

# ■ DESAFIOS E DEMANDAS EM GEOLOGIA DE ■ ENGENHARIA E AMBIENTAL NA AMAZÔNIA ■ BRASILEIRA, BRASIL

CHALLENGES AND DEMANDS IN ENGINEERING AND ENVIRONMENTAL  
GEOLOGY IN THE BRAZILIAN AMAZON, BRAZIL

CLAUDIO FABIAN SZLAFSZTEIN  
Universidade Federal do Pará, Belém, Pará, Brasil  
E-mail: iosele@ufpa.br

## RESUMO ABSTRACT

Este artigo estuda as demandas existentes e futuras e os desafios que as mesmas associam ao papel da Geologia de Engenharia e Ambiental na região Amazônica do Brasil. Com base em pesquisas científicas, assim como dados e informações governamentais se identificam, descrevem e analisam as situações atuais e as perspectivas planejadas em aspectos associados a estudos em áreas urbanas, ao desenvolvimento da atividades de mineração, a geração de energia hidrelétrica, a logística de transporte e escoamento da produção agropecuária, e a gestão de desastres naturais e tecnológicos. Finalmente se apresentam os obstáculos regionais para o desenvolvimento das atividades dos geólogos de engenharia e ambiental relacionados com ausência de mapeamentos, necessidade da percepção de riscos, a concorrência com outras áreas da geologia no âmbito acadêmico, do setor privado e governo, a escassa participação de micro e medias empresas no desenvolvimento econômico da região.

**Palavras-chave:** Desenvolvimento Amazônico, Geologia de Engenharia, Geologia Ambiental, Brasil

This paper studies the existing and future demands and the challenges that they associate with the role of Engineering and Environmental Geology in the Amazon region of Brazil. Based on scientific research, as well as government data and information, current situations and planned perspectives on aspects associated with studies in urban areas, the development of mining activities, hydropower generation, transport and outflow of agricultural production, and the management of natural disasters. Finally present regional obstacles to the development of activities of engenhara and environmental geologists related absence mappings, need the perception of risk, competition with other areas of geology in the academic, private sector and government, the limited participation of micro and medium enterprises in the economic development of the region.

**Keywords:** Amazonian Development, Engineering Geology, Environmental Geology, Brazil

## 1 INTRODUÇÃO

A Amazônia no Brasil conviveu por muito tempo e ainda convive, em algumas regiões e aspectos sociais, econômicos e ambientais, de forma isolada do desenvolvimento presente em outras porções do território. Ciclos econômicos sustentados na provisão de recursos naturais se destacaram ao longo da sua história, entre eles a borracha, a castanha do Pará e a pimenta do reino (Loureiro, 2015), que pouco ou nada precisavam em termos de obras de infraestrutura para o seu desenvolvimento, seja na produção, transporte e comercialização.

Desde as últimas décadas do século passado, a Amazônia já parcialmente integrada por rodovias e aeroportos, iniciou novos períodos econômicos, agora escorados no crescente fornecimento de energia elétrica, minérios e produtos agrícolas para o Brasil e o Mundo (Silva et al., 2016). Estas atividades são de elevado impacto nas paisagens, biotas, populações indígenas, ribeirinhas, extrativistas e de pequenos agricultores, assim como na crescente população urbana (Ometto et al., 2011; Fearnside, 2016a; Sonter et al., 2017).

Labores e infraestruturas necessárias para o seu desenvolvimento se planejaram e instalaram, oportunamente, sem os devidos cuidados para minimizar os impactos no ambiente, amparados numa legislação, na época, pouco criteriosa ou ausente a este respeito (Fearnside, 2016b; Moran, 2016).

O cenário tem mudado com o tempo, particularmente nas últimas 3 décadas, e ele nos leva a maiores reflexões e cuidados no planejamento do futuro da região. A temática do ambiente e de suas mudanças associada à maior atenção nacional e internacional sobre o tema, os compromissos assumidos pelo Brasil (ex. Fundo Amazônia, Protocolo de Quioto), as novas legislações (ex. Código Florestal), a mais ampla conscientização, educação e possibilidade de fiscalização e manifestação da sociedade, são alguns dos fatores que influenciam nas novas formas de desenvolvimento sustentável no Brasil, e que tem na região Amazônica um dos seus maiores palcos.

