



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA - CCET
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA - DGEOL

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**Mapeamento de suscetibilidade de risco neotectônico
no município de Siriri em Sergipe**

São Cristovão

Março de 2019

JOÃO PAULO HORA CARNEIRO

**Mapeamento de suscetibilidade de risco neotectônico
no município de Siriri em Sergipe**

Trabalho de Conclusão de Curso do
departamento de Geologia da
Universidade Federal de Sergipe,
realizado sob a orientação da Prof^a. Dr^a.
Aracy Sousa Senra.

São Cristovão

Março de 2019

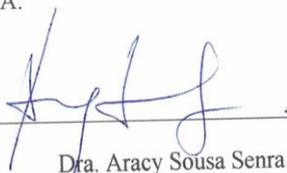
JOÃO PAULO HORA CARNEIRO

Mapeamento de suscetibilidade de risco neotectônico no município de Siriri em Sergipe

Esse documento foi julgado adequado como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Geologia e aprovado em sua forma final.

São Cristóvão, 25 de março de 2019.

BANCA EXAMINADORA:



Dra. Aracy Sousa Senra
Orientadora



Geólogo Adenilson da Silva Peixoto Junior
Membro Avaliador



Geólogo Lucas de Santana Menezes
Membro Avaliador

AGRADECIMENTOS

Primeiramente à Deus que permitiu que tudo isso acontecesse. Aos professores do Departamento de Geologia que se dedicaram e me ajudaram durante minha formação como geólogo, em especial para minha orientadora Prof. Dr^a Aracy Senra que sempre me ajudou desde a indicação do tema do TCC até os vários dias unidos discutindo à construção do mesmo, além das diversas horas corrigindo e me dando muitas dicas.

A todos os grupos de pesquisa que fiz parte e todos os participantes como o NEGAA, em especial Rafael Gomes que me auxiliou no tempo de PIBIC e na graduação, capítulo estudantil AAPG-UFS e Jovem Geólogos.

Aos meus pais Ana Cláudia e João Luís pelo amor, incentivo e que me fortaleceram ao longos destes anos de graduação e possibilitaram a oportunidade da conclusão do meu curso. Obrigado aos meus familiares que sempre estiveram presentes e deram apoio, meus irmãos Alexandre e Camila pelo suporte e minha namorada Lygia pelo amor e toda ajuda durante a graduação e TCC.

E a todos que fizeram parte da minha formação direta e indiretamente, o meu muito obrigado.

RESUMO

No Território Brasileiro ocorrem sismos, ao contrário do que a maioria da população acredita e, estes ocorrem em grande número na região Nordeste do país. O Estado de Sergipe em seu histórico registra sismos em 29 municípios, dentre eles o município de Siriri, local alvo deste estudo. O município de Siriri está localizado na região central do Estado, limítrofe a outros municípios que concentram a maioria dos sismos do estado. Diversos autores identificam para a região Nordeste Brasileira 2 *trends* de lineamentos, NW-SE e NE-SW, e os associam a possíveis reativações de um conjunto de falhas originadas a partir da orogênese Brasileira. O objetivo deste trabalho é correlacionar as direções preferenciais de estruturas observadas, em mapa e em campo, com a declividade e a ocupação urbana, para determinar os locais mais suscetíveis ao risco neotectônico, utilizando a unidade estratigráfica do Grupo Barreiras como um marcador temporal para o estudo do neotectonismo. Para a realização deste trabalho foram realizados trabalhos de campo para identificar as direções preferenciais, obtenção de direções preferenciais de lineamentos manuais e automáticos com auxílio do *software Qgis v2.18* e *Geomática v.12 Trial*, geração de mapa de declividade e zoneamento urbano com a visualização de imagens de satélite, assim interpolando uma malha de pontos com um valor de risco obtida através da equação proposta neste trabalho, em uma escala de 1:100.000. A junção destas informações resultou em um mapa de suscetibilidade de risco neotectônico para o município de Siriri, que apresenta um grau de risco muito baixo nas áreas periféricas e muito alta a extremamente alta nas áreas centrais do município. Estes dados visam auxiliar o poder público e a Defesa Civil do Estado quanto às áreas mais suscetíveis a risco sísmicos e ser utilizado como um trabalho inicial de contenção de riscos.

PALAVRAS CHAVE: BARREIRAS, RISCO SÍSMICO, SERGIPE.

ABSTRACT

Earthquakes occur in the Brazilian Territory contrary to what most of the population believes, and these occur in large number in the Northeast region of the country. The state of Sergipe in its history records earthquakes in 29 municipalities, among them the municipality of Siriri, the target of this study. The municipality of Siriri is located in the central region of the state, bordering other municipalities that concentrate most of the state's earthquakes. Several authors identify 2 trends of NW-SE and NE-SW guidelines for the Brazilian Northeast region and associate them with possible reactivations of a set of faults originating from the Brasiliana orogenesis. The objective of this work is to correlate the preferential directions of observed map and field structures with slope and urban occupation to determine the sites most susceptible to neotectonic risk using the stratigraphic unit of the Barreiras Group as a temporal marker for the study of neotectonism. For the accomplishment of this work, fieldwork was carried out to identify the preferred directions, obtaining preferential direction of manual and automatic guidelines with the help of software Qgis v2.18 and Geomática v.12 Trial, generation of declivity map and urban zoning with visualization of satellite images, thus interpolating a mesh of points with a risk value obtained through the equation proposed in this work, on a scale of 1: 100,000. The combination of this information resulted in a neotectonic risk susceptibility map for the municipality of Siriri, which presents a very low degree of hazzard in the peripheral areas and very high to extremely high hazzard in the central areas of the municipality. These data are intended to assist the public power and the State Civil Defense in the areas most susceptible to seismic hazzard and be used as an initial work of risk containment.

KEY WORDS: BARREIRAS, SEISMIC HAZZARD, SERGIPE.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1a – Localização do estado de Sergipe em relação ao Brasil. Figura 1b localização do Município de Siriri em relação ao estado de Sergipe. Figura.1c Mapa de localização, vias de acesso e localização dos afloramentos visitados para realização do trabalho.....	15
Figura 2 – Malha de 208 pontos utilizando o limite municipal para realização da interpolação dos dados.....	20
Figura 3 – Organograma com os subitens e pesos empregados para a geração do mapa de suscetibilidade de risco neotectônico.....	22
Figura 4 – Mapa geológico do município de Siriri.....	23
Figura 5 – Coluna estratigráfica esquemática da geologia do município de Siriri.....	25
Figura 6 - Mapa do arcabouço tectono-estrutural do Estado de Sergipe.....	25
Figura 7 - Posição da estratigráfica da unidade Barreiras na carta estratigráfica da Sub-Bacia de Sergipe.....	26
Figura 8 - Carta estratigráfica da Sub-Bacia de Sergipe.....	28
Figura 9 - Escombros dos domicílios resultante do terremoto em João Câmara – RN.....	31
Figura 10 - Mapa de zoneamento sísmico brasileiro, observa-se que há uma grande zonação no litoral brasileiro, inclusive na região Nordeste.....	32
Figura 11 - Falhas geológicas profundas ou zonas de fraqueza na Província Borborema. As setas vermelhas representam os esforços compressivos originados nas bordas da placa Sul-americana.....	32
Figura 12 - Mapa de localização dos sismos registrados no Estado de Sergipe, atualizado em Janeiro de 2019.....	33
Figura 13 – Mapa de lineamento estrutural do município de Siriri com azimute de Lineamento 0°, diagrama de rosetas indicando direção preferencial dos lineamentos para E-W a partir de 111 lineamentos calculados.....	36
Figura 14 – Mapa de lineamento estrutural do município de Siriri com azimute de Lineamento 135°, diagrama de rosetas demonstrando direção preferencial NE-SW a partir de 115 lineamentos calculados.....	37

Figura 15 – Mapa de lineamento estrutural do município de Siriri com azimute de Lineamento 315°, diagrama de rosetas apresentando comportamento bimodal dos 103 lineamentos com direção NE-SE e E-W.....	38
Figura 16 – Mapa de lineamento estrutural automático do município de Siriri, diagrama de rosetas com comportamento bimodal com direções NE-SW e E-W, a partir da análise de 115 lineamentos.....	39
Figura – 17a: Mapa de lineamentos geral do município, Figura – 17b: Mapa de densidade de lineamentos, Figura 17c: Localização do município de Siriri em relação ao estado de Sergipe. Diagrama de rosetas apresentando comportamento bimodal NE-SW e E-W a partir da análise de 431 lineamentos.....	40
Figura 18a – Visão geral do afloramento do Grupo Barreiras (708624/8829314). Figura 18b – imagem em detalhe do conjunto de fraturas no maciço rochoso que varia de medianamente a fortemente fraturado. Figura 18c – Croqui esquemático do conjunto de fraturas e suas respectivas direções em <i>dip direction</i>	43
Figura 19a – Fraturas de direção predominante N150 em <i>dip direction</i> . Figura 19b – Sistema de fraturas perpendiculares mais antigas.....	44
Figura 20 – Imagem em detalhe de fratura com estrias acompanhando a linha de direção do plano de falha.....	45
Figura 21a – vista geral do afloramento do Grupo Barreiras ponto 702923/8827302. Figura 21b – Ampliação do afloramento com destaque para o padrão de fraturamento.....	46
Figura 22 - Diagrama de roseta referentes ao sistema de fraturamentos no município de Siriri que apresenta comportamento bimodal referente aos 104 fraturas encontradas em campo com direções NE-SW e NW-SE.....	47
Figura 23 - Estereograma demonstrando os polos de fraturamentos do município de Siriri, os polos dominantes demonstrando que há mergulhos para SE e SW.....	47
Figura 24a: Vista geral do afloramento ponto (709130/8827302). Figura 24b: Ampliação do afloramento, com destaque para os meio <i>grabens</i> e <i>horsts</i> . Figura 24c: Croqui esquemático com direções das falhas.....	48
Figura 25a: Falha Normal destacada no afloramento. Figura 25b- destaque em aproximação para falha lítrica.....	49
Figura 26 - Estereograma das falhas medidas em campo, indicando mergulho dos planos obtidos para o sentido SE.....	50

Figura 27 – Mapa de declividade do município de Siriri, indicando 5 diferentes classes de relevo.....	51
Figura 28 – Gráfico demonstrativo da área relativa de classe no município de Siriri.....	52
Figura 29 - Casa situada em talude de alta declividade, área de possível risco para os residentes locais.....	53
Figura 30 - Zoneamento urbano do município de Siriri.....	55
Figura 32 – Gráfico da área referente as classes de suscetibilidade de risco neotectônico no município de Siriri.....	57
Figura 31 – Mapa de suscetibilidade de risco neotectônico do município de Siriri, onde as principais áreas de risco encontram-se na área central do município.....	58

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Funcionalidade dos atributos de extração automática do <i>Geomática</i> v.12.....	17
Tabela 2 – Tabela de valores correspondentes ao usado pelo autor na realização do trabalho.....	18
Tabela 3: Tabela de classes de relevo.....	19
Tabela 4 – Dados de entrada para geração do mapa de risco.....	62

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1: Equação empregada para a obtenção de valor de suscetibilidade de risco sísmico pontual.....	21
Equação 2: Equação da Krigagem Simples.....	21

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ADT - Angular Difference Threshold
CLT - Curve Length Threshold
CPRM - Companhia Pesquisa e Recursos Minerais
EGT - Edge Gradient Threshold
FR - Filter Radius
GPS - Global Positioning System
IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
INQUA - Associação Internacional de Estudos do Quaternário
LDT - Linking Distance Threshold
LFET - Line Fitting Error Threshold
NEGAA - Núcleo de Estudos de Geologia e Áreas Afins
SEPLAN - Secretaria de Estado do Planejamento de Sergipe
SIG - Sistema de Informação Geográfica
SRTM - Shuttle Radar Topography Mission
USGS - United States Geological Survey
UTM - Universal Transversa de Mercator

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
1.1 OBJETIVOS	14
1.1.1 OBJETIVO GERAL	14
1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
1.2 MUNICÍPIO DE SIRIRI	15
1.2.1 LOCALIZAÇÃO E DESCRIÇÃO DA ÁREA	15
2. MATERIAS E MÉTODOS	16
2.1 LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO E AQUISIÇÃO DE BANCO DE DADOS	16
2.2 EXTRAÇÃO DE LINEAMENTOS AUTOMÁTICOS E MANUAIS	16
2.3 CONFECÇÃO DOS DIAGRAMAS E ESTEREOGRAMAS	18
2.4 CONFECÇÃO DE MAPAS TEMÁTICOS	19
2.5 LEVANTAMENTO DOS DADOS DE CAMPO	20
2.6 CONFECÇÃO DO MAPA DE SUSCETIBILIDADE	20
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	23
3.1 LEVANTAMENTO FISIOGRÁFICO	23
3.2 GEOLOGIA LOCAL	23
3.3 BACIA SERGIPE – ALAGOAS E O NEOTECTÔNISMO	27
3.4 HISTÓRICO DA SISMICIDADE NO BRASIL E EM SERGIPE	30
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	35
4.1 COMPARAÇÃO DOS LINEAMENTOS MORFOESTRUTURAIS EXTRAÍDOS AUTOMATICAMENTE X MANUAIS	35
4.2 INTERPRETAÇÕES ESTRUTURAIS DE CAMPO	42
4.2.1 FRATURAS	42
4.2.2 FALHAS	48
4.3 DECLIVIDADE DO MUNICÍPIO	51
4.4 ZONEAMENTO URBANO	54
4.5 MAPA DE SUSCETIBILIDADE NEOTECTÔNICO	56
5. CONCLUSÕES	59
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	60
7. ANEXOS	63

1. INTRODUÇÃO

O estudo do neotectonismo possui uma grande importância para a área de geotectônica e avaliação de riscos tanto para a sociedade e o meio ambiente, pois é possível aplicar o princípio do atualismo a partir da análise das feições tectônicas observadas.

O Neotectonismo é o ramo da ciência que estabelece “comparação da tectônica ativa com as manifestações Cenozóicas pretéritas, permitindo correlacionar as consequências dos eventos em escalas do tempo geológico”, segundo Trifonov (1989). Como descrito por E. V. Jain (1973), a neotectônica é um importante fator de avanço para as pesquisas em geotectônica, pois permite de fato à aplicação do atualismo, através da observação real das feições tectônicas, que era até então inferida. Em 1978 a Comissão de Neotectônica da Associação Internacional de Estudos do Quaternário (INQUA) definiu neotectonismo como: “Qualquer movimento ou deformação do nível geodésico de referências, seus mecanismos, sua origem geológica, independentemente de sua idade”.

A importância da compreensão da neotectônica é válida por meio do aumento da população e da rápida expansão da mesma ao longo de todo território brasileiro. Com esta rápida e ampla expansão, a procura por infraestrutura adequada aumenta e estas obras precisam quantificar isto como um fator de risco. Grandes obras como pontes, túneis subterrâneos e edifícios podem ser alvos das consequências do neotectonismo, assim como pequenas casas construídas de forma irregular em grandes capitais ou no interior com materiais inapropriados para a construção civil.

A importância da neotectônica para a geologia é de que é possível medir, observar e interpretar os movimentos que ocorrem na era Cenozoica, permitindo correlacionar a tectônica vista superficialmente com a que é analisada através de outros métodos, possibilitando contar uma história estrutural evolutiva completa.

Segundo Saadi (1993) é de um consenso que à maioria das pesquisas relacionadas à evolução morfológica do Nordeste Brasileiro sofre influência da neotectônica. O Grupo Barreiras compreende uma grande parte do litoral do nordeste brasileiro e é uma unidade do Holoceno recente, excelente unidade para o estudo do neotectonismo, pois possui exposições que registram este contexto neotectônico. O município de Siriri possui cerca de 80% de seu território constituído por rochas

atribuídas ao Grupo Barreiras e devido aos sismos recentemente sentidos torna esta região uma área alvo para o estudo das evidências neotectônicas bem como para uma avaliação da suscetibilidade de risco da sismicidade no local.

Este trabalho visa aumentar o conhecimento científico a respeito deste ramo da ciência e agregar um conhecimento a respeito da prevenção dos riscos que isto pode apresentar para a sociedade ali presente e futuramente servir de alicerce para órgãos públicos estaduais responsáveis pela prevenção de desastres naturais e riscos geológicos.

1.1 OBJETIVOS

Este trabalho tem como objetivo contribuir para o conhecimento da neotectônica no Estado de Sergipe, investigando as feições estruturais e as direções preferenciais presentes na área alvo de estudo.

1.1.1 Objetivo Geral

O objetivo geral deste trabalho consiste na pesquisa e aquisição de banco de dados referentes ao neotectônismo no estado de Sergipe e em uma elaboração de mapas temáticos a partir de dados adquiridos em campo (Geológico, Declividade, Zoneamento urbano e lineamentos).

1.1.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos deste trabalho compõe-se em analisar, primeiramente, os lineamentos morfoestruturais em imagens *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM), correlacionar os lineamentos adquiridos manualmente e automaticamente através de *Softwares* adequados. Somando-se a linha de análise de estruturas pretende-se analisar e interpretar as direções preferenciais das estruturas identificadas em campo através de diagramas de rosetas e estereogramas e correlacionar os resultados referentes ao lineamentos estruturais e os dados de campo e, por fim interpretá-los.

Associado a interpretação das estruturas geológicas, principalmente os planos de fraqueza (fraturas), gerar um mapa de suscetibilidade de risco quantificando as estruturas neotectônicas presentes, declividades e zoneamento urbano. E por fim, realizar uma possível discussão a respeito das evidências de neotectônismo no município de Siriri e como isso influencia sua área habitada em relação aos riscos à população.

2. MATERIAS E MÉTODOS

Para a realização deste trabalho foi necessário visitas de campo para obtenção de dados essenciais e etapas de escritório onde os dados deste trabalho foram elaborados e discutidos.

2.1 LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO E AQUISIÇÃO DE BANCO DE DADOS

Foi realizado um levantamento de artigos científicos com temas correlatos a este trabalho que foram adquiridos por meio do acervo disponibilizado pelo Núcleo de Estudos de Geologia e Áreas Afins (NEGAA) e pelo acervo da comunidade acadêmica CAPES Periódicos. As bases temáticas de Sistema de Informação Geográfica (SIG) foram disponibilizadas através do *GEOBANK* da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM). Os modelos digitais de superfície *Shuttle Radar Topography Mission (SRTM)* foram disponibilizados mediante o banco de dados do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), e as imagens *LANDSAT 8 ETM+* pela *United States Geological Survey (USGS)*.

