

TERMO DE REFERÊNCIA 4
PROGRAMA DE MONITORAMENTO DA BIODIVERSIDADE AQUÁTICA

ANEXO 8 - MONITORAMENTO DA SEDIMENTAÇÃO NO PARQUE NACIONAL MARINHO DOS ABROLHOS E REGIÕES RELACIONADAS

1. CONTEXTO

Este Termo de Referência visa a execução de um monitoramento oceânico para a região do Parque Nacional Marinho dos Abrolhos, considerando sua importância ecológica, diante dos riscos de que a lama de rejeitos proveniente do desastre ocorrido em Mariana/MG, já com graves consequências para os ecossistemas costeiros e marinhos, possa chegar à região do arquipélago dos Abrolhos (Parque Nacional Marinho dos Abrolhos e regiões relacionadas). Os sobrevôos na área de impacto da pluma de sedimentos realizados pela Samarco evidenciam o deslocamento ao Norte da pluma, próximo a linha de costa entre a foz do Rio Doce e o Sul da Bahia.

As modalidades de monitoramento descritas podem ser divididas em 2 partes: (1) monitorar a variabilidade em tempo real da turbidez da água do mar no arquipélago de Abrolhos para comparações com imagens de satélite, possibilitando tomadas de decisão de curto prazo; (2) monitorar, em caráter sazonal, (2a) o material particulado em suspensão na água do mar e (2b) a sedimentação na região visando a assinatura geoquímica do material que aporta ou é ressuspensionado naquela região. Como complemento deste trabalho, deve-se determinar também a assinatura geoquímica dos principais contribuintes do material sedimentar relacionado a região de Abrolhos, tais como o material da pluma de sedimentos da Foz do Rio Doce, amostras do rejeito proveniente da barragem de Fundão/Samarco e do estuário de Caravelas/BA.

No sentido de se apontar as fontes geológicas/sedimentares mais prováveis que aportam no Parque Nacional dos Abrolhos tornam-se necessário uma comparação direta, ao nível isotópico e multi-elementar, dos sedimentos coletados no Parque (área recifal) com aqueles apontados pela literatura como potenciais fontes.

O ICMBIO mantém programa de monitoramento visando avaliar a saúde dos recifes de coral em algumas Unidades de Conservação marinhas, incluindo os limites do Parque Nacional Marinho dos Abrolhos, seguindo o protocolo Reef Check. Dessa forma, o monitoramento indicado por este TR deverá ser executado nos mesmos pontos a fim de se compatibilizar resultados e análises.

2. ÁREA DE ESTUDO

Os pontos de monitoramento dentro dos limites do Parque Nacional Marinho dos Abrolhos deverão obedecer os sítios já monitorados pelo Programa Reef Check que são periodicamente revisitados. São eles, Língua da Siriba II que é o ponto mais ao sul do arquipélago, Pontinho Sul, próximo a região insular e relativamente mais meândrica do

sistema arquipélago; para o Parcel dos Abrolhos foram definidos os pontos Chapeirão Pierre e Chapeirão Berna/04, Figura 1.



Figura 1 – Pontos de amostragem do Programa Reef Check.

Como os sobrevôos na área de impacto da pluma de sedimentos realizados pela Samarco em Junho de 2016, evidenciaram o deslocamento ao Norte da pluma, próximo a linha de costa entre a foz do Rio Doce e o Sul da Bahia, Figura 2 (parte superior), induzida pela advecção de Sul para Norte em decorrência da ação das frentes frias na região, se adicionam 2 pontos de amostragem no Parcel Coroa Vermelha, Figura 2 (parte inferior) o qual recebe mais influência da área continental ao sul do estuário do Rio Caravelas.

As coordenadas dos pontos de monitoramento dentro do contexto do Reef Check e da observação dos sobrevôos, estão definidos de acordo com a Tabela 1.

Tabela 1 - Pontos de monitoramento Reef Check escolhidos para o presente programa de monitoramento em Abrolhos.