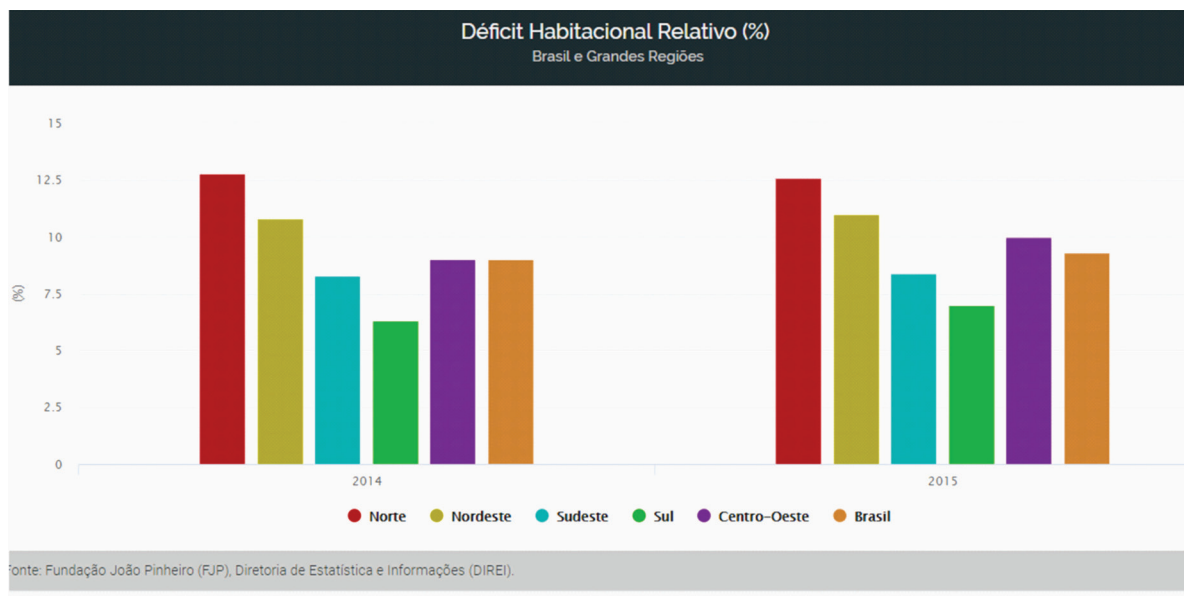
Diante desta procura pela sustentabilidade do crescimento econômico e bem-estar da população no Brasil, este artigo apresenta e analisa as demandas existentes e futuras e os desafios que as mesmas associam ao papel da Geologia de Engenharia e Ambiental na região Amazônica do Brasil.

## 2 DESAFIOS PARA A GEOLOGIA DE ENGENHARIA E AMBIENTAL NA REGIÃO AMAZÔNICA

No passado, a atenção governamental, de empresas privadas, e da academia centrava-se, após hercúleos programas de levantamento de informações geológicas básicas (ex. projeto RADAM), em como criar ou adaptar métodos e análises de geologia de engenharia a paisagens tropicais (ex. densa cobertura vegetal, alto grau de intemperismo), pesquisar ou trabalhar em áreas inóspitas e de difícil acesso, e/ou localizar em quantidade, qualidade e condições de transporte de material para a construção civil. Hoje, aos desafios do passado parcialmente resolvidos, agregam-se outros não menos importantes e provocadores.

### 2.1 O crescente aumento da demanda por materiais e pesquisas para a construção civil

A região Norte tem sido a única no Brasil com crescimento na proporção da distribuição relativa da população. No período de 2000 a 2010, segundo dados de IBGE, cresceu de 7,6% a 8,3%, contabilizando em 2017 uma população estimada de quase 18 milhões de pessoas (8,5% do total do Brasil). Mais de 65% do total da população localiza-se em áreas urbanas, algumas destas com quase 2.000.000 de pessoas. Muito deste crescimento se deve ao desenvolvimento da Zona Franca de Manaus (estado de Amazonas) e das atividades de mineração (Pará) (IBGE Cidades - <https://cidades.ibge.gov.br/>). Neste contexto, a região Norte concentra-se o maior percentual de déficit habitacional relativo do Brasil - 12,6% (figura 1), 645.000 domicílios permanentes (Fundação João Pinheiro, 2018).



