

CAPÍTULO V

RECURSOS MINERAIS¹

Sinopse

Com base no Projeto Brasil Três Tempos (2004), no X Plano Setorial para os Recursos do Mar (2020), em alguns planos governamentais e em estudos prospectivos do Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE), este capítulo faz uma revisão dos recursos minerais marinhos de interesse do Brasil. Aborda a história das pesquisas geológicas e geofísicas marinhas desde os anos 1960/70, sua relação com a evolução decorrente da Segunda Guerra Mundial, o surgimento de centros de estudo em vários países e o Ano Geofísico Internacional (1957/58), descrevendo o início do desenvolvimento da Geologia Marinha no Brasil. Busca, ainda, avaliar o espaço marinho nacional a partir da Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar (CNUDM), bem como as possibilidades de exploração de recursos na zona internacional (Área) sob a jurisdição da Autoridade Internacional dos Fundos Marinhos (ISBA) em áreas de valor político-estratégico e socioeconômico. Neste capítulo, também são relacionados os planos e programas que visam ampliar o conhecimento e a administração dos recursos minerais marinhos na plataforma continental e em áreas oceânicas adjacentes, especificando os recursos mapeados ao longo da costa brasileira nas águas jurisdicionais. Por fim, são elencados fatos e metas relevantes para o futuro, prioridades socioeconômicas e político-estratégicas, áreas prioritárias para investimentos e horizontes temporais com as providências necessárias ao aproveitamento sustentável dos recursos minerais marinhos, concluindo com o alinhamento de algumas sugestões.

Abstract

Based on the project Brasil Três Tempos (2004), the X Sector Planning for Marine Resources (2020), some government plannings and prospective studies by the Center for Management and Strategic Studies (CGEE), this chapter reviews the marine mineral resources of interest to Brazil. It approaches the history of marine geological and geophysical research since the 1960s/70s, its relationship with the evolution resulting from the Second World War, the emergence of study centers in several countries and the International Geophysical Year (1957/58), as well as the beginning of the development of Marine Geology in Brazil Considering the United Nations Convention on the Law of the Sea (UNCLOS), this article evaluates the national marine space and the possibilities of exploitation of resources in the international zone (Area) under the jurisdiction of the International Seabed Authority (ISBA) in areas of political-strategic and socioeconomic value. We describe plans and programs that aim to expand the knowledge and the management of marine mineral resources on the continental shelf and in adjacent oceanic areas, detailing the resources mapped along the

¹ A atualização deste Capítulo contou com a relevante colaboração do Prof. Dr. Marcelo Sperle Dias, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro – UERJ, em sequência a webinar promovido pelo Cembra, no dia 17 de março de 2021, específico sobre o assunto.

Brazilian coast in jurisdictional waters. Lastly, this chapter points out relevant facts and goals for the future, socio-economic and political-strategic actions, priority areas for investments and time horizons with suggestions for the necessary steps towards the sustainable use of marine mineral resources. To sum up, some recommendations and conclusions are aligned.

1. INTRODUÇÃO

Cobrando mais de 73% da superfície terrestre, os oceanos e mares interiores abrangem cerca de 330 milhões de milhas cúbicas de água (Souza, Martins et al., 2007), cada milha cúbica pesando cerca de 4,7 bilhões de toneladas e abrangendo cerca de 166 milhões de toneladas de minerais dissolvidos. Se todo o sal marinho fosse recuperado e depositado nos continentes, ele os recobriria totalmente, com uma camada de cerca de 150m de espessura (Mero, 1965). Pode-se afirmar que quase todos os elementos químicos naturais conhecidos se apresentam na água do mar e grande parte dos depósitos minerais, hoje em exploração nos continentes, teve sua origem ligada aos oceanos pretéritos, direta ou indiretamente.

Apesar de ser um grande depositário de bens minerais importantes para a indústria, os oceanos têm sido relativamente pouco estudados e aproveitados como fonte direta de minérios, à exceção, talvez, da exploração de hidrocarbonetos (petróleo e gás), cada vez mais intensa nas margens continentais². As razões para isso são diversas, entre as quais podem ser citadas: a falta de pesquisas e investimentos e o consequente desconhecimento sobre o verdadeiro potencial mineral dos oceanos; o alto custo das pesquisas oceanográficas; a ausência ou a pouca difusão de tecnologias para extração econômica da maioria dos bens minerais existentes nos oceanos; a relativa abundância de recursos minerais nos continentes; e, em alguns casos, o preço ainda baixo de comercialização desses recursos continentais, o que diminui o interesse na mineração marinha.

Não obstante questões como essas, os oceanos se constituem em uma das últimas grandes fronteiras para a mineração na Terra e algumas empresas já se aventuram a explorar zonas marinhas profundas na tentativa de extrair bens minerais valiosos, que não hidrocarbonetos, principalmente minerais metálicos.

O presente capítulo sintetiza os resultados de dois estudos prospectivos desenvolvidos pelo Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE). O primeiro, encomendado pelo antigo Núcleo de Assuntos Estratégicos (NAE) da Presidência da República, é intitulado "Mar e ambientes costeiros: recursos minerais marinhos" (Borges, 2007). O segundo é intitulado "Oportunidade de aproveitamento sustentado dos recursos do mar: recursos minerais além das 200 milhas náuticas" O material compilado está em consonância com o Projeto Brasil Três Tempos (Caderno NAE 2004). O capítulo também integra resultados e propostas dos seguintes planos governamentais:

- *X Plano Setorial para os Recursos do Mar*, preparado pela Comissão Interministerial para os Recursos do Mar (Cirm);
- "*Plano Brasil Mineral 2030*", pelo Ministério de Minas e Energia; e

² Essa questão, contudo, não será considerada neste capítulo. O assunto é tratado detalhadamente no Capítulo III – Exploração de Petróleo.

- “*O Brasil em 2022*”, pela Secretaria de Assuntos Estratégicos (SAE) da Presidência da República.

2. HISTÓRICO

Os recursos minerais estão diretamente ligados à evolução geológica e oceanográfica da região que os abrange no que tange à sua natureza, ao seu volume e à sua distribuição espacial. Assim, é imprescindível o conhecimento científico da região ou área para que se avalie o seu potencial mineral.

Os fundamentos da Oceanografia remontam a 1807, quando Thomas Jefferson criou o *U.S. Coast Survey*, mais tarde transformado no *Coast and Geodetic Survey*, que hoje é o *National Ocean Survey*, encarregado de promover levantamentos hidrográficos e geodésicos, estudos de marés e preparação de cartas temáticas nos Estados Unidos da América.

Entre 1831 e 1836, a expedição *Beagle*, que contou com o naturalista Charles Darwin, trouxe enorme contribuição ao conhecimento biológico e geológico dos oceanos. Com base em suas observações, Darwin formulou sua teoria sobre a origem dos recifes de corais e levantou informações importantes sobre as ilhas vulcânicas marinhas, além de sua famosa teoria sobre a evolução e a seleção natural das espécies (Benton W.; Benton H., 1974).

Em 1842, a Marinha americana começou a expandir suas operações oceanográficas ao estabelecer cooperação internacional para coleta e troca de informações meteorológicas e hidrológicas do mar, o que trouxe grande avanço ao conhecimento na área.

O lançamento de cabos telegráficos no Oceano Atlântico exigiu estudos detalhados sobre a constituição geológica dos fundos oceânicos, as correntes marinhas e os organismos bentônicos capazes de danificar os cabos. As expedições dos navios ingleses *Lightning* (1868) e *Porcupine* (1869) aumentaram o conhecimento sobre a Oceanografia Física e Biológica, mas foi a expedição *Challenger* que, entre 1872 e 1876, ofereceu maior contribuição ao percorrer 68.890 MN, estabelecendo 350 estações em todos os oceanos (exceto o Ártico) com o objetivo de determinar as condições do mar profundo nas grandes bacias oceânicas.

Além dos estudos biológicos (que levaram à descoberta de novas espécies marinhas de vida) e das pesquisas sobre correntes oceânicas, parâmetros físico-químicos e profundidade local, a expedição *Challenger* promoveu a dragagem de material, coletando novas texturas de sedimentos, como argilas vermelhas, nódulos polimetálicos e vasas constituídas, predominantemente, de diminutas carapaças de organismos planctônicos, como foraminíferos, diatomáceas e radiolários. Análises de diversas amostras de água permitiram determinar os sete elementos de maior presença nos oceanos, além de oxigênio e hidrogênio, que são: sódio, cálcio, magnésio, potássio, cloro, bromo e enxofre.

Todavia, as descobertas mais consistentes sobre a geologia marinha ocorreram a partir dos anos 1920, quando se passou a considerar a interdependência dos estudos geológicos com os estudos climáticos, oceânicos e atmosféricos e se estabeleceram medições dos fenômenos geológicos e de modelos quantitativos sobre o comportamento do planeta, utilizando os elementos da Química e da Física aplicados à Geologia (Mello, 1994).

Com a evolução do conhecimento científico, foram desenvolvidas novas técnicas e novos equipamentos para a pesquisa no mar. Merecem destaque os ecobatímetros eletrônicos (desenvolvidos na década de 1930, após a Primeira Guerra Mundial), que permitiram a perfilagem contínua e a obtenção precisa da profundidade dos fundos oceânicos. Após a Segunda Guerra Mundial, a Geologia e a Geofísica Marinha ganharam um impulso extraordinário, aproveitando-se de inovações tecnológicas e conhecimentos científicos das nações envolvidas no conflito. O estudo dos fundos marinhos tornou-se imprescindível não só do ponto de vista geopolítico e estratégico, mas também pelos recursos naturais neles contidos, tanto vivos como não vivos (minérios).

Dessa forma, inúmeros levantamentos geológicos e geofísicos dos oceanos foram realizados por vários países, especialmente pelos Estados Unidos da América, onde centros universitários de pesquisa – como o *Lamont Doherty Geological Observatory (LDGO)*³, a *Woods Hole Oceanographic Institution (WHOI)* e o *Scripps Institute of Oceanography (SCRIPPS)*, além do próprio *U.S. Geological Survey (USGS)* e do *Naval Research Laboratory (NRL)* – receberam incentivos e recursos financeiros expressivos para suas atividades. Inglaterra, Rússia, França, Alemanha e Japão também passaram a investir nesses estudos marinhos, organizando expedições para conhecer mais detalhadamente a geologia dos oceanos e seus recursos minerais. Esses países promoveram a realização do Ano Geofísico Internacional (1957/58), a partir do qual uma gama de cientistas passou a ter acesso aos dados geológicos e geofísicos que vinham sendo coletados desde o século XIX.

Embora a Marinha do Brasil viesse promovendo pesquisas oceanográficas anteriormente – inclusive em conjunto com outros países, como Argentina e Uruguai – somente no final da década de 1960 o Brasil iniciou estudos dedicados à Geologia e à Geofísica Marinha, com uma defasagem, portanto, de pelo menos dez anos em relação às nações mais desenvolvidas.

Nesse contexto, a operação oceanográfica brasileira denominada GEOMAR I, realizada em 1969 (Ketzer et al., 2020), objetivou estudar o fundo submarino ao longo da plataforma continental norte do Brasil – desde o Piauí até o Amapá – com apoio do Navio-Oceanográfico (NOc) Almirante Saldanha, da Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN) da Marinha do Brasil. Dessa operação participaram representantes da Petróleo Brasileiro (Petrobras), do Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM⁴) e de várias universidades brasileiras. Nessa época, foram iniciados trabalhos sistemáticos na Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) e na Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), dando origem à criação do Laboratório de Geologia Marinha (LAGEMAR) e do Centro de Estudos de Geologia Costeira e Oceânica (CECO), respectivamente. Posteriormente, o Lagemar foi transferido para a Universidade Federal Fluminense (UFF).

Ainda no ano de 1969, sentindo a necessidade de estabelecer uma coordenação para as pesquisas oceanográficas, a DHN propôs a criação de um Programa Plurianual de Pesquisas do Mar, discutido em um encontro entre os diretores de instituições de pesquisa do mar e o Conselho Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico (CNPq). Desse encontro surgiu o Programa de Geologia

³ Atualmente o LDGO foi ampliado e denominado *Lamont Doherty Earth Observatory (LDEO)*, da *Columbia University (EUA)*.

⁴ O DNPM foi extinto e deu origem à atual Agência Nacional de Mineração (ANM).

e Geofísica Marinha (PGGM⁵), cujo objetivo geral é "fazer o reconhecimento da margem continental brasileira e promover o desenvolvimento da infraestrutura de equipamentos e pessoal para a Geologia e a Geofísica Marinhas" (ketzer et al., 2020).

O PGGM, que atualmente agrega pesquisadores de 28 instituições efetivas e colaboradoras de norte a sul do Brasil (Quadro 1, a seguir), mantém até hoje projetos em cooperação bilateral do Brasil com os Estados Unidos, a Alemanha e a França, entre outros países do *All-Atlantic Ocean Research Alliance* (AORA), e tem participação em diversos programas internacionais, como o *International Ocean Drilling Program* (IODP), o *Nippon Foundation-GEBCO SEABED 2030 Project* (SEABED 2030) e o *Atlantic Seafloor Partnership for Integrated Research and Exploration* (ASPIRE).

QUADRO 1: INSTITUIÇÕES PARTICIPANTES DO PROGRAMA DE GEOLOGIA E GEOFÍSICA MARINHA (PGGM).

INSTITUIÇÕES EFETIVAS	SIGLA
Universidade Federal do Rio Grande	FURG
Universidade Federal do Rio Grande do Sul	UFRGS
Universidade Federal de Santa Catarina	UFSC
Universidade do Vale do Itajaí	UNIVALI
Universidade Federal do Paraná	UFPR
Universidade de São Paulo	USP
Universidade Estadual Paulista	UNESP
Universidade do Estado do Rio de Janeiro	UERJ
Universidade Federal Fluminense	UFF
Universidade Federal do Rio de Janeiro	UFRJ
Instituto de Pesquisas do Mar Almirante Paulo Moreira	IEAPM
Universidade Federal do Espírito Santo	UFES
Universidade Federal da Bahia	UFBA
Universidade Federal de Pernambuco	UFPE
Universidade Federal do Rio Grande do Norte	UFRN
Universidade Federal do Ceará	UFC
Universidade Estadual do Ceará	UECE
Universidade Federal do Maranhão	UFMA
Universidade Federal do Pará	UFPA
Instituto de Pesquisas Científicas e Tecnológicas do Estado do Amapá	IEPA
INSTITUIÇÕES COLABORADORAS	SIGLA
Secretaria da Comissão Interministerial para os Recursos do Mar	SECIRM
Diretoria de Hidrografia e Navegação	DHN
Serviço Geológico do Brasil	SGB/CPRM
Agência Nacional de Mineração	ANM/DNPM
Ministério do Meio Ambiente	MMA
Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicação	MCTIC
Petróleo Brasileiro SA	PETROBRAS
Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico	CNPq

Fonte:PGGM

Em abril de 1972, foi assinado convênio entre a Petrobras, o DNPM, a Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM⁶), a DHN e o CNPq para execução do Projeto de Reconhecimento Global da Margem Continental Brasileira (Remac), que passaria a contar com a colaboração de instituições nacionais do PGGM e estrangeiras, como *WHOI*, *LDGO* e *Centre National pour l'Exploitation des Océans (CNEXO)*. Concluído em 1978, o Projeto Remac é, até hoje, o mais extensivo e integrado programa de pesquisas geológicas e geofísicas marinhas já realizado no Brasil.

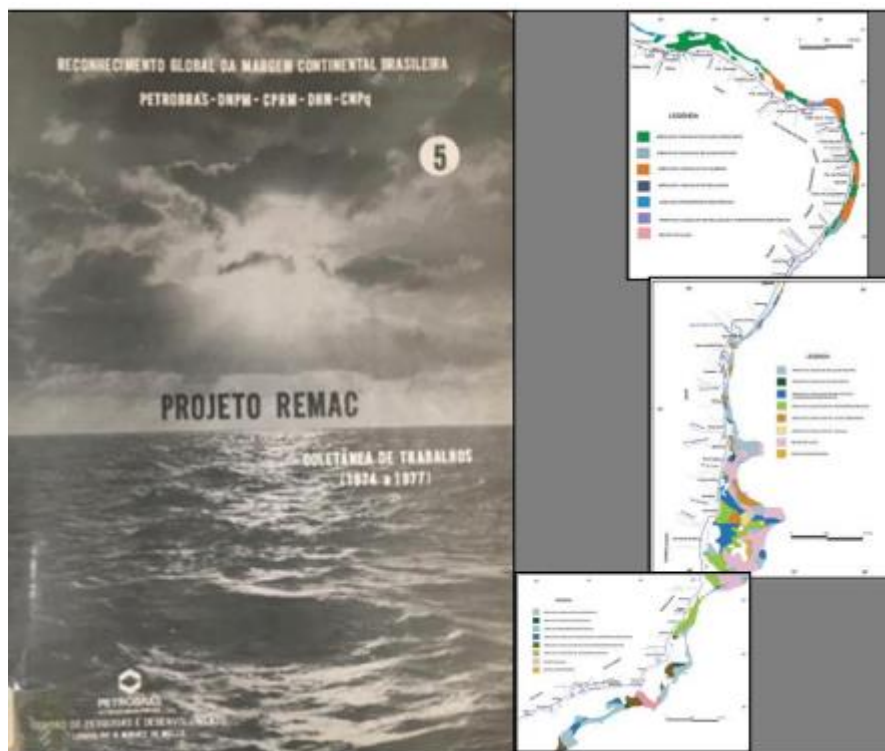
Entre outros estudos, o Remac promoveu o mapeamento geológico de toda a margem continental brasileira em escala regional, coletando informações sobre a estrutura geológica rasa e profunda, a distribuição de sedimentos e rochas de superfície, a topografia submarina e a localização de áreas com potencial econômico para petróleo e outros bens minerais marinhos. Um enorme acervo de dados, contido em nove volumes publicados com apoio do Centro de Pesquisa e Desenvolvimento da Petrobras (CENPES), e um conjunto de mapas compilados na escala 1:3.500.000 constituem seus

⁵ Programa de Geologia e Geofísica Marinha (PGGM) – acesse: www.pggmbrasil.org

⁶ A CPRM deu origem ao atual Serviço Geológico do Brasil (SGB).

resultados publicados (Figura 1). Esses dados passaram a integrar o Mapa Geológico do Brasil e da Área Oceânica Adjacente, editado pelo DNPM em 1981, na escala de 1: 2.500.000.

