



Fernanda Pereira Martins
(Organizadora)

Geociências: Estabelecimento e Evolução da Civilização Humana 3


Atena
Editora
Ano 2021



Fernanda Pereira Martins
(Organizadora)

Geociências: Estabelecimento e Evolução da Civilização Humana 3

Atena
Editora
Ano 2021

Editora Chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Assistentes Editoriais

Natalia Oliveira

Bruno Oliveira

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto Gráfico e Diagramação

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremo

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

Imagens da Capa

Shutterstock

Edição de Arte

Luiza Alves Batista

Revisão

Os Autores

2021 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2021 Os autores

Copyright da Edição © 2021 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná

Prof. Dr. Américo Junior Nunes da Silva – Universidade do Estado da Bahia

Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense
Prof. Dr. Crisóstomo Lima do Nascimento – Universidade Federal Fluminense
Prof^ª Dr^ª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Daniel Richard Sant’Ana – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Prof^ª Dr^ª Dilma Antunes Silva – Universidade Federal de São Paulo
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá
Prof. Dr. Elson Ferreira Costa – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima
Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros
Prof^ª Dr^ª Ivone Goulart Lopes – Instituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof^ª Dr^ª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros
Prof^ª Dr^ª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas
Prof^ª Dr^ª Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof^ª Dr^ª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^ª Dr^ª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof^ª Dr^ª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
Prof^ª Dr^ª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados
Prof^ª Dr^ª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof^ª Dr^ª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará
Prof^ª Dr^ª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof^ª Dr^ª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa
Prof^ª Dr^ª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof^ª Dr^ª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido

Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfnas

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília

Prof^ª Dr^ª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas

Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás

Prof^ª Dr^ª Débora Luana Ribeiro Pessoa – Universidade Federal do Maranhão

Prof. Dr. Douglas Siqueira de Almeida Chaves – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri

Prof^ª Dr^ª Elizabeth Cordeiro Fernandes – Faculdade Integrada Medicina

Prof^ª Dr^ª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília

Prof^ª Dr^ª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina

Prof^ª Dr^ª Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira

Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

Prof. Dr. Fernando Mendes – Instituto Politécnico de Coimbra – Escola Superior de Saúde de Coimbra

Prof^ª Dr^ª Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras

Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria

Prof. Dr. Helio Franklin Rodrigues de Almeida – Universidade Federal de Rondônia

Prof^ª Dr^ª Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco

Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande

Prof. Dr. Jefferson Thiago Souza – Universidade Estadual do Ceará

Prof. Dr. Jesus Rodrigues Lemos – Universidade Federal do Piauí

Prof. Dr. Jônatas de França Barros – Universidade Federal do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará

Prof. Dr. Luís Paulo Souza e Souza – Universidade Federal do Amazonas

Prof^ª Dr^ª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande

Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

Prof^ª Dr^ª Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará

Prof^ª Dr^ª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma

Prof^ª Dr^ª Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá

Prof. Dr. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados

Prof^ª Dr^ª Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino

Prof^ª Dr^ª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora

Prof^ª Dr^ª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Prof^ª Dr^ª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto

Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás

Prof^ª Dr^ª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná

Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás

Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia

Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof^ª Dr^ª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Prof^ª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Prof^ª Dr^ª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora
Prof^ª Dr^ª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Prof^ª Dr^ª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof^ª Dr^ª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Linguística, Letras e Artes

Prof^ª Dr^ª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins
Prof^ª Dr^ª Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro
Prof^ª Dr^ª Carolina Fernandes da Silva Mandaji – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof^ª Dr^ª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará
Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Prof^ª Dr^ª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná
Prof^ª Dr^ª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará
Prof^ª Dr^ª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Prof^ª Dr^ª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

Conselho Técnico Científico

Prof. Me. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof. Me. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Dr. Adilson Tadeu Basquerote Silva – Universidade para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí
Prof. Dr. Alex Luis dos Santos – Universidade Federal de Minas Gerais
Prof. Me. Aleksandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional
Prof^ª Ma. Aline Ferreira Antunes – Universidade Federal de Goiás
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Prof^ª Ma. Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa
Prof^ª Dr^ª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Prof^ª Dr^ª Andrezza Miguel da Silva – Faculdade da Amazônia
Prof^ª Ma. Anelisa Mota Gregoleti – Universidade Estadual de Maringá
Prof^ª Ma. Anne Karynne da Silva Barbosa – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais
Prof. Me. Armando Dias Duarte – Universidade Federal de Pernambuco
Prof^ª Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar

Profª Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Me. Christopher Smith Bignardi Neves – Universidade Federal do Paraná
Prof. Ma. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo
Profª Drª Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas
Prof. Me. Clécio Danilo Dias da Silva – Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Profª Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília
Profª Ma. Daniela Remião de Macedo – Universidade de Lisboa
Profª Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás
Prof. Me. Edevaldo de Castro Monteiro – Embrapa Agrobiologia
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases
Prof. Me. Eduardo Henrique Ferreira – Faculdade Pitágoras de Londrina
Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita
Prof. Me. Ernane Rosa Martins – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí
Prof. Dr. Everaldo dos Santos Mendes – Instituto Edith Theresa Hedwing Stein
Prof. Me. Ezequiel Martins Ferreira – Universidade Federal de Goiás
Profª Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora
Prof. Me. Fabiano Eloy Atilio Batista – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas
Prof. Me. Francisco Odécio Sales – Instituto Federal do Ceará
Profª Drª Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária
Prof. Me. Givanildo de Oliveira Santos – Secretaria da Educação de Goiás
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná
Prof. Me. Gustavo Krahl – Universidade do Oeste de Santa Catarina
Prof. Me. Helton Rangel Coutinho Junior – Tribunal de Justiça do Estado do Rio de Janeiro
Profª Ma. Isabelle Cerqueira Sousa – Universidade de Fortaleza
Profª Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará
Prof. Dr. José Carlos da Silva Mendes – Instituto de Psicologia Cognitiva, Desenvolvimento Humano e Social
Prof. Me. Jose Elyton Batista dos Santos – Universidade Federal de Sergipe
Prof. Me. José Luiz Leonardo de Araujo Pimenta – Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria Uruguay
Prof. Me. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco
Profª Drª Juliana Santana de Curcio – Universidade Federal de Goiás
Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFPA
Prof. Dr. Kárpio Márcio de Siqueira – Universidade do Estado da Bahia
Profª Drª Karina de Araújo Dias – Prefeitura Municipal de Florianópolis
Prof. Dr. Lázaro Castro Silva Nascimento – Laboratório de Fenomenologia & Subjetividade/UFPR

Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^ª Ma. Lillian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
Prof^ª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
Prof^ª Dr^ª Livia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Lucio Marques Vieira Souza – Secretaria de Estado da Educação, do Esporte e da Cultura de Sergipe
Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná
Prof^ª Ma. Luana Ferreira dos Santos – Universidade Estadual de Santa Cruz
Prof^ª Ma. Luana Vieira Toledo – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
Prof^ª Ma. Luma Sarai de Oliveira – Universidade Estadual de Campinas
Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos
Prof. Me. Marcelo da Fonseca Ferreira da Silva – Governo do Estado do Espírito Santo
Prof. Dr. Marcelo Máximo Purificação – Fundação Integrada Municipal de Ensino Superior
Prof. Me. Marcos Aurelio Alves e Silva – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo
Prof^ª Ma. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará
Prof^ª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Prof. Me. Pedro Panhoca da Silva – Universidade Presbiteriana Mackenzie
Prof^ª Dr^ª Poliana Arruda Fajardo – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Me. Renato Faria da Gama – Instituto Gama – Medicina Personalizada e Integrativa
Prof^ª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
Prof. Me. Robson Lucas Soares da Silva – Universidade Federal da Paraíba
Prof. Me. Sebastião André Barbosa Junior – Universidade Federal Rural de Pernambuco
Prof^ª Ma. Silene Ribeiro Miranda Barbosa – Consultoria Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão
Prof^ª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo
Prof^ª Ma. Taiane Aparecida Ribeiro Nepomoceno – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana
Prof^ª Ma. Thatianny Jasmine Castro Martins de Carvalho – Universidade Federal do Piauí
Prof. Me. Tiago Silvio Dedoné – Colégio ECEL Positivo
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira
Bibliotecária: Janaina Ramos
Diagramação: Camila Alves de Cremo
Correção: Mariane Aparecida Freitas
Edição de Arte: Luiza Alves Batista
Revisão: Os Autores
Organizadora: Fernanda Pereira Martins

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

G342 Geociências: estabelecimento e evolução da civilização humana 3 / Organizadora Fernanda Pereira Martins. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2021.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5706-896-0

DOI 10.22533/at.ed.960211703

1. Geociências. I. Martins, Fernanda Pereira (Organizadora). II. Título.

CDD 550

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

www.atenaeditora.com.br

contato@atenaeditora.com.br

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa.

APRESENTAÇÃO

A coleção “Geociências: Estabelecimento e Evolução da Civilização Humana 3” constitui-se em palco para discussão dos diversos saberes associados às geociências, sendo composto por pesquisas, relatos de casos e/ou revisões bibliográficas.

A abertura do livro é apresentada com o **capítulo 1** - “Assinaturas magnéticas de processos biogeoquímicos em uma área contaminada por hidrocarbonetos” - em que os autores buscaram identificar os processos biogeoquímicos ocorridos em áreas contaminadas por hidrocarbonetos, associando-os às assinaturas magnéticas capazes de fornecer informações sobre a mineralogia, e, também da análise de curvas de histerese para informações sobre os grãos de minerais magnéticos.

No **capítulo 2** - “Avaliação da genotoxicidade através de alterações morfonucleares em eritrócitos da ictiofauna do médio Rio São Francisco em Minas Gerais (Brasil)” – os pesquisadores averiguaram a genotoxicidade através da frequência de micronúcleos e ocorrência de outras alterações morfonucleares em eritrócitos de peixes do rio São Francisco (Januária/MG) com vistas a diagnosticar a qualidade do recurso hídrico e do pescado.

No **capítulo 3** - “A remota cidade de Atlântida” – o autor teve por objetivo analisar materiais referentes à cidade histórica de Atlântida, mencionada em diversas obras, como *Timeu e Critias ou A Atlântida*, de Platão e orientar uma possível localização dos destroços da cidade, baseada nessa análise.

No **capítulo 4** - “Curva de Keeling - a medida da concentração de dióxido de carbono – CO₂ – na atmosfera: um ensaio de modelagem via Método Univariado SARIMA” – a pesquisa refere-se à construção de um modelo univariado SARIMA ajustado à variabilidade da medida da concentração de dióxido de carbono na atmosfera, com a finalidade de realizar a previsão desta variável a partir de seu comportamento temporal/histórico e componente sazonal.

No **capítulo 5** - “Dinâmica sedimentar do rio Paraguai na Ilha Laranjeira, Pantanal Sul-Matogrossense” – apresentou-se um balanço hidrossedimentar a fim de compreender os processos erosivos e deposicionais que ocorrem no canal analisado no contexto de um rio *anabranching*.

No **capítulo 6** - “Investigação geoquímica de feições e estruturas arqueológicas em Terra Preta de Índio do Sítio Bitoca (Província Mineral de Carajás, Pará)” – os autores descreveram os aspectos químicos e mineralógicos de solos tipo Terra Preta Arqueológica ou Terra Preta de Índio provenientes dos sítios Bitoca I e II, localizados na Região do Salobo (Província Mineral de Carajás, Pará).

