



ANÁLISE E MONITORAMENTO DE PROCESSOS GEOMORFOLÓGICOS A PARTIR DA OCORRÊNCIA DE TERREMOTOS NO ESTADO DO ACRE: O CASO DO MUNICÍPIO DE TARAUACÁ/AC¹

Cleyton Aguiar Crisostomo²
Waldemir Lima dos Santos³

RESUMO

A localização periférica do Acre aos Andes, confere à região um lócus para ocorrência de tremores, já identificado em pesquisas anteriores. Porém, os efeitos da ocorrência de sismos nesta região, tanto de superfície quanto subsuperfície, necessitam ser pesquisados cientificamente, no sentido de gerar conhecimento e a devida publicação de resultados. Este projeto visa dar continuidade à caracterização de eventos sismológicos, desta feita, na tentativa de identificar os efeitos na paisagem e sua influência para a ocorrência de processos de movimentação de superfície e subsuperfície. A coleta de dados, nas primeiras versões do projeto, foi secundária, em órgãos e nacionais e internacionais. Realizou-se a instalação de pinos de monitoramento em campo (3 localidades), na região compreendida entre o núcleo urbano de Tarauacá e o rio Gregório. Nesta fase da investigação, foi necessário proceder medidas iniciais em campo, bem como a identificação de movimentação de massa nessa área. O resultado da pesquisa se apresenta como condição para futuras investigações sobre os efeitos dos terremotos no estado do Acre, servindo de base para fomentar políticas públicas capazes de amenizar possíveis efeitos negativos à população residente nesta parte da Amazônia Sul-Occidental.

Palavras-chave: Geomorfologia, Tectonismo, Acre.

ABSTRACT

The peripheral location from Acre to the Andes gives the region a locus for the occurrence of tremors, already identified in previous research. However, the effects of the occurrence of earthquakes in this region, both surface and subsurface, need to be scientifically researched, in order to generate knowledge and the proper publication of results. This project aims to continue the characterization of seismological events, this time in an attempt to identify the effects on the landscape and their influence on the occurrence of surface and subsurface movement processes. Data collection, in the first versions of the project, was secondary, in national and international agencies. Monitoring pins were installed in the field (3 locations), in the region between the urban center of Tarauacá and the Gregório river. At this stage of the investigation, it was necessary to carry out initial field measurements, as well as the identification of mass movement in this area. The research result is presented as a condition for future investigations on the effects of earthquakes in the state of Acre, serving as a basis for promoting public policies capable of mitigating possible negative effects on the population residing in this part of the South-Western Amazon.

Keywords: Geomorphology, Tectonism, Acre.

¹ Trabalho fez parte de projeto de Iniciação Científica entre os anos de 2016 a 2020 e atualmente faz parte de projeto de Mestrado em Geografia.

² Mestrando do Curso de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Acre-UFAC, cleyton1914@gmail.com;

³ Doutor em Geografia pela Universidade Federal de Minas Gerais- UFMG, waldemir.santos@ufac.br



INTRODUÇÃO

A abordagem de tectonismos na região sudoeste amazônica ainda é incipiente. Pesquisas mais completas e complexas precisam ser desenvolvidas no sentido de caracterizar a frequência, a intensidade e a magnitude com que tais eventos ocorrem. A localização e a proximidade com a cadeia andina favorecem uma série de fenômenos de movimentação da crosta, suficientes para deslocar a massa continental em forma de terremotos (ASSUMPTO, 2011).

O Estado do Acre está em uma localização estratégica de proximidade com a borda da Placa de Nazca e Sul-Americana o que lhe insere numa perspectiva de se estabelecer diversos abalos, em sua maioria imperceptíveis, mas que dependendo da magnitude trás preocupação ao poder público e à sociedade em geral (ALLEN, 2011).

Em pesquisas anteriores, identificou-se o histórico de terremotos ocorridos no Acre, a partir de 1960. Estabeleceu-se a sua frequência e localização, além de identificar o município mais atingido por tremores e que merece, portanto, maior atenção, tornando-se a área-piloto para investigação dos efeitos em superfície desencadeados pelos tremores.

