



UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA

INSTITUTO

DE GEOCIÊNCIAS

**PROGRAMA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA ÁREA
DE CONCENTRAÇÃO:**

GEOLOGIA AMBIENTAL, HIDROGEOLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**MODELAGEM GEOMÉTRICA E ANÁLISE DE RISCO
GEOLÓGICO EM TALUDES ROCHOSOS APLICADAS AOS
SISTEMAS DE FALHAS TRANSVERSAIS (N120° E N090°) DA
CIDADE DO SALVADOR, BAHIA, BRASIL**

**JOÃO PAULO HORA
CARNEIRO**

**SALVADOR
2022**

**MODELAGEM GEOMÉTRICA E ANÁLISE DE RISCO
GEOLÓGICO EM TALUDES ROCHOSOS APLICADAS AOS
SISTEMAS DE FALHAS TRANSVERSAIS (N120° E N090°) DA
CIDADE DO SALVADOR, BAHIA, BRASIL**

**JOÃO PAULO HORA
CARNEIRO**

Orientador: Prof. Dr. Luiz César Corrêa Gomes

Dissertação de Mestrado apresentada ao programa de Pós-Graduação em Geologia do Instituto de Geociências da Universidade Federal da Bahia como requisito parcial à obtenção do Título de Mestrado em Geologia,

Área de concentração: Geologia Ambiental, Hidrogeologia e Recursos Hídricos

SALVADOR

2022

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Universitária de Ciências e Tecnologias Prof. Omar Catunda, SIBI - UFBA.

C289 Carneiro, João Paulo Hora

Modelagem geométrica e análise de risco geológico aplicado aos sistemas de falhas transversais (N120° e N090°) da cidade do Salvador, Bahia, Brasil/ João Paulo Hora Carneiro. – Salvador, 2022.

46 f.

Orientador: Prof. Dr. Luiz César Corrêa Gomes

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal da Bahia. Instituto de Geociências, 2022.

1. Geologia. 2. Deslizamentos. 3. Tombamentos. I. Gomes, Luiz César Corrêa. II. Universidade Federal da Bahia. III. Título.

CDU 551

JOÃO PAULO HORA CARNEIRO

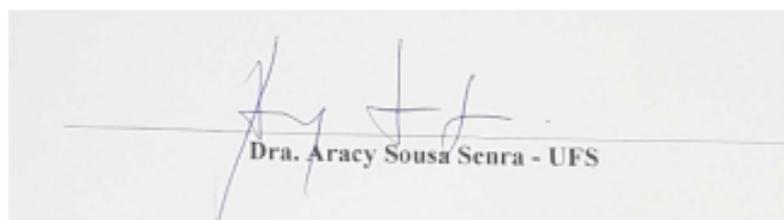
**MODELAGEM GEOMÉTRICA E ANÁLISE DE RISCO GEOLÓGICO EM
TALUDES ROCHOSOS APLICADAS AOS SISTEMAS DE FALHAS
TRANSVERSAIS (N120° E N090°) DA CIDADE DO SALVADOR, BAHIA,
BRASIL**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geologia da Universidade Federal da Bahia como requisito para a obtenção do Título de Mestre em Geologia, Área de Concentração: Geologia Ambiental, Hidrogeologia e Recursos Hídricos em 21/06/2022.

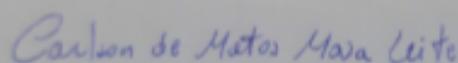
DISSERTAÇÃO APROVADA PELA BANCA EXAMINADORA:



Dr. Luiz César Corrêa Gomes (Orientador) - UFBA



Dra. Aracy Sousa Senra - UFS



Dr. Carlson de Matos Maia Leite Cruz - UFBA

SALVADOR

2022

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com o apoio da CAPES - Código de financiamento 001.

Agradeço esse trabalho primeiramente a Deus, e a minha família, principalmente a meus pais João Luís e Ana Cláudia que me concederam todo o suporte ao longo desses 2 anos de trabalho.

Agradeço também ao meu orientador, Prof. Dr. Luiz César Corrêa Gomes que me forneceu todo o suporte para a realização deste trabalho além de todos os ensinamentos nesse percurso, e aos meus colegas do laboratório de modelagem geológica (LAMOD), pelo apoio e amizade nesse período.

Agradeço também aos professores Dr^a. Aracy Sousa Senra e Dr. Carlson de Matos Maia Leite por terem aceitado o convite para participar da minha banca examinadora do mestrado.

A todos: Muito obrigado!

Aos meus pais que sempre estão ao meu lado.

"Quando penso que já cheguei ao meu limite,
descubro que tenho forças para ir além." (Ayrton Senna).

RESUMO

A cidade do Salvador possui uma grande parcela da população residindo em áreas de risco geológico. Assim se faz necessário um estudo geológico amplo para auxiliar na preservação de vidas e de propriedades da população nestas regiões. Geologicamente, Salvador apresenta dois sistemas principais de falhas, originárias dos eventos tectônicos que geraram, a bacia tipo rifte do Recôncavo, a W, e a abertura do Atlântico Sul, a E, da cidade, durante o Cretáceo. Um sistema longitudinal, orientado N030°-040° e outro sistema transversal, orientado N90°-120° (STF). Esses sistemas controlam inúmeros vales, altos e taludes locais. Neste estudo foram delimitados os principais lineamentos da cidade do Salvador e foram modelados os Sistema de falhas da Barra (SFB) e Brotas (SFBR) além das principais Falhas de orientação N90°-120°. A partir daí foram gerados modelos em redes estereográficas previsionais de movimentos de massas com base nos dados de planos de descontinuidades da Bacia do Recôncavo, associados as estruturas encontradas na cidade do Salvador. Foi constatado através do estudo desses lineamentos que estruturas transversais com direção N120° são a terceira maior em frequência (9.56%) e em comprimento (10,86%), e, através da modelagem cinemática, que o mecanismo de ruptura de deslizamento em cunha ocorre mais facilmente, seguido do tombamento flexural e do deslizamento planar. A análise comparativa entre os ângulos de atrito indica que apenas os mecanismos de tombamento flexural e deslizamento em cunha tem sua possibilidade de ocorrer ampliada. Também foram identificados 16 taludes instáveis, sendo 3 do SFB e 13 do SFBR, onde podem ocorrer os três mecanismos de ruptura, com direções predominantemente do movimento de massa para o Sul e Sudoeste, em regiões muito povoadas da cidade do Salvador.

Palavras-chave: Risco geológico, Falha da Barra, Falha de Brotas, Deslizamentos Planar e em Cunha, Tombamento.

ABSTRACT

The city of Salvador has a large portion of the population residing in geological risk areas. Thus, a broad geological study is necessary to help to preserve the lives and properties of the people in these regions. Geologically, Salvador has two main fault systems, originating from the tectonic events they generated, the rift-type Recôncavo basin, at W, and the opening of the South Atlantic, at E, of the city, during the Cretaceous. A longitudinal system, oriented N030°-040°, and another transversal system, oriented N90°-120° (STF). These systems control numerous valleys, highs, and local slopes. In this study, the main lineaments of the city of Salvador were delimited, and the Barra (SFB) and Brotas (SFBR) fault systems were modeled, in addition to the main N90°-120° orientation faults. From there, we generated predictive stereographic net models of mass movements based on data from fault plans in the Recôncavo basin, associated structures found in the city of Salvador. It was found through the study of these lineaments that : (i) transverse structures with direction N120° are the third largest in frequency (9.56%) and in length (10.86%), and, through kinematic modeling, ii) the wedge slip failure mechanism occurs more easily, followed by flexural tipping and planar sliding. The comparative analysis between the friction angles indicates that only the flexural toppling and wedge sliding mechanisms have their possibility of occurring increased. Besides that, 16 unstable slopes were also identified, 3 related to the SFB and 13 related to the SFBR, where the three failure mechanisms can occur, with predominantly mass movement directions to the South and Southwest, in heavily populated regions of the city of Salvador.

Keywords: Geological Hazard, Barra Fault, Brotas Fault, Wedge Slip, Sliding, Toppling.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO GERAL	10
CAPÍTULO 2 - ARTIGO	13
CAPÍTULO 3 - CONCLUSÕES	38
APÊNDICE A – JUSTIFICATIVA PARA PARTICIPAÇÃO DOS CO-AUTORES	39
ANEXO A – REGRAS DE FORMATAÇÃO DA REVISTA GEOLOGIA SÉRIE CIENTÍFICA USP.....	40
ANEXO B - COMPROVANTE DE SUBMISSÃO DO ARTIGO.....	46

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO GERAL

A cidade do Salvador é uma das mais importantes capitais do país, possui uma extensão de 693,453 km² e uma população de 2.675.656 habitantes, resultando numa densidade populacional de 3.859,44 hab./km² (IBGE, 2018). Salvador apresenta o maior contingente de população em áreas de risco em 2010, tanto na Região Nordeste quanto no Brasil, contabilizando 1.217.527 habitantes (45,5 % da população total do município) (IBGE, 2018).

Essa grande densidade demográfica associado com a topografia acidentada da cidade propicia um ambiente de grande risco geológico dentro do perímetro urbano, além disso, a cidade apresenta dois sistemas principais de falhas um longitudinal N030°-040° (SLF) (Sistema de Falhas de Salvador e Iguatemi) e um transversal N090°-120° (STF) (Sistema de falhas de Brotas e Barra). A cidade do Salvador foi subdividida por Barbosa *et al.* (2005) (Figura 1) em Margem Costeira Atlântica, formada por depósitos sedimentares terciários e quaternários, Bacia Sedimentar do Recôncavo formado por rochas sedimentares mesozoicas e o Alto de Salvador que representa um *horst* de rochas metamórficas de alto grau (Barbosa *et al.* 2005) do orógeno Salvador- Esplanada - Boquim.

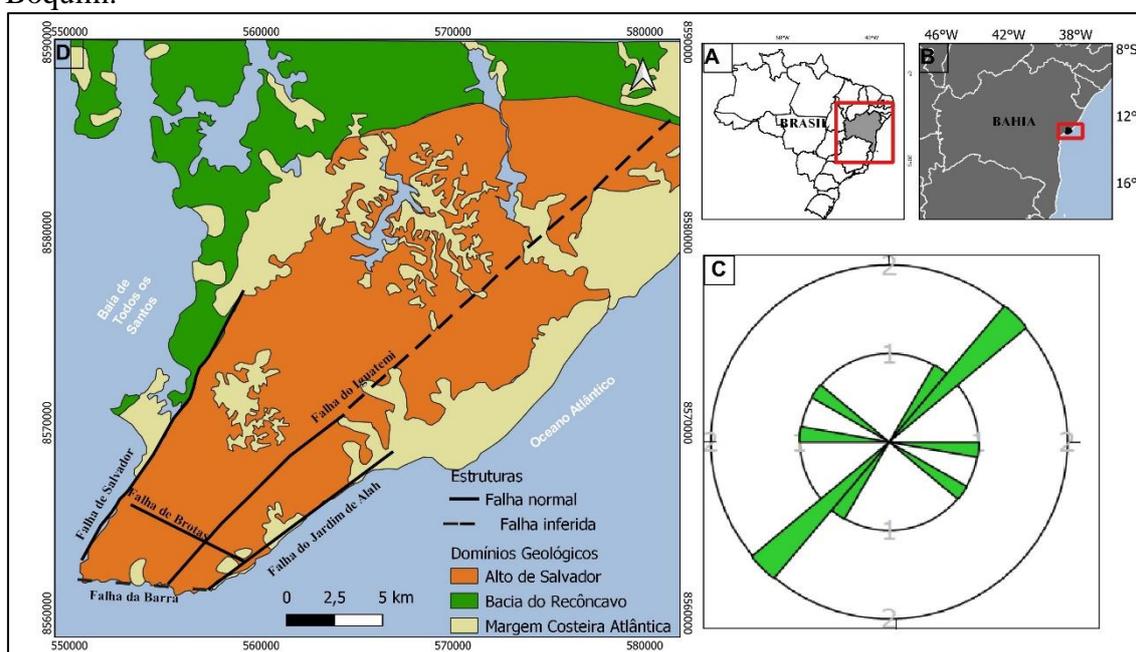


Figura 1: A) Mapa do Brasil com destaque do estado da Bahia B) localização na área de estudo em relação ao estado da Bahia. C) Diagrama de rosetas de frequência dos principais Sistemas de Falhas da cidade do Salvador, pétalas de 10° em 10°. D). Mapa dos domínios geológicos da cidade do Salvador (Adaptado de Barbosa *et al.*, 2005).

O estudo da análise de risco geológico possui uma grande importância para a resolução de problemas, pois corresponde a uma estimativa prévia da probabilidade de ocorrência de um acidente e a avaliação das suas consequências sociais, econômicas e ambientais (Bitar e Ortega, 1998). Assim, compreender como a influência das principais estruturas geológicas podem deflagrar instabilidade de taludes naturais é de fundamental importância para segurança da sociedade. O método da análise cinemática (Wyllie e Mah, 2004), torna-se adequado para a identificação de movimentos de massa em taludes naturais, utilizando-se de estereogramas para determinação de possíveis áreas de risco a partir de estruturas rúpteis. Diante da análise e interpretação dos modelos será possível alertar as comunidades que estão sob influência destes sistemas de falhas a respeito de eventuais riscos.

Dentre as principais estruturas rúpteis instáveis trabalhos como de Corrêa-Gomes e Destro (2012) a partir da coleta de 33.704 atitudes em cerca de 112 afloramentos resultou nas seguintes principais famílias: N000°, N010°, N030°, N090°, N120° e N160° com 70° de mergulho médio e ambos sentidos de mergulho e indicam que o mesmo conjunto de direções de estruturas instáveis que afetam a Bacia do Reconcavo (BR) também seu reflexo na geologia estrutural local.

O objetivo geral deste trabalho é realizar uma análise geotécnica/estrutural nos taludes rochosos nas Falhas Transversais N090° (ao Sistema paralelo de Falha da Barra) e N120° (paralelos ao Sistema de Falha de Brotas), pois esses Sistemas encontram-se em uma área muito urbanizada, assim podendo preservar danos econômicos e a vida. Os objetivos específicos são (i) modelar as principais famílias de estruturas causadoras de instabilidade de taludes, (ii) analisar as características geométricas e cinemáticas dos sistemas de falhas estudados, (iii) mapear possíveis taludes instáveis, e (iv) fazer o levantamento das direções preferenciais das principais estruturas rúpteis associadas às falhas transversais.

Deste modo ao fim deste trabalho espera-se responder as seguintes questões. A modelagem cinemática aplicada aos taludes rochosos de direção N090° e N120° identificará risco geológico em quais locais? Existe risco geológico nos taludes inseridos no contexto do Sistema Transversal de Falhas?

Para responder estas questões foram realizadas 3 etapas principais: (i) aquisição de dados estruturais como as principais descontinidades rúpteis e parâmetros geomecânicos pertinentes a área de estudo, (ii) modelagem cinemática em taludes de direção N090° e N120° e (iii) aplicação desta modelagem aos taludes do Sistema Transversal de Falhas (STF) (Figura 2).