No **capítulo 7** - “Metodologia pré-operacional para elaboração de baselines ambientais frente as potenciais reservas de gás não convencional na Bacia do São Francisco

– Minas Gerais/Brasil” - o levantamento de baseline é destacado como fundamental para caracterização do ambiente de investigação, permitindo a avaliação dos impactos ambientais prévios e posteriores a extração do *shale gas*,

Para o encerramento da presente obra, o **capítulo 8** apresenta uma importante contribuição intitulada “Recifes da Amazônia: percepção da população de Macapá e do Oiapoque - Amapá, Brasil” – em que os autores analisaram e compararam a percepção de três grupos sobre os recifes amazônicos.

A coleção de artigos dessa obra abrange diferentes segmentos dentro das geociências e demonstra a sua diversidade temática e metodológica. Assim, essa coletânea se concretiza a partir do empenho de vários pesquisadores, os quais representam diversas instituições de ensino e pesquisa do Brasil e que aqui deixam sua contribuição para ampliar as discussões dentro das geociências.

Fernanda Pereira Martins

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

ASSINATURAS MAGNÉTICAS DE PROCESSOS BIOGEOQUÍMICOS EM UMA ÁREA CONTAMINADA POR HIDROCARBONETOS

Carolina Silveira de Moraes
Andréa Teixeira Ustra
Alexandre Muselli Barbosa
Rosely Aparecida Liguori Imbernon

DOI 10.22533/at.ed.9602117031

CAPÍTULO 2..... 14

AVALIAÇÃO DA GENOTOXICIDADE ATRAVÉS DE ALTERAÇÕES MORFONUCLEARES EM ERITRÓCITOS DA ICTIOFAUNA DO MÉDIO RIO SÃO FRANCISCO EM MINAS GERAIS (BRASIL)

Lucélia Sandra Silva Barbosa Braga
Maria Rosilene Alves Damasceno
José Ermelino Alves Damasceno

DOI 10.22533/at.ed.9602117032

CAPÍTULO 3..... 23

A REMOTA CIDADE DE ATLÂNTIDA

Mateus Santana Corrêa

DOI 10.22533/at.ed.9602117033

CAPÍTULO 4..... 31

CURVA DE KEELING - A MEDIDA DA CONCENTRAÇÃO DE DIÓXIDO DE CARBONO – CO₂ – NA ATMOSFERA: UM ENSAIO DE MODELAGEM VIA MÉTODO UNIVARIADO SARIMA

Alexandre Boleira Lopo

DOI 10.22533/at.ed.9602117034

CAPÍTULO 5..... 47

DINÂMICA SEDIMENTAR DO RIO PARAGUAI NA ILHA LARANJEIRA, PANTANAL SUL-MATOGROSSENSE

Hudson de Azevedo Macedo
José Cândido Stevaux
Aguinaldo Silva

DOI 10.22533/at.ed.9602117035

CAPÍTULO 6..... 58

INVESTIGAÇÃO GEOQUÍMICA DE FEIÇÕES E ESTRUTURAS ARQUEOLÓGICAS EM TERRA PRETA DE ÍNDIO DO SÍTIO BITOCA (PROVÍNCIA MINERAL DE CARAJÁS, PARÁ)

Majd Nidal Aboul Hosn
Bruno Apolo Miranda Figueira
Marcondes Lima da Costa

Dirse Clara Kern

DOI 10.22533/at.ed.9602117036

CAPÍTULO 7..... 64

METODOLOGIA PRÉ-OPERACIONAL PARA ELABORAÇÃO DE BASELINES AMBIENTAIS FRENTE AS POTENCIAIS RESERVAS DE GÁS NÃO CONVENCIONAL NA BACIA DO SÃO FRANCISCO – MINAS GERAIS/BRASIL

Jussara da Silva Diniz Lima

Vinicius Goncalves Ferreira

Joyce Castro de Menezes Duarte

Gustavo Filemon Costa Lima

Carlos Alberto de Carvalho Filho

DOI 10.22533/at.ed.9602117037

CAPÍTULO 8..... 74

RECIFES DA AMAZÔNIA: PERCEPÇÃO DA POPULAÇÃO DE MACAPÁ E DO OIAPOQUE - AMAPÁ, BRASIL

Janaina Freitas Calado

Fabrcio Leão Cardoso

DOI 10.22533/at.ed.9602117038

SOBRE A ORGANIZADORA..... 87

ÍNDICE REMISSIVO..... 88

METODOLOGIA PRÉ-OPERACIONAL PARA ELABORAÇÃO DE BASELINES AMBIENTAIS FRENTE AS POTENCIAIS RESERVAS DE GÁS NÃO CONVENCIONAL NA BACIA DO SÃO FRANCISCO – MINAS GERAIS/BRASIL

Data de aceite: 01/03/2021

Data de submissão: 05/02/2021

Jussara da Silva Diniz Lima

INCT Acqua – Universidade Federal de Minas Gerais
Belo Horizonte – Minas Gerais
<http://lattes.cnpq.br/3101212902774098>

Vinicius Goncalves Ferreira

INCT Acqua – Universidade Federal de Minas Gerais
Belo Horizonte – Minas Gerais
<http://lattes.cnpq.br/4654987435751451>

Joyce Castro de Menezes Duarte

Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear – CDTN/CTMI
Belo Horizonte – Minas Gerais
<http://lattes.cnpq.br/9672991247184261>

Gustavo Filemon Costa Lima

Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear – CDTN/CTMI
Belo Horizonte – Minas Gerais
<http://lattes.cnpq.br/6694414277138697>

Carlos Alberto de Carvalho Filho

Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear – CDTN/CTMI
Belo Horizonte – Minas Gerais
<http://lattes.cnpq.br/3363616361924779>

