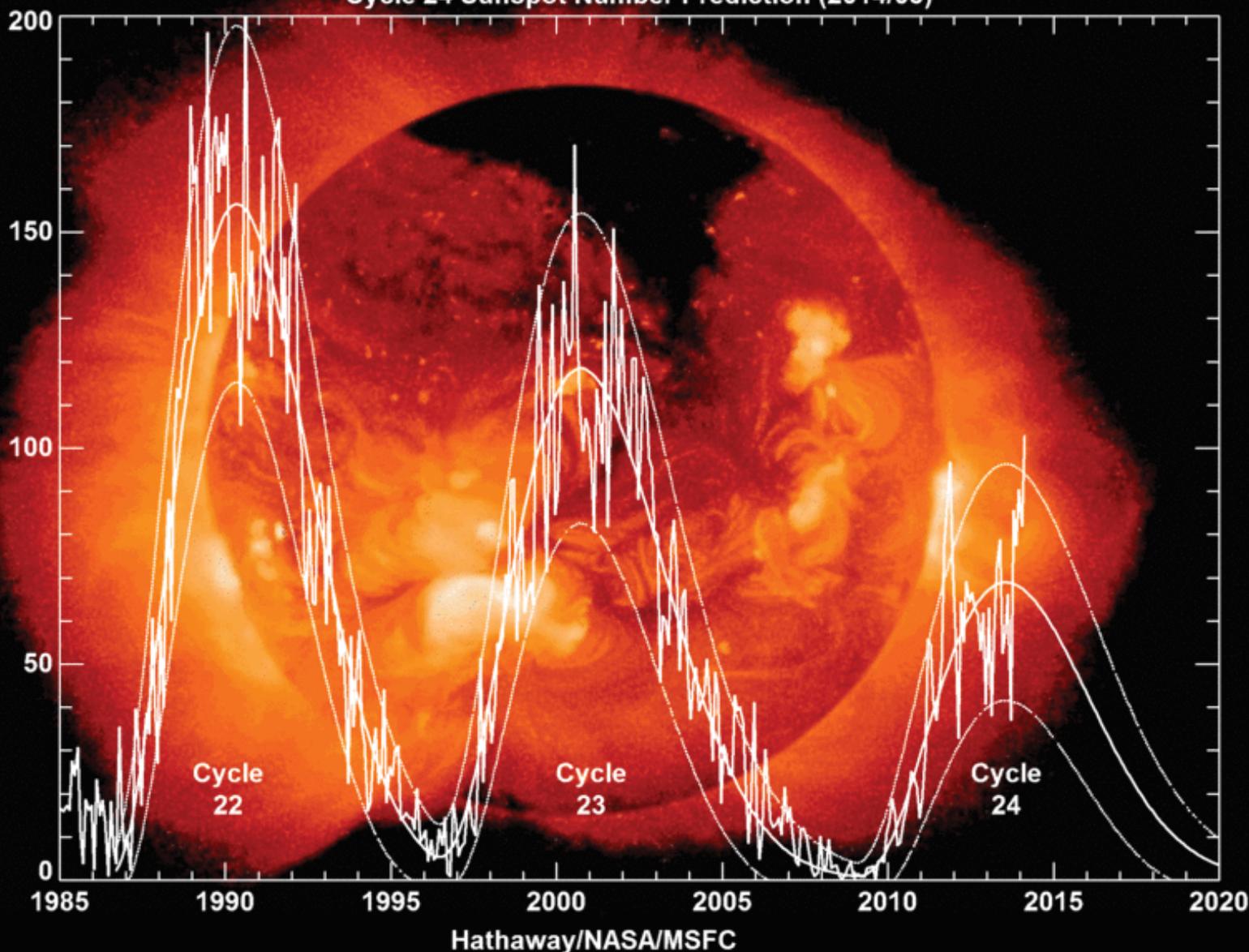


Cycle 24 Sunspot Number Prediction (2014/03)



Mudanças Climáticas

Como a dinâmica do Planeta, os ciclos solares e a ação humana são relacionadas às mudanças climáticas? Veja o que pensam os especialistas como Valiya Hamza, Igor Pacca, Luiz Carlos Molion, Daniel Franco entre outros.

Qual é a importância dos fenômenos naturais no aquecimento global?

O que está por trás dos fenômenos climáticos extremos? E do desequilíbrio no regime hídrico? Protagonizando intenso debate nos meios de comunicação nos últimos tempos, o aquecimento global muitas vezes é abordado de forma apaixonada e superficial. Fenômenos causados por emissões de gases de efeito estufa na atmosfera e o impacto que elas produzem no aquecimento global são fatores relevantes, porém não os únicos. Mês passado, até o Papa Francisco tratou do tema em sua Encíclica, manifestando preocupação com a questão ambiental e a ação do homem. Com o intuito de ampliar este debate, incluindo base científica às discussões, esta edição do Boletim da SBGf traz à luz as contribuições de estudos da Terra sólida para o entendimento das mudanças climáticas pelas quais passa o Planeta que habitamos. Sabemos que ao longo do tempo geológico as formas de vida existentes na Terra foram praticamente extintas e ressurgiram em formas diferenciadas das anteriores. Fenômenos naturais como a variabilidade solar são mais expressivos para as alterações climáticas do que a atividade antrópica?

A SBGf deseja uma ótima leitura!

CONFIRA NESTA EDIÇÃO

3 REGIONAIS

- Regional Sul
 - Regional Sul celebra sucesso durante o biênio 2013 - 2015
- Regional Norte
 - 5ª Semana de Geofísica da UFPA
- Regional Centro-Sul e Nordeste Meridional
 - Jorge Dagoberto Hildenbrand ministra palestra no Rio de Janeiro e na Bahia

5 INSTITUCIONAL

- SBGf encaminha projeto para reconhecimento da Profissão de Geofísico no Senado
- 1º Curso da Educação Continuada SBGf é realizado
- Presidente Francisco Aquino analisa seu mandato no biênio 2013 - 2015

7 IN MEMORIAN

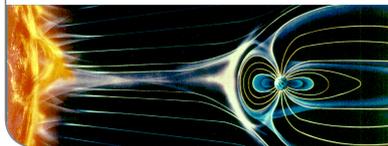
Sérgio Possato

8 ENTREVISTA

Entrevista com Celso Luiz Garcia / Diretor-geral do Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM)

10 MATÉRIA ESPECIAL

Mudanças Climáticas



15 MEMÓRIA

31 de julho de 1967: a descoberta da primeira jazida de ferro de Carajás

16 ARTIGOS TÉCNICOS

- Mudanças Climáticas
- Ciclos de Milankovitch: mudanças climáticas e calibração astronômica do tempo geológico
- Artigo Especial Física da Terra: Variações Climáticas Geociências

Capa: National Aeronautics and Space Administration (NASA).