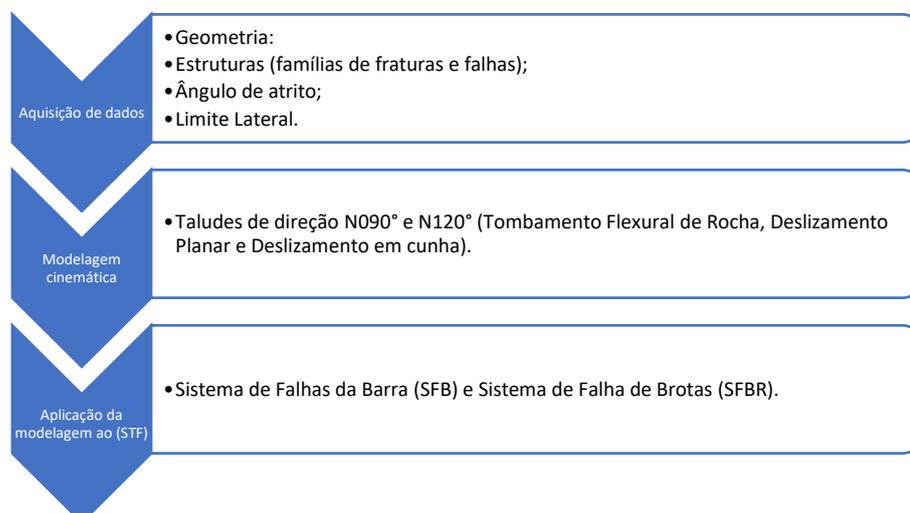


Figura 2: Fluxograma das 3 etapas que norteiam o trabalho e suas descrições resumidas. Etapa 1: Aquisição de dados estruturais, Etapa 2: Modelagem cinemática e Etapa 3: Aplicação da modelagem ao Sistema Transversal de Falhas (STF).

Este trabalho tem como finalidade ser uma produção científica que enriqueça a análise de prevenção de riscos na região de estudo e que auxilie a população e os órgãos municipais e estaduais que prestam o serviço de prevenção de riscos. Para isto este artigo será publicado na revista da Universidade de São Paulo “Geologia USP Série científica”.

Referências

Barbosa, J.S.F., Corrêa-Gomes, L.C., Dominguez, J.M.L., Cruz, S.A.S., Souza, J.S. (2005). Petrografia e Litogeoquímica das Rochas da Parte Oeste do alto de Salvador, Bahia. *Revista Brasileira de Geociências*, 35, 9-22.

Bitar, O.Y., Ortega, R.D., (1998). Gestão Ambiental. In: Oliveira, A.M.S., Brito, S.N.A. (Ed.). *Geologia de Engenharia*. 499-508. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia (ABGE).

Côrrea-Gomes, L.C., Destro, N. (2012). Tectônica das bacias Paleozóicas e Mesozóicas. In: J.S.F. Barbosa, (Ed.), *Geologia da Bahia, pesquisa e atualização*, 255-325. Salvador: CBPM. (Série Publicações Especiais, 13).

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). (2018). Diretoria de Pesquisas, Coordenação de População e Indicadores Sociais. **Estimativas da população residente com data de referência 1º de julho de 2018**. Disponível em:<ftp://ftp.ibge.gov.br/Estimativas_de_Populacao/Estimativas_2018/estimativa_dou_2018_20181019.pdf>. Acesso em: 12 Out. 2020.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). (2018). *População em áreas de risco no Brasil* <<https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101589.pdf>>.

Wyllie, D.C., Mah, C.W. (2004). *Rock Slope Engineering: Civil and Mining* (4th ed.). New York: Spon Press.

CAPÍTULO 2
ARTIGO: MODELAGEM GEOMÉTRICA E ANÁLISE
DE RISCO GEOLÓGICO EM TALUDES ROCHOSOS
APLICADAS AOS SISTEMAS DE FALHAS
TRANSVERSAIS (N090°E N120°) DA CIDADE DO
SALVADOR, BAHIA, BRASIL

Modelagem geométrica e análise de risco geológico em taludes rochosos aplicada os sistemas de falhas transversais (N090° e N120°) da cidade do Salvador, Bahia, Brasil

Geometric modeling and geological hazard analysis on rocky slopes Applied to cross fault systems (N090° and N120°) in the city of Salvador, Bahia, Brazil

Modelagem geométrica no sistema transversal de falhas de Salvador/ Ba

J.P.H Carneiro¹, L.C.Corrêa-Gomes ¹. L.S. Menezes¹

1- Universidade Federal da Bahia (UFBA). Programa de Pós-Graduação em Geologia. Rua Barão de Jeremoabo, s/n, Instituto de Geociências, Ondina, Salvador-Bahia/Brasil;(71 98818-8961) E-mail: (jp_hora@hotmail.com; lccgomes@gmail.com; lsantana.geologo@gmail.com) .ORCID: (0000-0002-9375-2310; 0000-0002-3171-9988; 0000-0002-9859-6513)

Número de palavras: 7261

Número de figuras: 17

Número de tabelas: 4

RESUMO:

A cidade do Salvador possui uma grande parcela da população residindo em áreas de risco geológico. Assim se faz necessário um estudo geológico amplo para auxiliar na preservação de vidas e de propriedades da população nestas regiões. Geologicamente, Salvador apresenta dois sistemas principais de falhas, originárias dos eventos tectônicos que geraram, a bacia tipo rifte do Recôncavo, a W, e a abertura do Atlântico Sul, a E, da cidade, durante o Cretáceo. Um sistema longitudinal, orientado N030°-040° e outro sistema transversal, orientado N90°-120° (STF). Esses sistemas controlam inúmeros vales, altos e taludes locais. Neste estudo foram delimitados os principais lineamentos da cidade do Salvador e foram modelados os Sistema de falhas da Barra (SFB) e Brotas (SFBR) além das principais Falhas de orientação N90°-120°. A partir daí foram gerados modelos em redes estereográficas previsionais de movimentos de massas com base nos dados de planos de descontinuidades da Bacia do Recôncavo, associados as estruturas encontradas na cidade do Salvador. Foi constatado através do estudo desses lineamentos que estruturas transversais com direção N120° são a terceira maior em frequência (9.56%) e em comprimento (10,86%), e, através da modelagem cinemática, que o mecanismo de ruptura de deslizamento em cunha ocorre mais facilmente, seguido do tombamento flexural e do deslizamento planar. A análise comparativa entre os ângulos de atrito indica que apenas os mecanismos de tombamento flexural e deslizamento em cunha tem sua possibilidade de ocorrer ampliada. Também foram identificados 16 taludes instáveis, sendo 3 do SFB e 13 do SFBR, onde podem ocorrer os três mecanismos de ruptura, com direções predominantemente do movimento de massa para o Sul e Sudoeste, em regiões muito povoadas da cidade do Salvador.

Palavras-chave: Risco geológico, Falha da Barra, Falha de Brotas, Deslizamentos Planar e em Cunha, Tombamento.

ABSTRACT:

The city of Salvador has a large portion of the population residing in geological risk areas. Thus, a broad geological study is necessary to help to preserve the lives and properties of the people in these regions. Geologically, Salvador has two main fault systems, originating from the tectonic events they generated, the rift-type Recôncavo basin, at W, and the opening of the South Atlantic, at E, of the city, during the Cretaceous. A longitudinal system, oriented N030°-040°, and another transversal system, oriented N90°-120° (STF). These systems control numerous valleys, highs, and local slopes. In this study, the main lineaments of the city of Salvador were delimited, and the Barra (SFB) and Brotas (SFBR) fault systems were modeled, in addition to the main N90°-120° orientation faults. From there, we generated predictive stereographic net models of mass movements based on data from fault plans in the Recôncavo basin, associated structures found in the city of Salvador. It was found through the study of these lineaments that : (i) transverse structures with direction N120° are the third largest in frequency (9.56%) and in length (10.86%), and, through kinematic modeling, ii) the wedge slip failure mechanism occurs more easily, followed by flexural tipping and planar sliding. The comparative analysis between the friction angles indicates that only the flexural toppling and wedge sliding mechanisms have their possibility of occurring increased. Besides that, 16 unstable slopes were also identified, 3 related to the SFB and 13 related to the SFBR, where the three failure mechanisms can occur, with predominantly mass movement directions to the South and Southwest, in heavily populated regions of the city of Salvador.

Keywords: Geological Hazard, Barra Fault, Brotas Fault, Wedge Slip, Sliding, Toppling.

1 – INTRODUÇÃO

A cidade do Salvador (Figura 1) é uma das mais importantes capitais do país, possui uma extensão de 693,453 km² e uma população de 2.675.656 habitantes, resultando numa densidade populacional de 3.859,44 hab./km² (IBGE, 2018). Salvador apresenta o maior contingente de população em áreas de risco em 2010, tanto na Região Nordeste, quanto no Brasil, contabilizando 1.217.527 habitantes (45,5 % da população total do município) (IBGE, 2018).

Essa grande densidade demográfica associado com a topografia acidentada da cidade propicia um ambiente de grande risco geológico dentro do perímetro urbano, além disso, a cidade apresenta dois sistemas principais de falhas um longitudinal N030°-040° (SLF) (Sistema de Falhas de Salvador e Iguatemi) e um transversal N090°-120° (STF) (Sistema de falhas de Brotas e Barra).

O estudo da análise de risco geológico possui uma grande importância para a resolução de problemas, pois corresponde a uma estimativa prévia da probabilidade de ocorrência de um acidente e a avaliação das suas consequências sociais, econômicas e ambientais (Bitar e Ortega, 1998). Assim, compreender como a influência das principais estruturas geológicas podem deflagrar instabilidade de taludes naturais é de fundamental importância para segurança da sociedade. Considerando isto, o método da análise cinemática (Wyllie e Mah, 2004), torna-se adequado para a identificação de movimentos de massa em taludes naturais, utilizando-se de estereogramas para determinação de possíveis áreas de risco a partir de estruturas rúpteis. Diante da análise e interpretação dos modelos será possível alertar-se as comunidades estão sob influência destes sistemas de falhas a respeito de eventuais riscos.

Dentre as principais estruturas rúpteis instáveis, trabalhos como de Corrêa-Gomes e Destro (2012) e Silva (2013) a partir da coleta de 33.704 atitudes em cerca de 112 afloramentos resultou nas seguintes principais famílias: N000°, N010°, N030°, N090°, N120° e N160° com 70° de mergulho médio e ambos sentidos de mergulho, isto sugere que o mesmo conjunto de direções de estruturas instáveis que afetam a Bacia do Reconcavo (BR) provavelmente tenha também seu reflexo na geologia estrutural local.

O objetivo geral deste trabalho é realizar uma análise geotécnica/estrutural nos taludes rochosos nas Falhas Transversais N090° (paralelos ao Sistema de Falha da Barra) e N120° (paralelos ao Sistema de Falha de Brotas), pois esses Sistemas encontram-se em uma área muito urbanizada, assim podendo preservar danos econômicos e a vida. Os objetivos específicos são i) modelar as principais famílias de estruturas causadoras de instabilidade de taludes, (ii) analisar as características geométricas e cinemáticas dos sistemas de falhas estudados, (iii) mapear possíveis taludes instáveis, e (iv) fazer o levantamento das direções preferenciais das principais estruturas rúpteis associadas as falhas transversais.

2 - LOCALIZAÇÃO E CONTEXTO GEOLÓGICO - GEOMECÂNICO

A área de trabalho está localizada na região Nordeste, no litoral do estado da Bahia. (Figura 1).

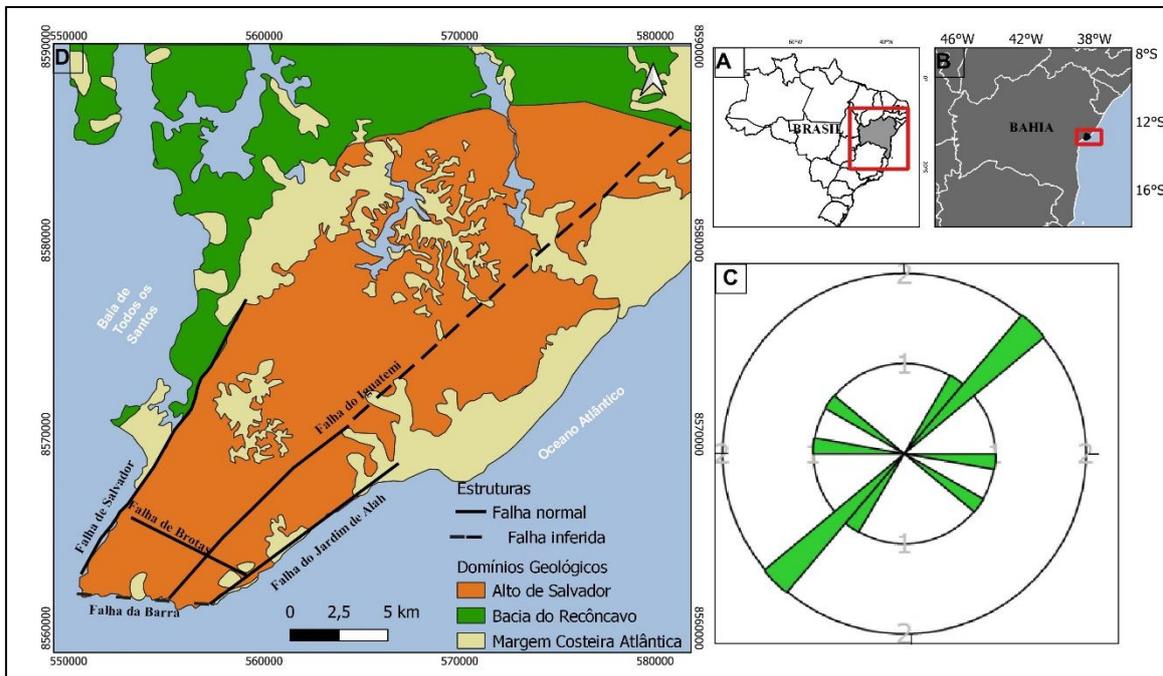


Figura 1: A) Mapa do Brasil com destaque do estado da Bahia B) localização na área de estudo em relação ao estado da Bahia. C) Diagrama de rosetas de frequência dos principais Sistemas de Falhas da cidade do Salvador, pétalas de 10° em 10°. D) Mapa dos domínios geológicos da cidade do Salvador (Adaptado de Barbosa *et al.*, 2005).

Dentre suas características geológicas locais, a cidade de Salvador foi subdividida por (Barbosa *et al.* 2005) em três domínios geológicos principais (Figura.1D).

i) Margem Costeira Atlântica, formada por depósitos terciários e quaternários (Souza *et.al* , 2010 e Souza, 2013), composta por acumulações pouco espessas de sedimentos argilosos, arenosos e areno-argilosos (Barbosa *et al*, 2005), e rochas miocênicas do Grupo Barreiras;

ii) Bacia Sedimentar do Recôncavo que é limitada a noroeste pela Bacia de Tucano e a sul pelo Sistema de Falhas da Barra em um *trend* de direção N090° (Milani, 1988 e Milani, 1989), cerca de 12.000 km² e uma orientação NE-SW (Milhomem *et al.*, 2003) é constituída por rochas sedimentares mesozoicas, esta Bacia faz parte de um sistema Rift maior (Souza 2010 *et al.* e Souza, 2013) sendo este o sistema Recôncavo-Tucano-Jatobá, limitado a leste pela falha de Salvador (Barbosa *et al*, 2005), na cidade de Salvador afloram as unidades da Formação Salvador e do Grupo Ilhas ;

A Bacia do Recôncavo – BR, possui uma geometria formada por meio-grábens e é cercada por Falhas transversais que podem apresentar cinemática normal refletindo uma identidade de falhas de alívio, a transcorrente com componentes que podem variar a obliquidade (Destro *et.al*, 2003). Corrêa-Gomes e Destro (2012) e Silva (2013). obtiveram em seus trabalhos um levantamento de 33.704 atitudes em cerca de 112 afloramentos resultando nas seguintes principais famílias: N000°, N010°, N030°, N090°, N120° e N160° com 70° de mergulho médio e ambos sentidos de mergulho. Estas seriam as principais famílias de estruturas encontradas na BR.

iii) o Alto de Salvador, que representa um *horst* de rochas metamórficas de alto grau (Barbosa *et al.* 2005) do orógeno Salvador-Esplanada-Boquim, orógeno que corresponde ao embasamento nordeste da BR possui orientação N040° (Silva *et al.*, 2005), estas rochas são reequilibradas nas fácies anfibolito alto e granulito e cortadas por enxames de diques máficos na margem litorânea da cidade (Corrêa-Gomes *et al.*, 1996). Está limitado a oeste pela Falha de Salvador e a leste pela Falha do Jardim de Alah e seccionado em duas partes pela Falha do Iguatemi.