Estações	Lat	Long
Arquipélago dos Abrolhos		
Portinho Sul	-17.963670°	-38.699650°
Língua da Siriba II	-17.970950°	-38.715180°
Parcel dos Abrolhos		
Chapeirão do Pierre	-17.963220°	-38.670200°
Chapeirão da Berna	-17.977640°	-38.671450°
Parcel Coroa Vermelha		
1 Sul Coroa Vermelha	-17.994107°	-39.278978°
2 Norte Coroa Vermelha	-17.910028°	-39.147503°



Figura 2 – Pontos de amostragem no Parcel Coroa Vermelha.

Um segundo conjunto de pontos amostrais compreenderá 6 estações localizadas no arco interno dos recifes de abrolhos (Recife de Viçosa e Recife de Coroa Vermelha), nos recifes ao sul do próprio Arquipélago dos Abrolhos (2 pontos amostrais) e em recifes-controle (Recife de Fora e Recife de Coroa Alta – coincidentes com a Figura 2) (Figura 3; Tabela 2). No caso dos recifes de Viçosa e Coroa Vermelha, já existe a disponibilidade de dados pretéritos sobre a deposição de sedimentos e da comunidade recifal (Castro *et al.*, 2012). No caso dos dois pontos ao sul do Arquipélago, estes devem estar localizados mais externamente, ou seja, distantes da costa, e dispostos de tal forma a monitorar de forma mais direta a área do arquipélago. No que se referem aos

pontos controles (Recife de Fora e Parcel de Recife de Coroa Alta), estes estarão localizados em Porto Seguro (BA), ou seja, mais ao norte de Abrolhos. Nestes recifes deverão ser monitorados pontos nas porções norte, visando minimizar a influência dos rios locais. Neste segundo conjunto de estações deverá ser monitorada a saúde dos organismos recifais, identificando possíveis impactos nas comunidades coralíneas em decorrência da chegada de sedimentos oriundos do rompimento da barragem e seus materiais associados (Anexo 8 do Termo de referência).



Figura 3. Mapa com a localização dos pontos de monitoramento da saúde de corais em Abrolhos.

Tabela 2. *Coordenadas geográficas dos pontos a serem monitorados na região de Abrolhos.*

Localidade	Latitude	Longitude
Viçosa	17°59'31"S	39°15'28"O
Coroa Vermelha	17°58'20"S	39°12'04"O
Abrolhos 1	18° 00'18"S	38°41'32"O
Abrolhos 2	17°59'32"S	38°40'45"O
Recife de Fora (Controle 1)	16°23'52"S	38°59'09"O
Coroa Alta (Controle 2)	16°10'35"S	38°55'00"O

3. METODOLOGIA

3.1. Acompanhamento em tempo real da turbidez na região do arquipélago dos Abrolhos/BA e comparação com imagens de satélite

O monitoramento de tempo-real das condições oceânicas é fundamental na tomada de decisões quanto a investigação da presença ou ausência de traços da pluma de sedimentos da foz do Rio Doce sobre a região dos Abrolhos, sul da Bahia. Deverá ser montado um sistema formado por uma bóia oceânica equipada com um turbidímetro e transmissor para envio de dados satelitais. Seu posicionamento deverá ser na face sul do Parcel dos Abrolhos, que corresponde a face potencialmente impactada pela lama de sedimentos. Os dados de turbidez deverão ser recebidos em laboratório apto para a avaliação, onde deverá ser diariamente processado e comparado com imagens da região na banda do visível, como também as condições dos campos de vento na base de tempo ambas fornecidas pelo Earthview/NASA. A Figura 4 mostra um diagrama esquemático do sistema que deve ser montado. A Figura 5 detalha a bóia a ser utilizada.