RESUMO: A indústria dos hidrocarbonetos não convencionais, também denominados *shale gas*, cresce exponencialmente no século XXI em

meio ao incremento da demanda internacional e suas contundentes críticas por parte dos setores ambientais. Neste contexto, em muito se destaca as ocorrências de gás natural em meio a bacia São Franciscana, área de constantes estudos prospectivos de cunho público e privado. Assim, a rede de P&D GASBRAS atua em uma de suas frentes na proposta de se estabelecer um protocolo pré-operacional ambiental para uma potencial indústria de hidrocarbonetos não convencional, utilizando a bacia do São Francisco como área de estudo. Como uma proposta metodológica ambiental para a indústria do *shale gas*, o delineamento da área a ser estudada deve confluir fatores como escala, representatividade e abordagem dos melhores alvos potenciais de exploração, viabilidade técnico-financeira e disponibilidade hídrica compatível com o projeto. O levantamento de baseline é fundamental para caracterização do ambiente de investigação e permite assim, a avaliação dos impactos ambientais prévios e posteriores a extração do *shale gas*, devendo considerar também critérios socioeconômicos. Em sequência, recomenda-se estabelecer uma análise de vulnerabilidade de aquíferos abordando metodologias como GOD, DRASTIC e AVI. Por fim, deve-se promover uma caracterização da rocha geradora em termos geoquímicos e radiológicos para compreender os possíveis riscos ao ambiente estudado. A proposta pré-operacional do projeto GASBRAS tem sido aplicada e refinada objetivando então estruturação técnico-ambiental para aquilo que poderá ser uma potencial reserva estratégica ao desenvolvimento nacional.

PALAVRAS-CHAVE: *Gás não convencional,*

PRE-OPERATIONAL METHODOLOGY FOR ENVIRONMENTAL BASELINES CONSIDERING THE POTENTIAL RESOURCES OF NON-CONVENTIONAL NATURAL GAS IN THE SÃO FRANCISCO BASIN – MINAS GERAIS/BRAZIL

ABSTRACT: The unconventional hydrocarbon industry production, also referred to as shale gas, has grown significantly in the 21st century amid the rising international demand for gas and the sharp criticisms coming from the environmental sectors. In this context, the occurrences of natural gas in the middle of the São Francisco basin has been investigated by prospective studies from public and private initiatives. Thus, the GASBRAS R&D network aims at establishing a pre-regulatory environmental protocol for a potential unconventional hydrocarbon industry using the São Francisco basin as a reference. In order to be an environmental consistent proposal for the shale gas industry in the region, the design of the project must combine factors such as scale, representativeness, potential exploitation targets, technical and financial viability, and water availability compatible with the magnitude of the project. The baseline survey is fundamental to characterize the local environment and thus allow an assessment of the previous and subsequent impacts of shale gas extraction, taking into account the environmental and socioeconomic aspects as well. Following this sequence, it is recommended to establish an aquifer vulnerability analysis using methodologies such as GOD, DRASTIC, and AVI. Lastly, the host rocks characterization through geochemical and radiological techniques is crucial to establish the risks to the studied environment. The pre-operational proposal from the GASBRAS project provides a technical-environmental structure to assess what could be a potential strategic reserve for national development.

KEYWORDS: Unconventional gas, environment baseline, vulnerability, GASBRAS

1 | INTRODUÇÃO

1.1 *Shale Gas*: Especificidades da exploração dos hidrocarbonetos não convencionais

A exploração de gás não convencional tem crescido muito desde o final do século XX. As projeções econômicas propostas pela U.S Energy Information Administration (2017) preveem um aumento de 43% no consumo global de gás natural nos próximos vinte e cinco anos. Estima-se que a reserva global de hidrocarbonetos não convencionais está na ordem de 716 milhões de metros cúbicos bem distribuídos ao longo dos continentes. Os Estados Unidos detêm as maiores jazidas rentáveis (Boyer *et al.*, 2011; Vengosh *et al.*, 2014), enquanto países como Brasil, Canadá, China, dentre outros, possuem reservas expressivas, classificando-os como potenciais *players* (Santos; Matai, 2010).

O método utilizado para o desenvolvimento de recursos petrolíferos não convencionais pode ser descrito, sucintamente, como a perfuração das rochas geradoras e rochas reservatórios de baixíssima permeabilidade, por intermédio de poços de longo trecho horizontal e associado à realização de fraturamentos hidráulicos múltiplos com

espaçamentos projetados (CTMA/PROMINP, 2016), técnica essa mundialmente conhecida como *fracking*. Durante esse processo, ocorre a injeção de fluidos específicos (*fracking fluids*) sob alta pressão para induzir a formação de fraturas, aumentando a permeabilidade e permitindo a migração dos hidrocarbonetos pelo poço de exploração. Em sequência, o fluido injetado é bombeado de volta pelo furo do poço, o chamado *flowback fluid*, que consiste em água turva, muito salgada e que contém argila, fragmentos de rochas, metais e produtos químicos propositalmente injetados para melhorar o desempenho do processo. O fluido resultante é armazenado em reservatórios superficiais onde será tratado para futura reutilização ou reinjetado em poços de descarte (Hirata, 2014; Jackson *et al.*, 2013; Johnson; Johnson, 2012).

No Brasil o potencial de produção de gás não convencional está na ordem de 4,4 trilhões de metros cúbicos. As principais reservas catalogadas são: a bacia do São Francisco, Parecis, Acre, São Luís, Parnaíba, Araripe, Recôncavo, Paraná e Tacutu (CTMA/PROMINP, 2016). No entanto, não há registros de exploração do não convencional no país, fato que justifica a relevância de pesquisas mais aplicadas concernentes a esse tema; afinal, os estudos técnicos são pautas cruciais para a viabilização operacional e legal do empreendimento. Apesar do crescimento evidente dos recursos não convencionais, não se pode olvidar que essa modalidade de extração gera passivos ambientais ainda difíceis de mensurar, principalmente por se tratar de uma técnica pouco explorada nacionalmente, tornando assim imprescindível o seu estudo científico (Hirata, 2014).