ADMINISTRAÇÃO DA SBGf

Presidente
Francisco Carlos Neves Aquino

Vice-presidente
Liliana Alcazar Diogo

Secretário-Geral
Simplicio Lopes de Freitas

Secretário de Finanças
Marco Antonio Pereira de Brito

Secretário de Relações Institucionais
Jorge Dagoberto Hildenbrand

Secretária de Relações Acadêmicas
Eliane da Costa Alves

Secretário de Publicações
Renato Lopes Silveira

Conselheiros
Adalene Moreira Silva
Adriana Perpétuo Socorro da Silva
Ana Cristina Chaves
Eduardo Lopes de Faria
Ellen de Nazaré Souza Gomes
Jessé Carvalho Costa
Jurandy Schmidt
Neri João Boz
Paulo Roberto Porto Siston
Renato Cordani

Secretários Regionais
Patricia Pastana de Lugão (Centro-Sul)
Welitom Rodrigues Borges (Centro-Oeste)
Silvia Beatriz Alves Rolim (Sul)
Marco Cesar Schinelli (Nordeste Meridional)
Rosângela C. Maciel (Nordeste Setentrional)
Cícero Roberto Teixeira Régis (Norte)

Editor-chefe da Revista Brasileira de Geofísica
Cleverson Guizan Silva

Gerente
Rosemary Gonçalves

Assistente de Diretoria
Luciene Victorino de Carvalho

Assistente Administrativo
Ivete Berlice Dias

Coordenadora de Eventos
Renata Vergasta

Assistente de Eventos
Keylla Cristina Teixeira

Editora de publicações científicas
Adriana Reis Xavier

Web Designer Jr.
Conrado Sá

BOLETIM SBGf

Editora
Bruna Vaz

Assistente de Publicações
Thiago Felix Oliveira

Tiragem: 2.500 exemplares
Distribuição restrita
Também disponível no site www.sbgf.org.br

Sociedade Brasileira de Geofísica - SBGf
Av. Rio Branco, 156 sala 2.509
20040-901 - Centro - Rio de Janeiro - RJ
Tel./Fax: (55-21) 2533-0064
sbgf@sbgf.org.br | www.facebook.com/sbgf.org

FUNDO SBGf

DIAMANTE



OURO



PRATA



BRONZE



SECRETARIAS REGIONAIS

Nesta seção os associados da SBGf ficam informados sobre as ações de suas secretarias regionais e sobre os principais fatos ocorridos em diversos estados do país.

REGIONAL SUL

Regional Sul celebra sucesso durante o biênio 2013 – 2015

A Regional Sul atuou nos estados de São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul no biênio 2013-2015, apoiando 9 eventos. Neste período, foram realizadas as Semanas Acadêmicas já consolidadas, como as XVI e XVII Escolas de Verão de Geofísica da USP, as V e VI Escolas de Inverno da UNICAMP e as IV e V Semanas de Geofísica da UNIPAMPA, gerando um efeito multiplicativo na medida em que incentivam e ampliam o conhecimento entre professores, alunos e profissionais integrados a palestras e cursos sobre os assuntos da geofísica terrestre e espacial. A Regional Sul também apoiou o Workshop Geofísico, organizado pelos alunos do IAG-USP durante as comemorações dos 40 Anos da Pós-Graduação em Geofísica da USP. Vale mencionar que novas semanas acadêmicas estão sendo organizadas para o próximo biênio, na cidade de Porto Alegre (Curso de Física da PUC-RS) e em Florianópolis (Curso de Geologia da UFSC).

A cidade de Porto Alegre, em outubro de 2014, também recebeu o VI Simpósio de Geofísica. Foram 3 dias de debates, palestras e cursos, com a participação de 275 alunos, professores e demais profissionais de todo o Brasil, que apresentaram cerca de 200 trabalhos. A regional agradece a colaboração dos conselheiros Francisco Ferreira (UFPR-PR), Yara Marangoni (USP-SP), Rinaldo Marques (GEOPSQUISA), João Carlos Dourado (UNESP-SP), Otávio Gandolfo (IPT-SP) e Maximilian Fries (UNIPAMPA-RS), que organizaram o Simpósio junto à Regional.

“Foi uma conquista muito grande, não apenas na realização do evento, mas como na aproximação do Estado do Rio Grande do Sul nas atividades da Regional e da SBGf” ressalta Silvia Rolim, secretária da Regional Sul da Diretoria 2013-2015.



REGIONAL NORTE

5ª Semana de Geofísica da UFPA



Foto: Arquivo UFPA

Alunos da Universidade Federal do Pará (UFPA) assistindo a uma das palestras oferecidas durante a 5ª Semana de Geofísica.

Cerca de 400 pessoas circularam pela 5ª Semana de Geofísica da Universidade Federal do Pará (UFPA), realizada nos dias 25, 26 e 27 de maio. Entre os participantes estavam alunos de graduação, pós, professores da UFPA, palestrantes convidados, alunos da Geografia (grande parte dos tópicos de Geociências são ministrados no ensino fundamental por professores de Geografia) e professores de ciências: Química, Física e Geografia, do ensino médio e fundamental. Todas as atividades foram realizadas no espaço da universidade, no prédio da pós-graduação. A comissão organizadora, responsável inclusive pelo programa de atividades, foi constituída pela coordenadora do Programa de Pós-graduação em Geofísica (CPGf), Ellen Gomes, e pela diretora da Faculdade de Geofísica, a professora Carolina Barros da Silva.

O destaque da programação foi o minicurso oferecido aos professores do ensino médio e fundamental: Tópicos de Geociências, foi ministrado por Eliane Alves (Uff), Eder Molina (USP) e Alexandre Lopes (UNIPAMPA). O curso de Aquisição Sísmica, de Marcos Bassotelli, teve ainda uma atividade prática, no campo da universidade. Os outros cursos foram: Perfilagem de Poço. (Geraldo Girão), Treinamento Básico para Realização de Trabalho de Campo (Aureliano Guedes) e Introdução ao Método Magnetotélmico (Jandyr de Menezes Travassos).

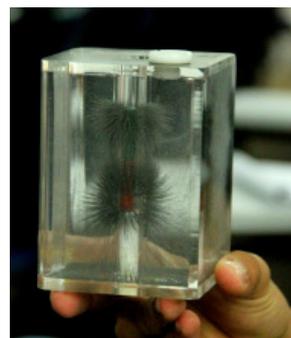


Foto: Arquivo UFPA

De acordo com a diretora da Faculdade de Geofísica, professora Carolina Barros, o evento é realizado com o objetivo de fomentar a produção científica sobre as Geociências, desde a educação básica. “Esses cursos foram idealizados a partir da necessidade de material didático sobre as Geociências no ensino fundamental e médio. Assim, espera-se, além de divulgar as Geociências aos formadores de opinião, contribuir com material didático na área”, afirma a professora.

SECRETARIAS REGIONAIS

REGIONAL CENTRO-SUL E NORDESTE MERIDIONAL

Jorge Dagoberto Hildenbrand ministra palestra no Rio de Janeiro e na Bahia

Foto: Arquivo SBGf



Jorge D. Hildenbrand apresentando a palestra na sede da SBGf.

Em 21 de maio de deste ano, a SBGf promoveu a palestra “A busca de depósitos minerais profundos como foco da exploração mineral na Austrália: a contribuição da geofísica na visão de KN’s”, ministrada por Jorge Dagoberto Hildenbrand, secretário de relações institucionais da SBGf, referente a sua participação na Conferência ASEG-PESA 2015, em Perth, Austrália.

No dia 9 de junho, na UFBA, a mesma palestra foi apresentada. O evento reuniu os alunos da universidade, onde estes fizeram perguntas e interagiram com o apresentador.



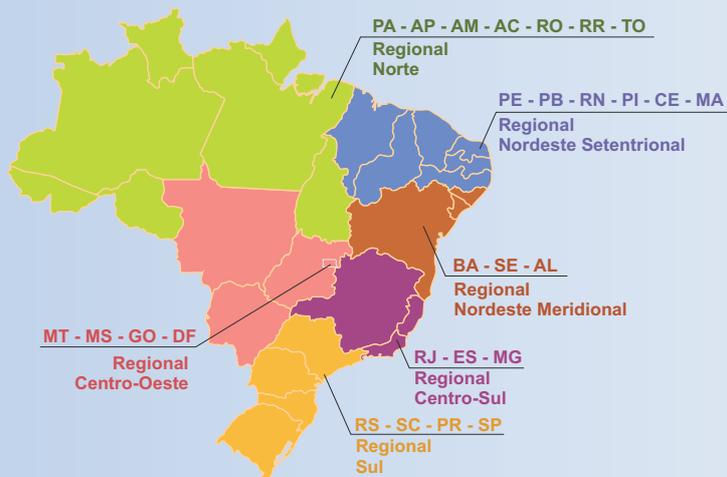
Foto: Arquivo SBGf

Jorge D. Hildenbrand representando a Sociedade Brasileira de Geofísica na Conferência ASEG-PESA 2015, na Austrália. Na foto, da esquerda para a direita estão: Greg Street, Jorge Hildenbrand e Koya Suto.