FIGURA 1: PROJETO Remac – MAPAS COM O POTENCIAL DOS RECURSOS MINERAIS DA PLATAFORMA CONTINENTAL BRASILEIRA.



Fonte: PETROBRAS, DNPM, CPRM, DHN, CNPq

Nota: O PROJETO Remac (Petrobras/CPRM/DNPM/DHN/CNPq/PGGM) produziu um enorme acervo de dados, contidos em nove volumes publicados com apoio do Centro e Pesquisas e Desenvolvimento da Petrobras (Cenpes). Um de seus produtos foram MAPAS COM O POTENCIAL DOS RECURSOS MINERAIS DA PLATAFORMA CONTINENTAL BRASILEIRA (à direita).

Pode-se dizer que o Projeto Remac representou para o mar territorial brasileiro o que o Projeto Radar da Amazônia (Radam) representou para a Região Amazônica. Em decorrência do Remac, foram identificadas as primeiras evidências de recursos minerais marinhos na margem continental brasileira, como: os paleocanais e os bancos arenosos submarinos, contendo concentrações de minerais pesados; as crostas de fosfato nos platôs marginais nordestinos; os extensos depósitos carbonáticos na superfície da plataforma continental entre o Ceará e a costa do Rio de Janeiro; e nódulos polimetálicos em cadeias de montes submarinos das margens leste e nordeste.

Entretanto, quando o Projeto Remac foi encerrado, os pesquisadores e cientistas nele engajados rumaram para outros centros e áreas de estudo, enquanto algumas instituições tentaram se firmar na área de Geologia Marinha, como o DNPM, que desde 1978 engajou a equipe de sua Seção de Geologia Marinha em trabalho de cooperação com o Lagamar/UFF. Com o apoio do CNPq e de vários outros órgãos, como a Comissão Interministerial para os Recursos do Mar (Cirm), a Financiadora de Estudos e Projetos (Finep), a Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN), a

Petrobras e a CPRM, consolidou-se ainda mais o grupo de pesquisadores do PGGM capacitados a desenvolver pesquisas em toda a área oceânica brasileira.

Atualmente, o PGGM, que integra 28 instituições de norte a sul do Brasil, se reúne anualmente desde 1969 para elaborar, discutir e reformular as políticas e ações nacionais nas áreas de Geologia e Geofísica Marinha. Os projetos do PGGM compreendem desde as pesquisas litorâneas e costeiras até as de alto-mar, incluindo a Cordilheira Mesoatlântica e a Margem Continental Africana. Um dos exemplos foi o Projeto Centratlan, realizado pelas Marinhas do Brasil e dos EUA em parceria com o PGGM (Palma; Mello, 1989).

Ao longo do tempo, mais instituições foram integradas ao PGGM, como a Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), a Universidade Federal do Ceará (UFC), a Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ) e a Universidade Federal do Rio Grande (Furg), entre outras.

Nos anos 1980, com a elaboração do I Plano Setorial para os Recursos do Mar (I PSRM) pela Cirm, o PGGM e as instituições que o integravam receberam recursos para pesquisa e criação de infraestrutura. A Cirm proveu recursos para diversas expedições oceanográficas, denominadas Geomar e Geocosta, usando o NOc Almirante Câmara, da DHN, e também para novos programas, como o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro (PNGC – 1988) e o Plano de Levantamento da Plataforma Continental Brasileira (Leplac – 1993-atual). A Cirm financiou, ainda, a criação do Banco Nacional de Amostras Geológicas para armazenar amostras do fundo oceânico e fundou o Banco de Equipamentos Geofísicos para gerar um *pool* de equipamentos capaz de servir a todas as instituições do PGGM em pesquisas no mar (MELLO, 1994).

Em 1990, algumas atribuições da Cirm na área de fomento à pesquisa foram delegadas ao CNPq e ao Ministério do Meio Ambiente, o que não foi bem assimilado pela comunidade científica e pelos órgãos envolvidos. Em 1994, a CPRM tornou-se órgão oficial da geologia brasileira (Serviço Geológico do Brasil – SGB) e as atribuições sobre a Geologia Marinha, antes do DNPM, passaram àquela Companhia, que criou uma Divisão de Geologia Marinha e começou a se estruturar para se capacitar às pesquisas minerais marinhas em regime de cooperação com outras instituições e centros de pesquisa do PGGM.

Atualmente, dois grandes programas nacionais, criados no âmbito da Cirm e financiados pelo Ministério das Minas e Energia (MME), integram vários projetos de pesquisa mineral na plataforma continental e nas áreas oceânicas adjacentes do Atlântico Sul e Equatorial: o Programa de Avaliação da Potencialidade Mineral da Plataforma Continental Brasileira (Remplac – 1997) e o Programa de Prospecção e Exploração dos Recursos Minerais da Área Internacional do Atlântico Sul e Equatorial (Proarea – 2009).

O Remplac é um instrumento de controle de caráter permanente e evolutivo que define, orienta, consolida, prioriza, quantifica, totaliza e acompanha as ações a serem empreendidas nos diversos níveis administrativos do governo em consonância com a comunidade do PGGM e empresas públicas e privadas. Ele visa atender às necessidades de conhecimento geológico da plataforma continental para avaliação do potencial de seus recursos minerais, suas correlações com questões ambientais, manejo e gestão integrada da plataforma e da zona costeira associadas à otimização da aplicação dos recursos financeiros disponíveis.

O Proarea tem como propósito identificar e avaliar a potencialidade mineral de áreas com importância econômica e político-estratégica para o Brasil localizadas no Atlântico Sul e Equatorial, na Zona Econômica Exclusiva (ZEE) e na extensão jurídica da plataforma continental brasileira. Seus objetivos na área de jurisdição internacional (Área) são:

- ampliação da presença brasileira no Atlântico Sul e Equatorial;
- coleta de dados para subsidiar futuras requisições brasileiras de áreas de prospecção e exploração mineral à Autoridade Internacional dos Fundos Marinhos (ISBA⁷);
- obtenção de informações técnicas, econômicas e ambientais necessárias para que empresas públicas e privadas e órgãos governamentais possam desenvolver atividades de exploração mineral e gestão ambiental na área internacional do Atlântico Sul e Equatorial; e
- preparo e qualificação de recursos humanos, nos diversos níveis de formação, necessários à implementação de atividades na Área.

Entre as principais metas do Proarea destacam-se o levantamento da potencialidade mineral dos depósitos de crostas cobaltíferas e nódulos polimetálicos na Elevação do Rio Grande (ERG) e dos depósitos de sulfetos polimetálicos na Cordilheira Mesoatlântica. Essas iniciativas são de grande interesse estratégico para o Brasil, não somente pelos possíveis benefícios econômicos futuros, mas pelo aporte à consolidação da geopolítica, presença e liderança brasileira no Atlântico Sul.

O Plano Brasil Mineral 2030, criado pelo Ministério de Minas e Energia, estabelece como meta para os projetos da Área a alocação dos recursos financeiros da ordem de R\$ 450 milhões. Esses recursos, condicionados à aprovação do Governo Federal, têm seu emprego planejado de 2009 a 2030.

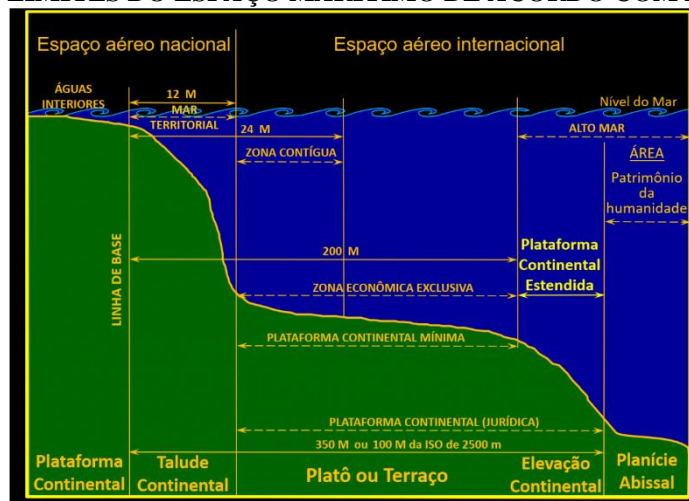
3. ESPAÇO MARINHO E RECURSOS MINERAIS

Conforme explicado no Capítulo I deste livro, a Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar (CNUDM ou UNCLOS⁸) estabelece direitos e deveres sobre as zonas dos oceanos e regulamenta todas as atividades a elas relacionadas. Assim, dispõe sobre as Águas Interiores, o Mar Territorial, a Zona Contígua, a Zona Econômica Exclusiva (ZEE), a Plataforma Continental Jurídica ou Estendida e o Alto-Mar (Figura 2, a seguir), sobre os quais os Estados exercem soberania, jurisdição ou direitos de soberania. Cada uma dessas áreas exige políticas públicas distintas de planejamento e gestão do uso sustentável dos recursos naturais marinhos e, para tanto, é necessária a realização do Zoneamento Ecológico-Econômico. De acordo com os critérios estabelecidos pela Convenção para a delimitação da ZEE, a brasileira estende-se por toda a costa, englobando também as áreas situadas no entorno de Fernando de Noronha, Trindade e Martim Vaz, Atol das Rocas e São Pedro e São Paulo, totalizando 3.540.000 km².

⁷ ISBA: *International Seabed Authority* – Autoridade Internacional dos Fundos Marinhos.

⁸ UNCLOS: *United Nations Convention on the Law of the Sea* – Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar.

FIGURA 2: LIMITES DO ESPAÇO MARÍTIMO DE ACORDO COM A CNUDM.



Fonte: Secirm

Nota: Observar as correlações dos limites do espaço marítimo - Águas Interiores, o Mar Territorial, a Zona Contígua, a Zona Econômica Exclusiva (ZEE), a Plataforma Continental Jurídica ou Estendida e o Alto-Mar - Note as suas correlações com os limites geológicos na parte inferior da figura.

Conforme consta no portal da Secretaria da Comissão Interministerial para os Recursos do Mar (Secirm⁹), atendendo aos critérios da CNUDM para a delimitação da plataforma continental, o governo brasileiro realizou a Fase 1 do Projeto LEPLAC, que já permitiu ao País apresentar uma primeira proposta às Nações Unidas em 2004, quando pleiteou estender sua plataforma além das duzentas milhas náuticas (MN) em cerca de 960.000 km². Nesses termos, a área oceânica sob jurisdição brasileira totalizaria 4,4 milhões km², correspondendo, aproximadamente, à metade da área emersa do território brasileiro, denominada de “Amazônia Azul”.

Em abril de 2007, após concluir a análise da proposta, a Comissão de Limites da Plataforma Continental (CLPC, ou *Commission on the Limits of the Continental Shelf – CLCS*) da ONU encaminhou suas recomendações ao governo brasileiro sem atender ao pleito na sua totalidade; o Brasil, contudo, decidiu não aceitá-las. Assim, do total aproximado de 960.000 km² de área reivindicada além das duzentas milhas náuticas, a CLPC não concordou com cerca de 190.000 km², o que corresponde a mais ou menos 20% da área da plataforma continental pleiteada.

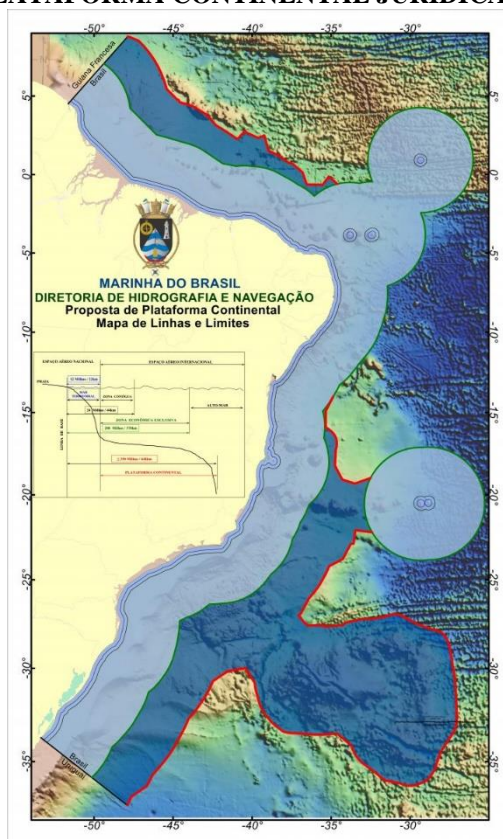
Em 2008, teve início a Fase 2 do LEPLAC para a elaboração de novas propostas de extensão da plataforma à CLPC. Assim, a margem continental brasileira foi dividida em três áreas distintas: Região Sul, Margem Equatorial e Margem Oriental/Meridional:

- a proposta da Região Sul, inserida em parte da Margem Meridional, foi encaminhada à ONU em abril de 2015 e apresentada à CLPC em 25 de agosto de 2015. Em março de 2019, a CLPC aprovou na totalidade o limite exterior proposto pelo Brasil nessa submissão, incorporando uma área de cerca de 170.000 km²;

⁹ Portal da Secirm – acesse: <https://www.marinha.mil.br/secirm/leplac>

- a proposta da Margem Equatorial foi encaminhada à ONU em 8 de setembro de 2017 e apresentada na Reunião Plenária da CLPC em 8 de março de 2018. A análise foi iniciada em agosto de 2019, mas, em função da pandemia de Covid-19, desde fevereiro de 2020 encontra-se paralisada;
- a proposta da Margem Oriental/Meridional com a inclusão da Elevação de Rio Grande (ERG) foi encaminhada à ONU em 7 de dezembro de 2018; porém, com o atraso decorrente da paralisação da análise da Margem Equatorial, possivelmente a proposta será analisada apenas a partir de 2024. Com a inclusão da ERG nessa submissão, a nossa “Amazônia Azul” passará a ter uma área de cerca de 5,7 milhões de km² (Figura 3).

FIGURA 3: PLATAFORMA CONTINENTAL JURÍDICA BRASILEIRA.



Fonte: SECIRM.

Nota: Os limites exteriores além das 200 MN foram submetidos à CLPC/ONU para deliberação. Algumas propostas ainda estão em análise e devem ser deliberadas até 2024.

Conforme explicitado pela Secirm:

Finalmente, a definição do limite exterior da plataforma continental, a fronteira Leste do Brasil, que garantirá ao país o acesso a recursos vivos e energéticos, como previsto na Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar, apresenta-se como uma das raríssimas oportunidades, na história da humanidade, de um Estado ampliar o seu território pacificamente, sem perdas humanas.

De forma diferente, a Zona Internacional dos Fundos Marinhos, denominada Área, situa-se além da jurisdição de cada país costeiro. A CNUDM declara a Área e seus recursos como patrimônio comum da humanidade e cria a Autoridade Internacional dos Fundos Marinhos (ISBA), que é a organização por intermédio da qual os Estados-partes controlam as atividades na Área, particularmente com vistas à gestão de seus recursos naturais. O Brasil, assim como todos os Estados-partes da Convenção, tem o direito de explorar os recursos minerais da Área.

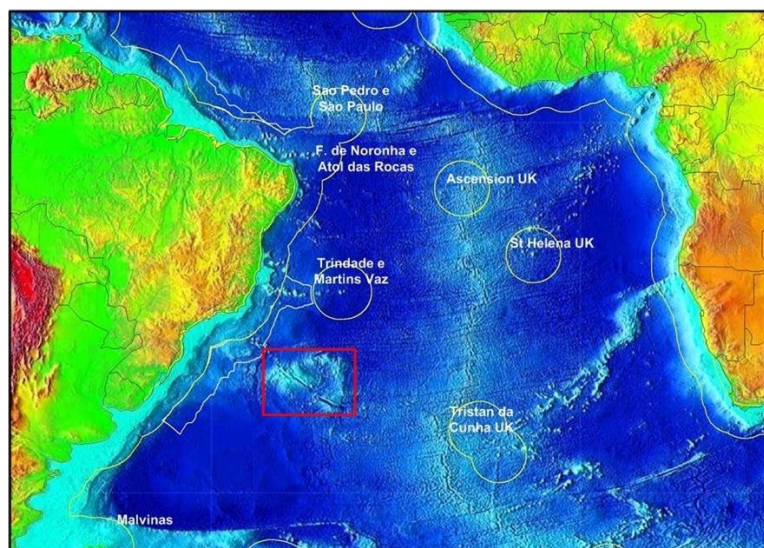
Sob os pontos de vista econômico e político-estratégico, é importante requisitar à Autoridade a permissão para explorá-los. Isso possibilita, através de um contrato por tempo determinado, a exclusividade sobre essas áreas adjacentes aos limites jurisdicionais brasileiros. Daí a importância de serem realizados estudos sistemáticos, consistentes e aprofundados sobre as ocorrências minerais.