Foram utilizadas cartas geológicas da Petrobras em que o município está situado, sendo as folhas de Riachuelo e Itabaiana respectivamente SC.24-Z-B-IV-2 e SC.24-Z-B-IV-1 em escala 1:100.000.

2.2 EXTRAÇÃO DE LINEAMENTOS AUTOMÁTICOS E MANUAIS

Para realização da extração dos lineamentos automáticos foi necessário o uso do *software Geomatica v.12.0 Trial* e do modelo de elevação de superfície SRTM. Para isso foi necessário inserir dados quantitativos na opção de extração automática dos lineamentos nos seguintes atributos: *Filter Radius (FR)*, *Edge Gradient Threshold (EGT)*, *Curve Length Threshold (CLT)*, *Line Fitting Error Threshold (LFET)*, *Angular Difference Threshold (ADT)*, *Linking Distance Threshold (LDT)*, os quais tem as funcionalidades destacadas, em Conceição *et al.* 2013, na tabela 1.

Tabela 1- Funcionalidade dos atributos de extração automática do *Geomática v.12*. Fonte: Conceição *et al.* (2013).

Parâmetros	Funcionalidade
<i>Filter Radius (FR)</i>	Especifica o raio do filtro de detecção de borda, em pixels. Este parâmetro determina o nível até o qual o algoritmo detecta a informação como um lineamento. Um grande valor de <i>Filter Radius</i> indica que menos detalhes podem ser detectados, e também menos ruído. O valor padrão é 10, sendo que o intervalo de valores deste parâmetro é de 0 até 8192.
<i>Edge Gradient Threshold (EGT)</i>	Especifica o limite do nível de gradiente mínimo de um pixel de borda para obter uma imagem binária. Os pixels acima do limiar representarão na imagem binária um elemento de borda. Este valor deve estar na faixa de 0 a 255, sendo que o valor padrão é 100.
<i>Curve Length Threshold (CLT)</i>	Especifica o comprimento mínimo de curva, em pixels, para ser considerado como lineamento.
<i>Line Fitting Error Threshold (LFET)</i>	Especifica, em pixels, o erro máximo permitido ao sobrepor uma linha sobre uma curva. Os valores mais baixos proporcionam um melhor ajuste, mas também segmentos mais curtos na linha.
<i>Angular Difference Threshold (ADT)</i>	Especifica o ângulo máximo, em graus, entre segmentos de uma linha. Se o ângulo excede o máximo especificado, a linha é dividida em dois ou mais vetores. Este ângulo também define o ângulo máximo entre dois vetores para serem ligados. O valor padrão é 30.
<i>Linking Distance Threshold (LDT)</i>	Especifica a distância mínima, em pixels, entre os pontos finais de dois vetores para serem ligados. O valor padrão é de 20.

Os valores dos parâmetros de entrada utilizados para a extração automática foram os valores propostos por Conceição *et al* (2013), na tabela 2.

Tabela 2 – Tabela de valores correspondentes ao usado pelo autor na realização do trabalho. Fonte: Conceição *et al.* (2013).

Parâmetros	Valores
<i>Filter Radius (FR)</i>	15
<i>Edge Gradient Threshold (EGT)</i>	60
<i>Curve Length Threshold (CLT)</i>	10
<i>Line Fitting Error Threshold (LFET)</i>	5
<i>Angular Difference Threshold (ADT)</i>	15
<i>Linking Distance Threshold (LDT)</i>	30

Para a realização dos lineamentos manuais foi necessário a utilização do *Software SIG Qgis 2.18*. Para isto foi necessário utilizar a imagem de modelo de superfície SRTM e transformá-la no aspecto sombreado utilizando a ferramenta de “Análise de Terreno” do *Qgis 2.18* utilizando os azimutes de insolação (ângulo em que o a iluminação é realizada na imagem de satélite) de 0°, 135° e 315°, e altitude de insolação (ângulo em que o sol esta da superfície) de 45° e com isto traçar os lineamentos de forma manual através da ferramenta de vetorização.

2.3 CONFECÇÃO DOS DIAGRAMAS E ESTEREOGRAMAS

Para confecção dos diagramas de roseta e estereogramas foram utilizados os *softwares Stereonet v.10.0* e *Rockworks v.15*, nos quais foram inseridos as medidas referentes as fraturas e falhas medidas em campo e produzidos os gráficos. Para a realização dos diagramas de rosetas dos lineamentos automáticos e manuais foi necessário utilizar o *Arcgis v.10.1.2* para gerar a geolocalização do ponto inicial e final do lineamento, estes pontos são inseridos como uma planilha no software *Rockworks v.15*, e importado através do caminho *Linears > Rose Diagram > From End Point*, local onde é gerado o diagrama de rosetas.

2.4 CONFECÇÃO DE MAPAS TEMÁTICOS

Para a confecção dos mapas temáticos foi utilizado o *Software* de geoprocessamento *Qgis 2.18*. O Mapa de Localização e geológico foram realizados utilizando o banco de dados fornecido pela CPRM, o mapa de pontos visitados foi realizado utilizando o mesmo banco de dados e com os pontos obtidos através do *Global Positioning System* (GPS) da marca *Garmin* com *Datum SIRGAS 2000*.

Os mapas de lineamentos foram realizados utilizando os modelos de superfícies SRTM onde os lineamentos foram extraídos automaticamente e vetorizados. Para a realização do mapa de declividade foi utilizado a ferramenta análise de terreno para a geração deste mapa e os parâmetros utilizados foram os estabelecido por Lepsch (1983), em que as classes de relevo são classificadas como na tabela 3.

Tabela 3: Tabela de classes de relevo. Fonte: Lepsch (1983).

Classe de relevo	Classes de Declividade	
	%	Graus
Plano	0-2	0° a 1°8'45"
Suave ondulado	2-5	1°8'45" a 2°51'45"
Ondulado	5-10	2°51'45" a 5°42'38"
Moderadamente Ondulado	10-15	5°42'38" a 8°31'51"
Forte Ondulado	15-45	8°31'51" a 24°13'40"
Montanhoso	45-70	24°13'40" a 34°59'31"
Escarpado	>70	>34°59'31"

O mapa de zoneamento urbano foi realizado utilizando o *Plugin "Bing Maps"*, disponível no *Qgis 2.18*, o qual permite a visualização de imagem de satélite de uma área selecionada. Foram realizados zoneamentos obedecendo as definições impostas pelo IBGE para sede municipal e povoado. Para o zoneamento das áreas industriais e lote urbano, segue-se os seguintes critérios: fábricas, refinarias e áreas afins foram zoneados separadamente, pois possuem um apelo de suscetibilidade ao risco maior, e os lote urbanos, tais como as casas mais afastadas dos povoados, obedeceram um novo critério,

por apresentar uma baixa densidade populacional em sua área e menos suscetibilidade a influência de outras estruturas.

2.5 LEVANTAMENTO DOS DADOS DE CAMPO

Foram realizados um total de três saídas de campos e estas saídas foram intercaladas com as atividades anteriormente descritas. Durante as etapas de campo os pontos em que foram encontrados afloramentos foram registrados com auxílio do GPS da marca *Garmin*.

Estas estruturas foram descritas em relação a sua quantidade, preenchimento, deslocamento, direção e mergulho. Para medição da direção e mergulho utilizou-se uma bússola geológica do tipo *Clar*, obtendo medidas de *dip direction* e *dip*. Após esta etapa de determinação de direções preferenciais das estruturas foi feito também uma observação e descrição do comportamento da morfologia.

2.6 CONFECÇÃO DO MAPA DE SUSCETIBILIDADE

Para a realização do mapa de suscetibilidade de risco sísmico foi efetuado uma malha com 208 pontos no município, utilizando o *software Qgis v2.18.25*, através da ferramenta de vetorização de pontos (Figura 2).

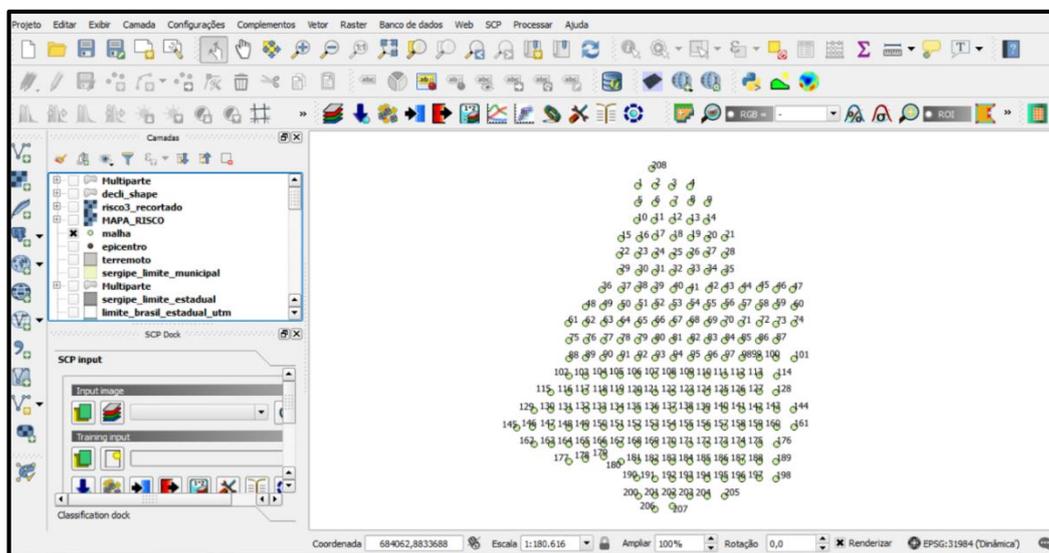


Figura 2 – Malha de 208 pontos utilizando o limite municipal para realização da interpolação dos dados.

Estes pontos distam-se um do outro cerca de 1000 metros, obedecendo uma escala de mapeamento de 1:100.000. Cada ponto possuía um dado quantitativo de risco, disponível na tabela 4 nos anexos, que foi obtido através da equação (1):

$$0,5 \times (\text{Lineação Preferencial}) + 0,25 \times (\text{Declividade}) + 0,25 (\text{Análise urbana}) \quad (1)$$

Equação 1: Equação empregada para a obtenção de valor de suscetibilidade de risco sísmico pontual

Há uma ausência de uma metodologia quantitativa para o zoneamento de áreas com maior possibilidade de impacto de suscetibilidade de risco neotectônico. Para isto foi criado uma metodologia pelo autor correlacionando diretamente os lineamentos, suas direções preferenciais de propagação de ondas, declividade e as áreas urbanizadas.

Cada item acima da equação possui sub itens com pesos agregados como destacado na figura 3, a lineação preferencial por ser o indicador mais importante possui 50% do peso da equação, e sua classificação para determinação dos pesos foram se havia lineamento naquele ponto e se o lineamento era concordante ou não. A declividade tem uma importância secundária logo possui 25% do peso da equação e seus sub itens possuem pesos proporcionais ao grau de declividade sendo o menor peso para uma área plana e o maior peso para a mais inclinada. A análise urbana também possui um caráter secundário agregando-se aos 25% restantes do peso da equação, e divide-se entre os agrupamentos populacionais de menor densidade populacional até o de maior densidade.

Foi necessário agregar o valor unitário em cada ponto individualmente para os itens destacados na equação em 3 colunas distintas no banco de dados, e depois realizar a operação matemática entre os itens acima, para que obtive-se uma coluna de dados com o valor de interesse de suscetibilidade de risco.

Para realização do mapa utilizou-se a krigagem simples que é expressa através da seguinte equação:

$$Z^*_{ks}(x_0) = \sum l z(x_i) + [1 - \sum l_i] m \quad (2)$$

Equação 2: Equação da Krigagem Simples

Para a realização do cálculo automático foi utilizado o *software Qgis 2.18*. O caminho utilizado foi: Caixa de ferramentas processamento > *Simple Kriging*. Nesta opção é aberta uma janela onde são inseridos os dados relativos aos pontos. Para

realização de uma boa interpolação dos pontos ainda é necessário a utilização correta do semivariograma, e o semivariograma que mais se adaptou a dispersão dos pontos foi à Gaussiana com compatibilidade de 92% dos pontos.

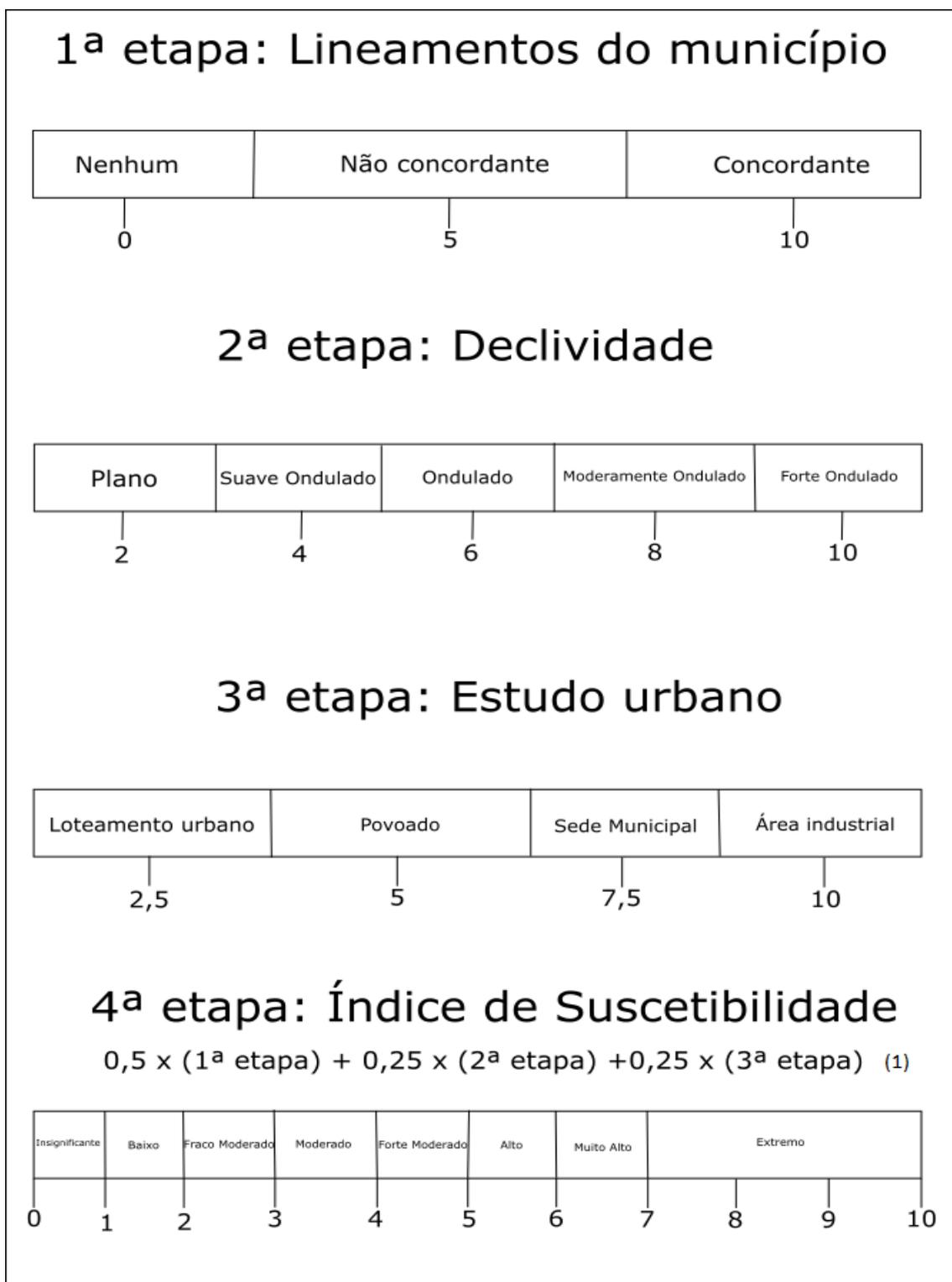


Figura 3 – Organograma com os subitens e pesos empregados para a geração do mapa de suscetibilidade de risco neotectônico.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 LEVANTAMENTO FISIOGRAFICO

O município de Siriri apresenta um clima tropical chuvoso e, segundo dados da Secretaria de Estado do Planejamento de Sergipe (SEPLAN, 2002) temperatura média no ano de 24,8°C, precipitação pluviométrica média anual de 1.479,9 mm e período chuvoso de março a agosto.

Com base nos dados fornecidos pelo banco de dados da Companhia Pesquisa e Recursos Minerais (CPRM, 2014) as formas de relevos que se apresentam na região são os baixos platôs, tabuleiros Costeiros, com domínio de colinas dissecadas e morros baixos. A vegetação descrita para a área é composta por caatinga e floresta semidecidual e, os solos da região são compostos por latossolos e solos podzólicos de acordo com a SEPLAN, 2002.

3.2 GEOLOGIA LOCAL

A geologia local do município de Siriri (Figura 4) abrange rochas do Grupo Macururé, formações Frei Paulo, Olhos d'Água, Riachuelo e Grupo Barreiras e sucessão estratigráfica (Figura 5), segundo banco de dados da CPRM 2014 as quais serão descritas a seguir.