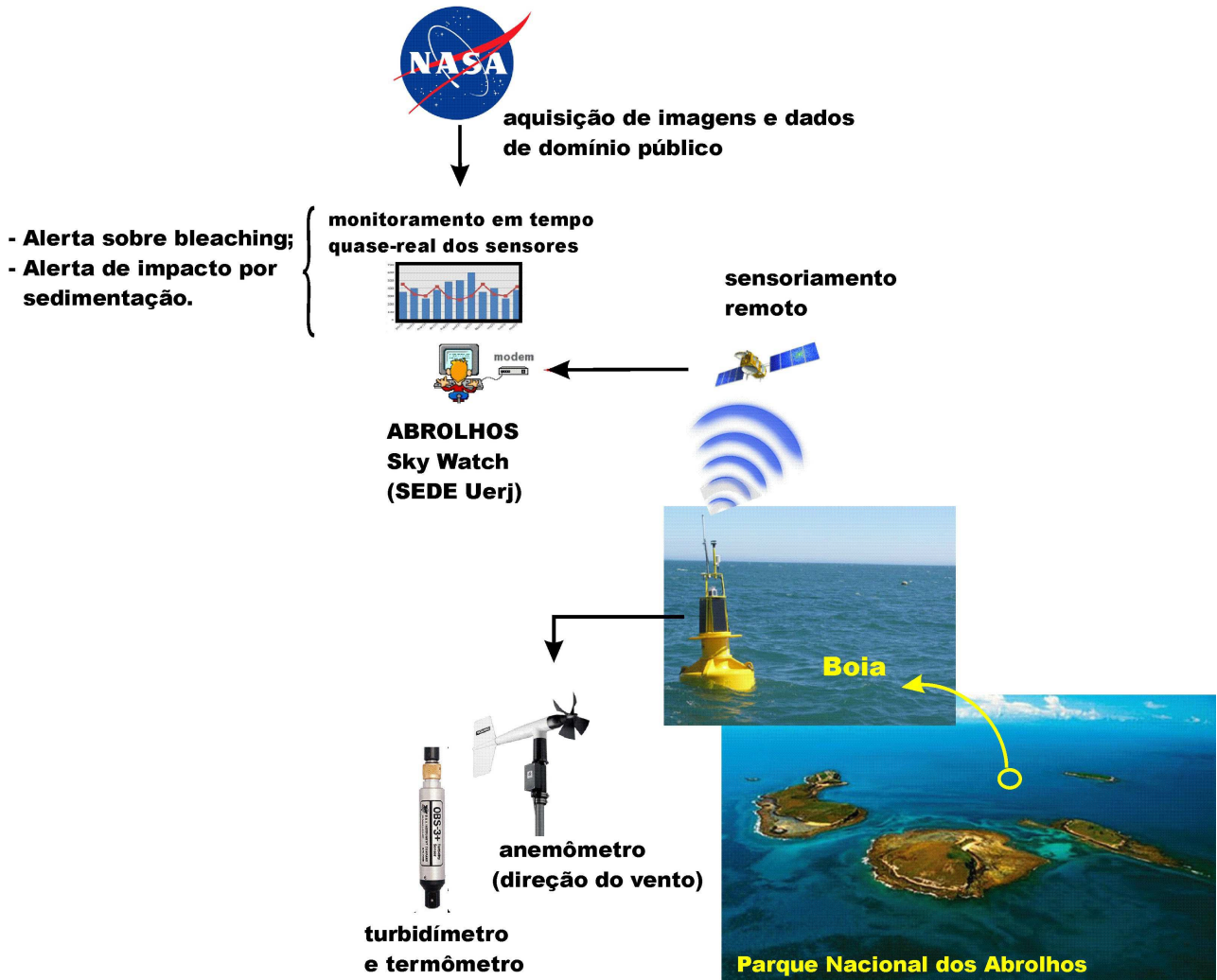


Figura 4 – Sistema de monitoração da turbidez em tempo real em Abrolhos-BA.



Figura 5 – Sistema de bóia a ser utilizado para a região dos Abrolhos/BA.

3.2. Material particulado em suspensão na água do mar

O estudo desenvolvido pelo ICMBIO em parceria com a UERJ, FURG e Projeto Coral Vivo, Trabalho permitiu obter para diversas amostras do arquipélago dos Abrolhos, as razões Fe:Mn na fração dissolvida da água do mar. Esta razão foi escolhida por se tratar dos elementos majoritários presentes no minério da Samarco (com exceção do Si) e por terem padrões de solubilidade diferenciados. Estes dados possibilitaram uma comparação direta com as medidas deste mesmo parâmetro realizadas pela CPRM no Rio Doce antes e após o acidente de Mariana. O resultado da comparação evidenciou que as razões Fe:Mn para a lama de minério da Samarco é significativamente menor, com pico em torno de 0,5, comparada com as razões dos sedimentos em Abrolhos com valores entre 50 e 100. Desta forma, esta razão mostrou-se potencialmente boa para dar continuidade ao monitoramento em Abrolhos.