1.2 Possíveis impactos ambientais atrelados a exploração do gás não convencional

A exploração do gás não convencional pode acarretar um influxo de metais pesados e compostos tóxicos aos corpos hídricos regionais, sejam eles subterrâneos ou superficiais (Almond *et al.*, 2014). A ocorrência e a concentração destes elementos, ainda que em baixas concentrações, podem motivar verdadeiros desastres ecossistêmicos e, por conseguinte, o monitoramento e uma profunda caracterização hidrogeoquímica, entre outras são fundamentais para manutenção da qualidade ambiental local (Rich & Crosby, 2013).

Neste contexto, Vengosh *et al.* (2014) discorre sobre quatro principais formas de contaminação de recursos hídricos oriundos do fraturamento hidráulico: 1- Contaminação de aquíferos pela migração do gás por fraturas pré-existentes ou através do escape lateral ao percorrer o caminho do furo criado (*stray gas*); 2- Contaminação dos recursos hídricos superficiais advindos do vazamento e da disposição inadequada dos reservatórios de tratamento dos *flowback fluids*; 3- *Stress* nos recursos hídricos regionais, devido a intensa demanda de água requerida pelo fraturamento hidráulico; 4- Fuga dos *flowback fluids* para as rochas não geradoras e aquíferos adjacentes.

Entende-se que os impactos associados ao fraturamento hidráulico não se

restringem aos recursos hídricos. Sem os cuidados ambientais necessários, o *fracking* também pode causar problemas como sismicidade induzida, emissão de gases de efeito estufa, interferência na fauna e flora e desestruturação da malha urbana.

1.3 Projeto GASBRAS

O GASBRAS é uma rede temática nacional de Pesquisa e Desenvolvimento envolvendo instituições federais, estaduais e não governamentais de todo país. O intuito é desenvolver conhecimentos científicos e tecnológicos de referência que propiciem a melhor forma do desenvolvimento da indústria do gás não convencional no Brasil. Este projeto é amparado financeiramente pela Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP), sob a coordenação do Instituto de Energia e Ambiente da Universidade de São Paulo (IEE-USP).

O núcleo de Minas Gerais (Rede GASBRAS-MG) é coordenado pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), tendo como coexecutores o Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear (CDTN) e a Associação Instituto Internacional de Ecologia e Gerenciamento Ambiental (AIIEGA). A atuação dessas três instituições contempla os temas relacionados ao desenvolvimento de técnicas para avaliação ambiental e aos aspectos socioeconômicos, tendo definido uma bacia sedimentar para implementação metodológica da avaliação ambiental em uma potencial exploração do gás não convencional. A seleção da bacia de investigação fundamentou-se em ponderações relativas aos processos geológicos do gás não convencional. Nesta etapa fez-se necessário uma parceria com a Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP) devido a existência de pesquisadores com expertise no tema. Desta forma, chegou-se ao consenso de que a Bacia do São Francisco ficaria definida como área de investigação e estudo.

1.4 Hidrocarbonetos não convencionais na bacia do São Francisco

O ambiente geológico do São Francisco possui significativos sistemas de gás não convencionais, tal como documentados pelo mundo. As ocorrências de exsudações de gás na região fazem com que a bacia seja alvo potencial de investigação de grandes *players* da exploração do gás. Atualmente estão disponíveis mais de 50 poços para pesquisas do gás não convencional no estado de Minas Gerais (REIS, 2011).

O histórico de pesquisa em gás no São Francisco pode ser subdividido em duas fases principais. A primeira fase abrange as décadas de 60 a 80 capitaneada por instituições públicas como a Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM), Companhia de Desenvolvimento do Estado de Minas Gerais (CODEMIG), Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) e UFMG que fizeram exploração e avaliação econômica das reservas da bacia e uma estruturação técnico-ambiental para viabilizar futuros projetos de exploração. A segunda fase contou com a participação do setor privado, iniciada em 2005 após a quebra do monopólio do petróleo e encontra-se vigente até hoje (Reis, 2018). A fase atual caracteriza-se por uma estagnação parcial dos empreendimentos pois o Ministério

Público alegou a falta de estudos técnico-ambientais que assegurem uma exploração sem grandes efeitos deletérios aos ecossistemas locais. O potencial para gás natural do São Francisco em meio às incertezas regulatórias e os debates socioambientais fazem do local um laboratório ideal para a estruturação metodológica de *baselines* pré-operacionais à indústria do gás não convencional.

2 I PROPOSTA METODOLÓGICA PARA UMA ÁREA DE INVESTIGAÇÃO

2.1 Determinação de uma área

A área selecionada deve ser representativa pelo menos na escala sub-regional e faz-se necessário o conhecimento prévio da bacia sedimentar, assim como uma clareza parcial dos locais potenciais à implantação da indústria do gás não convencional. Deve-se preliminarmente considerar as variáveis inerentes à exploração do gás não convencional e suas possíveis potencialidades em provocar um *stress* nos recursos hídricos locais.

Sugere-se que uma área de investigação representativa em uma bacia sedimentar seja demarcada por características naturais como o limite de uma bacia hidrográfica ou uma unidade hidrogeológica. Esta área pode variar de algumas centenas a milhares de quilômetros quadrados, sendo necessário fazer a identificação dos aquíferos principais, as prováveis áreas de recarga/descarga, assim como uma verificação preliminar da qualidade e quantidade de água. A partir dos estudos preliminares são feitos estudos gerais através de inventário hidrológico e de monitoramento. Em seguida, dá-se início a investigação de campo com o enfoque na relação entre os recursos hídricos disponíveis, as áreas protegidas registradas, a biodiversidade, os aspectos socioeconômicos e a qualidade do ar. Não obstante, a etapa *in loco* demanda também as observações das áreas de exsudações do gás natural e de aspectos geológicos favoráveis a presença de hidrocarbonetos. A área deve ter representatividade na escala da bacia sedimentar analisada, procurando conciliar com a metodologia e a operacionalidade do monitoramento.