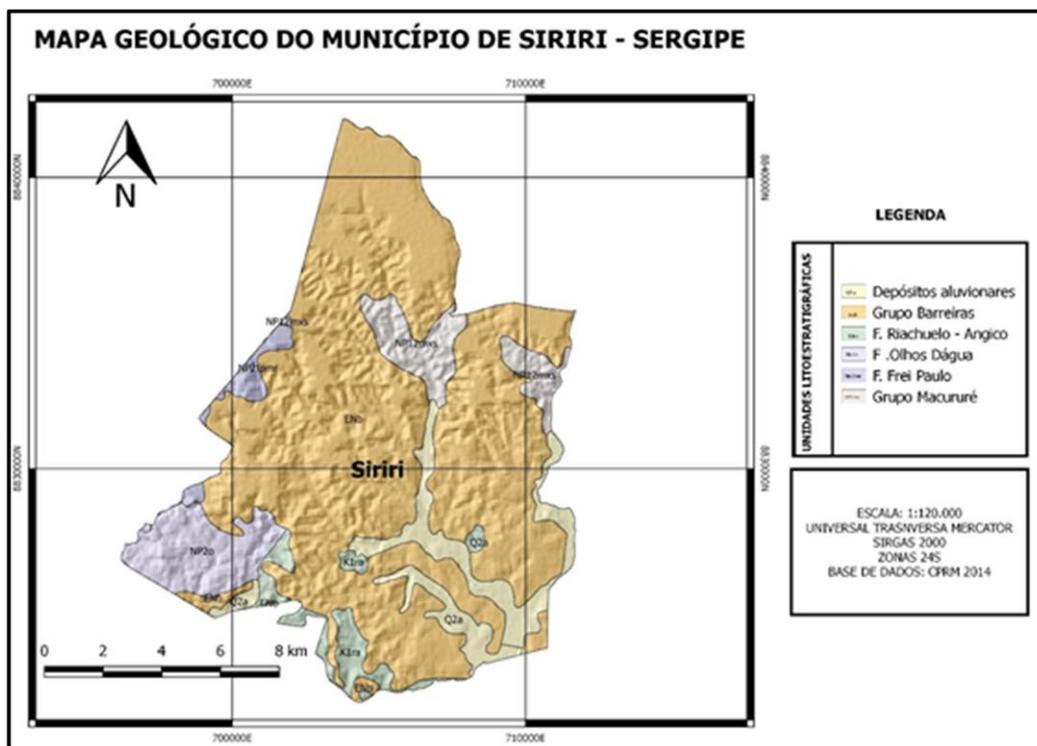


Figura 4 – Mapa geológico do município de Siriri. Fonte: base de dados: CPRM: 2014

	Grupo	Formação
Formação Superficial	Barreiras	
Bacia SE-AL	Sergipe	Riachuelo
Faixa de Dobramento Sergipana	Vaza Barris	Olhos d'agua
	Simão Dias	Frei Paulo
	Macururé	

Figura 5 – Coluna estratigráfica esquemática da geologia do município de Siriri.

Como principal representante do embasamento cristalino, o Grupo Macururé é constituído por mica-xistos granatíferos, metarritmitos, quartzitos, calcissilicáticas e paragnaisse, e ocorre em contato tectônico com o Grupo Vaza-Barris. Aflora ao norte do Estado de Sergipe, com grande extensão regional. (Oliveira *et al.*, 2010). O Grupo Macururé pode representar a continuidade estratigráfica da base do Grupo Vaza-Barris, com sedimentação turbidítica expressiva, como sugerido Uhlein *et al.* (2011) por apresentar camadas com estratificação gradacional bem preservada entre os municípios de Feira Nova e Nossa Senhora da Glória.

Representando o Grupo Simão Dias está a Formação Frei Paulo a qual ocorre sotoposta pela Formação Jacaré. A Formação Frei Paulo é composta basicamente por filitos, interestratificados ritmicamente com metarenitos e metacarbonatos impuros (Del Rey Silva, 1995).

Como consta no relatório de levantamento geológico do estado de Sergipe da CPRM (1998) os contrastes de competência e espessura das camadas, característicos desta formação, possibilitaram o registro marcante da tectônica compressional que afetou o Domínio Vaza-Barris. Pode-se constatar, num mesmo afloramento, grande diversidade de estilos de dobras, geralmente com eixos subhorizontais e superfície axial de alto ângulo.

De acordo com o relatório geológico de Sergipe fornecido pela CPRM (1998) a Formação Olhos d'Água pertencente ao Grupo Vaza Barris no arcabouço tectono-estratigráfico do estado de Sergipe (Figura 6) e está depositada concordantemente sobre a Formação Palestina, e caracteriza-se pela presença de rochas carbonáticas laminadas, com intercalações subordinadas de metapelitos. Não se conhece sua espessura, estimando-a grosseiramente na ordem de centenas de metros. Suas melhores exposições localizam-se em volta do Domo de Simão Dias, por vezes em contato tectônico com ortognaisses do Embasamento Arqueano, e com arenitos do Grupo Estância.

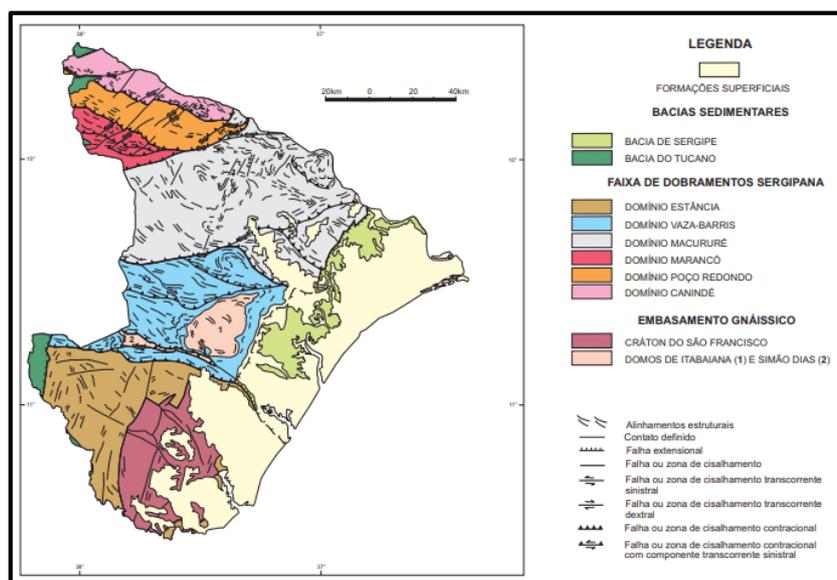


Figura 6 - Mapa do arcabouço tectono-estrutural do Estado de Sergipe. Fonte: CPRM, 1998.

A Formação Riachuelo está dividida em três Membros (Angico, Taquari e Maruim) os quais são interdigitados entre si e sua geologia é constituída de calcários, folhelhos, siltitos e arenitos. Estratigraficamente esta formação encontra-se acima da Formação Muribeca e abaixo dos depósitos carbonáticos da Formação Contiguiba, assim descritos por Schaller (1969). Os seus membros podem ser descritos da seguinte forma:

O Membro Angico está inserido na região de estudo do município e consiste predominantemente por depósitos siliciclásticos compostos por conglomerados, arenitos e folhelos e raros depósitos carbonáticos finos com moluscos (Koutsoukos, 1993).

O Membro Maruim possui afloramentos da margem direita do rio Sergipe, entre dois e cinco quilômetros a noroeste da ponte de Pedra Branca. A sua espessura máxima é de 1.124m (Schaller, 1969). Consiste em predominâncias de fácies carbonáticas de água rasas compostas predominantemente por calcários oolíticos/oncolíticos e subordinadamente por calcários equinoides, calcários

bioconstruídos e calcários detríticos, com horizontes e arenito, siltito e arenito (Bandeira, 1978)

O Membro Taquari ocorre pontualmente e é composto por intercalações de folhelhos verdes e cinzentos, ricos em matéria orgânica e *mudstones* carbonáticas depositados em baixos estruturais (Koutsoukos, 1993).

No topo estratigráfico da Geologia local há o Grupo Barreiras, seus constituintes estão amplamente distribuídos ao longo da porção leste do estado de Sergipe e são descritos como sedimentos terrígenos (conglomerados, cascalhos, areia fina e grossa e argila), de cores variáveis e estratificação irregular (Schaller, 1969).

O Grupo Barreiras (Figura 7) ocorre formando planaltos, ligeiramente inclinados em direção à costa, onde são comuns falésias, enquanto que na borda ocidental (interior do estado), o seu relevo é cuestiforme com drenagem superposta, formando vales de encostas abruptas (Vilas Boas *et al.*, 1996). Está representado no mapa litológico do município de Siriri como a unidade predominante, com grande amplitude do mesmo, sendo este a unidade principal/alvo para a pesquisa.

BR PETROBRAS		SUB-BACIA DE SERGIPE					ORGANIZAÇÃO DE ANOS DE CAMPOS NETO <i>et al.</i>			
Ma	GEOCRONOLOGIA			AMBIENTE DEPOSICIONAL	DISCORDÂNCIAS	LITOESTRATIGRAFIA			ESPESSURA MÉDIA (m)	SEQÜÊNCIAS
	PERÍODO	EPOCA	IDADE			GRUPO	FORMAÇÃO	MEMBRO		
C	PLEISTOCENO			TPO	ASA	BR			170	NSD

Figura 7 - Posição da estratigráfica da unidade Barreiras na carta estratigráfica da Sub-Bacia de Sergipe.

Fonte: Modificado de Campos Neto *et al.* (2007).

3.3 BACIA SERGIPE – ALAGOAS E O NEOTECTÔNISMO

A Bacia de Sergipe-Alagoas limita-se a nordeste com a Bacia de Pernambuco-Paraíba pelo alto de Marogogi, e a sudoeste com a Bacia de Jacuípe. O arcabouço estrutural é caracterizado por um rifte assimétrico e alongado, possuindo uma extensão de 350 km na direção NE-SW (Campos Neto *et al* (2007)). Esta é a bacia da margem leste brasileira mais completa estratigraficamente, sendo constituídas pelas sequências: Pré-Rifte, Rifte, Pós-Rifte e Drifte, como destacada na carta estratigráfica da sub bacia de Sergipe (Figura 8). As rochas sedimentares depositadas na bacia são bastante suscetíveis a formação de indicadores cinemáticos e estruturas indicadoras de direções como juntas, fraturas e falhas devido ao fato de serem friáveis e poderem ser remodeladas com mais facilidades aos esforços intraplaca, porém este mesmo fator contribui para que estas estruturas sejam perdidas pela sua facilidade de remodelagem em curto tempo.

Por possuir uma sucessão completa em relação a sua estratigrafia é possível observar a atuação do neotectônismo em todas as suas unidades do topo até as unidades mais antigas. Os trabalhos e levantamentos de dados geralmente são realizados nas unidades mais superficiais, logo se observa a importância desta bacia para o estudo da tectônica atual bem como em relação às tectônicas pretéritas.

No modelo atual de rápido crescimento e expansão da população se faz necessário uma maior compreensão da organização da geomorfologia, feições estruturais e do contexto neotectônico. Devido a interferência do homem ao meio através da sua ocupação do solo, seja esta, como agricultura, edificações, extração de recursos minerais, todos são alvos de riscos geológicos derivados da falta de conhecimento ou despreparo para lidar com estes aspectos estruturais, geomorfológicos e tectônicos.

Os movimentos tectônicos sempre existiram no tempo geológico, porém com a revolução tecno-científica iniciou-se o estudo e a quantificação dos eventos atuais. Por volta da década de 40 do século XX que E. S. Hills demonstrou a existência de falhas que condicionavam a geomorfologia do seu local de estudo, e estas mesmas falhas estavam coincidentemente instaladas nas zonas de movimentação mais antiga. Este fenômeno intermitente de falhas que ocorreram em épocas diferentes foi intitulado primeiramente de Tectônica Ressurgente.

Segundo relatado por Gomes Neto (2007), em 1948, V. A. OBRUSCHEV com o decorrer do estudo, definiu esta Tectônica Ressurgente como um novo ramo da geotectônica conhecida como Neotectônica. Morner (1989) definiu a Neotectônica como “qualquer movimento da Terra ou deformação do nível geodésico de referência, seus mecanismos, sua origem geológica (embora possam ser antigas), suas implicações em vários propósitos práticos e suas extrapolações futuras”. Stewart & Hancock (1994), definem Neotectônica como “o ramo da tectônica relacionado ao entendimento dos movimentos terrestres que ocorreram no passado e continuam ocorrendo até os dias atuais”.

Mas para alguns autores existe uma discussão sobre qual tempo geológico a Neotectônica está relacionada, as questões discutidas são abordadas por que a dinâmica depende do regime tectônico de atuação que em alguns lugares ocorrem em diferentes épocas. Para Hasui (1990) em relação ao tempo geológico, “a manifestação da Neotectônica é presente no Brasil, devido aos processos relacionados à deriva do continente sul-americano, neste caso remontando aos meados do Terciário”.

De acordo com Salamuni (1998) algumas outras classificações foram sugeridas, sendo as mais aceitas aquelas que ligam a Neotectônica à Tectônica de Placas.

A INQUA que definiu internacionalmente uma síntese do que era a Neotectônica utilizando o conceito de MÖRNER, 1978, definiu em um postulado a não fixação de limites temporais, podendo-se incluir como neotectônicos desde movimentos "instantâneos" ou sísmicos até aqueles superiores a 10 milhões de anos. Mas muitos autores discordam desta delimitação e atribuem como o limite inferior o período de 20 milhões de anos (Mioceno), e de maneira geral compreendido entre o Mioceno e o Holoceno.

Na região Nordeste há uma ocorrência de uma importante atividade Neotectônica, Segundo Saadi (1990), os principais argumentos são trabalhos que abordam os altos estruturais, os quais seriam sustentados por sequências do pré- Cambriano e formadores

de divisores fundamentais de drenagens, escalonamento de compartimentos aplainados e espaiamentos em direção ao litoral dos sedimentos do Grupo Barreiras.

Mas uma feição Neotectônica que deve ser destacada também é o estudo de sismos atuais, a qual permite a determinação das tensões aplicadas atualmente nas áreas sísmogênicas (Salamuni, 1998). Para Hasui (1990) ela foi reconhecida no início do século XX em termos de províncias sísmicas e depois passou a ser atribuída a causas atectônicas, até a retomada da explicação tectônica na década de 70.

Os focos dos terremotos no Nordeste Brasileiro ocorrem com maior frequência sobre o continente, nas proximidades da costa setentrional de orientação NW-SE (Gomes Neto, 2007). Estudos atuais desenvolvidos pelo NEGAA publicados por Carneiro *et al.* (2018), Santos Neto *et al.* (2018) e Bastos *et al.* (2017) também corroboram com esta orientação preferencial.

3.4 HISTÓRICO DA SISMICIDADE NO BRASIL E EM SERGIPE

Diferentemente do que a maioria da população brasileira pensa, o Brasil não é um país assísmico. A maioria dos terremotos de grandes magnitudes são associados as regiões próximas de bordas de placas tectônicas em regime convergente, porém no Brasil a motivação dos sismos demanda de outra origem.

A principal razão admitida nos dias de hoje é devido ao regime compressional da placa de Nazca subductando na placa sulamericana, provocando uma tensão direcional para Leste, e a movimentação da placa sulamericana com uma tensão direcional Oeste, estas direções convergentes geram uma tensão sobre os sistemas de falhas brasileiros, segundo Correia *et al.* (2010).

O conhecimento da sismicidade é obtido através de três tipos de registros: geológico, histórico e instrumental (Reiter, 1991). O Registro histórico é usado desde a expansão moderna e foi prioritário por muito tempo, pois era o único disponível e passível de ser realizado por testemunhas do fato. Os registros geológicos se manifestam através de feições estruturais as quais são somente identificados por profissionais e, os instrumentais começaram a serem usados a partir do momento que a tecnologia de estações sísmológicas começou a ser distribuída pelo Brasil. Os primeiros sismos catalogados no Brasil foram realizados por Berrocal *et al.* (1984) em que o primeiro

tremor teria ocorrido durante período da colonização em 1560, na região da capitania de São Vicente.

Muitos dados históricos sísmicos no Brasil foram registrados através de documentos com relatos dos prejuízos ocasionados pelo evento. Lima (2000) relata que o próprio Imperador do Brasil, D. Pedro II, entrega em 1860 os “documentos relativos ao tremor de terra que havido ocorrido em Pernambuco em 1811” ao Instituto Histórico Geographico e Ethnographico do Brasil. Posteriormente o sismólogo José Alberto Vivas Veloso estimou o tremor com uma magnitude aproximada de 4,3 Mr, segundo Silveira (2018).

Segundo Batipsta (2018), alguns terremotos fortes foram catalogados em diferentes regiões do país como em Mato Grosso em 1960 com uma intensidade de 6,6 na escala Richter, um dos maiores já registrada no Brasil; Espírito Santo em 1955 com intensidade de 6,3 sem feridos; No rio Grande do Norte no município de João Câmara em 1986 com intensidade de 5,1 provocando a destruição de milhares de imóveis (Figura 9) Itacarambi, Minas Gerais, em 2007 com magnitude de 4,9 resultando em morte;



Figura 9 - Escombros dos domicílios resultante do terremoto em João Câmara – RN, Fonte: <https://www.apolo11.com/terremoto_brasil.php?posic=dat_20160825-101429.inc>

Berrocal *et al.* (1984) estabelece em seu trabalho as principais zonas sísmológicas (Figura 10) baseado no seu levantamento de sismos, destaca-se uma grande quantidade de zoneamento ao longo da região Nordeste.

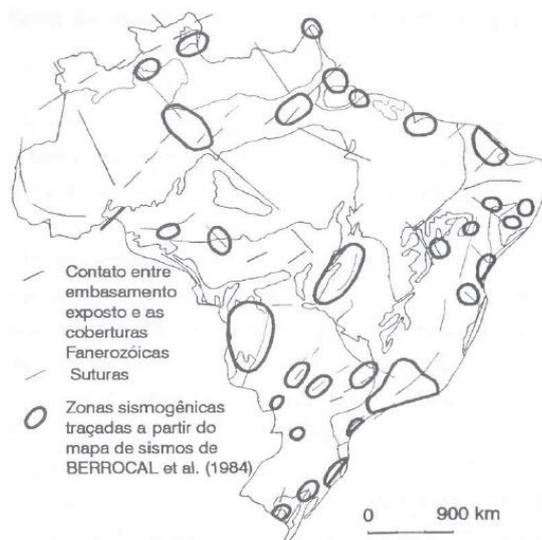


Figura 10 - Mapa de zoneamento sísmico brasileiro, observa-se que há uma grande zonação no litoral brasileiro, inclusive na região Nordeste. Fonte: Hasui (1990).

Para Correia (2010) a região Nordeste se sobressai em número de sismos devido aos esforços compressivos da placa Sul-americana na Província Borborema (Figura 11). A região teria evoluído a partir de um mecanismo de colagem de terrenos, sendo caracterizada por um conjunto de muitas falhas, extensas e profundas constituindo enormes zonas de fraqueza. Estas zonas seriam então propícias a movimentação resultando assim os terremotos.