Tendo como objetivo geral realizar diagnósticos e caracterização dos possíveis efeitos de superfície produzidos pela tectônica regional, a partir da ocorrência de terremotos, na região central, município de Tarauacá/AC, assim como Proceder o levantamento em campo das alterações físico-ambientais promovidas pelos terremotos no estado do Acre; Caracterizar o(s) fenômeno(s) geológico geomorfológico(s) quanto as localidades atingidas e a influência para o uso e ocupação da terra; Proceder medidas dos pontos de monitoramento em campo, identificando-se movimentação, ou não, desde o ano de 1984; Espacializar, em mapas, uma síntese das ocorrências de processos de superfície (land slide, creeping, mud flow, erosão superficial, etc), caso esses sejam perceptíveis.

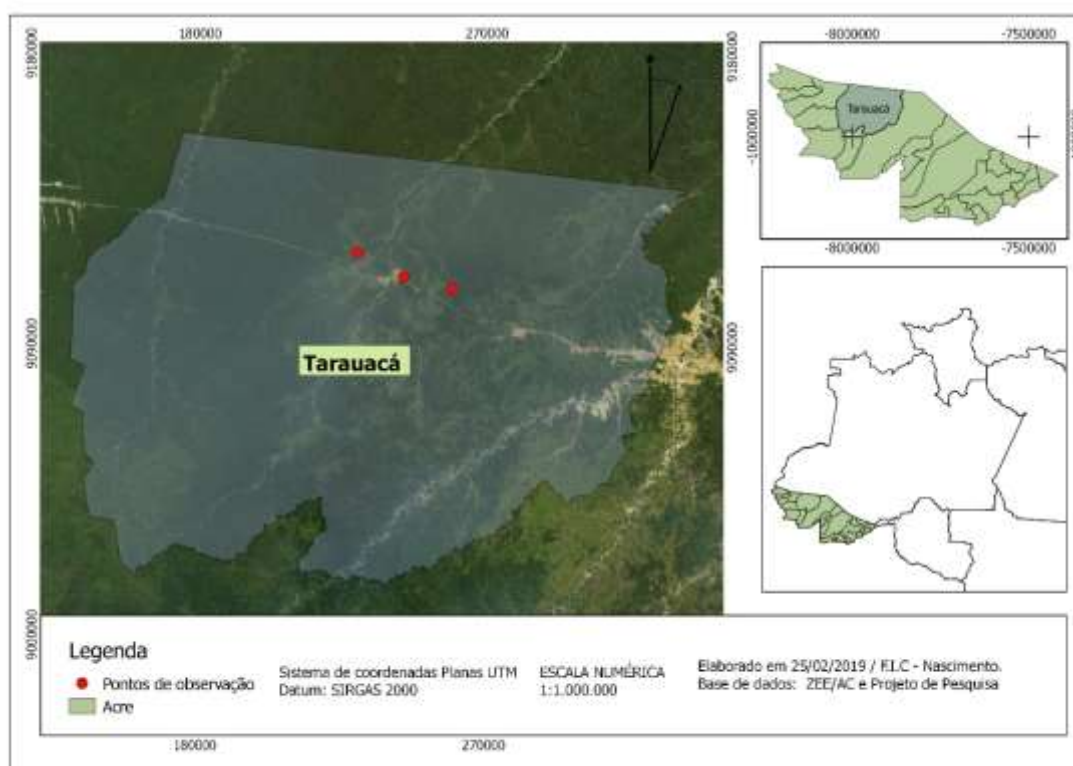
Neste projeto, buscar-se-á identificar as principais alterações promovidas na superfície oriundos dos eventos tectônicos, que promovem uma movimentação crustal, interferindo diretamente no modo de organização do espaço.

METODOLOGIA

A pesquisa iniciou no mês de agosto do ano de 2018, primeiramente levantando dados obtidos nas análises anteriores. Assim, um levantamento bibliográfico diante da temática foi utilizado como base de absorção de conhecimento científico (CHRISTOFOLLETI, 1981; BERROCAL *et al*, 1984; SCHROEDER, 2006; ALLEN, 2011; ASSUMPCÃO, 2011), para a elaboração de metodologias compatíveis, aperfeiçoamento da pesquisa e para possibilitar comparações e análises de dados.

