

# O AFUNDAMENTO DE BAIRROS EM MACEIÓ, ALAGOAS: A GESTÃO SÓCIO-AMBIENTAL NA EXPLORAÇÃO DE RECURSOS MINERAIS

Sonaly Mendes Arruda <sup>1</sup>  
Lucas de Assis Wanderley Araújo <sup>2</sup>  
Mateus Rodrigues da Costa <sup>3</sup>  
Carmem Júlia Firmino Araruna <sup>4</sup>  
Márcia Maria Rios Ribeiro <sup>5</sup>

## RESUMO

Este trabalho enfoca a relação entre a exploração de recursos minerais e a necessidade de uma gestão ambiental integrada, relacionada ao problema ambiental gerado pelo afundamento de bairros em Maceió, Alagoas (Brasil). A discussão apresentada é pautada na análise da problemática através dos princípios insitucionais de Ostrom e dos Sistemas Sócio-Ecológicos. Adicionalmente aplicam-se os conceitos da Teoria da Resiliência. As falhas da gestão são discutidas. Ressalta-se o importante papel do poder público na implementação de políticas de gestão sustentável eficazes e exequíveis na tentativa da redução de riscos ambientais ligados às atividades de mineração, além da necessidade da implementação da boa governança dos recursos de uso comum.

**Palavras-chave:** Sal-gema, Ostrom, Governança, Teoria da resiliência, Ciclo adaptativo.

## INTRODUÇÃO

A ocorrência de desastres ambientais ligados à má governança dos recursos naturais no Brasil tem sido cada vez mais frequente. Os notáveis casos do rompimento das barragens de rejeito de Mariana-MG e Brumadinho-MG (CAMBRIDGE E SHAW, 2019) trazem à luz a reflexão sobre a gestão ambiental, a governança dos recursos, a vulnerabilidade e os riscos ambientais associados às atividades mineradoras.

Segundo dados da Agência Nacional de Mineração (ANM), o Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) concedeu, em 2018, 383 novos registros de extração; 336

---

<sup>1</sup> Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental - UFCG, sonaly\_mendes@hotmail.com;

<sup>2</sup> Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental - UFCG, lucassis7@outlook.com;

<sup>3</sup> Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental (PPGECAM) – UFPB, mateus.rodrigues@ct.ufpb.br;

<sup>4</sup> Graduação em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, carmem\_araruna@hotmail.com;

<sup>5</sup> Professora do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental – UFCG, marcia.ribeiro@ufcg.edu.br

portarias de lavra e, 1.013 registros de licença de exploração de recursos minerais ligados à construção civil. Estes números corroboram com a expressiva participação da atividade extrativa no PIB brasileiro que, em 2018 cresceu 1,0% em relação ao ano anterior (IBGE, 2018).

O potencial do país é tal que, mesmo em centros urbanos, a atividade mineradora é presente e, ao passo em que avança, crescem também os impactos decorrentes da sua utilização. Neste sentido, destaca-se o ocorrido neste ano de 2019 em Maceió-AL, em que os bairros Pinheiro, Bebedouro e Mutange entraram em processo de colapso estrutural generalizado, perceptível pelo afundamento de ruas e residências.

A exploração de sal-gema na região sob os bairros favoreceu o surgimento de dolinas – depressões circulares em formas afuniladas que, de acordo com Sallun Filho e Karmann (2007), apesar de serem feições superficiais, possuem origem vinculada à existência de condutos desenvolvidos em subsuperfície. Os vazios inerentes à retirada do minério reduziram a capacidade de carga do solo sobrejacente e, assim, o colapso tem sido crescente e constante.

A extensão e a proporção dos impactos gerados pelo afundamento dos bairros permeiam o desastre ambiental e social, afetando o ecossistema de maneira violenta e generalizada e gerando consequências irreversíveis àquele local. Pode-se, então, perceber que a problemática se refere à inadequada governança ambiental e suas consequências sociais.