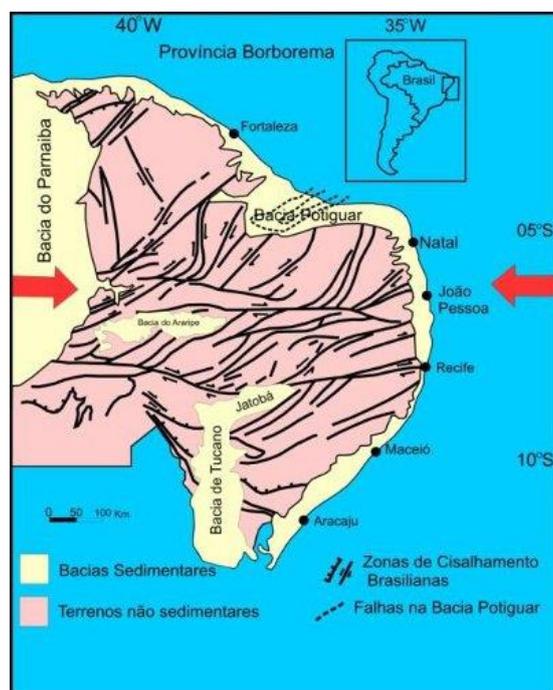


Figura 11 - Falhas geológicas profundas ou zonas de fraqueza na Província Borborema. As setas vermelhas representam os esforços compressivos originados nas bordas da placa Sul-americana. Fonte: Correia (2010).

Sendo a região Nordeste propensa a terremotos consequentemente os mesmos ocorrem no estado de Sergipe. Abalos sísmicos sergipanos têm sido datados desde 1919 por Berrocal *et al.* (1984) nos arredores de Aracaju. Leite *et al.* (2010;2011;2013), mais precisamente em seu histórico da sismicidade sergipana em 2013, registra outros 19 tremores que se sucederam nos anos de 1919, 1972, 1990, 1992, 1993, 1994, 1995, 1996 e 2006. Uma atualização destes sismos realizada neste trabalho com dados a partir de consulta pública ao Laboratório de Sismologia da UFRN – LabSis, Centro de sismologia da USP e reportagens locais revelam que houveram pelo menos mais 12 eventos, nos anos de 2013, 2016, 2017, 2018 e 2019 (Figura 12).

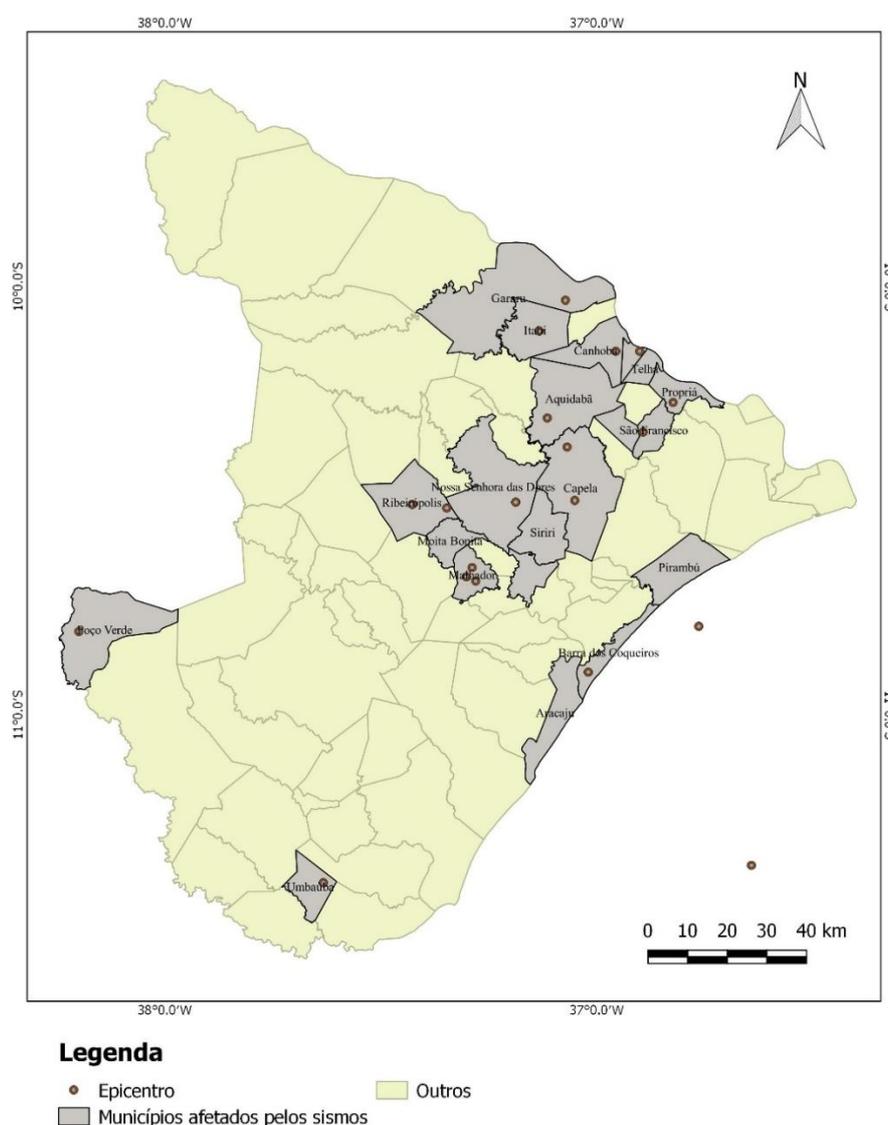


Figura 12 - Mapa de localização dos sismos registrados no Estado de Sergipe, atualizado em Janeiro de 2019. Fonte: adaptado de Leite (2013)

Os sismos no estado possuem em média uma intensidade de 2,2 mb, porém há registros de alguns sismos com magnitude de 3,5 mb no município de Capela. Alguns registros podem ser considerados fortes com intensidades entre V e VI segundo a escala de Mercalli Modificada. A maioria deles ocorreu nas regiões centro-norte e nordeste do estado segundo Leite *et al* (2013).

O município de Siriri, área alvo deste trabalho, passou por tremores na data de 15/09/2006, este terremoto foi sentido por mais 6 municípios do sertão de Sergipe, com intensidade de 3,5 mb acarretando um pânico e susto para os moradores da região.

As evidências de neotectônismo na região abordada por Carneiro (2018) traz uma expectativa de que a sismicidade seja em decorrência desta tensão intraplaca com direções preferenciais coincidentes com as direções regionais e somado ao aumento do número de sismos identificados no estado se faz necessário um estudo em maior detalhe para evitar desastres como ocorrido em João Câmara –RN na década de 80.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Como resultados deste trabalho será apresentado neste tópico as informações extraídas através do estudo dos lineamentos no município, descrições das estruturas obtidas em campo e por final o mapeamento de risco sísmológico com base na análise das direções preferenciais dos lineamentos, declividade e perímetro urbano.

4.1 COMPARAÇÃO DOS LINEAMENTOS MORFOESTRUTURAIS EXTRAÍDOS AUTOMATICAMENTE X MANUAIS

Para caracterização dos lineamentos foi utilizado o conceito proposto por Fossen (2012) como um “termo usado para estruturas lineares em escala de mapa topográficos, imagens de satélite ou em modelos digitais de terreno. [...] corresponde à intersecção de estruturas planas, como fraturas e foliações com a superfície do terreno”.

O mapa de lineamento estrutural do município de Siriri com azimute de sombreamento 0° (Figura 13) contém 111 lineamentos, há uma relativa densidade maior de lineamentos nas porções leste e oeste do mapa, estes lineamentos possuem dimensões que variam de 286 metros a 1.482 metros a partir da análise da escala. O diagrama de rosetas determina uma direção preferencial E-W que é originário destas estruturas que são salientadas em um azimute de 135°. As estruturas aparentes por meio dos lineamentos foram quebras de relevos causados por falhas e possíveis drenagens com morfologia retangular.

Mapa de Lineamento estrutural do município de Siriri- SE Azimute de Sombreamento 0°

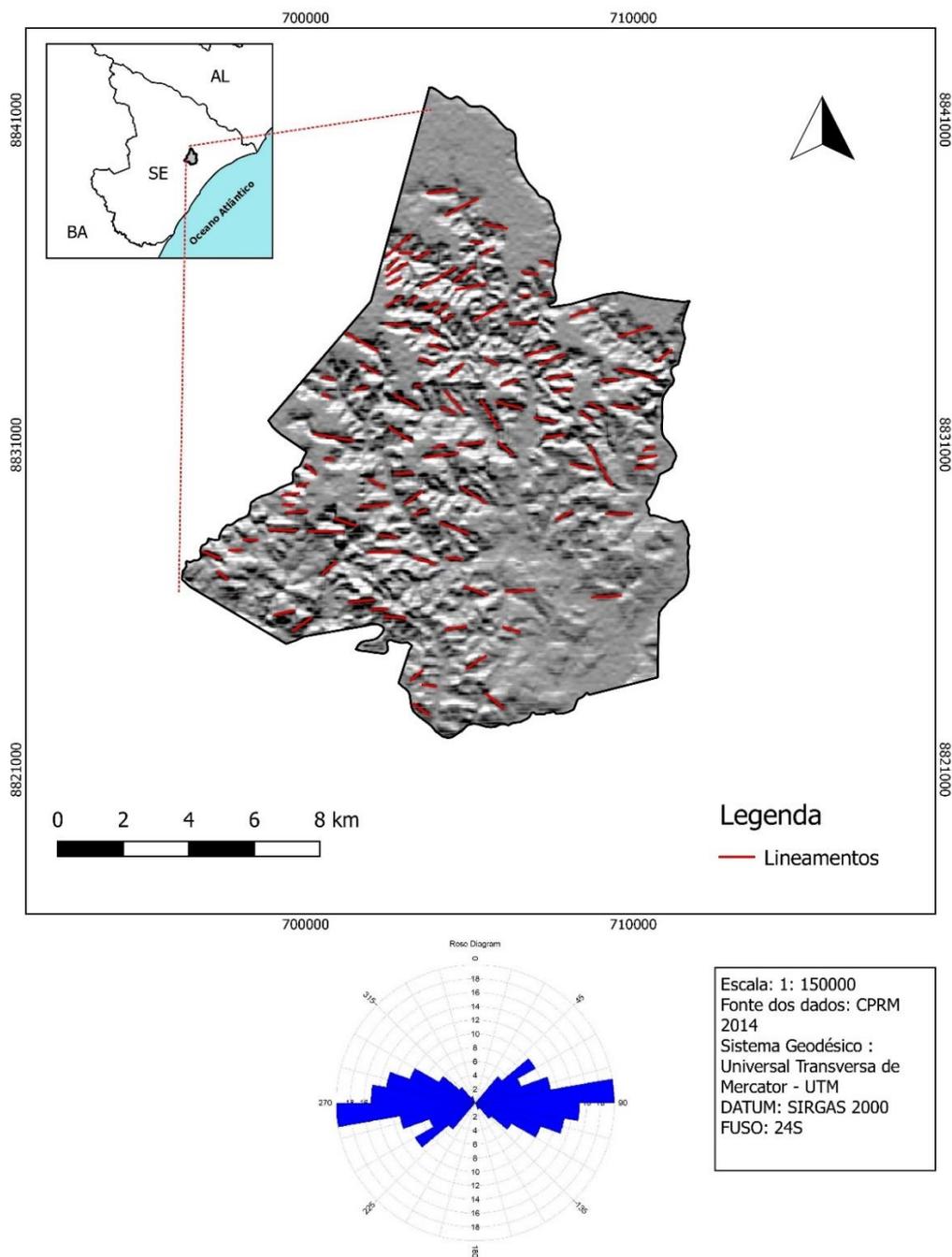


Figura 13 – Mapa de lineamento estrutural do município de Siriri com azimute de Lineamento 0°, diagrama de rosetas indicando direção preferencial dos lineamentos para E-W a partir de 111 lineamentos calculados.

O mapa de lineamento com azimuth de sombreamento 135° (Figura 14) contém 115 lineamentos. Ocorrem concentrados na porção setentrional e a noroeste. Estes lineamentos possuem dimensões que variam de 270 metros a 1.500 metros. O diagrama de rosetas determina uma direção preferencial NE-SW. As estruturas destacadas por meio dos lineamentos foram quebras de relevos causados por falhas e conseqüentemente causam uma assimetria do relevo forte, formando limites de zona fotolitológicas que coincidem com a quebra de relevo negativa.

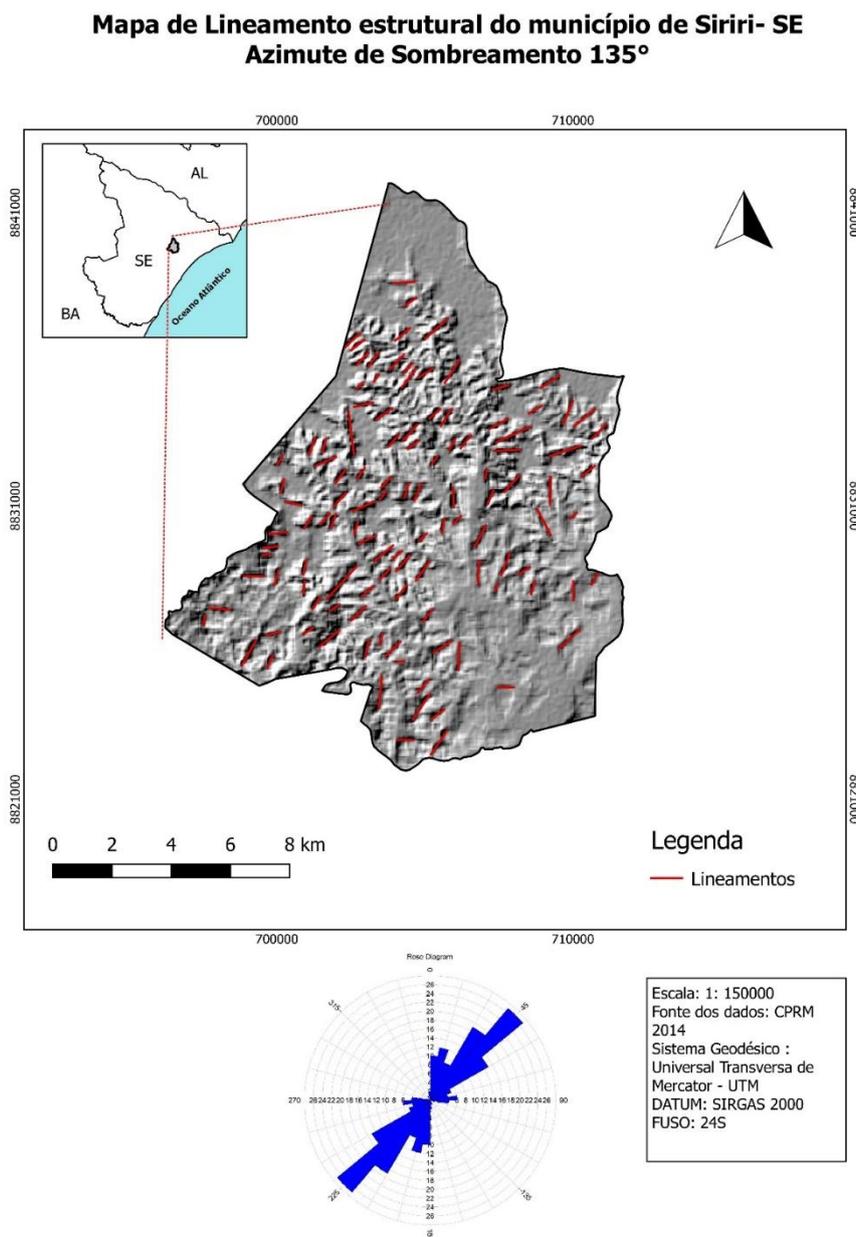


Figura 14 – Mapa de lineamento estrutural do município de Siriri com azimuth de Lineamento 135° , diagrama de rosetas demonstrando direção preferencial NE-SW a partir de 115 lineamentos calculados.

O mapa de lineamento estrutural com azimute de sombreamento 315° (Figura 15) contém 103 lineamentos. Estes estão concentrados na porção setentrional à noroeste, os lineamentos possuem dimensões que variam de 175 metros a 1.099 metros. O diagrama de rosetas determina uma direção preferencial bimodal E – W e NE-SW. As estruturas destacadas por meio dos lineamentos foram quebras de relevos causado por falhas, produzindo uma assimetria do relevo que varia de muito forte a moderada e fraturas aparentes em todo o município.

