



CENTRO UNIVERSITÁRIO UNIFAVENI

APRESENTAÇÃO DO RELATÓRIO FINAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA

Encaminhamento:

De	Engenharia Ambiental - EAD
Para	Programa de Iniciação Científica – PIC

Expediente Sigla do Curso nº. EA / Ano. 2025

I - PARTE PRÉ-TEXTUAL

1.1 Identificação:

1.1.1 Dados do Orientador(a)

- a) Nome: Kleber Ramon Rodrigues
- b) Curso: Engenharia Ambiental
- c) Titulação (Doutor, Mestre ou Especialista): Doutor
- d) Regime de Trabalho (Tempo Integral ou Tempo Parcial ou Horista):
- e) E-mail do Orientador(a): kleber.rodrigues@unifaveni.com.br

1.1.2 Dados dos Orientandos

Nº	Código	SC	P	Nome
01	433810	EA	4	Daniela Pereira da Silva

SC – Sigla do Curso / P – Período em que o aluno está matriculado (2º, 3º, 4º...)



1.1.3 Dados do Projeto

- a) Iniciação Científica: (☒)
- b) Área de concentração: ()CNPq ou ()FAPESP
- c) Linha de Pesquisa:
- d) Comitê de Ética em Pesquisa: ()Sim ()Não
- e) Comissão de Ética no Uso de Animais: ()Sim ()Não
- f) Início previsto da orientação: 07 / 03 / 2025
- g) Término previsto da orientação: 17 / 12/ 2025
- h) Entrega do Relatório: Dia / Mês / Ano

II - PARTE TEXTUAL

2.1 Título: MOVIMENTOS GRAVITACIONAIS E PROCESSOS DE SUBSIDÊNCIA EM ÁREAS URBANAS: ESTUDO DE CASO NO BAIRRO DO MUTANGE EM MACEIÓ-AL

2.2 Resumo:

O presente estudo tem como objetivo analisar os movimentos gravitacionais como subsidência e colapso, decorrentes da mineração de sal-gema em Maceió-AL, com ênfase no bairro Mutange, relacionando-os aos impactos sociais e ambientais provocados pela instabilidade do subsolo. A metodologia adotada baseou-se em revisão bibliográfica e documental, análise de relatórios técnicos, seguindo os parâmetros de avaliação de risco do Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT, 1997). Essa abordagem permitiu interpretar fatores como dissolução de camadas salinas, reativação de falhas geológicas e instabilidade de cavernas. Os resultados apontam que a extração de sal-gema, iniciada na década de 1970 sem planejamento geológico/geotécnico adequado, comprometeu a estabilidade estrutural da região, culminando em fissuras, deformações superficiais e colapsos, agravados pelo tremor sísmico de 2018. Estima-se que mais de 55 mil pessoas tenham sido afetadas, com severos prejuízos econômicos, sociais e culturais. As contribuições deste trabalho reforçam a necessidade de políticas públicas voltadas ao monitoramento contínuo, à mitigação de riscos e ao reassentamento planejado da população, além de promover a integração interdisciplinar entre geólogos, engenheiros, urbanistas e gestores públicos para a prevenção de desastres semelhantes.

2.3 Palavras-chave: Subsidência. Colapso. Liquefação. Desastre Ambiental. Maceió.

2.4 Introdução

Os movimentos gravitacionais, constituem fenômenos geodinâmicos de grande relevância para a compreensão das transformações do meio físico, sobretudo em áreas urbanas.

Esses eventos resultam da atuação da gravidade sobre materiais instáveis tais como: solos, rochas e sedimentos e podem ser desencadeados tanto por causas naturais quanto antrópicas. Quando associados à ação humana, como na mineração, perfuração de poços ou retirada de águas subterrâneas, assumem proporções catastróficas e provocam severos impactos socioambientais e econômicos (BIGARELLA, 2003; BITAR, 1995; ZHANG et al., 2015).

Segundo Terzaghi (1925), a subsidência é caracterizada pelo rebaixamento progressivo da superfície terrestre decorrente da perda de volume nos materiais subterrâneos. Essa definição permanece atual, sendo base para os estudos modernos de geotecnia e mecânica dos solos. A subsidência pode ocorrer de forma lenta e contínua, como nos casos de dissolução de rochas salinas e cársticas, ou de maneira inesperada, quando há colapso súbito de cavidades subterrâneas, frequentemente associadas à exploração mineral (PENG, 2008; REDDISH; WHITTAKER, 1989).