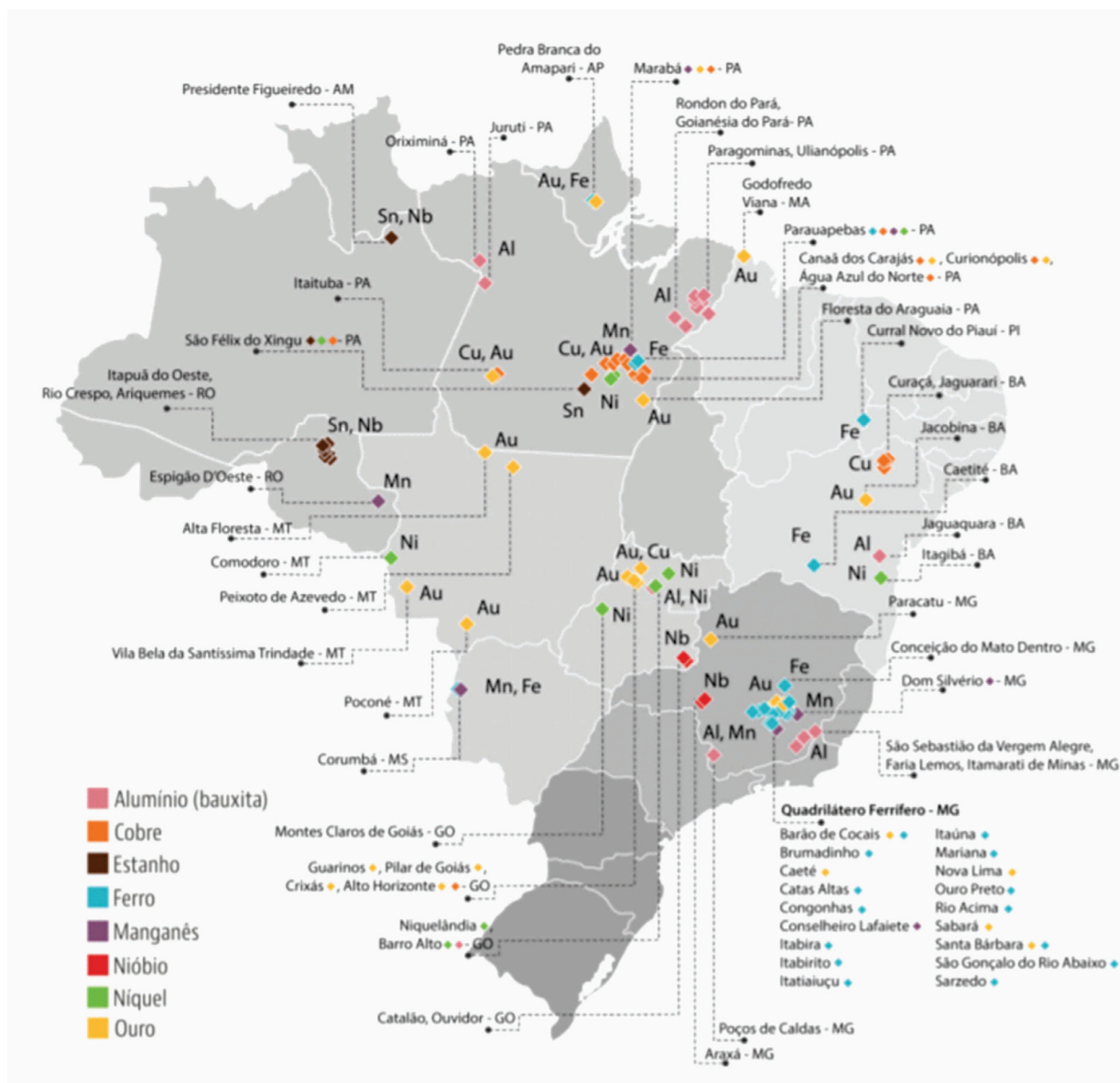
**Figura 1.** Déficit habitacional relativo (%) do Brasil e das Grandes regiões em 2014 e 2015. Fonte: Fundação Joao Pinheiro (<http://fjpdados.fjp.mg.gov.br/deficit/>).