Para as amostras de Abrolhos, foi pré-definido um volume de amostra de 20L de água do mar, no sentido de se garantir a detectabilidade necessária à técnica de composição elementar (e também dos isótopos radiogênicos, principalmente os isótopos de Nd). Galões plásticos de polipropileno (PP) deverão ser previamente lavados com água miliQ em laboratório e rinsados no local de amostragem com água do mar. Nos locais estabelecidos para a amostragem, as coletas deverão ser realizadas a cerca de 0,5 m de profundidade. Uma sonda multiparmétrica deverá ser utilizada para medidas *in situ* de temperatura da água do mar, salinidade e pH. Após serem colocados dentro da embarcação, os galões deverão ser lacrados e identificados. O processo de filtragem deverá ocorrer em laboratório apto, utilizando-se um sistema a vácuo com o uso de filtros do tipo Nuclepore de 0,4 µm de porosidade e diâmetro de 47 mm. Alíquotas de 100 mL deverão ser transferidas para tubos cônicos de 100 mL, adicionando-se HNO₃ subdestilado para determinação de metais dissolvidos. Para a conservação das amostras, durante o transporte a temperatura das amostras deverá ser mantida em 4°C e para o armazenamento de até -20°C. A determinação dos metais deverá ser realizada por ICP-OES (Espectrometria de emissão atômica com plasma indutivamente acoplado).

3.3. Caracterização da Sedimentação em Abrolhos por Isótopos Radiogênicos

Deverão ser instaladas armadilhas de sedimento em 6 pontos do arquipélago dos Abrolhos (Tabela 1) para serem realizadas as análises de isótopos radiogênicos. As armadilhas deverão ser trocadas para cada estação do ano, Figura 6. Além disso, deve-se

instalar uma roseta de garrafas de coletas que permitirão amostragem mensal, as quais deverão ser trocadas anualmente, Figura 7. Para se identificar a proveniência continental de sedimentos a combinação das assinaturas dos isótopos radiogênicos $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ e $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ é uma das mais qualificadas, devido, entre outros fatores, suas razões típicas em determinados domínios geológicos (LEE *et al.*, 2010). Essas razões não estão sujeitas ao fracionamento isotópico decorrente do intemperismo quando aplicado aos estudos de curta escala de tempo (GAIERO *et al.*, 2004). Além disso, a composição dos isótopos de Sr e Nd da litosfera são significativamente diferentes do manto, o que permite a distinção entre as suas origens litológicas das zonas vulcânicas juvenis e dos velhos escudos continentais, (GROUSET & BISCAYE, 2005).

Para a realização das análises isotópicas é necessário ter cuidados muito especiais nas diversas etapas do processo analítico. Por se tratar de ETR os procedimentos deveram ser conduzidos em sala limpa classe 100 e os ácidos e água utilizados devem ser todos bidestilados em equipamento de purificação por destilação *sub-boiling* para obtenção de reagentes de alta pureza. As amostras devem ser submetidas a secagem em estufa por 3 dias a 60°C. A seguir o material deve ser quarteado e peneirado em malha de #200 (0,074mm). A fração fina deve ser submetida a digestão ácida a partir da técnica já estabelecida por GIOIA (2010). Após esta etapa inicia-se os procedimentos para separação de Sr e ETR em colunas com resinas de troca iônica, primárias para separação de Sr e ETR, e secundárias para a separação de Nd.