Com a requisição dessas áreas para exploração, elas também poderão ser consideradas integradas ao espaço marinho de maior interesse para o Brasil. Estudo conduzido em 2007 pelo Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE) mostra que os recursos minerais no Atlântico Sul e Equatorial podem ser vistos sob duas perspectivas diferentes:

- recursos com valor político-estratégico, pois sua identificação e sua requisição para exploração nas áreas internacionais dos oceanos, em especial aquelas situadas no oceano Atlântico Sul e Equatorial adjacentes à plataforma continental, atendem aos interesses superiores do País; e
- recursos com valor socioeconômico, por estarem situados na plataforma continental e terem a possibilidade de movimentar a economia e gerar empregos em curto e médio prazos.

A Figura 4 mostra, no Atlântico Sul e Equatorial, a localização das diferentes ZEEs e a extensão das plataformas continentais.

FIGURA 4: ATLÂNTICO SUL E EQUATORIAL: LOCALIZAÇÃO DAS ZEEs E EXTENSÃO DAS PLATAFORMAS CONTINENTAIS. NO RETÂNGULO VERMELHO, A ELEVAÇÃO DE RIO GRANDE.



Fonte: Cembra.

4. CONHECIMENTO E ADMINISTRAÇÃO DOS RECURSOS MINERAIS MARINHOS

Petróleo e gás não são os únicos recursos minerais que podem ser explorados nos oceanos. A produção mundial decrescente de recursos minerais nos continentes e a atenção crescente à proteção

e à conservação ambiental vêm aumentando o interesse e ampliando as perspectivas quanto à importância econômica da exploração mineral dos oceanos. O Brasil é forte candidato ao desenvolvimento pioneiro dessa nova fronteira de mineração no Atlântico Sul, não só pelos recursos potenciais de uma plataforma continental de 5,7 milhões de km², onde exerce direitos de soberania, mas também pelas tecnologias para exploração dos oceanos, que há décadas vêm sendo criadas e aprimoradas no País com vistas às suas principais reservas de petróleo e gás localizadas no fundo do mar.

O conhecimento sobre distribuição, categoria, gênese e abundância dos minerais do fundo do mar, embora ainda em escala regional, vem tendo rápido desenvolvimento, em particular com relação aos que serão economicamente importantes em futuro próximo.

Além do Projeto Remac, uma das publicações mais relevantes sobre o assunto no Brasil foi coordenada pelo PGGM e lançada em um volume especial da *Brazilian Journal of Geophysics* (Revista Brasileira de Geofísica – RBGf), que contém vários artigos relacionados ao tema (MELLO; PALMA, 2000).

As atividades relacionadas ao conhecimento dos recursos minerais da plataforma continental e de áreas oceânicas adjacentes são guiadas pela Política Nacional para os Recursos do Mar (PNRM) e pelo Plano Setorial para os Recursos do Mar (PSRM). Esses instrumentos legais visam promover o uso sustentável dos recursos minerais marinhos vivos e não vivos no que diz respeito ao desenvolvimento econômico e social do País. Cabe à Cirm, que se reporta à Presidência da República, a coordenação das atividades e a proposição das prioridades.

Atualmente, o PSRM está em sua décima edição:

O X PSRM tem o propósito de sistematizar as atividades de pesquisa para atender à demanda de informações sobre os recursos naturais e energéticos das águas jurisdicionais brasileiras, das ilhas oceânicas e das áreas marítimas internacionais de interesse, propiciando condições para a exploração sustentável e o monitoramento efetivo da Amazônia Azul, [de forma] que permita contribuir para o enfrentamento de situações emergenciais, como alterações climáticas significativas, e para o desenvolvimento e a implementação da Economia Azul, gerando inúmeros benefícios para toda a sociedade brasileira.

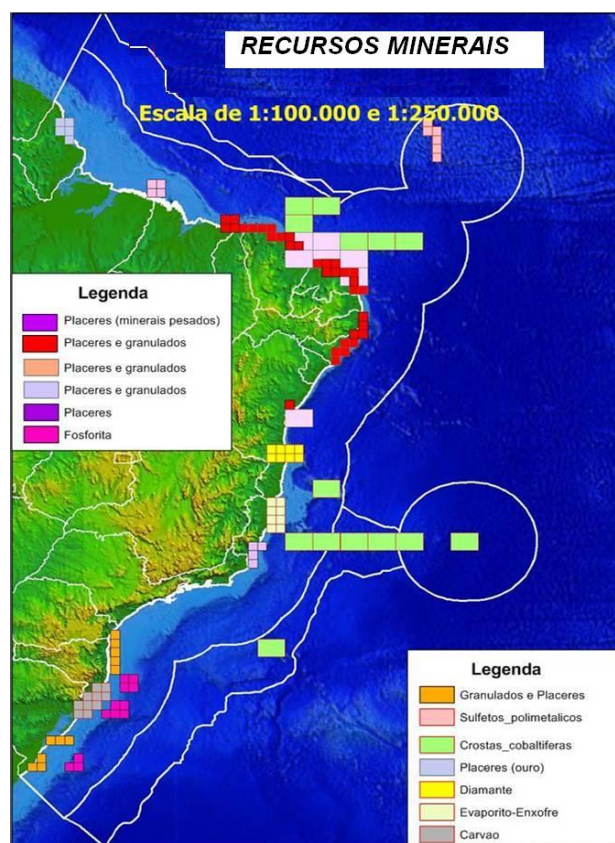
O X PSRM mantém o modelo de gestão participativa integrada por ministérios, órgãos de fomento, comunidades acadêmica e científica e iniciativa privada, representados, tanto na sua elaboração quanto na execução de ações conjuntas, de acordo com as respectivas competências, em consonância com as diretrizes estabelecidas na PNRM e com as demais políticas e planos afins. O X PSRM assume, também, um compromisso explícito de apoio ao desenvolvimento da ciência, da tecnologia e da inovação nesse campo do conhecimento, com o monitoramento ambiental, sedimentológico, meteoceanográfico, pesqueiro e da biodiversidade associada, disponibilizando dados e informações para a sociedade, além de conferir um olhar mais apurado para os recursos presentes nas áreas marinhas de interesse nacional. Traz, ainda, o firme compromisso de fomentar a capacitação e meios para que os profissionais da educação dos ensinos fundamental e médio, líderes comunitários e outros formadores de opinião desenvolvam programas de educação sobre o papel dos oceanos para a economia, a qualidade de vida e a saúde de todos, de forma a aprimorar a mentalidade marítima das futuras gerações e ampliar a sua capacidade de contribuir para o desenvolvimento da economia azul. (BRASIL, 2020).

5. ÁREAS DE RELEVANTE INTERESSE MINERAL NA ZONA ECONÔMICA EXCLUSIVA

Para as atividades econômicas ligadas à mineração, o Ministério das Minas e Energia (MME), o Serviço Geológico do Brasil (SGB) e a Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM) utilizam o conceito de Áreas de Relevante Interesse Mineral (Arim), que são áreas de importância estratégica quanto ao potencial mineral, delimitadas pelo tipo de mineral de interesse econômico e estratégico para o Brasil, levando em conta também a sustentabilidade ambiental. As Arims são instrumentos importantes para a elaboração de diretrizes públicas, no sentido de evitar conflitos na criação de Unidades de Conservação, que são fundamentadas nas áreas de prioridade para preservação da biodiversidade.

Na região marinha, entretanto, o conhecimento do potencial mineral ainda é escasso e tem escala regional, o que dificulta a atração de interesse de investidores para o setor. Uma visão geral das principais áreas marinhas conhecidas se encontra ilustrada no mapa gentilmente disponibilizado pelo SGB/CPRM e pela Secirm (Figura 5).

FIGURA 5: ÁREAS DE RELEVANTE INTERESSE MINERAL – tipos de recursos minerais explotáveis.



Fonte: Mapa do Serviço Geológico do Brasil (CPRM/SECIRM).

Os principais recursos minerais explotáveis na plataforma continental jurídica brasileira, exceto petróleo e gás, serão discutidos a seguir.

5.1 Granulados Siliciclásticos

Os granulados siliciclásticos estão entre os recursos com potencial significativo de exploração atualmente confirmado. Esses granulados são compostos por areias e cascalhos, principalmente quartzosos, frutos do intemperismo de rochas continentais (Silva; Figueiredo Junior; Brehme, 2000), e são utilizados principalmente nas indústrias de cimento, vidros e siderurgia, entre outras, com importantes usos na construção civil. Os granulados siliciclásticos são, ainda, um recurso essencial como fonte para reconstrução (remediação e mitigação) de regiões litorâneas erodidas. Pesquisas feitas pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM), universidades do PGGM e empresas privadas estimam o potencial mineral de areias e cascalhos siliciclásticos, presentes ao longo da margem continental brasileira, em bilhões de metros cúbicos (Figura 6).

FIGURA 6: EXEMPLOS DO USO DOS GRANULADOS SILICICLÁSTICOS EM PROJETOS DE RECUPERAÇÃO DE LITORAIS AFETADOS PELA EROSIÃO COSTEIRA.



Fonte: Acervo do PGGM.

Parte desse material já vem sendo utilizada na reconstrução de praias. Estudos desenvolvidos no Ceará, no Rio Grande do Norte, em Pernambuco, no Rio de Janeiro e em Santa Catarina revelam boa quantidade de areia também na plataforma continental interna. Somente em Santa Catarina, são 5,2 bilhões de m³ de Laguna até Mampituba e 7,2 bilhões de m³ de São Francisco até Itajaí.

Levando em consideração que a exploração mineral de depósitos marinhos de areia e cascalho siliciclásticos é habitualmente desenvolvida próximo da linha da costa até profundidades de 20-30m, a atividade de mineração deverá acontecer de forma restrita e sustentável para minimizar danos ao ecossistema costeiro.

5.2 Granulados Bioclásticos

Os granulados bioclásticos, que formam extensos depósitos ao longo da plataforma continental brasileira, são fruto do intemperismo dos esqueletos de algas calcárias, principalmente *Halimeda* e *Lithotamnium*, fragmentos de conchas e/ou corais (DIAS, 2000). São depósitos ricos em

carbonato de cálcio, material usado na agricultura, na produção de filtros para água, na indústria de cosméticos, em suplementos alimentares, em implantes ósseos, na nutrição animal, na construção civil, na siderurgia e no tratamento de água potável (Figura 7).

FIGURA 7: EXEMPLOS DE DEPÓSITOS DE GRANULADOS BIOCLÁSTICOS: FRAGMENTOS DE ALGAS CALCÁRIAS, CONCHAS E CORAIS MORTOS.



Fonte: Acervo do GPOG/UERJ.

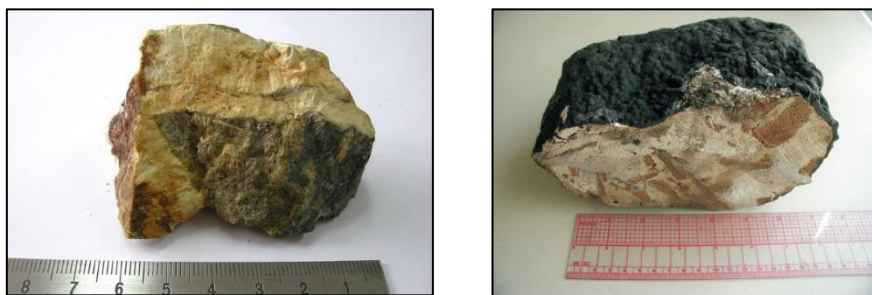
As jazidas brasileiras se concentram em uma das mais extensas áreas de agregados bioclásticos do mundo, que se estende desde o Rio Pará, no Estado do Pará, até Cabo Frio, no Estado do Rio de Janeiro. Os granulados bioclásticos encontrados na plataforma continental interna e média são constituídos por areias, cascalhos, rodolitos (segregações concêntricas de minerais ao redor de um núcleo) e concreções carbonáticas (formadas por moluscos e carapaças de pequenos animais que se litificaram¹⁰ ao longo do tempo geológico). Estima-se que os sedimentos carbonáticos presentes nas margens continentais nordeste e leste do Brasil até a latitude de Cabo Frio-RJ contenham percentuais superiores a 75% de carbonato de cálcio (CaCO_3), o que corresponde a aproximadamente 50 vezes mais que o contido em rochas carbonáticas continentais.

5.3 Fosforitas

As fosforitas são amplamente utilizadas como fertilizante e fonte de fósforo na indústria química, sendo encontradas principalmente na plataforma continental externa e no talude superior em setores da margem continental brasileira (Figura 8). Em geral, ocorrem depósitos de fosforitas marinhas em áreas de ressurgência costeira, onde as águas mais profundas, ricas em nutrientes, emergem em direção à superfície, com alta produtividade biológica.

¹⁰ Litificar: ato de solidificar sedimentos. As rochas sedimentares podem litificar os sedimentos que a formam, transformando-os em rocha. Disponível em: <<https://www.dicionarioinformal.com.br>>. Acesso em: 21 jan. 2022. (Nota do revisor).

FIGURA 8: EXEMPLOS DE DEPÓSITOS DE FOSFORITAS DRAGADOS DO FUNDO OCEÂNICO.



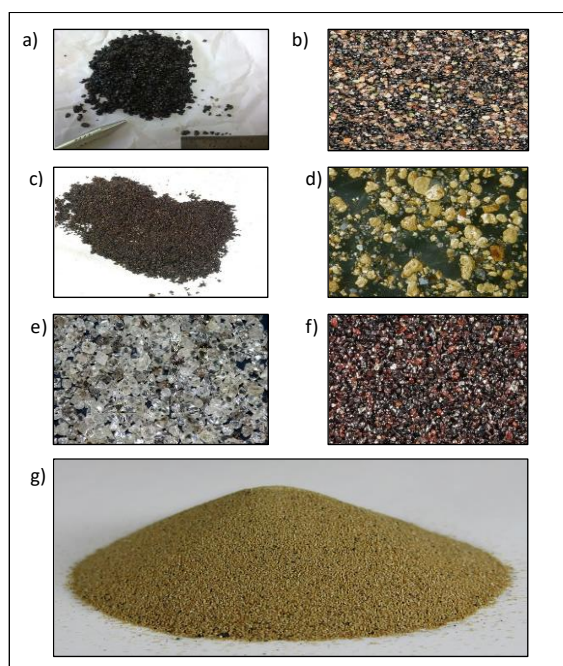
Fonte: Acervo do GPOG/UERJ.

Pesquisas desenvolvidas no Brasil desde o Projeto Remac indicam a ocorrência de rochas fosfáticas (fosforitas) nos platôs de Pernambuco e do Ceará, com conteúdo máximo de 18,4% de pentóxido de fósforo (P_2O_5), e no Terraço de Rio Grande do Sul e Santa Catarina (Abreu et al., 2014; Pinho et al., 2011).

5.4 Placeres de Minerais Pesados

Os minerais pesados estão presentes ao longo da costa brasileira em depósitos restritos (placeres) desde o Piauí até o Rio Grande do Sul (Figura 9). Atividades de extração de ilmenita, rutilo, monazita e zircônio já foram realizadas na plataforma continental na Paraíba, na Bahia, no Espírito Santo e no Rio de Janeiro. Jazidas de ilmenita, zircão e monazita têm sido estudadas em diferentes localidades da plataforma continental interna do Brasil para identificação de elementos de alto valor econômico, tais como titânio, zircônio, céσιο, lantânio, neodímio, tório, ouro, diamante e fósforo (Silva, 2000).