O objetivo desta palestra foi apresentar alguns temas abordados na conferência ASEG-PESA, como a exploração mineral na Austrália e de que forma a Geofísica ajuda no processo da busca de depósitos minerais profundos.

Ambas as apresentações obtiveram boa presença de público. As pessoas que assistiram classificaram a palestra como de grande valia para todos os estudantes e profissionais desta área.

Divisões regionais da SBGf



Centro-Sul – Patricia Pastana de Lugão
email: secregcentrosul@sbgf.org.br

Centro-Oeste – Welitom Rodrigues Borges
email: secregcentrooeste@sbgf.org.br

Sul – Silvia Beatriz Alves Rolim
email: regional_sul@sbgf.org.br

Nordeste Meridional – Marco Cesar Schinelli
email: regional_meridional@sbgf.org.br

Nordeste Setentrional – Rosangela Correa Maciel
email: regional_setentrional@sbgf.org.br

Norte – Cícero Roberto Teixeira Régis
email: regional_norte@sbgf.org.br

INSTITUCIONAL

SBGf encaminha projeto para reconhecimento da Profissão de Geofísico no Senado

No dia 22 de junho uma comitiva da SBGf composta pelos professores Adalene M. Silva (UNB), Liliana A. Diogo (USP), Pedro Mario (PUC-RIO) e pelo presidente da SBGf, Francisco Aquino, entregou ao gabinete do Senador Romário a proposta de novo projeto de regulamentação da Profissão de Geofísico, para submissão do projeto de lei ao Senado.

Considerando que o projeto não foi aprovado pela Comissão de Constituição, Justiça e Cidadania (CCJ), o mesmo foi arquivado ano passado por decurso de prazo, ou seja, término da legislatura. O novo projeto da Profissão de Geofísico mantém a redação igual ao projeto anterior, que foi apresentado em 2006.

Este ano a comunidade geofísica continua com a mobilização para incluir e votar o projeto no Senado. Em julho foi aprovada a criação de uma Comissão fixa responsável apenas por essa temática, com representantes de áreas acadêmicas e diretoria. Adalene Silva (UNB), Liliana Diogo (USP), Ellen Gomes (UFPA), Eliane Alves (Uff), Augusto Pires (UNB) e Pedro Mario (PUC-RIO) são os nomes dos integrantes da Comissão criada.

1º Curso da Educação Continuada SBGf é realizado



Método Magnetotelúrico: Teoria, Processamento e Interpretação foi o primeiro curso do programa de Educação Continuada, ministrado pelo doutor em Geofísica Emanuele F. La Terra, do Observatório Nacional. Foram quatro dias de curso, de 8 a 11 de junho, que abordaram as diversas aplicações e uso do MT.

Realizado no próprio ON, o primeiro dia do curso voltou-se apenas à teoria do método Magnetotelúrico. Para esse momento introdutório os alunos contaram com o professor assistente Irineu Figueiredo, atualmente professor adjunto da Universidade do Estado do Rio de Janeiro, pesquisador do Observatório Nacional e Revisor de periódico da Revista Brasileira de Geofísica (RBGF).

Pensando em sair do campo das ideias e figuras, no dia seguinte, Emanuele La Terra abordou a prática. Primeiramente os alunos tiveram que aprender sobre os diferentes tipos de equipamentos de MT, estratégias e cuidados na implantação de uma estação MT e a programação para uma aquisição de dados. Depois, a experiência de um processamento de dados básico necessário para realizar um controle de qualidade dos dados no campo. A externa foi realizada para mostrar aos alunos como é preparado e disposto o equipamento no campo.

O prof. Leonardo Guimarães Miquelutti, também assistente, é mestre em geofísica pelo Observatório Nacional, onde é atualmente doutorando. Leonardo foi responsável pela apresentação da fase seguinte à aquisição de dados magnetotelúricos, o processamento e a interpretação.



Foto: Arquivo Pessoal

As variações do campo elétrico e magnético da Terra constituem a base para o estudo magnetotelúrico. Atualmente, o método vem sendo aplicado em ambientes marinhos em estudos da crosta oceânica e na exploração de petróleo e fontes geotérmicas, notavelmente em locais onde o imageamento pela sísmica de reflexão possui grandes limitações (p.ex. camadas do pré-sal em bacias petrolíferas).



Foto: Arquivo SBGf

O método magnetotelúrico pode ser aplicado, basicamente, em estudos geológicos continentais e marinhos de média e grande escala. A metodologia de amostragem abrange frequências entre 0,0001 Hz a 1 kHz, e, desse modo, infere a distribuição da condutividade elétrica desde os primeiros metros da superfície a até centenas de quilômetros do manto.

O MT possui um mercado em contínua expansão associado a diferentes aplicações, como: estudos cratônicos e de reconhecimento de estruturas mantélicas e crustais; análise de bacias e planejamento de estudos geofísicos posteriores; estudos ambientais; prospecção de minérios, óleo e gás; hidrogeologia; estudos geotérmicos.



FUNDAÇÃO GORCEIX
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA DO PETRÓLEO





Área de Atuação Geologia do Petróleo

Sistemas Petrolíferos Remasterização de Dados Sísmicos

Vetorização Linhas Sísmicas

Rede de Dados Geofísicos RDG

CONTATO: Fundação Gorceix - DEPETRO
Rua Carlos Walter Marinho Campos, nº57, Vila Itacolomy
CEP:35400-000 Ouro Preto - Minas Gerais - Brasil
Telefones: (31) 3559 - 7100/ 3559 - 7144

Presidente Francisco Aquino analisa seu mandato no biênio 2013 – 2015



Foto: Bruna Vaz Mattos

Como voce avalia a gestão da Diretoria 2013/2015?

Uma das grandes virtudes de nossa sociedade, e talvez esta seja uma das explicações do grande projeção e força de nossa sociedade, é a capacidade de dar continuidade a ações e projetos ao longo de vários anos, mesmo com a alternância de diferentes diretorias e profissionais na condução da SBGf, onde cada diretoria contribui para a construção de uma sociedade mais ativa e participativa, mantendo sempre o bem comum de nossa comunidade acima dos interesses e projetos setoriais e pessoais. Neste sentido, entendemos que a gestão da diretoria 2013/2015 atingiu seus objetivos e manteve esta tradição de dar continuidade as ações implantadas e planejadas, dentre as quais podemos citar a modernização e profissionalização da gestão do escritório sede da SBGf, a implantação do programa de educação continuada da SBGf (SBGF-Educ), a continuidade da promoção dos eventos técnicos de alto nível, a continuidade da publicação de livros, a regularização de nossa revista científica (RBGf) e Boletim e a divulgação da ciência geofísica junto a sociedade brasileira com a exposição "O que é Geofísica?" e a luta pela regulamentação da profissão de geofísico.

Quais foram os esforços que merecem destaques nesta gestão?

Gostariamos de destacar algumas ações que foram empreendidas pela diretoria 2013/2015:

E Na área de modernização e profissionalização do escritório sede da SBGf?

Empreendemos uma ampla modernização da infraestrutura de comunicação, sistemas e infra estrutura do escritório da SBGf, necessárias para dar a equipe de colaboradores da SBGf as condições adequadas de trabalho para melhor atendimento aos associados. Também realizamos uma melhoria na gestão interna na SBGf com o aperfeiçoamento de nossos processos administrativos e financeiros, tanto do ponto de vista de melhoria de processos e produtividade como do ponto de vista de adequação e conformidade as diversas legislações que regulamentam a existência de uma sociedade. Gostaria de registrar nesta entrevista meu reconhecimento e admiração pela estimada contribuição de nosso Secretário Geral Simplício Freitas, que com muita dedicação e competência comandou e realizou esta transformação de gestão na SBGf.