Corrêa-Gomes (2018) conclui que os sistemas longitudinais delimitam a cidade de Salvador em três compartimentos geomorfológicos, sendo estes: cidade Baixa, a oeste do Sistema de Falha de Salvador, cidade Alta, sendo limitada pelo Sistema de Falhas de Salvador e Sistema de Falhas do Iguatemi, e a cidade Média, limitados pelos Sistema de Falhas do Iguatemi e Sistema de Falhas do Jardim de Alah (Figura 2).

As regiões onde localizam-se o Sistema Transversal de Falhas (STF) (Figura 2), situam-se em locais aflorantes dos granulitos ortoderivados (Arqueano – Paleoproterozoico), Formação Salvador (Mesozoico), Grupo Ilhas (Mesozoico), Grupo Barreiras (Terciário) e sedimentos costeiros (Quaternários).

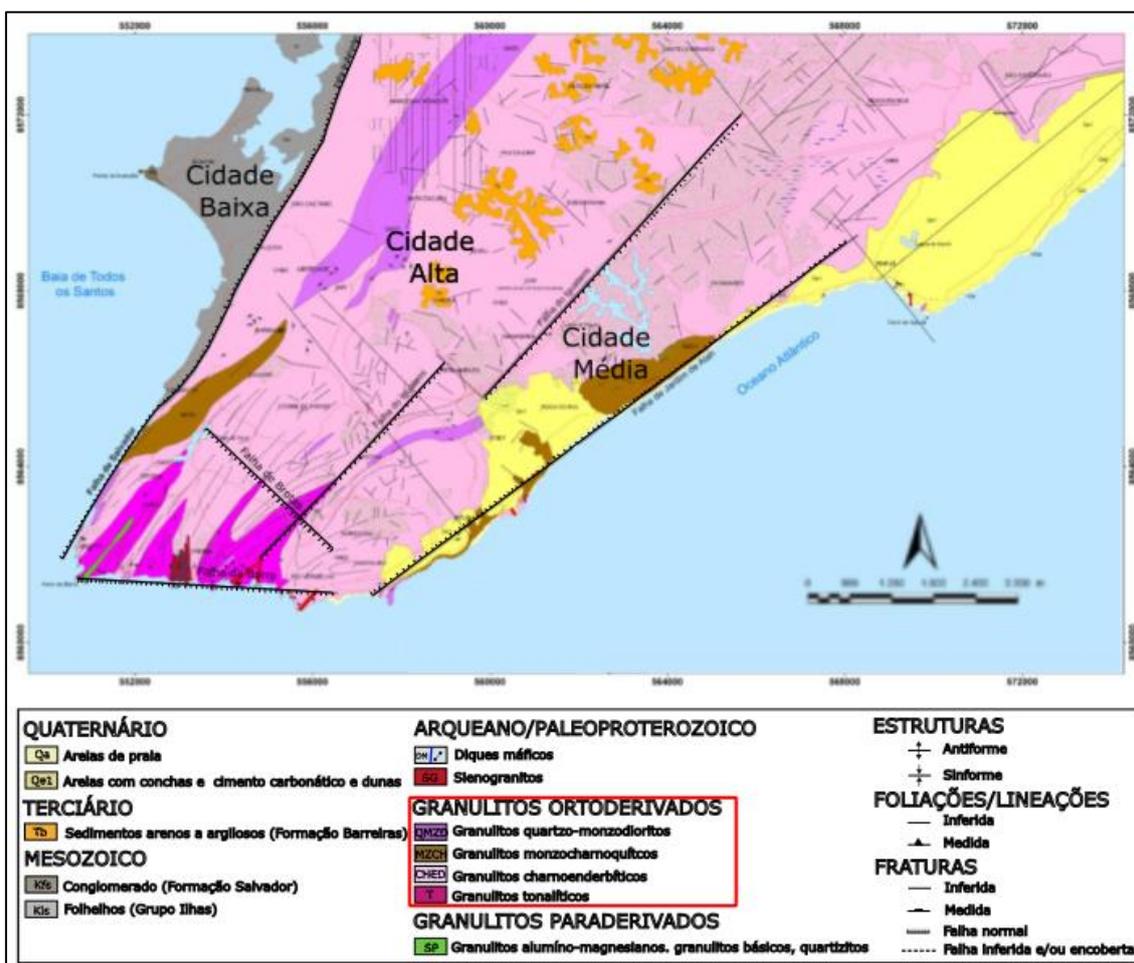


Figura 2: Mapa com os litotipos e os principais lineamentos estruturais de Salvador localizados nas porções onde afloram Granulitos ortoderivados. Em vermelho destacado na legenda os principais tipos de Granulitos ortoderivados identificados na cidade do Salvador (Adaptado de Souza, 2013).

2.1 - Ângulo de atrito das rochas da cidade do Salvador

Um parâmetro utilizado para o estudo da estabilidade de taludes é a análise das propriedades mecânicas das rochas e dos solos. Desse modo é imprescindível entender que as principais rochas que afloram na cidade do Salvador são os granulitos ortoderivados (Figura 2), e que o topo dos taludes devido à ação intempérica é formada principalmente por um latossolo residual (Guimarães, 2012).

O estudo das tensões cisalhantes e a resistência a este cisalhamento auxilia na definição de qual é o ângulo máximo em que um talude pode apresentar estabilidade, assim a determinação do ângulo de atrito é essencial para o estudo geotécnico, e o mesmo só é possível através de ensaios de amostras obtidos em campo. Jesus *et al.*, (2005, 2008) coleta 369 amostras de solo na cidade do Salvador e encontram valores de ângulo de atrito em ensaios com umidade natural que variavam de $18,2^\circ$ à $30,1^\circ$, com variância de $6,09^\circ$. Já Souza (2019) realiza uma amostragem tanto com amostras com umidade natural e saturadas e obtém em seu ensaio valores de ângulo de atrito de 36° para a amostras saturadas e 39° para amostras naturais.

Segundo Vaz (1996) a presença de estruturas externas como falhas, fraturas, contatos e as condições hidrogeológicas são os fatores que governam as características dos maciços rochosos. Embora as amostras de Jesus (2005, 2008) e Souza (2009) sejam de solo residual, este solo pode apresentar características homogêneas em relação à cor, granulometria, composição mineralógica e geometria das estruturas devido à presença de estruturas reliquias do maciço rochoso. Sendo assim, a utilização destes ângulos de atritos para a realização da modelagem cinemática é possível principalmente se tratando de uma análise mais conservadora para aumentar a segurança da análise e prevenir danos econômicos e a vida.

3 - MATÉRIAS E MÉTODOS

O método deste trabalho foi dividido em 3 etapas, sendo a primeira à aquisição de dados relativos às famílias de estruturas instáveis e as variáveis que auxiliam na estabilidade do talude ou não, através de levantamento bibliográfico. A segunda etapa é a modelagem cinemática com base nos dados médios adquiridos na primeira etapa e a terceira é a aplicação destes modelos no STF, a partir do mapa de lineamentos, para geração dos mapas de taludes instáveis da cidade do Salvador paralelos ao STF e sentido de movimento de massa.

3.1 - Modelagem Cinemática

A modelagem cinemática foi realizada utilizando o *Dips Rockscience v7.0* para os 3 principais tipos de mecanismos de ruptura em taludes naturais: Deslizamento planar, deslizamento em cunha e tombamento de rocha (Figura 3). Os parâmetros geomecânicos e dados geométricos (atitudes de descontinuidades) foram interpretados através da análise estereográfica no hemisfério sul em um diagrama de Schimdt-Lambert em que os ângulos entre os meridianos e paralelos são preservados (Gerscovich, 2012).

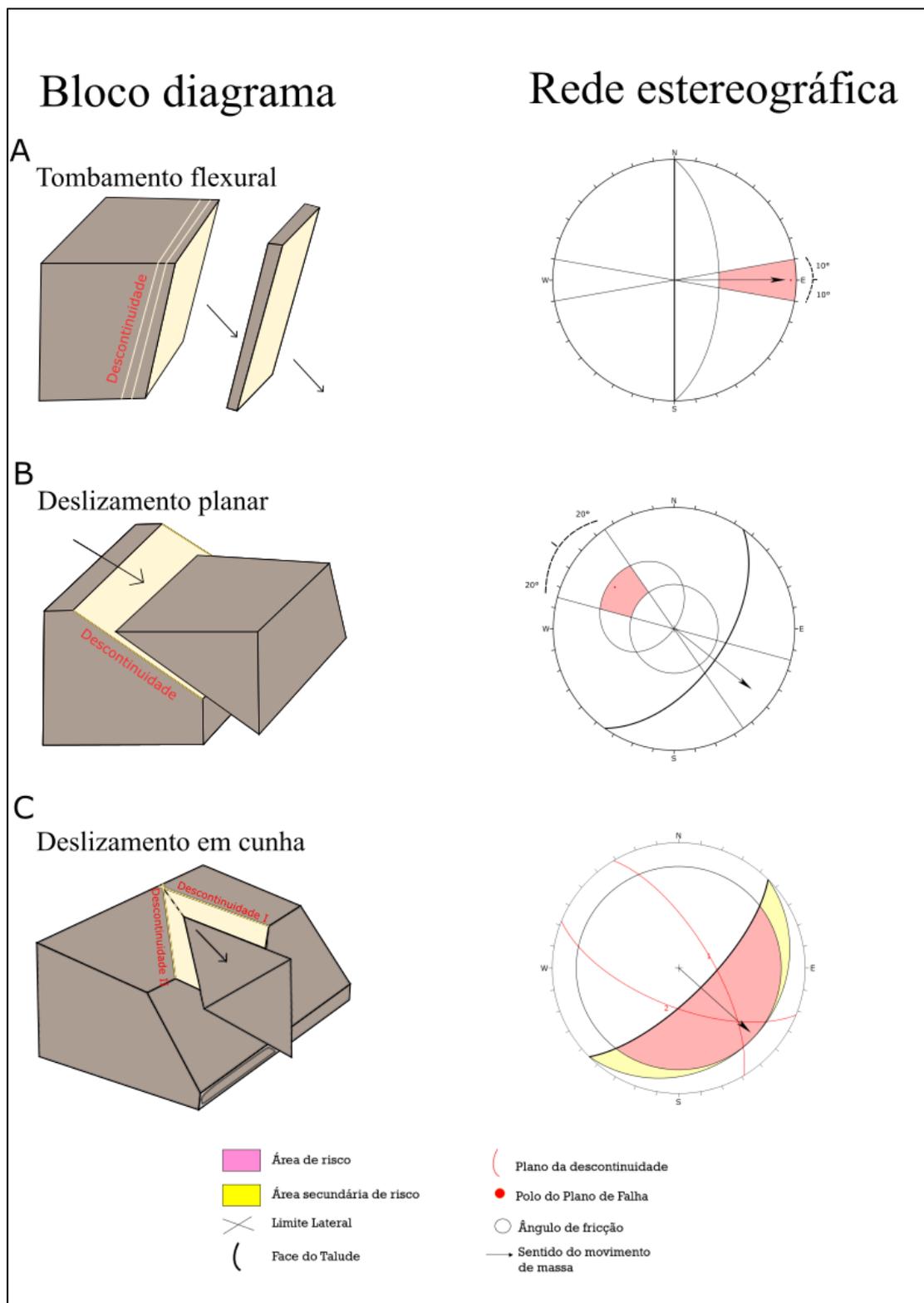


Figura 3: Principais mecanismos de tombamento e deslizamento de blocos, representação em bloco diagramas e rede estereográfica. A) Tombamento flexural de rocha contendo descontinuidades mergulhando abruptamente na face. B) Deslizamento planar de rocha contendo descontinuidades mergulhando para fora da face encosta C) Deslizamento em cunha contendo duas interseções descontinuidades. Em rosa, a área onde pode ocorrer o risco geológico e em amarelo, área secundária de risco para deslizamento em cunha, utilizado para interpretações conservadoras (Adaptado de Wyllie e Mah, 2004).

Para que seja possível modelar o tombamento flexural (Figura 3.A), é necessário segundo Goodman (1980), Wyllie & Mah, (2004) e Chiossi, (2013) que blocos rochosos individuais, ou conjunto de blocos, sofram uma rotação sobre seu próprio eixo, assim tombando assim na face livre da vertente. A ocorrência deste mecanismo de ruptura é possibilitada devido à presença de planos estruturais bem definidos como falhas, juntas e xistosidades. Uma condição essencial para a ocorrência do fenômeno é que o limite lateral não exceda de 10° (Glastonbory *et al.*, 2000), pois haverá um acréscimo da espessura da rocha que proporcionará estabilidade neste bloco.

A modelagem de deslizamento planar (Figura 3.B) só é possível se as estruturas forem aflorantes e inclinadas na direção da face livre da vertente, com ângulo superior ao ângulo de atrito interno da rocha e ângulo menor que o da inclinação da superfície livre da vertente (Chiossi, 2013). O deslizamento do plano não é possível se a direção do mergulho da descontinuidade difere da direção do mergulho da face em muito mais do que cerca de 20° (Wyllie & Mah, 2004). Isto ocorre porque sob essas condições haverá um acréscimo de espessura da rocha em uma extremidade do bloco que terá força para resistir ao falhamento.

A modelagem do deslizamento em cunha (Figura 3.C) é um pouco mais complexa, pois depende da análise da interseção de 2 ou mais planos de descontinuidade. Uma cunha com 2 faces em contato com a rocha apresenta três modos de deslizamento fundamentais: dois modos de deslizamento em qualquer plano sozinho ou um modo de deslizamento ao longo da linha de interseção (Goodman, 1980).

A modelagem compreendeu taludes de direção N090° e N120° com uma variação de mergulho de 0° à 90° com intervalos de 10° , estes taludes estão associados ao Sistema de Falhas da Barra (SFB) e ao Sistema de Falhas de Brotas (SFBR) respectivamente. Utilizou-se o valor médio de 30° para o ângulo de atrito dentre os obtidos por Jesus (2005, 2008) e Souza (2019) e posteriormente a comparação entre os ângulos de $18,2^\circ$ e $30,1^\circ$ descrito por Jesus (2005, 2008), 36° e 39° descrito por Souza (2019). Utilizou-se as principais famílias de descontinuidades descritas por (Corrêa-Gomes e Destro, 2012; Silva, 2013), estas principais orientações planares podem ser vistas na tabela 1. O limite lateral foi definido em 10° para tombamento de rocha e 20° para deslizamento planar, valores estes médios para ocorrência do fenômeno segundo Goodman (1980), Hoek (1981), Glastonbury (2000), Wyllie e Mah (2005) e Chiossi (2013). Os parâmetros utilizados no *Dips Rockscience v7.0* estão dispostos na tabela 1 abaixo.

Tabela 1: Dados de entrada referentes às especificações das redes estereográficas no software *Dips Rockscience v.7*, para realização da modelagem cinemática.