Em uma segunda etapa, elaborou-se um pequeno mapa afim de representar a área de estudo, situada no município de Tarauacá-AC. A representação cartográfica foi importante e auxiliou na elaboração de melhor planejamento que antecedeu ao campo.

Figura 1. Mapa de localização da área de estudo no município de Tarauacá/AC



Como mostra a figura 1, a área de estudo se localiza na área rural do município, em propriedades localizadas às margens da BR-364. A escolha dessa área se deu principalmente por conta dos indícios recentes de atividades sísmicas que ocorreram em seu entorno.



Após os estudos prévios e o mapeamento da área, foi realizada uma visita a campo, entre os dias 30 de janeiro e 04 de fevereiro de 2019. O campo foi fundamental para a coleta de novos dados relacionados a provável movimentação de superfície na região.

Figura 2. Representação do relevo da região de Tarauacá/AC



Fonte: Acervo do autor, 2019

A metodologia utilizada para a pesquisa foi a medição dos pinos instalados em 3 vertentes localizadas nas áreas de estudo representadas na figura 1. Os pinos foram instalados no ano de 2017, e foram colocados em uma distância de 20 metros um para com o outro, o intuito nessa etapa seria realizar nova medição, e assim analisar se houve ou não mudança na metragem entre os pinos, comparando os dados atuais com dados anteriores. O relevo da região, representado na figura 2, é acidentado, o que dificultou o acesso aos pinos de medição, que foram instalados em 3 vertentes.

Para a realização da metragem dos pinos, foi utilizada uma fita métrica de 30mts, a medida foi anotada em um bloco de notas de forma manual, e posteriormente inseridos em uma tabela digitalizada.

Figura 3. Metragem dos pinos na área de estudo



Fonte: Acervo do autor, 2019

Com os dados coletados, elaborou-se uma tabela, a fim de comparação dos dados obtidos entre 2017 e 2019. A próxima etapa foi realizada uma análise em busca de anomalias hídricas e de possíveis mudanças em decorrência de abalos sísmicos entre os anos de 1984, 1994, 2004 e 2014, para isso foi preciso identificar cada abalo sísmico ocorrido dentro das bacias do rio Gregório e da bacia do rio Acurauá.

Figura 4. Bacia do Rio Gregório

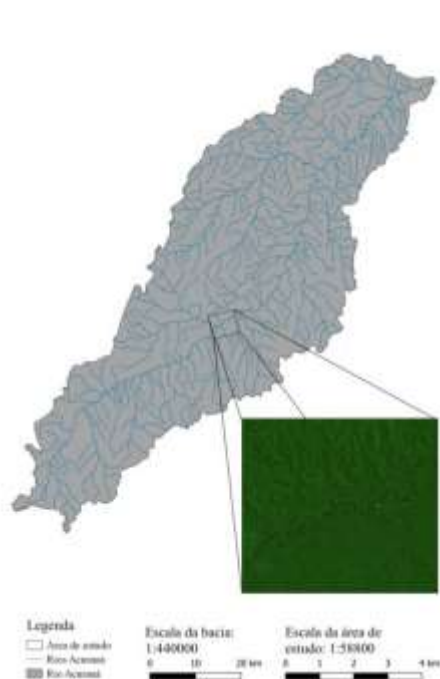


Figura 5. Bacia do Rio Acurauá



Fonte: Autor, 2020



REFERENCIAL TEÓRICO

Segundo Assumpção (2011), a localização e a proximidade com a cadeia andina favorecem uma série de fenômenos de movimentação da crosta, suficientes para deslocar a massa continental em forma de terremotos. Assim, os terremotos são advindos do movimento das placas tectônicas que estão nas proximidades do Acre (a placa de Nazca e Sulamericana).

Esses fatores fazem do Acre um local propício para a ocorrência de eventos sísmicos. Desta forma, Allen (2011), destaca que o estado do Acre está em uma localização estratégica, que lhe insere numa perspectiva de se estabelecer diversos abalos, em sua maioria imperceptível, mas que, dependendo da magnitude, trazem preocupação ao poder público e à sociedade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A execução do projeto foi necessária, considerando-se o vazio existente de dados que possibilitassem, ao menos, visualizar a quantidade de sismos que já foram registrados nesta parte da Amazônia. Assim, conforme demonstrado na tabela 1, apresenta-se os registros de sismos ocorridos no Acre, desde o início do século XX (1916 a 1970), conforme Berrocal *et al* (1984).