2.2 Levantamento de *Baseline*

Em muitos países produtores do gás não convencional esse levantamento e monitoramento é exigido para fundamentar levantamentos de longo prazo de impactos à poluição do ar, contaminação de recursos hídricos e a saúde humana. Este tipo de estudo envolve a coleta de dados para delinear o panorama ambiental antes da indústria que servirá como referência (comparação) para a avaliação dos impactos. Os *baselines* também agregam informações úteis para sustentar modelos conceituais e numéricos de simulação quanto à análise de risco de contaminação do meio ambiente.

O estabelecimento de *baselines* deve ser considerado como condição prévia para o início de um licenciamento da atividade de exploração e exploração de gás não

convencional. Especificamente o baseline dos recursos hídricos deve conter estudo em detalhe da vulnerabilidade intrínseca e específica (contaminantes da exploração do gás não convencional) dos aquíferos da região. Estes resultados fundamentarão a locação dos poços de exploração, o posicionamento dos reservatórios de tratamento de fluidos, bem como o delineamento de áreas carentes de preservação e monitoramento para manutenção da qualidade hídrica subterrânea. O levantamento de dados para o *baseline* deve ser abrangente em escopo e extensão, sendo capaz de distinguir claramente entre os futuros impactos da atividade do gás não convencional e impactos ambientais pré-existentes.

As informações ambientais bem como as socioeconômicas devem ser bem elaboradas através de apresentação do cenário atual ou mesmo da sua evolução dos impactos locais e regionais. Para tanto, deve-se utilizar de gráficos, tabelas e mapas temáticos, assim como quaisquer outros meios ilustrativos que se mostrem necessários e que estejam preferencialmente em um sistema de informações geográficas (SIG). Sabe-se que para distinguir o impacto do gás não convencional de outras pressões ambientais é necessário a aplicação de técnicas analíticas complexas. No caso dos recursos hídricos, exige que as amostras de águas subterrâneas sejam analisadas para uma ampla gama de parâmetros, incluindo, hidrocarbonetos, metais pesados, gases dissolvidos na água, isótopos estáveis C¹³, O¹⁸, H² e NORM (*Naturally Occurring Radioactive Materials*).

2.3 Radionuclídeos nas rochas geradoras e o potencial de gerar NORM

Os NORM's mais encontrados na natureza são os minerais contendo ²³⁸U e o ²³²Th, que através das suas séries de decaimentos dão origem a outros radionuclídeos, sendo o ²²⁶Ra e ²²⁸Ra os principais no que concerne à proteção radiológica e ambiental. Durante o fraturamento das rochas para a extração não convencional de gás pode ocorrer a liberação de NORM para o meio-ambiente transportados pelo *flowback fluid* até à superfície ou encrustados nas tubulações e equipamentos de superfície. Portanto, é importante que antes da extração de gás, se conheça bem as características das rochas geradoras e dos fluidos incorporados nas águas para o *fracking*.

Análises por difração de raios-X, fluorescência de raios-X, microscopia óptica e carbono orgânico total (COT) são algumas das possíveis análises pré-operacionais do gás não convencional a serem feitas nas rochas geradoras. Estas técnicas trazem informações pertinentes como fases minerais, composição química e aspectos físicos que ditam o comportamento ambiental frente a presença de contaminantes. Para a análise quantitativa da presença de radionuclídeos tanto nas rochas quanto nas águas de retorno, duas técnicas muito utilizadas são a alfa e beta total e a espectrometria gama. Esses tipos de análises fazem-se importantes no contexto da exploração de gás não convencional, pois possibilita um monitoramento das rochas e das águas quanto à potencial contaminação por NORM e aos impactos pós-operacionais das futuras formações de borras e incrustações nos equipamentos utilizados na exploração.

2.4 Divulgação e comunicação às partes interessadas e a participação da sociedade

O presente estudo anseia utilizar ferramentas de comunicação compatíveis com cada tipo de público, sendo capazes de esclarecer e orientar os envolvidos de forma transparente e correta. Os principais materiais de comunicação vistos como fundamentais para esse processo são vídeos, portal eletrônico, atlas, redes sociais e materiais gráficos. Estes conteúdos objetivam socializar o conhecimento científico por meio da oferta de informações seguras. O projeto tem como principal missão de divulgação, a criação de um Protocolo de Comunicação junto às comunidades locais e *stakeholders*, de modo a auxiliar a promoção da governança e permitir que a sociedade seja capaz de tomar suas próprias decisões sobre o processo de exploração e produção de recursos não convencionais, com segurança e confiabilidade.

3 | PERSPECTIVAS DE RESULTADOS PARA A BACIA DO SÃO FRANCISCO

3.1 Área de investigação

A bacia sedimentar escolhida pelo estudo foi a do São Francisco e, em sequência, definiu-se uma área de investigação representativa para elaboração dos *baselines*. Para tanto, foram definidas as seguintes premissas: (i) que a delimitação da área correspondesse aos limites de uma das sub-bacias sanfranciscana; (ii) que o local tivesse representatividade em escala regional; (iii) que houvesse uma área com evidências da presença do gás (exsudações) que justificasse uma provável implantação da indústria do gás não convencional; (iv) que fosse uma área com dados regionais disponíveis, em especial quanto a recursos hídricos, ao gás e os aspectos geológicos e (v) que fosse um local com viabilidade para realizar um inventário hidrológico significativo adicional.

Atendendo os requisitos supracitados, definiu-se como área de investigação as bacias hidrográficas dos rios Indaiá e Borrachudo (Figura 1). Diante da extensão da área (4.487 km²), o tempo reduzido da pesquisa, os recursos financeiros disponíveis e a operacionalidade do monitoramento, foi necessário restringir o estudo a uma única área piloto dentro da área de investigação para o enfoque da elaboração dos *baselines*. A escolha da Área Piloto I (444km²), ao norte da bacia do Rio Indaiá, se justifica pelos casos de exsudações de gases (em rio e em solo), pela menor densidade demográfica, além do seu menor grau de aproveitamento do uso e ocupação do solo.