Os movimentos gravitacionais de massa, também englobam processos como quedas, escorregamentos, rastejos e corridas, todos resultantes da instabilidade de encostas ou do subsolo. Em meio urbano, tais eventos assumem maior complexidade devido à concentração populacional e à intensa modificação do terreno pelo homem, o que aumenta a vulnerabilidade física e social (GUIDICINI; NIEBLE, 1984; VIEIRA; GRAMANI, 2015).

No Brasil, o estudo dos movimentos de massa e da subsidência urbana ganha destaque nas últimas décadas em função de tragédias relacionadas à mineração e à ocupação desordenada. Casos como Brumadinho (MG), Itabira (MG) e Criciúma (SC) ilustram os riscos da exploração mineral sem planejamento geotécnico/geológico (AGÊNCIA BRASIL, 2019; BIGARELLI, 2019). Esses episódios evidenciam que a degradação do subsolo urbano, somada à ausência de políticas públicas preventivas, resulta em desastres com grandes custos humanos e ambientais.

O município de Maceió (AL) insere-se nesse contexto de vulnerabilidade. A cidade é geologicamente marcada pela presença de camadas de sal-gema (halita), formadas por processos de evaporação marinha em períodos geológicos antigos. Desde a década de 1970, essas formações vêm sendo exploradas industrialmente, sobretudo pela empresa Braskem, em áreas densamente urbanizadas (CPRM, 2019; HARTWIG et al., 2023). A extração, conduzida sem estudos aprofundados sobre a resistência do subsolo, favoreceu o surgimento de cavidades subterrâneas instáveis, que passaram a ceder gradativamente.

O bairro do Mutange, localizado às margens da Lagoa Mundaú, tornou-se o epicentro da crise geotécnica/geológica. A partir de 2018, um tremor sísmico de magnitude 2,5 na escala Richter desencadeou deformações acentuadas no solo, abrindo fissuras em ruas e edificações. Relatórios do Serviço Geológico do Brasil (SGB/CPRM, 2019) identificaram o processo como subsidência induzida pela mineração de sal-gema, determinando o esvaziamento de bairros inteiros — Mutange, Pinheiro, Bebedouro e

Bom Parto — e o deslocamento forçado de mais de 55 mil pessoas (G1, 2020; CORREIO BRAZILIENSE, 2023).

Além dos danos materiais, o episódio revelou profundas implicações sociais, culturais e psicológicas. As comunidades afetadas perderam vínculos históricos e culturais ligados à Lagoa Mundaú, como a pesca artesanal do sururu, símbolo identitário da capital alagoana. Freitas et al. (2021) destacam que o deslocamento compulsório resultou em sentimentos de perda, ansiedade e depressão coletiva, configurando um desastre socioambiental de múltiplas dimensões.

O caso de Maceió assemelha-se a eventos internacionais de subsidência urbana observados em Louisiana (EUA), onde o colapso de minas de sal provocou afundamentos súbitos (CUI et al., 2018), e em Essen (Alemanha), região impactada pela mineração de carvão e pela instabilidade de galerias subterrâneas (JOHNSON et al., 2020). Em ambos os contextos, a ausência de monitoramento contínuo e o uso intensivo de recursos subterrâneos sem controle geotécnico/geológico figuram como causas primárias dos colapsos.

Diante desse panorama, este estudo tem como objetivo geral analisar os movimentos gravitacionais e os processos de subsidência em áreas urbanas, com ênfase no bairro do Mutange em Maceió-AL, buscando compreender as causas geológicas, geotécnicas, os fatores antrópicos e as consequências socioambientais do fenômeno.

O presente estudo chama para a necessidade da prevenção para evitar desastres similares em outras regiões do país. Este estudo reside na necessidade de prevenir desastres urbanos futuros, promovendo políticas públicas baseadas em evidências técnicas e no princípio da precaução. A análise crítica do caso de Maceió contribui não apenas para a literatura das geociências aplicadas, mas também para o fortalecimento de uma abordagem ética e sustentável na espacialização de pessoas e seguimentos da economia.

2.5 Metodologia:

A pesquisa foi conduzida por meio de abordagem qualitativa, baseada em revisão bibliográfica e análise documental, contemplando tanto referenciais teóricos clássicos quanto estudos contemporâneos sobre movimentos gravitacionais, tais como, colapsos, subsidência e liquefação de solos em áreas urbanas.