Dentre as óticas de avaliação da governança de recursos de uso comum, as análises dos princípios institucionais de Ostrom (1990) e do Sistema Sócio Ecológico (McGINNIS E OSTROM, 2014) integram-se e proporcionam uma visão sistêmica da questão socioambiental. A consideração da influência antrópica nos processos de alteração da continuidade dos recursos, segundo Vitousek *et al.* (1997), torna a desvinculação entre natureza e pessoas cada vez mais sem sentido.

Segundo Simões *et al.* (2011), para frear a degradação do meio ambiente e evitar o esgotamento de recursos naturais, precisa-se deixar de ignorar as falhas de gestão de recursos e, neste sentido, o trabalho de Ostrom (1990) figura-se como um processo adequado para avaliar a gestão de recursos de uso comum. Em sua teoria, Ostrom (1990) aponta um conjunto de princípios e regras de gestão coletiva que visam evitar a sobre-exploração e garantir a continuidade do uso sustentável.

Uma outra abordagem que pode ser integrada à análise de Ostrom (1990) é a Teoria da Resiliência (HOLLING, 1973). Por tratar-se de uma mudança de paradigma para a adoção da teoria do “não-equilíbrio”, este raciocínio leva a compreensão do fenômeno ambiental como algo necessário e cíclico. Para Bruschbacher (2014), “a teoria da resiliência traz uma nova

forma de enxergar estes sistemas (os sócio-ecológicos) como complexos, dinâmicos, imprevisíveis e não lineares”. O conceito de capacidade adaptativa é inerente ao meio ambiente, ainda que em longos prazos e, mesmo que de difícil determinação, os processos resilientes inseridos no sistema de gestão de recursos podem contribuir para a governança adaptativa e previsão de ações paliativas.

É objetivo deste estudo avaliar, segundo os princípios de Ostrom (1990) e pela Teoria da Resiliência (HOLLING, 1973; HOLLING E GUNDERSON, 2002), o problema ambiental do afundamento dos bairros em Maceió-AL. Assim, objetiva-se identificar os mecanismos e as falhas na gestão dos recursos de uso comum abordados.

## METODOLOGIA

### *Caracterização da Área de Estudo*

A área de estudo localiza-se no Estado de Alagoas e se refere, mais precisamente, aos bairros Pinheiro, Bebedouro e Mutange, do município de Maceió (Figura 1).