FIGURA 9: PRINCIPAIS MINERAIS COM POTENCIAL DE FORMAR PLACERES:



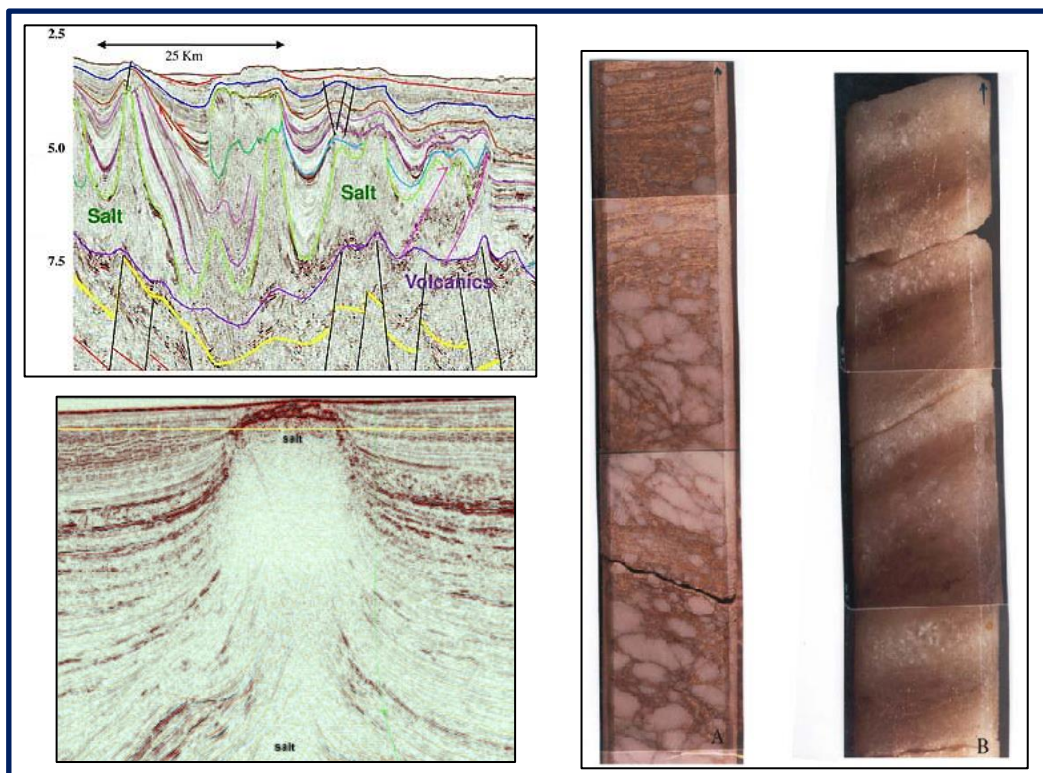
Fonte: Acervo do GPOG/UERJ.

Legenda: a) ilmenita, b) zircão, c) cassiterita, d) ouro, e) diamantes, f) rutilo e g) monazita.

Somente o depósito de Cumuruxatiba, na Bahia, tem um potencial de 171 mil toneladas de ilmenita, quatro mil toneladas de monazita e 365 mil toneladas de zircônio e rutilo. Depósitos de minerais pesados também foram encontrados na zona costeira do Rio Grande do Sul (na região de Bujuru), com potencial estimado de 40 milhões de toneladas.

Algumas dessas acumulações estão relacionadas com a retrogradação da linha de costa e constituem-se, geralmente, em depósitos prolongados, paralelos e subparalelos ao litoral. Com 18 km de comprimento e larguras que variam de 30 a 100m, esses depósitos podem estar na superfície da planície costeira, na plataforma interna ou em paleocanais aluvionares, mas alguns estão relacionados a campos de dunas holocênicas, cobrindo planícies costeiras pleistocênicas, ou às falésias da Formação Barreiras (Mioceno-Plioceno).

FIGURA 10: DIÁPIROS E DOMOS SALINOS E SEUS REGISTROS SISMO-ESTRATIGRÁFICOS (À ESQUERDA) E EM TESTEMUNHOS/POÇOS (À DIREITA) OBTIDOS EM BACIAS SEDIMENTARES MARGINAIS.



Fonte: Acervo do PGGM

5.5 Sais Minerais e Sulfetos

Na margem continental brasileira encontram-se depósitos naturais de sais minerais produzidos pela evaporação de grandes volumes de água do mar, conhecidos como evaporitos. Formados há mais de 100 milhões de anos e compostos por substâncias como anídrica, gipsita, halita, potássio e sais de

manganês, os evaporitos foram encontrados desde a Bacia de Alagoas até o Platô de São Paulo. Esses evaporitos correspondem à chamada camada de sal, na terminologia da indústria do petróleo, e formam domos ou muralhas de sal (Silva; Schreiber; Santos, 2000).

Com a compactação das rochas sedimentares depositadas acima dos evaporitos, que possuem baixa densidade, pode ocorrer o chamado diapirismo salino ou halocinese (subida do sal), que pode até mesmo aflorar no leito submarino (Figura 10). Abaixo dessa camada, há gigantescos depósitos de óleo, chamados de depósitos do pré-sal (formados antes do sal).

A maior extensão dos evaporitos ocorre na Bacia de Santos e se estende por 650 km no Platô de São Paulo. O sal pode estar associado a estruturas de domos (resultantes do movimento ascendente de massa salina, de forma aproximadamente cilíndrica) ou de almofadas (estrutura similar ao domo, mas de forma mais achatada), que ocorrem, respectivamente, nas porções norte e sul da bacia evaporítica.

Também foram identificados sais de potássio e de magnésio nas bacias de Sergipe e de Alagoas apresentando de 15 a 50m de espessura e localizados a três mil metros de profundidade. A mesma pesquisa mostrou a ocorrência de domos salinos com grande conteúdo de halita em Barra Nova, sob as águas do Espírito Santo.

Os domos identificados no limite norte de Abrolhos e Mucuri, na Bahia, e os de Barra Nova (ES) podem ser economicamente interessantes, uma vez que esses depósitos são encontrados em águas relativamente rasas e não estão distantes da costa. O Brasil vem desenvolvendo pesquisas científicas com o intuito de definir áreas com interesse potencial para a mineração dos evaporitos, mas a exploração ainda não teve início.

As bacias sedimentares com hidrocarbonetos também tendem a conter enxofre. O elemento, na forma de sulfeto, pode estar em camadas estratificadas ou presente em rochas, revestindo os domos salinos. A origem dos sulfetos está ligada ao processo de redução do sulfato de anídrica para gás sulfídrico (H_2S) por ação de bactérias. Na presença dos hidrocarbonetos, ocorre a oxidação desse gás, que libera os sulfetos na forma elementar.

No Brasil, depósitos de sulfeto podem ser encontrados ao norte de Abrolhos. Três domos já investigados estão entre 60 e 70 km da costa, em profundidades de 20 a 30m.

5.6 Hidratos de Gás ou Clatratos

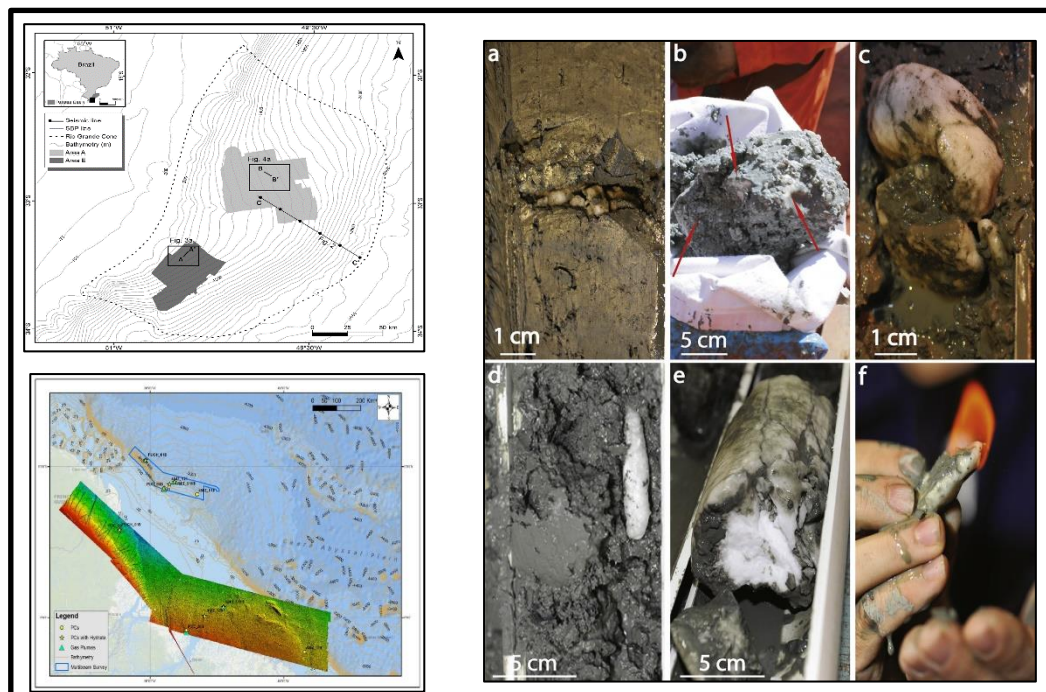
Hidrato de gás, ou clatrato, é um sólido cristalino composto de água e gases de peso molecular pequeno. Os hidratos de metano são abundantes em sedimentos submarinos nas margens continentais. A distribuição dos clatratos pode ser mapeada através de perfilagem sísmica, perfis de poço e amostragem geoquímica. A quantidade estimada de hidratos de gás submarino no mundo equivale a aproximadamente duas vezes o total de todos os recursos convencionais de óleo e gás. Entretanto, a exploração de hidratos de gás submarino como fonte de energia ainda não é viável em termos técnicos ou econômicos (Clennell, 2000). Deslizamentos de grandes proporções podem ser desencadeados pela dissociação dos hidratos. O gás liberado durante um evento dessa natureza pode entrar na atmosfera, estimulando o efeito estufa.

O talude continental do Brasil mostra, em várias localidades, assinaturas geofísicas da presença de hidratos de gás, o que não é incomum, uma vez que as condições geológicas adequadas para a formação desse mineral são encontradas em outras áreas da margem continental. Apesar da existência de recurso como os hidrocarbonetos não convencionais em águas brasileiras, esses também apresentam um risco desconhecido quanto às operações de exploração e produção em campos de óleo e gás já em desenvolvimento em águas profundas (Clennell, 2000).

Geralmente relacionados ao talude continental, os hidratos de metano são depósitos de hidrocarbonetos incomuns constituídos de sólidas moléculas de água congelada que formam estruturas trapeadoras no sedimento. Ao aprisionar uma única molécula de gás metano natural (CH₄) de origem orgânica, cada uma dessas estruturas pode formar hidratos de metano, que constituem o maior reservatório de carbono no ambiente global (Ketzer et al., 2020).

A quantidade de metano no fundo marinho é enorme, equivalente em valor de energia a aproximadamente duas vezes as fontes de hidrocarbonetos convencionais. Até o momento, são poucos os estudos sobre a ocorrência de hidratos de gás no Brasil. A ocorrência foi reportada em duas grandes regiões: no Cone do Rio Grande (Miller et al., 2015; Tharimela et al., 2019) e no Cone do Amazonas (Rodrigues et al., 2019), respectivamente nas margens continentais brasileiras sul e equatorial (Figura 11).

FIGURA 11: LOCALIZAÇÃO DAS ÁREAS COM HIDRATOS DE GÁS NO CONE DO RIO GRANDE (ACIMA) E NO CONE DO AMAZONAS (ABAIXO) E EXEMPLOS DE SEDIMENTOS CONTENDO CLARATOS NA MARGEM SUL BRASILEIRA (À DIREITA).

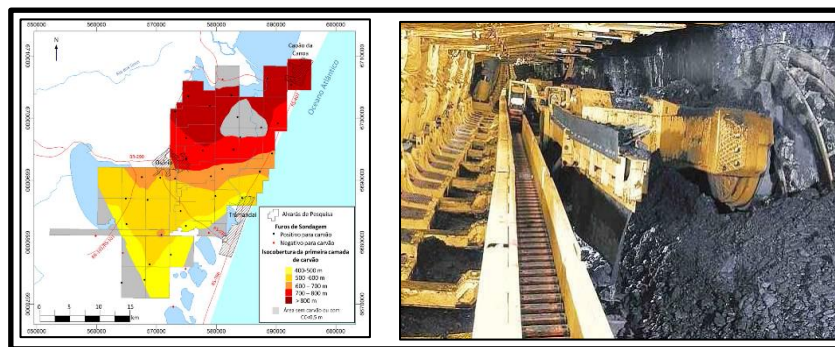


Fonte: Modificados de Souza e Martins (2007, 2008); Souza et al. (2009).

5.7 Carvão Mineral

Os depósitos de carvão mineral vêm sendo investigados ao longo da margem sul do Brasil. Na área próxima à praia de Santa Terezinha, situada entre Torres e Tramandaí, no Rio Grande do Sul, a CPRM perfurou alguns poços, identificando camadas de carvão com espessura variável de 0,35 a 2,65m a 700-800 m de profundidade (Figura 12).

FIGURA 12: MAPA DE LOCALIZAÇÃO DAS ÁREAS COM POTENCIAL PARA EXPLOTAÇÃO DE CARVÃO MINERAL PRÓXIMO A PRAIA DE SANTA TEREZINHA (RS) E MÉTODO DE EXTRAÇÃO LONGWALL MINING.



Fonte: CPRM (https://rigeo.cprm.gov.br/bitstream/doc/21592/1/irm_rpm_carvao_torres_gravatai.pdf).

Esse depósito possui características que demonstram um elevado potencial econômico. Apesar de estar localizado em profundidades relativamente altas, a espessura significativa das camadas permite a extração de grandes volumes de minério em áreas reduzidas. Um projeto foi iniciado para determinar a extensão do carvão sob a plataforma continental e avaliar o potencial mineral para uso metalúrgico, mas ainda se encontra em desenvolvimento.

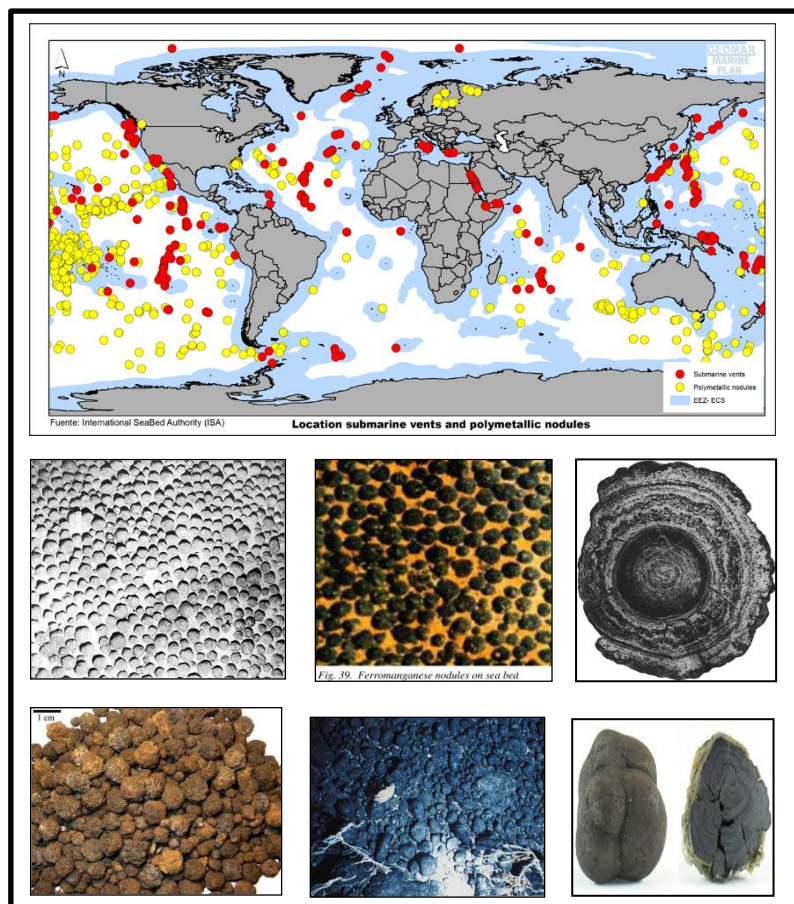
O método mais indicado para a pesquisa de carvão na plataforma continental é a sísmica de refração, que permite avaliar as propriedades mecânicas e físicas das rochas com base na propagação das ondas sísmicas em subsuperfície. Esse método é amplamente utilizado para pesquisa de carvão em áreas emersas.

6. ÁREAS DE RELEVANTE INTERESSE MINERAL NA ÁREA

6.1 Nódulos Polimetálicos

Os nódulos polimetálicos são concreções ricas em metais de alto valor econômico, como manganês, cobre, níquel, titânio, magnésio, bário e cobalto. Ocorrem em grandes profundidades (em torno de 4.000 metros), principalmente nas bacias oceânicas, associados a montes submarinos e cadeias assísmicas (Figura 13).

FIGURA 13: MAPA DE DISTRIBUIÇÃO DE NÓDULOS POLIMETÁLICOS NAS BACIAS OCEÂNICAS E VISTOS *IN SITU* E EM CORTE TRANSVERSAL.



Nota: Observar pureza/altos teores dos metais encontrados.

Embora os nódulos do Atlântico geralmente não atinjam os teores em metais encontrados nos do Pacífico (2,2% de níquel, 1,7% de cobre, 0,25% de cobalto e 30% de manganês), várias ocorrências de nódulos polimetálicos são conhecidas em regiões adjacentes à costa brasileira, principalmente nos platôs marginais e nos montes submarinos.

Durante o cruzeiro *Chain-115*, realizado em 1974 no Projeto Remac, uma dragagem efetuada no Platô de Pernambuco entre 1.750 e 2.200 metros de profundidade recuperou cerca de 150 quilogramas de material constituído predominantemente de nódulos polimetálicos de alta esfericidade e denso recobrimento metálico, além de rochas calcárias, vasas de globigerinas, lamas e fragmentos de rochas ígneas envolvidas por óxido de ferro. Os nódulos, com formas dominantes esféricas e ovais, têm dimensões variáveis, com diâmetros entre dois e 12 centímetros (Guazelli et al., 1977; Guazelli e Costa, 1978).