Na área de promoção de eventos técnicos

Mantivemos o compromisso de promover eventos técnicos de qualidade e alinhados as necessidades de nosso associados e do mercado profissional: (i) Em 2013, foi realizado o Workshop conjunto com a EAGE - "Fractures in Conventional an Unconventional Reservoirs"; (ii) Em 2014, foram realizados o V Simpósio Brasileiro de Geofísica da SBGf, em Porto Alegre, o 16th Internacional Workshop on Seismic Anisotropy- IWSA e o Workshop conjunto com a EAGE - "Broad Band Seismic - from theory to real examples and the road ahead", (iii) Em 2015, realizamos pela primeira vez a conferência Brazilian Petroleum Conference - BPC em conjunto com a ABGP, SPE Brazil e SPWLA Brazil, e estamos na eminência da realização do 14th Congresso Internacional da SBGf, no Rio de Janeiro.

E Na área de publicações e Educação?

Na área de publicações demos continuidade ao processo de migração

da Revista Brasileira de Geofísica para a língua inglesa, normalizamos a publicação da revista e do Boletim e ainda publicamos os livros Propriedades Físicas das Rochas - Prof Olivar de Lima e o livro Fundamentos do Método Magneto Telúrico na Exploração de Hidrocarbonetos - Paulo de Tarso.

Iniciamos o programa de educação continuada da SBGf, denominado SBGf Educ, com o oferecimento dos dois primeiros cursos, o primeiro realizado em junho 2015 - Método Magnetotelúrico: Teoria, Processamento e Interpretação e um segundo já programado para Setembro de 2011, sobre Introdução à interpretação sísmica. Aproveitamos novamente para registrar nossos elogios e agradecimento a todos que participaram da comissão de educação continuada da SBGf, que viabilizaram a implantação deste programa, e em especial a condução e trabalho realizadas pelo Marcos Schinelli e ao Jorge Dagoberto. Ainda na área de educação, mantivemos nossas parcerias históricas com a SEG e a EAGE, apoiando e operacionalizando a realização dos programas de educação continuada no Brasil da SEG (Honorary Lecture 2013 e 2014 e DISC 2013 e 2014).

E Na área institucional?

Demos continuidade ações de ampliação do fundo SBGf, aumentando a parceria entre a SBGf e as empresas que atuam no mercado de geofísica no Brasil, elevando para 10 o número de empresas que aderiram ao Fundo SBGf. Realizamos ações no sentido de aprimorar e aumentar nossa participação em eventos ligados a área de mineração, com o retorno da participação institucional da SBGf no VI Simpósio Brasileiro de Exploração Mineral (Simexmin), realizado em Ouro Preto e nos 23th e 24th International Geophysical Conference - ASEG, realizados na Austrália. Mantivemos nossas participações institucionais na Rio Oil & Gas e na OTC Brasil, além da tradicional participação nos congressos anuais da SEG e da EAGE e do nosso programa de patrocínio a realização das semanas de geofísicas nas universidades Firmamos parceria com a CPRM para a incorporação da exposição "o que é geofísica?" ao acervo permanente do Museu de Ciências da Terra, no Rio de Janeiro e iniciamos entendimentos com a Escola de Minas da Universidade de Ouro Preto - UFOP, para também incorporar esta exposição ao acervo permanente do Museu Ciência e Técnica de Ouro Preto. Recentemente, também firmamos parceria com o Portal Geofísica Brasil, para ampliação e aperfeiçoamento de nossa divulgação institucional e iniciamos entendimentos com a PUC-RIO, visando firmar parceria na área de desenvolvimento de sistemas para a gestão das atividades da SBGf e eventos.

Quais ações foram realizadas para a regulamentação da Profissão de Geofísico?

Realizamos inúmeros contatos com os Senadores responsáveis pela tramitação do projeto de lei de regulamentação da profissão de geofísico, buscando reforçar a importância deste tema para a comunidade geofísica, mas infelizmente não conseguimos que o projeto fosse incluído na pauta de votação do senado antes do final da legislatura de 2014 eo projeto de lei expirou seu tempo de tramitação e foi arquivado em definitivo.

Em 2015 retomamos as ações de regulamentação da profissão e fomos, acompanhado de comitiva com representantes das Universidades de Geofísica, entregar em mãos ao Senador Romário - RJ, a proposta de submissão de novo projeto de lei para a regulamentação da profissão de geofísicos. Também criamos uma comissão permanente da SBGf para tratar da regulamentação da profissão de geofísico, formada por representantes de várias universidades de geofísica, com o objetivo de dar mais representatividade e mais força na luta pela regulamentação da profissão de geofísico.

In Memoriam – Sérgio Possato

Nesta edição, o Boletim SBGf presta homenagem ao geofísico que contribuiu, em vida, de forma inestimável para o avanço da ciência no Brasil.

Foto: Arquivo SBGf



Nascido na pequena cidade de Dom Silvério, na Zona da Mata de MG, **Sérgio Possato** veio para o Rio de Janeiro após concluir o ensino médio. Trabalhando em banco e em outros empregos para se sustentar, fez pré-vestibular e ingressou no Curso de Geologia da UFRJ, concluído em 1972 com muitos sacrifícios.

Ingressou na Petrobras, onde trabalhou por 26 anos, inicialmente como estagiário de Geofísica na Bahia. Posteriormente, já na sede da empresa, no Rio de Janeiro, Possato destacou-se como intérprete sísmico na Bacia de Campos, na fase de intensas atividades após as primeiras descobertas de petróleo nesta bacia.

Por sua capacidade técnica e habilidade gerencial, galgou posições de destaque no Departamento de Exploração (DEPEX), sendo Chefe de Setor e de Divisão das Bacias da Margem Equatorial Brasileira, Superintendente Geral do Distrito de Belém (DENOR) e, retornando à sede, Superintendente Adjunto do DEPEX e Gerente Geral de Reservas e Reservatórios do E&P.

Após se aposentar na Petrobras, Possato passou a integrar os quadros da Agência Nacional do Petróleo (ANP), onde foi Superintendente de Dados de E&P, sendo o responsável pela criação do Banco de Dados de Exploração e Produção (BDEP) da Agência.

Depois da ANP, Possato fundou, com sócios, a empresa Stratageo Soluções Tecnológicas, especializada na prestação de serviços geológicos e geofísicos para a indústria petrolífera. Em 2010 foi cofundador da Ouro Preto Óleo e Gás, uma empresa integrada de energia, com foco nas atividades de exploração e produção de petróleo e gás natural, sendo inicialmente seu Diretor de Exploração e, posteriormente, o Diretor Geral. Com problemas de saúde afastou-se das funções executivas e passou a integrar o Conselho da empresa.

Possato veio a falecer no dia 4 de julho último, três dias antes de completar 72 anos de idade, deixando os filhos Serginho e Rafael, noras e netos. À família, os colegas manifestam o mais profundo pesar.

PARECE COISA DO FUTURO. MAS É REALIDADE.

PETROBRAS. VENCEDORA DO OTC AWARD 2015.
O prêmio de tecnologia mais importante da indústria mundial de óleo e gás é nosso.