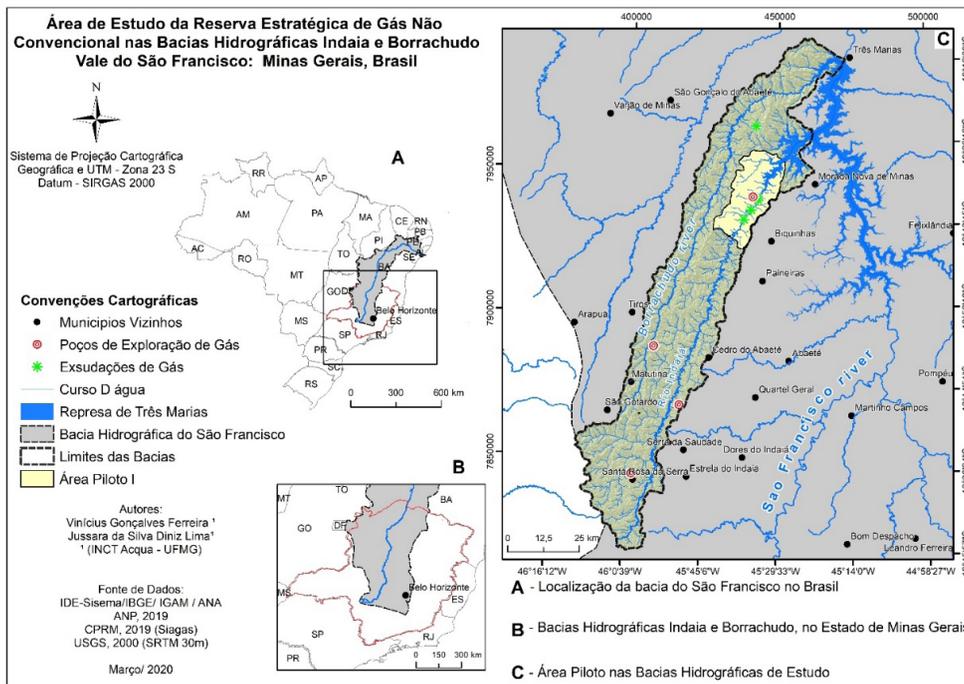


FIGURA 1 - Bacia do rio São Francisco e a localização da área de investigação como reserva estratégica de gás não convencional.

A Área Piloto I foi então selecionada para a realização de monitoramentos associados aos levantamentos bibliográficos da biodiversidade, recursos hídricos, gás, sedimento e rocha. Para o estabelecimento do *baseline* socioeconômico considerou-se a área de influência de uma possível implantação da indústria de gás não convencional, tomando os municípios de Morada Nova de Minas e Biquinhas como as infraestruturas urbanas de referência. Sabe-se que a área de influência pode variar de acordo com a amplitude do potencial empreendimento, podendo se estender até outras regiões, no entanto o presente estudo se ateve aos municípios próximos às bacias dos rios Indaia e Borrachudo.

3.2 *Baseline* e impactos ambientais e socioeconômicos

O levantamento de *baselines* de recurso hídrico, biodiversidade e socioeconômico na área de investigação objetiva a obtenção de informações no que tange a critérios ambientais e socioeconômicos. Assim, concatenou-se dados bibliográficos com os dados de campo (*in situ*) para a estruturação dos *baselines* da Área Piloto I.

O *baseline* da qualidade das águas subterrâneas e superficiais inclui as seguintes etapas: inventário dos pontos de água; levantamento das séries históricas dos parâmetros de interesse; etapas de amostragem; interpretação dos dados e estabelecimento das condições atuais quanto à qualidade das águas e cálculo da vulnerabilidade dos aquíferos

e de índices de qualidade das águas. Compondo o *baseline* de biodiversidade, o cadastro da fauna e da flora, friso a elaboração prévia de catálogos sobre espécies existentes no contexto da bacia do São Francisco, principalmente aquelas ameaçadas de extinção ou imunes ao corte (flora). Estes levantamentos são então sumarizados e tornam-se uma referência para nortear a investigação de campo. O conteúdo dos catálogos contempla a descrição das espécies, fotografias, os nomes científicos e populares, bem como os relatos e entrevistas com os moradores locais acerca da biota local.

A caracterização da paisagem e do relevo em campo é realizada com registro escrito e fotográfico dos principais locais de preservação, das ações antrópicas, dos aspectos de drenagens e erosões, assim como locais de intenso uso e ocupação do solo. Para tal investigação foi utilizado o mapa de uso da cobertura do solo (Mapbiomas). Para a confirmação da ocorrência de novas cavidades naturais é utilizado o levantamento periódico no Cadastro Nacional de Informações Espeleológicas (CANIE) e Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas (CECAV). Objetivou-se com isto, a disponibilização de um mapa de ocorrência, relevância e potencialidades das cavernas.

O *baseline* socioeconômico aplicado compilou dados sobre a história local, organização territorial, dinâmica econômica, educação, saúde, saneamento, transporte e segurança pública dos municípios de Morada Nova de Minas e Biquinhas. Para este *baseline* considerou-se também o diálogo direto com as autoridades e população local, gerando um material altamente acessível e de linguagem simples para esclarecer os resultados obtidos, assim como pontos positivos e negativos de uma eventual instalação de indústria de gás não convencional na região.

4 | CONCLUSÃO

A presente proposta metodológica apresentada contribui para o entendimento da pesquisa que o projeto GASBRAS desenvolve na bacia do *São Francisco*. O método de exploração de recursos não convencionais é relativamente novo no Brasil, e por isto, o projeto se dispõe como uma unidade de pesquisa e desenvolvimento que visa dispor esforços numa avaliação técnico-científica visando ponderar, mensurar e informar os possíveis riscos e potencialidades desta eventual indústria de gás na bacia do São Francisco. O levantamento dos *baselines* ambientais e socioambientais marcam o início de um extenso trabalho que será realizado preliminarmente a uma indústria do gás não convencional. Do exposto, será possível uma avaliação mais direcionada aos futuros impactos positivos e negativos de uma eventual indústria do gás não convencional no Brasil, com respostas precisas que assegure a integridade da população, dos recursos minerais, do patrimônio e que trace estratégias buscando minimizar impactos ambientais. Assim, será possível identificar o verdadeiro potencial desta fonte de energia conciliando aspectos ambientais e socioeconômicos, atrelados a um protocolo efetivo de comunicação.