Contudo, alguns fragmentos incompletos sugerem a existência de nódulos maiores. Em mais de 90% dos nódulos recuperados, o núcleo é constituído de fosforita e o recobrimento metálico, que o circunda concentricamente, tem espessuras que variam entre 0,5 e 7,5 centímetros.

A composição química dos nódulos do Platô de Pernambuco apresenta um teor de 27,88% de

fósforo nos núcleos de 12 amostras analisadas; no recobrimento periférico, foram medidos teores de 20 a 30% de manganês, de 30% (em média) de ferro, de 0,20 a 1,40% de níquel, de 0,6 a 1,55% de cobalto, de 0,04 a 0,23% de cobre, de 0,08 a 0,53% de chumbo e de 0,12% (em média) de zinco.

O Projeto Remac voltou a recuperar nódulos e crostas manganésíferas naquele platô em outro cruzeiro realizado em 1976 juntamente com a DHN. Foi reportada a ocorrência de nódulos polimetálicos com núcleo de fosforita, recuperados em duas dragagens efetuadas no flanco nordeste do platô, e de crostas de manganês e ferro em várias outras dragagens (Guazelli et al., 1977). Uma testemunhagem realizada em torno de 2.200 metros de profundidade no flanco sudeste do platô amostrou um horizonte formado de crosta de ferro e manganês, comprovando a hipótese de que a concentração de elementos metálicos no Platô de Pernambuco ocorre no seu flanco leste, desde a porção sudeste até a nordeste. As demais ocorrências conhecidas foram compiladas (XAVIER, 1978), e aquelas notadas ao longo do Canal Vema ou nos flancos da cadeia Vitória-Trindade podem refletir zonas de maiores concentrações.

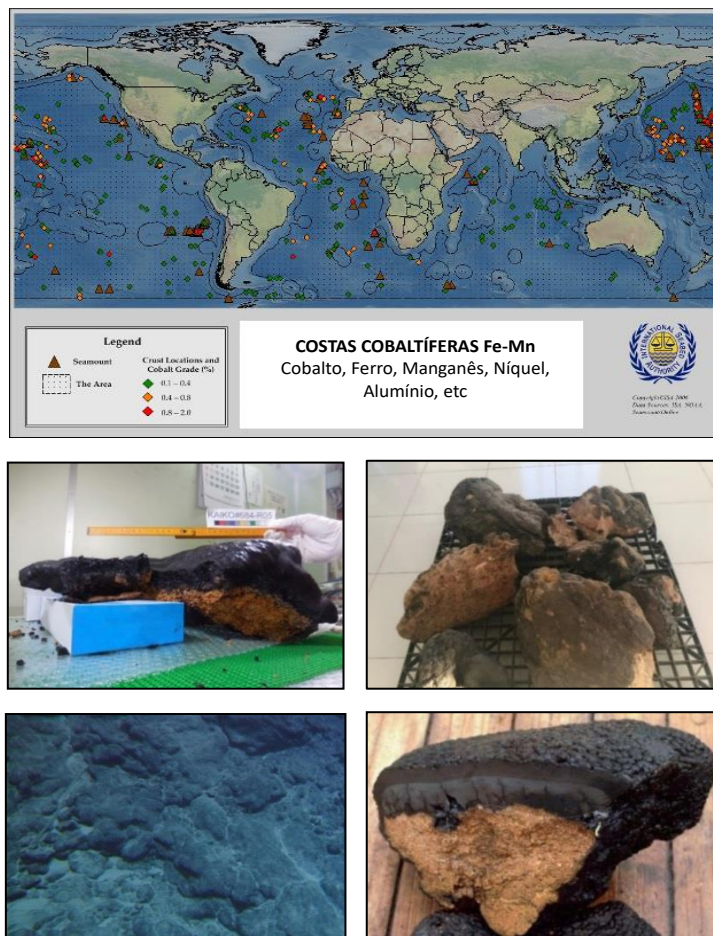
Para a efetiva exploração desses recursos, a economia será o fator principal e a tecnologia desempenhará o papel de elemento suporte. A demanda de níquel, por exemplo, em grande parte para produção de aço inoxidável, aumentou rapidamente na última década face à crescente industrialização da China, da Índia e de outros países em desenvolvimento. O cobalto e o lítio igualmente favoreceram essa demanda por possibilitar maior densidade de energia em baterias de diversos equipamentos, inclusive dos carros elétricos. O cobre, por sua vez, também respondeu às crescentes exigências da industrialização automobilística (Palma; Pessanha, 2000).

6.2 Crostas Cobaltíferas

As crostas cobaltíferas normalmente estão associadas a crostas polimetálicas formadas por óxidos de manganês e ferro, que incorporam outros metais em sua estrutura (Souza, 2000). Quando, em algumas áreas, tais crostas possuem níveis elevados de cobalto, são então chamadas de cobaltíferas. As crostas cobaltíferas são tipicamente encontradas em montes submarinos e cadeias assísmicas, onde existe uma baixa taxa de sedimentação. Esses depósitos vêm sendo considerados como possíveis fontes de manganês, cobre, níquel e, principalmente, cobalto para as próximas décadas (Hein et al., 2013).

Crostas cobaltíferas ocorrem em pavimentos de espessura superior a 2,5 metros, principalmente em profundidades que variam de 400 a 4.000 metros, sendo que as mais enriquecidas em cobalto localizam-se, geralmente, entre 800 e 2.200 metros, na zona de mínimo de oxigênio (Figura 14). A principal importância dessas crostas se deve à presença de cobalto, níquel, cobre, manganês, platina, cádmio, molibdênio, ouro, prata e vários elementos de terras raras em sua constituição (MACIAG et al., 2019).

FIGURA 14: MAPA DE DISTRIBUIÇÃO DE CROSTAS COBALTÍFERAS NAS BACIAS OCEÂNICAS E EXEMPLOS *IN SITU* E EM CORTE TRANSVERSAL.



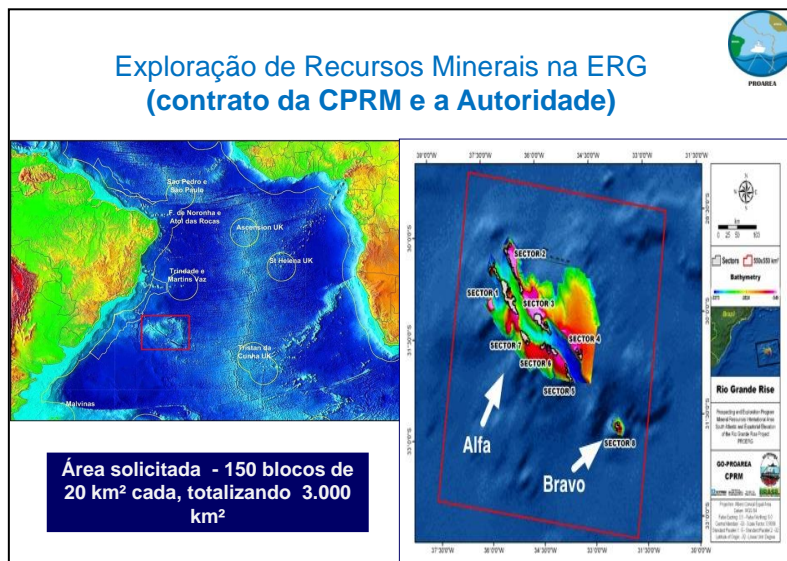
Nota: Observar pureza/altos teores dos metais encontrados.

Crostas cobaltíferas foram amostradas e vêm sendo pesquisadas pela CPRM na Elevação do Rio Grande (ERG) em contrato firmado com a ISBA (Figura 15).

O projeto realizado pelo SGB/CPRM tem como objetivos específicos:

- identificar áreas de ocorrência de recursos minerais de valor econômico;
- desenvolver e aprimorar técnicas de reconhecimento geológico e geofísico desses recursos minerais;
- contribuir para a formação de pessoal especializado no reconhecimento e no mapeamento desses recursos em mar profundo;
- coletar informações para a elaboração de estudo de viabilidade econômica, técnica e ambiental para exploração desses recursos; e
- fornecer informações para a tomada de decisão por parte de órgãos do governo e empresas de mineração brasileiras quanto à conveniência de se efetuar maiores investimentos nessa região.

FIGURA 15: MORFOLOGIA GERAL DA ÁREA DE ESTUDO NA ELEVAÇÃO DO RIO GRANDE E LOCALIZAÇÃO DA REGIÃO PESQUISADA POR SGB/CPRM E LEPLAC (RETÂNGULOS VERMELHOS).



Fonte: Contrato CPRM - ISBA

Para a execução desse trabalho, utilizando recursos financeiros provenientes do Programa de Aceleração do Crescimento, em dezembro de 2010 a CPRM contratou a Fundação de Estudos do Mar (Femar) para a coleta de informações sobre a potencialidade dos recursos minerais da Plataforma Continental Jurídica Brasileira (PCJB) e da área oceânica adjacente do Atlântico Sul e Equatorial, de acordo com o Plano Básico do Programa Remplac e do Programa Proarea.

Já foram realizadas várias expedições com o apoio da DHN, da Secirm e do PGGM, nas quais foram coletados dados geológicos, geofísicos e ambientais:

- a primeira expedição foi com o Navio Hidrográfico (NHi) Sirius, da DHN/Marinha do Brasil, que fez o levantamento batimétrico de uma área de, aproximadamente, 100.000 km²;
- a segunda, com o Navio Oceanográfico (NO) Marion Dufresne, do Instituto Polar Francês, coletou mais de 10.000 quilômetros lineares de dados geofísicos, incluindo gravimetria, magnetometria e perfilagem acústica, além de, aproximadamente, 18 toneladas de rochas, entre as quais grande quantidade de crostas cobaltíferas;
- a terceira, com o Navio Oceanográfico (NO) Fugro Gauss (de Gibraltar), completou o mapeamento da ERG na sua porção sudeste. Entre os trabalhos realizados, destacam-se a coleta de dados geofísicos e a realização de filmagem de fundo utilizando *TV-Grab*;
- a quarta, com o Navio de Pesquisa Hidroceanográfico (NPqHo) Vital de Oliveira (DHN/Marinha do Brasil), fez um mapeamento de detalhe de fundo e subfundo oceânico com ecobatimetria multifeixe (*multibeam*), perfilagem sísmica de alta resolução, gravimetria e magnetometria.

Desde então, foram realizadas várias outras expedições complementares para atender às exigências contratuais com a ISBA, o que possibilitou a formação de um amplo banco de dados com a realização de:

- 8000 km lineares de batimetria multifeixe (MBES), perfilagem de subleito (SBP), gravimetria, termossalinógrafo e correntometria;
- 18 toneladas de rochas dragadas;
- 13 estações de veículo submarino operado remotamente (ROV), totalizando 54 horas de mergulho e 30 km lineares de fundo explorado;
- 74 organismos bentônicos recuperados com ROV;
- 30 kg de rochas recuperadas com ROV;
- 27 estações de CTD (que medem condutividade, temperatura e profundidade), amostrando água em 20 níveis em cada estação, além das sondagens com sensores de temperatura, salinidade, oxigênio, clorofila e turbidez;
- 60 perfis de CTD e 43 de LADCP¹¹;
- mais de 20.000 km de ADCP;
- 9 arrastos verticais de rede de zoo - e ictioplâncton.

Participaram dessas pesquisas aproximadamente 75 pesquisadores provenientes da CPRM e de 12 universidades brasileiras integrantes do PGGM (UFC, UFRN, UFPE, UFBA, UFF, UFRJ, UFSC, UFPR, UFSC, UNIVALI, UFRGS e FURG). No entanto, apesar da imensa quantidade de dados coletados, por questões de sigilo, somente o SGB/CPRM tem acesso a essas informações, o que vem gerando muito descontentamento na comunidade científica e na sociedade em geral.

Paradoxalmente, apesar desse contrato com a ISBA ainda estar em vigor, em 2018 o Comitê Executivo do Projeto LEPLAC solicitou à Comissão de Limites da Plataforma Continental da ONU a incorporação da ERG à plataforma jurídica ou estendida brasileira. Trata-se de uma situação inusitada, que precisa ser resolvida o quanto antes, pois vem gerando uma série de constrangimentos no Brasil e no exterior.

6.3 Sulfetos Polimetálicos

A pesquisa de depósitos de sulfetos polimetálicos e dos recursos biotecnológicos associados, provenientes do assoalho oceânico, é conduzida por inúmeras instituições acadêmicas e governamentais ao redor do mundo desde os anos 1960. Os depósitos de sulfetos polimetálicos são encontrados nas cadeias meso oceânicas associados às fontes hidrotermais. Essas áreas são termicamente anômalas e, quando a água do mar penetra nas fraturas da crosta oceânica, é aquecida e retorna enriquecida de metais, formando as fumarolas vulcânicas. Esses metais precipitam e formam depósitos de sulfetos com altas concentrações de cobre (calcopirita), zinco (esfalerita) e alumínio (galena), além de platina, ouro e prata (Mello; Quental, 2000).

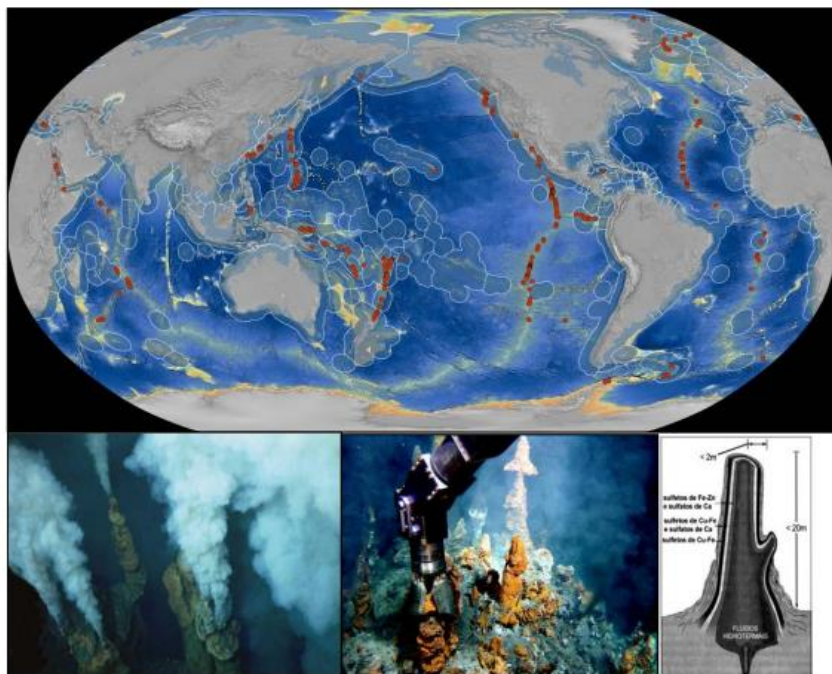
Concentrações elevadas de ouro foram recentemente encontradas em um tipo de depósito epidermal marinho, que até então era conhecido apenas em regiões continentais. Devido à alta concentração de metais preciosos e de base, os depósitos de sulfetos polimetálicos têm atraído

¹¹ - Lowered Acoustic Doppler Current Profiler. Trata-se de um medidor de correntes por efeito Doppler que é baixado a partir da embarcação de pesquisa. Existe também o ADCP, que é fixo no fundo.

investimentos de parte da indústria mineral em zonas econômicas exclusivas de alguns países e também em áreas internacionais sob a jurisdição da ISBA. A extração de tais depósitos aparenta ser viável, tanto econômica quanto ambientalmente, devido às vantagens que apresenta sobre os depósitos terrestres, e provavelmente se tornará uma realidade nas próximas décadas (Xavier, 1978).

Atualmente, os sulfetos polimetálicos têm atraído mais atenção das indústrias de mineração do que os nódulos polimetálicos. Alguns sítios de interesse econômico já foram identificados nos oceanos Pacífico, Índico e Atlântico (Figura 16). Desde a primeira descoberta de fumarolas negras, sulfetos maciços e biotas de sistemas hidrotermais em 1979, a exploração de depósitos de sulfetos polimetálicos, e recursos biotecnológicos associados, no assoalho oceânico em centros de expansão são conduzidos por inúmeras instituições acadêmicas e governamentais ao redor do mundo.

FIGURA 16: LOCALIZAÇÃO DOS PRINCIPAIS DEPÓSITOS DE SULFETOS POLIMETÁLICOS NOS OCEANOS (CÍRCULOS VERMELHOS).



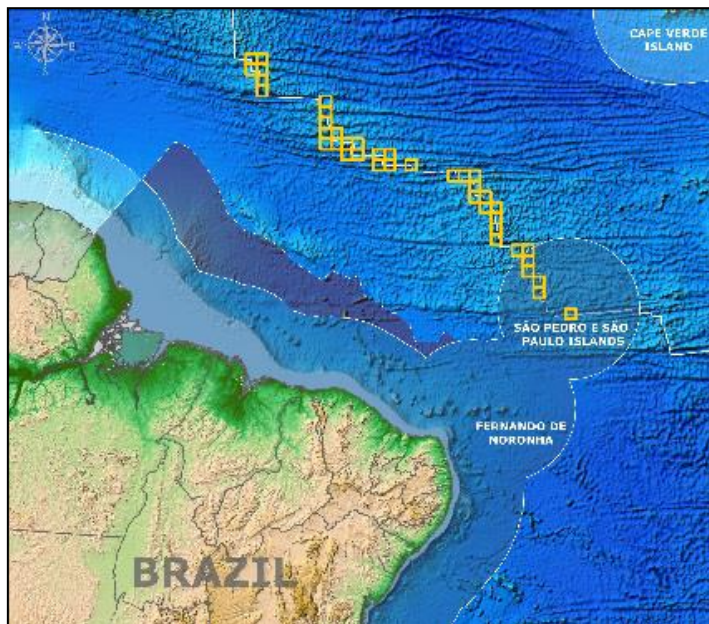
Fonte: GEOMAR / S.PETERSEN.