Parâmetros	Dados e especificações das redes estereográficas	Referências
Tipos de movimento de massa	Tombamento Flexural de rocha, Deslizamento planar, Deslizamento em cunha	Goodman, 1980; Hoek, 1981; Glastonbury, 2000; Wyllie e Mah, 2004; Chiossi, 2013
Direção dos taludes (Strike)	N 090° e N 120°	
Ângulo dos mergulhos dos taludes	0° à 90° com intervalo de 10°	
Atitudes das descontinuidades	N00°/70° NW ; N10°/70° NW; N30°/70° NW; N160°/70° NE; N00°/70° SE; N10°/70° SE; N30°/70° SE; N160°/70° SW ; N40°/70° NW; N90°/70° N; N120°/70° NE; N40°/70° SE; N90°/70° S; N120°/70° SW	Corrêa-Gomes e Destro, 2012; Silva, 2013
Limite Lateral	Tombamento de Rocha 10°, Deslizamento Planar 20°, Deslizamento em Cunha N/A	Goodman, 1980; Hoek, 1981; Glastonbury, 2000; Wyllie e Mah, 2004; Chiossi, 2013
ângulos de atrito	18° ,30°, 36° e 39°	Jesus et al, 2005; Jesus, 2008 e Souza, 2019
Rede estereográfica	Igual-área ou Schmidt-Lambert	Wyllie e Mah, 2004; Chiossi, 2013
Hemisfério	Hemisfério Inferior	Wyllie e Mah, 2004; Chiossi, 2013)

Foi utilizado na modelagem cinemática o ângulo de atrito de 30° por se tratar de um valor médio dentre os ângulos de atrito obtidos por Jesus et al. (2005), Jesus (2008) e Souza (2019) na representação gráfica. Portanto os modelos criados apresentarão formação de área de risco (instabilidade) a partir do ângulo de mergulho do talude de 40°, sendo assim, os modelos apresentados terão sua apresentação gráfica com variação de inclinação de 40° à 90°.

3.2 - Estudo de caso – Mapeamento de taludes instáveis

O traçado dos lineamentos estruturais foi realizado de forma manual, através da ferramenta de vetorização, utilizando do *Software SIG Qgis 3.10*. Para isto foram utilizadas imagens *Shuttle Radar Topography Mission (SRTM)* e transformadas no aspecto sombreado utilizando a ferramenta de “Análise de Terreno” do *Qgis v.3.10*, para os azimutes de insolação (ângulo em que o a iluminação é realizada na imagem de satélite) de 45°, 135°, 225° e 315°, e altitude de insolação (ângulo em que o sol esta da superfície) de 45°. Com estes lineamentos estruturais traçados foi possível gerar os diagramas de frequência e comprimento.

Para a realização desse mapeamento foi necessário a utilização do *software Qgis* para geolocalização dos taludes instáveis, e o uso de imagem SRTM e dos dados de cotas topográficas com precisão de 1 metro fornecido pela Companhia de Desenvolvimento Urbana do Estado da Bahia (CONDER).

A identificação de taludes instáveis se deu a partir da relação da altura do talude pela distância do topo a base, assim podendo-se calcular o ângulo deste valor resultando

no mergulho deste talude. Com os mergulhos dos taludes e suas localizações o próximo passo foi inserir essa informação dentro dos modelos criados para se estabelecer se a localidade estava dentro ou não de um ou mais mecanismos de ruptura. Com estas informações tabeladas a próxima etapa foi utilizar o *software QGIS v.3.10* para geração dos mapas em coordenadas Universal Transversa Mercator (UTM), Datum SIRGAS 2000. Este mapeamento seguiu o mesmo modelo proposto por Menezes (2021) para identificar os taludes.

4.0 - RESULTADOS

4.1 - Modelagem cinemática

4.1.1 - Tombamento flexural de rocha

Na modelagem de tombamento de bloco em um talude de direção N090° (Figura 4) o talude apresenta instabilidade a partir de 40°, e a partir de 50° foi encontrado dois pólos da falha onde pode ocorrer o tombamento de bloco, estes pólos são referentes aos planos N090°/70°N e N090°/70°S. Estes pólos se mantem como os únicos causadores de risco geológico. O *trend* do movimento de massa não se deslocou ao longo do aumento do mergulho do talude e durante a movimentação de massa o *trend* tem o mesmo o sentido do mergulho do talude.

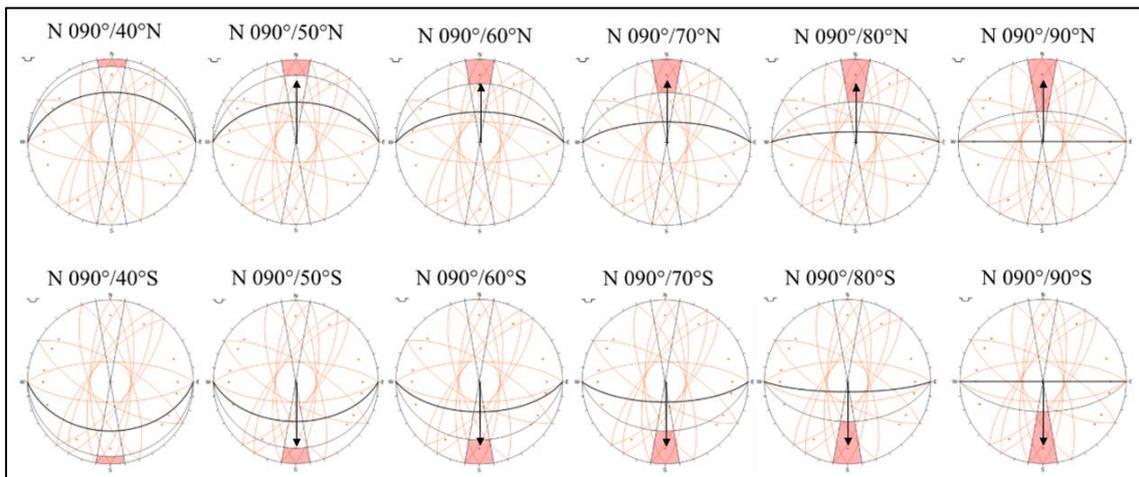


Figura 4: Modelagem de tombamento flexural para taludes de direção N090° com ambas direções de mergulho, em rosa a área de risco para tombamento de blocos.

Na modelagem de tombamento de bloco em um talude de direção N120° (Figura 5) o talude apresenta instabilidade a partir de 40°, e a partir de 50° foi encontrado dois pólos da falha onde pode ocorrer o tombamento de bloco, estes pólos são referentes aos planos N120°/70NE e N120°/70SW respectivamente. Estes pólos se mantem como os únicos causadores de risco geológico. O *trend* do movimento de massa não se deslocou ao longo do aumento do mergulho do talude e durante a movimentação de massa o *trend* tem o mesmo o sentido do mergulho do talude.

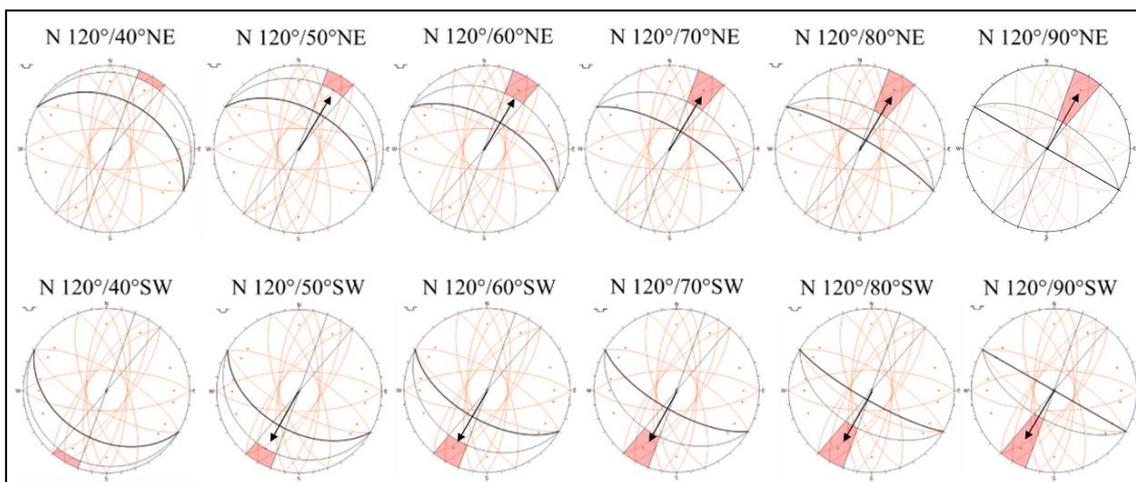


Figura 5: Modelagem de tombamento flexural para taludes de direção N120° com ambas direções de mergulho, em rosa é a área de risco para tombamento de blocos.

4.1.2 - Deslizamento planar

Na modelagem em um talude de direção N090° (Figura 6) o talude apresenta instabilidade a partir de 40°, e a partir de 70° foi encontrado dois pólos de falha onde pode ocorrer o deslizamento planar. Estes planos relativos a estes pólos são os N090°/70°N e N090°/70°S. Quando o talude atinge o mergulho máximo de 90° o plano em risco se mantém, mas caso o limite lateral exceda 20° os pólos dos planos N030°/70°NW, N030°/70°SE, N040°/70°NW, N040°/70°SE, N120°/70°NE e N120°/70° também estarão situados na zona de risco rosada. O *trend* do movimento de massa não se deslocou ao longo do aumento do mergulho do talude.

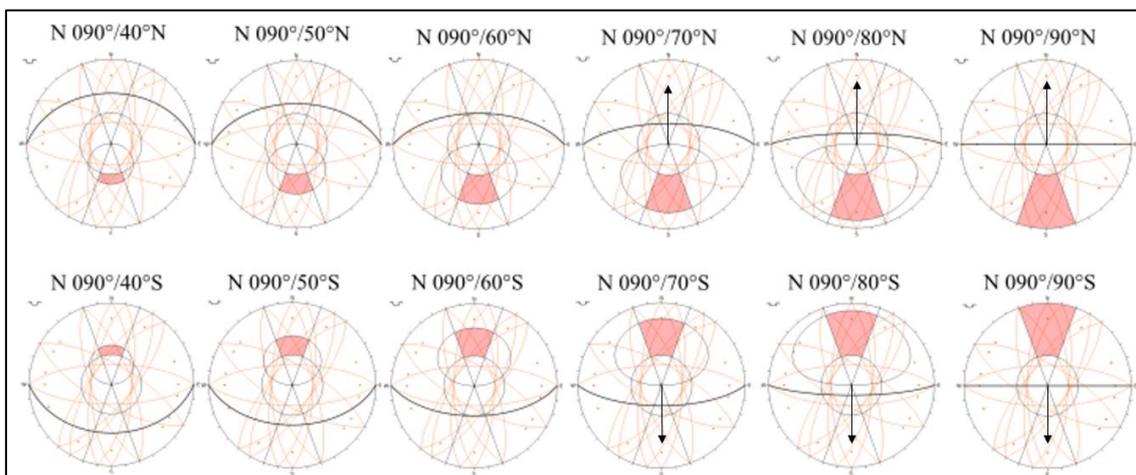


Figura 6: Modelagem de deslizamento planar para taludes de direção N090° com ambas direções de mergulho, em rosa é a área de risco para deslizamento planar.

Na modelagem em um talude de direção N120° (Figura 7) o talude apresenta instabilidade a partir de 40°, e a partir de 70° foram encontrados dois pólos da falha (14,3% dos polos) onde pode ocorrer o deslizamento planar, estes são os pólos dos planos N120°/70°NE e N120°/70°SW. Quando o talude atinge o mergulho máximo de 90° o plano em risco se mantém, mas caso o limite lateral exceda 20° os pólos dos planos N000°/70°E, N000°/70°W, N090°/70°N, N090°/70°S, N160°/70°NE e N160°/70°S também estarão situados na zona de risco em rosa. O *trend* do movimento de massa não se deslocou ao longo do aumento do mergulho do talude.

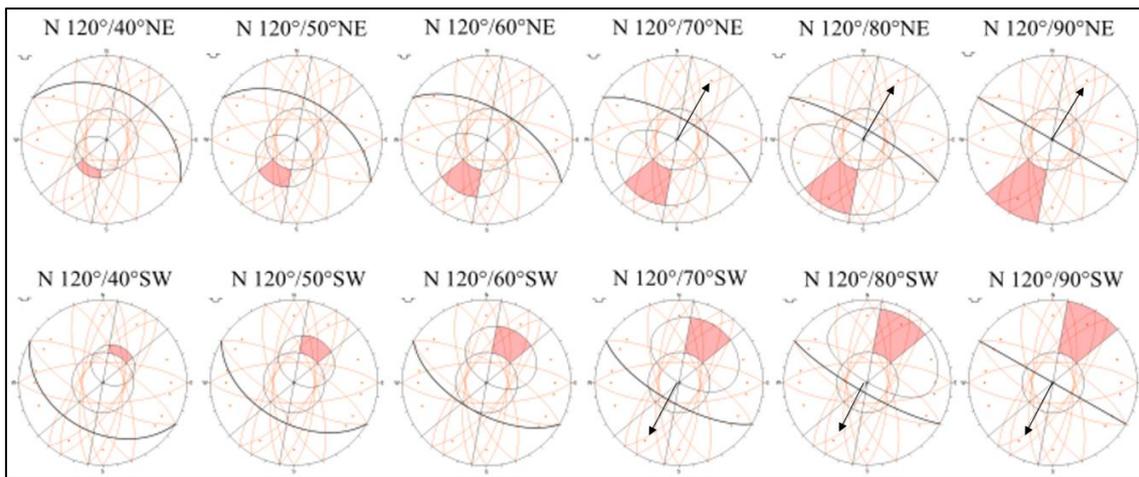


Figura 7: Modelagem de deslizamento planar para taludes de direção N120° com ambas direções de mergulho, em rosa é a área de risco para deslizamento planar.

4.1.3 - Deslizamento em cunha

Na modelagem de deslizamento em cunha em um talude de direção N090° (Figura 8) o risco geológico teve seu início a partir do mergulho de 40°, onde foi encontrado 3 interseções de plano, ponto este instável propício para o evento do deslizamento em cunha. À medida que o mergulho foi aumentando de 50°, 60°, 70°, 80° e 90° temos respectivamente 5 (5,5%), 8 (8,8%), 22 (24,2%), 28 (30,8%) e 39 (42,9%) interseções dentro da zona de instabilidade, este número de interseções é igual para ambas direções de mergulhos modeladas. O *trend* do movimento de massa é concordante com a direção do mergulho do talude em inclinações de 40° e 50°. A partir de 60° possui 2 tendências principais, e amplia-se para 4 em situações subverticalizadas (80° e 90°) para ambos sentidos de mergulho.

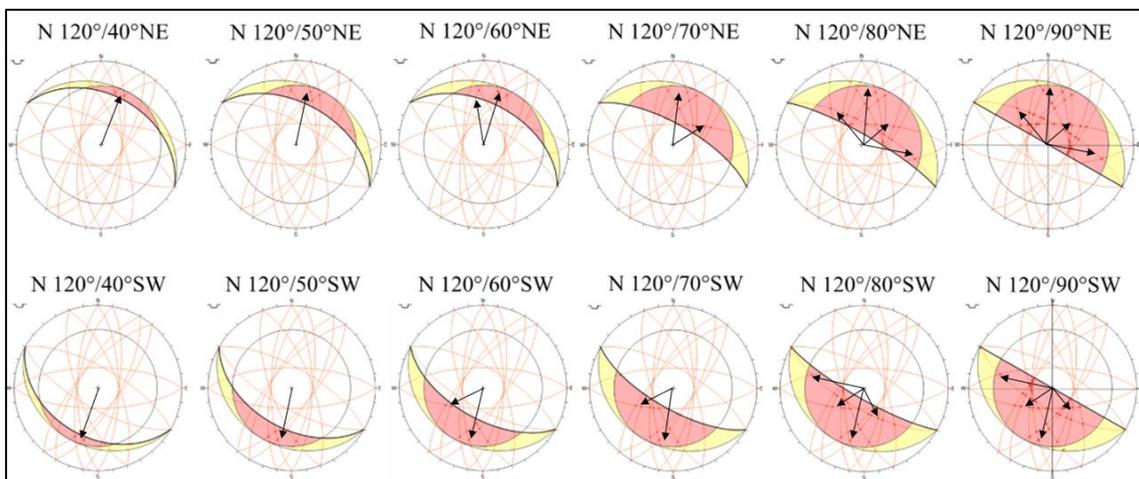


Figura 8: Modelagem de deslizamento em cunha para taludes de direção N090° com ambas direções de mergulho, em rosa é a área de risco para deslizamento em e em amarelo é uma região secundária de risco.

