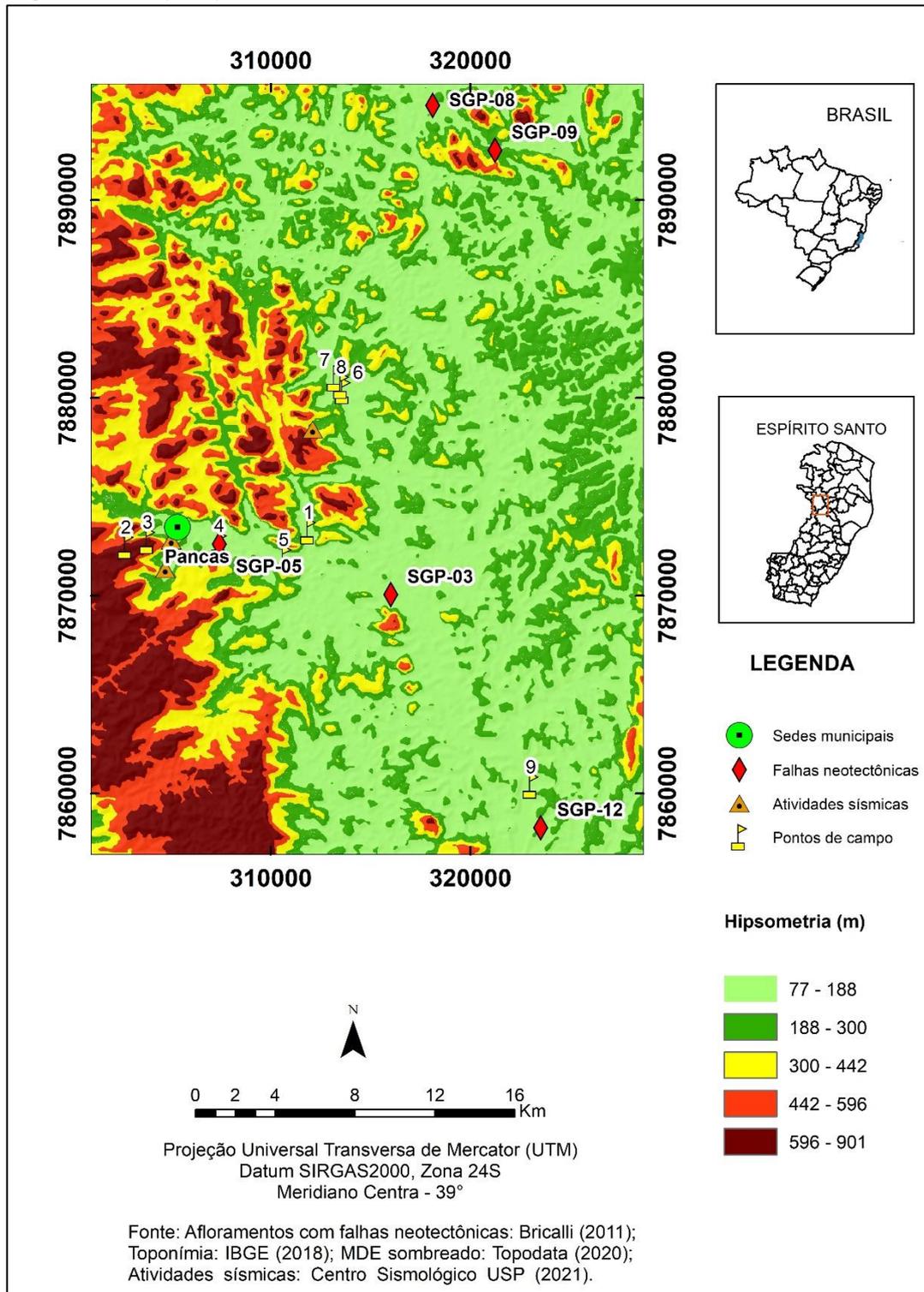
O mapa hipsométrico foi elaborado com 5 (cinco) intervalos de classes de altitudes (77m a 188m; 188m a 300m; 300m a 442m; 442m a 596m e 596m a 901m) permitindo representar a variação altimétrica do relevo nos Domínios Maciços Plutônicos e Faixa de Dobramentos Remobilizados que compreendem a área estudada (Figura 31).

As maiores altitudes (300m a 901m) estão situadas na porção oeste da área estudada, que compreende as Unidades geológicas Suíte Carlos Chagas, Charnockito Padre Paraíso, Suíte Ataleia, e Complexo Nova Venécia (CPRM, 2018).

A área é abrangida pela Unidade geomorfológica Bloco Montanhoso Central do Domínio Maciços Plutônicos (MENDES et al., 1987), onde há fragmentos de planaltos com topos planos, associações de morros, forte controle estrutural e ocorrência de pontões e dissecação em lombas (MENDES et al., 1987). No Domínio Maciços Plutônicos, na porção sul, predominam os intervalos de classes entre 442m a 901m e na porção norte desse Domínio o intervalo de classe de 300m a 442m.

O intervalo de classe de 188m a 300m está distribuído no Domínio da Faixa de Dobramentos Remobilizados, se destacando a leste da área estudada e também se apresenta em pequenas áreas no Domínio Maciços Plutônicos. O intervalo de classe 77m a 188m predomina na Faixa de Dobramentos Remobilizados e apresenta em pequenas áreas no Domínio dos Maciços Plutônicos.

Figura 31 – Mapa hipsométrico



Fonte: Organizado pelo autor

O Domínio Faixa de Dobramentos Remobilizados é caracterizado por formação de patamares, rios principais entalhados, interflúvios tabulares e colinosos, colinas, planalto dissecado e entremeado de vales profundos em V, interflúvios de topos

convexos e colinas entremeados por núcleos mais resistentes e em forma de pontões e cristas separados por vales de fundo chato e colmatados (MENDES et al., 1987).

O relevo com as maiores altitudes (300m a 901m), apresentam morros mais alongados na porção sudoeste, com fraturamentos na orientação NE-SW e morros isolados na porção noroeste, separados por fraturamentos bem marcados, especialmente na orientação NNW-SSE e NW-SE. Na porção leste da área, observa-se altitudes mais baixas (188m a 300m) e relevo bastante dissecado, com sulcos estruturais profundos, escarpas, cristas e pontões, orientados predominantemente na direção NNW-SSE, seguida da orientação NNE-SSW, diferentemente da porção oeste da área.

As orientações NNW-SSE e NW-SE dos fraturamentos, claramente visíveis no mapa hipsométrico (Figura 31), refletem as orientações dominantes também nos mapas de lineamentos, no mapa de *trends* estruturais e no mapa de falhas geológicas presentes na área (BRICALLI, 2011), além de refletir a mesma orientação da Faixa Colatina. Além disso, essa orientação dominante é também coincidente com orientações de falhas neotectônicas mapeadas na área e próximas à mesma.

Diante do descrito acima, observa-se que as altitudes da área, tão bem quanto o relevo, apresentam forte controle estrutural e tectônico.

6.1.6 Análise do mapa de superfície de base

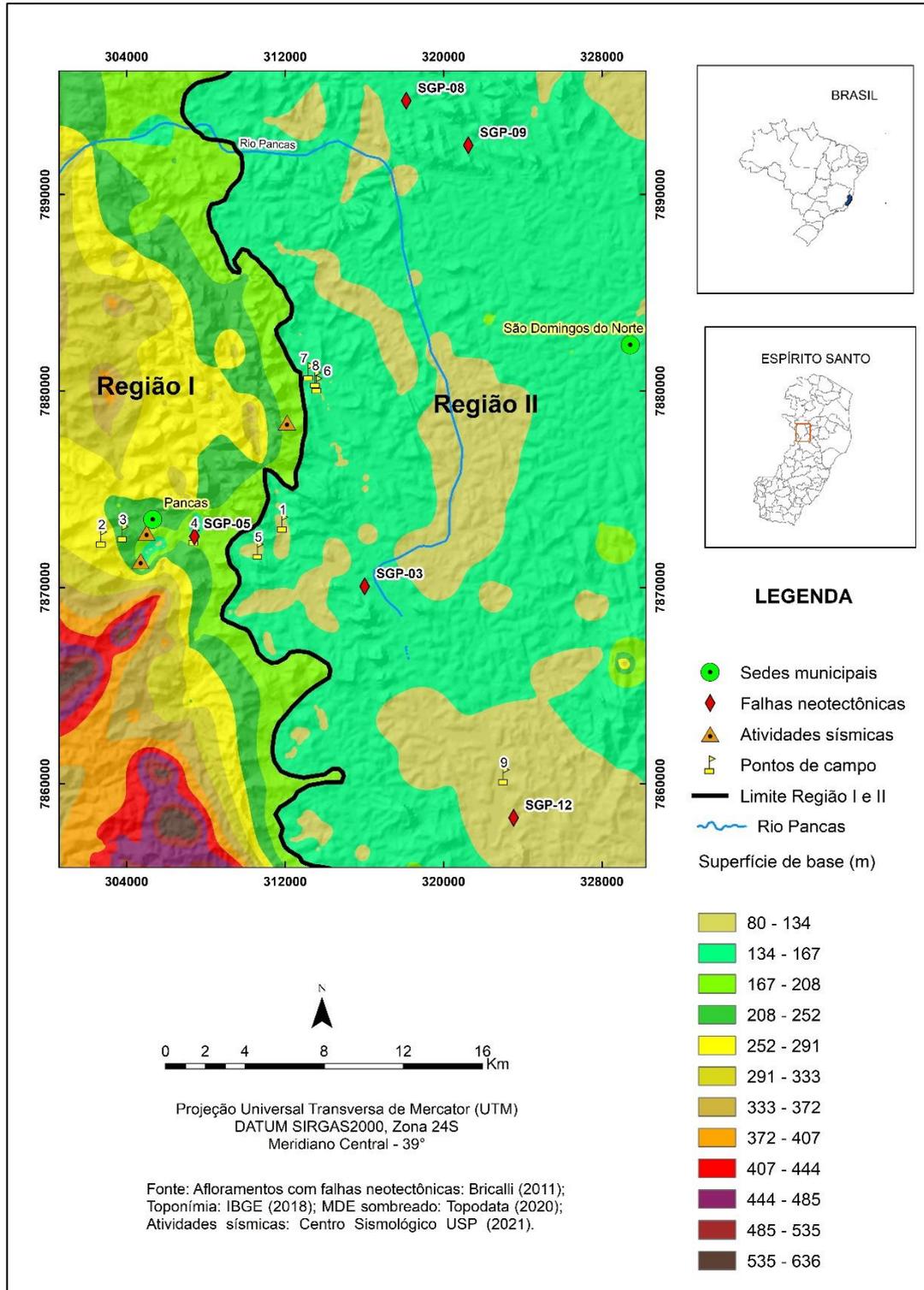
O mapa de superfícies de base apresenta 12 (doze) classes de isobases: 1) 80m a 134m; 2) 134m a 167m; 3) 167m a 208m; 4) 208m a 252m; 5) 252m a 291m; 6) 291m a 333m; 7) 333m a 372m; 8) 372m a 407m; 9) 407m a 444m; 10) 444m a 485m; 11) 485m a 535m e; 12) 535m a 636m, permitindo assim identificar os contrastes acentuados do relevo (Figura 32).

A partir da análise das classes de isobases, foram delimitadas 2 (duas) regiões de acordo com os Domínios morfoestruturais presentes na área estudada: i) Região I (167m a 636m) referente ao Domínio Maciços Plutônicos e; ii) Região II (80m a 167m) referente ao Domínio Faixa de Dobramentos Remobilizados.

Na Região I, predominam as Unidades geológicas Suíte Carlos Chagas, Charnockito Padre Paraíso, Suíte Ataleia e o Complexo Nova Venécia, apresentando falhas/fraturas, traços de superfície S e zonas de cisalhamento de orientações NNW-

SSE, NW-SE e WNW-ESE (CPRM, 2018).

Figura 32 – Mapa de superfície de base



Fonte: Organizado pelo autor

Na região II, predominam as Unidades geológicas Suíte Carlos Chagas, Granito

Águia, Suíte Ataleia e o Complexo Nova Venécia, apresentando falhas/fraturas e zonas de cisalhamento de orientações NNW-SSE, WNW-ESE e NNE-SSW, (CPRM, 2018).

A orientação NNE-SSW, reflete a orientação do Orógeno Araçuaí (NE-SW) - Machado Filho et al. (1983); Pedrosa Soares e Wiedemann-Leonardos (2000). Também reflete a orientação da falha dextral NNE-SSW do ponto SGP-12 (BRICALLI, 2011). A orientação NNW-SSE, reflete a orientação da Faixa Colatina (NNW-SSE) - (NOVAIS et al., 2004; NOVAIS, 2005) e também reflete a orientação da falha dextral NNW-SSE do ponto SGP-12.