Nota: No detalhe, fotos de depósitos de sulfetos metálicos no fundo dos oceanos e estrutura de uma chaminé hidrotermal (Mello; Quental, 2000).

Os países líderes nesse campo são Estados Unidos, França, Alemanha, Reino Unido, Japão, Rússia, Austrália, China e Coreia do Sul. Em alguns países, como Portugal e Itália, a exploração de sulfetos marinhos também vem sendo desenvolvida nos últimos anos. A Rússia, a China, a Coreia e a França já possuem áreas de exploração desses recursos atribuídas pela ISBA.

Em 2012, no âmbito do Projeto PROCORDILHEIRA (SGB/CPRM)¹², foram contratados os serviços do NO Ocean Stalwart, que mapeou aproximadamente dois mil quilômetros da cordilheira meso oceânica na região equatorial do Atlântico Sul (Figura 17).

FIGURA 17: LOCALIZAÇÃO DAS ÁREAS MAPEADAS NO PROJETO PROCORDILHEIRA AO LONGO DA CADEIA MESOATLÂNTICA (QUADRADOS AMARELOS).



Fonte: DIGEOM/CPRM.

Durante as duas expedições realizadas, foram levantados:

- 90.000 km² de dados batimétricos multifeixes;
- 15.000 km lineares de dados de gravimetria;
- 12.000 km lineares de dados de magnetometria;
- 12.000 km lineares de perfilagem sísmica;
- 71 estações oceanográficas com CTD/rosette;
- 1.600 amostras de água; e
- 3.500 análises químicas.

A análise desses dados permitiu identificar áreas com ocorrência de depósitos hidrotermais ativos que podem estar associados a depósitos de sulfetos polimetálicos. O projeto também deve levar à identificação de áreas a serem requisitadas à Autoridade Internacional dos Fundos Marinhos.

¹²Projeto de pesquisas de sulfetos polimetálicos na Cordilheira Meso-Oceânica do Atlântico Sul e Equatorial, inserido na Ação PROAREA da Comissão Interministerial de Recursos do Mar (Cirm). Disponível em: <<https://www.marinha.mil.br/secirm/psrm/proarea>>. Acesso em: 21 jan. 2022 (Nota do revisor).

Participaram desse trabalho, além dos pesquisadores da CPRM, seis outros, provenientes das instituições do PGGM (UFPE, UFF e UFC).

7. PRIORIDADES

As prioridades – em termos prospectivos – são aquelas sobre as quais ainda não se detém controle e que determinarão situação inevitável, demandando providências para minimizar seus efeitos perversos ou, ao contrário, maximizar seus efeitos benéficos. As questões principais a serem consideradas de relevância para a exploração dos recursos minerais marinhos são elencadas a seguir:

- A corrida internacional para a requisição de sítios de exploração mineral na Área:

- Até o presente momento, 22 empresas assinaram contratos com a Autoridade para a exploração de nódulos polimetálicos, sulfetos polimetálicos e crostas cobaltíferas em mais de 30 regiões da Área situadas nos oceanos Pacífico, Índico e Atlântico. Essas áreas somam, aproximadamente, 2.800.000 km², o que equivale a 33% da superfície do território brasileiro. Em futuro muito próximo, outras áreas de interesse econômico e político-estratégico serão requisitadas em praticamente todos os oceanos, onde ocorrem pesquisas realizadas por empresas de vários países. Muitas dessas áreas se situam no Atlântico Sul e cabe ao Brasil tomar a iniciativa, de forma a garantir que os recursos minerais da Área adjacente à sua plataforma continental jurídica venham constituir uma reserva estratégica para as futuras gerações brasileiras;

- A crescente exploração em águas cada vez mais profundas:

- O desenvolvimento de tecnologia marinha tem possibilitado a exploração dos oceanos em áreas cada vez mais profundas. Esse fato é apontado como portador de futuro por representar, nos âmbitos regional e internacional, um componente político-estratégico importante para os países que queiram ampliar sua influência na área internacional dos oceanos. É recomendável a cooperação com os países que detêm tecnologia mais avançada e já realizam estudos em áreas profundas. Também é fundamental o domínio das novas técnicas de exploração dos fundos oceânicos, principalmente com o uso de veículos subaquáticos autônomos (AUV, do inglês *Autonomous Underwater Vehicles*) e veículos de superfície não tripulados (USV, do inglês *Unmanned Surface Vehicles*), que possibilitam obter dados de alta resolução com diversos equipamentos geofísicos integrados. Além disso, no tocante à exploração (extração) desses recursos minerais profundos, há que se investir muito em tecnologias sustentáveis de robótica e mecatrônica¹³ que possibilitem minimizar os impactos ambientais dessas atividades aos ecossistemas marinhos;

- A erosão costeira:

- As mudanças climáticas e suas consequências – principalmente a elevação do nível do mar, o aumento dos eventos extremos, as inundações e a erosão costeira – provocarão uma série de danos à zona costeira do Brasil, razão pela qual é necessário considerar a busca por jazidas de

¹³ **Mecatrônica** é um ramo multidisciplinar da engenharia voltado ao projeto de sistemas eletromecânicos automatizados, controlados por computador. É uma espécie de "futuro das engenharias". Inicialmente, o curso tem disciplinas como: Cálculo, Física, Mecânica e Elétrica básica. Disponível em: <<https://pt.wikipedia.org/wiki/Mecatrônica>>. Acesso em 22 jan. 2022 (Nota do revisor).

minerais para a reconstrução do litoral. Nos estudos destinados à matéria, estarão incluídos não somente a identificação, o dimensionamento e o uso dos granulados marinhos, como também o impacto ambiental produzido pela extração e pela consequente verificação da durabilidade da obra em cada região onde for executada;

- A exaustão das reservas continentais e as restrições ambientais para a mineração de agregados:

- A areia e o cascalho dragados dos fundos marinhos poderão constituir uma importante contribuição à demanda nacional de agregados, como já ocorre em vários países, substituindo materiais extraídos de fontes continentais e reduzindo a extração em áreas de importância para a agricultura, o turismo ou a conservação ambiental. A maioria das regiões metropolitanas brasileiras encontra-se na zona costeira e as reservas de agregados localizadas dentro ou nas proximidades desses centros urbanos já estão praticamente esgotadas, além de submetidas a restrições ambientais cada vez maiores. Os minerais marinhos podem ser retirados e desembarcados em áreas localizadas nas regiões metropolitanas, o que pode ser um benefício adicional, pois evita longas distâncias de transporte terrestre;

- A crescente dependência nacional dos fertilizantes importados:

- Futuramente, esse aspecto poderá representar um entrave ao desenvolvimento do agronegócio e à sua rentabilidade no Brasil. O aproveitamento dos depósitos marinhos de granulados bioclásticos, fosforita, sais de potássio e outros insumos poderá reduzir significativamente a necessidade de importações ou, quem sabe, tornar o Brasil autossuficiente em fertilizantes. No caso dos granulados bioclásticos, que totalizam 94% das áreas requeridas para a pesquisa mineral marinha, estudos sobre o cultivo de soja indicaram que esses granulados podem substituir 40% do NPK¹⁴, com ganhos de 20% em produtividade.

7.1 Prioridades Socioeconômicas

Com base na consulta a especialistas, entre os recursos minerais de valor socioeconômico da plataforma continental figura em primeiro plano a extração comercial de agregados siliciclásticos e bioclásticos (areias e cascalhos). Esses bens minerais têm especial importância na recuperação de praias erodidas, um problema ambiental constante na linha de costa brasileira, além de serem insumos imprescindíveis para as indústrias de construção civil e de eletrônicos (silício).

Em alguns países, como o Reino Unido, os agregados siliciclásticos já são explorados para utilização na construção civil, representando mais de 18% da produção total, sendo significativa também a produção da Holanda e do Japão. Os projetos a serem desenvolvidos nesse campo devem estar voltados para a localização e a delimitação desses depósitos, suas respectivas potencialidades em termos de volume, o impacto potencial da mineração sobre o ambiente e a influência sobre os processos costeiros, o que envolve estudos biológicos (Lenoble et al., 1995).

O calcário bioclástico também representa um recurso prioritário, em face da importância de sua utilização como fertilizante, componente de rações animais, complemento alimentar, implante

¹⁴ NPK: adubo químico constituído de nitrogênio, fósforo e potássio.

em cirurgias ósseas, indústria cosmética, siderurgia e tratamento de água, esgotos domésticos e industriais. O exemplo de utilização mais intensa desses granulados bioclásticos vem da França, com o uso do chamado *Maërl*¹⁵.

Os placeres de minerais pesados – cassiterita, ouro, diamante, ilmenita, rutilo, zircão, monazita e magnetita, entre outros – foram indicados na mesma ordem de prioridade pela comunidade, apesar de serem considerados menos urgentes do que os precedentes. As ocorrências de placeres desses minerais são numerosas no Brasil, com algumas plantas de extração em operação.

Por sua importância como fertilizante, as rochas fosfáticas (fosforitas) e os sais de potássio fecham o ciclo de prioridade um. A fosforita, produto autigênico que difere essencialmente dos anteriores, nitidamente detritais, ocorre associada a zonas de formação de carbonatos e fenômenos de ressurgência. Tais condições são encontradas na plataforma continental externa, no talude superior e nos platôs marginais. Os sais de potássio ocorrem associados aos diápiros salinos nas bacias sedimentares marginais.

O carvão e os hidratos de gás despertam o interesse de cientistas, órgãos públicos e iniciativa privada. Desde 2015, a prioridade desse mineral, ora menos significativa devido ao tempo previsto para seu uso como recurso energético, tem aumentado de forma acentuada.

Outros depósitos, categorizados no mesmo patamar, incluem o enxofre e o potássio, que ainda demandam estudos complementares, apesar do conhecimento já obtido em projetos desenvolvidos pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM).

O Quadro 2 resume as prioridades discutidas com relação aos minerais de valor socioeconômico.

QUADRO 2: MINERAIS DE VALOR SOCIOECONÔMICO.

Tema	Recurso mineral	Urgência	Importância	Valor agregado	Prioridade
Recuperação de praias	Areias e cascalhos	Alta	Alta	Alto	1
Suprimentos à construção civil	Areias e cascalhos	Alta	Alta	Alto	1
Fertilizantes e indústria em geral	Granulados bioclásticos (carbonatos)	Alta	Alta	Alto	1
Fertilizantes e indústria química	Fosfatos e sais de potássio	Alta	Alta	Alto	1
Diversos (placeres)	Minerais pesados	Média	Alta	Alto	2
Energia	Carvão	Média	Alta	Alto	2
	Hidratos de gás	Média	Alta	Alto	2
Fertilizantes e química	Enxofre	Média	Alta	Médio	3
Alimentação e cloroquímica	Sal-gema	Baixa	Média	Alto	4

7.2 Prioridades Político-estratégicas

¹⁵ - *Maërl* é um depósito natural de areia, algas e detritos, lavado pelo mar nas costas da Bretanha. Seu caráter calcário o torna adequado para uso como fertilizante agrícola. Disponível em <https://www.linternaute.fr/dictionnaire/fr/definition/maerl/>, Acesso em 22 de abril de 2022 (Nota do revisor).

Entre os recursos minerais da área de jurisdição internacional dos oceanos (Área), que apresentam valor político-estratégico, destacam-se, em ordem de prioridade, as crostas cobaltíferas, os sulfetos polimetálicos e os nódulos polimetálicos.

As crostas cobaltíferas são apontadas como prioridade um por serem abundantes na área da Elevação do Rio Grande, região contígua ao limite externo da plataforma continental que já vem atraindo o interesse de outros países para o desenvolvimento de pesquisas e futuras explorações.

A escolha dos sulfetos polimetálicos como segunda prioridade é decorrente do fato de que esses recursos ocorrem associados a organismos de interesse biotecnológico de alto valor comercial. Portanto, a pesquisa simultânea dos dois recursos seria mais atrativa para várias indústrias (mineração, farmacêutica, cosmética, biotecnologia e engenharia genética).

O Quadro 3 resume as prioridades discutidas com relação aos minerais de valor político-estratégico.

QUADRO 3: MINERAIS DE VALOR POLÍTICO-ESTRATÉGICO.

Tema	Recurso mineral	Urgência	Importância	Valor Agregado	Prioridade
Minerais político-estratégicos	Crostas cobaltíferas	Alta	Alta	Alto	1
Minerais político-estratégicos (biotecnologia)	Sulfetos polimetálicos	Média	Alta	Alto	2
Minerais político-estratégicos	Nódulos polimetálicos	Média	Alta	Intermediário	3

7.3 Áreas prioritárias

Por concentrar maior variedade de recursos minerais, *a priori* mais susceptíveis de exploração, a agenda de prioridades das áreas é liderada pela plataforma continental interna. Há uma tendência predominante, até mesmo uma tradição, de os vários centros e equipes nacionais concentrarem seus estudos no âmbito do Programa de Geologia e Geofísica Marinha (PGGM) em águas rasas.

Vale ressaltar, desde logo, a existência de dois domínios governados pelo principal tipo de sedimentação que geraram duas variedades de recursos de águas rasas extremamente importantes: granulados siliciclásticos e carbonáticos. As duas áreas de ocorrência possuem idêntica pontuação quanto à prioridade e, como limite geográfico, têm a região de Cabo Frio (ao norte carbonáticos e ao sul siliciclásticos), embora a presença de ambos os recursos – em maior ou menor concentração – seja conhecida em toda a plataforma continental brasileira.

Outro ponto na indicação da plataforma continental como prioridade um é a ocorrência de concentrações de minerais pesados (placers) que, juntamente com os ocorrentes na zona costeira, constituem recursos de grande valor econômico, usualmente associados a vales fluviais afogados e a antigas linhas de praia.

Nessa sequência, na área prioritária dois, em direção ao mar aberto e já em águas mais profundas, ficariam a plataforma externa, o talude continental superior e os platôs marginais, que abrigam ocorrências de fosforitas. Contudo, ainda há aspectos não equacionados sobre a origem

dessas fosforitas na margem continental brasileira. Os poucos trabalhos existentes sobre o assunto divergem quanto a essa origem – detrital, calcário fosfatizado ou diagênico¹⁶ – nas regiões de ressurgência.

Segundo os dados divulgados pelo *Ifremer Marmin Data Base* (Lenoble et al., 1995), classifica-se esse tipo de depósito na categoria *phosphorite upwelling*, para as seis ocorrências cadastradas até 1995. Em 2003, foi registrada junto ao Marmin (Martins et al., 2003) a existência de nódulos e concreções fosfáticas na margem continental do Rio Grande do Sul, onde algumas pesquisas já foram realizadas no Terraço de Rio Grande pela CPRM em parceria com o PGGM. A citada contribuição incluiu também o registro das ocorrências de minerais pesados na região de Bujuru, os granulados siliciclásticos da plataforma interna e os agregados carbonáticos de Albardão e Carpinteiro, todos ocorrentes na zona costeira e na plataforma continental do Rio Grande do Sul.

A área prioritária três encontra-se intensamente ligada ao crescente interesse pelos hidratos de gás e à sua ocorrência na plataforma continental nos cones do Amazonas e do Rio Grande.

Finalmente, na área prioritária quatro, existe o nível classificado como intermediário, representado pelo carvão mineral (plataformas continentais do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina), pelo enxofre e pelo potássio – associados às bacias marginais brasileiras das margens norte e leste – que, apesar de sua importância, não foram mais pesquisados desde o Projeto Remac.

A importância econômica dos recursos minerais da plataforma continental está diretamente relacionada ao que a mineração representa para a economia e a competitividade desses recursos, frente a outras fontes de suprimento disponíveis (BORGES, 2007). A contribuição da mineração para a economia é indiscutível, seja como produtora de riquezas, seja como geradora de insumos e infraestrutura para outros segmentos.

No tocante à competitividade, a importância dos recursos minerais marinhos será tanto maior quanto mais escassas forem as outras fontes e mais avançada a tecnologia para viabilização da exploração em bases sustentáveis e ambientalmente seguras. De modo geral, a escassez é a força propulsora do progresso tecnológico e é avaliada pela relação entre a demanda e a oferta de bens necessários aos padrões de qualidade de vida das pessoas.