Neste sentido, a participação da Geologia de Engenharia e Ambiental é de fundamental importância para os próximos anos considerando a necessidade da execução de ordenamentos territoriais (Planos de Desenvolvimento Urbanos, Zoneamentos Ecológicos Econômicos), novos e a revisão e atualização obrigatória dos já existentes. Com referência a novos planos menciona-se que a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (Lei Federal Nº 12608/2012) alterou o Estatuto da Cidade (Lei Federal Nº 10.257/2001), estabelecendo a obrigatoriedade de elaboração de plano diretor nos municípios que possuem áreas suscetíveis a processos geológicos ou hidrológicos que podem gerar desastres naturais. Os ordenamentos do território possibilitaram a descrição e análise em detalhe de características geológicas e ambientais de novas áreas de expansão urbana, assim como a descoberta e exploração de novas jazidas de materiais para a construção civil na região (areia, seixo, argila e calcários). Este último aspecto é um dos principais motivos para o aumento dos custos do m<sup>2</sup> na construção civil na região, registrado pelo Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil – SINAPI (<https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/economicas/precos-e-custos/9270-sistema-nacional-de-pesquisa-de-custos-e-indices-da-construcao-civil.html?=&t=o-que-e>).

## 2.2 A mineração como condutora do desenvolvimento regional

A mineração na região Norte do Brasil, mais recente que em outros sítios históricos do Brasil (Triner, 2016), oferece produtos para diversos e variados tipos de indústria – siderúrgica, fertilizante, petroquímica, metalúrgica. A expansão da mineração na região tem permitido superar anualmente registros de produção de diversos mineiros, lucros, geração de empregos e participação no Produto Interno Bruto do Brasil. Esta indústria colabora grandemente com a balança comercial do País e desenvolvimento socio econômico de muitos municípios Amazônicos (Cordani e Juliani, 2019).

Este progresso, liderado pelo estado do Pará, tem como eixos a diversidade de produtos (ex. alumínio, bauxita, manganês, cobre, ferro, níquel, ouro, potássio) já extraídos (figura 2), assim como em alguns inéditos (ex. nióbio), a descoberta de novas jazidas em áreas ainda intocadas, e a exploração em condições menos favoráveis (ex. petróleo na desembocadura do rio Amazonas) (Brasil, 2018).



**Figura 2.** Localização das principais reservas minerais de alumínio, cobre, estanho, ferro, manganês, nióbio, níquel e ouro em 2015 no Brasil. Fonte Brasil, 2018.

Neste contexto, a participação da Geologia de Engenharia e Ambiental é de fundamental importância para os próximos anos na colaboração na execução de estudos de impactos ambientais nas diversas etapas de licenciamento de atividades de mineração (ex. extração, processamento), na participação em estudos geotécnicos dos projetos de construção civil decorrentes da necessidade de ampliação e melhorias de estruturas de logística existentes e novas (ex. portos, ferrovias), e no subsídio técnico à gestão de maiores volumes de resíduos. Destaca-se que todas estas atividades crescentemente associam-se à exploração mineral em zonas cada vez mais próximas de áreas

urbanas e indígenas (Campos de Melo e Cardoso, 2016; Le Tourneau, 2015).

### 2.3 A demanda crescente por energia elétrica no Brasil

Considerando o esgotamento do potencial hidrelétrico de outras bacias no Brasil, a Amazônica (no Brasil e nos outros países que a compõem) desponta como o palco da implementação e planejamento, nos próximos anos, de mais de 20 hidrelétricas de diferentes magnitudes (figura 3) (Latrubesse et al., 2017). Só em território brasileiro da bacia amazônica existe a perspectiva de



produzir um total de 42.530 MW, alagando aproximadamente 10.000 km<sup>2</sup> da região Amazônica (O Globo, 2013 com base em dados da Eletrobras, ANEEL, e do PAC).

Neste contexto, a participação da Geologia de Engenharia e Ambiental é de fundamental importância para os próximos anos na execução de estudos de impactos ambientais nas diversas

etapas de licenciamento de atividades, na participação em estudos geotécnicos dos projetos de construção das estruturas das usinas hidrelétricas, assim como das infraestruturas indiretamente a elas associadas – logística de transporte, geologia de jazidas de material de construção, transmissão de energia, etc.