Os resíduos provenientes da separação de Sr e Nd devem ser depositados em filamentos de rênio para determinação das razões isotópicas em um espectrômetro de massa multicoletor por ionização térmica (TIMS) TRITON – Thermo Finnigan. A espectrometria deve ser baseada na ionização de amostras por meio térmico através de uma injeção corrente elétrica em que os feixes de íons produzido são focalizados e acelerados por uma diferença de potencial para atravessar um campo magnético e deverão ser separados por suas diferenças de massa criando uma trajetória individual para serem coletados por copos Faraday e contadores de íons (SEM e MIC). Todas as análises deverão ser realizadas utilizando o arranjo de filamento duplo devido à grande facilidade do Nd e Sr serem oxidados. Com isso o filamento de ionização deve ser aquecido a uma elevada corrente para dissociar molécula de oxigênio garantindo a medida dos isótopos de Nd sob a forma de metal.

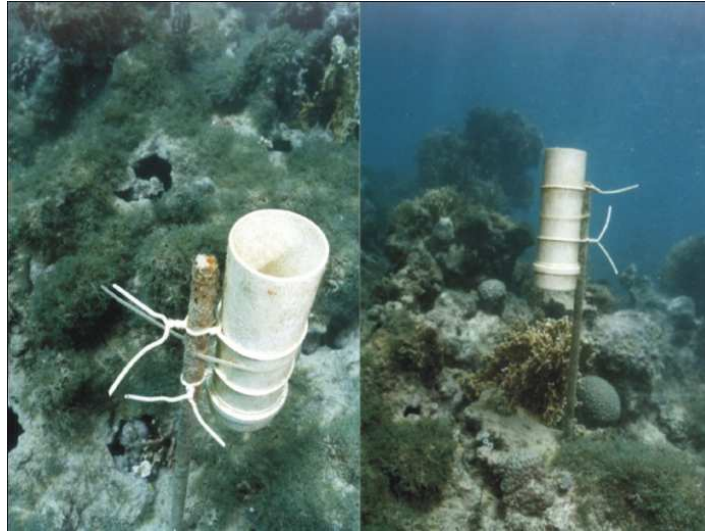


Figura 6 – Armadilhas de sedimentos a serem instaladas Abrolhos-BA.

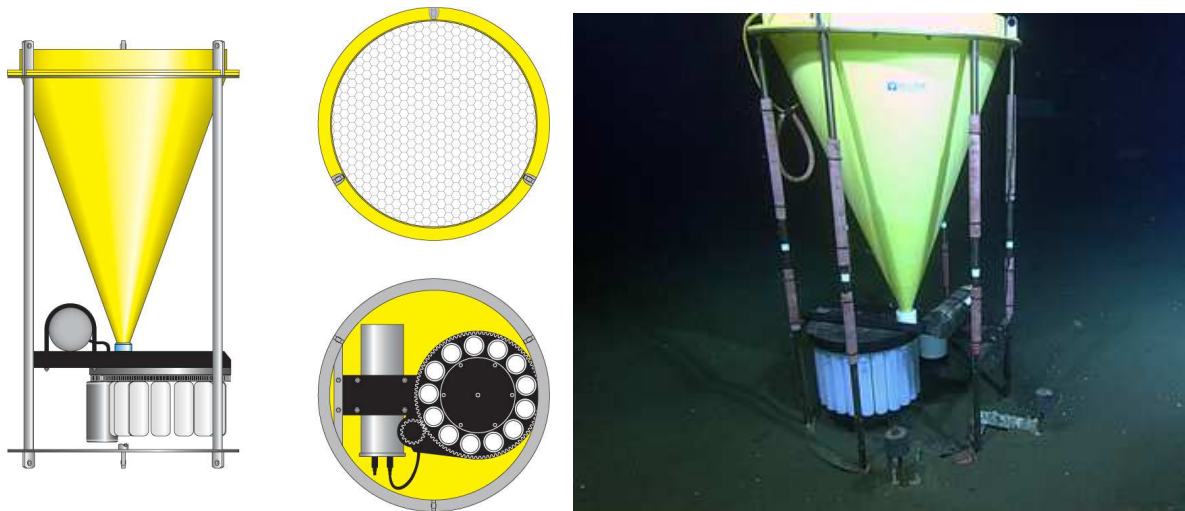


Figura 7 – (esquerda) Sistema automático para coleta de sedimentos em Abrolhos-BA. Em detalhe, a roseta com as garrafas; (direita) foto ilustrativa do sistema de coleta instalado no substrato marinho.