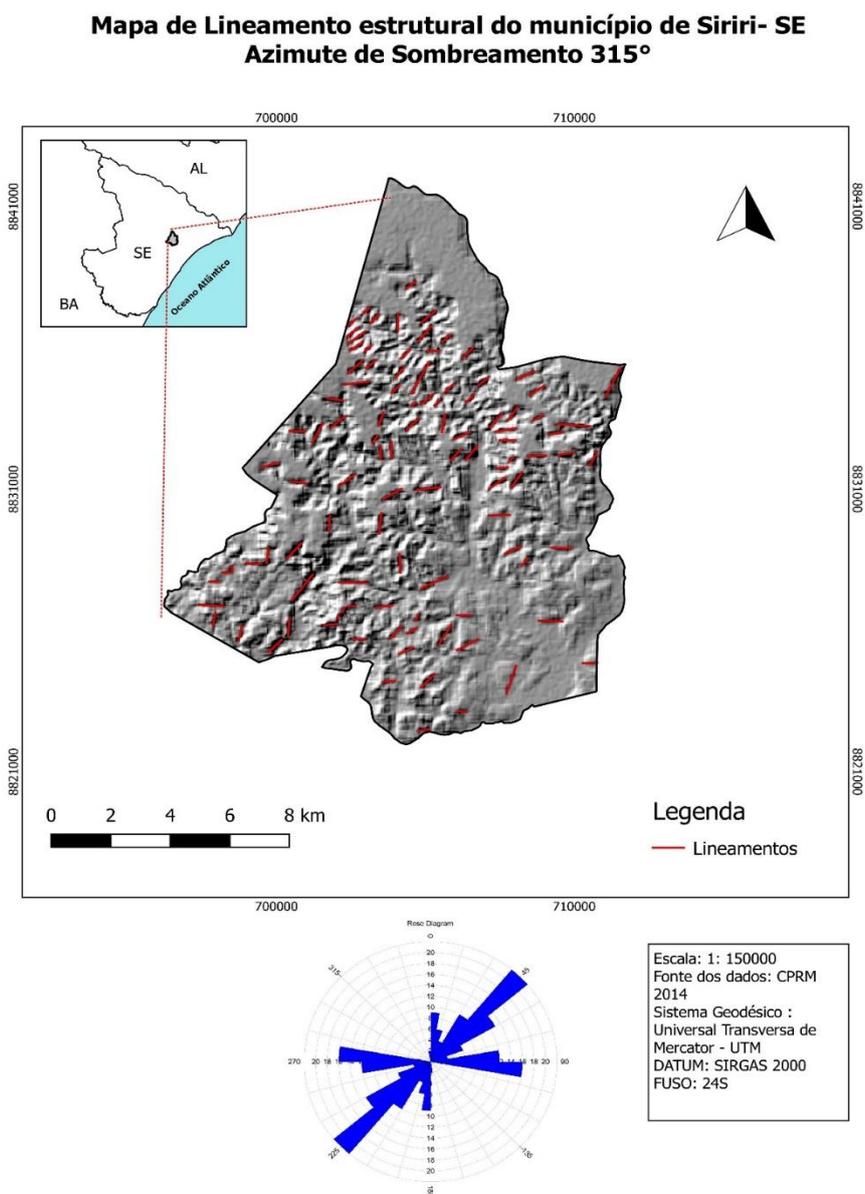


Figura 15 – Mapa de lineamento estrutural do município de Siriri com azimute de Lineamento 315° , diagrama de rosetas apresentando comportamento bimodal dos 103 lineamentos com direção NE-SE e E-W.

No mapa de lineamento estrutural automáticos (Figura 16), as feições estruturais foram extraídas de imagem *SRTM* totalizando 115 lineamentos. O número de lineamentos totais foi muito menor se comparado ao lineamentos do mapa de lineamentos totais (figura 17a) pois ficou somente evidente aquelas feições mais expressivas como as de quebras de relevo significativas originadas pelas maiores falhas no município e os lineamentos de canal de drenagem.

Os lineamentos variaram de 189 metros a 2.898 metros. O diagrama de rosetas demonstra uma dispersão das direções preferenciais porém com uma predominância de estruturas E-W e NE-SW, corroborando os resultados obtidos manualmente.

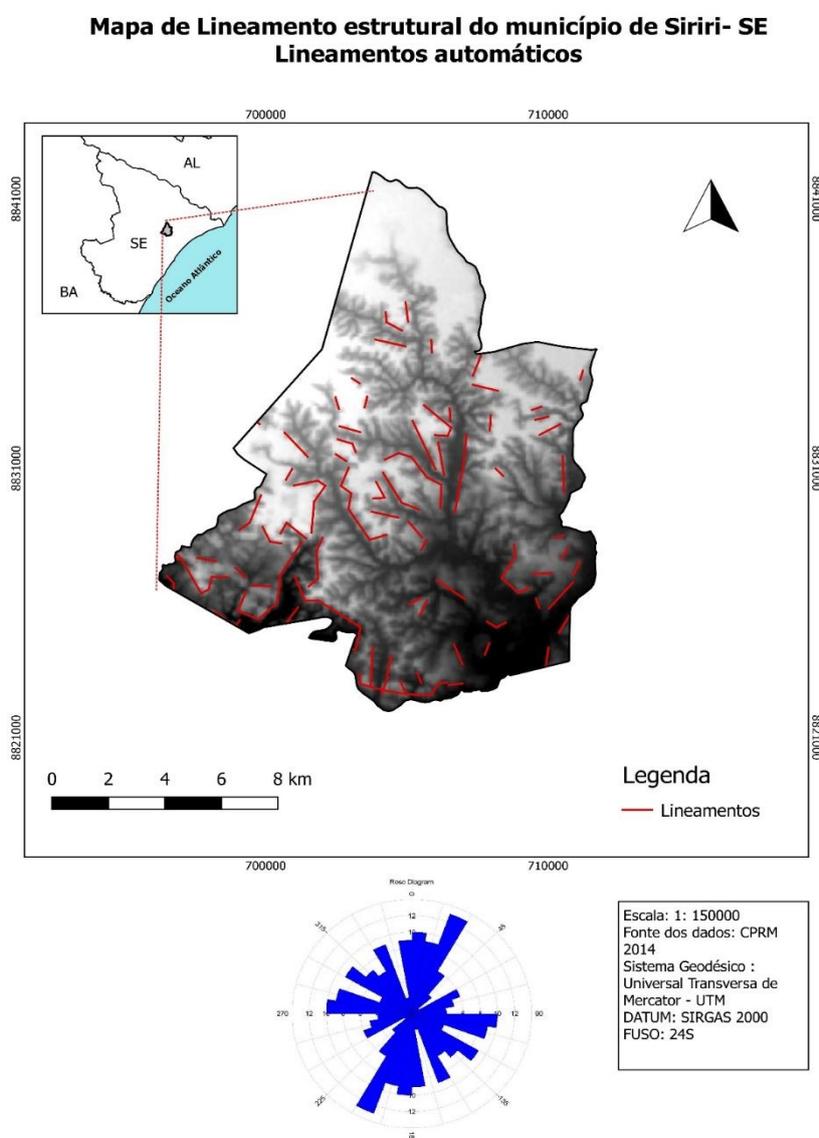


Figura 16 – Mapa de lineamento estrutural automático do município de Siriri, diagrama de rosetas com comportamento bimodal com direções NE-SW e E-W, a partir da análise de 115 lineamentos.

O mapa de lineamento estrutural do município de Siriri – SE (Figura 17a) possui 431 lineamentos, onde os repetidos foram retirados, os quais são um produto da soma dos mapas de lineamento de 0°, 135°, 315° e automáticos, estes estão concentrados na porção setentrional e nas bordas do município destacados pelo mapa de densidade de lineamento (Figura 17b), estes lineamentos possuem dimensões que variam de 175 metros a 2.898 metros. O diagrama de rosetas determina uma direção preferencial bimodal E-W e NE-SW resultado de todas as estruturas destacadas no município, falhas, fraturas, canais de drenagens, quebras de relevos e contatos litológicos.

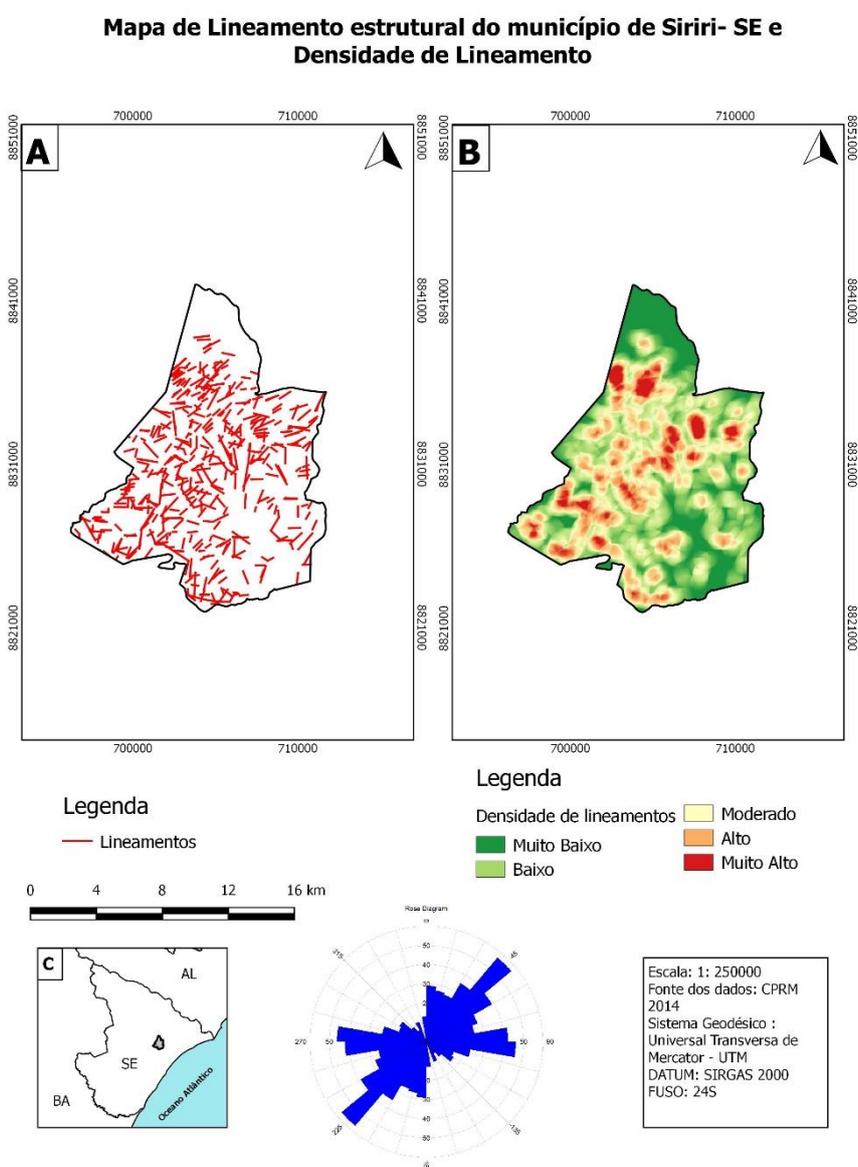


Figura – 17a: Mapa de lineamentos geral do município, Figura – 17b: Mapa de densidade de lineamentos, Figura 17c: Localização do município de Siriri em relação ao estado de Sergipe. Diagrama de rosetas apresentando comportamento bimodal NE-SW e E-W a partir da análise de 431 lineamentos.

Após a comparação dos lineamentos extraídos automaticamente em imagem *SRTM* e os realizados manualmente é válido enumerar os seguintes aspectos observados:

1. A quantidade de lineamentos obtidos automaticamente foi significativamente menor devido a sua menor descrição de estruturas em detalhes.
2. Por destacar somente estruturas mais expressivas foi possível destacar lineamentos de dimensões maiores.
3. A dispersão espacial dos lineamentos automáticos foi muito maior se comparada a manual.
4. A direção preferencial destacada pelo diagrama de rosetas dos lineamentos automáticos coincidiu com a direção preferencial dos lineamentos manuais.
5. Estruturas como falhas, quebras de relevo negativa e contatos litológicos foram destacadas por ambos métodos.

4.2 INTERPRETAÇÕES ESTRUTURAIS DE CAMPO

Neste item será abordado uma breve caracterização das estruturas, fraturas e falhas, encontradas nos trabalhos de campo. As feições serão destacadas em cada afloramento e irão ser apresentadas quanto ao seus aspectos principais como tipo, qualidade, geometria, espaçamento, persistência, abertura, origem, quantidade, preenchimento e direções medidas.

4.2.1 Fraturas

Para o reconhecimento de fraturas de campo utilizou-se a definição proposta por Fossen (2012) como “qualquer descontinuidade plana ou subplana, delgada em uma direção em comparação às outras duas e formada por esforço externo ou interno.”. As fraturas identificadas em campo possuem uma propriedade de serem de caráter extensional onde o deslocamento é perpendicular à fratura (tensional).

No afloramento formado por arenitos do Grupo Barreiras localizado na *UTM* (Universal Transversa de Mercator) (708624/8829314) (Figura 18a) foram identificadas diversas fraturas no seu primeiro pavimento que possui cerca de 30 metros de comprimento, estas fraturas se desenvolvem de modo perpendicular à direção de estiramento sob condições de tração e de modo paralelo ao eixo de compressão e como há uma pequena deformação associada a maioria destas fraturas tem um eixo de esforço de deformação e esforço coincidentes.

O afloramento encontra-se pouco alterado intempéricamente facilitando a identificação das estruturas, o sistema de fraturas (Figura 18b) apresentam tamanhos que variam de 40 cm a 1 metro, sua persistência é presente em todo o afloramento, a distância entre as fraturas medida perpendicularmente ao plano da mesma são de caráter que varia de muito denso a denso ou seja espaçamento de dista-se de < 5 cm e de 5 – 30 cm de distância. A qualidade de superfície de ruptura é lisa em todo o afloramento com uma geometria de superfície ligeiramente curviplana. A ocorrência destas fraturas em relação acamamento ocorre de forma direcional ou de forma paralela. Sua abertura varia de 1mm a 1cm e por sua vez não há um preenchimento aparente nestas fraturas não caracterizando-as como juntas.

O croqui esquemático (Figura 18c) mostra a direção das fraturas medida em campo preferencial de N330/80 *dip direction* agregando a informação de estruturas que

variavam de subverticais a verticalizadas em todo afloramento e de maneira geral no município.

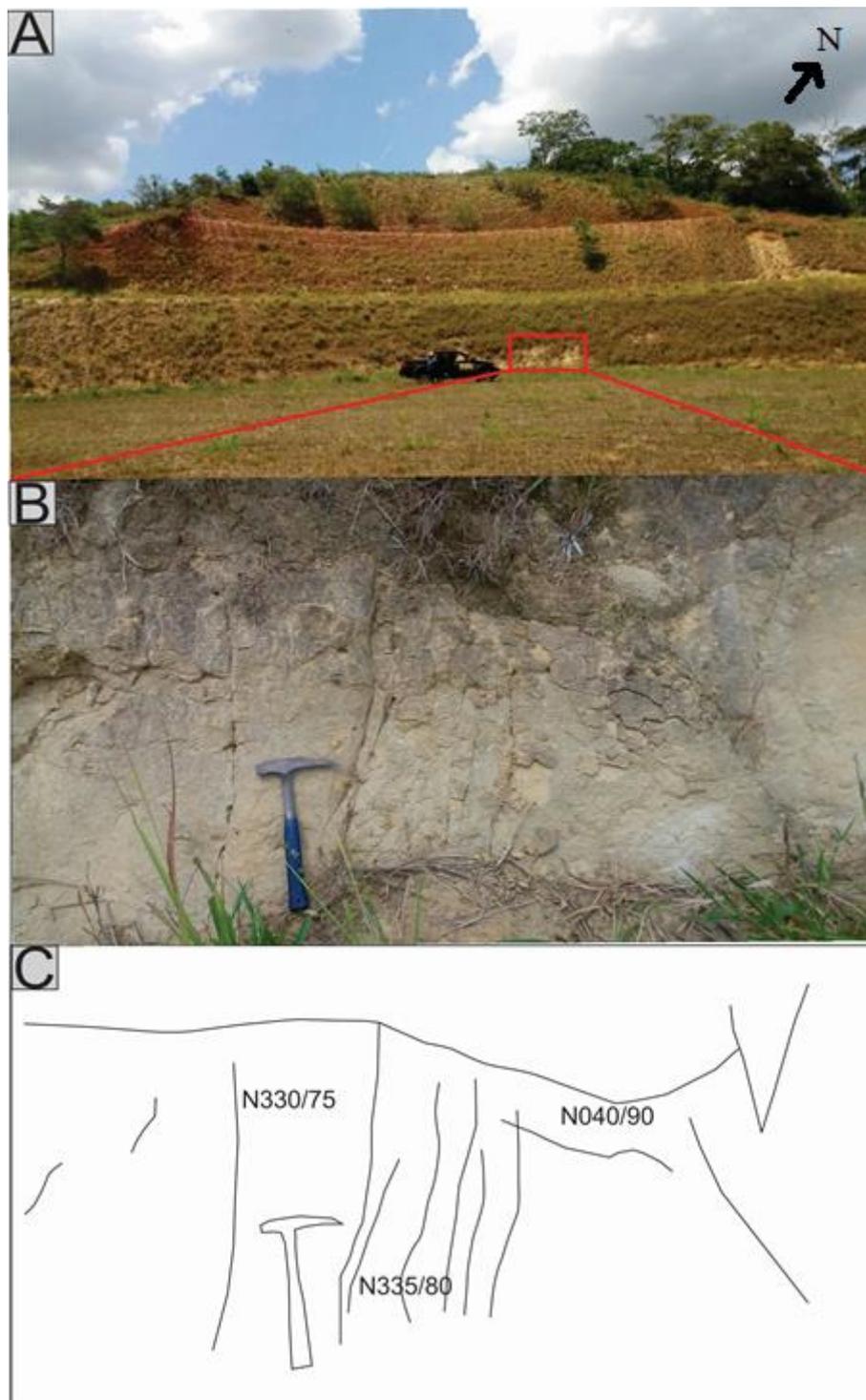


Figura 18a – Visão geral do afloramento do Grupo Barreiras (708624/8829314). Figura 18b – imagem em detalhe do conjunto de fraturas no maciço rochoso que varia de medianamente a fortemente fraturado. Figura 18c – Croqui esquemático do conjunto de fraturas e suas respectivas direções em *dip direction*.

Na (Figura 19a) localizado no mesmo afloramento citado anteriormente é representado em detalhe outro conjunto menor de fraturas com baixa persistência e

perpendiculares ao sistema anterior, de direção predominante N150/70 e encontradas normalmente subverticalmente, possuem uma geometria planar e paralelas entre si e um espaçamento regularmente denso (distância entre 30 cm e 100 cm), qualidade de superfície um pouco rugosa e sua abertura varia de 1 mm a 2 cm e por sua vez não há um preenchimento aparente nestas fraturas não caracterizando-as como juntas.

Algumas dessas fraturas (Figura 19b) são interceptadas pelas feições anteriores o que denota que estas estruturas são mais antigas e oriundas de outro evento neotectônico que será demonstrado no diagrama de rosetas.



Figura 19a – Fraturas de direção predominante N150 em *dip direction*. Figura 19b – Sistema de fraturas perpendiculares mais antigas.

Em destaque (Figura 20) foi observado fraturas com estrias provocadas pelo atrito de fragmentos de minerais ou de rochas mais duros ao deslizarem blocos de falha que se deslocam durante o falhamento acompanhando a linha de direção ao longo do plano da falha.



Figura 20 – Imagem em detalhe de fratura com estrias acompanhando a linha de direção do plano de falha.