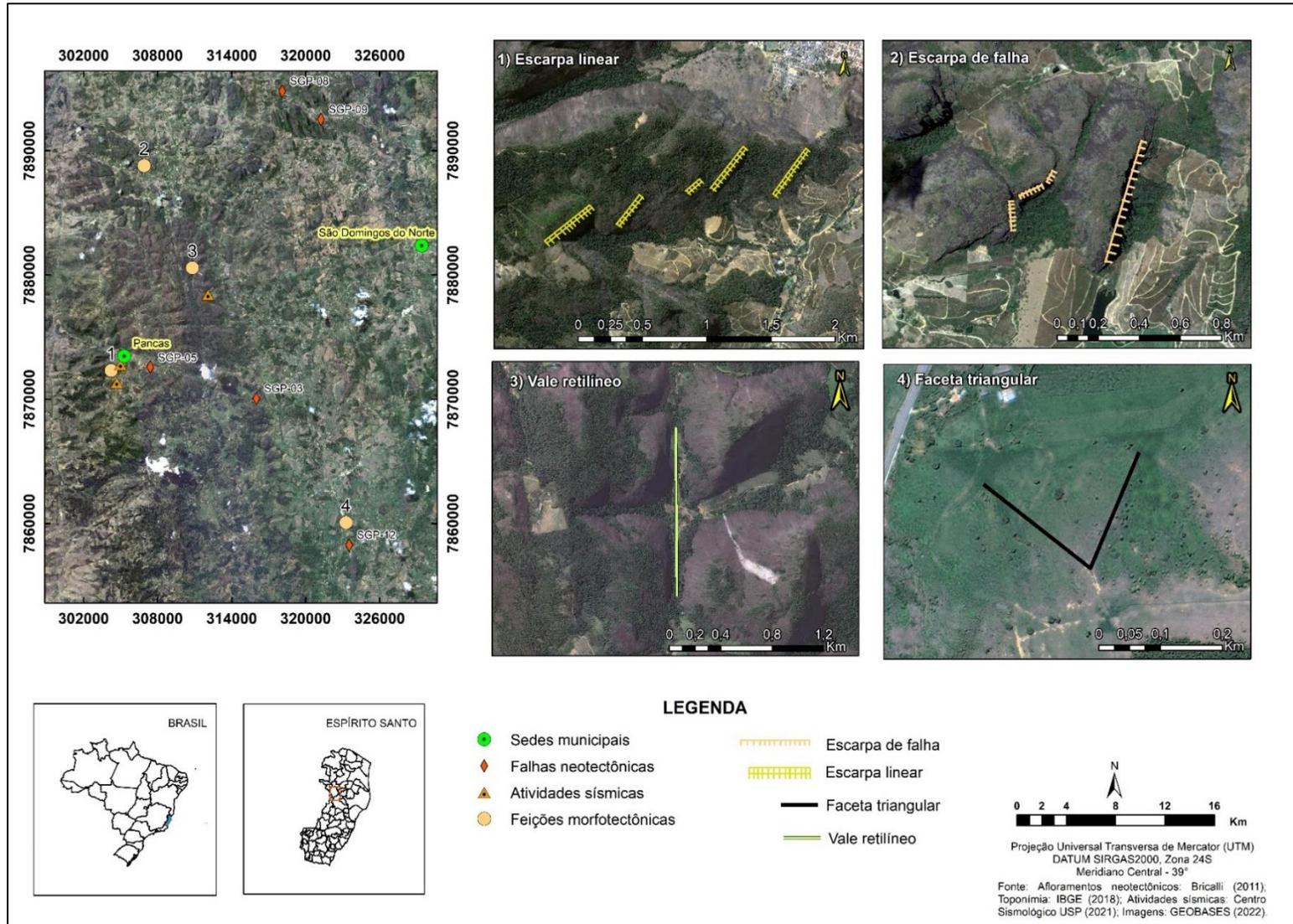
A Região I apresenta também, linhas de isobases concentradas, especialmente na porção sudoeste da área, evidenciando a existência de áreas escarpadas, coincidindo com as altitudes mais elevadas da área (Figura 32), com morfologias do Domínio Maciços Plutônicos, com relevo montanhoso e em forma de pães-de-açúcar, destacando-se na paisagem, em relação à Região II. Os desvios acentuados nas direções das linhas de isobases, presentes nessa região, podem revelar deslocamentos tectônicos ou mudanças litológicas abruptas (Figuras 31 e 32). A compressão das linhas de isobases indica a presença de falhas, como pode ser observado no mapa geológico (CPRM, 2018) e no mapa de lineamentos (Figura 26).

A Região II, por sua vez, apresenta linhas de isobases mais espaçadas com relação à Região I, coincidindo com as altitudes mais baixas da área, com predomínio de morfologias do Domínio Faixa de Dobramentos Remobilizados, denotando uma forte dissecação do relevo, com morros isolados e nucleados, com dominância para os morros em morfologia de pães-de-açúcar.

6.1.7 Análise de feições morfotectônicas

Na análise de feições morfotectônicas, 4 (quatro) feições foram escolhidas, sendo 1 (uma) Escarpa linear, 1 (uma) escarpa de falha, 1 (um) Vale retilíneo que situadas na Unidade geológica Suíte Carlos Chagas (CPRM, 2018) e abrangidas pela Unidade geomorfológica Bloco Montanhoso Central e também 1 (uma) Faceta triangular, situada no Complexo Nova Venécia (CPRM, 2018) e abrangida pela Unidade geomorfológica Patamares Escalonados do Sul Capixaba (figura 33).

Figura 33 – Feições morfotectônicas



Fonte: Organizado pelo autor

Essas feições estão associadas as paisagens locais com diferentes formas e tipos de relevo (ROSS, 1992), bem como a diferentes estruturas geológicas como Zonas de cisalhamento, falhas/fraturas e a Faixa Colatina. As evidentes diferenças altimétricas e diferentes feições existentes, demonstram um tectonismo atuante na área estudada, mostrando que o relevo é afetado por processos morfotectônicos.

As escarpas lineares existentes à sudoeste do centro da cidade de Pancas-ES, apresentam orientação NNE-SSW e estão próximas a estrutura geológica Zona de cisalhamento transcorrente sinistral de orientação WNW-ESE (CPRM, 2018).

As escarpas de falha, situadas na porção noroeste da área estudada, apresentam orientação NNE-SSW e estão próximas as estruturas geológicas Zona de cisalhamento indiscriminada (orientação NNW-SSE) e a 2 (duas) Zonas de cisalhamento transcorrente sinistral (orientação NNW-SSE e WNW-ESE) - (CPRM, 2018).

O Vale retilíneo, situado na porção centro-norte da área estudada, apresenta orientação N-S e está situado entre duas estruturas geológicas de orientação NNW-SSE que são a Zona de cisalhamento indiscriminada e a Zona de cisalhamento transcorrente sinistral (CPRM, 2018).

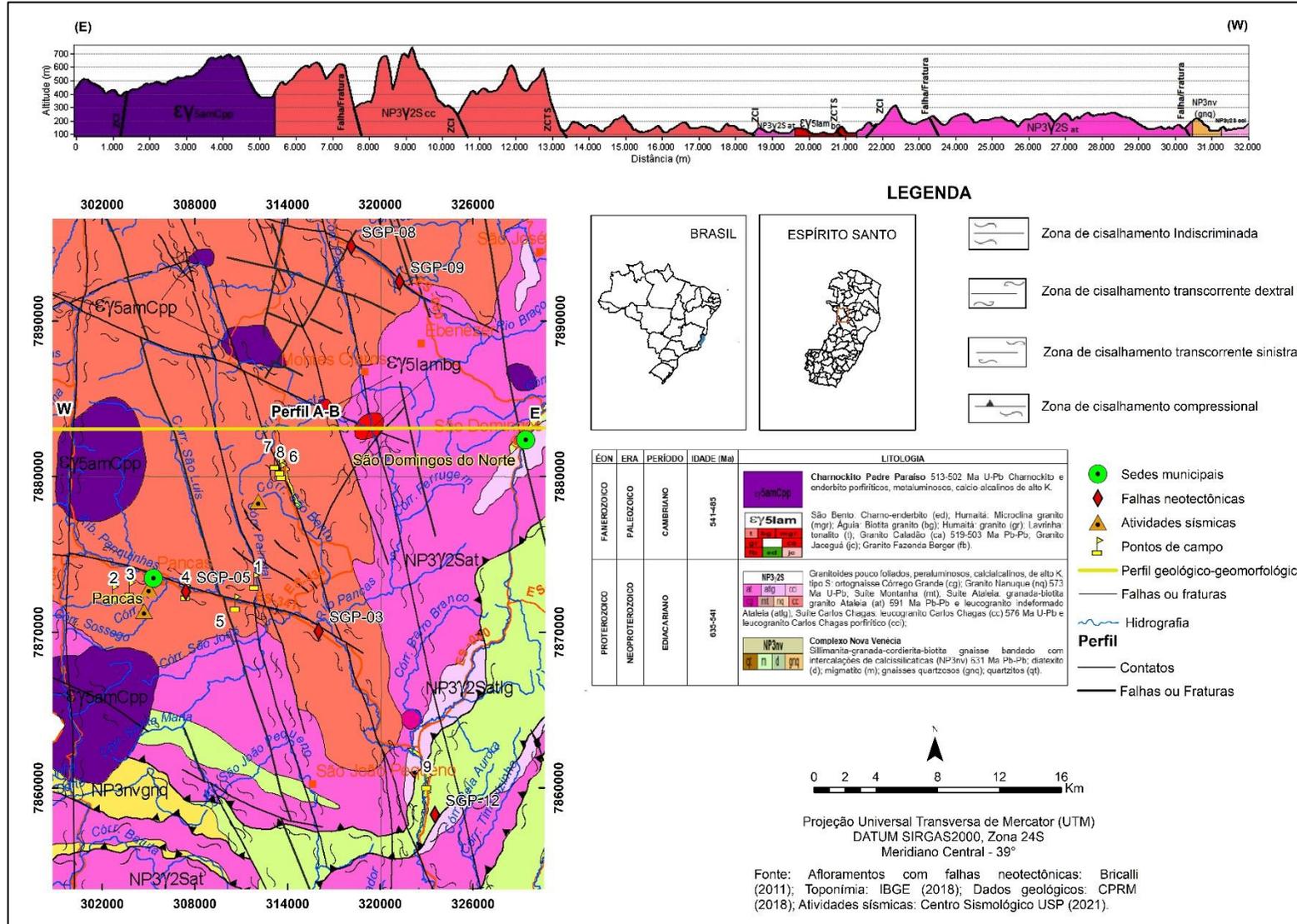
A feição Faceta triangular, situada na porção sudeste da área estudada, apresenta orientação NNW-SSE e está situada entre 2 (duas) Zonas de cisalhamento compressional de orientação NNE-SSW (CPRM, 2018).

6.1.8 Análise dos perfis geológicos-geomorfológicos

O perfil AB (orientação E-W) – figura 34, apresenta uma diversidade topográfica e altimétrica considerável. As maiores altitudes estão presentes na porção oeste do perfil (variando de 500m a 700m) presentes nas Unidades geológicas Charnockito Padre Paraíso e Suíte Carlos Chagas (CPRM, 2018). Na Unidade geológica Suíte Carlos Chagas, em sua parte mais elevada, pode-se observar o relevo em forma de pontões, delimitados pelas estruturas geológicas Zona de cisalhamento indiscriminada, Zona de cisalhamento transcorrente sinistral, falhas/fraturas (CPRM, 2018) e pela Faixa Colatina (Figuras 2, 4 e 34), assim como observado em campo (Figura 20). Essa área do perfil, pode ser interpretada como um horst.

Padrões de lineamentos e controle estrutural, tectônico e neotectônico no relevo da região de Pancas (Espírito Santo, Sudeste do Brasil).

Figura 34 – Perfil geológico-geomorfológico A-B (orientação E-W)



Fonte: Organizado pelo autor

Na área central do perfil observa-se um relevo com altitudes bem mais baixas com relação à porção oeste do perfil, além de um relevo muito dissecado, abrangendo as Unidades Suíte Carlos Chagas, Suíte Ataleia e Granito Águia (CPRM, 2018).

Esse relevo dissecado, no perfil, inicia-se, abruptamente, a oeste do perfil, ainda na Unidade Suíte Carlos Chagas (CPRM, 2018) e o início dessa área dissecada coincide também com a estrutura geológica Zona de Cisalhamento transcorrente sinistral (CPRM, 2018), sendo essa área, finalizada a leste do perfil, onde inicia-se a Unidade geológica Suíte Ataleia (CPRM, 2018).

Além disso, essa área mais baixa e mais dissecada também é coincidente com outra estrutura geológica, a Zona de cisalhamento indiscriminada. Dessa forma, considerando que, nessa porção central, observa-se altitudes mais baixas do que as altitudes da porção oeste e sendo essa área delimitada por falhas geológicas, caracteriza-se um graben. Essa mudança altimétrica coincide com o limite litológico entre as Unidades Suíte Carlos Chagas e Suíte Ataleia (CPRM, 2018).