3.4. Caracterização da Sedimentação em Abrolhos por microanálise de MEV+EDS

Nos estudos anteriores desenvolvidos pelo ICMBIO em parceria com a UERJ, as análises por MEV+EDS foram aplicadas à (1) fração fina dos sedimentos coletados na foz do Rio Doce anteriores ao acidente em Mariana-MG, (2) fração fina dos sedimentos da foz do Rio Doce durante a presença da lama de minério na foz do Rio Doce, (3) sobre os filtros contendo material particulado das águas superficiais de Abrolhos. Nos estudos iniciais foram

selecionadas um total de 27 partículas. Para cada partícula se determinou as abundâncias relativas de C, O, Si, Al, Fe, Ti, Ca, Cl, Zn, Cu, K, Mg e Na. Os resultados proporcionaram a caracterização morfológica e as abundâncias relativas dos elementos sobre as micropartículas. Dentro o conjunto de amostras analisadas, ficou evidente as partículas de origem da lama de sedimentos da Samarco com elevada abundância de Fe, em níveis não encontrados tanto nos sedimentos de Abrolhos como na foz do Rio Doce anterior ao acidente. Desta forma, a análise de MEV+EDS deverá ser realizada de forma contínua sobre o material particulado em suspensão no oceano na região dos Abrolhos, como forma inequívoca de se caracterizar o impacto da pluma de sedimentos para aquele ambiente.

Dessa forma, baseado nos métodos descritos deverá ser elaborado um sistema de decisão sobre a presença ou não de traços da lama proveniente da empresa Samarco para a região dos Abrolhos, a ser estendido para outras áreas ao norte ou ao sul da foz do Rio Doce. Todo o material coletado em cada uma das campanhas deverá ser confrontado com os dados de pré-existência, conforme os resultados obtidos pelo ICMBIO e parceiros.

3.5. Monitoramento da saúde de corais de recifes próximos ao sul do Parque Nacional Marinheiros dos Abrolhos, além de recifes-controle fora de possíveis rotas de dispersão dos sedimentos.

A identificação das possíveis alterações na estrutura das comunidades de recifes de corais em médio e longo prazo deverá ser realizada através da quantificação da cobertura coralínea e dos demais organismos associados. A metodologia a ser adotada deverá ser uma adaptação daquela utilizada por Castro et al. (2012), em parte utilizando-se as mesmas estações do estudo destes autores. A comparação de amostragens sazonais (inverno e verão) da cobertura de organismos, associada à análise de dispersão dos sedimentos, deverá apontar para alterações na estrutura das comunidades.

Em cada estação de amostragem (Figura 3; Tabela 2) deverão ser delimitadas 4 áreas de monitoramento com pinos de aço inoxidável 316, com no mínimo 8m² cada. Dentro do polígono formado por cada uma dessas delimitações deverá ser monitorado o estado de saúde das colônias de corais recifais e demais organismos bentônicos. Deverá ser quantificada a densidade específica de colônias de corais, a densidade específica de colônias com indícios de deficiências na saúde, além de ser realizada uma caracterização dos sintomas apresentados. A caracterização dos sintomas específicos de branqueamento deverá usar a técnica do “Coral Watch”. Deverá ainda ser avaliada a integridade dos tecidos das colônias na área monitorada e verificados na literatura pertinente os sintomas de doenças já conhecidas e descritas para os corais recifais. Os

dados obtidos deverão ser tratados com estatística unifatorial e multifatorial com a finalidade de detectar alterações significativas no estado de saúde das comunidades coralíneas monitoradas.

Nos mesmos pontos deverá ser realizado o protocolo Reef Check em transectos colocados em 4 pontos distintos em cada localidade acrescentando-se os recifes de timbebas e pontos no parcel das paredes a fim de se comparar com os dados realizados no arquipélago dos abrolhos. O Protocolo Reef Check é utilizado pelo ICMBIO nas UCs marinhas federais. Os detalhes de aplicação do protocolo estão descritos em Ferreira e Maida, 2006.