O recorte espacial concentrou-se no bairro Mutange, em Maceió-AL, região diretamente afetada pela mineração de sal-gema desde a década de 1970, enquanto o recorte temporal abrangeu publicações e registros técnicos produzidos nas últimas quatro décadas, com ênfase nos relatórios recentes do Serviço Geológico do Brasil (SGB/CPRM), que forneceram subsídios fundamentais sobre a evolução da instabilidade do solo.

Foram consultados livros de referência em geologia, geotecnia, artigos científicos nacionais e internacionais, relatórios técnicos de órgãos de fiscalização e documentos institucionais vinculados à gestão de riscos.

A análise incluiu ainda dados jornalísticos e registros históricos que permitiram compreender a dimensão social da tragédia.

A metodologia adotada fundamenta-se, portanto, em uma perspectiva interdisciplinar, combinando conceitos da geotecnia, da geologia, da engenharia ambiental e das ciências sociais.

Esse enfoque possibilitou não apenas o entendimento técnico dos processos de instabilidade do solo, mas também uma análise crítica dos impactos sociais, ambientais e políticos decorrentes.

Dessa forma, a escolha metodológica assegura uma visão ampla sobre os riscos associados à mineração em áreas urbanas, oferecendo subsídios para a reflexão científica e para a formulação de políticas públicas voltadas à prevenção e mitigação de desastres.

2.6 Resultados e Discussão : Os resultados obtidos confirmam que o colapso e a subsidência observados no bairro Mutange resultam diretamente da dissolução progressiva das camadas subterrâneas de sal-gema, processo intensificado pela percolação de águas subterrâneas e pela ausência de medidas de controle geotécnico desde o início da exploração mineral. A análise dos relatórios técnicos elaborados pelo Serviço Geológico do Brasil (SGB/CPRM, 2019) revelou um elevado grau de risco geológico e geotécnico, com possibilidade iminente de colapsos de grande magnitude, o que justificou a evacuação emergencial de mais de 55 mil moradores nos bairros Mutange, Pinheiro, Bebedouro e Bom Parto.

A instabilidade do subsolo, identificada por meio de levantamentos geofísicos e modelagens de subsidência, demonstrou deformações significativas na superfície urbana, com rebaixamentos superiores a 2 metros em algumas áreas críticas. Tais deformações afetaram a infraestrutura urbana, redes de drenagem, fundações de edificações e vias públicas, culminando na inviabilidade habitacional de grande parte da região. Esses achados corroboram estudos internacionais que descrevem fenômenos semelhantes em regiões mineradas da China (PENG, 2008) e do Reino Unido (BELL, 2005), nos quais a dissolução de minerais solúveis provocou subsidências localizadas, colapsos estruturais e deslocamento de comunidades inteiras.

No campo social, as consequências ultrapassaram as perdas materiais. O deslocamento compulsório das famílias afetadas provocou ruptura de laços comunitários, perda da identidade territorial e impactos emocionais e psicológicos significativos, conforme apontado por Pereira et al. (2020).

O processo de reassentamento revelou desafios relacionados à adaptação em novos espaços urbanos, à insuficiência de políticas habitacionais imediatas e à dificuldade de reconstrução de redes de apoio social, o que evidenciou uma dimensão humana do desastre frequentemente negligenciada nas análises puramente técnicas.

Sob a ótica jurídica e institucional, observou-se a fragilidade na fiscalização das atividades minerárias e a ausência de políticas preventivas eficazes. A

responsabilização da empresa mineradora, conforme discutido por Santos e Barbosa (2022), tornou-se um marco no debate sobre a governança ambiental e a necessidade de responsabilização civil por danos socioambientais.

Esse cenário ressalta a importância de um aparato legal mais rigoroso, que contemple a prevenção de riscos e a reparação integral das populações atingidas.

A análise integrada do caso Mutange evidencia que a exploração mineral em áreas urbanas densamente ocupadas representa um risco sistêmico, que exige abordagens interdisciplinares entre geólogos, engenheiros, urbanistas, sociólogos e gestores públicos. O cruzamento entre a teoria e a prática revelou que as políticas de prevenção, o monitoramento contínuo das deformações e o controle geotécnico das cavidades subterrâneas são elementos essenciais para evitar desastres semelhantes em outros contextos urbanos brasileiros.