O afloramento localizado no ponto *UTM* (702923/8827302) (Figura 21a) também do Grupo Barreiras é representado por arenitos vermelhos conglomeráticos é atribuído de um padrão de faturamento diferenciado, pois o sistema de fraturas (Figura 21b) apresentam medidas que variam de 10 cm a 20 cm, sua persistência então é baixa em todo o afloramento, a distância entre as fraturas medida perpendicularmente ao plano da mesma são de caráter pouco denso (distância entre 1 metro e 3 metros), a direção predominante das estruturas é coincidente com as medidas no município, mas foi identificado um grau de neotectônico mais forte que resultou no faturamento dos seixos.



Figura 21a – vista geral do afloramento do Grupo Barreiras ponto 702923/8827302. Figura 21b – Ampliação do afloramento com destaque para o padrão de fraturamento.

A maior parte das estruturas observadas apresenta geometria coerente com um controle estrutural, mostrando as seguintes direções preferenciais: N45, N60, N100, N270 e N300.

Com a junção dos dados estruturais obtidos em campo pode-se estabelecer um padrão bimodal NW-SE e NE-SW como observado no diagrama de rosetas (Figura 22) e mergulhos para SW e SE, que é evidenciado no estereograma de fraturas (Figura 23). Esses resultados encontrados em campo são de suma importância para a integração dos dados e na elaboração dos mapas temáticos, pois os lineamentos devem ser estabelecidos como prioritários ao mapa de risco sísmico.

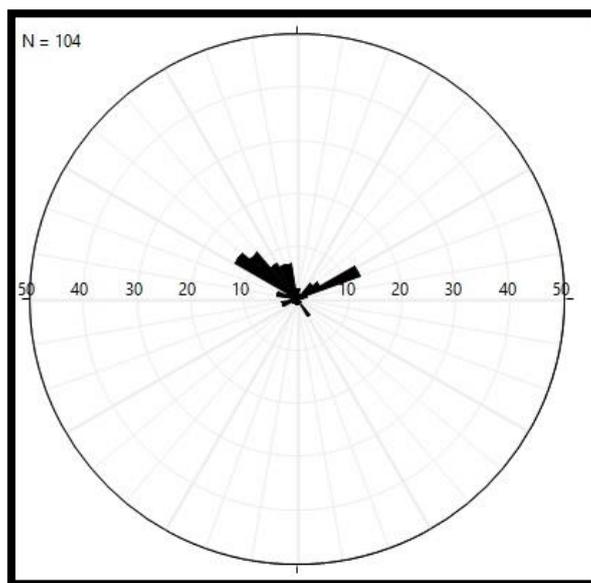


Figura 22 - Diagrama de roseta referente ao sistema de fraturamentos no município de Siriri que apresenta comportamento bimodal referente aos 104 fraturas encontradas em campo com direções NE-SW e NW-SE.

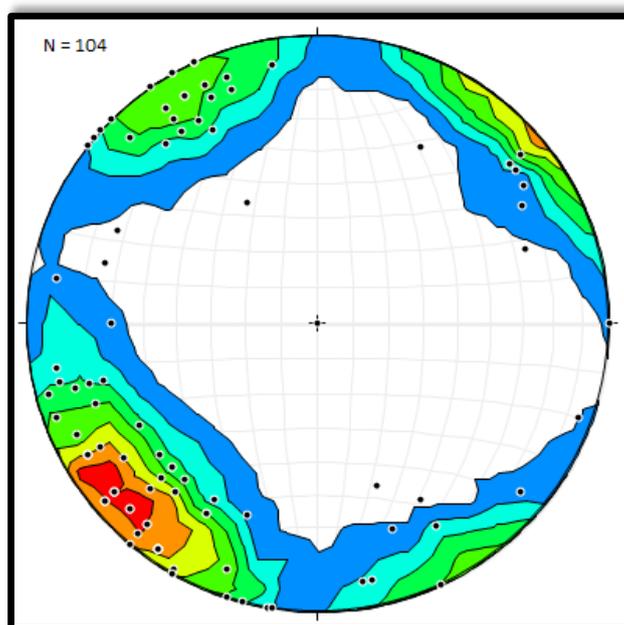


Figura 23 - Estereograma demonstrando os polos de fraturamentos do município de Siriri, os polos dominantes demonstrando que há mergulhos para SE e SW.

4.2.2 Falhas

Para o reconhecimento de falhas em campo utilizou-se o conceito proposto por Fossen (2012) como “uma descontinuidade com deslocamento paralelo às suas paredes e dominadas por mecanismos de deformação rúptil.

Observou-se no afloramento ponto (709130/8827302) (Figura 24a) estruturas como meio *grabens* e *horsts* (Figura 24b) que ainda não foram descritas pela literatura do local. Os planos de falhas possuem direção preferencial N-S com medidas *dip direction* N190/85 e N100/90 (Figura 24c). Foi encontrando em campo também falhamentos normais com estrutura em *rollover*. Em destaque uma falha lítrica onde o plano de falha está curvo e côncavo para cima (Figura 25a), também possuem direção N-S destacando-se a medida N 0/75 (Figura 25b).

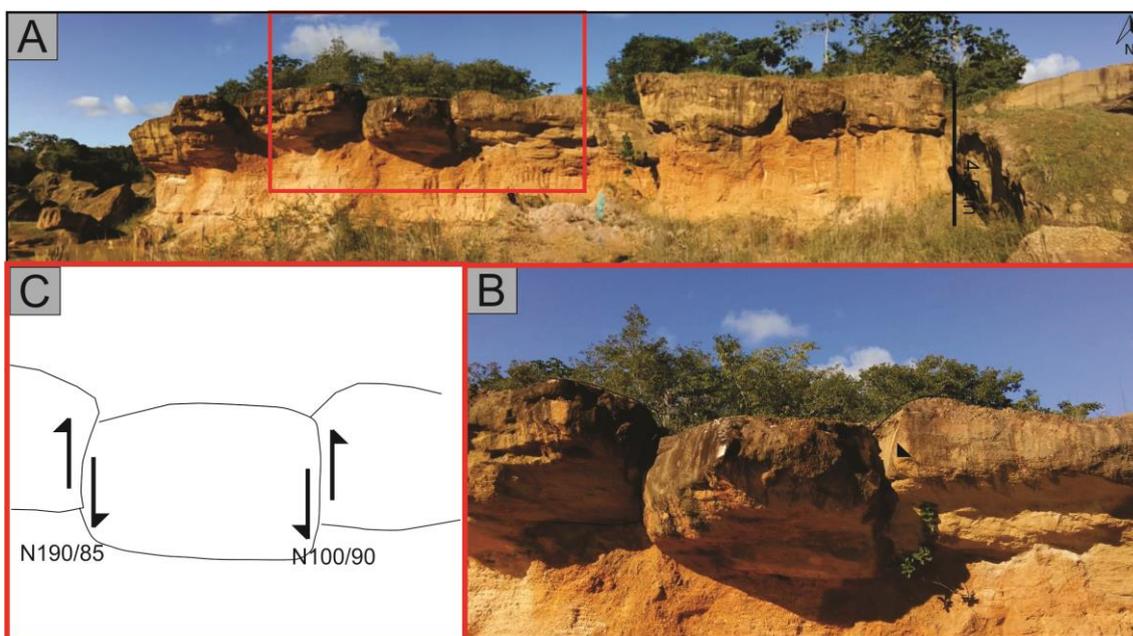


Figura 24a: Vista geral do afloramento ponto (709130/8827302). Figura 24b: Ampliação do afloramento, com destaque para os meio *grabens* e *horsts*. Figura 24c: Croqui esquemático com direções das falhas.

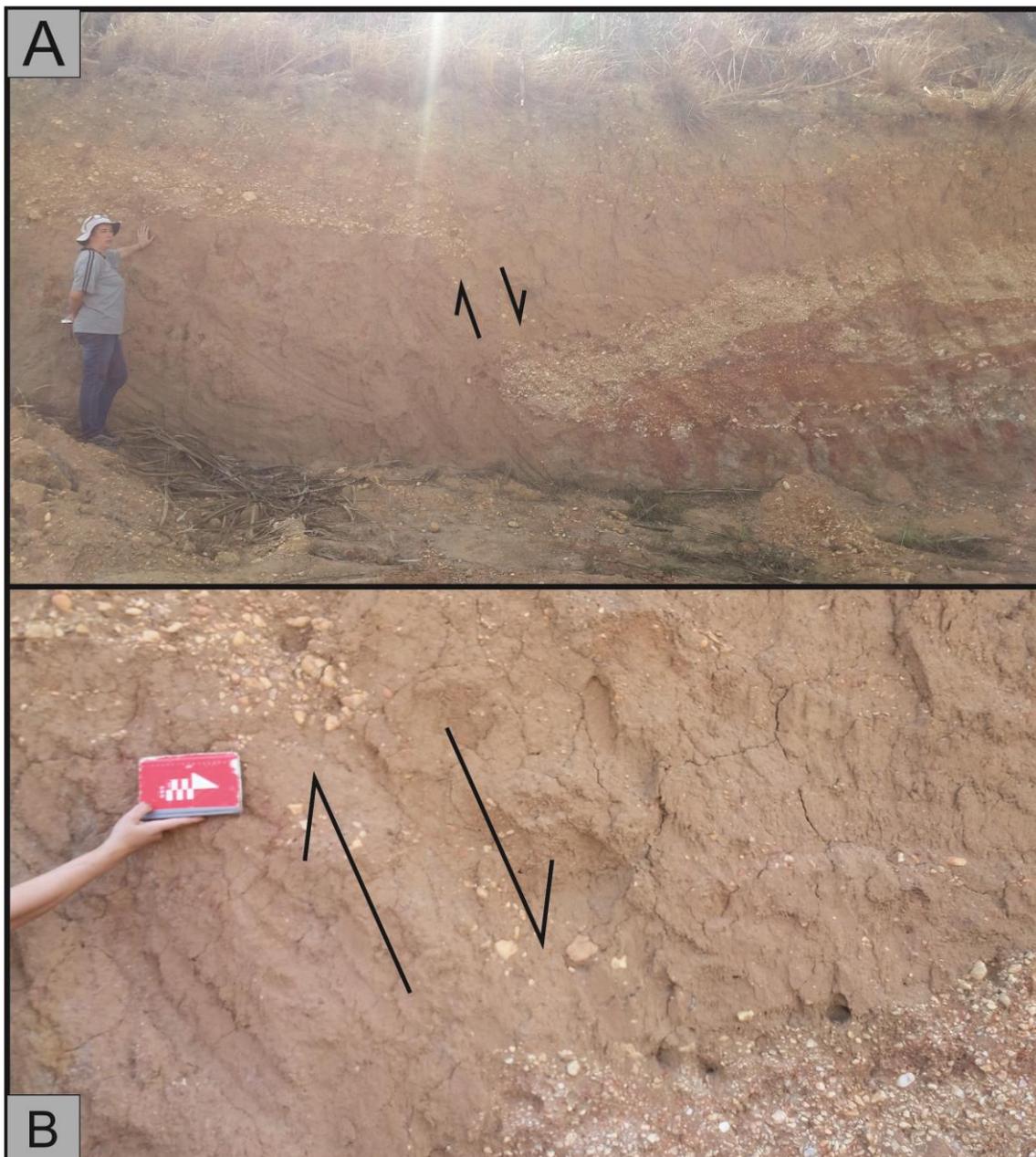


Figura 25a: Falha Normal destacada no afloramento. Figura 25b- destaque em aproximação para falha listrica.

Interpreta-se que esta ocorrência de estruturas deformacionais extensivas N-S com mergulho para SE como visto no estereograma (figura 26), possam ser atribuídas a movimentos tectônicos extensivos, a priori anteriores e, assim, desassociado ao tipo de esforço tectônico de caráter bimodal característico da região. Esta informação foi utilizada para o refinamento das informações das direções preferenciais do mapeamento de suscetibilidade de risco.

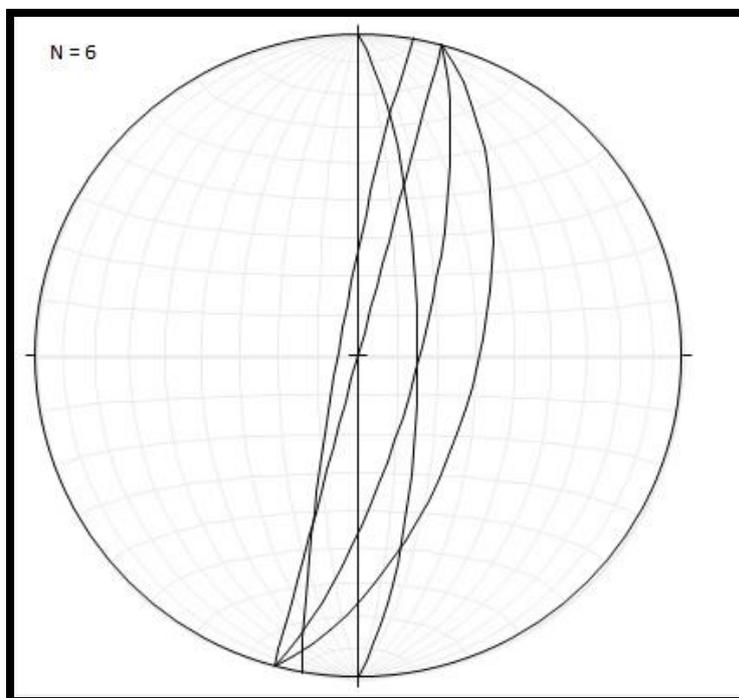


Figura 26 - Estereograma das falhas medidas em campo, indicando mergulho dos planos obtidos para o sentido SE.

4.3 DECLIVIDADE DO MUNICÍPIO

O levantamento da declividade é de suma importância por ser um dos critérios de avaliação para a suscetibilidade de risco sísmico do município. Mesmo com uma altitude que varia de 41 metros a 192 metros resultando numa amplitude de 151 metros foi possível obter-se angulações de declividade que resultam em 5 classes de relevo. A partir do mapa de declividade da área estudada (figura 27) foram feitas as análises pertinentes aos ângulos e alturas dos taludes escavados ou naturais. As classes obtidas foram a: plano, suave ondulado, ondulado, moderadamente ondulado, forte ondulado.

Mapa de Declividade do município de Siriri - SE

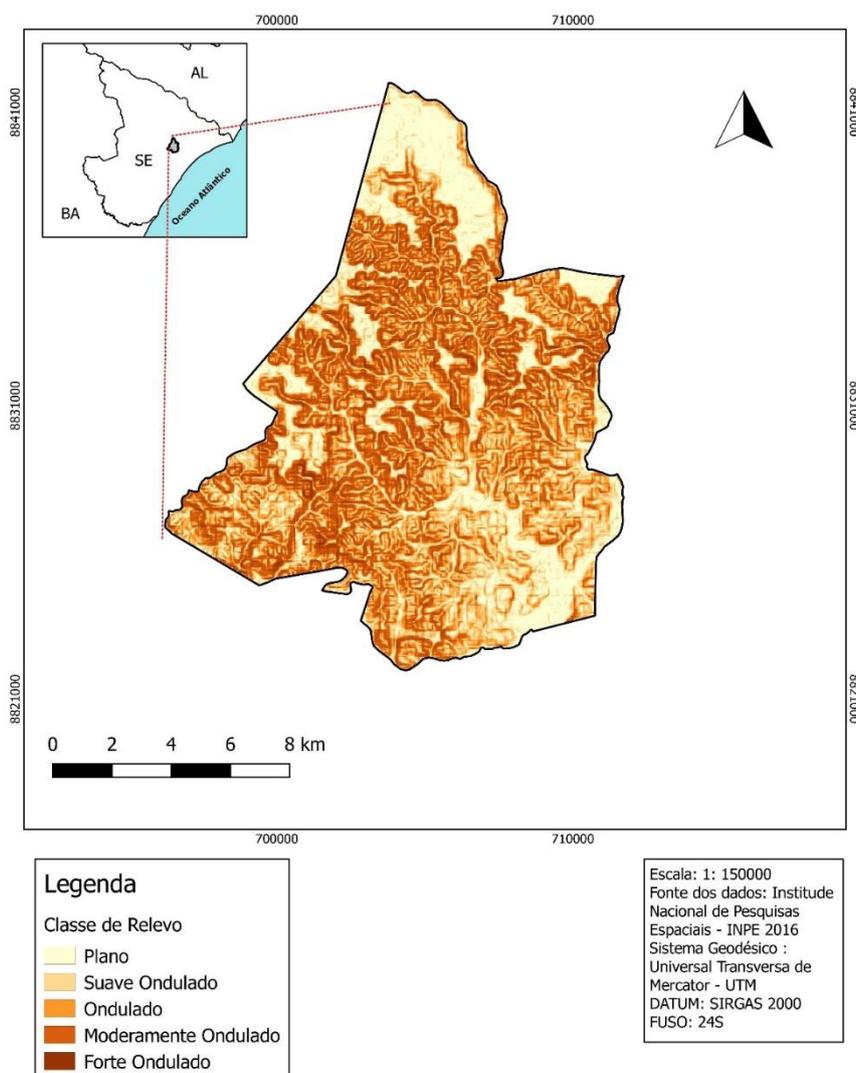


Figura 27 – Mapa de declividade do município de Siriri, indicando 5 diferentes classes de relevo.

A classe plana constitui 24% da área total do município (Figura 28), e sua maior intensidade está nas porções mais a setentrional e meridional do município e nas regiões de vales. A sede municipal e os povoados do município possuem uma área expressiva localizada nesta classe de baixa angulação.

No outro extremo a classe fortemente ondulado constitui 19% da área total do município, estando bem distribuído em todo município em seus altos estruturais, destaca-se a presença de propriedades rurais encontradas justamente nessas áreas.