[facebook.com/petrobras](https://www.facebook.com/petrobras)
twitter.com/petrobras
[linkedin.com/company/petrobras](https://www.linkedin.com/company/petrobras)
petrobras.com.br/fatosedados

CONHEÇA MAIS SOBRE AS TECNOLOGIAS PREMIADAS:
WWW.PETROBRAS.COM.BR/TECNOLOGIASDOPRESAL

PETROBRAS

Ministério de Minas e Energia

GOVERNO FEDERAL
BRASIL
 PÁTRIA EDUCADORA

o desafio é a nossa energia

ENTREVISTA

Entrevista com Celso Luiz Garcia Diretor-geral do Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM)

Por Bruna Vaz Mattos

Em cerimônia realizada dia 8 de junho na sede do Ministério de Minas e Energia, **Celso Luiz Garcia** tomou posse como novo diretor-geral do Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), pelo secretário-executivo do MME, Luiz Eduardo Barata. O DNPM é a agência reguladora da mineração, responsável pelas concessões de pesquisa e lavra, assim como pela fiscalização das atividades das empresas do setor mineral. O DNPM não realiza atividade de fomento desde que essa atribuição foi passada a CPRM (Serviço Geológico do Brasil).

A SBGf entrevistou Celso Garcia e convidou o novo diretor a expor seu ponto de vista sobre temas relevantes para a geofísica. Uma das questões abordadas é se o DNPM pretende voltar a liberar novos alvarás de pesquisa antes da votação do novo Marco Regulatório da Mineração que está em tramitação no Congresso Nacional, visto que a ausência de novas áreas praticamente paralisou a atividade exploratória do país, com consequências para as empresas de serviços, eliminando oportunidades de emprego dos geofísicos que estão entrando no mercado.

O senhor poderia comentar sobre a relação entre a disponibilização de dados aerogeofísicos (principalmente os magnético/gamaespectrométricos) e o aumento da quantidade de pedidos de pesquisa nas áreas onde estes dados foram disponibilizados?

Sim, o caso que mais caracteriza esse fato, aliás, o primeiro, foi quando o Estado de Goiás disponibilizou os dados do Programa Levantamento Aerogeofísico Arco Magmático de Arenópolis, Arco Magmático de Mara Rosa, Faixa Brasil Sul e Oeste do Arco Magmático de Mara Rosa. O protocolo do DNPM/Goiás recebeu 70% a mais de Requerimentos de Pesquisa nas áreas abrangidas por esse Programa. Sem citar os casos de sucesso como a disponibilização dos dados aerogeofísicos de Minas Gerais e Bahia. Também quero aqui lembrar que a CPRM começou este mês de julho a disponibilizar dados aerogeofísicos de alta resolução no formato XYZ para folhas na escala 1:100.000, padrão IBGE. Com essa iniciativa, o Governo Federal busca incentivar o uso de seus produtos ao atender uma demanda de pequenas empresas e mineradores.

O RENCA (Reserva Nacional do Cobre) foi criado durante o regime militar através de um decreto que suspendeu as concessões a diversas empresas, e se tornou um “nó” jurídico que até hoje não foi desatado. O Governo pretende liberar as áreas do RENCA para iniciativa privada ou estas áreas estão sendo preservadas para futuramente ser licitadas?

A Reserva Nacional de Cobre foi criada pelo Decreto nº 89.404, de 1984, ainda no governo militar, olha que já se passaram 31 anos desde sua criação. A área

está compreendida entre os paralelos 01°00'00" de latitude norte e 00°40'00" de latitude sul, e os meridianos 052°02'00" e 054°18'00" de longitude oeste, no Estado do Pará e no então Território Federal do Amapá, hoje Estado do Amapá. No bojo do Novo Marco Regulatório da Mineração, que está em tramitação no Congresso Nacional, mais especificamente na Comissão Especial de Mineração da Câmara dos Deputados, está a criação do Conselho Nacional de Política Mineral - CNPM, órgão de assessoramento da Presidência da República na formulação de políticas para o setor mineral, que terá a incumbência de definir as áreas cujas concessões de direitos minerários teriam prévios procedimentos licitatórios e assinatura de contratos de concessão. Logo, entendemos que a RENCA se enquadra por esse aspecto, mas a definição será feita pelo CNPM, não quero portanto, nada antecipar nesse sentido, somente o CNPM poderá definir esta questão.

Visto que a ausência de novas áreas de pesquisa praticamente paralisou a atividade exploratória do país, com consequências para as empresas de serviços, eliminando oportunidade de emprego para os geofísicos que estão entrando no mercado e não encontram emprego, o DNPM pretende voltar a liberar novos alvarás de pesquisa para antes da votação do novo Marco Regulatório da Mineração?

O DNPM já retomou a publicação dos Alvarás de Pesquisa, vejamos os números: em 2012, ano em que houve uma diminuição da publicação desses títulos, foram outorgados 8.860 Alvarás. Veja que em 2014 foram publicados 12.215, um aumento de 38% na expedição desses títulos, portanto, estamos retomando a sua normalidade.

Ao assumir o cargo, você comentou que já iniciou os trabalhos antes da posse. Quais são as suas metas a frente do DNPM?

Isso mesmo, tenho como metas principais: acompanhar a discussão/aprovação do Marco Regulatório do Setor Mineral, contribuindo para a criação do Conselho Nacional de Política Mineral; promover a transformação da autarquia em Agência Nacional de Mineração (ANM), após aprovação do novo Marco Regulatório; aprimorar os mecanismos de fiscalização das atividades de mineração de forma a assegurar o aproveitamento sustentável dos recursos minerários; intensificar as boas práticas desenvolvidas na fiscalização e cobrança da Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerários - CFEM, dotando-as dos avanços tecnológicos necessários; Implantar, em sintonia com as diretrizes do Governo Federal, o Processo Eletrônico Nacional (PEN), de forma a possibilitar uma gestão eficiente, transparente e ágil, bem como assegurar o tratamento

adequado à documentação física existente; promover a consolidação, a revisão, atualização técnica e jurídica de atos normativos editados pelo DNPM visando disciplinar, uniformizar e sistematizar procedimentos técnicos e legais necessários à aplicação do Código de Mineração e legislação correlata; Dar continuidade às ações de revitalização e modernização da infraestrutura física da Autarquia, contratando a execução do projeto de reforma do edifício sede em Brasília/DF e de oito Superintendências (Rio Grande do Norte, Roraima, Mato Grosso, Paraná, Rio Grande do Sul, Pará, Rondônia e São Paulo); reduzir o passivo processual das demandas relacionadas à fase de lavra e de relatórios finais de pesquisa; priorizar a fiscalização de empreendimentos minerais de acordo com o estabelecido na Política de Governo; Atualizar e virtualizar a publicação do Anuário Mineral Brasileiro - AMB; realizar concurso público para provimento de pessoal; adequar o orçamento às necessidades da Autarquia. Estas são as principais metas que estabelecemos.



Cadastre-se no LinkedIn
da SBGf



Celso Luiz Garcia é graduado em direito pela Faculdade Milton Campos de Belo Horizonte/MG. Especializou-se em Ciências Políticas e Estratégias Nacionais pela Associação dos Diplomados da Escola Superior de Guerra - ADESG, em 1988. Em 1975, ingressou no serviço público por meio da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM). Em 1983, passou a fazer parte do quadro de servidores do DNPM, onde exerceu ao longo de sua carreira várias atividades profissionais. De 1996 a 1999, foi chefe do Distrito do DNPM no Estado de Minas Gerais. Com sua aposentadoria em 2009, exerceu a advocacia até 2011. De 2011 até a sua nomeação como diretor-geral da autarquia, em 29/05/2015, exerceu o cargo de superintendente da instituição no Estado de Minas Gerais.



Uma empresa **brasileira** fornecedora de serviços e produtos no setor de **óleo & gás e mineração**.