Na modelagem de deslizamento em cunha em um talude de direção N120° (Figura 9) o risco geológico teve seu início a partir do mergulho de 40°, onde foi encontrado 2 interseções de plano, ponto este instável e propício para o evento do deslizamento em cunha. À medida que o mergulho foi aumentando de 50°, 60°, 70°, 80° e 90% temos respectivamente 4 (4,4%), 8 (8,8%), 21 (23%), 29 (31,2%) e 40 (43,9%) pontos críticos

dentro da zona de instabilidade, este número de interseções é igual para ambas direções de mergulhos modeladas. O *trend* principal do movimento de massa é concordante com o sentido do mergulho para taludes de inclinação de 40°, já a partir de 50° até 70° possui 2 tendências principais, uma com sentido igual do talude e outra para nordeste e sudeste respectivamente. Quando subverticalizados possui 4 sentidos principais devido ao grande número de interseções de planos de descontinuidades.

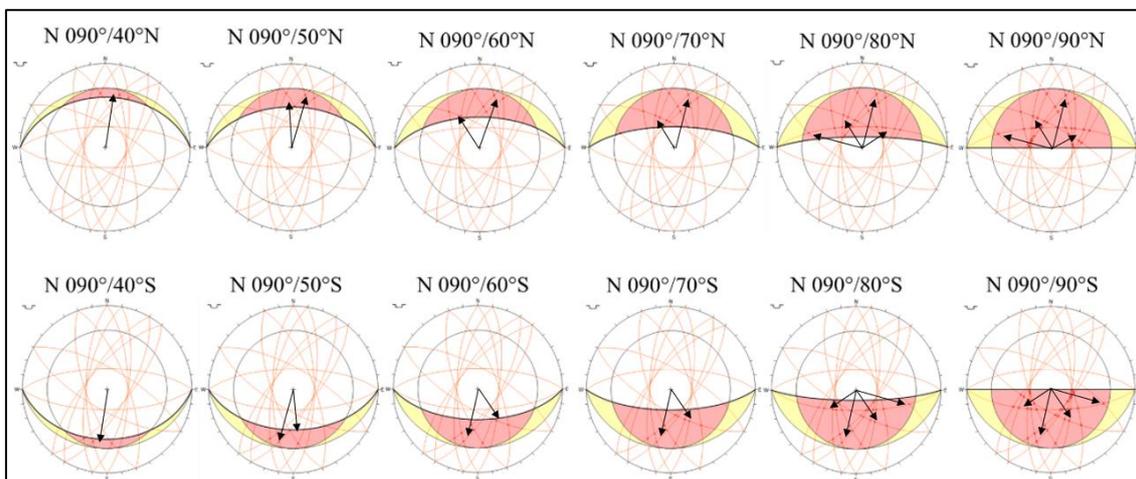


Figura 9: Modelagem de deslizamento em cunha para taludes de direção N120° com ambas direções de mergulho, em rosa é a área de risco para deslizamento em cunha e em amarelo é uma região secundária de risco.

4.2 - Comparação entre os ângulos de atrito

Como a cidade do Salvador apresenta uma heterogeneidade em relação geologia e pedologia em diferentes pontos da cidade, além de um regime de chuva que pode propiciar solos mais ou menos saturados em água a depender da época do ano foi realizado uma comparação entre os ângulos de atrito de 18°, 30°, 36° e 39° propostos por Jesus (2005, 2008) e Souza (2019) para os 3 tipos de mecanismos de ruptura: tombamento flexural de rocha, deslizamento planar e deslizamento em cunha.

4.2.1 - Tombamento Flexural de rocha

Foi identificado um comportamento diferente para os taludes com diferentes ângulos de atrito em relação à inclinação de estabilidade. Há 2 estruturas instáveis em todos cenários de ângulos de atrito (Figura 10). No ângulo crítico de 18° foi encontrado o cenário de maior instabilidade com taludes de inclinação de 40° produzindo movimentos de massa. No ângulo crítico de 36° e 39° foi identificado o cenário mais estável, com taludes produzindo movimentos de massa em taludes com 60° de mergulho.

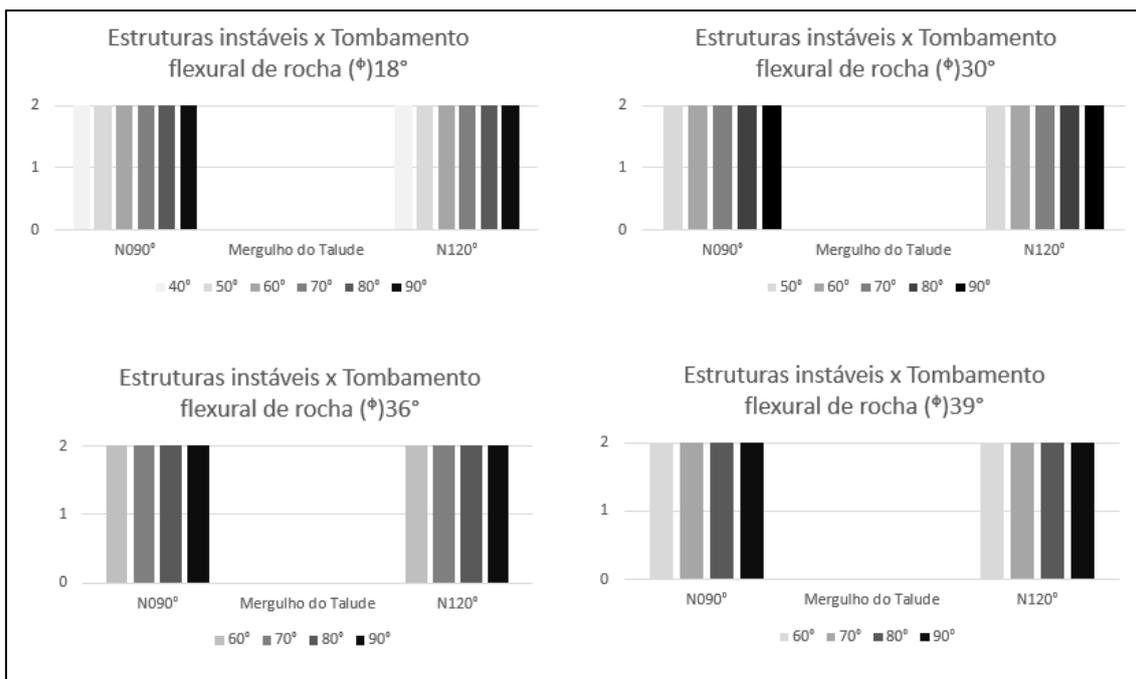


Figura 10: Gráfico de barras de estruturas instáveis x tombamento flexural em relação aos ângulos críticos de 18°, 30°, 36° e 39° considerando os dois sentidos de mergulho do talude. O tombamento flexural de rocha pode ocorrer a partir do ângulo de 40° no cenário mais instável.

4.2.2 - Deslizamento Planar

Durante a análise comparativa, a mudança do ângulo de atrito nesse tipo de movimento de massa não teve impacto no resultado de estruturas instáveis identificadas (Figura 11). Foram identificadas 2 estruturas instáveis em todos cenários de ângulos de atrito. A partir de 70° o talude encontra-se em instabilidade, mas o número de estruturas manteve-se estável entre os ângulos de 70° à 90°.

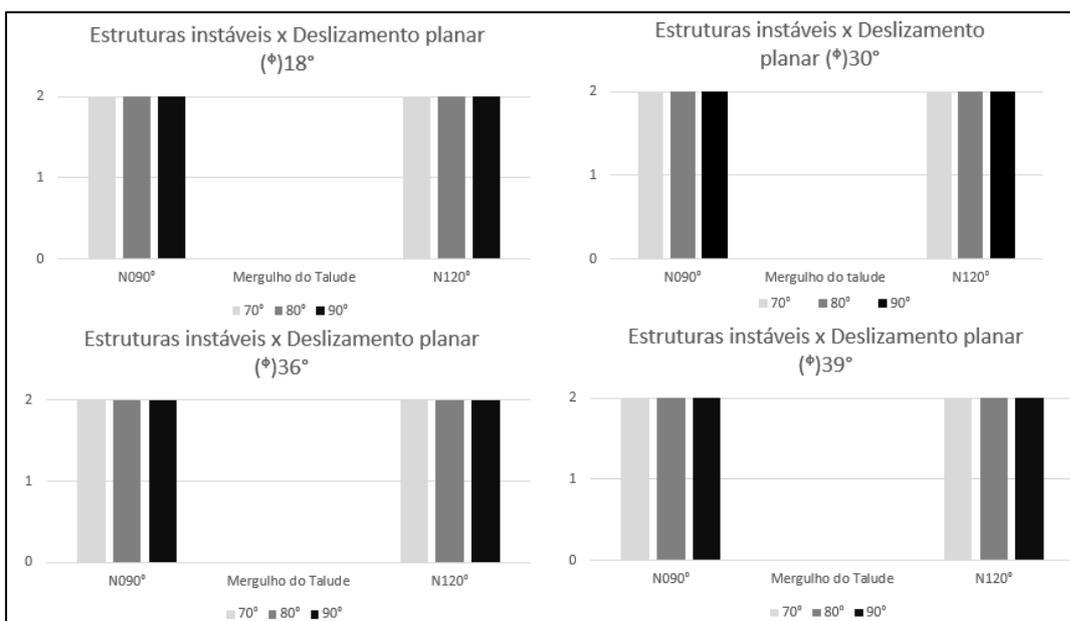


Figura 11: Gráfico de barras de estruturas instáveis x Deslizamento planar em relação aos ângulos críticos de 18°, 30°, 36° e 39° considerando os dois sentidos de mergulho do

talude. O deslizamento planar pode ocorrer a partir do ângulo de 70° no cenário mais instável.

4.2.3 - Deslizamento em cunha

Durante a análise dos diferentes comportamentos em relação ao ângulo de atrito identificou-se que há uma relação crescente do número de estruturas instáveis em relação ao aumento do ângulo de mergulho do Talude (Figura 12). A diminuição do ângulo é inversamente proporcional ao aumento de estruturas instáveis.

Comparativamente em taludes de direção $N90^\circ$ no ângulo de atrito 36° há um maior número de estruturas instáveis em relação aos taludes $N120^\circ$, porém em um ângulo de atrito de 30° há uma maior predominância nos taludes $N120^\circ$ em relação aos $N090^\circ$. Em ambas direções de taludes o maior número de estruturas identificadas foi de 82 sob uma situação de ângulo de atrito de 18° .

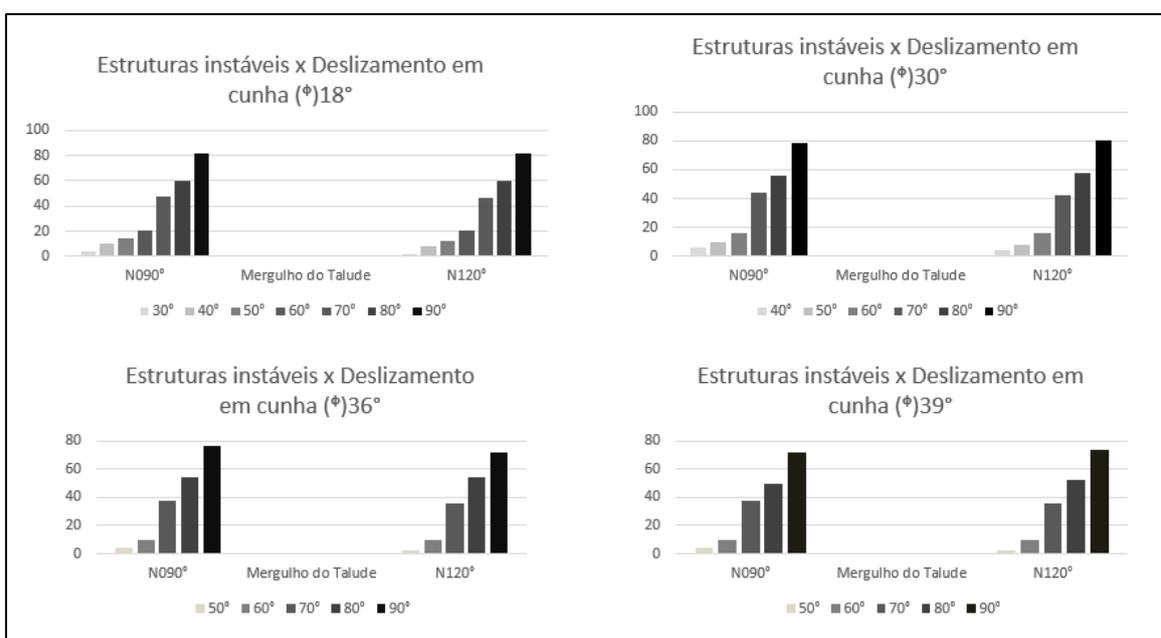


Figura 12: Gráfico de barras de estruturas instáveis x deslizamento em cunha em relação aos ângulos críticos de 18° , 30° , 36° e 39° considerando os dois sentidos de mergulho do talude. O deslizamento em cunha pode ocorrer a partir do ângulo de 30° no cenário mais instável.

O número das estruturas instáveis dos taludes de direção $N090^\circ$ e $N120^\circ$ é muito semelhante em relação ao aumento do ângulo de atrito, (Figura 13). Porém é observado que em ângulos de atrito de 39° nos taludes com mergulho de 70° à 80° há mais estruturas instáveis do que no ângulo de atrito de 36° para taludes de direção $N120^\circ$.

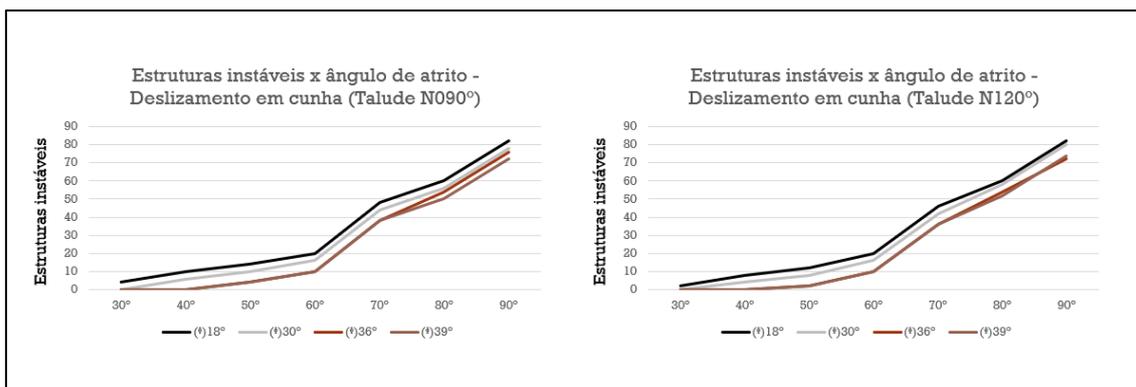


Figura 13: Relação comparativa das estruturas instáveis x ângulo de atrito para taludes de direção N090° e N120°. Número crescente de estruturas instáveis a partir de taludes com ângulo de inclinação superior a 30°

4.3 - Mapeamento dos taludes instáveis no STF – Estudo de caso

Os lineamentos estruturais foram extraídos a partir de linhas traçadas manualmente em contraste de relevo de imagens SRTM. Foram traçados um total de 230 lineamentos com comprimento acumulado de 334,6 Km (figura 14.A). Na figura 14.B pode-se destacar que os lineamentos com maior frequência são: N130°-140° com 31 medidas (13,47%), N120°-N130° com 22 medidas (9,56%), N140°-N150° com 21 medidas (9,13%) e N40°-N50° com 18 medidas (7,82%). Na figura 14.C os lineamentos com maiores comprimentos são: N30°-N40 com 44.070 metros (13,17%), N40°-N50° com 41.697 metros (12,46%), N120°-N130° com 36.273 metros (10,84%) e N130°-N140° com 33.222 metros (9,92%).