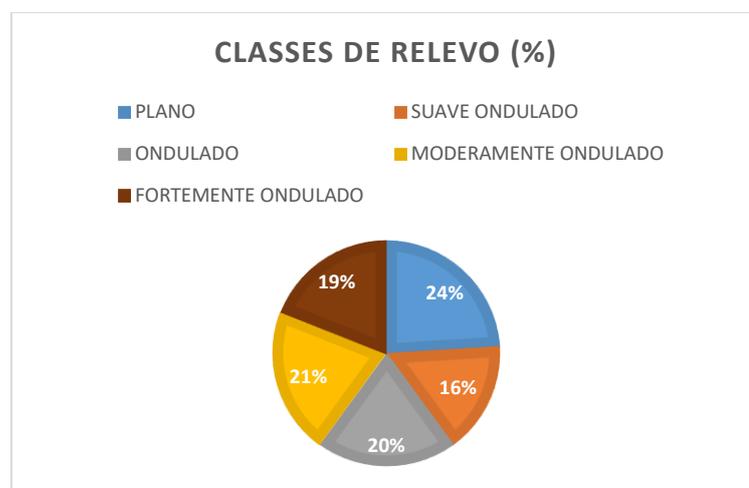


Figura 28 – Gráfico demonstrativo da área relativa de classe no município de Siriri.

Essa grande variabilidade da declividade também implica na necessidade de planejamento do uso e ocupação do solo e do relevo de forma diferenciada entre as áreas de alta declividade e as áreas mais suavizadas. Assim, planejar o uso adequado dessa área é processo bastante complexo já que a geometria dos terrenos é muito variada.

Um grande alarmante não é somente a declividade proposta pelos agentes da natureza, mas as casas encontradas em encostas de alta declividade produzidas antropicamente, (Figura 29) além do uso do substrato do rochoso como material para compor as edificações o que é inapropriado do ponto de vista da segurança. Em uma situação de sismos essas localidades possuem grandes chances de deslocamentos de massas que afetariam a integridade estrutural das residenciais, principalmente aquelas mais precárias.

A partir desta análise de declividade pontual em todo o município é possível observar este aspecto como um fator que irá acarretar em um risco em locais de relevo

fortemente ondulado ou não para locais planos. Isto irá depender dá área em análise, mas integrado aos demais fatores constitui-se em um aspecto fundamental de estudo e integração.



Figura 29 - Casa situada em talude de alta declividade, área de possível risco para os residentes locais.

4.4 ZONEAMENTO URBANO

A análise de como a urbanização ocorre no município decorre da necessidade de correlacionais locais de maior/menor densidade demográfica, locais onde foram construídos grandes edificações e delimitar regiões que possuam um risco para a sociedade que ali habita caso ocorra algum desastre natural.

Após o cuidadoso zoneamento em 4 áreas distintas como demonstrado na figura 30 (Lotes Urbano, Povoados, Sede Municipal e Área industrial) conclui-se que os lotes urbanos constituem menos de 1% da área total do município, e mesmo possuindo a menor densidade demográfica e estando afastado das áreas urbanizadas, pode ser um fator de risco dependendo de como foi construída e o local onde está. No município foram observadas diversas residências construídas a partir do próprio substrato rochoso das encostas próximas as casas.

Os povoados apresentam-se ao longo de todo o município, assim possuem uma maior probabilidade de estarem sobre lineamentos concordantes com as direções preferenciais da neotectônica regional. A Sede Municipal encontra-se em porção única, porém com uma alta densidade demográfica relativa, o que contribui para um maior valor de risco agregado por ter uma proximidade maior das residências e uma precariedade nas mesmas.

As áreas Industriais foram observadas em todo o município, com o destaque para pequenas fabricas de cerâmicas e refinarias, mesmo possuindo aproximadamente 2% da área total do município, possuem um alto risco a sociedade caso haja danos em sua estrutura, devido ao manejo de matérias que possuem risco químico, físico ou biológico.

O estudo e a geolocalização destas áreas auxilia na interpretação de risco sísmico, pois agrega a participação antrópica ao meio, demonstrando que a influência da habitação humana pode aumentar ou diminuir o impacto no local onde reside.

Mapa de Zoneamento urbano no município de Siriri - Sergipe

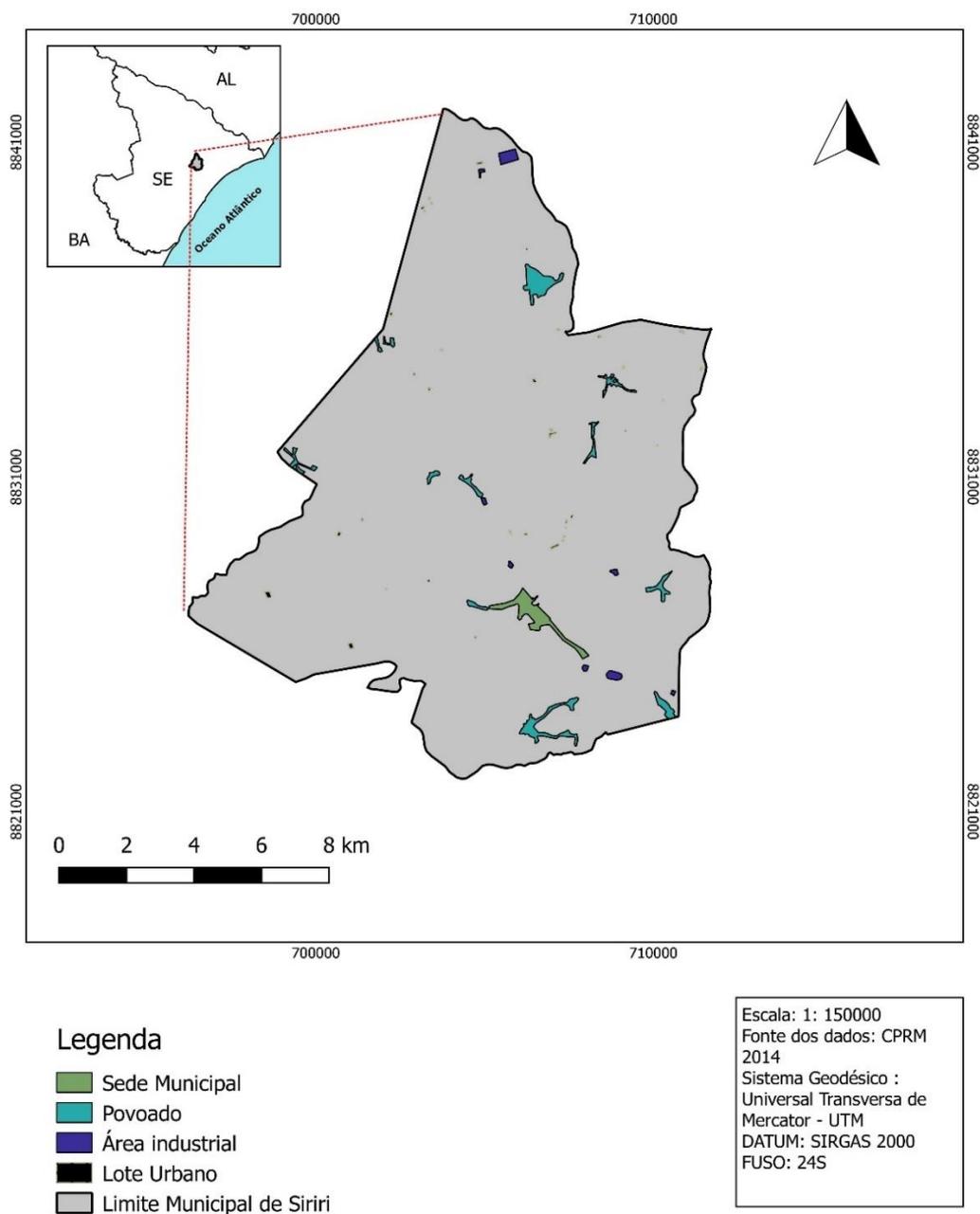


Figura 30 - Zoneamento urbano do município de Siriri.

4.5 MAPA DE SUSCETIBILIDADE NEOTECTÔNICO

Após a integração dos dados de lineamentos, declividade e zoneamento urbano o mapa de suscetibilidade de risco Neotectônico foi gerado (Figura 31). Foram discriminadas 7 diferentes classes de risco as quais serão descritas a seguir;

A classe de risco baixa apresenta-se na área norte do município, com apenas 1% de área total do município (Figura 32), isto deve-se ao fato de quase não haver habitação humana nessas localidades e a baixa declividade na região. A região Moderada é uma área que começa a requerer atenção pois além de compreender 23% da área total apresenta um risco intermediário aos povoados que estão situado nessa região, seu risco é mais elevado que as classes anteriores sendo um reflexo das maiores declividades e lineamentos concordantes e não concordantes.

O risco alto concentra-se na região central do município e corresponde a 27% da área total, há uma influência direta das altas declividades e alta densidade de lineamentos concordantes na região além da presença de povoados. A região de risco muito alto apresenta-se em 3 regiões distintas do município e compreende 13% da área total do município, estes locais necessitam de uma atenção especial pois são suscetíveis a impactos diretos para a população tendo em vista que a sede municipal, povoados estão em contato direto com área industriais. Os lineamentos expressivos e concordantes nestas regiões e as maiores declividades ocorrem justamente nessa região. O risco extremamente alto compreende apenas 0,1% da área total, e é a região mais afetada por uma ação sísmica no município. Neste local agrega-se todos os fatores de risco em sua maior intensidade impacto, porém devido ao seu tamanho pontual restringem-se a zonas específicas do município com baixa ocupação.

A partir de uma análise espacial no mapa de suscetibilidade de risco neotectônico observa-se que há uma tendência do risco aumentar de forma crescente das bordas para o centro, tendo em vista que a as áreas de atuação humana de maior risco está caracterizada ao centro, coincidentemente com as maiores declividades e alto número de lineamentos.

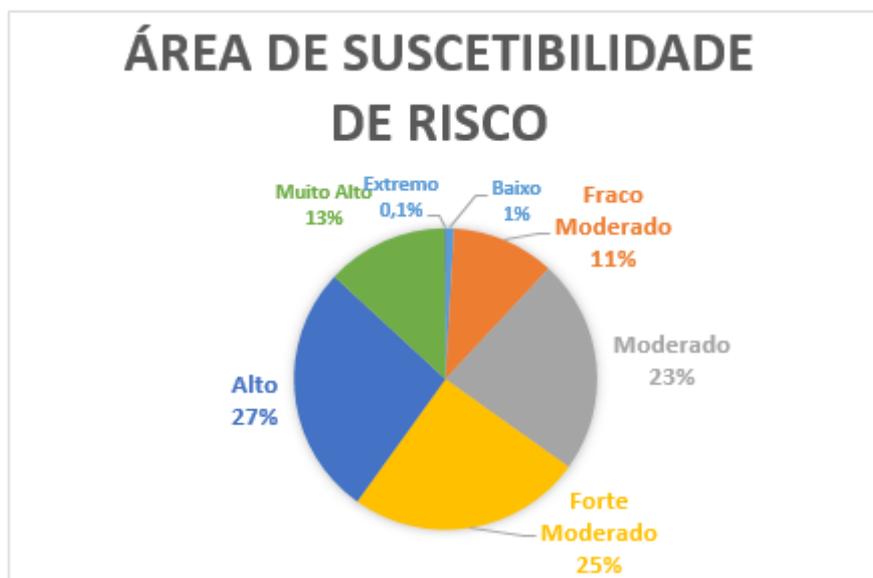


Figura 32 – Gráfico da área referente as classes de suscetibilidade de risco neotectônico no município de Siriri.

Mapa de suscetibilidade de risco Neotectônico do município de Siriri- SE

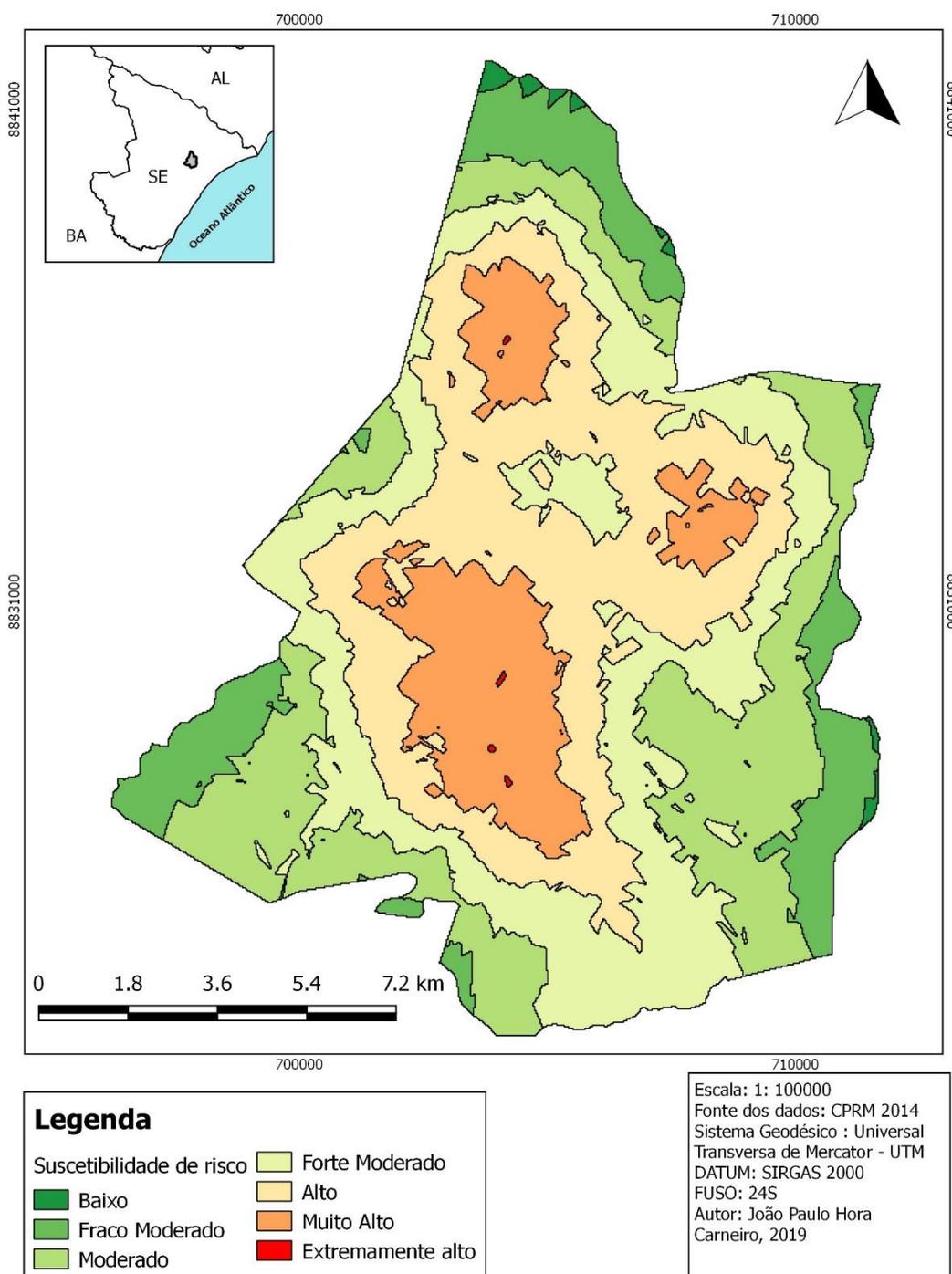


Figura 31 – Mapa de suscetibilidade de risco neotectônico do município de Siriri, onde as principais áreas de risco encontram-se na área central do município.

5. CONCLUSÕES

Diante das pesquisas, trabalhos de campo e análises dos dados realizados neste presente trabalho é viável algumas conclusões a respeito dos resultados. As ferramentas utilizadas como *Qgis* v2.18, *Rockworks*, Geomática e imagens de satélite, permitiram destacar informações referentes aos lineamentos do município, com destaque para as direções preferenciais E-W e NE-SW.

Os estudos e análises de campo possibilitam uma breve caracterização das fraturas e falhas em relação as suas características e direções preferenciais. As fraturas apresentaram uma direção bimodal NW-SE e NE-SW concordante com as direções dispostas na literatura e também concordante com os dados encontrados nos lineamentos, tanto automáticos como manuais. As falhas obtiveram uma direção preferencial discordante N-S, esta direção provavelmente está atribuída a movimentos tectônicos distensivos. As direções NE-SW e NW-SE são as de maior relevância e impacto para a ação do neotectônismo.

Para o mapeamento de suscetibilidade de risco neotectônico fatores como declividade são de grande importância pois há habitações em locais muito íngremes, ora naturalmente, ora causado pelo homem. Em virtude disso foi necessário fazer o zoneamento urbano para a integração de como o homem atua no meio e foi observado que as áreas onde possuem fábricas implicam em um risco maior principalmente pela proximidade dos povoados e sede municipais. Assim o mapa de suscetibilidade de risco neotectônico demonstra que esta suscetibilidade atua de maneira crescente das áreas mais periféricas para as áreas centrais, local onde a população reside.

Este mapeamento possui uma importância fundamental para um trabalho preliminar para orientação em caso de ocorrência de um sismo com epicentro no município de Siriri, pois demonstra quais áreas serão mais afetadas e produzirão mais consequências para a sociedade, o tamanho do impacto só dependerá da magnitude do sismo no município.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BAPTISTA,L. **Os 7 maiores terremotos que já ocorreram no brasil** <<https://super.abril.com.br/historia/os-7-maiores-terremotos-que-ja-ocorreram-no-brasil/>> acesso em 12 de Dezembro de 2018.

BASTOS, V.A *et al.* EVIDÊNCIAS DE TECTONISMO RECENTE: ESTUDO REALIZADO NO MUNICÍPIO DE LARANJEIRAS, ESTADO DE SERGIPE. *In: 27º SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE, 2017, João Pessoa. Anais [...].* Paraíba: [s. n.], 2017.

BERROCAL, J.; ASSUMPÇÃO, M.; ANTEZANA, R.; DIAS NETO, C.M.; ORTEGA, R.;FRANÇA, H.; VELOSO, J.A.V. **Sismicidade do Brasil**. São Paulo, Editora Esperança. IAG/USP – Comissão Nacional de Energia Nuclear. 320p, 1984.

CAMPOS NETO, O. P., LIMA, W. S., CRUZ, F. E. Bacia de Sergipe-Alagoas. Boletim de Geociências da Petrobrás. Petrobrás, Rio de Janeiro. V. 15, n. 2, p. 405-415, 2007.

CARNEIRO, J.P.H *et al.* ESTUDOS NEOTECTÔNICOS EM SIRIRI - SERGIPE : UMA ABORDAGEM SOBRE ÁREAS DE RISCOS DE SERGIPE. *In: 49º CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 2018, Rio de Janeiro - RJ. Anais [...].* Rio de Janeiro: [s. n.], 2018.