Nossos Serviços:

- Gerenciamento de Dados de E&P
- Projeto de Aquisição Sísmica
- Interpretação Geológica e Geofísica
- Avaliação de Prospectos e Reservas
- Estudos Multiclientes
- Sistema de Gestão de Conteúdo Local
- Portal de informação de E&P - Geopost

www.geohub.com.br

+55 21 3535.9664 | contato@geohub.com.br



ESPECIAL

Mudanças Climáticas

Como a dinâmica do Planeta, os ciclos solares e a ação humana, estão relacionados com às mudanças no clima da Terra? Convidamos quatro profissionais especializados no tema para discorrer suas opiniões sobre o assunto. São eles: Igor Pacca (IAG – USP), Everton Frigo (UNIPAMPA), Ana Luiza Albuquerque (LOOP –Uff) e Gilvan Sampaio (INPE).

Ações antrópicas como a queima de combustíveis fósseis, o desmatamento, grandes áreas construídas e outras causas que possam aumentar a quantidade de CO₂, são prejudiciais ao meio ambiente e podem modular influências no clima. Segundo o especialista e professor do Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo, Igor Ivory Gil Pacca, instituições como o IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) vem procurando mitigar os prejuízos. “Entretanto, os geocientistas que vêm estudando a evolução do planeta em escala de milhões de anos sabem que a Terra tem passado por várias catástrofes naturais que alteraram muito o meio ambiente e afetaram todas as formas de vida existentes” acrescenta **Igor Pacca**.



Foto: Arquivo Pessoal

Estudos paleoclimáticos têm como objetivo a compreensão de variações climáticas operantes em diferentes escalas de tempo e alcance espacial, e vêm sendo conduzidos sobre registros que vão desde o passado geológico profundo até períodos recentes até cerca de 12 mil anos, quando teria terminado o último período glacial. Um aspecto que ilustra a importância de tais esforços, é o conjunto de evidências de que grandes alterações climáticas teriam influenciado o cotidiano do homem moderno significativamente em episódios distintos – como entre os anos de 900 a 1.300, período denominado de “Aquecimento Global Medieval”, e a chamada “Pequena Idade do Gelo”, entre 1.450 e 1.850 (cujo período mais frio coincidiu com uma significativa redução da atividade solar observada entre 1645 e 1715 – o chamado “Mínimo de Maunder”).

Assim, é essencial uma melhor compreensão acerca dos processos responsáveis pelo grande leque de variabilidades climáticas, de maneira a melhor prever as possíveis perturbações à vida na Terra – e, portanto, à Humanidade. Ainda que não seja o único, a dinâmica planetária é um fator preponderante para mudanças climáticas observadas ao longo dos milênios na Terra. “Os dados que temos disponíveis até hoje indicam que as variações climáticas, ocorridas durante a maior parte da história do planeta, são devidas a forças climáticas naturais” diz **Everton Frigo**,



Foto: Arquivo Pessoal

o coordenador do curso de geofísica da Universidade Federal do Pampa – UNIPAMPA. De fato, o planeta ao longo de sua evolução nos 4.57 bilhões de anos de sua existência ultrapassou uma enorme série de mudanças e variabilidades climáticas. Diversos fatores estão relacionados a essa dinâmica de mudanças e os aspectos da geometria orbital descritos por Milutin Millankovitch exercem papel fundamental, modulam o clima em ciclos glaciais e interglaciais, como ocorrem desde o início do Período Quater-

nário. Condição semelhante ocorreu no Período Carbonífero, quando mais de 100 ciclos glaciais e interglaciais podem ser reconhecidos no registro sedimentar (ciclotemas). “Vale ainda ressaltar que acrescido à variabilidade orbital descrita por Millankovitch, o balanço de energia da Terra também pode ser afetado por variabilidades solares, as quais são condicionadas pelos processos de nucleossíntese (reações de fusão nuclear que foram elementos químicos no SOL), e que produzem fases de maior ou menor intensidade solar” acrescenta **Ana Luiza Albuquerque**, professora do Laboratório Oceanografia Operacional e Paleoceanografia, LOOP.



Foto: Arquivo Pessoal

Do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), Centro de Ciência do Sistema Terrestre, o especialista **Gilvan Sampaio** de Oliveira diz que além dos ciclos de Milankovitch, grandes erupções vulcânicas, como a do monte Pinatubo-Filipinas em 1991, do El Chichón-México em 1982 e do Tambora-Indonésia em 1815, provocaram pequeno resfriamento do planeta, em virtude da grande quantidade de aerossóis lançados na atmosfera. “Outro fator que contribui para mudan-



Foto: Arquivo Pessoal

ças climáticas naturais são as emissões de aerossóis naturais na atmosfera (sal marinho, de fontes minerais, de incêndios florestais de origem natural), pois tais aerossóis podem induzir mudanças na quantidade de radiação que chega à superfície e também mudanças na composição de formação de nuvens”, afirma o Doutor e Mestre em Meteorologia.

Os ciclos solares vêm sendo associados às variações do clima há muito tempo, pois periodicidade típica da variabilidade solar tem sido detectada em diversas séries temporais de variáveis meteorológicas. No entanto, as variações climáticas observadas nesta escala de tempo não poderiam ser explicadas unicamente pela variação na quantidade de energia fornecida pelo Sol durante o ciclo de 11 anos, conforme apresentado, por exemplo, em artigo publicado em 1975 por Robert Dickinson. No mesmo trabalho, Dickinson sinaliza que estas variações climáticas poderiam ser fenomenologicamente indiretamente relacionadas com a variabilidade solar, através de processos relacionados às variações no fluxo de raios cósmicos galácticos (RCG).

Os RCG são a principal fonte de ionização na baixa atmosfera e consistem de partículas que possuem predominantemente carga elétrica positiva e são moduladas pela atividade solar. Nos máximos solares, o campo magnético do Sol está mais intenso, dificultando assim a penetração dos RCG até à baixa atmosfera e, portanto, diminuindo a ionização. Nos períodos de mínima atividade solar ocorre o inverso, produzindo

um acréscimo de ionização. Como a ionização é parte importante no processo de formação de nuvens e estas têm um papel significativo no balanço energético da Terra, este mecanismo indireto pode explicar as variações climáticas observadas em escala temporal decadal, multidecadal e maiores. O processo físico ligando os RCG às variações climáticas foi sugerido por Svensmark e Friis-Christensen em 1997 e, posteriormente, refinado por Svensmark (2007). De acordo com este mecanismo, o acréscimo de ionização está ligado ao aumento da cobertura de nuvens baixas.

“Desde a década de 1990, vários trabalhos têm investigado a presença de ciclos característicos dos RCG nos dados climáticos em várias escalas de tempo. Em escala decadal e multidecadal, os estudos concentram-se na avaliação da presença de periodicidade de ~11 anos, ligadas ao ciclo de atividade solar e, de ~22 anos, relacionada com a inversão da polaridade magnética do Sol. Além destes, estudos também investigam a presença de sinais característicos dos RCGs em dados paleoclimáticos, sendo as periodicidades encontradas geralmente associadas aos ciclos solares mais longos como os ciclos de Gleissberg (70-100 anos), de Suess (~200 anos) e periodicidades associadas ao movimento do Sistema Solar dentro da Galáxia”, afirma Everton Frigo.

Além de serem influenciados pela atividade solar em escala temporal, os RCG que chegam até a atmosfera da Terra são influenciados espacialmente pela configuração do campo magnético de nosso Planeta. Nas regiões polares, o campo magnético da Terra (CMT) é predominantemente vertical, o que facilita a penetração dos RCG. Por outro lado, na região equatorial, o CMT é predominantemente horizontal, dificultando assim a entrada dos RCG. Em regiões onde a intensidade do CMT é significativamente mais baixa, como é o caso da região da Anomalia Magnética do Atlântico Sul (AMAS), que cobre boa parte do território brasileiro, os efeitos associados aos RCG podem ser intensificados. O trabalho de Frigo e colaboradores, apresentado em 2013, indicou que o efeito dos RCG sobre a temperatura anual média foi mais significativo nas proximidades do centro da AMAS, que é a região da superfície terrestre onde o campo geomagnético apresenta sua menor intensidade. No entanto, estes resultados iniciais ainda carecem de muitas análises complementares, principalmente utilizando-se dados de outras posições e de outras variáveis meteorológicas. Também, as variações lentas do CMT, em escalas de tempo secular ou maior, afetam a entrada de RCG até a atmosfera.