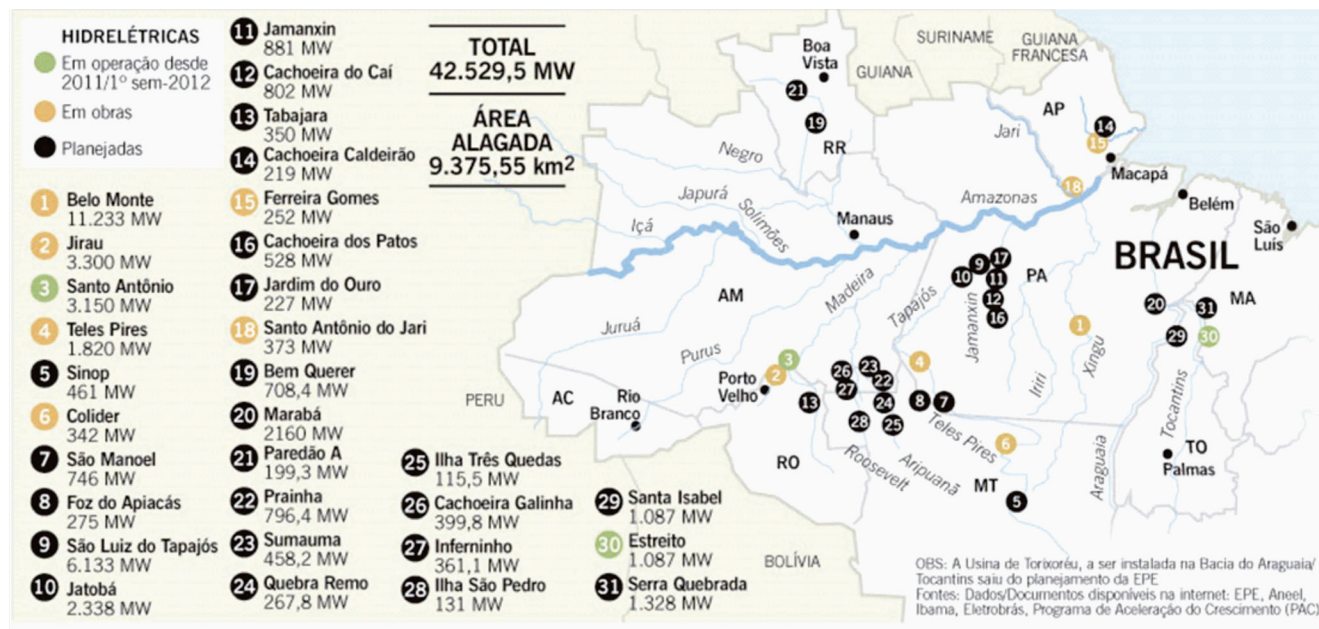


Figura 3. Hidrelétricas em operação, em obras e planejadas na bacia Amazônica no Brasil. Fonte: <https://www.ecodebate.com.br>

## 2.4 Logística de transportes e escoamento da produção agrícola

As regiões Centro-Oeste e Norte do Brasil têm despontado nos últimos anos como fronteiras consolidadas e em expansão da atividade agropecuária, somando-se à produção já existente no Sul e Sudeste do País, decorrente principalmente de investimentos em projetos de grande porte sustentados na disponibilidade de terras de custo baixo e a existência no mercado de variedades adaptadas às condições ambientais de cultivos e gado (Oliveira, 2016; Sauer, 2018; McManus et al., 2016). Este recente crescimento da agropecuária na região Norte está associado a expansão de mercados consumidores distantes do Brasil (ex. China, Europa), assim como a maior proximidade

da Região aos mesmos diretamente ou indiretamente (ex. Canal de Panamá), reduzindo custos de transporte.

Programas governamentais, muitas vezes fortalecidos pela parceria com o setor privado nacional e internacional, estão implementando e planejando de forma integrada a construção e melhoria da malha de rodovias (ex. BR-163) (Moran, 2016), a expansão da rede ferroviária (Norte-Sul, Paraense, Ferrogrão), assim como na superação de obstáculos para o pleno funcionamento de hidrovias (obras de dragagem, derrocagem e construção de terminais hidroviários nas bacias dos rios Tocantins, Tapajós e Madeira) (Fearnside, 2015) (figura 4).