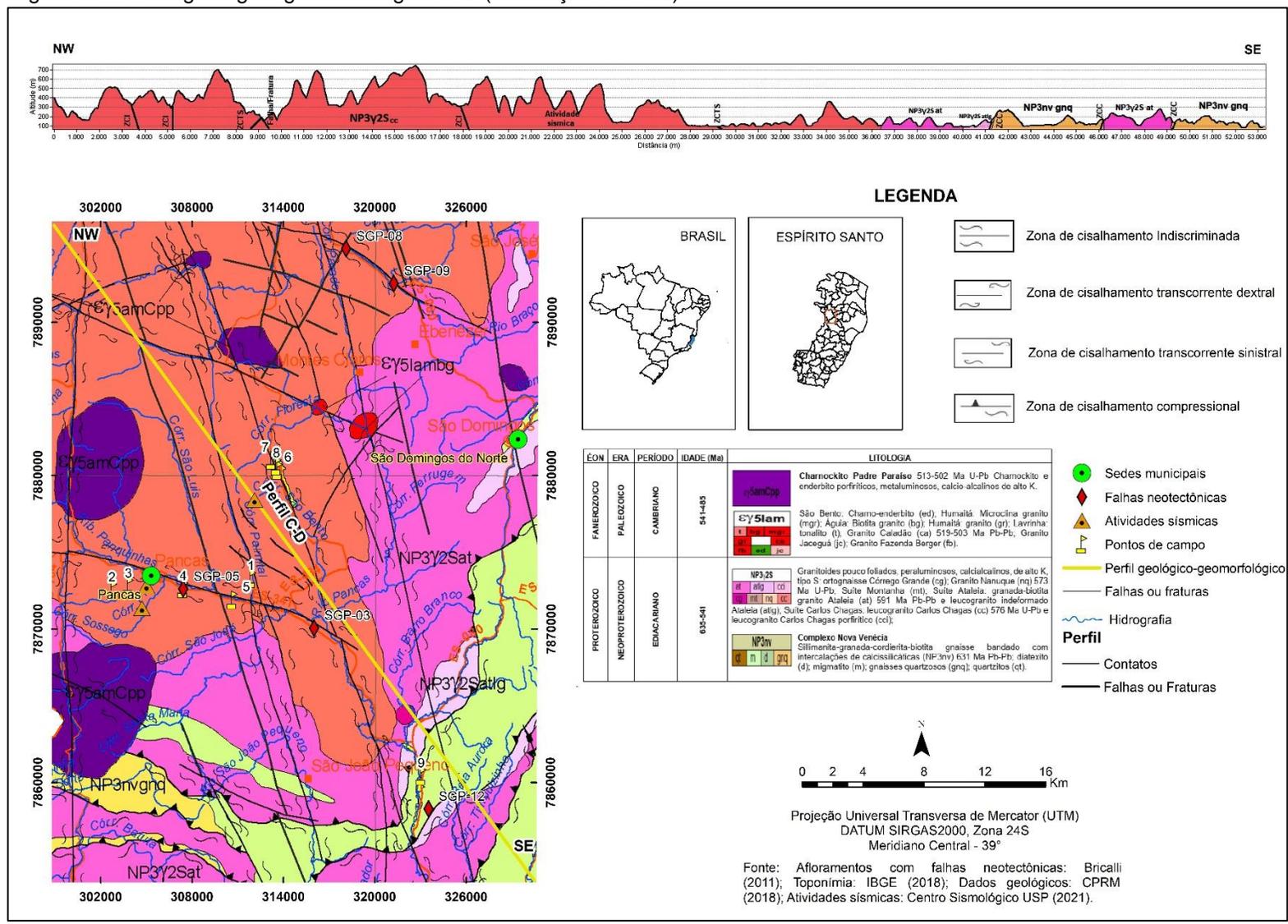
Onde inicia-se a Unidade geológica Suíte Ataleia, temos um aumento na altitude, coincidindo também com a presença de falha geológica. Essa porção é considerada um horst. Na porção extremo leste do perfil as altitudes voltam a diminuir – ainda na Unidade geológica Suíte Ataleia – seguidos pelas unidades Complexo Nova Venécia e Suíte Carlos Chagas (CPRM, 2018), podendo caracterizar um graben com relação às altitudes da Unidade Suíte Ataleia (CPRM, 2018).

O perfil CD (orientação NW-SE) – figura 35, apresenta uma diversidade topográfica e altimétrica considerável. As maiores altitudes estão presentes na porção noroeste do perfil (variando de 300m a 800m) presentes na Unidade geológica Suíte Carlos Chagas (CPRM, 2018) que na sua parte mais elevada, pode-se observar o relevo em forma de pontões, delimitados pelas estruturas geológicas Zona de cisalhamento indiscriminada, Zona de cisalhamento transcorrente sinistral, falhas/fraturas (CPRM, 2018) e pela Faixa Colatina (Figuras 2, 4 e 35). Essa área do perfil, pode ser interpretada como um horst.

Ainda na unidade Suíte Carlos Chagas (CPRM, 2018), seguindo para sudeste do perfil, observa-se um relevo com altitudes bem mais baixas em relação à porção noroeste do perfil, além de um relevo muito dissecado, que se inicia abruptamente, a noroeste do perfil. Essa porção pode ser considerada um Graben.

Padrões de lineamentos e controle estrutural, tectônico e neotectônico no relevo da região de Pancas (Espírito Santo, Sudeste do Brasil).

Figura 35 – Perfil geológico-geomorfológico C-D (orientação NW-SE)



Fonte: Organizado pelo autor

Além disso, no perfil, no final da Unidade geológica Suíte Carlos Chagas (CPRM, 2018), observa-se altitudes mais elevadas, seguida de um relevo dissecado que se eleva no limite da Unidade geológica Complexo Nova Venécia, coincidindo com a estrutura geológica Zona de cisalhamento compressional (CPRM, 2018).

Na porção sudeste do perfil, observa-se um relevo dissecado na Unidade geológica Complexo Nova Venécia (CPRM, 2018), com um leve aumento de altitude, seguido de nova área dissecada que se eleva no limite com a Suíte Ataleia (CPRM, 2018), coincidindo com a estrutura geológica Zona de cisalhamento compressional (CPRM, 2018). Na Suíte Ataleia (CPRM, 2018) na extrema porção sudeste, observa-se uma mudança abrupta do relevo, no limite com a Unidade geológica Complexo Nova Venécia (CPRM, 2018), coincidindo com a estrutura geológica Zona de cisalhamento compressional (CPRM, 2018). Essa porção do extremo sudeste do perfil pode ser considerada um Horst.

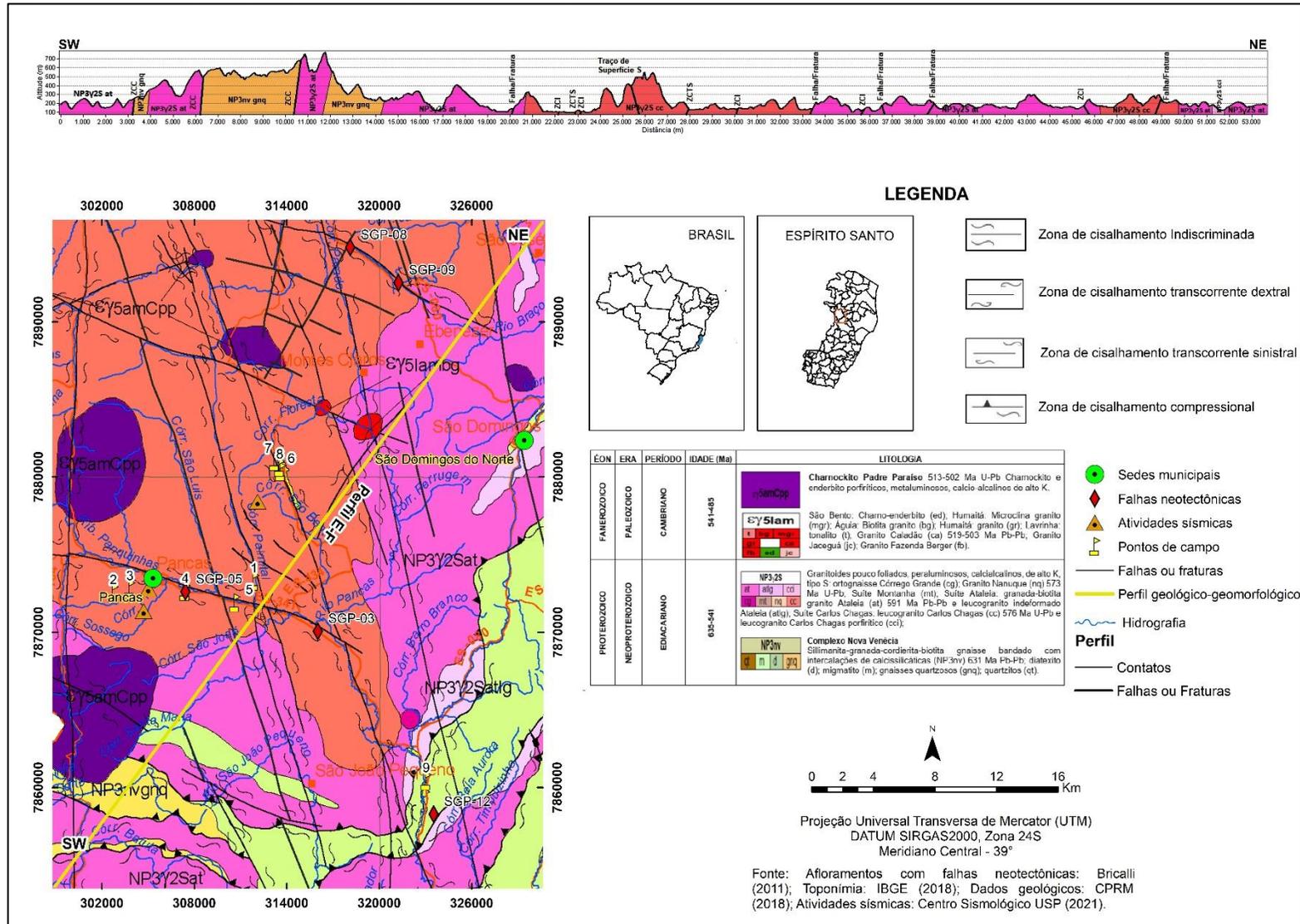
O perfil EF (orientação NE-SW) – figura 36, apresenta uma diversidade topográfica e altimétrica considerável. A Unidade geológica Suíte Ataleia, na porção extrema sudoeste do perfil, apresenta um relevo dissecado (altitude entre 220m a 250m) que se eleva no limite com a Unidade geológica Complexo Nova Venécia, coincidindo com a estrutura geológica Zona de cisalhamento compressional (CPRM, 2018). As maiores altitudes estão presentes na porção sudoeste do perfil (variando de 460m a 800m) presentes nas Unidades geológicas Suíte Ataleia e Complexo Nova Venécia (CPRM, 2018).

Na Unidade geológica Suíte Ataleia, em sua parte mais elevada, pode-se observar o relevo em forma de pontões e ainda a estrutura geológica Zona de cisalhamento compressional no limite com a Unidade geológica Complexo Nova Venécia. Essa área do perfil, pode ser interpretada como um horst.

No perfil, a partir do ponto de maior elevação da Suíte Ataleia (800m), no limite com a Unidade geológica Complexo Nova Venécia, seguindo para nordeste, há uma mudança abrupta do relevo, mantendo uma topografia homogênea, até a metade de uma nova porção da Unidade geológica Suíte Ataleia, onde é possível observar uma mudança abrupta do relevo, seguida de uma elevação, seguida de nova mudança abrupta do relevo, seguida de uma área dissecada que se eleva no limite com a Unidade geológica Suíte Carlos Chagas, coincidindo com a estrutura geológica de falhas/fraturas (CPRM, 2018).

Padrões de lineamentos e controle estrutural, tectônico e neotectônico no relevo da região de Pancas (Espírito Santo, Sudeste do Brasil).

Figura 36 – Perfil geológico-geomorfológico E-F (orientação NE-SW)



Fonte: Organizado pelo autor

No limite com a Unidade geológica Suíte Ataleia, na área central do perfil, a Unidade geológica Carlos Chagas (CPRM, 2018) apresenta um relevo muito dissecado, seguido de uma elevação altimétrica (variando de 370m a 550m), seguido de um relevo pouco dissecado para nordeste, delimitado pelas estruturas geológicas Zona de cisalhamento indiscriminada, Zona de cisalhamento transcorrente sinistral, Traços de superfície S (CPRM, 2018) e pela Faixa Colatina (Figuras 2, 4 e 36). A área elevada pode ser interpretada como um graben.

No limite da Unidade geológica Carlos Chagas com a Unidade geológica Suíte Ataleia (CPRM, 2018) há uma elevação do relevo que coincide com uma estrutura geológica falhas/fraturas (CPRM, 2018). Seguindo para a porção nordeste do perfil, Unidade geológica Suíte Ataleia é delimitada pelas estruturas geológicas Zona de cisalhamento indiscriminada e falhas/fraturas (CPRM, 2018) e pela Faixa Colatina. Essa área do perfil, pode ser interpretada como um horst.

O perfil finaliza a nordeste com as Unidades geológicas Suíte Carlos Chagas e Suíte Ataleia (CPRM, 2018) apresentando área mais baixa e mais dissecada, podendo caracterizar um graben com relação às altitudes das Unidades geológicas Complexo Nova Venécia e Suíte Ataleia (CPRM, 2018).