Esses dados deverão ser integrados ao monitoramento realizado pelo ICMBIO com o Protocolo Reef Check a fim de se avaliar um conjunto de indicadores sobre a saúde recifal da região dos Abrolhos.

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRONIKOV, A. V. et al. Sm-Nd and Rb-Sr isotopic systematics of the East Antarctic Manning Massif alkaline trachybasalts and the development of the mantle beneath the Lambert-Amery rift. *Mineralogy and Petrology*, v. 63, p. 243-261, 1998.

BASILE, I. et. al. Patagonian origin of glacial dust deposited in East Antarctica (Vostok and Dome C) during glacial stages 2,4 and 6. *Earth and Planetary Science Letters*, v. 146, p. 573-589, 1997.

BASU, A. R. et al. Nd, Sr-isotopic provenance and trace element geochemistry of Amazonian foreland basin fluvial sands, Bolivia and Peru: implications for ensialic Andean orogeny. *Earth and Planetary Science Letters*, n. 100, p. 1-17, 1990.

BONDARENKO, I. IDAS: A Windows based software package for cluster analysis. *Spectrochimica Acta Part B - Atomic Spectroscopy*. v. 51, n.4, p. 441-456, 1996

CASTRO, C. B, Segal B, Negrão F, Calderon EN. 2012. Four-year monthly sediment deposition on turbid southwestern Atlantic coral reefs, with a comparison of benthic assemblages. *Brazilian Journal of Oceanography* 60: 49-63.

CARLSON, R. W. et al. Chemical and isotopic relationships between peridotite xenoliths and mafic-ultrapotassic rocks from Southern Brazil. *Chemical Geology*, v. 242, p. 415-434, 2007.

DAMMSHÄUSER A. et al. Atmospheric supply of Al, Fe and Ti to the Atlantic Ocean. *Geophysical Research Abstracts*, v. 13,p. EGU2011-10076, 2011.

DECKART, K. et al. Geochemistry and Sr, Nd, Pb isotopic composition of the Central Atlantic Magmatic Province (CAMP) in Guyana and Guinea. *Lithos*, v. 82, p. 289-314, February 2005.

FAURE G. 1986. *Principles of Isotope Geology*. John Wiley & Sons, United States, 588 pp

- FAURE G. Principles of Isotope Geology. John Wiley & Sons, United States, p.588, 1986
- FERREIRA, V. P. et al. Contrasting sources and P-T crystallization conditions of epidote-bearing granitic rocks, northeastern Brazil: O, Sr, and Nd isotopes. *Lithos*, v. 121, p. 189-201, 2011.
- FERREIRA, B. P. e MAIDA, M. 2006. Monitoramento dos recifes de coral do Brasil. Brasília: MMA, 2006. Série Biodiversidade, 18.
- GAUDETTE, H. E. et al. Geochronology of Precambrian rocks from the northern part of the Guiana Shield, State of Roraima, Brazil. *Journal of South American Earth Science*, Vol. 9, Nos 3/4, p. 183-195, 1996.
- GERALDES M. C. Introdução à Geocronologia. Sociedade Brasileira de Geociências, São Paulo, p. 146, 2010
- GIRARD, V. A. V. et al. Sr Nd constraints and trace-elements geochemistry of selected Paleo and Mesoproterozoic mafic dikes and related intrusions from the South American Platform: Insights into their mantle sources and geodynamic implications. *Journal of South American Earth Sciences*, v. 41, p. 65-82, 2013.
- GOLDSTEIN, S.J.; Jacobsen, S.B. Nd and Sr isotopic systematics of river suspended material: implications for crustal evolution. *Earth Planet. Sci. Lett.*, v. 87, p. 249–265, 1988
- GORRING, M. L. et al. Mantle processes of sources of neogene slab window magmas from Southern Patagonia, Argentina. *Journal of Petrology*, v. 42, n. 6, p. 1067-1094, 2001.
- GUARINO et al. U–Pb ages, Sr–Nd- isotope geochemistry, and petrogenesis of kimberlites, kamafugites and phlogopite-picrites of the Alto Paranaíba Igneous Province, Brazil. *Chemical Geology*. v.353, p. 65-82, 2013.
- HAMMER, O. et al. PAST: Paleontological Statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica*.v. 4, n.1, p 178, 2001.
- IACUMIN, M. et al. Early proterozoic calc-alkaline and middle proterozoic tholeiitic dyke swarms from central-eastern Argentina: Petrology, geochemistry, Sr-Nd isotopes and tectonic implications. . *Journal of Petrology*, v. 42, n. 11, p. 2109-2143, 2001.
- JAMBERS W. et al. Characterization of Particulate matter from the Kara Sea using electron probe X-ray micro analysis. *Physicochemical and Engineering Aspects*. v.120, p. 61-75, 1997.
- LUCASSEN, F et al. Pre-Cenozoic intra-plate magmatism along the Central Andes (17–34°S): Composition of the mantle at an active margin. *Lithos*, n. 99, p. 312–338, 2007.
- NETO, C.C.A. et al. Composição Isotópica do Sr no Padrão NBS987 e nos Padrões de Rocha do USGS BCR-1, AGV-1, G-2 E GSP-1: Resultados preliminares obtidos por TIMS no Laboratório de Geocronologia e Isótopos Radiogênicos – LAGIR – UERJ, Rio de Janeiro. Simpósio 45 anos de Geocronologia no Brasil – CPGeo- IGc – USP. Boletim de Resumos Expandidos, p. 72-74, 2009