**Figura 4.** Projetos logísticos para escoamento da produção agropecuária em construção ou planejamento. <http://amazonia.org.br>

Os geólogos especializados em engenharia e ambiente terão um papel preponderante nos próximos anos na execução de estudos de impactos ambientais nas diversas etapas de licenciamento de atividades, e na participação nas diversas fases de estudos geotécnicos associados aos projetos de construção das infraestruturas de logística de transporte.

## 2.5 Desastres naturais na Amazônia

A percepção externa de uma região com pouca densidade demográfica, uma população predominantemente rural e ribeirinha conhecedora e adaptada à dinâmica natural, condições de relevo plano, dificuldade de acesso as informações, entre outros, fez com que existisse pouco interesse no

estudo, mapeamento e gestão de riscos de desastres naturais na Amazônia. No entanto, fatores como o crescimento populacional e urbano, mudanças nas condições dos regimes hidro climáticos, assim como da permeabilidade da informação, são fatores que explicam o maior número de registros de eventos desastrosos na região nos últimos anos (Tabela 1).

Neste sentido, este campo de ação converte-se num novo desafio para a Geologia de Engenharia e Ambiental na região, considerando não tão somente o incipiente dos estudos legalmente obrigatórios de mapeamentos de risco e geotécnicos em áreas urbanas, segundo a Lei Federal 12.608/2012 – Política Nacional de Proteção e Defesa Civil, mas também pela necessidade de se adaptar métodos e ferramentas desenvolvidas e aplicadas para as realidades de diferentes regiões do País.

Na Lei Federal 12.340/2010, que dispõe sobre a transferência de recursos da União para que os estados e municípios possam atuar na prevenção de desastres naturais e, assim, aumentar sua resiliência ante as prováveis consequências negativas de possíveis eventos de alta severidade, a PNPDEC fixou um conjunto de cinco requisitos básicos que as prefeituras devem possuir para acessar esses recursos. Entre esses requisitos, destacam-se as cartas geotécnicas (carta de suscetibilidade, carta geotécnica de aptidão à urbanização e carta de risco).

**Tabela 1.** Total de registros de desastres originados em fenômenos naturais (não biológicos) e danos humanos por regiões brasileiras (1991- 2012). Fonte: adaptado de CEPED/SEDEC, 2013.

Região	Total de Registros	Total de Afetados	Pessoas Afetadas por Ocorrência
Nordeste	15.210	55.963.164	3.679
Sul	13.255	28.784.792	2.172
Sudeste	8.168	28.142.663	3.445
Centro-Oeste	1.008	5.194.590	5.153
Norte	1.355	8.841.447	6.525
<b>Total</b>	<b>38.996</b>	<b>126.926.656</b>	<b>3.255</b>

## 3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Todos estes cenários de desafios na região Amazônica para a área de atuação da Geologia

de Engenharia e Ambiental são concretos, em desenvolvimento ou planejamento a curto prazo, independentemente da realidade conjuntural do Brasil, já que respondem a necessidades do Brasil, e muitas vezes são impulsionadas por demandas externas.

A região amazônica se apresenta em destaque como um grande palco para o desenvolvimento do Brasil, pelas proximidades a mercados demandadores de produtos, fronteiras com países da própria bacia (incluído a França), pela ainda extensa área não utilizada, e pelos recursos não aproveitados.

Grande parte das obras de engenharia observam o requisito legal de estudos de impacto ambiental, assim como são sinérgicas entre si, induzindo o desenvolvimento de outras obras associadas assim como o crescimento e surgimento de áreas urbanas próximas, muitas vezes pouco planejadas.

Os diversos cenários de atividades precisam superar obstáculos na região relacionados com:

- a) A extensa superfície da região Amazônica disponibiliza trabalhos de análise e mapeamento básicos das diversas áreas da geologia pouco atualizados e de baixo detalhe. A situação fica ainda pior quando se considera a ausência ou grande carência de análises e mapeamentos de risco geológico e geotecnia urbana em detalhe.
- b) Mudanças nos perfis de riscos na região, associados a evidências de novas ameaças (ex. tecnológicas) e aumento/perpetuação das condições de vulnerabilidade.
- c) A necessidade de conscientização dos alunos, professores, instituições de ensino e pesquisa, e particularmente dos governos da importância do geólogo especializado nas áreas temáticas da Engenharia e Ambiental. O mercado laboral assim como as preferências acadêmicas (potencialmente associadas) são extremamente muito mais atrativos em outras áreas da ação, criando em consequência um mercado regional escasso e, por vezes, pouco capacitado.
- d) O crescimento do número de empresas privadas de caráter regional nas atividades de geologia de engenharia e ambiental, assim como a sua participação no desenvolvimento da área temática.