Em resumo, há três diferentes regiões como ponto de partida para a pesquisa de recursos minerais no oceano profundo (Souza, 2006):

- a primeira compreende a ZEE e a plataforma continental do Arquipélago São Pedro e São Paulo que, situado a 1.100 km da costa do Rio Grande do Norte, é parte integrante do território brasileiro. Essa região é o único lugar sob jurisdição brasileira onde existe cordilheira mesoceânica e, conseqüentemente, a possibilidade de ocorrências de sulfetos polimetálicos. Atividades de pesquisa desses recursos nessa região podem reforçar os princípios do Programa Arquipélago (Proarquipelago), desenvolvido pela Cirm com o objetivo de estudar e ocupar essa distante parte do território brasileiro, assegurando-lhe a soberania nacional;

- A segunda região compreende a Elevação do Rio Grande, que é, sem dúvida, por onde a pesquisa de crostas cobaltíferas deveria se intensificar, sem esquecer todos os montes submarinos que

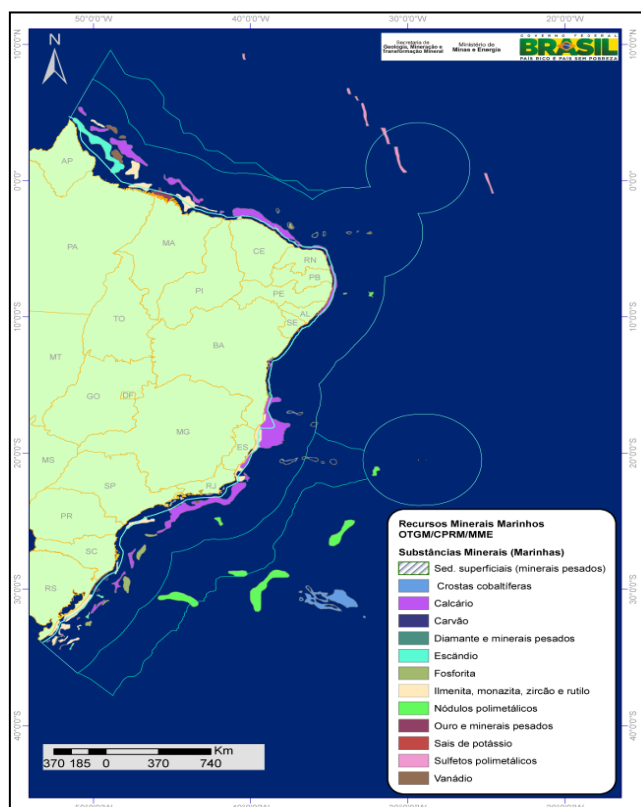
¹⁶ Diagênese é o conjunto de processos químicos e físicos sofridos pelos sedimentos desde a sua deposição até a sua consolidação. Calcário diagênico é aquele que sofreu diagênese.

ocorrem na margem continental central brasileira e também na Cadeia Vitória-Trindade. Aliás, como providência inicial, já foram realizados vários levantamentos geológicos, geofísicos e ambientais na Elevação do Rio Grande desde 2010 pela CPRM, com o apoio dos navios da DHN/Marinha do Brasil e dos pesquisadores do PGGM;

- A terceira região, que inclui a ZEE e a plataforma continental da Ilha da Trindade, bem como as regiões oceânicas adjacentes, parece ser um bom ponto de partida, juntamente com os montes submarinos da Bahia, de Pernambuco, da Cadeia Norte-Brasileira e da Elevação do Ceará para a pesquisa de nódulos e crostas polimetálicos.

O mapa de referência, com a distribuição prioritária dessas áreas, foi elaborado pelo MME/SGB/CPRM e pode ser observado na Figura 18.

FIGURA 18: MAPA DE REFERÊNCIA COM A DISTRIBUIÇÃO PRIORITÁRIA DAS ÁREAS DE RELEVANTE INTERESSE MINERAL MARINHO.



Fonte: Elaborado por MME/SGB/CPRM.

8. DESAFIOS

8.1 Desafios e Projetos Estruturantes

Projetos estruturantes são aqueles que, realizados no presente, terão grande impacto no futuro. Alguns projetos estruturantes de grande interesse para o desenvolvimento das atividades de pesquisa e exploração de recursos minerais da plataforma continental e das áreas oceânicas adjacentes serão arrolados a seguir.

- Ampliação e fortalecimento de redes de cooperação em pesquisa marinha, de forma a viabilizar a avaliação do potencial mineral da plataforma continental e das áreas oceânicas do Atlântico Sul e Equatorial e realizar a caracterização tecnológica dos recursos minerais de interesse socioeconômico;
- Criação de um centro nacional de gestão de meios flutuantes e equipamentos oceanográficos e de Geologia e Geofísica Marinha com vistas à otimização e à viabilização de uma infraestrutura básica de pesquisa marinha;
- Sistematização e integração de informações geológicas e geofísicas da plataforma continental e das áreas oceânicas adjacentes por meio da construção de um banco de dados georreferenciado associado a um sistema de informações geográficas e à elaboração de normas para o levantamento e o armazenamento das informações geológicas e geofísicas;
- Levantamentos de detalhes para a identificação das prováveis jazidas da plataforma continental de modo a estimar o volume dos depósitos exploráveis e suas futuras cubagens por investidores e empresas de mineração;
- Identificação de áreas de ocorrência de novos recursos minerais e levantamento de informações geológicas de base para o manejo e a gestão integrada da plataforma continental e da zona costeira;
- Estudos de viabilidade técnica, econômica e ambiental para subsidiar a política de planejamento e gestão da plataforma continental e da zona costeira por meio de uma legislação mineral marinha que traga segurança jurídica para investidores e empreendedores do setor mineral;
- Fortalecimento das instituições de pesquisa do País, incluindo programas de formação e capacitação de recursos humanos nas áreas de ciência e tecnologia relacionadas à Geologia e à Geofísica Marinha;
- Pesquisa e lavra mineral de placeres e granulados siliciclásticos e carbonáticos na plataforma continental;
- Recuperação da costa brasileira com base em inventário da potencialidade de areia da plataforma continental interna;
- Avaliação e adequação da legislação mineral e ambiental com vistas a sistematizar, racionalizar e modernizar o marco legal dessa atividade, levando em conta as especificidades dos recursos minerais marinhos;
- Pesquisa mineral na Área e requisição de sítios de exploração à Autoridade Internacional dos Fundos Marinhos em regiões adjacentes à plataforma continental jurídica;
- Cooperação internacional e regional que fortaleça a presença do Brasil no Atlântico Sul e Equatorial, tanto no que diz respeito ao conhecimento do ambiente marinho quanto à pesquisa mineral de solo e subsolo; e
- Geração e/ou adaptação de novas tecnologias de pesquisa mineral e lavra alicerçadas na sustentabilidade ambiental, social e econômica da atividade.

8.2 Desafios e Perspectivas Temporais

Os horizontes temporais propostos neste estudo estão em consonância com o Projeto Brasil Três Tempos (BRASIL, 2004) e o X PSRM (BRASIL, 2020), segundo os quais os objetivos nacionais estratégicos seriam implementados progressivamente a partir de instrumentos interativos do governo com a Nação por metas estabelecidas em marcos temporais.

Infelizmente, devido às crises políticas e econômicas que o Brasil enfrentou desde 2015, agravadas recentemente com as enormes dificuldades geradas pela pandemia de Covid-19, muitas metas não foram alcançadas. Considerando esse cenário, acredita-se que deve haver, então, uma readequação dos horizontes temporais, conforme sugestões apresentadas a seguir.

8.2.1 Horizonte temporal de 2022

- Ampliação e fortalecimento da rede de pesquisa dos programas brasileiros Remplac e Proarea de forma a nortear o desenvolvimento das atividades de pesquisa e lavra de recursos minerais marinhos;
- Gestão integrada dos recursos minerais marinhos, sob o comando do Ministério de Minas e Energia e órgãos vinculados, como a Agência Nacional de Mineração (ANM) e SGB/CPRM, e parcerias com o PGGM, a Cirm e ministérios que a integram;
- Avaliação e adequação da legislação mineral e ambiental com vistas a sistematizar, racionalizar e modernizar o marco legal dessa atividade, levando em conta as especificidades dos recursos minerais marinhos;
- Mapeamento e diagnóstico da infraestrutura básica, logística e de apoio à pesquisa e à lavra dos recursos minerais marinhos e elaboração de um plano de implantação de infraestrutura que possibilite o desenvolvimento da atividade;
- Avaliação do potencial mineral do mar territorial, da plataforma continental e da ZEE e caracterização tecnológica dos recursos minerais de interesse socioeconômico, como, por exemplo, fosforitas marinhas para uso como fertilizante na agricultura;
- Sistematização e integração das informações geológicas e geofísicas da plataforma continental por meio da construção de um banco de dados geo-referenciados associado a um Sistema de Informações Geográficas, bem como pela elaboração de normas para o levantamento e o armazenamento das informações geológicas e geofísicas;
- Realização de levantamentos de detalhe visando quantificar o volume das potenciais jazidas para sua futura cubagem e exploração;
- Realização de levantamentos temáticos para avaliação da potencialidade dos recursos minerais específicos da plataforma continental, objetivando o aumento da oferta de bens minerais para a indústria;
- Execução de estudos de viabilidade técnica, econômica e ambiental para subsidiar tanto a política de planejamento e gestão da plataforma continental e da zona costeira quanto as entidades reguladoras, visando à definição de critérios técnicos para a exploração dos recursos minerais;

- Criação de um grupo de trabalho, no âmbito do Ministério de Minas e Energia (MME), formado por representantes da Cirm da ANM, do Ibama, da CPRM, da Marinha e do PGGM, entre outros órgãos e entidades interessadas, com a finalidade de discutir e propor, sob a coordenação do MME, uma legislação sobre mineração no fundo marinho em águas sob jurisdição brasileira para que este disciplinamento possa anteceder uma maior demanda por essas áreas;
- Promoção de maior integração entre as instituições envolvidas na fiscalização, ou seja, Ibama e ANM, de forma a minimizar problemas existentes, principalmente com relação à falta de pessoal especializado e recursos materiais para as atividades de fiscalização no mar;
- Elaboração e implementação de um plano de fortalecimento das instituições de pesquisa do País, incluindo um programa de formação e capacitação de recursos humanos nas áreas de ciência e tecnologia, para conhecimento do ambiente marinho visando à pesquisa mineral de solo e subsolo;
- Criação de mecanismos de financiamento de pesquisa geológica e geofísica marinhas, organizados de forma a gerar conhecimento para atender às necessidades de demandas socioeconômicas, mantendo e ampliando editais para grandes projetos;
- Ampliação das atividades de pesquisa e incentivo à lavra mineral de placeres e granulados siliciclásticos e carbonáticos na plataforma continental;
- Ampliação das ações de recuperação da costa brasileira, com base em inventário da potencialidade de areia da plataforma continental interior; e
- Promoção do início da pesquisa mineral na Área e requisição de sítios de exploração à Autoridade em regiões adjacentes à plataforma continental e na Cordilheira Mesoatlântica com o objetivo de ocupá-las antes que sejam requisitadas por outros países.

8.2.2 Horizonte temporal de 2025

- Implementação de um modelo de gestão integrada e interinstitucional para o setor mineral marinho, com uma legislação normativa moderna, clara e bem organizada que facilite o progresso do setor, o qual será organizado a partir do desenvolvimento no horizonte temporal anterior;
- Implementação de um plano de fiscalização estruturado para as atividades de pesquisa mineral e lavra contemplando meios logísticos e recursos humanos em quantidade e qualidade adequados, com a participação efetiva de órgãos governamentais, como Ibama e ANM;
- Atualização da base de dados sobre informações geológicas, geofísicas e de dados de produção mineral da plataforma continental e manutenção do banco de dados georreferenciados associado a um sistema de informações geográficas de âmbito nacional;
- Ampliação e modernização da infraestrutura de pesquisa e lavra de recursos minerais marinhos, de forma a atender às demandas do setor produtivo;
- Geração e/ou adaptação de novas tecnologias de pesquisa mineral e lavra alicerçadas na sustentabilidade ambiental, social e econômica da atividade;
- Otimização e viabilização de uma infraestrutura básica de pesquisa mineral em oceano

profundo, principalmente com a aquisição de navios e equipamentos apropriados, além da formação e do treinamento de recursos humanos;

- Integração, ampliação e fortalecimento do Programa Remplac, com ênfase em levantamentos temáticos de detalhe em escala de mineração, e estudos de viabilidade econômica e técnica visando à cubagem e exploração das jazidas;

- Consolidação da exploração de granulados e placeres marinhos ao longo de toda a costa brasileira, desenvolvendo-se de forma sustentável com a geração de divisas, empregos e renda para as comunidades locais e regionais;

- Ampliação da pesquisa mineral de carvão, fosforita, evaporitos, enxofre e hidratos de gás na plataforma continental e na ZEE, com a quantificação e a qualificação das reservas minerais;

- Manutenção e ampliação das regiões requisitadas na Área e realização de estudos para desenvolvimento de tecnologias de exploração sustentável em águas profundas do alto-mar;

- Consolidação da cooperação internacional e regional e formação de parcerias para o aprofundamento da pesquisa e do aproveitamento dos recursos minerais da Área;

- Recuperação e manutenção das linhas de costa afetadas pelas mudanças climáticas e suas principais consequências, como processos erosionais, inundações, elevação do nível do mar, tempestades e ressacas; e

- Criação de um centro nacional de gestão de meios flutuantes e equipamentos de pesquisa marinha ligado à Geologia e à Geofísica Marinhas.

8.2.3 Horizonte temporal de 2030

- Validação, fortalecimento e monitoramento do modelo de gestão da mineração marinha no Brasil e de suas principais ações, elencadas no horizonte temporal de 2025;

- Aperfeiçoamento do processo de gestão do setor, fundamentado no melhor conhecimento científico e tecnológico disponível;

- Incentivo à continuidade dos estudos de manutenção e ampliação das regiões requisitadas na Área;

- Promoção da continuidade e ampliação da cooperação internacional e regional, assim como das parcerias para aprofundamento da pesquisa e do aproveitamento dos recursos minerais da Área, consolidando a presença brasileira no Atlântico Sul e Equatorial;

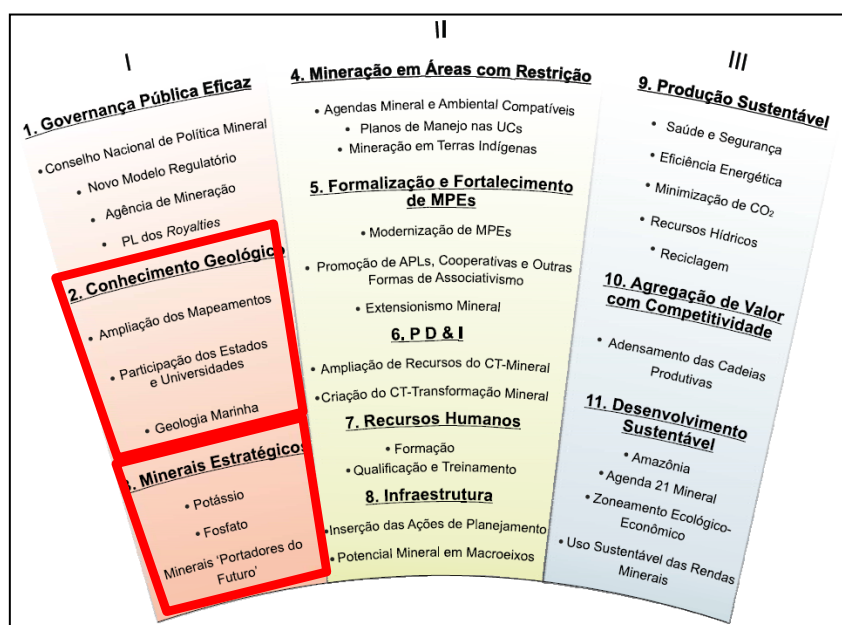
- Consolidação do setor mineral marinho, alicerçado sobre base produtiva social, econômica e ambientalmente sustentável, de acordo com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da ONU, realizando exploração mineral plena e adequadamente ordenada com base em instrumentos de gestão modernos, transparentes e participativos, incluindo a utilização de áreas marinhas protegidas e com uma estrutura de fiscalização ágil e eficiente;

- Consolidação do centro nacional de gestão de meios flutuantes e equipamentos de pesquisa marinha, ligado à Geologia e à Geofísica Marinhas; e

- Fortalecimento de uma indústria de aproveitamento de recursos minerais marinhos que garanta a ocupação efetiva do mar brasileiro e a ampliação da presença brasileira no Atlântico Sul e Equatorial de forma racional e sustentável nos planos regional, nacional e internacional.

Nesse sentido, também devem ser considerados os objetivos do Plano Nacional de Mineração (PNM) para 2030, conforme sintetizado no diagrama a seguir:

FIGURA 19: OBJETIVOS DO PLANO NACIONAL DE MINERAÇÃO (PMN).



Fonte: Plano Nacional de Mineração 2030.

9. CONSIDERAÇÕES FINAIS E SUGESTÕES

Estabelecer um plano estratégico para o desenvolvimento racional e sustentável de recursos minerais marinhos de forma a garantir a ampliação da presença brasileira no Atlântico Sul e Equatorial não é uma tarefa simples.

No momento atual, em que o desenvolvimento tecnológico possibilita a exploração sustentável dos recursos minerais dos oceanos em regiões cada vez mais profundas e as atividades de exploração desses recursos têm movimentado de forma espetacular a economia de vários países, gerando milhares de empregos, o Brasil, país de grande tradição mineral, não pode ficar de fora.