- PARADA, M. A. et al. Multiple sources for the Coastal Batholith of central Chile (31–34°S): geochemical and Sr–Nd isotopic evidence and tectonic implications. *Lithos*, v. 46, p. 505-521, 1999.
- PIMENTEL, M. M. et al. Shrimp U-Pb age and Sr-Nd isotopes of the Morro do Baú mafic intrusion: implications for the evolution of the Arenópolis volcano-sedimentary sequence, Goiás Magmatic Arc. *Annals of the Brazilian Academy of Sciences*, v. 75, n. 3, p. 331-339, 2003.
- ROCHA-JÚNIOR, E. R. V. Sr-Nd-Pb isotopic constraints on the nature of the mantle sources involved in the genesis of the high-Ti tholeiites from northern Paraná Continental Flood Basalts (Brazil). *Journal of South American Earth Sciences*, v. 46, p. 9-25, March 2013.
- SILVA, D. R. A. et al. Whole-rock geochemistry and Sr e Nd isotopic composition of the pre-rift sequence of the Camamu Basin, northeastern Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, n. 39, p. 59-71, 2012.
- VALERIANO, C. M. et al. The Neodymium isotope composition of the JNdi-1 oxide reference material: results from the LAGIR Laboratory, Rio de Janeiro. In: VI South American Symposium on Isotope Geology, 2008, San Carlos de Bariloche. *Proceedings of the VI South American Symposium on Isotope Geology*, v. 1. p. 1-2, 2008
- VALERIANO C.M. et al. A new TIMS laboratory under construction in Rio de Janeiro, Brazil. In: IV South American Simposium on Isotope Geology, Salvador. *Short Papers IV South American Symposium on Isotope Geology*. Salvador, v. 1, p. 131-133, 2003
- YOUNG, D. N. et al. Geochemical and Sr-Nd isotopic mapping of source provinces for the Mawson charnockites, east Antarctica: implications for Proterozoic tectonics and Gondwana reconstruction. *Precambrian Research*, v. 86, p. 1-19, 1997.
- WALTER, A. V. et al. Rare-earth elements and isotopes (Sr, Nd, O, C) in minerals from the Juquti carbonatite (Brazil): tracers of a multistage evolution. *Chemical Geology*, n. 120 p. 27-44, 1995.
- WALTER, H. J. W. et al. Provenance and transport of terrigenous sediment in the South Atlantic Ocean and their relations to glacial and interglacial cycles: Nd and Sr isotopic evidence. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, v. 64 n. 22, p. 3813–3827, 2000.