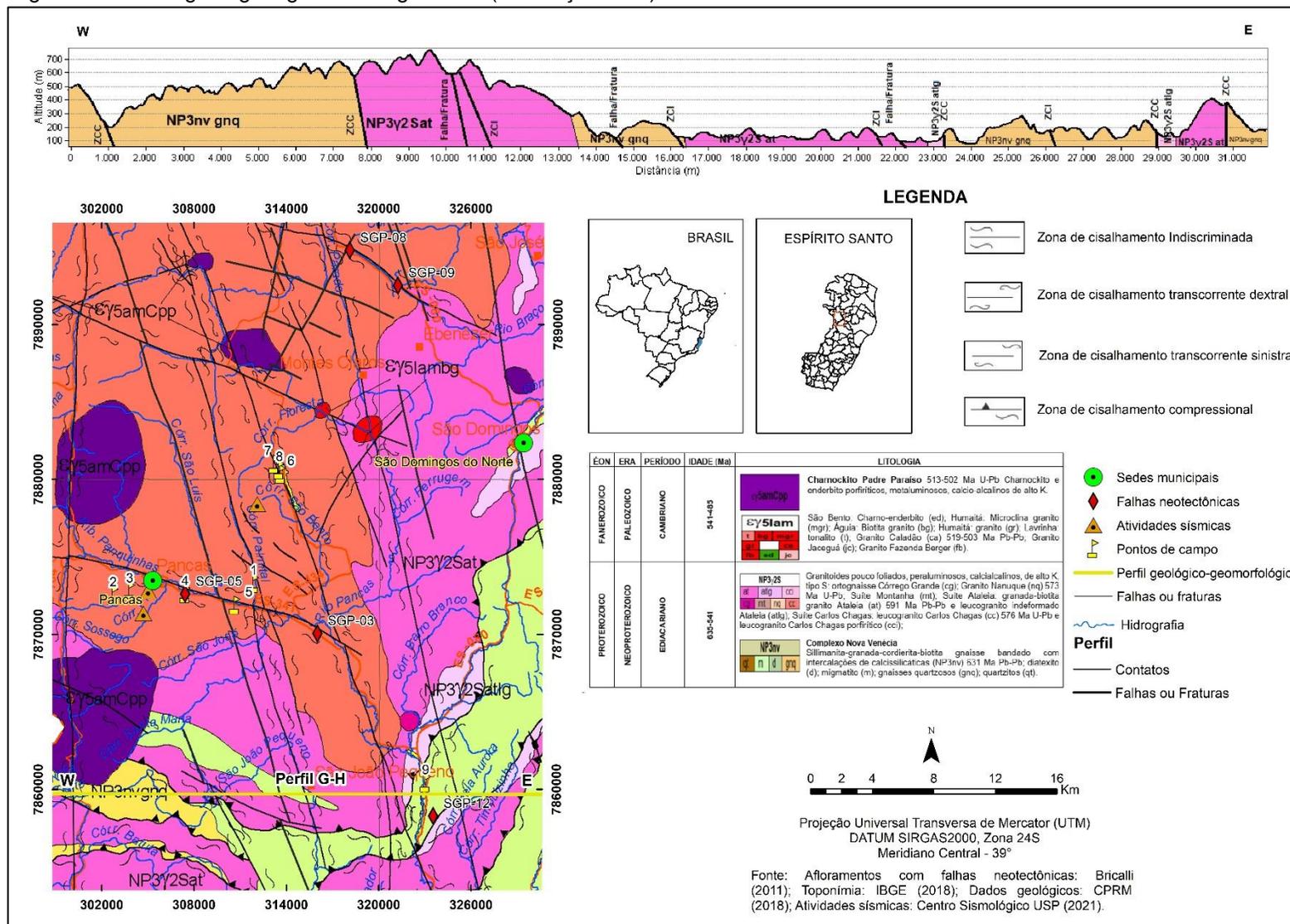
O perfil GH (orientação E-W) – figura 37, apresenta uma diversidade topográfica e altimétrica considerável. As maiores altitudes estão presentes na porção oeste do perfil (variando de 520m a 800m) presentes nas Unidades geológicas Complexo Nova Venécia e Suíte Carlos Chagas (CPRM, 2018). Na porção extremo oeste do perfil, a Unidade geológica Complexo Nova Venécia, apresenta uma mudança abrupta do relevo, coincidindo com a estrutura geológica Zona de cisalhamento compressional (CPRM, 2018).

Na Unidade geológica Suíte Ataleia, em sua parte mais elevada, pode-se observar o relevo em forma de pontões e uma mudança abrupta do relevo coincidindo com as estruturas geológicas Zona de cisalhamento indiscriminada e falhas/fraturas (CPRM, 2018) observando ainda uma colina convexa que se limita com a Unidade geológica Complexo Nova Venécia (CPRM, 2018). Essa área do perfil, pode ser interpretada como um horst.

Na área central do perfil observa-se um relevo com altitudes bem mais baixas com relação à porção oeste do perfil, além de um relevo muito dissecado, abrangendo a Suíte Ataleia (CPRM, 2018).

Padrões de lineamentos e controle estrutural, tectônico e neotectônico no relevo da região de Pancas (Espírito Santo, Sudeste do Brasil).

Figura 37 – Perfil geológico-geomorfológico G-H (orientação E-W)



Fonte: Organizado pelo autor

Esse relevo dissecado, no perfil, inicia-se, abruptamente, a oeste do perfil, no Complexo Nova Venécia (CPRM, 2018) que apresenta uma mudança abrupta do relevo, coincidindo com a estrutura geológica falhas/fraturas (CPRM, 2018) seguida de uma elevação e posterior mudança abrupta no relevo, coincidindo com a estrutura geológica Zona de cisalhamento indiscriminada.

Na área central do perfil, as Unidades geológicas Complexo Nova Venécia e Suíte Ataleia (CPRM, 2018) apresentam o relevo dissecado, delimitado pelas estruturas geológicas Zona de cisalhamento indiscriminada, Zona de cisalhamento compressional, falhas/fraturas (CPRM, 2018) e pela Faixa Colatina (Figuras 2, 4 e 37). Essa área do perfil, pode ser interpretada como um graben.

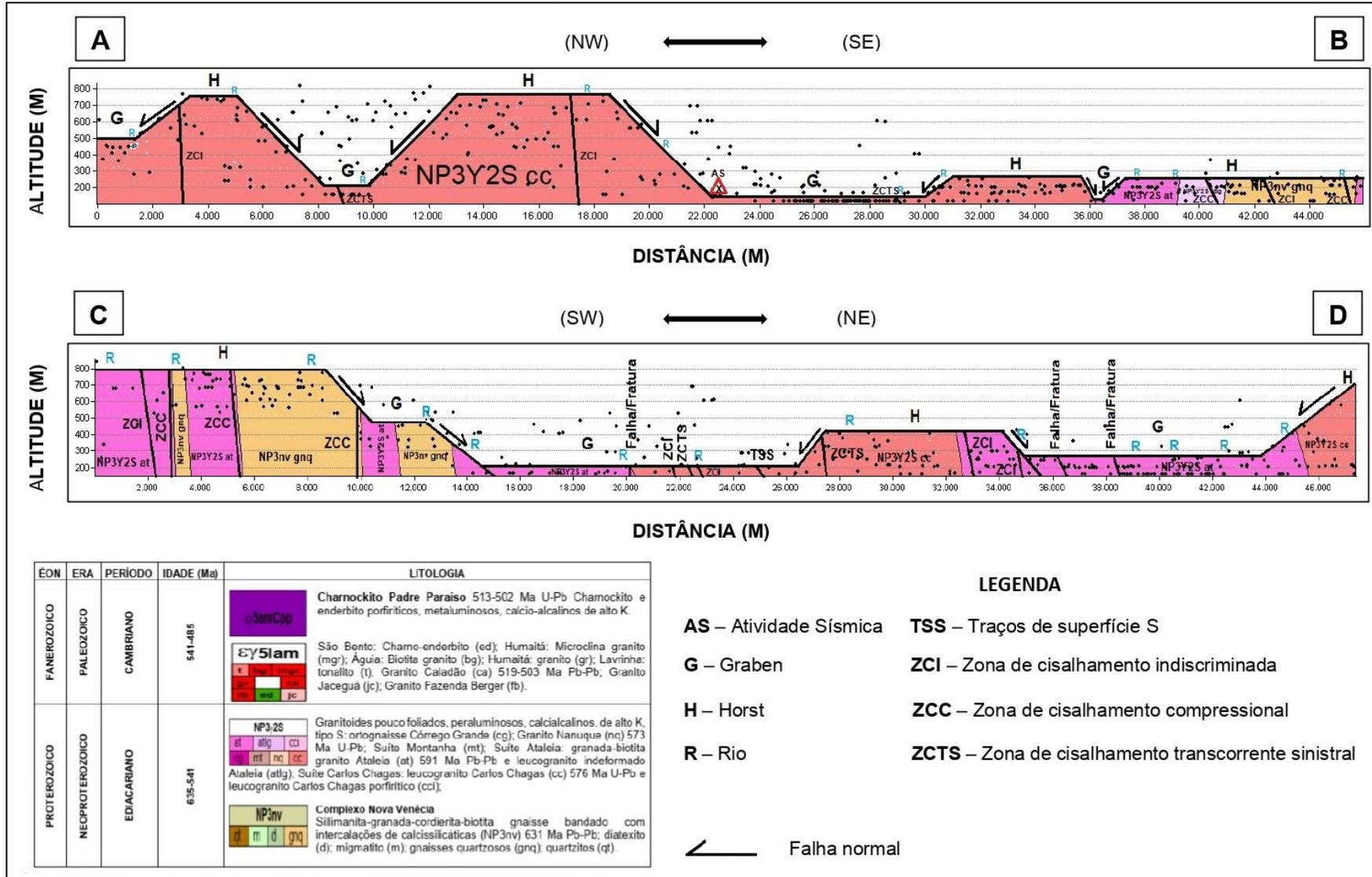
Na porção leste do perfil, o limite das Unidades geológicas Complexo Nova Venécia e Suíte Ataleia, coincidem com a estrutura geológica Zona de cisalhamento compressional e a Unidade geológica Complexo Nova Venécia apresenta uma topografia em que se pode observar duas mudanças abruptas do relevo, coincidindo com as estruturas geológicas Zona de cisalhamento indiscriminada e Zona de cisalhamento compressional (CPRM, 2018).

Na porção extremo leste do perfil as altitudes voltam a subir nas Unidades geológicas Suíte Ataleia e Complexo Nova Venécia (CPRM, 2018) podendo ser observado, uma estrutura geológica Zona de cisalhamento compressional (CPRM, 2018) no limite dessas Unidades geológicas e uma mudança abrupta do relevo na Unidade geológica Complexo Nova Venécia (CPRM, 2018). Essa área do perfil, pode ser interpretada como um graben.

6.1.9 Análise do perfil em varredura

Na área estudada foram elaborados 2 (dois) perfis em varredura. O perfil em varredura A-B (orientação NW-SE) - figura 38, abrangendo as Unidades geológicas Suíte Carlos Chagas, Suíte Ataleia e Complexo Nova Venécia (CPRM, 2018) e Unidades geomorfológicas Bloco Montanhoso Central e Patamares Escalonados do Sul Capixaba (MENDES et al., 1987) e o perfil em varredura C-D (orientação NE-SW) - figura 38, abrangendo as Unidades geológicas Suíte Ataleia, Suíte Carlos Chagas e Complexo Nova Venécia e Unidades geomorfológicas Bloco Montanhoso Central e Patamares Escalonados do Sul Capixaba.

Figura 38 - Perfis em varredura AB (NW-SE) e CD (NE-SW)



Fonte: Organizado pelo autor

A elaboração do perfil em varredura A-B, permitiu delimitar 8 (oito) blocos tectônicos (Figura 38), sendo que 6 (seis) deles estão localizados na Unidade geológica Suíte Carlos Chagas (CPRM, 2018) e Unidades geomorfológicas Bloco Montanhoso Central e Patamares Escalonados do Sul Capixaba (MENDES et al., 1987) e 2 (dois) nas unidades geológicas Suíte Ataleia e Complexo Nova Venécia (CPRM, 2018) e Unidade geomorfológica Patamares Escalonados do Sul Capixaba (MENDES et al., 1987).

A elaboração do perfil em varredura CD, permitiu delimitar 6 (seis) blocos tectônicos (Figura 38), sendo que 3 (três) deles estão localizados nas Unidades geológicas Suíte Ataleia e Complexo Suíte Carlos Chagas (CPRM, 2018) e Unidades geomorfológicas Bloco Montanhoso Central e Patamares Escalonados do Sul Capixaba (MENDES et al., 1987) e 3 (três) nas unidades geológicas Suíte Carlos Chagas, Suíte Ataleia e Complexo Nova Venécia (CPRM, 2018) e Unidade geomorfológica Patamares Escalonados do Sul Capixaba (MENDES et al., 1987).

Observa-se no perfil em varredura a presença de morfologias de *hemi-grabens*, *horst* e *grabens* que correspondem a feições morfotectônicas, formadas por falha normal (SUMMERFIELD, 1987). Praticamente todas as falhas demarcadas no perfil em varredura coincidem com as falhas mapeadas pela CPRM (2018).

Ao longo dos perfis em varredura, a Unidade geomorfológica Patamares Escalonados do Sul Capixaba (MENDES et al., 1987), em grande parte, corresponde a um *graben*, o que era esperado, devido a sua altitude ser mais baixa do que as altitudes do relevo da Unidade geomorfológica Bloco Montanhoso Central, apresentando ainda estruturas geológicas demonstrando que as rochas dessa Unidade, apresentam falhas neotectônicas (BRICALLI, 2011) podendo assim o *graben* ter sido originado por falhas neotectônicas (Figura 38).

6.1.10 Análises neotectônicas

As análises neotectônicas foram realizadas tomando como base, os dados de neotectônica já existentes no estado do Espírito Santo, presentes no trabalho de Bricalli (2011). Nesta etapa, foram analisados os afloramentos (SGP-03 e SGP-05) presentes e adjacentes à área estudada e em suas proximidades (SGP-08, SGP-09, e SGP-12), a partir dos estereogramas (Figuras 7, 8 e 9) de cada afloramento,

atentando-se, especialmente, à orientação das falhas, os tipos de falhas (normal, reversa, sinistral ou dextral), unidade estratigráfica afetada e identificação dos eventos neotectônicos apontados.

Essa análise permitiu identificar as principais orientações das falhas neotectônicas e os regimes tectônicos, que foram identificados em estudos anteriores no estado do Espírito Santo (HATUSHIKA, 2005; RODRIGUES, 2005; MELLO et al., 2005; MIRANDA, 2007;2009; RIBEIRO, 2010; BRICALLI, 2011):

- a) transcorrência sinistral E-W, de idade supostamente neogênica, associada à geração predominantemente de falhas normais NE-SW, falhas dextrais NNE-SSW e falhas sinistrais E-W a ENE-WSW, afetando o embasamento alterado;
- b) transcorrência dextral E-W, atribuída a uma idade pleistocênica a holocênica, associada à geração predominantemente de falhas normais NW-SE, falhas dextrais NW-SE a E-W e falhas sinistrais NNE-SSW a NNW-SSE e;
- c) distensão NW-SE, atribuída a uma idade holocênica, associada à geração predominantemente de falhas normais NE-SW a ENE-WNW.