O debate científico acerca da possível influência dos RCG sobre o clima segue bastante intenso, sendo que ainda não é possível confirmar integralmente ou refutar integralmente a participação dos RCG como agentes moduladores do clima terrestre. Para se entender, com mais detalhes, a real contribuição dos RCG para o clima terrestre ainda são necessários muitos estudos baseados em dados climáticos, paleoclimáticos e experimentais. Outros mecanismos, ligando as variações na atividade solar ao clima, são sugeridos por alguns autores como, por exemplo, as variações da radiação ultravioleta durante os ciclos solares, porém, não tenho informações suficientes para comentar sobre tais mecanismos.

A geometria orbital, segundo Ana Luiza, parece ser extremamente importante e moduladora dos ciclos climáticos que a Terra enfrenta e isso pode ser particularmente notado pelos ciclos glaciais e interglaciais que a Terra enfrenta nos últimos 2,5 milhões de anos. No entanto, fatores internos ao planeta,

ou seja, aqueles relacionados aos compartimentos litosfera, atmosfera, hidrosfera e biosfera (incluindo aí as atividades humanas), podem também produzir significativos efeitos sobre o clima global. “Um bom exemplo disso é o impacto da deriva continental sobre a distribuição de energia no planeta, através de alterações no sistema de correntes marinhas (circulação termohalina), produzindo sérias consequências no balanço de energia da Terra. A formação das calotas polares Antártica e Ártica durante o Neógeno e Paleógeno são bons exemplos”, explica a professora.

Já as mudanças climáticas que seguem ciclos glaciais e interglaciais são observadas em registros sedimentares marinhos ou em testemunhos de gelo. Segundo Ana Luiza, em ambos os casos, as análises dos isótopos do elemento oxigênio (da água ou de carbonatos marinhos) demonstram claramente alterações marcantes entre os estágios glaciais e interglaciais. Nesse sentido, durante os estágios glaciais, os isótopos leves do oxigênio (prioritariamente 16O) ficam retidos nas geleiras e deixando a água do mar enriquecida em isótopos mais pesados (18O). Nessa condição, a precipitação de carbonatos por organismos marinhos que ocorrem em equilíbrio isotópico reflete essa condição. O oposto, ou seja, um empobrecimento nos isótopos pesados da água, ocorre durante o interglacial. Essas mudanças cíclicas são marcadamente verificáveis no registro sedimentar marinho e conhecidas como MIS (Marine Isotope Stages) que marcam as variações entre os glaciais e interglaciais do Período Quaternário.

Os principais fatores apontados como responsáveis pela “Pequena Idade” do Gelo ocorrida entre os anos de 1450 e 1850, que marcaram a Idade Média, especialmente documentada na Europa, são a baixa atividade solar observada naquela época, intensificação da atividade vulcânica, mudanças nos padrões da circulação oceânica, uma alteração climática inerente ao sistema climático terrestre e, até mesmo, a diminuição da população humana verificada no período.

“Atualmente, não se pode creditar à ocorrência da Pequena Idade do Gelo exclusivamente à atividade solar. No entanto, é aceitável que a baixa atividade solar naquele período possa ter desencadeado, ou contribuído muito para tal, uma sequência de fenômenos que levaram à diminuição da temperatura e umidade em regiões do hemisfério norte. Por outro lado, resultados da análise de dados do indicador paleoclimático 18O apresentados por Vuille e colaboradores em 2012, obtidos no sul do Estado de São Paulo, mostraram que nesta região do Brasil o clima foi bastante úmido no período coincidente com a Pequena Idade do Gelo”, afirma Everton Frigo. Assim, a resposta climática a esta mudança no padrão da atividade solar, se confirmada, se manifesta de forma diferente em diferentes regiões do Planeta.

Em artigo publicado em 2003 – *New Little Ice Age Instead of Global Warming?*, Theodor Landscheidt afirma que, ao contrário do que especulou o IPCC, antevendo que a ação do homem irá produzir variação de 5.8oC de aquecimento global dentro dos próximos 100 anos, a análise de dados da variação da atividade solar observada em dois mil anos sugere, na verdade, um longo período de esfriamento do clima na Terra, com sua fase mais aguda ocorrendo em torno de 2030. “Neste contexto, alguns pontos devem ser levados em conta. Em primeiro lugar, os efeitos climáticos devidos a atividades humanas ocorrem há muito pouco tempo se tomarmos como base a escala de tempo geológica. Assim, é muito difícil quantificar com exatidão o tamanho da influência das atividades

ESPECIAL

humanas sobre o clima no futuro. Em segundo lugar, não sabemos ainda se o forçante solar é a principal causa para as mudanças climáticas observadas na Terra. Em terceiro lugar, este decréscimo da atividade solar até 2030, é obtido baseado num modelo matemático, que pode se confirmar ou não. Caso se confirme, realmente a atividade solar será extremamente baixa em 2030. Neste caso, esta queda na atividade solar somente influenciará o clima de forma significativa, se, de fato, a atividade solar for um forçante climático importante.”

Já a professora Ana Luiza afirma que dentre essas visões, a princípio antagônicas, existe uma importante consistência relativa à eminência de alguma importante mudança no sistema climático da Terra. Por uma configuração orbital, a Terra recebe muito mais radiação nas regiões equatorial e tropical, e há um déficit de energia nas regiões temperadas e polares. Nesse sentido, os mecanismos de distribuição de energia são fundamentais para evitar um desequilíbrio energético no planeta. Dentre esses mecanismos, a circulação oceânica e atmosférica atuam como distribuidores de energia e consistem, assim, como um dos aspectos mais importantes para a manutenção do clima no planeta. Com base nesse conceito, Rahmstorf e colaboradores, publicaram em Março de 2015 na revista Nature Climate Change um estudo que comprova que ao longo dos últimos 30 anos há uma significativa desaceleração da circulação termohalina, que representa a principal forma de transferência de calor entre as baixas e altas latitudes. “Essa condição, já documentada durante os eventos glaciais no passado geológico, promoveria um aprisionamento de energia nas regiões tropicais e, conseqüentemente, um resfriamento nas altas latitudes, o que potencialmente poderia gerar o início de uma nova glaciação. O mais incrível é que é possível que o atual aquecimento nas temperaturas globais

possa ser o principal motor que gerará uma futura glaciação. Isso acontece porque, sendo a circulação marinha promovida por diferenças de temperatura e salinidade entre as águas superficiais e profundas, o degelo das calotas polares no Ártico introduzem águas pouco salinas no oceano, diminuindo as diferenças de salinidade e portanto a intensidade da circulação”, conclui a professora.

Gilvan Sampaio diz que existem as mudanças climáticas naturais que são ocasionadas principalmente pelos fatores apresentados acima e que têm influência na escala de milhares de anos, mas também existem as mudanças climáticas antropogênicas, que são ocasionadas pela influência das atividades humanas no clima do planeta. As mudanças climáticas antropogênicas estão associadas ao aumento da poluição por: queima de combustíveis fósseis, queimadas, desmatamento, formação de ilhas de calor, etc. A partir do final do século 19 e no século 20 há um aumento significativo da produção industrial e um crescente aumento da quantidade de poluentes na atmosfera, sobretudo nos últimos 80 anos, com o aumento da quantidade dos chamados gases estufa na atmosfera, tais como o dióxido de carbono (CO₂), o metano (CH₄) e os óxidos de nitrogênio (NO_x) e, portanto, isso provocou uma intensificação do efeito estufa.