Tabela 01. Sismos no Acre anteriores a classificação da USGS

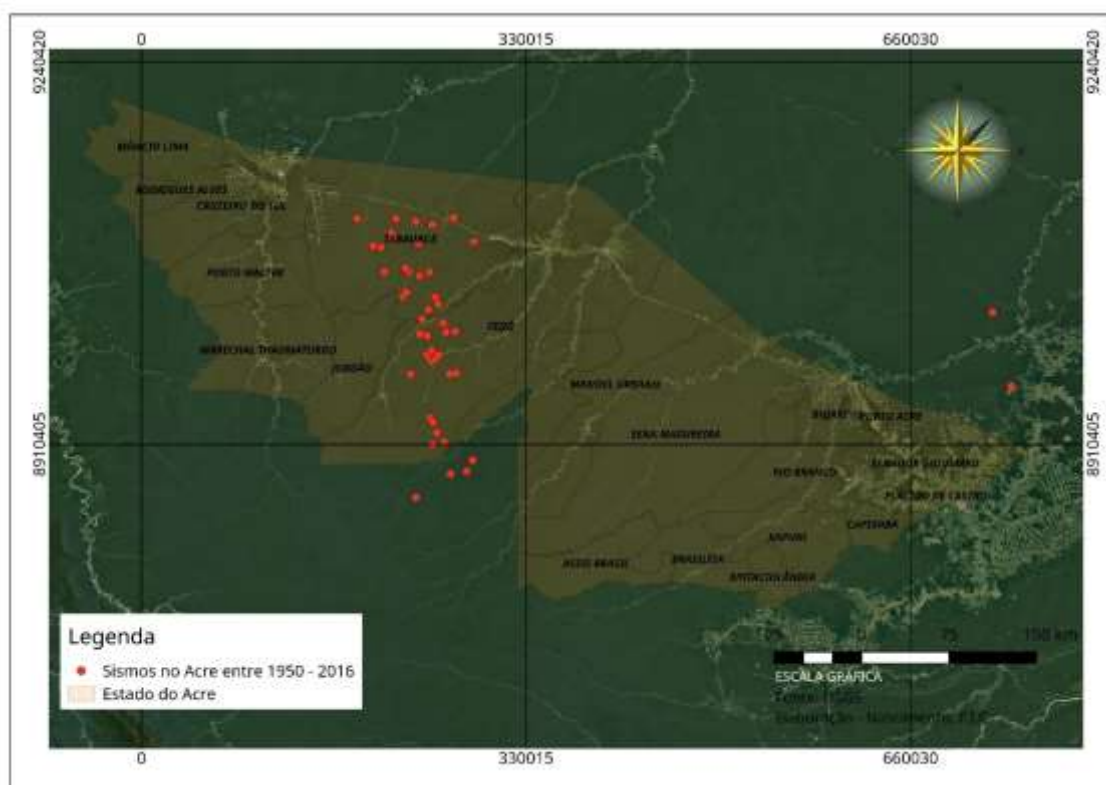
Ano	Local	Classificação
1916	Cruzeiro do Sul Acre	C
1922	Xapuri Acre	E
1954	NW Acre	I
1960	W do Acre	I
1960	W do Acre	I
1965	NW do Acre	I
1967	Acre	I
1968	W do Acre	E
1970	Serra do divisor Acre	I



Com base nos dados do gráfico 01, podemos inferir que a dinâmica dos terremotos no Acre, teve um processo de intensificação nos últimos anos, com 17 terremotos somente em 2015, sendo desta forma o ano de maior atividade tectônica no Estado. Um dos fatores que devemos considerar para a segurança dos Acreanos é o fato da maioria dos sismos acontecerem em altas profundidades da crosta.

No mapa da figura 6, abaixo, verifica-se a região com maior incidência de sismos no Estado do Acre, demonstrando-se uma sequência de eventos que, a julgar pelo comportamento, trata-se de uma área que possivelmente apresenta falhamentos na crosta e que delimita ao meio o vale do Tarauacá-Envira e divide geologicamente o vale do Juruá isolando-o do Vale do Purus.