6.2 ANÁLISES DE CAMPO

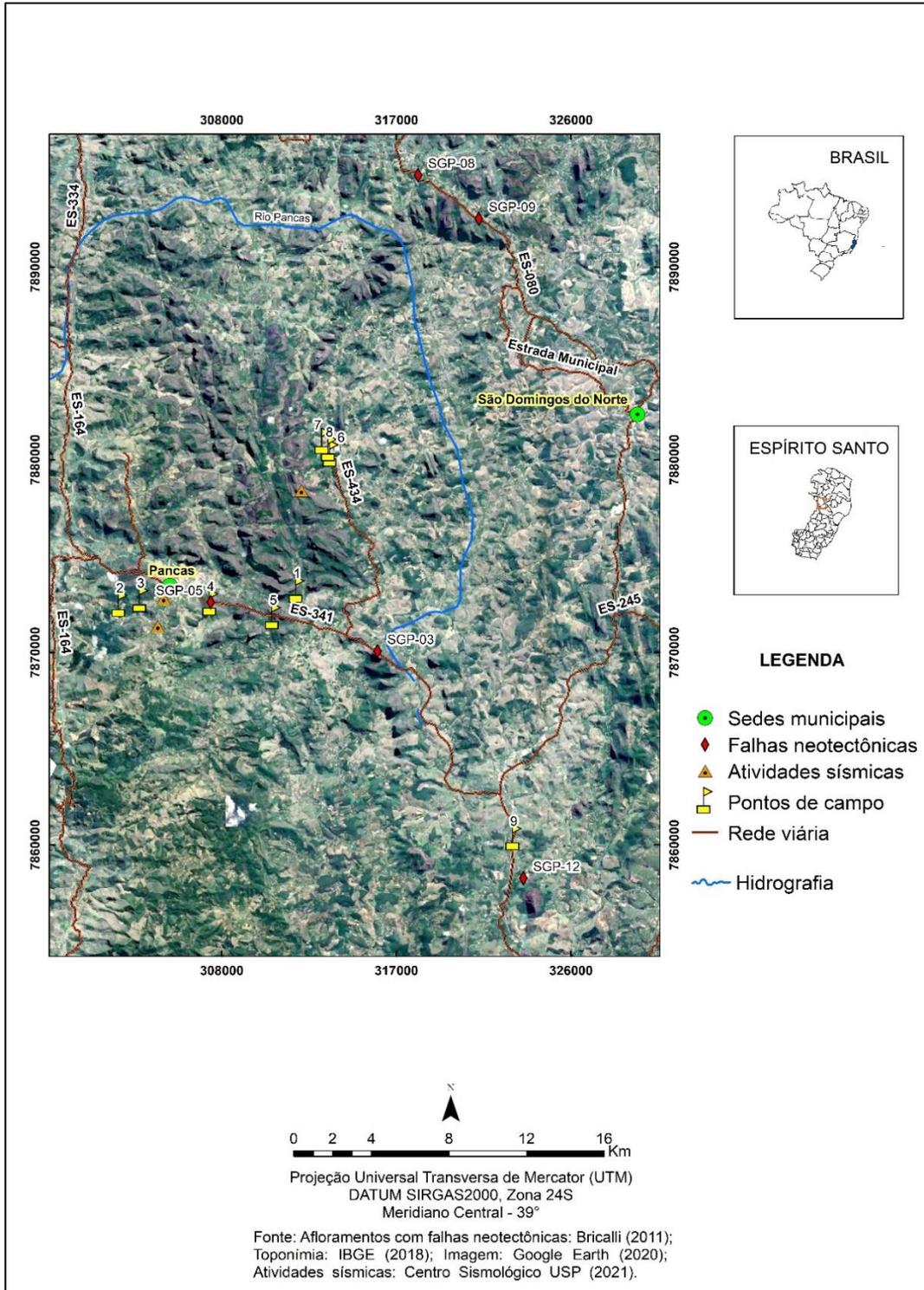
Nas análises de campo buscou-se identificar, especialmente, as estruturas geológicas, feições morfotectônicas, afloramentos com falhas neotectônicas e feições geomorfológicas presentes (morfologia do relevo: topo, vertente, fundo de vale, áreas de planícies, platôs, etc.), sendo localizados 9 (nove) pontos (Figura 39) e sintetizados (Quadro 4).

Afloramentos rochosos com minerais apresentando orientações NNW–SSE e ENE-WSW bem definidas, foram localizados e os afloramentos com falhas neotectônicas SGP-03 e SGP-05 e SGP-12 (BRICALLI, 2011), presentes na área estudada, puderam ser observados *in loco*, sendo possível relacioná-los com os resultados da pesquisa.

A área apresenta densidade alta de fraturamentos/falhamentos, com falhas/fraturas separando os morros e as ocorrências de atividades sísmicas registradas no ano de 2021, na região, estão relacionadas com essa densidade alta de fraturamentos/falhamentos que é a Faixa Colatina que cruza a região, bem como

com o movimento das placas tectônicas e falhas locais que precisam ser melhores estudadas.

Figura 39 – Mapa de localização dos pontos em campo



Fonte: Organizado pelo autor

Quadro 4 – Pontos da área estudada

Ponto	Coordenadas		Nome	Município	Endereço
	E	N			
1	311879	7873284	Sítio Cantinho do Céu	Pancas-ES	ES - 341
2	302739	7872534	Pedra da Colina	Pancas-ES	Pedra da Colina
3	303821	7872791	Mirante da Pedra da Colina	Pancas-ES	Pedra da Colina
4	307421	7872614	SGP - 05 (BRICALLI, 2011)	Pancas-ES	ES - 341
5	310649	7871902	Campo de Blocos	Pancas-ES	ES - 341
6	313625	7880352	Lajinha - Centro	Pancas-ES	Av. Pres. Vargas
7	313218	7880996	Casa do Fred	Pancas-ES	Lajinha
8	313542	7880629	Supermercado Favoretti	Pancas-ES	Lajinha
9	323048	7860426	Faceta triangular	Colatina-ES	ES - 080

Fonte: Organizado pelo autor

O relevo apresenta padrões de formas semelhantes como colinas, formas tabulares e morros, assim como os tipos de formas de relevo (ROSS, 1992) apresentam colinas de topos convexos, formas de topos tabulares e formas de topos aguçados com colinas e morros predominantes, correspondendo as Unidades geomorfológicas Bloco Montanhoso Central do Domínio Maciços Plutônicos e Patamares escalonados do sul capixaba do Domínio Faixa de Dobramentos Remobilizados.

A geomorfologia da área apresenta a predominância de morros isolados em forma de pães-de-açúcar com topos abaulados resultantes de intemperismo químico, vertentes íngremes e alvéolos surgidos provavelmente por outros tipos de rochas, como xenólitos, muito comuns no Espírito Santo, mais suscetíveis a intemperismo e erosão. A morfologia dos mares-de-morros, muito bem trabalhada e arredondada, decorre do fato da região está em uma área tropical, onde predomina o intemperismo químico com temperatura elevada e água em abundância (Figura 40).

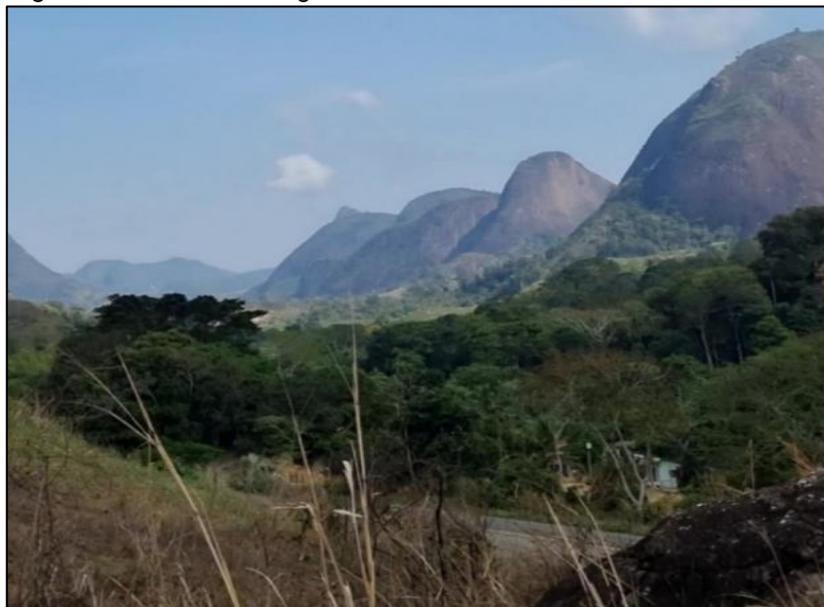
Figura 40 – Morfologia do relevo



Fonte: Acervo do autor (fotografia de Lincoln Duques)

As feições lineares, vales e reentrâncias são bem destacadas, ocupando grandes áreas. Essas feições, zonas de fraquezas e áreas fraturadas que se localizam entre os morros são paralelas entre si e também são observadas nas rochas intrusivas magmáticas. As direções dos minerais nas rochas afloradas também se alinham a essas feições lineares presentes na área estudada. As vertentes íngremes podem estar relacionadas as intrusões e aos fraturamentos, coincidindo com os fraturamentos (Figuras 41 e 42).

Figura 41 – Vertentes íngremes



Fonte: Acervo do autor

Figura 42 – Representação das vertentes íngremes



Fonte: Acervo do autor

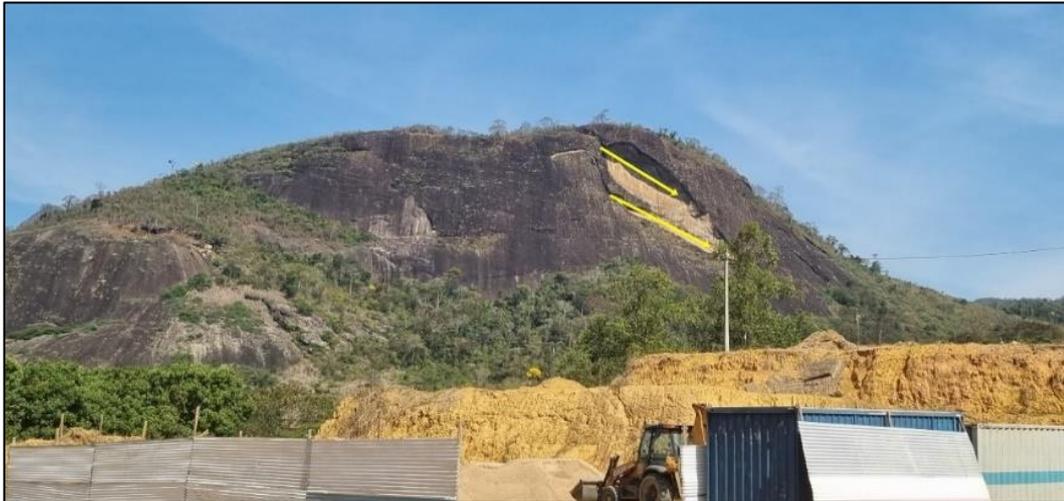
A Faixa Colatina também tem influência na predominância da morfologia dos mares-de-morro na área estudada. Intrusões magmáticas predominam na região, assim como zonas fraturadas e provavelmente o relevo foi muito mais homogêneo há milhares de anos. As zonas de descontinuidades são mais suscetíveis a intemperismo e erosão, dessa forma isolando os morros. Os deslocamentos de parte das rochas são comuns nessa região e muito bem demarcado, ocorrendo em áreas de xistosidades, acamamento e até em áreas de descontinuidades, deixando visíveis ângulos mais negativos nas rochas (Figuras 43 e 44).

Figura 43 – Deslocamentos em morro



Fonte: Acervo do autor

Figura 44 – Ângulos negativos em deslocamentos em morro



Fonte: Acervo do autor

Esse material ao se soltar acumula no sopé do morro e vai sendo recoberto pela vegetação. Em alguns deslocamentos é possível se observar planos de falhas bem retilíneos que cortam os morros, mostrando vários fraturamentos. Esses deslocamentos, dependendo do tamanho das rochas, geram muitos barulhos como os de explosões, moradores relataram de forma assustada esse fenômeno geológico de som muito alto.

6.2.1 Pontos de campo

6.2.1.1 Ponto 1 – Sítio Cantinho do Céu

O Sítio Cantinho do Céu, está situado à margem direita da ES – 341, distante cerca de 6 Km do centro de Pancas, sentido Colatina a Pancas, em uma Zona de cisalhamento indiscriminada de orientação NNW-SSE que reflete a orientação da Faixa Colatina (NNW-SSE) - (NOVAIS et al., 2004; NOVAIS, 2005) e entre outras duas estruturas geológicas, os lineamentos estruturais com traços de superfícies S de orientação NW-SE e a Zona de cisalhamento transcorrente sinistral de orientação WNW-ESE. Em um afloramento rochoso granítico foram encontrados minerais bem orientados NNW–SSE (Figuras 45 e 46).

Essas orientações são coincidentes com as orientações das falhas dexas WNW-ESE do ponto SGP-03 e SGP-05 e falhas dexas NNW-SSE do ponto SGP-12 (BRICALLI, 2011). Feições morfotectônicas como vales retilíneos e escarpas de

Padrões de lineamentos e controle estrutural, tectônico e neotectônico no relevo da região de Pancas (Espírito Santo, Sudeste do Brasil).

falhas e relevos apresentando tipos de formas e colinas, também foram observados no local.

Figura 45 – Afloramento rochoso com minerais bem orientados



Fonte: Acervo do autor

Figura 46 – Representação da orientação dos minerais



Fonte: Acervo do autor

6.2.1.2 Ponto 2 – Pedra da colina

Esse ponto está situado na Pedra da colina, altitude de 708m, em Pancas-ES, sendo observado no local um dique de orientação ENE-WSW (Figuras 47 e 48) que são coincidentes com as orientações ENE-WSW da falha dextral do ponto SGP-03 e SGP-05 (BRICALLI, 2011). A Pedra da Colina está situada entre duas feições lineares de orientações ENE-WSW e E-W e próximo a feições morfotectônicas do tipo escarpa linear. A geomorfologia no seu entorno apresenta tipos de formas de relevo como morros e colinas.