REFERÊNCIAS

ALMOND, S. et al. **The flux of radionuclides in flowback fluid from shale gas exploitation.** Environmental Science and Pollution Research, 2014

BOYER, C.; LEWIS, R.; MILLER, C. K. **Shale Gas : A Global Resource.** Oilfield Review, v. 23, p. 28–39, 2011.

CTMA; PROMINP. **Aproveitamento de Hidrocarbonetos Não Convencionais no Brasil.** 2016.

HIRATA, R. **Gás de folhelho no Estado de São Paulo: ainda não sabemos o suficiente para uma exploração ambientalmente segura.** Comitê da Bacia Hidrográfica do Pontal do Paranapanema (CBHPP), n. 1, p. 1–5, 2014.

JACKSON, R. E. et al. **Groundwater Protection and Unconventional Gas Extraction : The Critical Need for Field-Based Hydrogeological Research.** Groundwater, v. 51, n. 4, p. 488–510, 2013.

JOHNSON, E. G.; JOHNSON, L. A. **Hydraulic Fracture Water Usage in Northeast British Columbia : Locations, Volumes and Trends Hydraulic Fracture Water Usage in Northeast British Columbia : Locations, Volumes and Trends.** British Columbia Ministry of Energy and Mines, n. July, p. 41–63, 2012.

REIS, H. L. S. A. **Estratigrafia e Tectônica da Bacia do São Francisco na Zona de Emanações de Gás Natural do Baixo Rio Indaiá (MG).** Tese (Mestrado em Ciências Naturais) – Programa de Pós-Graduação em Evolução Crustal e Recursos Naturais do Departamento de Geologia da Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto, Minas Gerais, p. 73. 2011.

REIS, H. L. S. Gás natural. In: PEDROSA-SOARES, A. C.; VOLL, E.; CUNHA, E. C. (Eds.). **Recursos Minerais de Minas Gerais.** Belo Horizonte: Companhia de Desenvolvimento de Minas Gerais (CODEMGE), 2018. p. 1–39.

RICH, A. L.; CROSBY, E. C. **Analysis of Reserve Pit Sludge from Unconventional Natural Gas Hydraulic Fracturing and Drilling Operations for the Presence of Technologically Enhanced Naturally Occurring Radioactive Material (Tenorm).** New Solutions, v. 23, n. 1, p. 117–135, 2013.

SANTOS, M. M.; MATAI, P. H. L. S. **A importância da industrialização do xisto brasileiro frente ao cenário energético mundial.** Revista Escola de Minas, v. 63, n. 4, p. 673–678, 2010.

U.S ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION. **International Energy Outlook 2017.** Disponível em: <www.eia.gov/ieo>. Acesso em: 03 mar. 2020.

VENGOSH, A. et al. **A Critical Review of the Risks to Water Resources from Unconventional Shale Gas Development and Hydraulic Fracturing in the United States.** Environmental Science & Technology, 2014.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Amazônia 59, 63, 74, 76, 77, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85

Anabanching 47, 48, 56, 57

Análise de resíduos 31, 33, 40

Áreas contaminadas 1, 2, 3, 6, 12

Atlântida 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30

B

Baselines 64, 65, 68, 70, 71, 72

Biodegradação 3, 5, 6

Biogeofísica 1, 3, 5

Bioindicadores 14, 22

Biota 14, 15, 72, 76

C

Cidade histórica 23

Contaminante 1, 3, 4, 7, 11, 12

Críticas 23, 24, 25, 26, 27, 29

Cultura oceânica 76, 84

Curva de Keeling 31, 32, 33, 35

Curvas termomagnéticas 1, 3, 7, 8, 9, 10

E

Efeito estufa 32, 34, 45, 67

Espectroscopia de infravermelho 60, 62

Estimação dos parâmetros 31, 33, 39, 41, 42

Estruturas arqueológicas 58, 61, 62

F

Fluvial 47, 48, 49, 56, 57

G

GASBRAS 64, 65, 67, 72

Gás não convencional 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72

Genotoxicidade 14, 15, 16, 21

Geofísica 1, 3, 5, 35

H

Hidrocarbonetos 1, 2, 3, 5, 6, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 73, 86

Hidrossedimentologia 47, 48, 54

I

Ictiofauna 14, 15, 16, 18, 21

IPCC 31, 32

M

Meio físico 4

Micronúcleos 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 22

Minerais magnéticos 1, 3, 6, 7, 8, 10, 11

Morfonucleares 14, 16, 17, 18, 19, 20

P

Pantanal 47, 48, 49, 55, 56, 57

Peixes 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 22, 74, 75, 76, 79, 80, 85

Poluentes 3, 14, 15, 20

Previsões 31, 33, 34, 36, 37, 38, 43, 45

Q

Qualidade ambiental 15, 16, 18, 20, 66

R

Recifes 74, 75, 76, 77, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85

Rio São Francisco 14, 17, 21

S

Série temporal 31, 33, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43

Sítios 58, 59, 63

Sócrates 23, 26, 29

Solos 1, 2, 5, 7, 12, 55, 58, 59, 60, 61, 62

V

Vulnerabilidade 20, 64, 65, 69, 71

X

Xenobióticos 14

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora) 

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 

Geociências: Estabelecimento e Evolução da Civilização Humana 3

 **Atena**
Editora

Ano 2021

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora) 

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 

Geociências: Estabelecimento e Evolução da Civilização Humana 3

 **Atena**
Editora

Ano 2021