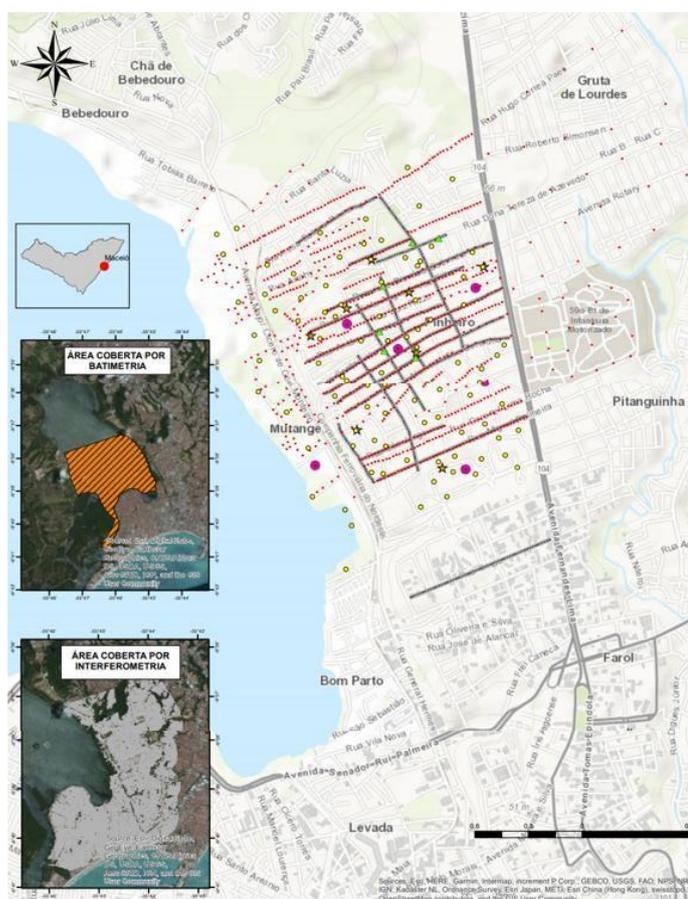


Figura 1 - Levantamentos das instabilidades nos bairros afetados pela extração da salgema em Maceió/AL.  
FONTE: CPRM (2019).

A etapa inicial da pesquisa levantou dados para caracterização da área estudada, bem como informações acerca dos problemas enfrentados pela população daqueles bairros. A pesquisa considerou os acontecimentos do período de 03/2018 até 05/2019.

De acordo com a Agência Nacional de Mineração (ANM), a empresa intitulada Braskem S.A. detém os direitos de concessão da exploração do mineral sal-gema na região estudada, concessão esta de nº 66.718 de 1970, retificada pelo decreto nº 69.037 de 1971. Os trabalhos de lavra foram iniciados pela empresa no ano de 1976 e, atualmente, existem 30 poços de exploração da salgema desativados e 5 em funcionamento, como mostrado na Figura 2.

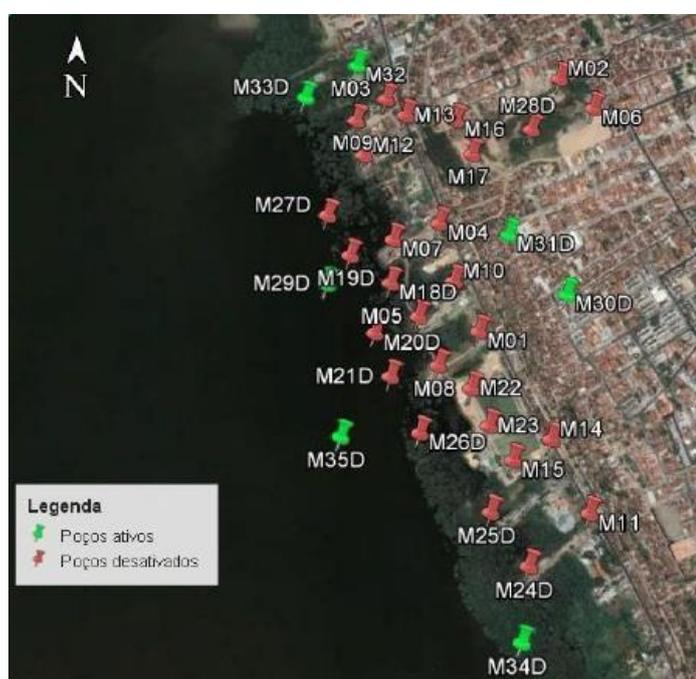


Figura 2 - Poços de extração de sal-gema existentes na região de Maceió/AL.  
FONTE: Agência Nacional de Mineração - ANM (2018).

Sendo assim, as atividades realizadas pela empresa são causas de vários problemas que estão ocorrendo nas áreas dos três bairros, desde perturbações aos moradores quanto às suas moradias, como também complicações nas ruas (Figura 3), causando comoção na população, assustada com medo de piores consequências (G1, 2019).