Figura 47 – Observação de dique



Figura 48 – Traçado sobre o dique



Fonte: Acervo do autor

6.2.1.3 Ponto 3 – Mirante da Pedra da Colina

O mirante da Pedra da Colina em Pancas, altitude de 708m, apresenta minerais de orientação ENE-WSW (Figuras 49 e 50), diferente do padrão encontrado na área estudada e coincidem com a orientação ENE-WSW do ponto SGP-03 e SGP-05 (BRICALLI, 2011).

Figura 49 – Orientação dos minerais



Figura 50 - Traçado da orientação dos minerais



Fonte: Acervo do autor

Esse ponto está próximo de uma Zona de cisalhamento transcorrente sinistral de orientação WNW-ESE, feições morfotectônicas como vale retilíneo e escarpas de falha (Figuras 51 e 52).

Figura 51 – Vista da cidade de Pancas-ES



Fonte: Acervo do autor (fotografia de Lincoln Duques)

Figura 52 – Traçado da Zona de cisalhamento transcorrente sinistral

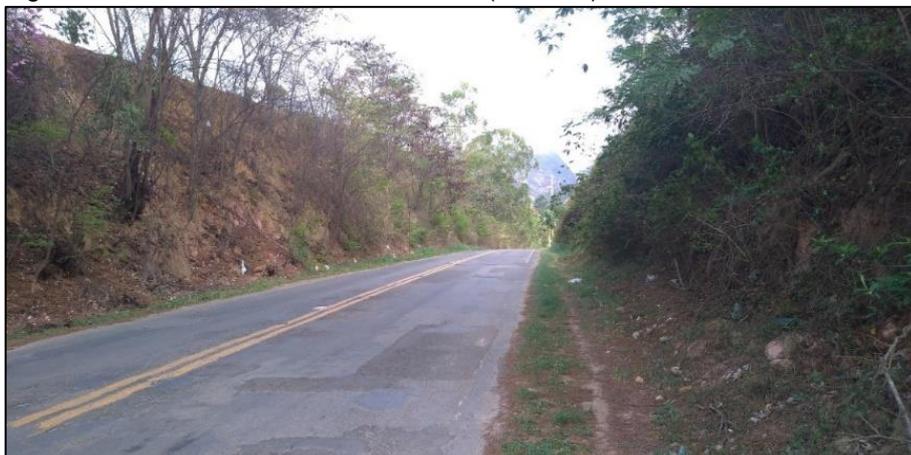


Fonte: Acervo do autor (fotografia de Lincoln Duques)

6.2.1.4 Ponto 4 – Afloramento São Gabriel da Palha (SGP-05)

O afloramento São Gabriel da Palha (SGP-05) – figuras 53, 54 e 55, está situado à margem esquerda da ES – 341, distante cerca de 2 Km do centro de Pancas, sentido Colatina a Pancas, e juntamente com o afloramento São Gabriel da Palha (SGP-03) apresentam campo de tensão associado a falhas dextrais WNW-ESE e ENE-WSW, associadas a esforços compressivos WNW-ESE e distensivos NNE-SSW (BRICALLI, 2011).

Figura 53 – Ponto São Gabriel da Palha (SGP-05)



Fonte: Acerto do autor

Figura 54 – Ponto São Gabriel da Palha (SGP-05) – Prof. Luiza Bricalli (UFES)



Fonte: Acervo do autor

Figura 55 – Ponto São Gabriel da Palha (SGP-05)



Fonte: Acervo do autor

Esse afloramento está situado em uma Zona de cisalhamento transcorrente sinistral de orientação WNW-ESE e foi possível observá-lo sem, contudo, coletar dados estruturais em decorrência da vegetação e recortes no terreno. Nas

proximidades desse afloramento se observa feições morfotectônicas como vale retilíneo e escarpas de falha. A geomorfologia no seu entorno apresenta tipos de formas de relevo como morros e colinas.

6.2.1.5 Ponto 5 – Campo de blocos

Um campo de blocos (Figura 56), situado à margem esquerda da ES – 341, sentido Colatina à Pancas, distante cerca de 5 Km do centro de Pancas, também está situado em uma Zona de Cisalhamento Transcorrente Sinistral de orientação WNW-ESE e entre duas estruturas geológicas, uma falha/fratura e uma Zona de cisalhamento indiscriminada, ambas de orientação NNW-SSE.

Figura 56 – Campo de blocos



Fonte: Acervo do autor

Minerais de orientação NNW-SSE bem definida (Figuras 57 e 58) também foram observados nas rochas, refletindo a orientação da Faixa Colatina (NNW-SSE) - (NOVAIS et al., 2004; NOVAIS, 2005).

Figura 57 – Orientação dos minerais no campo de blocos



Fonte: Acervo do autor

Figura 58 – Traçado da orientação dos minerais no campo de blocos



Fonte: Acervo do autor

6.2.1.6 Ponto 6 – Lajinha de Pancas-ES

No distrito de Lajinha de Pancas-ES, no ano de 2021, ocorreram 03 (três) tremores que foram sentidos pela população local, em decorrência de atividades

sísmicas na região e que causaram danos em residências e comércios. Esse distrito está situado em uma extensa Zona de cisalhamento transcorrente sinistral de orientação NNW-SSE que reflete a orientação da Faixa Colatina (NNW-SSE) - (NOVAIS et al., 2004; NOVAIS, 2005) – figuras 59 e 60. Essa orientação é coincidente com as orientações das falhas dextrais NNW-SSE do ponto SGP-12 (BRICALLI, 2011).

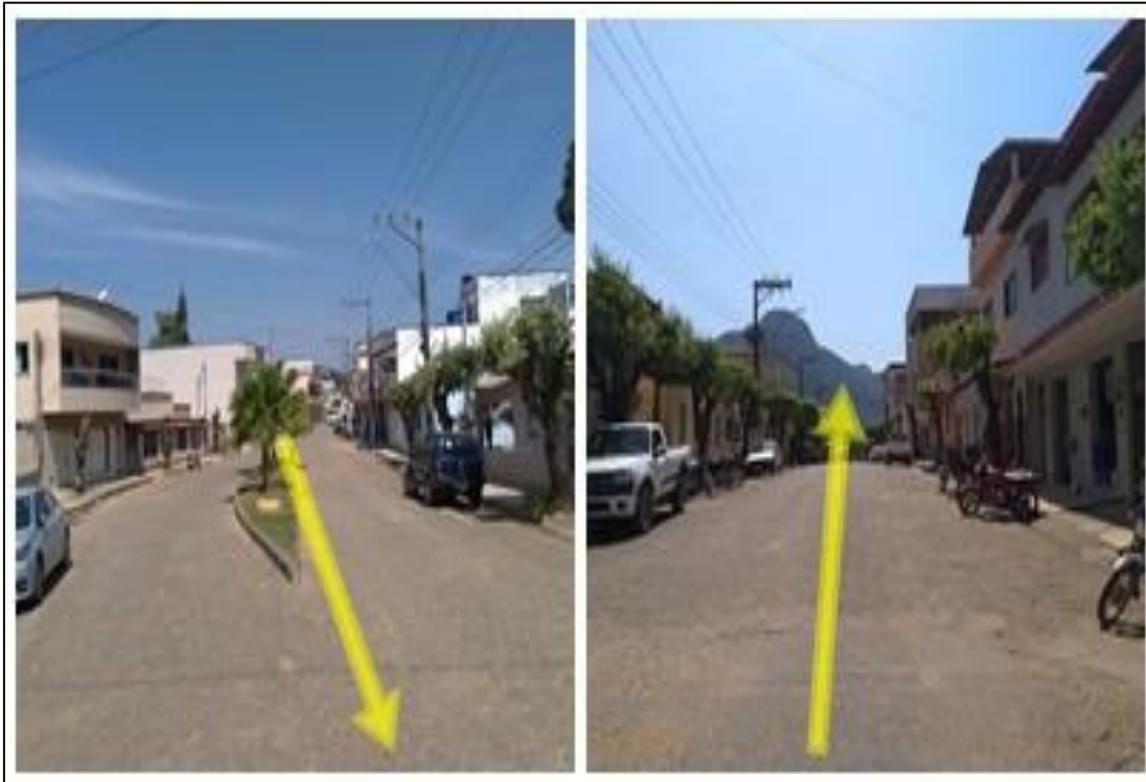
No entorno do distrito de Lajinha de Pancas-ES, predominam os pontões capixabas e a paisagem da região apresenta relevo com topo abaulado, falhas/fraturas que separam os morros isolados, uma região com densidade alta de fraturamentos/falhamentos. A ocorrência dessas atividades sísmicas em Lajinha de Pancas, está relacionada com essa densidade alta de fraturamentos/falhamentos que é a Faixa Colatina e que atravessa a região, bem como com o movimento das placas tectônicas e falhas locais que precisam ser melhores estudadas.

Figura 59 – Centro de Lajinha de Pancas



Fonte: Acervo do autor

Figura 60 – Zona de Cisalhamento no Centro de Lajinha de Pancas



Fonte: Acervo do autor

6.2.1.7 Pontos 7 e 8 – Propriedade do Senhor Fred e Supermercado Favoretti

Em decorrência dos tremores ocorridos, no distrito de Lajinha de Pancas-ES, a propriedade do Senhor Fred foi danificada, sendo observadas rachaduras nas paredes da residência principal (Figura 61) e no Supermercado Favoretti, o tremor foi sentido pelos funcionários que também presenciaram as mercadorias caindo das prateleiras (Figura 62).

Ambos os pontos estão situados na Zona de cisalhamento transcorrente sinistral de orientação NNW-SSE que reflete a orientação da Faixa Colatina (NNW-SSE) - (NOVAIS et al., 2004; NOVAIS, 2005). Essas orientações são coincidentes com as orientações das falhas dextrais WNW-ESE do ponto SGP-03 e SGP-05 e falhas dextrais NNW-SSE do ponto SGP-12 (BRICALLI, 2011). A geomorfologia no seu entorno apresenta tipos de formas de relevo como morros e colinas.

Figura 61 – Danos em residência no Distrito de Lajinha de Pancas-ES



Fonte: Acervo do autor (fotografia de Thayana Wanderley Caus)

Figura 62 – Supermercado Favoretti no Distrito de Lajinha de Pancas-ES



Fonte: Acervo do autor

6.2.1.8 Ponto 9 – Facetas triangulares

Na ES-080, margem direita, sentido Colatina a Pancas, foi observada uma faceta triangular que corresponde a parte preservada de escarpas, apresentando declives acentuados e também feições planas. Essa feição demonstra que há na região, uma relação entre a morfotectônica e os processos erosivos (Figuras 63 e 64).

Essa feição morfotectônica está situada entre Zonas de cisalhamento compressional de orientações WNW-ESE, E-W e NE-SW e também próximo do afloramento SGP-12 que apresenta campo de tensão associado a falhas dextrais NNE-SSW e NNW-SSE, e falha sinistral NE-SW, geradas por esforços compressivos NE-SW e distensivos NW-SE e também associado a falhas normais NE-SW, geradas por esforços distensivos NW-SE (BRICALLI, 2011). A geomorfologia no seu entorno apresenta tipos de formas de relevo como colinas.

Figura 63 – Faceta triangular na ES-080



Fonte: Acervo do autor

Figura 64 – Representação da Faceta triangular na ES-080



Fonte: Acervo do autor

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A caracterização das principais orientações dos lineamentos e dos *trends* estruturais, mostrou que as orientações predominantes são NW-SE/NNW-SSE e, secundariamente, NE-SW/NNE-SSW.

As orientações predominantes (NNW-SSSE e NW-SE) identificadas na análise dos lineamentos e dos *trends* estruturais são semelhantes ao predomínio dessas mesmas orientações nas falhas geológicas presentes na área, mapeadas pela CPRM (2018) e nas falhas neotectônicas presentes no regime Neotectônico de Transcorrência Dextral E-W, identificadas por Bricalli (2011).

Além disso, essas orientações também refletem a estruturação regional da área, apresentando as mesmas orientações da Faixa Colatina (importante feição estrutural do estado do Espírito Santo), NNW-SSE.

As orientações secundariamente predominantes (NE-SW), presentes na análise dos lineamentos e dos *trends* estruturais, refletem regionalmente a orientação do Orógeno Araçuaí (HEILBRON et al., 2013) e as falhas neotectônicas presentes no regime Neotectônico de Distensão NW-SE ou à Transcorrência Sinistral E-W, identificadas por Bricalli (2011).

Além disso, a presença de diferenças topográficas abruptas (perfis topográficos), a identificação de regiões tectônicas (mapa de superfície de bases) e de blocos tectônicos (perfis em varredura) demonstram o controle tectônico no relevo da região de Pancas (Espírito Santo, Sudeste do Brasil), atingindo o objetivo desta pesquisa.

Analisando as principais orientações dos lineamentos e dos *trends* estruturais na área (NW-SE/NNW-SSE) e, secundariamente, NE-SW/NNE-SSW, pode-se enquadrar a mesma nos regimes neotectônicos reconhecidos para o estado do Espírito Santo: i) transcorrência sinistral E-W, atribuído a uma idade neogênica; ii) transcorrência dextral E-W, considerado de idade pleistocênica a holocênica e ;iii) distensão NW-SE, de idade holocênica (BRICALLI, 2011), reconhecidos também em outros estudos no sudeste do Brasil (MELLO et al., 1999; FERRARI, 2001; RICCOMINI et al., 2004; SILVA, 2006).

As orientações NNW-SSE e NW-SE dos lineamentos e das orientações dos *trends* estruturais são predominantes na região. Esse fato pode ser explicado por

essas orientações (NNW-SSE e NW-SE) refletirem o controle litoestrutural da Faixa Colatina no estado do Espírito Santo, mas também reflete à predominância das orientações NW-SE e NNW-SSE das falhas neotectônicas, dominantes no estado do Espírito Santo e correspondente ao evento tectônico de Transcorrência Dextral E-W, como atestado por Bricalli (2011).