Diante da interpretação dos lineamentos foi possível traçar 2 lineamentos estruturais fundamentais para o STF, que serão abordados no estudo de caso, o primeiro no extremo sul da cidade do Salvador de direção N090° que representa o Sistema de Falhas da Barra (SFB) e o outro lineamento estrutural de direção N120°, o Sistema de Falhas de Brotas (SFBR).

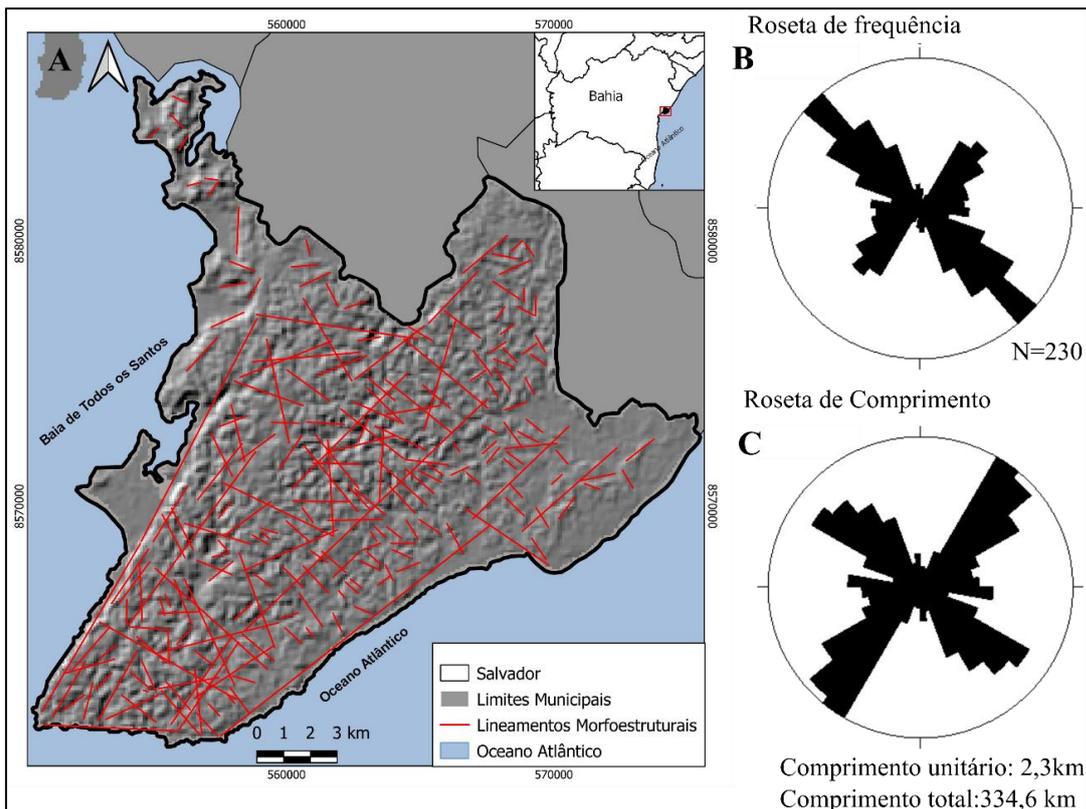


Figura 14:A) Mapa de lineamentos estruturais cidade do Salvador. B) Diagrama de rosetas das direções com maior frequência, encontradas na área de estudo. C) Diagrama de rosetas referente ao comprimento total acumulado dos lineamentos traçados. Pétalas de 10° em 10°.

A partir da análise do mapa de lineamento e do uso das ferramentas de geoprocessamento foi possível identificar 19 taludes no SFB e 24 no SFBR (Figura 15.A). Os taludes do SFB predominantemente possuem mergulho para S (16 taludes) com máxima densidade polar em $088^{\circ}/27^{\circ}$ (Figura 15.B), direção média de 92° e mergulho médio de 27° . Os taludes que mergulham para N (3 taludes) possuem pólo médio $270^{\circ}/25^{\circ}$ com máxima densidade polar $270^{\circ}/25^{\circ}$ (Figura 15.B), direção média de 90° e mergulho médio 25° . No SFBR há uma maior orientação de taludes para SW (13 taludes) com pólo médio $033^{\circ}/37^{\circ}$ (Figura 15.C), a direção média é 123° e mergulho médio 37° , os taludes com orientação para NE (11 taludes) possuem máxima densidade polar de $191^{\circ}/34^{\circ}$ (Figura 15.C), direção média de 121° e mergulho médio de 34° conforme a tabela 2.

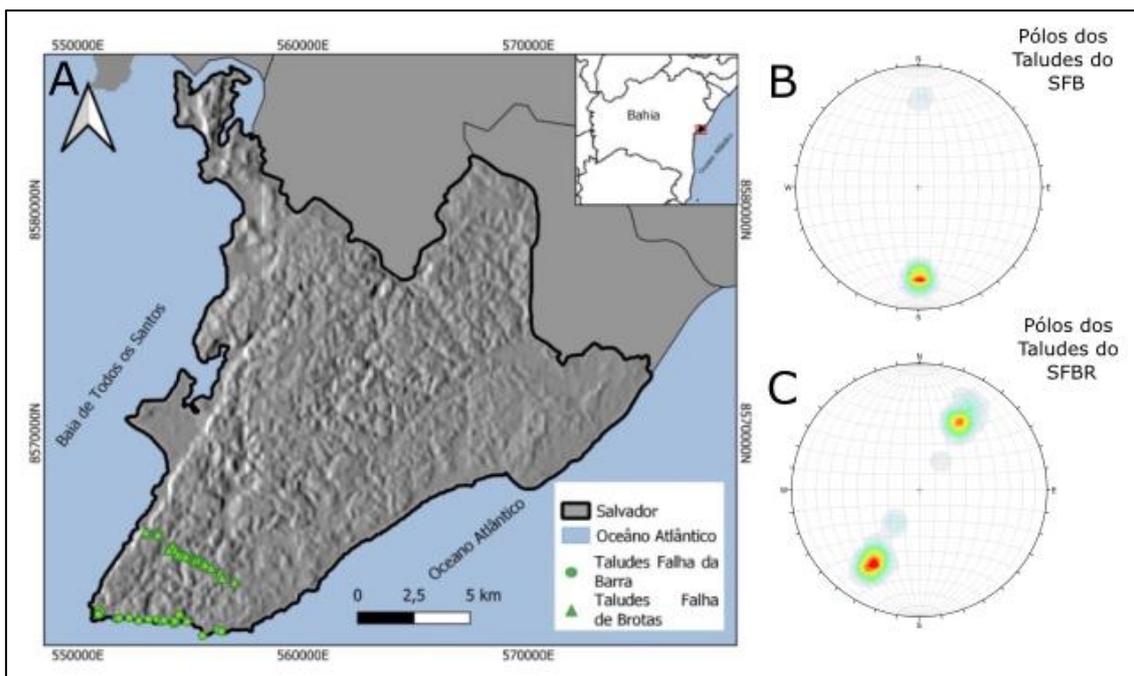


Figura 15: A) Mapa dos Taludes nas Falhas da Barra (SFB) e Brotas (SFBR). B) Diagrama de densidade de pólos dos taludes do SFB. C) Diagrama da densidade de pólos dos taludes do SFBR.

Tabela 2: Dados compilados dos valores médios da geometria dos taludes no Sistema de Transversal de Falhas (STF).

Orientação do talude	Quantidade de taludes	Pólo médio	Direção média	Mergulho médio
Sistema de Falhas da Barra				
Mergulho para N	3	270°/25°	090°	25°
Mergulho para S	16	088°/27°	092°	27°
Sistema de Falhas de Brotas				
Mergulho Para NE	11	191°/34°	121°	34°
Mergulho para SW	13	033°/37°	123°	37°

Foram identificados um total de 43 taludes no STF, destes, 16 são instáveis sendo 3 do SFB e 13 do SFBR (Figura 16.A). Durante a identificação destes pontos instáveis encontrou-se a possibilidade da ocorrência dos mecanismos de ruptura como tombamento de flexural de rocha em 7 pontos, deslizamento planar em 2 pontos e deslizamento em cunha tanto no SFB (Tabela 3) como no SFBR (Tabela 4), estando presente em todos os 16 pontos instáveis.

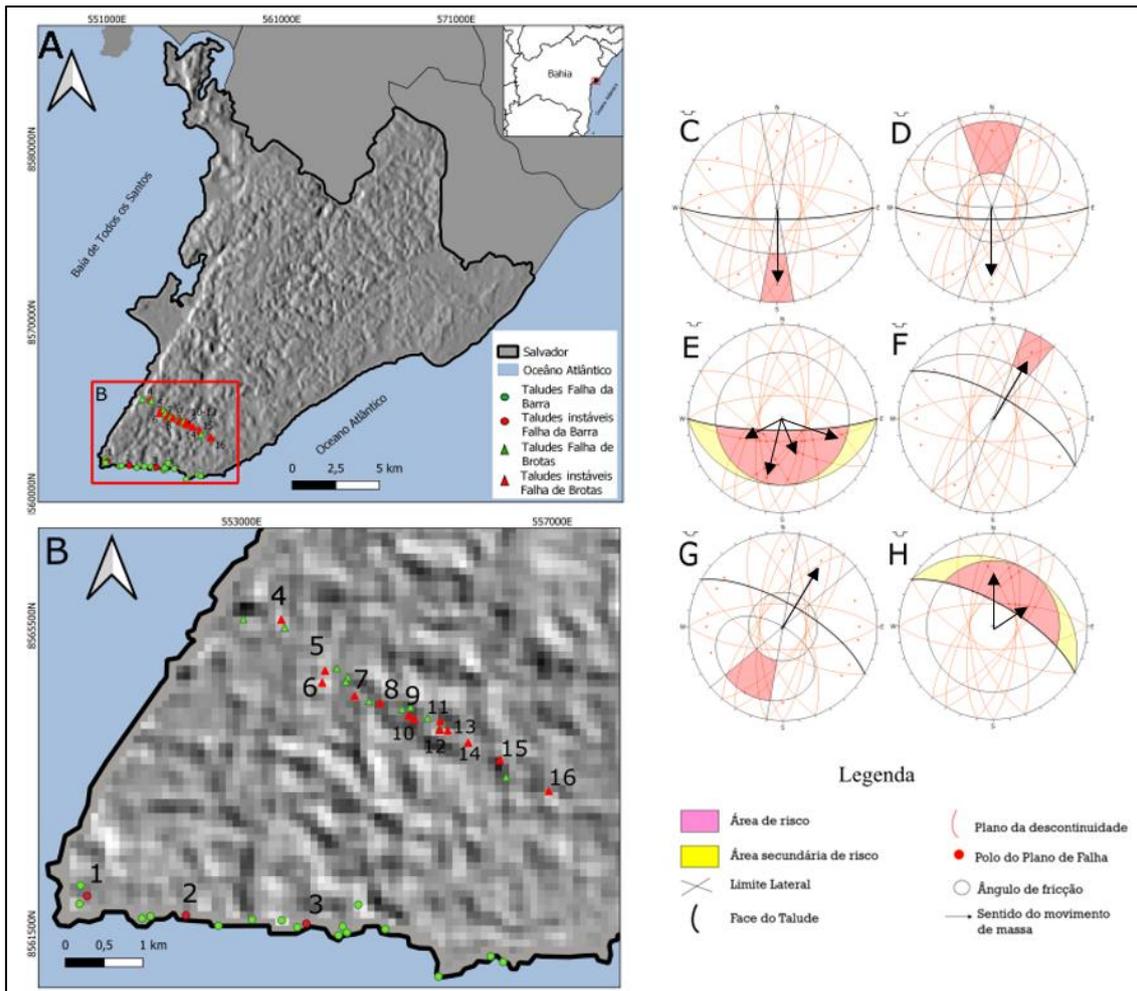


Figura 16: A) Mapa dos taludes estáveis e instáveis do SFB e SFBR, em verdes os taludes estáveis e em vermelho os taludes instáveis. Em B destaque dos taludes instáveis e estáveis paralelos ao SFB e SFBR. C, D e E representam respectivamente a ocorrência dos mecanismos por ruptura de tombamento flexural de rocha, deslizamento planar e deslizamento em cunha do ponto 3 do SFB. F, G e H representam respectivamente a ocorrência dos mecanismos por ruptura de tombamento flexural de rocha, deslizamento planar e deslizamento em cunha do ponto 10 no SFBR.

Tabela 3: Localização e ocorrência dos movimentos de massa no SFB

Sistema de Falhas da Barra					
Ponto	UTM S	UTM E	Atitude do talude	Movimento de massa	Localização
1	85661991	552283	N090°/40° S	Deslizamento em cunha	Rua Eng Milton Oliveira nos fundos do Ed. Barra the Place Residence
2	8561740	552283	N090°/60° S	Tombamento flexural de rocha; Deslizamento em cunha	Av. Oceânica nos fundos do Condomínio Costa Espanha
3	8561631	553824	N090°/80° S	Tombamento flexural de rocha; Deslizamento planar e Deslizamento em cunha	Av. Oceânica nos fundos de um ponto de ônibus ao lado da loja Artesão Vime

Tabela 4: Localização e ocorrência dos movimentos de massa no SFBR

Sistema de Falhas de Brotas					
Ponto	UTM S	UTM E	Atitude do talude	Movimento de massa	Localização
4	8565579	55351 2	N120°/60° SW	Tombamento flexural de rocha; Deslizamento em cunha	Rua da Poeira, nos fundos da distribuidora de livros da Bahia
5	8564916	55407 5	N120°/50° SW	Tombamento flexural de rocha; Deslizamento em cunha	Rua Jurema, em frente ao Ed. Morada Santa Branca
6	8564761	55403 8	N120°/40° NE	Deslizamento em cunha	Rua. João Jardim XXIII nos fundos do Ed.Hélio Matos
7	8564589	55445 6	N120°/40° NE	Deslizamento em cunha	Av.Laurindo Régos ao lado do Condomínio Reitor Edgar Santos
8	8564502	55478 5	N120°/40° NE	Deslizamento em cunha	Av.Dom João VI nos fundos do Condomínio Parque das Chácaras
9	8564333	55515 3	N120°/40° NE	Deslizamento em cunha	Rua Tranquilino Flores
10	8564287	55522 5	N120°/70° NE	Tombamento flexural de rocha; Deslizamento planar e Deslizamento em cunha	Rua Padre Daniel Lisboa nos fundos do Ed. Por do Sol
11	8564263	55555 9	N120°/40° SW	Deslizamento em cunha	Rua Rio Branco
12	8564147	55555 0	N120°/40° NE	Deslizamento em cunha	Rua Rio Branco nos fundos do Centro Espírita O Consolador
13	8564138	55565 5	N120°/50° NE	Tombamento flexural de rocha; Deslizamento em cunha	Rua Rio Branco nos fundos do Centro Espírita O Consolador
14	8563980	55591 8	N120°/50° SW	Tombamento flexural de rocha; Deslizamento em cunha	Rua Miguel Gustavo nos fundos do ed.Sagarana
15	8563759	55632 7	N120°/40° SW	Deslizamento em cunha	Rua Monsenhor Antônio Rosa em frente ao Ed. Terrazo Colina
16	8563355	55695 6	N120/40° SW	Deslizamento em cunha	Av. Antônio Carlos Magalhães nos fundos do Condomínio Ed. Mansão Maurício Ravel

4.4 - Sentido do movimento de massa no STF

A partir da modelagem cinemática foi possível produzir o mapa do sentido de movimento de massa (Figura 17), as modelagens do deslizamento planar e tombamento flexural de rocha produziram um *trend* principal e pode ser mapeado, porém o deslizamento em cunha por possuir muitas descontinuidades não foi possível se determinar um único *trend* principal.