### ***Princípios de Ostrom e Sistema Sócio-Ecológico (SSE)***

Ostrom (1990) estabeleceu oito princípios institucionais para uma boa governança de recursos de uso comum: 1. limites claramente definidos; 2. congruência entre apropriação e provisão de regras e condições locais; 3. arranjos de escolhas coletivas; 4. monitoramento; 5. sanções graduais; 6. mecanismos de resolução de conflitos; 7. reconhecimento mínimo de

direitos para se organizar; 8. empreendimentos aninhados. A pesquisa utilizou os princípios institucionais de Ostrom (1990) para avaliar a governança acerca da extração do minério sal-



Figura 3 - Trincas nas moradias e problemas no sistema viário causados pelo afundamento do solo na região de Maceió/AL.

FONTE: CPRM (2018).

gema na região caracterizada. Metodologicamente verificou-se o grau de atendimento dos princípios: se atendidos completamente, se parcialmente ou se não atendidos.

Quanto ao Sistema Sócio-Ecológico (SSE), utilizou-se o arcabouço proposto por McGinnis e Ostrom (2014), como visto na Figura 4. A construção do SSE é realizada para sistematizar todas as instituições envolvidas e suas ações no que se refere ao caso de exploração do minério da região de Maceió/AL

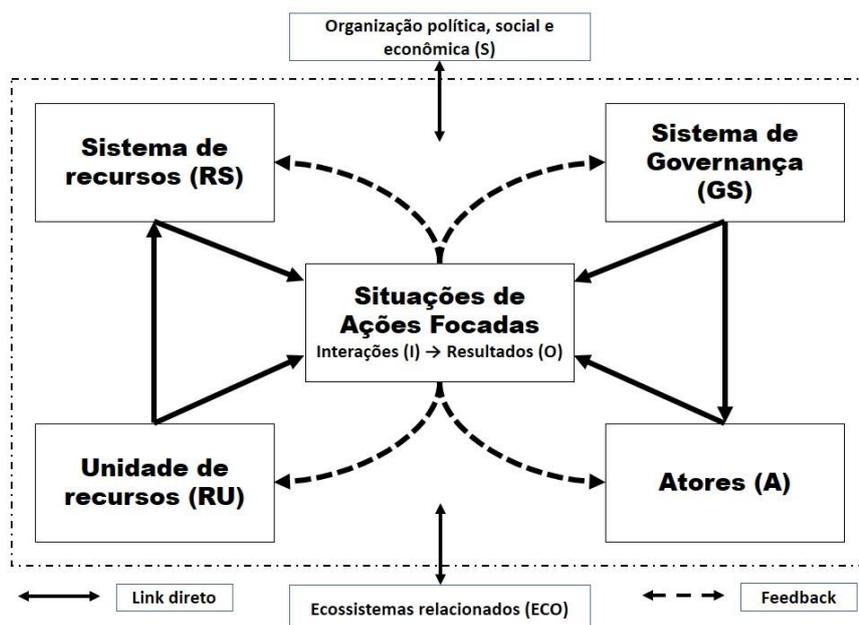


Figura 4 - Padrão de Sistema Sócio-Ecológico.  
FONTE: Adaptado de McGinnis e Ostrom (2014).

### *Teoria da Resiliência e os Sistemas Sócio-Ecológicos*

A pesquisa utilizou, como segunda abordagem, as ideias propostas por Holling (1973) e, posteriormente, adaptadas para SSE. A metodologia da Teoria da Resiliência (HOLLING, 1973) foi selecionada em função de danos ambientais não seguirem um raciocínio intuitivo linear, ou seja, o seu ciclo adaptativo é dinâmico, logo o fator desencadeante (estresse) não varia linearmente com a resposta do sistema. E ainda, a fase de estresse não é apenas um ponto que causará uma descontinuidade da curva, seguindo a linearidade anterior ao distúrbio. Portanto, a fase de estresse é considerada uma situação tão complexa quanto os outros regimes, antes e após o distúrbio. Scheffer *et al.* (2000) apresentam a Figura 5 que ilustra três formas de respostas de um sistema submetido à estresse.