Somado a isso, a área apresenta também um histórico de ocorrência de terremotos e alguns desses ocorridos recentemente, com abalos sísmicos de baixa magnitude, mas com efeito direto na população local.

Diante disso, observa-se que o relevo da região de Pancas (ES) está condicionado pela tectônica e neotectônica.

Enfatiza-se aqui que, além do claro controle estrutural (mapa geológico, lineamentos, etc.) e tectônico (estereogramas), condicionando as altitudes da área e o relevo, especialmente na individualização do mesmo formando os pães de açúcar, deve-se considerar o papel da erosão diferencial nas rochas, fortemente controlado pelas estruturas, mas também a diferença litológica e, até mesmo, mineralógica (uma vez que observa-se essa diversidade altimétrica no mesmo litotipo).

A realização dos trabalhos de campo mostrou-se etapa importante para a identificação da relação da orientação das principais feições do relevo (pães-de-açúcar) na área com os lineamentos e falhas geológicas identificadas em bases cartográficas e sua relação com as falhas neotectônicas presentes na área e adjacentes à área.

A integração dos dados dos mapeamentos com os dados analisados em campo permitiu o reconhecimento de uma importante correlação entre lineamentos, Orógeno Araçuaí, Faixa Colatina, litologias e eventos neotectônicos descritos na literatura para o estado do Espírito Santo (MIRANDA, 2007;2009; RIBEIRO, 2010; BRICALLI, 2011), mostrando que, além do evidente controle litoestrutural, o relevo está condicionado pelos regimes de tensões neotectônicas.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AB'SÁBER, A. N. O domínio dos “mares de morros” no Brasil. **Geomorfologia**, São Paulo, n. 2, p. 1-9, 1966.

AB'SABER, A. N. Mega geomorfologia do território brasileiro. In: CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T. Geomorfologia do Brasil. Rio de Janeiro: **Bertrand Brasil**, 1998. p. 71-106.

BRICALLI L. L.; MELLO C. L. Controle neotectônico na rede de drenagem da bacia do rio Barra Seca: porção emersa da bacia do Espírito Santo. In: XII SIMPÓSIO NACIONAL DE ESTUDOS TECTÔNICOS. **Anais...** Ouro Preto, 2009.

BRICALLI, L. L. Padrões de lineamento e faturamento neotectônico no Estado do Espírito Santo (Sudeste do Brasil). Tese (Doutorado em Geologia) – **Instituto de Geociências**, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011.

BRICALLI, L. L.; MELLO, C. L. Padrões de lineamentos relacionados à litoestrutura e ao faturamento neotectônico (Estado do Espírito Santo, SE do Brasil). **Revista Brasileira de Geomorfologia**. v. 14, nº 3 (2013).
<https://doi.org/10.20502/rbg.v14i3.405>

BRICALLI, L. L.; MELLO, C. L. Lineamentos, Fraturamento Neotectônico e Sismicidade no estado do Espírito Santo (Sudeste do Brasil). In: II Simpósio brasileiro de sismologia, 2017, João Pessoa. Anais do 27º Simpósio de geologia do nordeste. João Pessoa: **27º Simpósio de Geologia do nordeste**, 2017. v. 1.

BRICALLI, L. L.; SOUZA, B. S. Caracterização Geológica-geomorfológica da bacia do rio Juara (Espírito Santo, sudeste do Brasil). In: Archimedes Perez Filho; Raul Reis Amorim. (Org.). Os desafios da Geografia Física na Fronteira do Conhecimento. 1ed.Campinas: Instituto de Geociências, 2017, v. 1, p. 6219-6232.
<https://doi.org/10.20396/sbgfa.v1i2017.2517>

BUSATO, C. *Landforms* tectônicos e controle neotectônico na rede de drenagem da bacia do rio Piraquê-açu (Espírito Santo-sudeste do Brasil). 2014. Trabalho de Conclusão de Curso - Universidade Federal do Espírito Santo, **CCHN**, Vitória, 2014.

BUSATO, C. Condicionamento neotectônico na rede de drenagem e no relevo do baixo curso do rio Doce (Espírito Santo, sudeste do Brasil). Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal do Espírito Santo, **CCHN**, 2020.

CADOPPI, P; GIARDINO, M; PERRONE, G; TALLONE, S. Litho-structural control, morphotectonics, and deep-seated gravitational deformations in the evolution of Alpine

Padrões de lineamentos e controle estrutural, tectônico e neotectônico no relevo da região de Pancas (Espírito Santo, Sudeste do Brasil).

relief: A case study in the lower Susa Valley (Italian Western Alps), **Quaternary International**, Volumes 171–172, 2007, Pages 143-159. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2006.10.015>

CAMPOS, J.E.G; MARTINS-FERREIRA, M. A. C. Compartimentação geomorfológica como suporte para estudos de evolução geotectônica: aplicação na região da chapada dos veadeiros, GO. **Revista Brasileira de Geomorfologia**. v. 18, nº 3 (2017). <https://doi.org/10.20502/rbg.v18i3.1119>

CARTA GEOLÓGICA. Folha SE.24-Y-C-III, São Gabriel da Palha, Escala 1:100.000. **CPRM**, 2009.

Centro de Sismologia USP. Ocorrências de atividades sísmicas. Disponível em <http://moho.iag.usp.br/>. Acesso em 07 de dezembro de 2021.

CORRÊA, A. C. de B; FONSÊCA, D. N. Lineamentos de drenagem e de relevo como subsídio para a caracterização morfoestrutural e reativações neotectônicas da área da bacia do Rio Preto, serra do espinhaço meridional-MG. **Revista de Geografia**. Recife: UFPE – DCG/NAPA, v. especial VIII SINAGEO, n. 1, Set/2010.

CORREIA, P. DE B. Origem dos Terremotos no Nordeste. **ComCiência**, Campinas, n. 117, 2010. Disponível em <http://comciencia.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1519-76542010000300008&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em 14 de março de 2022.

CORRÊA et al. Megageomorfologia e morfoestrutura do planalto da Borborema. **Revista do Instituto Geológico**, São Paulo, 31 (1/2), 35-52, 2010. <https://doi.org/10.5935/0100-929X.20100003>

CPRM – Serviço Geológico do Brasil. Geologia, tectônica e recursos minerais do Brasil: texto, mapas & SIG / organizadores, Bizzi, L. A. et al. Brasília: 2003. 692 p.

CPRM – Serviço Geológico do Brasil. Folha São Gabriel da Palha e Linhares. Baltazar, O. F. et al. Belo Horizonte: **CPRM-BH**, 2010.

CPRM Serviço Geológico do Brasil. Mapa geológico do Estado do Espírito Santo. Escala 1:400.000. 2018.

DANIEL, T. P. et al. Análise de lineamentos e trends estruturais na região centro sul do estado do Espírito Santo. In: ANAIS DO SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 2017, **Anais eletrônicos**. Campinas, Galoá, 2017. Disponível em: <<https://proceedings.science/sbsr/papers/analise-de-lineamentos-e-trends-estruturais-na-regiao-centro-sul-do-estado-do-espírito-santo->> Acesso em: 12 de abril de 2022.

DE LIMA, C. C. U. O neotectonismo na costa do sudeste e do nordeste brasileiro. **Revista de Ciência e Tecnologia – UEFS**. Bahia, n.15, p. 91-102, Jun/2000.

DE OLIVEIRA, L. C.; GAMA DE OLIVEIRA, R. M. A.; PEREIRA, E. Possível Controle Neotectônico sobre as Falésias do Litoral Sul da Bahia. **Anuário do Instituto de Geociências** - UFRJ ISSN 0101-9759 e-ISSN 1982-3908 - Vol. 41 - 3 / 2018 p. 702-716. https://doi.org/10.11137/2018_3_702_716

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

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

FLORINSKY, I. V. Digital Terrain Analysis in Soil Science and Geology (Second Edition), **Academic Press**, 2016, Pages 475-486, ISBN 9780128046326, <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-804632-6.09989-2>.

Folha SE.24, Rio Doce, Escala 1: 1.000.000. Geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação, uso potencial da terra. **Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Rio de Janeiro. IBGE, 1987.

FOSSEN, H. Geologia Estrutural. **Oficina de Textos**, São Paulo. 2012.

FURRIER, M. et al. Geomorfologia e Tectônica da Formação Barreiras no Estado da Paraíba. **Revista do Instituto de Geociências – USP**. São Paulo, v. 6, n. 2, p. 61-70, Out/2006. <https://doi.org/10.5327/S1519-874X2006000300008>

GATTO, L.C.S; RAMOS, V.L.S; NUNES, B.T.A; MAMEDE, L; GÓES, M.H; MAURO, C.A; ALVARENGA, S.M; FRANCO, E.M.S; QUIRICO, A.F; NEVES, L.B. Geomorfologia. **Projeto Radam Brasil**. Folhas 23/24 Rio de Janeiro/Vitória. V 32. Rio de Janeiro, 1983.

GEOBASES – Sistema Integrado de Bases Geoespaciais do Estado do Espírito Santo. Disponível em <https://geobases.es.gov.br>. Acesso em 01 de março de 2021.

GOIS, L. S. S.; FALCÃO, N. A. M.; MONTEIRO, K. A. Mapeamento de unidades morfoestruturais e morfoesculturais no maciço de mata grande, Alagoas e entorno. **Geosul**, Florianópolis, v. 36, n. 79, p.414-430, Mai/Ago 2021. <https://doi.org/10.5007/2177-5230.2021.e74530>.

GONTIJO, A.H.F. Morfotectônica do Médio Vale do Rio Paraíba do Sul: Região da Serra da Bocaina, Estados de São Paulo e Rio de Janeiro. Rio Claro (SP). 259 p. (Tese de Doutorado, Instituto de Geociências e Ciências Exatas – **UNESP**), 1999.

Padrões de lineamentos e controle estrutural, tectônico e neotectônico no relevo da região de Pancas (Espírito Santo, Sudeste do Brasil).

Governo do Estado do Espírito Santo. Zonas naturais do Espírito Santo: uma regionalização do Estado, das microrregiões e dos municípios. Secretaria de Estado do Planejamento – **SEPLAN**. Vitória – ES. 1999. Disponível em <https://meteorologia.incaper.es.gov.br/clima-dos-municipios>. Acesso em 16 de fevereiro de 2021.

HANCOCK, P. L. & WILLIAMS, G. D. Neotectônica. **Journal of the Geological Society**, Londres, Vol. 143, 1986, pp. 325-326. <https://doi.org/10.1144/gsjgs.143.2.0323>

HARTWIG, M. E. & RICCOMUNI, C. análise morfotectônica da região da serra dos órgãos, sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v.11, n.1, p.11-20, 2010. <https://doi.org/10.20502/rbg.v11i1.137>

HASUI, Y. Neotectônica e aspectos fundamentais da tectônica ressurgente no Brasil. In: SBG/MG, Workshop sobre neotectônica e sedimentação cenozoica continental no sudeste brasileiro, 1, Belo Horizonte, **Boletim SBG/MG**, 11:11-31, 1990.

HEILBRON et al. Província Mantiqueira - In: MANTESSO-NETO et al. **Geologia do Continente Sul-Americano**. São Paulo: Beca, p. 204-234, 2004.

HIRUMA, S.T; RICCOMINI. Análise Morfométrica em Neotectônica: o exemplo do Planalto de Campos do Jordão, SP. **Revista do Instituto Geológico**, IG São Paulo, 20 (1/2): 5-19. 1999. <https://doi.org/10.5935/0100-929X.19990001>

HIRUMA, S.T; RICCOMINI, C; MODENESI-GAUTTIERI, M.C. Neotectônica no Planalto de Campos do Jordão, SP. **Revista Brasileira de Geociências**. 31 (3): 375-384. 2001. <https://doi.org/10.25249/0375-7536.2001313375384>

HIRUMA, S.T. 2007. Significado morfotectônico dos planaltos isolados da Bocaina. 205p. Tese (Doutorado em Geologia) – **Instituto de Geociências**, Universidade de São Paulo, 2007.

HOBBS, W. H. Lineaments of the Atlantic border region. **Geological Society of America Bulletin**, n. 15: 483-506. (1904). <https://doi.org/10.1130/GSAB-15-483>

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Portal de downloads. 2018. Disponível em <https://www.ibge.gov.br/geociencias/downloads-geociencias.html>. Acesso em 01 de março de 2021.

INCAPER – Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural. Programa de Assistência Técnica e Extensão Rural – **PROATER 2020-2023**. Disponível em <https://incaper.es.gov.br/media/incaper/proater/municipios/Pancas.pdf>. Acesso em 08 de março de 2022.

JORDAN, G.; SCHOTT, B. 2005. Application of wavelet analysis to the study of spatial pattern of morphotectonic lineaments in digital terrain models. **A case of study**. *Remote Sensing of Environment*, 94. p. 31-38. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2004.08.013>

JUNIOR, M. D. S.; DOS SANTOS, M. L.; SALAMUNI, E.; STEVAUX, J. C.; MORALES, N. Análise morfotectônica da bacia hidrográfica do rio Ivaí-PR, curso inferior. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v.14, n.2, p.213-220, 2013. <https://doi.org/10.20502/rbg.v14i2.380>

LEITE, M. R. B. & BRITO, J. L. S. Mapeamento morfoestrutural e morfoescultural na região de cerrado no Norte de Minas Gerais. **Sociedade & Natureza [online]**. 2012, v. 24, n. 1. pp. 115-125. Epub 27 Jun 2012. ISSN 1982-4513. <https://doi.org/10.1590/S1982-45132012000100010>.

LIMA, D. L. S.; CORDEIRO, A. MONTEIRO; BASTOS, F.H. A influência morfoestrutural no desencadeamento de movimentos de massa de Uruburetama, Ceará, Brasil. **Revista GeoUECE** – Programa de Pós-Graduação em Geografia da UECE Fortaleza-CE, v. 4, nº 7, p. 77 – 87, Jul/Dez 2015. Disponível em: <https://revistas.uece.br/index.php/GeoUECE/article/view/6925>. Acesso em 27 de dezembro de 2021.