Figura 6. Mapa de localização de ocorrências de sismos no Acre

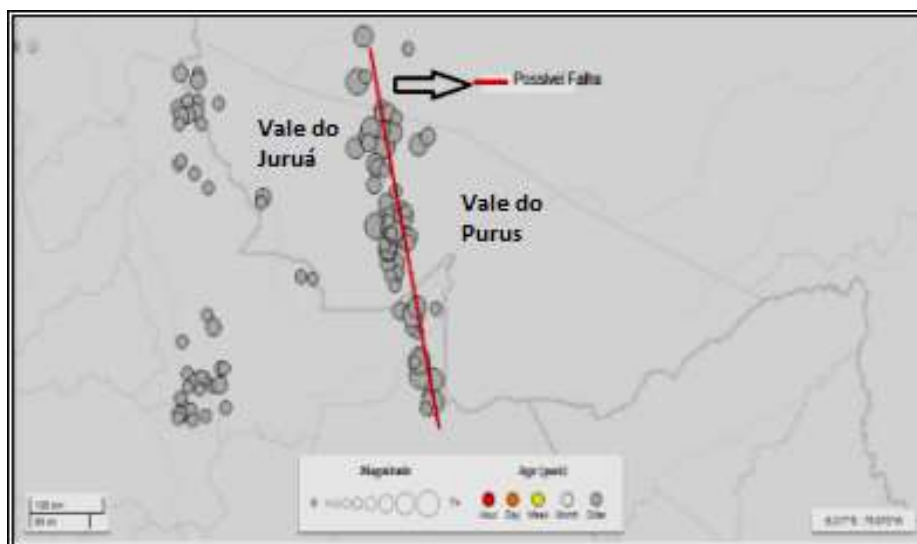


Fonte: USGS, 2016, adaptado pelo autor, 2020

O mapa traz os pontos de ocorrência dos sismos que ocorreram durante o período de 1950 a 2016, com base nos dados da USGS. Assim, está localizado em sua maioria em Tarauacá/AC, Feijó/AC outros na divisão entre Acre e Peru. Assim, os pontos de ocorrência no sul do município de Feijó/AC e na maior parte de Tarauacá, compreendendo desde sua

área urbana e chegando até mesmo a atingir o perímetro urbano da cidade, o que pode ser o indicador de um processo de falha ocasionado pelo movimento da crosta (Fig. 07).

Figura 07. Dados dos sismos a partir de 1950 a 2017 com Magnitude de 4.5° a 8°



Fonte: USGS (2016), adaptado pelo autor (2020).

Assim, sobre a magnitude que os dados demonstram podemos perceber, uma média de todos os sismos de 5° na escala Richter, com maior intensidade de 7.6° e com menor intensidade registrando 3.4°. Sendo que, 37.5% desses terremotos apresentaram magnitude superior a 5° na escala Richter e 62.5% apresentaram sismos com magnitude inferior a 5°.

Os sismos que ocorreram no Acre de maior intensidade advêm do Peru, com hipocentros ocorrendo a 600 quilômetros de profundidade o que tende a diminuir os efeitos das ondas sísmicas em superfície, mas amplia seu alcance. Isso explicaria o fato de terremotos ocorrerem no Peru e serem sentidos no Acre, visto que quanto maior a profundidade que o sismo ocorre maior é sua capacidade de propagação da onda, o que explica o fato de acontecerem com maior intensidade no Peru e ter seu alcance chegando ao Acre, especificamente em Tarauacá/AC e Feijó/AC. Pesquisas futuras poderão apontar se houve modificação no relevo acreano a partir desses terremotos.

Logo, ocorreram períodos de maior magnitude no período de 2015, com um evento chegando à marca de 7.6° e outro de 6.7°. Já em 1950 e 1963 ocorreram sismos com magnitude superior a 6, já em 1989 e 2002 registou-se 7.1 e 6.9 respectivamente. O que vem demonstrar que há ocorrência de picos de maior intensidade de magnitude. No entanto, há o predomínio de pequenos sismos (cerca de 62,5%) que, na maioria das vezes, são originados



de sismos maiores em altas profundidades que tende a espalhar e atingir locais mais distantes com intensidade inferior.