A exemplo do que já ocorre em outros países, é importante que a indústria mineral brasileira também comece a se interessar pelos recursos minerais da área internacional dos oceanos e desenvolva ações que levem em consideração:

- a importância estratégica da presença brasileira no Atlântico Sul e Equatorial;
- a corrida internacional para requisição de sítios de exploração mineral na Área, o que acarreta a possibilidade de outros países requisitarem sítios de exploração mineral em frente à plataforma continental brasileira;
- o valor econômico e estratégico de sítios de exploração identificados e requisitados à

Autoridade por empresas brasileiras;

- a necessidade de o Brasil delimitar novas reservas estratégicas;
- a expansão e a proteção do setor mineral nacional; e
- a necessidade de empresas brasileiras, em parceria com as instituições acadêmicas e de pesquisa, desenvolverem o conhecimento científico e dominar novas tecnologias de forma a se capacitarem para competir, em igualdade de condições, com empresas estrangeiras.

Caso o Brasil continue a requisitar áreas para exploração de recursos minerais em zonas internacionais dos oceanos, estas passariam a fazer parte do espaço marinho de nosso maior interesse. Diga-se de passagem que o Brasil é um país de dimensões continentais graças à busca de recursos naturais que ocorreu desde os primórdios de seu descobrimento. Assim como os antepassados garantiram as riquezas naturais de que a Nação desfruta atualmente, também é necessário garantir às gerações futuras riquezas naturais que hoje se colocam como estratégicas para um futuro não muito distante. É importante atentar para essas questões.

Portanto, é essencial viabilizar o apoio político e financeiro à realização dos Projetos Estruturantes para o desenvolvimento das atividades de pesquisa e exploração de recursos minerais da plataforma continental e das áreas oceânicas adjacentes.

Apesar do conhecimento acumulado ao longo de todos esses grandes projetos e programas nacionais, durante mais de 50 anos, ainda há uma enorme carência de recursos financeiros e infraestrutura disponível para uma gama de necessidades básicas que são fundamentais para a concretização do uso sustentável dos recursos minerais marinhos no Brasil.

Para enfrentar esses problemas, vale destacar algumas relevantes sugestões aos Tomadores de Decisão, a saber:

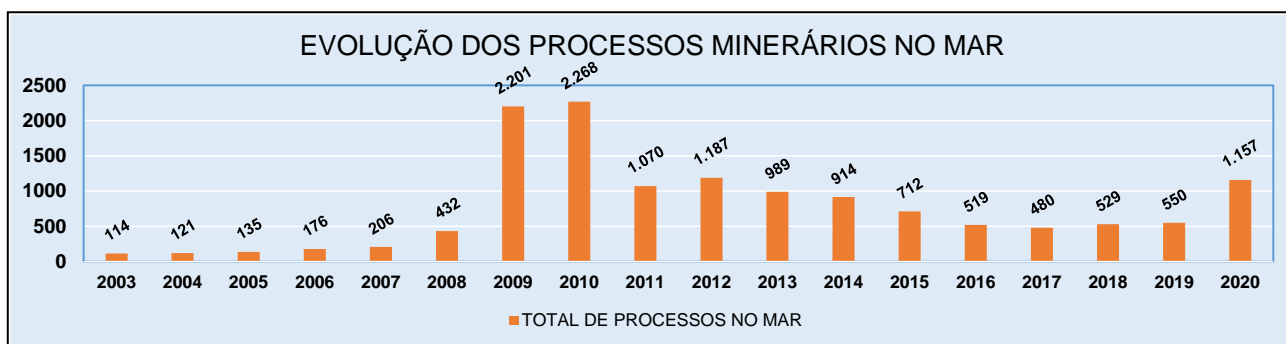
- **FORMAR** recursos humanos em ciências marinhas nos níveis técnico, superior e de pós-graduação;
- **CONTRATAR** profissionais especializados e experientes em ciências do mar, principalmente para as agências e instituições reguladoras e executoras, sejam públicas ou privadas;
- **DISPONIBILIZAR** embarcações de pequeno, médio e grande porte, equipadas para as necessidades das ciências marinhas e dedicadas exclusivamente a elas;
- **INTEGRAR** a enorme quantidade de dados oceanográficos, geológicos, geofísicos, geotécnicos e ambientais em uma única base de dados acessível para os diversos segmentos que atuam nas ciências do mar;
- **VIABILIZAR** a execução de novos levantamentos oceanográficos, geológicos, geofísicos, paleoambientais e geotécnicos, em escala de maior detalhe, para avaliar a potencialidade mineral da plataforma continental e das áreas internacionais de interesse e também para subsidiar outros domínios do conhecimento;
- **ATRAIR** investidores interessados em beneficiamento, transporte e distribuição das matérias-primas marinhas e dispostos a transformá-las em produtos de alto valor agregado;

- **REFORMULAR** e **INTEGRAR** a legislação mineral e ambiental em todos os níveis (municipal, estadual e federal) visando estabelecer claramente para investidores/produtores os critérios que serão utilizados para as concessões de pesquisa, exploração, exploração, lavra e licenciamento ambiental; e

- **CRIAR** um fundo setorial com recursos dos *royalties* do petróleo, entre outros, que se destine exclusivamente ao desenvolvimento científico, tecnológico, inovador e fomentador visando suprir todas as carências destacadas anteriormente.

Não obstante todas essas necessidades urgentes, nos últimos anos houve um significativo aumento nos requerimentos para pesquisa, exploração e exploração na ZEE brasileira, com milhares de títulos outorgados pelo Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM, atualmente AMN), principalmente para os recursos bioclásticos (carbonáticos), areias e cascalhos (siliciclásticos), sais de potássio e carvão mineral (Figura 20).

FIGURA 20: EVOLUÇÃO DOS PROCESSOS MINERÁRIOS MARINHOS.



Fonte: DNPM, atual AMN

Em suma: existe grande interesse dos vários segmentos atuantes no setor de recursos minerais marinhos e uma enorme demanda reprimida devido à carência de todas as necessidades e recomendações explicitadas anteriormente. O caminho está traçado, os desafios são grandes, mas as perspectivas são extraordinárias.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABREU, J.G.N.; CORRÊA, I.C.S.; HORN FILHO, N.O.; CALLIARI, L.J. Phosphorites of the Brazilian Continental Margin, Southwestern Atlantic Ocean. **Brazilian Journal of Geophysics**, v. 32, n. 3, p. 539-548. Rio de Janeiro, 2014.
2. BENTON, W.; BENTON, H. (Pubs.). Oceans, Development of. In: **Encyclopaedia Britannica**. London (13), p. 502-503, 1974.
3. BORGES, L. Recursos minerais da plataforma continental brasileira e regiões oceânicas adjacentes do Atlântico Sul e Equatorial: aspectos socioeconômicos **Revista Parcerias Estratégicas**, v. 12, n. 24, p. 191-230, Brasília, 2007.
4. BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Plano Nacional de Mineração 2030. P.XIV, Brasília 2011.
5. BRASIL. **Decreto nº 10.544**, de 16 de novembro de 2020. Aprova o X Plano Setorial para os Recursos do Mar. Disponível em: <<https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/decreto-n-10.544-de-16-de-novembro-de-2020-288552390>>. Acesso em: 12 abr. 2022.
6. _____. Núcleo de Assuntos Estratégicos da Presidência da República (NAE). Secretaria de Comunicação de Governo e Gestão Estratégica. Projeto Brasil Três Tempos: 2007, 2015 e 2022. **Cadernos NAE**, nº. 1, jul. 2004. Brasília, 2004.
7. ~~CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS. Oportunidade de aproveitamento sustentado dos recursos do mar: recursos minerais além das 200 milhas náuticas. Parcerias Estratégicas, [em preparação], 2010.~~
8. CLENELL, M.B. Hidrato de gás submarino: natureza, ocorrência e perspectivas para exploração na Margem Continental Brasileira. **Brazilian Journal of Geophysics**, v. 18, n. 3, p. 397-409. Rio de Janeiro, 2000.
9. DIAS, G.T.M. Granulados Bioclásticos. **Brazilian Journal of Geophysics**, v. 18, n. 3, p. 307-318. Rio de Janeiro, 2000.
10. GUAZELLI, W.; COSTA, M.P.A. Ocorrência de fosfato no Platô do Ceará. Projeto Remac, v.3, p. 7-14, Rio de Janeiro, 1978.
11. _____. _____. KOWSMANN, R.O. Cruzeiro Platôs Marginais do Nordeste Brasileiro: resultados geológicos preliminares. In: Simpósio de Geologia do Nordeste. **Atas**, p. 101-110. Campina Grande, 1977.
12. HEIN, J.R.; MIZELL, K.; KOSCHINSKY, A.; CONRAD T.A. Marine ferromanganese deposits as a source of rare metals for high- and green-technology applications: comparison with land-based deposits. **Ore Geology Reviews**, 51, 1-14, 2013.
13. KETZER, M.; PRAEG, D.; RODRIGUES, L. F.; AUGUSTIN, A. H.; PIVEL, M. A. G.; ABKENAR, M. R.; MILLER, D. J.; VIANA, A. R.; CUPERTINO, J. A. Gas hydrate dissociation linked to contemporary ocean warming in the southern hemisphere. **Nature Communications**, v. 11, p. 3788-3798, 2020.

14. LENOBLE, S.P.; AUGRIS, C.; CAMBON, R.; SAGET, P. Marine mineral occurrences and deposits of the Economic Exclusive Zones. MARMIN Data Base. Plouzané Cedex, France: Editions IFREMER, 1995, 28 p.
15. MACIAG, L.; ZAWADZKI, D.; KOZUB-BUDZYN, G.A.; PIESTRZYNSKI, A.; KOTLINSKI, R.; WROBEL, R. Mineralogy of cobalt-rich ferromanganese crusts from the Perth Abyssal Plain (E Indian Ocean). **Minerals**, v. 9(2), 84, 2019.
16. MARTINS, L.R.S. Aspectos científicos dos recursos minerais marinhos. **Revista Parcerias Estratégicas**, v. 12, n. 24, p. 115-136. Brasília, 2007.
17. _____; BARBOZA, E.G.; CARUSO J.F. Southern Brazilian marine minerals occurrences and deposits: contribution to IFREMER MARMIN Data Base. **Revista Gravel**, v. 1, p. 25-39. Porto Alegre, 2003.
18. _____; MARTINS, I.R.; WOLFF, I.M. Sand deposits along Rio Grande do Sul (Brazil) Inner Continental Shelf. In: _____; SANTANA, C.I. (Eds.). **Non-living resources of the Southern Brazilian coastal zone and continental margin**. OAS/Unesco-IOC/MCT Special Publication, p. 26-38. Porto Alegre, 1999.
19. _____; NUNES, S. Aplicações de imagens de satélites altimétricos na identificação de feições do fundo marinho. **Revista Gravel**, v. 4, p. 119-124. Porto Alegre, 2006.
20. _____; SOUZA, K.G. Ocorrências de recursos minerais na plataforma continental brasileira e áreas oceânicas adjacentes. **Revista Parcerias Estratégicas**, v. 12, n. 24, p. 137-190. Brasília, 2007.
21. MELLO, S.L.M. Uma política oceanográfica para o Brasil. **Ciência Hoje**, 17 (101), p. 78-81, 1994.
22. _____; PALMA, J.J.C. Geologia e Geofísica na exploração de recursos minerais marinhos. Publicação Especial da Revista Brasileira de Geofísica. **Brazilian Journal of Geophysics**, v. 18, n. 3, p. 237-238. Rio de Janeiro, 2000.
23. _____; QUENTAL, S.H.A.J. Depósitos de sulfetos metálicos no fundo dos oceanos. **Brazilian Journal of Geophysics**, v. 18, n. 3, p. 411-430. Rio de Janeiro, 2000.
24. MERO, J.L. **The mineral resources of the sea**. Elsevier Oceanography Series. Elsevier Scientific Publishing Company, 1965, 312 p.
25. MILLER, J.D.; KETZER, M.; VIANA, A.R.; KOWSMANN, R.O.; FREIRE, A.F.M.; OREIRO, S.G.; AUGUSTIN, A.H.; LOUREGA, R.V.; RODRIGUES, L.F.; HEEMANN, R.; PREISSLER, A.G.; MACHADO, C.X.; SBRISSA, G.F. (2015) Natural gas hydrates in the Rio Grande Cone (Brazil): a new province in the western South Atlantic. **Marine and Petroleum Geology**, 67, p. 187-196.
26. MILLER, K.A.; THOMPSON, K.F.; JOHNSTON, P.; SANTILLO, D. An overview of Seabed Mining including the current state of development, environmental impacts, and knowledge gaps. **Frontiers in Marine Science**, v. 4, article 418, 2018.

27. PALMA, J.J.C.; MELLO, S.L.M. Panorama nacional e mundial da Geologia e recursos minerais marinhos – atuação do DNPM. **Mineração e Metalurgia** (501), p. 24-25, jan./fev. 1989.
28. _____; PESSANHA, I.B.M. Depósitos Ferromanganesíferos de Oceano Profundo. **Brazilian Journal of Geophysics**, v. 18, n. 3, p. 433-446. Rio de Janeiro, 2000.
29. PEREIRA, C.V.; SOUZA, K.G. Minerais do fundo do mar: avanços e retrocessos das negociações internacionais da Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar. **Revista Parcerias Estratégicas**, v. 12, n. 24, p.11-40. Brasília, 2007.
30. PINHO, M.P.; MADUREIRA, L.S.P.; CALLIARI, L.J.; GRIEP, G.H.; COOKE, C.V. Depósitos fosfáticos marinhos na costa sudeste e sul do Brasil: potenciais áreas de ocorrências identificadas com dados de retroespalhamento acústico do fundo e sedimentológicos analisados sobre mapa batimétrico 3D. **Brazilian Journal of Geophysics**, v. 29, n.1, p. 113-126. Rio de Janeiro, 2011.
31. RODRIGUES, L.; KETZER, J.; OLIVEIRA, R.; DOS SANTOS, V.; AUGUSTIN, A.; CUPERTINO, J.; VIANA, A.; LEONEL, B.; DORLE, W. Molecular and isotopic composition of hydrate-bound, dissolved and free gases in the Amazon deep-sea fan and slope sediments, Brazil. **Geosciences**, v. 9, p. 73, 2019.
32. SILVA, C.G. Placeres Marinhos. **Brazilian Journal of Geophysics**, v. 18, n. 3, p. 327-336. Rio de Janeiro, 2000.
33. _____; FIGUEIREDO JUNIOR, A. G.; BREHME, I. Granulados litoclásticos. **Brazilian Journal of Geophysics**, v. 18, n. 3, p. 319-326. Rio de Janeiro, 2000.
34. SILVA, M.A.M; SCHREIBER, B.C.; SANTOS, C.L. Evaporitos como recursos minerais. **Brazilian Journal of Geophysics**, v. 18, n. 3, p. 338-350. Rio de Janeiro, 2000.
35. SOUZA, K.G. Recursos minerais marinhos além das jurisdições nacionais. **Brazilian Journal of Geophysics**, v. 18, n. 3, 2000.
36. _____. Recursos minerais marinhos além das jurisdições nacionais: interesse econômico, político e estratégico. **Revista Parcerias Estratégicas**, v. 11, n. 23, p. 269-288. Brasília, 2006.
37. _____; MARTINS, L.R.S. Novas tecnologias aplicadas no estudo de recursos minerais de mar profundo. **Revista Gravel**, n. 5, p. 25-38. Porto Alegre, 2007.
38. _____; _____. Recursos minerais marinhos: pesquisa, lavra e beneficiamento. **Revista Gravel**, v. 6, n. 1, p. 99-124, Porto Alegre, 2008.
39. _____; _____. Tecnologia de pesquisa e lavra de recursos minerais marinhos. **Revista Parcerias Estratégicas**, v. 12, n. 24, p. 231-246. Brasília, 2007.
40. _____; _____; CAVALCANTI, V.M.M.; PEREIRA, C.V.; BORGES, L. Recursos minerais marinhos: fatos portadores de futuro, prioridades de estudo no Brasil e projetos estruturantes. **Revista Parcerias Estratégicas**, v. 12, n. 24, p. 247-262. Brasília, 2007.

41. _____; _____; _____; _____; _____. Recursos não vivos da plataforma continental brasileira e áreas oceânicas adjacentes. **Revista Gravel**. Ed. Especial, p. 1-77, Porto Alegre, 2009.
42. _____; PEREIRA, C.V.; ROCHA NETO, M.B. Arcabouço legal internacional e o espaço marinho brasileiro. **Revista Parcerias Estratégicas**, v. 12, n. 24, p. 41-59. Brasília, 2007.
43. _____; ROCHA NETO, M.B.; DINIZ, N.; BRITO, R.S.C. Aspectos político-estratégicos dos recursos minerais da Área Internacional dos Oceanos. **Revista Parcerias Estratégicas**, v. 12, n. 24, p. 95-114. Brasília, 2007.
44. THARIMELA, R.; AUGUSTIN, A.; KETZER, M.; CUPERTINO, J.; MILLER, D.; VIANA, A.; SENGER, K. 3D controlled-source electromagnetic imaging of gas hydrates: insights from the Pelotas Basin offshore Brazil. **Interpretation – a Journal of Subsurface Characterization**, v. 7, n. 4, p. SH111-SH131, 2019.
45. XAVIER, A.A.P.G. Depósitos marinhos de cobalto, cobre e níquel (nódulos polimetálicos) e sua importância para o Brasil. **Projeto Remac**. Relatório Interno, 1978.