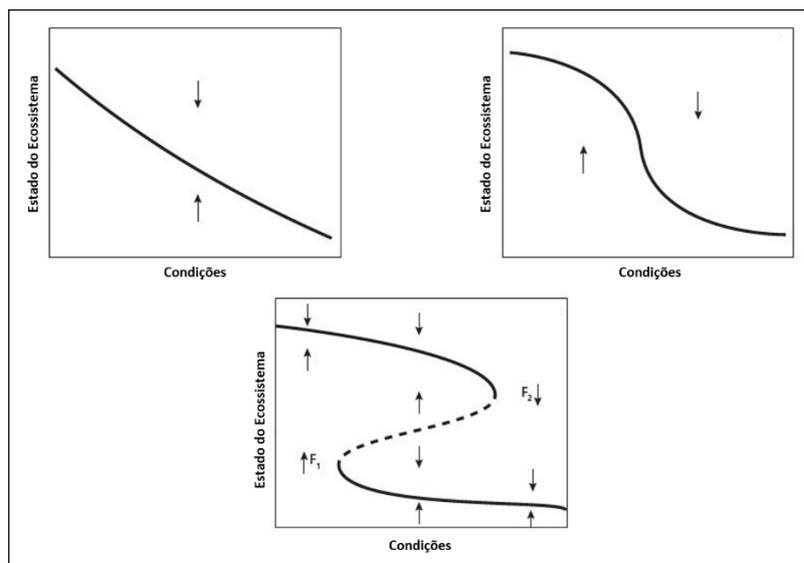


Figura 5 - Formas de resposta de um ecossistema submetido a um aumento de estresse.  
FONTE: Adaptado de Scheffer *et al.* (2000).

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Os resultados e a análise que se apresentam a seguir estão organizados em dois itens: i. Extração do minério sal-gema de acordo com os princípios de Ostrom e, ii. Extração do minério sal-gema de acordo com a Teoria da Resiliência.

### *Extração do minério sal-gema de acordo com os princípios de Ostrom*

A identificação dos princípios de Ostrom (1990), que regem a boa gestão de bens de uso comum, na questão em estudo, depende da definição dos atores e do arranjo do SSE. Na Figura 6 observa-se que o SSE permite a definição organizacional desses atores, das ações e consequências envolvidas no caso do afundamento de bairros em Maceió/AL.



Figura 6 - Sistema Sócio-Ecológico da atividade de extração mineral em Maceió-AL no período 03/2018 – 03/2019.

FONTE: Autores (2019)

Pode-se entender que o minério sal-gema seja a unidade de recurso avaliada, inserida em um sistema de recursos abrangente – neste caso, a jazida do mineral. As condições de exploração desta jazida são definidas pelo sistema de gestão, representado pelo Departamento Nacional de Produção Mineral – DNPM que, no uso de suas atribuições, emite uma concessão de lavra, com base em estudos de capacidade exploratória, em um plano de aproveitamento econômico e na avaliação de impacto ambiental.

O DNPM também define as regras e impõe os limites à empresa responsável pela extração no tocante aos volumes outorgados e ao monitoramento das condições de estabilidade da jazida e dos demais aspectos legais relacionados à concessão de lavra e da sua renovação.

A análise do SSE indica uma exploração mal gerida do minério sal-gema gerando a fragilização da região dos bairros Pinheiro, Bebedouro e Mutange e assim, o afundamento da área. Sob a ótica dos oito princípios de Ostrom (1990), a Tabela 1 apresenta o respectivo grau de atendimento.