Dentro do SFB os pontos 2 e 3 foram identificados um sentido de movimento de tombamento flexural de rocha para o Sul, e somente no ponto 3 um deslizamento planar para Sul para uma área com uma grande população. No SFBR identificou-se nos pontos 4, 5, 10, 13, e 14 tombamento flexural, sendo nos pontos 4, 5 e 14 para Sudoeste e 10 e 13 para Nordeste. É necessária muita atenção para estes 2 últimos pontos, pois o sentido de movimento de massa aponta para uma das áreas mais populosas da cidade do Salvador. O deslizamento planar foi identificado apenas no ponto 10 com o sentido do movimento de massa para Nordeste.

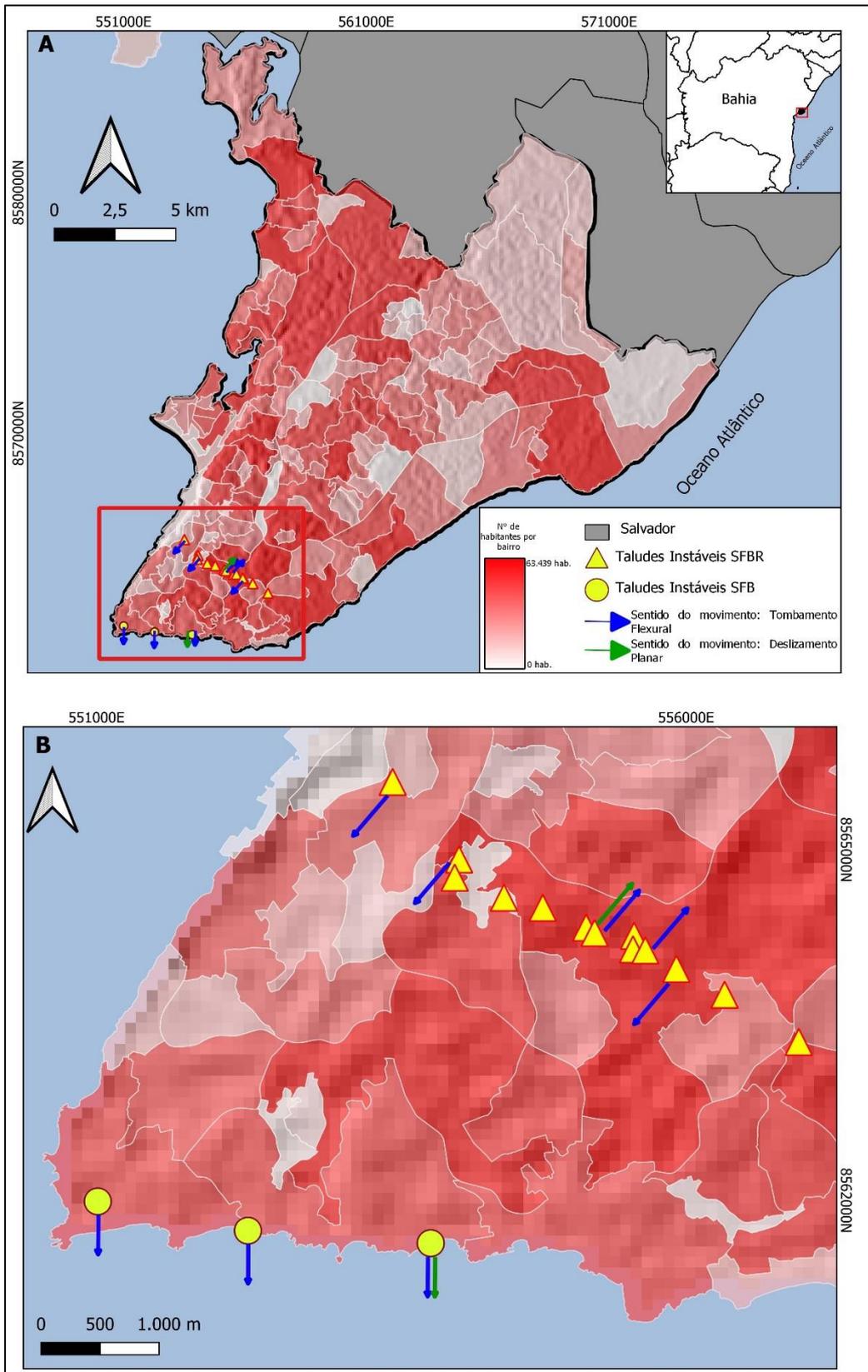


Figura 17: Em A, o mapa de sentido de fluxo de deslizamento planar e tombamento flexural de rocha e em destaque o número de habitantes por bairro que podem sofrer os efeitos desses mecanismos de ruptura na cidade do Salvador. E em B, figura em realce de zoom.

5 - DISCUSSÕES

A representação gráfica da modelagem cinemática com ângulo de atrito médio caracterizou a partir dos valores médios geométricos que há situações em que os taludes com direções N090° e N120° para ambos sentidos de mergulho podem apresentar risco geológico.

A modelagem cinemática para tombamento flexural demonstrou que o risco geológico em taludes de direção N090° e N120° iniciam a sua instabilidade a partir de 40°. Porém apenas a partir de 50° que as famílias N090°/70°N, N090°/70°S, N120°/70°NE e N120°/70°SW produzem risco geológico. Taludes formados por rochas mais alteradas ou saturadas em água, como demonstrado para situações em que apresentam ângulo de atrito de 18° podem estar em instabilidade a partir da inclinação de 40°, propiciando um ambiente de alto risco.

A análise de deslizamento planar demonstrou que a partir de um ângulo de mergulho de 70° para ambas direções e sentidos de mergulhos os taludes apresentam instabilidade causado pelas principais famílias de planos de fraturas presentes na BR, sendo estes: N090°/70°N, N090°/70°S, N120°/70°NE e N120°/70°SW. Taludes com a presença dessas famílias necessitam de uma intervenção geotécnica para a prevenção de um acidente geológico. É necessário se considerar que mesmo em situações em que as o talude, formado por rochas com menos resistência ao cisalhamento, possuindo um ângulo de atrito de 18°, não acarretou em risco geológico nos taludes com inclinações menores que 70°. Também não foi identificado o acréscimo de mais famílias de estruturas instáveis.

O cenário mais instável foi encontrado na modelagem cinemática do deslizamento em cunha, em que tanto em taludes de direção N090° e N120° com inclinação de apenas 40° apresentaram 3 e 2 famílias de estruturas instáveis para ambos sentidos de mergulho respectivamente. Constatou-se que o número de estruturas instáveis pode aumentar em até 10 vezes em taludes subverticalizados. Estando o talude em uma situação geomecânica mais suscetível à riscos geológicos (menores ângulos de atrito) este número de estruturas instáveis cresce ainda mais devido à grande interseção dos planos instáveis.

No SFB como no SFBR, em ambos os sistemas há influências das famílias longitudinais e transversais de falhas da BR. no SFB em 15,7% dos taludes foram identificadas instabilidades, destacando-se o ponto 3 de atitude N090°/80°S em que há a possibilidade de ocorrências de tombamento flexural de rocha, deslizamento planar e deslizamento em cunha. Respectivamente as famílias de estruturas instáveis dos 2 primeiros mecanismos de ruptura que podem causar tal instabilidade são representados pelos polos: 000°/70° e 180°/70° no deslizamento em cunha foram identificadas 28 estruturas instáveis, neste talude o movimento de massa (Figura 17) tende a afetar a população que está situada na margem Sul.

No SFBR em 54,2% dos taludes foram identificados taludes instáveis, o ponto mais crítico dentro desse sistema foi o ponto 10 com atitude N120°/70°NE, também foram identificados a possibilidade da ocorrência dos 3 tipos de mecanismos de ruptura, as famílias de estruturas instáveis são representada pelos pólos 120°/70° no tombamento flexural de rocha e para o deslizamento planar é o 340°/70°, já no deslizamento em cunha foram identificados 29 estruturas instáveis, neste talude o sentido do movimento de massa tem a mesma orientação do mergulho do talude em uma área densamente habitada (figura 17).

Ressaltasse que segundo a Lei de Ordenamento do Uso e Ocupação do Solo (LOUOS) de Salvador, em conformidade com a Lei de Lei Nº 9148 de 2016, habitações quando em encostas com inclinação superior a 30% para serem regularizadas perante a prefeitura necessitam de intervenção geotécnica adequada a cada situação. Dentro deste panorama, todos os 43 taludes contidos no SFB e SFBR para poderem ter habitação regular necessitam de alguma intervenção geotécnica, chama-se ainda a atenção que mais da metade dos taludes no SFBR apresentam um possível risco geológico.

6 - CONCLUSÕES

Nos resultados da modelagem, se identificou o efeito das famílias de descontinuidades pertencentes a formação da BR na modelagem cinemática aplicada ao STF, acarretando na possibilidade de deflagrar movimentos de massas em taludes rochosos na cidade do Salvador. A modelagem cinemática apresentada, demonstra uma grande importância para estudos em encostas de direções e mergulhos correlatos no perímetro urbano, pois determinaram a possibilidade de ocorrência de movimentos de massa, mesmo em situações mais estáveis com ângulos de atrito maiores.

Os modelos mostram que o mecanismo de ruptura de deslizamento em cunha ocorre mais facilmente, e para isto, é necessário apenas taludes de inclinação de 40°, seguido do tombamento flexural de rocha em taludes de inclinação de 50° e por fim o deslizamento planar em taludes de 70°.

A análise da modelagem cinemática com diferentes ângulos de atritos demonstrou que o tombamento flexural de rocha é suscetível a mudanças, possibilitado eventos de risco em taludes de 40° de inclinação em situações mais instáveis e 60° em situações mais estáveis. No deslizamento planar não houve diferença, já no deslizamento em cunha além da instabilidade dos taludes aumentar para taludes com apenas 30° de inclinação, em um cenário mais instável, houve um grande aumento de estruturas instáveis.

As famílias de descontinuidades mais suscetíveis aos processos de ruptura mecânica são: N090°/70°N, N090°/70°S, N120°/70°NE e N120°/70°SW. Em relação ao estudo de caso do STF o SFBR apresentou o maior número de taludes instáveis, 13, quase todos com sentido de movimento de massa para Sudoeste.

Destaca-se que a interação antrópica aumentando a inclinação (de 10° à 20°) nos taludes não identificados como em risco, pode aumentar o número de taludes instáveis no SFBR em até 84% e no SFB em até 120%.

Por fim este trabalho visa servir de auxílio para a prefeitura da cidade do Salvador e órgãos competentes da área como a defesa civil para nortear novos trabalhos de mapeamento de risco e possibilitar intervenção geotécnica se necessário nos pontos destacados.

7 - REFERÊNCIAS

- Barbosa, J.S.F., Corrêa-Gomes, L.C., Dominguez, J.M.L., Cruz, S.A.S., Souza, J.S. (2005). Petrografia e Litogeoquímica das Rochas da Parte Oeste do alto de Salvador, Bahia. *Revista Brasileira de Geociências*, 35, 9-22.
- Bitar, O.Y., Ortega, R.D., (1998). Gestão Ambiental. In: Oliveira, A.M.S., Brito, S.N.A. (Ed.). *Geologia de Engenharia*. 499-508. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia (ABGE).
- Chiossi, N. (2013). *Geologia de Engenharia*. Cap 4. Descontinuidades. Oficina de textos, 3ª edição, 2013.
- Correa-Gomes, L.C.; Oliveira, M.A.F.; Motta, A.C. & Cruz, M.J.M. (1996). Províncias dos diques máficos do Estado da Bahia. Mapa, evolução temporal e estágio atual do conhecimento. Superintendência de Geologia e Recursos Minerais. 144.
- Correa-Gomes, L.C. (2018) Sistemas de Falhas de Salvador. In: SEMINARIO DE GEOLOGIA DE SALVADOR, IGEO-UFBA, Salvador, p. 69 .
- Destro, N., Alckimin, F.F., Magnativa. L.P., Peter, S. (2003). The Jeremoabo transpressional transfer fault, Recôncavo–Tucano Rift, NE Brazil. *Journal of Structural Geology*. 1263-1279. [https://doi.org/10.1016/S0191-8141\(02\)00164-5](https://doi.org/10.1016/S0191-8141(02)00164-5)
- Gerscovich, D.m.s. (2012) Estabilidade de taludes, 2ª ed. Oficina de Textos, São Paulo.
- Glastonbury, J., Fell, R. (2000). Report on the Analysis of “Rapid” Natural Rock Slope Failures.
- Goodman, R.E. (1980) Introduction to Rock Mechanics, Toronto: John Wiley, p 254-287.
- Guimarães, T., Vale, R.M.C, (2012). Suscetibilidade a erosão do solo na cidade de Salvador – Bahia. 9º Simpósio Nacional de Geomorfologia, 1, Rio de Janeiro: SINAGEO.
- Hoek, E., Bray, J. (1981). *Rock Slope Engineering*, 3. Ed. Rev. London: Institution of Mining and Metallurgie & Elsevier Applied Science.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). (2018). *População em áreas de risco no Brasil* <<https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101589.pdf>>.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (2018). Diretoria de Pesquisas, Coordenação de População e Indicadores Sociais. **Estimativas da população residente com data de referência 1º de julho de 2018**. Disponível em: <ftp://ftp.ibge.gov.br/Estimativas_de_Populacao/Estimativas_2018/estimativa_dou_2018_20181019.pdf>. Acesso em: 12 Out. 2020.
- Jesus, A. C., Miranda, S. B., Dias, L. S. O., Brito Junior, J. A., Burgos, P. C., Campos, L. E. P. (2005). Contribuição para o zoneamento das áreas com características geotécnicas semelhantes da cidade de Salvador visando a aplicação em mapeamento de risco. *IV Conferência brasileira sobre estabilidade de encostas*, 1, 17-25. Salvador: ABMS.