A frequência dos terremotos a partir de 2010 tem se intensificado, o que mostra os dados do gráfico 01. Foram registrados, ao todo, 21 terremotos no período de 2013 a 2016, mostrando ser o período de maior atividade sísmica no Acre e o de menor intensidade no que corresponde a década de 50 e 60, que segundo a USGS, só foi possível a captação de dois terremotos, tendo novamente seu período de retorno somente na década de 80, que foram detectados 8 tremores no decorrer da referida década. Na década de 1990 foram registrados 5 eventos sísmicos, tendo destaque o ano de 1997 que foram registrados 3 sismos.

Na década seguinte (2000-2010) foram registrados 12 sismos e, por último, no curto período de 2013 a 2016, registrou-se 21 tremores. Desta forma, é perceptível que a partir de 1980 esses processos tem se intensificado gradativamente, com alguns picos de maior intensidade sísmica. Como já foi dito, em 2015 foi o ano de maior ocorrência. Pelos dados iniciais da pesquisa, não podemos dizer que há um tempo de retorno específico, mas que há um processo de intensificação nesses processos na crosta ao longo dos anos.

Sobre a perturbação sedimentar, esta ocorre no Acre e é possível identificar na forma de sismitos, visto que são fenômenos registrados anteriores a 1950. Desta forma, os regolitos acreanos são compostos essencialmente por material de origem sedimentar, o que um abalo superior a 5° poderia está influenciando esse processo.

Figura 8. Presença de sismito na região de Tarauacá



Fonte: Acervo do autor, 2020



Ao tabular os dados coletados na metragem dos pinos de monitoramento das áreas de pesquisa, as seguintes tabelas foram produzidas:

Tabela 2: Medições realizadas nas áreas da pesquisa em 19/07/2018

Área 1		Área 2		Área 3	
Ponto	Distância(m)	Ponto	Distância(m)	Ponto	Distância(m)
1-2	20,20	1-2	20,20	1-2	20,20
2-3	20,35	2-3	20,11	2-3	20,13
3-4	20,13	3-4	20,84		
4-5	20,45	4-5	20,28		
		5-6	20,00		

Tabela 3: Medições realizadas nas áreas da pesquisa em 31/01/2019

Área 1		Área 2		Área 3	
Ponto	Distância(m)	Ponto	Distância(m)	Ponto	Distância(m)
1-2	20,06	1-2	20,13	1-2	20,12
2-3	20,41	2-3	20,15	2-3	20,13
3-4	20,02	3-4	20,78		
4-5	20,44	4-5	20,26		
		5-6	19,89		

A partir da comparação dos dados das medidas é possível observar uma provável movimentação de superfície, identificada através das mudanças em relação ao distanciamento entre os pinos.

Ao comparar as imagens da área escolhida na bacia do rio Gregório, foi possível identificar algumas mudanças em seus cursos d'água, como podemos ver no quadro abaixo:



Tabela 4. Medida dos pontos de monitoramento na área da bacia do Rio Gregório

Pontos	Distância (km)			Diferença
	1984	1994	2004	
1-2	0,73	0,59	0,59	-0,14
3-4	4,44	4,52	4,52	+0,08
5-6	3,78	3,74	3,72	-0,06

Pode-se notar que os pontos 1-2 e 5-6 tiveram uma redução, enquanto o ponto 3-4 teve um aumento, isso pode ser decorrência da provável decorrência da movimentação da superfície, pois canais fluviais são resultado da complexa interação entre tipo de carga transportada, regime de fluxo, topografia, substrato e a atividade tectônica associada (MAIA, 2011, p. 7).