Tabela 1 – Princípios de Ostrom no problema ambiental do afundamento de bairros em Maceió-AL

<b>PRINCÍPIO</b>	<b>GRAU DE ATENDIMENTO</b>
<b>1. Demarcação clara das fronteiras dos recursos de bem comum e seus usuários</b>	SIM
<b>2. Coerência entre as regras de apropriação e provisão com as condições locais</b>	NÃO
<b>3. Arranjos de decisão coletiva</b>	NÃO
<b>4. Monitoramento de uso e fluxo de recursos</b>	PARCIAL
<b>5. Sanções graduais</b>	PARCIAL
<b>6. Mecanismos de resolução de conflitos</b>	NÃO
<b>7. Reconhecimento mínimo de direitos de organização</b>	PARCIAL
<b>8. Alinhamento e articulação intersetorial da gestão (empreendimentos aninhados)</b>	NÃO

FONTE: Autores (2019)

Uma análise mais aprofundada dos princípios permite apontar aspectos importantes na definição do atendimento de cada um. O DNPM tem seu papel claramente cumprido na definição das fronteiras dos recursos e seus usuários, quando licencia a empresa para a extração do minério.

Embora com limites claramente definidos, as regras de apropriação do recurso não foram bem aplicadas ou, ainda, não consideraram que o local não seria adequado para a exploração de tamanhos volumes de sal-gema, dado o seu caráter urbano avançado.

Na ausência da necessidade legal da implementação de consulta pública para a tomada de decisão dentro da empresa, cabe à gestão da mesma responder pelo arranjo de decisões. Este é um fator importante na avaliação da governança pois, quando não se atende aos anseios dos demais envolvidos (tais como os possíveis portadores dos ônus do problema previsto), a empresa cerceia o direito à ciência dos fatos e os sujeita apenas a auferirem as consequências.

O cunho privado ao qual a empresa se enquadra, ligado ao sistema de governança público brasileiro, limita, também, o reconhecimento mínimo de direitos de organização: ainda que a empresa tenha autonomia para a tomada de decisões interna, deve ao poder público a prestação de contas de todo o recurso natural envolvido. O gestor privado fica subserviente aos gestores públicos, uma vez que explora um recurso de uso comum.

Observa-se, então, que o órgão de gestão de recursos minerais (DNPM) atua não somente na outorga de uso e exploração, mas também no monitoramento da estabilidade da jazida e do volume explorado, juntamente com o Serviço Geológico do Brasil (CPRM). Os relatórios técnicos apresentados ao Ministério Público (GEOLÓGICO, 2019), para apuração das causas do problema do afundamento da região, indicam que as lacunas na fiscalização e monitoramento fomentaram o descuido e possibilitaram o avanço do problema, sem quem houvesse sanções graduais. Portanto, ainda que existentes, os mecanismos de monitoramento e aprovação foram falhos.

A falta de alinhamento entre os setores gerenciais desencadeia todas as demais falhas geradoras do problema ambiental. Consonante com a teoria de Garret Hardin (em, “*The Tragedy of the Commons*” de 1968), segundo Simões *et al.* (2011), como cada usuário não considera os custos impostos aos outros, as deliberações individuais juntam-se com o calamitoso excesso de utilização do recursos e o potencial dano de uma área comum de acesso livre.

### ***Extração do minério sal-gema de acordo com a Teoria da Resiliência***

O processo de resiliência construído sem supressão, respeitando todas as sete etapas propostas por Holling (1973), resultando ao fim na fase estável novamente, mostrou que as respostas para cada etapa resultarão da influência de cada instituição ligada ao problema de afundamento dos bairros.

De forma ilustrativa, Holling e Gundersen (2002) resumem as fases em um ciclo adaptativo (Figura 7). Há as fases iniciais de estabelecimento de sistema (fase r), passando por estabilização gradual (fase K). Nesta condição, Holling (1973) contribuiu ao constatar que o sistema não permanece estável, ele acumula vulnerabilidades e fragilidades, chegando a um momento que sofre alguma perturbação que o leva ao colapso (fase  $\Omega$ ). Entretanto, o colapso libera recursos que permitem a reorganização do que foi acumulado (fase  $\alpha$ ), iniciando um novo ciclo.