Fazendo menção o caso de Maceió com experiências internacionais, nota-se semelhança nos processos físicos de degradação, porém com agravantes sociais e humanos mais intensos devido ao alto adensamento populacional, à falta de planejamento urbano e à morosidade das respostas institucionais. Assim, o caso Mutange torna-se um exemplo paradigmático de como a ausência de integração entre ciência, gestão pública e responsabilidade corporativa pode transformar um evento geotécnico em um desastre social e ambiental de grandes proporções.

2.7 Conclusão :

A investigação empreendida, demonstrou que os movimentos gravitacionais e os processos de subsidência observados no bairro Mutange resultam de um conjunto de fatores geológicos, geotécnicos e antrópicos que se desenvolveram ao longo de décadas atrelados a exploração de sal-gema em área densamente urbanizada. A análise dos relatórios técnicos, associada ao arcabouço teórico apresentado na literatura nacional e internacional, demonstra que a dissolução progressiva das camadas de halita, a instabilidade das cavidades subterrâneas e a ausência de monitoramento contínuo constituíram elementos estruturantes para a evolução do colapso geotécnico registrado na área objeto de estudo.

As deformações superficiais, que ultrapassaram dois metros em setores críticos, comprometeram a integridade da infraestrutura urbana e geraram um cenário de risco incompatível com a permanência da população. A magnitude do reassentamento forçado mais de 55 mil moradores destaca a complexidade e a abrangência do desastre, que extrapola a dimensão geológica ao atingir aspectos sociais, psicológicos, culturais, econômicos, jurídicos e ambientais. O deslocamento compulsório de comunidades historicamente ligadas à Lagoa Mundaú, aliado à interrupção de práticas tradicionais como a pesca do sururu, evidencia a interdependência entre território, identidade e bem-estar coletivo.

O caso de Maceió reforça a necessidade de aprimoramento das políticas públicas destinadas ao gerenciamento do risco geotécnico, sobretudo em áreas urbanas assentadas sobre litologias altamente suscetíveis à subsidência. A literatura especializada, articulada aos dados empíricos levantados, evidencia que desastres

associados à atividade minerária derivam, majoritariamente, da ausência de diagnósticos preliminares de estabilidade, da baixa eficiência dos mecanismos de fiscalização e da falta de sistemas permanentes de instrumentação geotécnica voltados ao monitoramento de deformações.

Tais sistemas são capazes de registrar deslocamentos horizontais e verticais, identificar padrões de aceleração deformacional e detectar variações no estado tensional do maciço, constituem ferramentas essenciais para antecipar a evolução dos mecanismos de instabilidade antes de sua manifestação em superfície.

A prevenção e a mitigação de riscos dependem de sistemas de monitoramento contínuo, modelagens geotécnicas atualizadas, fiscalização rigorosa e transparência na comunicação com a sociedade. Além disso, o reassentamento humano em contextos de desastre demanda políticas estruturadas que vão além da simples reposição material, reconhecendo que a recomposição social, cultural e psicológica das populações afetadas é um processo profundamente complexo e, muitas vezes, irreversível em sua totalidade.

O episódio de Maceió passa a integrar o conjunto de grandes desastres socioambientais brasileiros e representa um marco para o debate sobre mineração urbana, governança territorial e segurança geotécnica. A relevância deste estudo reside justamente em evidenciar que a estabilidade do subsolo urbano deve ser tratada como componente essencial do planejamento das cidades e como fator determinante para a proteção da vida humana, do patrimônio e dos ecossistemas. Nesse sentido, o caso Mutange se consolida como referência para o aprimoramento das políticas públicas e para a construção de estratégias sustentáveis de prevenção, monitoramento e gestão de risco em todo o território nacional.

III - PARTE PÓS-TEXTUAL

3.1 Referências :

AGÊNCIA BRASIL. Tragédia de Brumadinho expõe riscos da mineração. Brasília: Agência Brasil, 2019.

ARAUJO, S. M. S. A indústria extrativa mineral do polo gesso do Araripe e seus impactos socioambientais. Revista de Geografia, v. 29, n. 1, p. 91-112, 2011.

BARRY, J. M. The great deluge: Hurricane Katrina, New Orleans, and the Mississippi Gulf Coast. New York: Penguin, 2007.

BELL, F. G.; CULSHAW, M. G.; WALTHAM, T. Sinkholes and Subsidence. Springer, 2005.