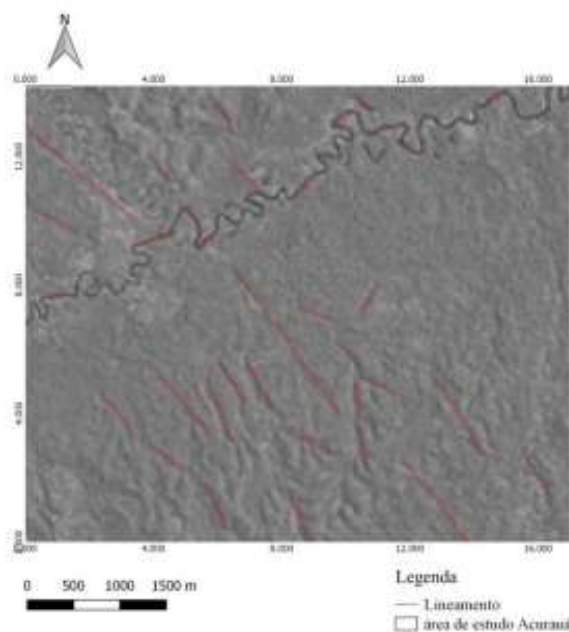
Na área estuda dentro da bacia do rio Acurauá, identificou-se comportamento semelhante, onde os pontos 1-2 e 5-6 tiveram uma diminuição e o ponto 3-4 teve um aumento, como mostra no quadro abaixo:

Tabela 5. Medida dos pontos de monitoramento na área da bacia do Rio Acurauá

Pontos	Distância (km)			Diferença
	1984	1994	2004	
A-B	2,43	2,47	2,27	-0,16
C-D	3,36	3,39	3,4	+0,04
E-F	3,4	3,05	3	-0,4

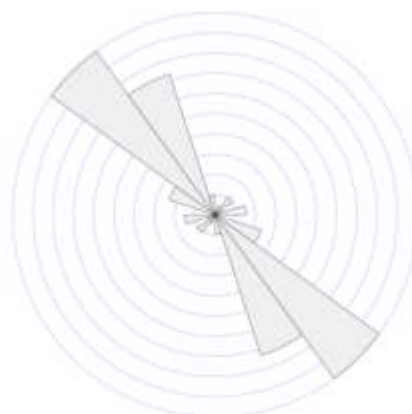
Além dessas mudanças observadas ao longo desses 10 anos, foi possível também identificar alguns lineamentos na área da bacia do rio Acurauá, onde nota-se que os dois principais *trends* de lineamentos estão em direção NW de acordo com o diagrama de roseta, como mostra as imagens abaixo:

Figura 9. Lineamento na área do Rio Acurauá



Fonte: Elaborado pelo autor, 2020

Figura 10. Diagrama de Roseta



Fonte: Elaborado pelo autor, 2020

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos dados levantados a partir da pesquisa, podemos inferir que o Acre faz parte de uma zona tectonicamente ativa, com intensificação dos tremores ao longo dos anos. Esta característica confere ao município de Tarauacá/AC a localidade mais atingida por terremotos no Estado do Acre, possivelmente, causa e consequência de falhas na crosta que



facilitam a dispersão das ondas sísmicas naquela região. Essa condição geológica, confere àquela localidade ocorrências de neotectônica que interferem nas formas de relevo diferenciadas do restante do Estado.

O resultado da pesquisa se apresenta como condição para futuras investigações sobre os efeitos dos terremotos no estado do Acre, servindo de base para fomentar políticas públicas capazes de amenizar possíveis efeitos negativos à população residente nesta parte da Amazônia Sul-Occidental.

REFERÊNCIAS

ALLEN, R. “Os Poucos Segundos que Precedem um Grande Terremoto”, in **Scientific American Brasil**, 108, 2011, pp. 38-43.

ASSUMPCÃO, M. Terremotos e a convivência com as incertezas da natureza. **Revista da USP**, São Paulo, n.91, p. 76-89, setembro/novembro, 2011.

BERROCAL, J. et al, **Sismicidade do Brasil**, Instituto Astronômico e Geofísico Universidade de São Paulo, Ed, Esperança, São Paulo, 1984.

MAIA, R. P. Neotectônica, geomorfologia e sistemas fluviais: uma análise preliminar do contexto nordestino. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v.12, n.3, p37-46, 2011.

SCHROEDER, G.S. **Análise Tectônica da Bacia do Itajaí**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Instituto de Geociências. Programa de Pós-Graduação em Geociências, 2006.

UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY (USGS). Disponível em: <https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/map/> Acesso em 30 jul/2016.