As sete etapas da Teoria da Resiliência (HOLLING, 1973) foram aplicadas ao SSE da região de exploração de sal-gema de Maceió/AL. Verifica-se, após a análise das etapas, falhas na governança de exploração do minério, tanto por erros de concessão e falhas de fiscalização, quanto por falhas cometidas na própria empresa detentora do direito. As etapas estão descritas a seguir.

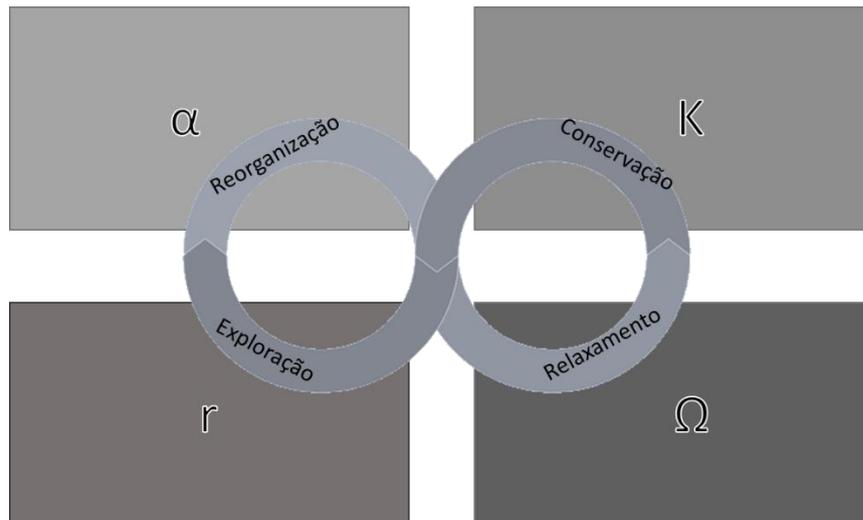


Figura 7 - Fases do ciclo adaptativo em um sistema  
FONTE: Holling e Gunderson (2002).

- Fase de Conservação (Fase Estável): marcada pelo ambiente natural da cidade Maceió, antes do fornecimento de concessões para exploração;
- Estresses (Fase Estável): descoberta de áreas mineráveis por parte das empresas de mineração e entrada com pedidos de concessão;
- Adaptações (Sistema ainda Estável): instalação legal das empresas através da concessão do Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) para apropriação das áreas mineráveis;
- Distúrbio Massivo (Disparador Natural e/ou Social): problemas iniciais advindos das práticas de exploração mineral;
- Fase de Liberação (Período Caótico): caos nos bairros afetados por problemas nas ruas e nas casas dos moradores, acompanhado de reclamações públicas no governo, bem como tratamento das informações realizado pela mídia;
- Fase de Reorganização (Inovações e Transformações): período onde o governo realiza estudos na região, buscando fatos que comprovem que as empresas estão envolvidas com os problemas de afundamento dos bairros;
- Fase de Exploração (Crescimento): confirmações do envolvimento da empresa que explorava na geração dos problemas, é nessa fase que se iniciam os julgamentos e as sanções;
- Fase de Conservação (Volta da Fase Estável): reestabelecimento da ordem e cumprimento das sanções pelas empresas, bem como a abertura ou não para novas empresas de mineração.

O estabelecimento da ordem, no período vigente, ainda não foi estabelecido. Observa-se que o momento atual é marcado pela transição entre a reorganização e a exploração pois, os trâmites judiciais do período após a apresentação do relatório do CPRM (GEOLÓGICO, 2019) seguem no ritmo das pesquisas e apresentação de evidências pró e contra a Empresa.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O problema de afundamento dos bairros Pinheiro, Bebedouro e Mutange em Maceió-AL, gerado pela exploração de sal-gema, mostra que os atrativos econômicos que a empresa oferece ao Estado tornão-se inexpressivos diante do caos sócio-ambiental causado. A situação expõe a necessidade da implementação de uma gestão mais eficiente e incisiva, quanto à exploração de recursos naturais.