CONCEIÇÃO, R.A.C da; SILVA, A.Q.da. Extração automática de lineamentos utilizando imagens SRTM, Landsat ETM+ e ALOS PALSAR na região de Nobres, MT. *In: XVI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 2013, Foz do Iguaçu, PR. Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 13 a 18 de abril de 2013, INPE [...].* PR: [s. n.], 2013. E-book.

CORREIA, P.B. A origem dos terremotos do nordeste. **ComCiencia**, UNICAMP, 2010, p. 1-5.

D'EL-REY SILVA, L.J.H.; McCLAY, K.R. Stratigraphy of the southern part of the Sergipano Belt, NE Brazil: tectonic implications. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 25, p. 185-202, 1995.

FOSSEN, H.. **GEOLOGIA ESTRUTURAL**. Ed: 2ª.São Paulo: Oficina de Texto, 2012.

GOMES NETO, A.O. **NEOTECTÔNICA DO BAIXO VALE DO RIO JAGUARIBE – CEARÁ**. 2007. Tese (Doutorado) - UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA, Rio Claro, São Paulo, 2007.

HASUI, Y. Neotectônica e aspectos fundamentais da tectônica ressurgente no Brasil. *In: WORKSHOP SOBRE NEOTECTÔNICA E SEDIMENTAÇÃO CENOZÓICA CONTINENTAL NO SUDESTE BRASILEIRO, 1., Belo Horizonte: SBG/MG. p. 1-31, 1990.*

IBGE. **População de Siriri**. São Paulo, 2010. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/se/siriri>>. Acesso em: 12 dez. 2018.

KOUTSOUKOS, E.A.M.; BENGSTON, P. Towards an integrated biostratigraphy of the upper Aptian-Maastrichtian of the Sergipe Basin, Brazil. Document Laboratoire Géologique Lyon, p.241-262, 1993.

LEITE, J.B., PASSOS, L.H., SENRA, A. S. Levantamento histórico dos abalos sísmicos de Sergipe. In: ENCONTRO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 20. **Anais...** São Cristóvão, SE, 2010.

LEITE, J.B.; PASSOS, L.H.; SENRA, A.S. Levantamento histórico dos abalos sísmicos em Sergipe e o caso do município de Capela. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE, 24. **Anais...** Aracaju, SE, 2011.

LEITE, J. B; PASSOS, L. H. & SENRA, A. S. 2013. LEVANTAMENTO HISTÓRICO DOS ABALOS SÍSMICOS OCORRIDOS NO ESTADO DE SERGIPE E A SITUAÇÃO DO MUNICÍPIO DE CAPELA. Cadernos de Geociências, v. 10, p. 1-9, 2013.

LEPSCH, I. F.; BELLINAZZI JR.,; BERTOLINI, D.; ESPÍNDOLA, C. R. Manual para o levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso. 4ª aproximação. Campinas: SBCS, p.175, 1991.

LIMA, C.C.U. O Neotectonismo na Costa do Sudeste e do Nordeste Brasileiro. **REVISTA DE CIÊNCIA & TECNOLOGIA**, São Paulo, Junho 2000.

MORNER, N.A. Paleosismicity and neotectonics. Bull. INQUA Neotectonics Commission. v. 12.p.104,1989.

OBRUCHEV, V.A. Osnovnye cherty kinetiki i plastiki neotectoniki. akademiya nauk SSSR, Izvertiya Seriya Geologiya, n:5, p.13-24, 1948.

OLIVEIRA, E.P., WINDLEY, B.F., ARAÚJO, M.N.C. The Neoproterozoic Sergipano orogenic belt, NE Brasil: A complete plate tectonic cycle in western Gondwana. Precambrian Research, v. 181, n.1, p. 64-84, 2010.

REITER, L. *Earthquake Hazard Analysis*, Columbia Univ. Press, New York. 1991.

SAADI, A. Um rift Neo-Cenozóico na região de São João Del Rei – MG, borda sul do Cráton do São Francisco. In: Workshop Neotectônica e Sedimentação Continental Cenozóica do sudeste do Brasil, I, Belo Horizonte, 1990, Anais., Belo Horizonte, SBG/MG, Bol. 11, p. 63-79,1990.

SAADI, A. Neotectônica da plataforma brasileira: esboço e interpretação preliminares. Geonomos. Diamantina, v.1, n.1,p.1-5, 1993.

SALAMUNI, E. **TECTÔNICA DA BACIA SEDIMENTAR DE CURITIBA (PR)**. 1998. Tese (Doutorado) - UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA, Rio Claro, São Paulo, 1998.

SANTOS, R.A.; MARTINS, A.A.M.; NEVES, J.P.; LEAL, R.A. PLGB. Programa de Levantamento Geológico Brasileiro. Geologia e recursos minerais do estado de Sergipe.

Brasília: CPRM, 1998, 156 p. (Texto explicativo do mapa geológico do estado de Sergipe).

SANTOS NETO, R.G.S *et al.* Estudos de Eventos Neotectônicos no Município de Divina Pastora - Sergipe, Para a Elaboração de Mapa de Risco Geológico da RegiãoE SERGIPE. In: 49º CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 2018, Rio de Janeiro - RJ. **Anais**[...]. Rio de Janeiro: [s. n.], 2018.

SCHALLER, H. Revisão estratégica da bacia de Sergipe/Alagoas. Boletim Técnico da Petrobrás, Rio de Janeiro, v. 12, n. 1, p. 21-86, 1969.

SEPLAN/SRH - Secretaria de Estado do Planejamento do Estado de Sergipe/superintendência de Recursos Hídricos. **Atlas digital sobre recursos hídricos**. 2004.

SILVEIRA, E. **Brasil tem, sim, terremotos - e há registro até de tremor com 'pequenos tsunamis'**< <https://www.bbc.com/portuguese/geral-43671313>>, acesso em 15 de Dezembro de 2018.

STEWART, I. S.; HANCOCK, P. L. Neotectonics. In: HANCOCK, P. L. (Ed.). Continental Deformation. Oxford: Pergamon Press, p. 370-409, 1994.

TRIFONOV, V.G. Na overview of neotectonic studies. International Geology Review. Columbia, v.31, n.3, 1989-. p.111-161.

UHLEIN, A. Estratigrafia e tectônica das faixas neoproterozóicas da porção norte do Craton do São Francisco. Geonomos, Belo Horizonte, MG, v. 2, n. 19, p.8-31, 2011.

VILAS BOAS, G. S. Sedimentos terciários e quaternários do interior. In: TEXTO explicativo para o mapa geológico do Estado da Bahia. Salvador: Secretaria da Indústria, Comércio e Mineração: Superintendência de Geologia e Recursos Minerais, 1996.

7. ANEXOS

Dados dos pontos referentes a malha de suscetibilidade de risco, na tabela 4.

Tabela 4 – Dados de entrada para geração do mapa de risco.

Ponto	UTM E	UTM N	Declividade	Lineamento	zoneamento	Risco
1	703001,7	8840993	2	0	0	0,5
2	704010,7	8841014	2	0	0	0,5
3	704956,7	8840971,9	4	0	2,5	1,6
4	706007,8	8840971,9	2	0	10	3
5	702980,7	8839983,9	2	0	0	0,5
6	703989,7	8840005	4	0	0	1
7	705040,8	8839983,9	2	0	10	3
8	706028,8	8840026	6	0	0	1,5
9	706995,8	8840005	2	0	0	0,5
10	702959,6	8838974,9	2	10	2,5	6,1
11	703947,7	8838995,9	10	10	0	7,5
12	704977,7	8838995,9	6	0	0	1,5
13	706007,8	8838953,9	2	0	0	0,5
14	706932,7	8838953,9	2	0	0	0,5
15	702034,7	8837944,8	2	0	0	0,5
16	703064,8	8837944,8	4	0	0	1
17	703989,7	8838028,9	10	10	0	7,5
18	705019,8	8838007,9	10	10	0	7,5
19	706049,8	8838007,9	2	10	2,5	6,1
20	706995,8	8837944,8	2	0	0	0,5
21	708025,8	8837986,9	2	0	0	0,5
22	701950,6	8836998,9	2	10	0	5,5
23	703001,7	8836998,9	10	5	0	5
24	703968,7	8836977,9	8	10	0	7
25	704998,7	8836956,8	10	10	0	7,5
26	705986,7	8836977,9	6	0	5	2,8
27	706953,7	8837019,9	2	0	5	1,8
28	708025,8	8836977,9	2	0	0	0,5
29	701971,6	8836010,9	2	0	2,5	1,1
30	703022,7	8835989,8	10	10	0	7,5
31	703989,7	8835989,8	6	10	0	6,5
32	704998,7	8835989,8	8	5	0	4,5
33	706028,8	8836010,9	8	10	5	8,3
34	706995,8	8836010,9	8	0	5	3,3
35	707983,8	8835968,8	2	0	0	0,5
36	700920,6	8835001,8	2	0	0	0,5
37	702034,7	8834980,8	4	0	5	2,3
38	702980,7	8835022,9	10	10	0	7,5
39	703926,6	8835001,8	8	10	2,5	7,6
40	705040,8	8835001,8	10	0	0	2,5
41	705965,7	8834917,7	6	5	0	4
42	707079,9	8835001,8	10	10	2,5	8,1

43	707983,8	8834980,8	8	10	2,5	7,6
44	708992,8	8834980,8	8	0	0	2
45	710001,9	8835043,9	6	0	0	1,5
46	710989,9	8835001,8	4	0	2,5	1,6
47	711935,8	8834959,8	2	0	0	0,5
48	699995,6	8833950,8	2	0	0	0,5
49	700962,6	8833971,8	4	0	0	1
50	702013,7	8833950,8	8	10	0	7
51	703022,7	8833992,8	2	0	2,5	1,1
52	703968,7	8834013,8	10	10	0	7,5
53	704977,7	8833992,8	4	10	0	6
54	706007,8	8834013,8	4	0	2,5	1,6
55	706953,7	8833971,8	8	0	2,5	2,6
56	708004,8	8834013,8	8	10	5	8,3
57	708992,8	8833992,8	8	0	5	3,3
58	709980,8	8833971,8	10	10	0	7,5
59	710968,8	8834013,8	10	10	2,5	8,1
60	711998,9	8833950,8	2	0	0	0,5
61	698986,6	8833025,8	2	0	0	0,5
62	699974,6	8833004,8	8	0	0	2
63	701004,6	8833025,8	8	5	0	4,5
64	701992,7	8833004,8	8	0	0	2
65	702980,7	8832983,8	4	0	0	1
66	703989,7	8833025,8	4	10	0	6
67	704998,7	8833025,8	8	0	0	2
68	705986,7	8833025,8	10	10	0	7,5
69	707016,8	8833004,8	10	5	0	5
70	707962,8	8833025,8	8	5	0	4,5
71	708971,8	8833004,8	10	5	0	5
72	710022,9	8833025,8	10	0	2,5	3,1
73	710989,9	8832983,8	10	0	0	2,5
74	711998,9	8833025,8	2	0	0	0,5
75	699028,6	8831995,8	2	10	5	6,8
76	700016,6	8831995,8	8	10	0	7
77	701004,6	8831995,8	6	10	0	6,5
78	701992,7	8831995,8	10	10	0	7,5
79	702980,7	8831995,8	10	10	0	7,5
80	703989,7	8831995,8	8	10	0	7
81	704998,7	8831995,8	8	0	0	2
82	706028,8	8831995,8	8	0	0	2
83	707016,8	8831995,8	10	5	2,5	5,6
84	708025,8	8831995,8	10	10	5	8,8
85	708971,8	8831995,8	6	10	2,5	7,1
86	709980,8	8831995,8	6	10	2,5	7,1
87	710989,9	8832016,8	2	0	0	0,5
88	699007,6	8830965,7	2	0	5	1,8
89	699974,6	8831007,7	6	5	5	5,3
90	700983,6	8831028,8	10	5	0	5
91	701992,7	8831007,7	10	5	0	5
92	702980,7	8831007,7	10	10	0	7,5
93	704010,7	8831007,7	6	5	5	5,3
94	705019,8	8831028,8	10	5	5	6,3

95	706028,8	8831028,8	8	10	0	7
96	707037,8	8831007,7	8	5	0	4,5
97	708025,8	8831028,8	10	5	0	5
98	708992,8	8831007,7	8	10	0	7
99	710001,9	8831028,8	6	0	0	1,5
100	710968,8	8831028,8	4	0	0	1
101	712019,9	8830986,7	2	0	0	0,5
102	699007,6	8829977,7	2	0	0	0,5
103	699953,6	8829977,7	4	5	0	3,5
104	701004,6	8830019,7	6	0	2,5	2,1
105	701971,6	8830019,7	8	10	0	7
106	703001,7	8830019,7	6	5	0	4
107	704010,7	8830019,7	8	10	0	7
108	704998,7	8830019,7	10	5	10	7,5
109	706028,8	8830019,7	6	5	0	4
110	707016,8	8829998,7	6	0	2,5	2,1
111	707983,8	8829998,7	4	5	0	3,5
112	708971,8	8829998,7	6	0	0	1,5
113	710001,9	8829998,7	6	0	0	1,5
114	711010,9	8829977,7	2	0	0	0,5
115	697977,5	8829010,7	2	0	0	0,5
116	699007,6	8829010,7	4	0	0	1
117	699995,6	8829031,7	4	5	0	3,5
118	701025,7	8829010,7	6	5	2,5	4,6
119	701992,7	8829031,7	8	5	0	4,5
120	703022,7	8828989,7	2	10	0	5,5
121	703968,7	8829010,7	8	10	0	7
122	704998,7	8829010,7	8	10	0	7
123	706028,8	8829010,7	2	0	2,5	1,1
124	707016,8	8829010,7	8	5	2,5	5,1
125	708025,8	8829010,7	6	10	0	6,5
126	708992,8	8829010,7	6	5	0	4
127	710022,9	8829031,7	4	5	0	3,5
128	710989,9	8829010,7	2	0	0	0,5
129	696989,5	8827959,6	10	0	0	2,5
130	697977,5	8828001,7	2	5	0	3
131	699028,6	8827980,6	4	0	0	1
132	700016,6	8828022,7	4	0	0	1
133	700983,6	8828001,7	8	10	0	7
134	701992,7	8827980,6	6	10	2,5	7,1
135	702980,7	8828001,7	8	10	2,5	7,6
136	704010,7	8828001,7	4	10	0	6
137	705019,8	8828022,7	10	10	0	7,5
138	705986,7	8828022,7	2	0	10	3
139	706974,8	8827980,6	4	0	0	1
140	708004,8	8828022,7	2	0	0	0,5
141	709013,8	8828022,7	6	5	10	6,5
142	710001,9	8827980,6	8	5	5	5,8
143	711010,9	8828022,7	4	0	0	1
144	711977,9	8828001,7	2	0	0	0,5
145	696022,5	8826929,6	2	0	0	0,5
146	696926,5	8827013,6	4	0	0	1

147	697998,6	8827013,6	4	5	0	3,5
148	699007,6	8826971,6	6	10	0	6,5
149	699995,6	8826992,6	2	0	0	0,5
150	701004,6	8827003,1	10	5	0	5
151	702003,2	8827003,1	10	0	0	2,5
152	703001,7	8827003,1	2	5	0	3
153	704010,7	8827013,6	8	5	5	5,8
154	704998,7	8827003,1	6	10	5	7,8
155	705997,3	8827003,1	6	10	7,5	8,4
156	706995,8	8827003,1	4	0	7,5	2,9
157	708004,8	8827003,1	2	0	0	0,5
158	709003,3	8827003,1	4	0	0	1
159	710001,9	8827003,1	6	5	0	4
160	711000,4	8827003,1	2	0	0	0,5
161	712009,4	8827003,1	2	0	0	0,5
162	697010,6	8826004,6	2	0	0	0,5
163	697998,6	8826004,6	6	0	0	1,5
164	698997,1	8825994,1	6	10	0	6,5
165	700006,1	8826004,6	8	0	0	2
166	701004,6	8826015,1	6	0	2,5	2,1
167	702003,2	8826004,6	8	10	0	7
168	703001,7	8826004,6	10	5	0	5
169	704000,2	8826004,6	10	10	0	7,5
170	704998,7	8825994,1	2	10	2,5	6,1
171	705997,3	8826004,6	4	5	0	3,5
172	707006,3	8826004,6	8	10	7,5	8,9
173	708004,8	8826004,6	4	0	7,5	2,9
174	709003,3	8826004,6	2	0	0	0,5
175	710001,9	8826004,6	4	10	0	6
176	711000,4	8826004,6	2	0	0	0,5
177	698997,1	8824995,6	6	10	0	6,5
178	699985,1	8825142,7	8	0	0	2
179	701025,7	8825300,4	8	0	0	2
180	702013,7	8824974,6	2	0	0	0,5
181	702980,7	8825016,6	6	0	0	1,5
182	704000,2	8824985,1	2	0	0	0,5
183	705009,2	8824995,6	10	10	0	7,5
184	705986,7	8824995,6	8	0	0	2
185	706995,8	8824995,6	2	0	0	0,5
186	708004,8	8824995,6	2	10	10	8
187	709003,3	8824995,6	4	0	10	3,5
188	710012,4	8824995,6	2	0	0	0,5
189	710989,9	8824995,6	2	0	0	0,5
190	702949,1	8824018,1	2	0	0	0,5
191	703989,7	8824007,6	4	5	0	3,5
192	705009,2	8824007,6	6	10	0	6,5
193	705986,7	8824007,6	2	0	0	0,5
194	706985,3	8823997,1	2	10	5	6,8
195	708004,8	8824007,6	4	5	0	3,5
196	709003,3	8823997,1	2	0	0	0,5
197	710001,9	8824018,1	2	5	5	4,3
198	710968,8	8823986,5	2	0	5	1,8

200	703012,2	8822988	2	0	0	0,5
201	704010,7	8823009	2	5	0	3
202	705009,2	8823009	10	5	0	5
203	705997,3	8822998,5	8	5	0	4,5
204	706985,3	8822977,5	6	5	5	5,3
205	708004,8	8822988	6	5	5	5,3
206	703979,2	8822199,7	8	0	5	3,3
207	705009,2	8822409,9	10	0	0	2,5
208	703790	8841991,5	2	0	0	0,5