- Jesus, A. C. (2008). *Retroanálise de escorregamentos em solos residuais não saturados*. Dissertação (Mestrado). São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos – USP.
- Menezes, L.S. (2021). Modelagem cinemática dos sistemas de Falhas e aplicação em casos de taludes naturais N030° e N040° da cidade do Salvador, Bahia, Brasil. Dissertação (Mestrado). Salvador: Universidade Federal da Bahia – UFBA.
- Milani, E. J., Davison, I. (1988). Basement control and transfer tectonics in the Recôncavo-Tucano-Jatobá rift, Northeast Brazil. *Tectonophysics*, 41-70. [https://doi.org/10.1016/0040-1951\(88\)90227-2](https://doi.org/10.1016/0040-1951(88)90227-2)
- Milani, E. J. (1989). Falhamentos transversais em bacias distensionais. *Boletim de Geociências da Petrobras*, 3(1/2): 29-41.
- Milhomem, P. S., Milani, E. J., Oliveira, F. M., Carvalho, M. S. S., Souza-Lima, W. (2003). Bacia do Recôncavo. *Bacias Sedimentares Brasileiras*. Fundação Paleontológica Phoenix.
- Salvador (1996). Lei Nº 9148/2016. Lei de Ordenamento do Uso e Ocupação do Solo (LOUOS). Dispõe sobre o Ordenamento do Uso e da Ocupação do Solo do Município de Salvador e dá outras providências.
- Souza, J.S, Barbosa, J.S.F, Correa-Gomes, L.C. (2010). Litogeoquímica dos granulitos ortoderivados da cidade de Salvador, Bahia. *Revista Brasileira de geociências*. 339-353.
- Souza, J.S. (2013.). *Geologia, metamorfismo e geocronologia de litotipos de Salvador-Bahia*. Tese (Doutorado). Salvador: Universidade Federal da Bahia-UFBA.
- SOUZA, K. H. L. et al. (2019). Proposta de Contenção de Talude em Solo Grampeado Localizado na Falha de Salvador – BA. *9º Seminário de Engenharia de Fundações Especiais e Geotecnia*.
- Silva, I. C. (2013). *Evolução Dinâmica do Sistema de Bacias Tipo Rifte Recôncavo-Tucano-Jatobá com Base em Dados de Campo*. Tese (Doutorado). Salvador: Instituto de Geociências – UFBA.
- Silva, L. C.; Delgado, I. M.; Souza, J. D.; Rodriguez, J. B. (2005) Da cratonização riaciana a metacratonização ediacariana nos paleocontinentes São Francisco-Congo. Parte II: Bahia. In: SIMPOSIO SOBRE O CRATON DO SAO FRANCISCO, 3., 2005, Salvador. Short Papers... Salvador: Sociedade Brasileira de Geologia, 2005. p. 255-258
- Wyllie, D.C., Mah, C.W. (2004). *Rock Slope Engineering: Civil and Mining* (4th ed.). New York: Spon Press.
- Vaz, L.F, (1996). Classificação genética dos solos e dos horizontes de alteração de rocha em regiões tropicais. *Solos e rochas*. 19(2), 177-136.

CAPÍTULO 3

CONCLUSÕES

Nos resultados da modelagem, se identificou o efeito das famílias de descontinuidades pertencentes a formação da BR na modelagem cinemática aplicada ao STF, acarretando na possibilidade de deflagrar movimentos de massas em taludes rochosos na cidade do Salvador. Se conclui que os modelos apresentados possuem uma grande importância para estudos em encostas de direções e mergulhos correlatos no perímetro urbano, pois determinaram a possibilidade de ocorrência de movimentos de massa, mesmo em situações mais estáveis com ângulos de atrito maiores.

Foi constatado através da modelagem cinemática que o mecanismo de ruptura de deslizamento em cunha ocorre mais facilmente, e para isto, é necessário apenas taludes de inclinação de 40°, seguido do tombamento flexural de rocha em taludes de inclinação de 50° e por fim o deslizamento planar em taludes de 70°.

A análise da modelagem cinemática com diferentes ângulos de atritos demonstrou que o tombamento flexural de rocha é suscetível a mudanças, possibilitado eventos de risco em taludes de 40° de inclinação em situações mais instáveis e 60° em situações mais estáveis. Já para o deslizamento planar não houve diferença, no deslizamento em cunha além da instabilidade dos taludes aumentar para taludes com apenas 30° de inclinação, em um cenário mais instável, houve um grande aumento de estruturas instáveis.

As famílias de descontinuidades mais suscetíveis para o favorecimento dos processos de ruptura mecânica são: N090°/70°N, N090°/70°S, N120°/70°NE e N120°/70°SW. Em relação ao estudo de caso do STF o SFBR apresentou um grande número de taludes instáveis, 13, quase todos com sentido de movimento de massa para Sudoeste, bairros muito povoados.

Destaca-se que a interação antrópica aumentando a inclinação (de 10° à 20°) nos taludes não identificados como em risco, pode aumentar o número de taludes instáveis no SFBR em até 84% e no SFB em até 120%.

Conclui-se que os principais questionamentos que nortearam a pesquisa foram elucidados, determinando a identificação de risco geológico na modelagem, sinalizando a possibilidade do risco em taludes inseridos no contexto do STF e foi possível se determinar em quais locais os mecanismos de ruptura podem ocorrer.

Por fim este trabalho visa servir de auxílio para a prefeitura da cidade do Salvador e órgãos competentes da área como a defesa civil para nortear novos trabalhos de mapeamento de risco e possibilitar intervenção geotécnica se necessário nos pontos destacados.

APÊNDICE A – JUSTIFICATIVA PARA PARTICIPAÇÃO DOS CO-AUTORES

Prof.Dr. Luiz César Corrêa Gomes participa como co-autor deste trabalho pois é o orientador do autor principal desta monografia que deu origem a este artigo, e contribuiu para a proposta da modelagem cinemática aplicada aos taludes da cidade do Salvador, além de fornecer a estrutura e apoio para que este trabalho fosse realizado. Lucas de Santana Menezes participa como co-autor deste trabalho pois contribuiu para a aquisição dos dados utilizados nesse projeto além do apoio na modelagem.

ANEXO A – REGRAS DE FORMATAÇÃO DA REVISTA GEOLOGIA SÉRIE CIENTÍFICA USP

1. PÁGINA DE ROSTO – deverá conter: três títulos, em português, em inglês e título curto (no idioma principal do manuscrito com no máximo 50 caracteres, contando os espaços); nome completo e instituição de origem dos autores; endereço completo somente do autor principal (logradouro, CEP, cidade, estado, país, caixa postal e telefone para contato - pode ser o endereço da Universidade), e-mail de todos os autores; ORCID de todos os autores; número de palavras; total de figuras e de tabelas.

2. RESUMO E ABSTRACT – em um único parágrafo, devem ser concisos, com no máximo 270 palavras. Textos mais longos devem vir acompanhados de justificativa circunstanciada.

3. PALAVRAS-CHAVE E KEYWORDS – máximo seis, separadas por ponto e vírgula, com a primeira letra em maiúscula. Ex.: Bacia do Araripe; Quaternário; Fácies; Depósitos magmáticos.

Os descritores em inglês devem acompanhar os termos em português.

4. TEXTO PRINCIPAL – poderá ser redigido em português ou inglês. Elaborar em Word, fonte Times New Roman, tamanho 12, espaço simples. O tamanho máximo aceito para publicação é de 25 páginas, incluindo: texto, resumo, abstract, tabelas, figuras e referências bibliográficas. (Trabalhos mais longos podem ser aceitos desde que argumentos científicos que os justifiquem sejam apresentados e aceitos). Configuração da página: formato A4; margens superior e inferior: 3 cm; direita e esquerda : 2 cm.

a) Na fase de submissão, inserir numeração de páginas, bem como as figuras, tabelas, legendas e referências.

b) Quando o artigo estiver devidamente aprovado para publicação, as figuras, tabelas e legendas devem ser retiradas do texto. Enviá-las separadamente e

numeradas, cada uma num arquivo. As legendas devem vir em um único arquivo, separadas das figuras e tabelas.

5. TÍTULOS

a) Título do artigo:

Título principal – Negrito, caixa alta na primeira letra da primeira palavra e caixa baixa nas demais.

Título em inglês – Itálico, caixa alta na primeira letra da primeira palavra e caixa baixa nas demais (sem negrito).

Título curto - Caixa alta na primeira letra da primeira palavra e caixa baixa nas demais (sem negrito /sem itálico).

b) Títulos e subtítulos no interior do artigo:

NÍVEL 1 – NEGRITO, CAIXA ALTA.

Nível 2 – Negrito, caixa alta na primeira letra da primeira palavra e caixa baixa nas demais.

Nível 3 – Itálico, caixa alta na primeira letra da primeira palavra e caixa baixa nas demais (sem negrito).

Nível 4 – Caixa alta na primeira letra da primeira palavra e caixa baixa nas demais (sem negrito).

6. TABELAS E QUADROS – considerar quadro como tabela. Elaborar em Word, no modo “tabela”, com formato aberto, fonte Arial, tamanho 8. Obedecer as medidas: 8,2 cm (uma coluna) ou 17 cm (duas colunas), comprimento máximo de 22 cm, incluindo a legenda. Tabelas muito extensas deverão ser divididas.

a) Na fase de submissão, inserir as tabelas no texto, juntamente com a legenda, com a devida numeração sequencial.

b) Quando o artigo estiver devidamente aprovado para publicação, as tabelas devem ser retiradas do texto. Enviá-las separadamente e numeradas, cada uma num arquivo. As legendas devem vir em um único arquivo, separadas das tabelas.

c) Legendas: fonte Times New Roman, tamanho 12. (sem itálico)

7. ILUSTRAÇÕES – mapas, fotos, figuras, gráficos, pranchas, fotomicrografias etc., considerar como figuras. Utilizar fonte Arial, tamanho 9. Obedecer as medidas: 8,2

cm (uma coluna) ou 17 cm (duas colunas), comprimento máximo de 22 cm, incluindo a legenda.

a) Na fase de submissão, inserir as figuras no texto, juntamente com a legenda, com a devida numeração sequencial.

b) Quando o artigo estiver devidamente aprovado para publicação, as figuras devem ser retiradas do texto. Enviá-las separadamente e numeradas, cada uma num arquivo. Deverão estar em formato JPEG, TIFF ou EPS, com resolução mínima de 300 dpi. As legendas devem vir em um único arquivo, separadas das figuras.

c) Legendas: fonte Times New Roman, tamanho 12. (sem itálico)

8. CITAÇÕES NO TEXTO – exemplos de citação direta / citação indireta:

a) Um autor

Santos (1980) / (Santos, 1980)

b) Dois autores

Norton e Long (1995) / (Norton e Long, 1980)

c) Mais de dois autores

Moorbath et al. (1992) / (Moorbath et al., 1992)

d) Congressos, conferências, seminários etc.

... no Congresso Brasileiro de Geologia (1984) / (Congresso Brasileiro de Geologia, 1984)

e) Vários trabalhos de diferentes autores

Smith (1985), Rose e Turner (1986) e Johnson et al. (1990) / (Smith, 1985; Rose e Turner, 1986; Johnson et al., 1990)

f) Citação de vários trabalhos de um mesmo autor

Smith (1979a, 1979b, 1981) / (Smith, 1979a, 1979b, 1981)

9. REFERÊNCIAS – listar no final do texto, em ordem alfabética de autores e, dentro dessa sequência, em ordem cronológica.

DOI: inseri-lo em todas as referências que já o tiverem.

A exatidão das referências bibliográficas é de inteira responsabilidade dos autores.

EXEMPLOS DE REFERÊNCIAS:

a) Livro com um autor

Middlemost, E. A. K. (1997). *Magmas, rocks and planetary development: A Survey of Magma/Igneous Rock Systems*. Harlow: Longman.

b) Livro com dois autores

Anderson, M. P., Woessner, W. W. (1992). *Applied groundwater modeling. Simulation of low and advective transport*. San Diego: Academic Press.

c) Livro com três ou mais autores

Harland, W. B., Armstrong, R. L., Cox, A. L. V., Craig, L. E., Smith, A., Smith, D. (1989). *A geologic time scale (2nd ed.)*. Cambridge: Cambridge University Press.

d) Capítulo de livro

Almeida, F. F. M., Amaral, G., Cordani, U. G., Kawashita, K. (1973). The Precambrian evolution of the South American cratonic margin south of Amazonas River. In: A. E. Nairn, F. G. Stille (Eds.), *The ocean basin and margins*, 1, 411-446. New York: Plenum.

(Exemplo de Publicação seriada)

L. Harris, N. , Pearce, J. , Tindle, A. (1986). Geochemical collision-zone magmatism. In: Coward M. P., Ries A. C. (ed.) *Collision tectonics*. 67-81. London: Geological Society. (Geological Society Special Publication, 19).

e) Artigo de periódico

Caffe, P. J., Soler, M. M., Coira, B. L., Cordani, U. G., Onoe, A. T. (2008). The granada ignimbrite: a compound pyroclastic unit and its relationship with upper miocene caldera volcanism in the northern Puna. *Journal of South American Earth Science*, 25(4), 464-484.

f) Trabalho apresentado em evento

Danni, J. C. M., Ribeiro, C. C. (1978). Caracterização estratigráfica da sequência vulcano-sedimentar de Pilar de Goiás e de Guarinos, Goiás. XXX Congresso Brasileiro de Geologia, 2, 582-596. Recife: SBG.

g) Mapa

Inda, H. A. W., Barbosa, J. F. (1978). Mapa Geológico do Estado da Bahia. Escala 1:1.000.000. Salvador: Secretaria de Minas e Energia do Estado da Bahia/ CBPM.

h) Teses e Dissertações

Petta, A. R. (1995). Estudo geoquímico e relações petrogenéticas do batólito múltiplo composto São Vicente/ Caicó (RN-Brasil). Tese (Doutorado). Rio Claro: Instituto de Geociências e Ciências Exatas – UNESP.

Pressi, L. F. (2012). Evolução magmática do Plúton Piracaia (SP): parâmetros físico-químicos e evidências de mistura entre magmas monzodioríticos e sieníticos. Dissertação (Mestrado). São Paulo: Instituto de Geociências – USP.

i) Documentos em meio eletrônico

Livro

Sharkov, E. (2012). *Tectonics: Recent Advances*. Croatia: InTech, <<http://www.intechopen.com/books/tectonics-recent-advances>>.

Artigo de periódico

Soares, E. A., Tatumi, S. H. (2010). OSL age determinations of pleistocene fluvial deposits in Central Amazonia. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 82(3), 691-

699. Acesso em 14 de fevereiro de 2011, <<http://www.scielo.br/pdf/aabc/v82n3/17.pdf>>.

Trabalho apresentado em evento

Souza-Lima, W., Farias, R. M. (2007). A flora quaternária dos travertinos de Itabaiana, Sergipe. PALEO 2007 (p. 7). Itabaiana: SBP. Acesso em 18 de dezembro de 2008, <http://www.phoenix.org.br/Paleo2007_Boletim.pdf>.

j) Com numeração DOI

Livro

Zavattini, J. A. (2009). As chuvas e as massas de ar no estado de Mato Grosso do Sul: estudo geográfico com vista à regionalização climática. <https://doi.org/10.7476/9788579830020>

Artigo de periódico

Evandro, L., Kleina, E. L., Rodrigues, J. B., Lopesa, E. C. S., Gilvana, L. Soledade, G. L. (2012). Diversity of Rhyacian granitoids in the basement of the Neoproterozoic-Early Cambrian Gurupi Belt, northern Brazil: Geochemistry, U–Pb zircon geochronology, and Nd isotope constraints on the Paleoproterozoic magmatic and crustal evolution. *Precambrian Research*, 220-221, 192-216. <https://doi.org/10.1016/j.precamres.2012.08.007>

Artigos

- Os artigos deverão trazer contribuições inéditas à área de Geologia e não terem sido submetidos a nenhum outro periódico.
- Os conceitos emitidos bem como as referências são de total e exclusiva responsabilidade dos autores.

ANEXO B – COMPROVANTE DE SUBMISSÃO DO ARTIGO

João Paulo Hora Carneiro:

Obrigado por submeter o manuscrito, "Modelagem geométrica e análise de risco geológico em taludes rochosos aplicada os sistemas de falhas transversais (N090° e N120°) da cidade do Salvador, Bahia, Brasil: Modelagem geométrica no sistema transversal de falhas de Salvador/ Ba" ao periódico Geologia USP. Série Científica. Com o sistema de gerenciamento de periódicos on-line que estamos usando, você poderá acompanhar seu progresso através do processo editorial efetuando login no site do periódico:

URL da Submissão: <https://www.revistas.usp.br/guspssc/authorDashboard/submission/200202>

Usuário: jp_hora

Se você tiver alguma dúvida, entre em contato conosco. Agradecemos por considerar este periódico para publicar o seu trabalho.

Daniel Machado