A análise da questão sob a ótica de Ostrom (1990) revela falhas no gerenciamento do recurso mineral (incluindo o seu monitoramento) e indica que, somente uma gestão participativa, transparente e dinâmica pode resultar em boa governança.

Sob o aspecto da Teoria da Resiliência (HOLLING, 1973), a visualização do problema como naturalmente instável atenua o impacto da severidade das consequências, ao indicar uma possibilidade de retorno à fase estável – ainda que efêmera. Desta forma, a busca por um sistema resiliente é constante e tende a ser mais facilmente aceita, pois revalida o objetivo da implementação da gestão dos recursos e da boa governança.

A análise realizada nesta pesquisa evidencia a urgência da integração e cooperação dos diversos setores da sociedade. O fortalecimento de órgãos ambientais (e a efetiva aplicação dos instrumentos de gestão) é vital para a implementação de uma política ambiental que visa evitar as situações como a enfocada neste artigo, a da exploração de sal-gema em Maceió-AL.

## **REFERÊNCIAS**

AGÊNCIA NACIONAL DE MINERAÇÃO. **Lavra subterrânea de sal-gema em Maceió – AL**. Audiência na prefeitura de Maceió/AL sobre riscos geológicos no bairro Pinheiro – Maceió, 2019.

BUSCHBACHER, R. **A teoria da resiliência e os sistemas sócioecológicos: como se preparar para um futuro imprevisível?** Boletim regional, urbano e ambiental, 2014.

CAMBRIDGE, M.; SHAW, D. **Preliminary reflections on the failure of the Brumadinho tailings dam in January 2019**. Dams and Reservoirs, v. 29, n. 3, p. 113–123, 2019.

**G1. Moradores do bairro do Pinheiro fazem ato na orla de Maceió.** [2019]. Disponível em: <<https://g1.globo.com/al/alagoas/noticia/2019/03/31/moradores-do-bairro-do-pinheiro-fazem-ato-na-orla-de-maceio.ghtml>> Acesso em 31 de maio de 2019.

**GEOLÓGICO, SERVIÇO; BRASIL-CPRM, D. O. Estudos sobre a instabilidade do terreno no bairros Pinheiro, Mutange e Bebedouro, Maceió (AL).** CPRM, 2019.

**HOLLING, C. S. Resilience and stability of ecological systems.** Annual Review of Ecology and Systematics 4, 1973.

**HOLLING, C. S.; GUNDERSON, L. H. Resilience and adaptive cycles. Panarchy: understanding transformations in human and natural systems.** Washington Island Press, 2002.

**IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA.** Pesquisa Industrial de Inovação Tecnológica 2018 Rio de Janeiro, 2018.

**McGINNIS, M.; OSTROM, L. Social-ecological system framework: initial changes and continuing challenges.** Ecology and Society, 2014.

**OSTROM, E. Governing the Commons: the Evolution of institutions for collective action.** New York: Cambridge University Press, 1990.

**SALLUN FILHO, W.; KARMANN, I. Dolinas em arenitos da Bacia do Paraná: evidências de carste subjacente em Jardim (MS) e Ponta Grossa (PR).** Revista Brasileira de Geociências, v. 37, n. 3, p. 551–564, 2018.

**SCHEFFER, M.; BROCK, W.; WESTLEY, F. Socioeconomic mechanisms preventing optimum use of ecosystem services na interdisciplinar theoretical analysis.** Ecosystems, 2000.

**SIMÕES, J.; MACEDO, M.; BABO, P. Elinor Ostrom: “Governar os Comuns”.** Economia e Política do Ambiente, Faculdade de Economia da Universidade do Porto. Mestrado em Economia e Política do Ambiente, 2011.

**VITOUSEK, P. M.; MOONEY, H. A.; LUBCHENCO, J.; MELILLO, J. M. Human domination of Earth’s ecosystems.** Science, 277(5325): 494-499, 199.