Finalmente, remarca-se que se muito foi feito até o presente, mais ainda se tem a fazer para o desenvolvimento sustentável do Brasil. Neste cenário a Geologia de Engenharia e Ambiental e a região Amazônica tem e terão papéis preponderantes.

## REFERÊNCIAS

Brasil. Departamento Nacional de Produção Mineral. 2018. Anuário Mineral Brasileiro: Principais Substâncias Metálicas / Coord. Geral Pinheiro, W.; Ferreira Filho, O.; Neves, C. Brasília: DNPM, 33 p.

Campos de Melo A & Cardoso A. 2016. The role of large-scale mining and its interaction with urban dynamics in a frontier region in the Amazon. *Nova Economia* 26(Número Especial): 1211-1243.

Cordani U. & Juliani C. 2019. Potencial mineral de la Amazonia: problemas y desafios. *Revista de Estudios Brasileños* 6(11): 91-108.

Fearnside P. 2015. Amazon dams and waterways: Brazil's Tapajós Basin plans. *Ambio* 44(5): 426-439.

Fearnside P. 2016a. Environmental and Social Impacts of Hydroelectric Dams in Brazilian Amazonia: Implications for the Aluminum Industry. *World Development* Volume 77: 48-65

Fearnside P. 2016b. Environmental Policy In Brazilian Amazonia: Lessons From Recent History. *Novos Cadernos NAEA* 19(1): 27-46.

Fundação Joao Pinheiro. FJP Dados Déficit Habitacional no Brasil, Belo Horizonte. Disponível em <http://fjpdados.fjp.mg.gov.br/deficit/>. Acessado em 19.3.2019.

Latrubesse E., Arima E., Dunne T., Park E., Baker V., d'Horta F., Wight C., Wittmann F., Zuanon J., Baker P., Ribas C., Norgaard R., Filizola N., Ansar A., Flyvbjerg B., Stevaux J. 2017. Damming the rivers of the Amazon basin. *Nature* 546: 363-369

Le Tourneau F. 2015. The sustainability challenges of indigenous territories in Brazil's Amazonia *Current Opinion in Environmental*

- Sustainability. Volume 14: 213-220. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2015.07.017>
- Loureiro V. 2015. História da Amazônia: do período da borracha aos dias atuais. Cultura Brasil, Belém, 335 pp. ISBN 978-85-65965-96-5
- McManus C., Barcellos J., Formenton B., Hermuche P., Carvalho O. Jr., Guimarães R, et al. (2016) Dynamics of Cattle Production in Brazil. PLoS ONE 11(1): e0147138. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0147138>
- Moran E. 2016. Roads And Dams: Infrastructure-Driven Transformations In The Brazilian Amazon. Ambiente e Sociedade 19(2): 207-220.
- Silva D., Claudino L., Oliveira C., Matel A., Kubo R. 2016. Extraction and Development in the Context of the Brazilian Amazon. Desenvolvimento e Meio Ambiente 38: 557-577.
- Triner G. 2016. Mining and the state in Brazilian development: Perspectives in economic and social history. Routledge, New York 260 pp ISBN-13: 978-1-84893-068-1
- Ometto J., Dutra Aguiar A., Martinelli L. 2011. Amazon deforestation in Brazil: effects, drivers and challenges, Carbon Management 2(5): 575-585, DOI: 10.4155/cmt.11.48
- Sonter L., Herrera D., Barret D., Galford G., Moran C., Soares Filho B. 2017. Mining drives extensive deforestation in the Brazilian Amazon. Nature Communications 8, Article number 1013.
- Oliveira G. 2016. The geopolitics of Brazilian soybeans, The Journal of Peasant Studies, 43:2, 348-372, DOI: 10.1080/03066150.2014.992337
- Sauer S. 2018. Soy expansion into the agricultural frontiers of the Brazilian Amazon: The agribusiness economy and its social and environmental conflicts. Land Use Policy 79: 326-338