LIMA, V.F.; LAVOR, L. F.; FURRIER, M. Estudo Neotectônico em Margem Continental Passiva. **Geografia, Ensino & Pesquisa**, Vol. 21 (2017), n. 1, p. 206-215. <https://doi.org/10.5902/2236499421820>

LIMEIRA, C. M et al. Elaboração de um mapa de lineamento estrutural e densidade de lineamento através de imagem SRTM, em uma área ao norte do rio Doce, ES. Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal, Brasil, 25-30, Abr/2009, **INPE**, p. 4157-4163.

LIU, C. C. 1984. Análise Estrutural de lineamentos em imagens de sensoriamento remoto: aplicação ao Estado do Rio de Janeiro. Programa de Pós-graduação em Geociências. **Universidade de São Paulo**, Tese de Doutorado, 157p.

MAIA, R. P; BEZERRA, F. H. R. Condicionamento estrutural do relevo no nordeste setentrional brasileiro. **Mercator**, Fortaleza, v. 13, n. 1, p. 127-141, Jan/Abr 2014. <https://doi.org/10.4215/RM2014.1301.0010>

MARQUES, N. R. & PEREZ, F. A análise morfoestrutural e morfotectônica da bacia do rio Capivari, sul de Minas Gerais: A neotectônica e as superfícies geomorfológicas. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v.14, n.4, (Out-Dez) p.271-277, 2013.

Padrões de lineamentos e controle estrutural, tectônico e neotectônico no relevo da região de Pancas (Espírito Santo, Sudeste do Brasil).

MARQUES NETO, R. & PEREZ, F. Compartimentação morfoestrutural da Bacia do Rio Verde, Sul de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v.15, n.1, 2013. <https://doi.org/10.20502/rbg.v15i1.478>

MARQUES NETO, R., SILVA, F. P., & MOREIRA, J. A. Aspectos morfoestruturais e morfotectônicos na evolução do relevo da bacia do Rio Paraibuna (MG). **Principia: Caminhos Da Iniciação Científica**, 19(1), 12. (2020). <https://doi.org/10.34019/2179-3700.2019.v19.29881>.

MARTIN, L; SUGUIO, K; DOMINGUEZ, J. M. L; FLEXOR, J. M. 1997. Geologia do Quaternário Costeiro do Litoral Norte do Rio de Janeiro e do Espírito Santo. Belo Horizonte: **CPRM**.112P.

MEIS, M. R. M. Desenvolvimento de altitude como parâmetro para a compartimentação do relevo: bacia do médio-baixo Paraíba do Sul. IN: **Anais do XXXII Congresso Brasileiro de Geologia**. Salvador, 1982.

MELLO, C. L; RODRIGUES, H. B; HATUSHIKA, R. S. Tectônica quaternária e anomalias de drenagem na região centro norte do Espírito Santo. **Congresso Anual da ABEQUA (Associação Brasileira de Estudos do Quaternário)**. 2005. Disponível em <http://www.abequa.org.br/mostra_ano.php?pageNum_editoria=35&ano=2005>. Acesso em 11 de outubro de 2021.

MENDONÇA, F.; DANNI-OLIVEIRA, I. N. Climatologia: noções básicas e climas do Brasil. São Paulo: **Oficina de Textos**, 2007.

MIRANDA, D. J. Análise de estruturas rúpteis associadas a deformações neotectônicas na região centro-norte do estado do Espírito Santo. 2007. 58 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Geologia) – **Instituto de Geociências**, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007.

MIRANDA, D. J. Tensões e fraturamento neotectônico na área emersa da bacia do Espírito Santo. 2009.125p.Dissertação (Mestrado em Geologia) - **Instituto de Geociências**, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009.

MODENESI-GAUTTIERI, M. C; HIRUMA, S. T; RICCOMINI, C. 2002. Morphotectonics of a high plateau on the northwestern flank of the Continental Rift of southeastern Brazil. **Geomorphology** 43: 257-271. [https://doi.org/10.1016/S0169-555X\(01\)00137-4](https://doi.org/10.1016/S0169-555X(01)00137-4)

MORAIS, Rute Maria Oliveira de. Sistemas fluviais terciários na área emersa da Bacia do Espírito Santo (Formações Rio Doce e Barreiras). 2007. Tese (Doutorado em Geologia) – **Instituto de Geociências**, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007.

Padrões de lineamentos e controle estrutural, tectônico e neotectônico no relevo da região de Pancas (Espírito Santo, Sudeste do Brasil).

NIMER, E. Climatologia do Brasil. 2. ed. - Rio de Janeiro. **IBGE**, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 1989.

NOVAIS, L. C. C. et al. Novas ocorrências de diques de diabásio na faixa Colatina - ES: estruturas rúpteis associadas e implicações tectônicas para as bacias de Campos e do Espírito Santo. - In: B. **GEOCI. PETROBRÁS**, 12, 2004, Rio de Janeiro.

NOVAIS, L.C.C. Lineamentos transversais nas porções centro e norte da bacia do Espírito Santo e na faixa Proterozoica adjacente: influência na sedimentação e na compartimentação estrutural. Dissertação (Mestrado em análise de bacias e faixas móveis) – **Faculdade de Geologia**, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005.

O'LEARY, D.W., FRIEDMAN, J.D., POHN, H.A. 1976. Lineament, linear, lineation: some proposed new standards for old terms. **Geological Society of America Bull.**, 87:1463-1469. [https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1976\)87<1463:LLLSPN>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1976)87<1463:LLLSPN>2.0.CO;2)

OLIVEIRA, M.R.P.; GALVANI, E. Avaliação do efeito orográfico no perfil longitudinal Paraty (RJ) e Campos do Jordao (SP). **Entre Lugar (UFGD)**. V.6, n.11, p.133-151, 2015.

OLIVEIRA, L. C; GAMA DE OLIVEIRA, R. M. A.; PEREIRA, E. Possível Controle Neotectônico sobre as Falésias do Litoral Sul da Bahia. **Anuário do Instituto de Geociências** – UFRJ. ISSN 0101-9759 e-ISSN 1982-3908 - Vol. 41 - 3 / 2018 p. 702-716. https://doi.org/10.11137/2018_3_702_716

OLLIER, C. D. Tectonics and landforms. Geomorphology texts. London: **Longman Inc.**, 1981. 322p.

ORIANA (version 3.2.1). Disponível em: <<http://www.kovcomp.co.uk/oriana/index.html>>. Acesso em: jun/2022.

PEDROSA-SOARES, A.C & WIEDEMANN-LEONARDOS, C.M. 2000. Evolution of the Araçuaí Belt and its connection to the Ribeira Belt, Eastern Brazil. IN: CORDANI, U.G; MILANI, E, J; THOMAZ FILHO, A; CAMPOS, D.A (ed.) **Tectonic Evolution of South America**. 2000. p. 265-285.

PINHEIRO, M. R; CIANFARRA, P. Deformação frágil no Embasamento Neoproterozóico de Sudeste do Brasil: Vestígios da Intraplate Tectônica Cenozoica. **Geociências** 2021, 11, 270. <https://doi.org/10.3390/geosciences11070270>.

POSSES, S. P. Condicionamento neotectônico na rede de drenagem da bacia hidrográfica do rio Bananal (Espírito Santo, sudeste do Brasil). Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal do Espírito Santo, **CCHN**, 2020.

QUEIROZ, G. L.; SALAMUNI, E.; NASCIMENTO, E. R. AzimuthFinder: ferramenta para a extração de dados e apoio na análise estrutural. **Revista do Instituto de Geociências – USP**. Série científica. São Paulo, v. 14, n. 1, p. 6-80, Mar/2014. <https://doi.org/10.5327/Z1519-874X201400010005>

RIBEIRO, C.S. Influência da tectônica pós-deposicional na distribuição da Formação Barreiras entre o rio Paraíba do Sul (RJ) e o rio Doce (ES). 2010. 164 p. Dissertação (Mestrado em Geologia) - **Instituto de Geociências**, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.

ROSS, J. L. S. O registro cartográfico dos fatos geomorfológicos e a questão da taxonomia do relevo. **Revista do Departamento de Geografia**, [S. l.], v. 6, p. 17-29, 2011. <https://doi.org/10.7154/RDG.1992.0006.0002>

SAADI, A. Neotectônica da plataforma brasileira: esboço e interpretação preliminares. **Geonomos**. Centro de Pesquisa Manoel Teixeira da Costa. Universidade Federal de Minas Gerais, n. 1, p. 1-15, 1993. <https://doi.org/10.18285/geonomos.v1i1e2.233>

SABINS, Jr., F.F. Remote sensing: principles and interpretations. **Freeman and Company**, 494p. 1996.

SALVADOR, E. D.; PIMENTEL, J. Avaliação da neotectônica no município de Angra dos Reis, setor sul-fluminense da Serra do Mar, com base em mapas morfométricos gerados em Sistemas de Informações Geográficas (SIG). In: **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO**. Natal, 2009. Disponível em: <<http://marte.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr%4080/2008/11.14.09.37/doc/3347-3354.pdf>>. Acesso em 15 de novembro de 2021.

SALVADOR, E. D. & RICCOMINI, C. Neotectônica da região do alto estrutural de Queluz (SP-RJ, BRASIL). **Revista Brasileira de Geociências** 25(3): 151-164, Jun/1995. <https://doi.org/10.25249/0375-7536.1995151164>

SAMPAIO, T. V. M.; AUGUSTIN, C. H. R. R. Índice de concentração da rugosidade: uma nova proposta metodológica para o mapeamento e quantificação da dissecação do relevo como subsídio a cartografia geomorfológica. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v.15, n.1, p. 47-60, 2014. <https://doi.org/10.20502/rbg.v15i1.376>

SILVA, T. P. Neotectônica na região da Zona de Cisalhamento do rio Paraíba do Sul e áreas adjacentes. 2006. 125p. Dissertação (Mestrado em Geologia) – **Instituto de Geociências**, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006. https://doi.org/10.11137/2006_2_287-288

SOUZA, B. S. Compartimentação geológica e geomorfológica da bacia do rio Juara (Espírito Santo - sudeste do Brasil). 2015. Trabalho de conclusão de curso do

Departamento de Geografia - Universidade Federal do Espírito Santo, **CCHN**, Vitória, 2015.

SOLOMON, S.; GHEBREAB, W. Lineament characterization and their tectonic significance using Landsat TM data and field studies in the central highlands of Eritrea, **Journal of African Earth Sciences**, Volume 46, Issue 4, 2006, Pages 371-378. <https://doi.org/10.1016/j.jafrearsci.2006.06.007>

STRAHLER, A. N. Hypsometric (area-altitude) – analysis of erosion al topography. **Geological Society of America Bulletin**, v.63, n.10, p.1117-1142, 1952. [https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1952\)63\[1117:HAAOET\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1952)63[1117:HAAOET]2.0.CO;2)

SUMMERFIELD, M.A. 1986. Tectonic Geomorphology: macroscale perspectives. **Prog. in Phys. Geog.**, 10(2):227-238. <https://doi.org/10.1177/030913338601000205>

SUMMERFIELD, M.A. 1987. Neotectonics and landform genesis. **Prog. in Phys. Geog.**, 11(3):385-397. <https://doi.org/10.1177/030913338701100305>

SUMMERFIELD, M.A. *Global Geomorphology*. New York: **Longman Scientific & Technicl**, 1991.

TAVARES, B. A. C.; CORRÊA, A. C. B.; LIRA, D. R.; CAVALCANTI, L. C. S. Compartimentação geomorfológica e morfotectônica do graben do Cariatá, Paraíba, a partir de imageamento remoto. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v.15, n. 4, (Out-Dez), p. 523-538, 2014. <https://doi.org/10.20502/rbg.v15i4.531>

TEIXEIRA, W.; TOLEDO, C.; FAIRCHILD, T.; TAIOLI, F. **Decifrando a Terra**. São Paulo: Oficina de Textos, 2000.

VALERIANO, M. M. Mapeamento do comprimento de rampa em microbacias com sistemas de informação geográfica. **Acta Scientiarum (UEM)**, Maringá, PR, v. 24, n. 5, p. 1541-1551, 2002. <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v24i0.2423>

VALERIANO, M. M.; ROSSETTI, D. F. Topodata: Brazilian full coverage refinement of SRTM data. **Applied Geography (Sevenoaks)**, v. 32, p. 300-309, 2011. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2011.05.004>

WANDERLEY, L. S. A.; NÓBREGA, R. S.; MOREIRA, A. B.; MENEZES, R. S. C. "A Relação entre o relevo e o clima como proposição de caracterização da fisiologia da paisagem em Pernambuco, Brasil." **Geo UERJ: Revista Do Departamento De Geografia** 34 (2019): E40942. Web. <https://doi.org/10.12957/geouerj.2019.40942>

WICANDER, R. Fundamentos de geologia. **Cengage Learning**, São Paulo. 2009.

Padrões de lineamentos e controle estrutural, tectônico e neotectônico no relevo da região de Pancas (Espírito Santo, Sudeste do Brasil).

WIEDEMANN-LEONARDOS C. M.; LUDKA I. P.; MEDEIROS S.R.; MENDES J.C.; COSTA-DE-MOURA J. 2000. Arquitetura de plutons zonados da Faixa Araçuaí-Ribeira. **Geonomos**, 15 (1): 25-28. <https://doi.org/10.18285/geonomos.v8i1.145>

WISE, D. U.; FUNICIELLO, R.; PAROTTO, M.; SALVINI, F. Enxames de lineamentos topográficos: pistas para sua origem a partir da análise de domínio da Itália. **Boletim GSA** 1985; 96 (7): 952-967. [https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1985\)96<952:TLSCTT>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1985)96<952:TLSCTT>2.0.CO;2)