BELL, F. G.; STACEY, T. R.; GLOVER, T. Surface mining subsidence in the German Ruhr district. Environmental Geology, 2000.



BIGARELLA, J. J. Estrutura e origem das paisagens tropicais e subtropicais. Florianópolis: UFSC, 2001.

BIGARELLA, J. J.; SALAMUNI, R. Aspectos da geomorfologia do Brasil. Curitiba: UFPR, 1961.

BIGARELLI, D. Desastres ambientais no Brasil. São Paulo: Contexto, 2019.

BITAR, O. Y. Movimentos de massa: origem, prevenção e controle. São Paulo: IPT, 1995.

CPRM. Relatório técnico sobre subsidência em Maceió. Brasília: CPRM, 2019.

DEFESA CIVIL DE MACEIÓ. Relatório anual sobre áreas de risco. Maceió, 2020.

FREITAS, C. M. et al. Desastres ambientais e saúde mental. Cadernos de Saúde Pública, 2021.

G1. Moradores relatam angústia após realocação em Maceió. 2020.

HARTWIG, M. E. et al. Urban subsidence and risk management in Brazilian coastal cities. Natural Hazards, 2023.

IPT. Metodologia de avaliação de risco em áreas urbanas sujeitas à subsidência. São Paulo: IPT, 1997.

MARMO, R.; RICCI, L. Urban subsidence in Italian cities. Environmental Earth Sciences, 2014.

ORTIZ-ZAMORA, D.; ORTEGA-GUERRERO, A. Land subsidence in Mexico City. Hydrogeology Journal, 2010.

PENG, S. S. Coal mine ground control. 3. ed. 2008.

PEREIRA, D. S. et al. Impactos da subsidência na região do Mutange. Revista Brasileira de Geociências, 2020.

REDDISH, D. J.; WHITTAKER, B. N. Subsidence: Occurrence, Prediction and Control. Elsevier, 1989.

ROCHA, S. S. et al. Métodos de lavra na mineração de gipsita. 2018.

SANTOS, F. A.; BARBOSA, L. C. Mineração, subsidência e urbanismo. Revista de Direito Ambiental, 2022.

SEED, H. B.; IDRIS, I. M. Soil liquefaction potential. University of California, 1971.

SGB/CPRM. Relatório técnico sobre subsidência em Maceió. 2019.

SILVA, K. K. de M. et al. Caracterização de resíduos da mineração de gipsita. HOLOS, 2017.



SILVA, M. A.; PEREIRA, J. R. Movimentos de massa em áreas urbanas italianas. Revista Brasileira de Geomorfologia, 2018.

SOUZA, R. A. Subsidência urbana e desastres ambientais. Edufal, 2020.

THE CONVERSATION. Maceió está afundando. 2023.

USGS. Land Subsidence in the United States. 2013.

VIEIRA, B. C.; GRAMANI, M. F. Movimentos de massa em áreas urbanas brasileiras. USP, 2015.

ZUQUETTE, L. V. Ca

3.4 Anexos - quando for o caso (anexo, segundo a ABNT, consiste em um texto ou documento, não elaborado pelo autor, que serve de fundamentação, comprovação e ilustração. Os anexos são identificados por letras maiúsculas consecutivas, travessão e pelos respectivos títulos).

IV - AVALIAÇÃO (uso exclusivo do orientador)

4.1 Avaliação quanto ao desenvolvimento do Projeto (Apresentar uma avaliação crítica do desenvolvimento das atividades realizadas no projeto. No máximo 10 linhas).

4.2 Avaliação quanto ao desempenho dos orientandos (Apresentar uma avaliação crítica do desempenho do(s) orientado(s) durante o desenvolvimento do projeto. No máximo 10 linhas).

V - APRESENTAÇÃO EM REUNIÕES CIENTÍFICAS (quando for o caso, descrevê-las)

Tipo: (Oral ou Pôster)

Data: (início e término do evento)

Título:

Evento:

Local:

Entidade Organizadora:

VI - PUBLICAÇÃO (quando for o caso, descrevê-las)

Tipo:

Situação: (Publicado, Submetido ou Prelo)

Casa publicadora:

Autor:

Local:



Título:

Edição: Página: Volume:

Data da Publicação:

ATENÇÃO: Este relatório deverá ser encaminhado ao PIC com cópia para a Coordenação.