“Com isso, há também um crescente aumento da temperatura média global, o que é chamado de aquecimento global. Nos últimos 650.000 anos a quantidade de dióxido de carbono na atmosfera variou entre 180 e 280 partes por milhão por volume (ppmv), ou seja, entre 0,018% e 0,028%. Entretanto, durante os últimos 100 anos a quantidade deste gás aumentou para cerca de 400 ppmv. Cerca de 80% do aquecimento global atual é devido ao CO₂”, explica Gilvan. Existem evidências obtidas por meio de observações de todos os continentes e dos

TUTTI Design

A ECOPETROL acredita no Brasil, PORQUE acredita NO FUTURO.

Para a Ecopetrol, investir no Brasil é acreditar no potencial de um país que ocupa lugar de destaque na Exploração e Produção de Petróleo. Assim, a Ecopetrol, reconhecida por pautar suas ações no equilíbrio econômico-financeiro e na sustentabilidade, deposita sua inteira confiança no Brasil ao priorizá-lo na sua política de investimentos internacionais.



Ecopetrol. Somando forças
para parcerias de sucesso.

contato@ecopetrol.com.br
www.ecopetrol.com.co

ecopETROL
BRASIL

oceanos que mostram que muitos sistemas naturais estão sendo afetados pelas mudanças climáticas antropogênicas, principalmente associadas ao aumento de temperatura. Os extremos climáticos também estão mais frequentes (episódios com chuva intensa, secas mais intensas e/ou mais prolongadas, ondas de calor, entre outros).

É possível realizar projeções para as próximas décadas e até um século, mas não previsões. Principalmente a partir da década de 1990 os computadores foram aperfeiçoados ainda mais e os modelos numéricos também, e a partir de então foi possível fazer projeções do clima futuro para avaliar os possíveis impactos do aquecimento global no planeta. “A modelagem de cenários climáticos em grande escala consome enormes recursos computacionais e é tão cara que em cada ano apenas alguns experimentos podem ser realizados em todo o mundo, e estes só podem ser feitos em poucos países”, explica Gilvan.

A modelagem de cenários climáticos deve considerar vários processos físicos que são relevantes para a escala de meses a décadas ou mais. Os processos físicos devem ser acoplados, e devem simular não somente a atmosfera e os oceanos, mas também um amplo range de processos químicos, biológicos, geofísicos, e feedbacks associados. Assim, a atual geração de modelos é chamada de Modelos do Sistema Terrestre e podem ser utilizados tanto para a previsão de tempo como também para estudar a variabilidade climática e as influências humanas, associadas às emissões de gases de efeito estufa ou às mudanças de usos da terra. A habilidade desses modelos para reproduzir as condições climáticas atuais pode oferecer uma ideia do grau de incerteza nas projeções dos cenários climáticos futuros, além de permitir a análise do grau de variabilidade entre eles.

Até mesmo os modelos mais sofisticados são representações aproximadas de um sistema muito complexo, de forma que ainda não são infalíveis na projeção do clima futuro. Os modelos do sistema terrestre são usados como ferramentas para a realização de projeções futuras do clima, como consequência de futuros cenários de forçamento climáticos (gases de efeito estufa, aerossóis, usos da terra). “Sabe-se que existe um grau de incerteza do futuro cenário climático do planeta e isso se deve principalmente às diferenças observadas nos modelos utilizados nas projeções climáticas para o século XXI. Em geral, são utilizados diversos modelos para poder avaliar a variabilidade entre modelos do sistema terrestre e assim, conhecer e interpretar todos os possíveis cenários, levando em conta a dispersão entre os resultados dos modelos”, explica Gilvan. Desta maneira, poder-se-ia tentar uma redução de incertezas das projeções considerando não só um, mas vários cenários de vários modelos.

Para a realização de projeções futuras do clima, os modelos do sistema terrestre são forçados por um conjunto de condições de contorno determinados por cenários de emissões antropogênicas de dióxido de carbono e outros gases radiativamente ativos. Tais cenários de emissões representam uma faixa de desenvolvimento socioeconômico e suas emissões associadas baseiam-se em projeções da população, desenvolvimento sócio-econômico, produto interno bruto, usos e fontes de energia, entre muitos outros parâmetros, ou seja, tais cenários tentam representar as diferentes possibilidades de desenvolvimento futuro da humanidade a partir de vários indicadores. Esse cenários de emissões de GEE são propostos pelo

IPCC (Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas) através de seu Relatório Especial sobre Cenários de Emissões (SRES - “Special Report on Emissions Scenarios”). Porém, há duas grandes fontes de incertezas associados a estes modelos. A primeira é que não se sabe precisamente a trajetória futura das emissões dos GEEs na atmosfera, que depende de decisões humanas sobre o caminho social, econômico e ambiental desejado e que de fato venha a ser implementado.

“A segunda fonte de incerteza advém do fato de que os modelos matemáticos são representações imperfeitas do real: não à toa, diferentes modelos climáticos diferem substancialmente em suas projeções para o clima do futuro, dado o mesmo cenário de evolução das concentrações de GEE na atmosfera”, continua o especialista.

Dentre as conclusões divulgadas no quinto Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental sobre as Mudanças Climáticas-AR5 (IPCC, 2013) destaca-se aquela que relata que os processos que afetam o clima podem apresentar considerável variabilidade natural, exibindo variações de quase-periódicas a caóticas, em diferentes escalas espaciais e temporais. As variabilidades naturais do clima ocorrem em amplo espectro temporal, desde a escala de centenas/dezenas de milhares de anos até a escala anual/interanual, resultando em múltiplos estados do clima, os quais podem ser exemplificados pelos estágios dos ciclos glacial-interglacial em escala de tempo de dezenas/centenas de milhares de anos, ou mesmo pelos modos de variabilidade interna observadas no El-Niño-Oscilação Sul (ENSO) na escala de tempo interanual ou mudanças do ciclo anual, por exemplo, associado ao ciclo das monções nas regiões tropicais e subtropicais. Mudanças entre os estados do clima resultam da variabilidade interna do complexo sistema climático, que é controlada pelas não linearidades intrínsecas aos compartimentos do sistema climático (atmosfera, oceanos, criosfera e biosfera) ou à interação entre esses compartimentos, ou das respostas do clima em função dos processos de retroalimentação frente as forçantes externas (por ex., variabilidade orbitais e atividade solar). Além disto, as relações entre a variabilidade natural, as forçantes climáticas externas (como as variações orbitais e a variabilidade solar), internas (vulcanismo, CO₂, circulações oceano-atmosféricas) e suas retroalimentações revelam a complexidade da dinâmica do sistema climático, cujo entendimento é crucial para a avaliação das mudanças climáticas devido ao efeito antropogênico (por ex., a emissão de gases de efeito estufa, mudanças das propriedades físicas da superfície da terra, aerossóis) e predição do clima futuro. Por fim, o IPCC-AR-5 confirma que provavelmente a frequência e intensidade de eventos extremos do clima aumentarão (ou seja, variabilidade intensificada), e que modelos climáticos com alta resolução espacial e temporal devem ser usados para o estabelecimento de projeções destes extremos pois os efeitos de escala de tempo mais curta influenciam a variabilidade de baixa frequência.

“As projeções do clima divulgadas no último relatório do IPCC (IPCC, 2013) apontam para anomalias positivas de temperatura, ou seja, aquecimento em toda a América do Sul ao longo do século XXI. Já em relação à precipitação, os resultados apresentam divergências no valor e sinal da anomalia, ou seja, os modelos ainda projetam muitas incertezas em relação às possíveis mudanças no volume de precipitação o que vem motivando uma série de estudos para melhorar o desempenho desses modelos”, conclui Gilvan.

Fundo SBGf 2015



O Fundo da SBGf visa ampliar as ações de promoção da geofísica no Brasil. Através do Fundo, instituições e empresas podem contribuir com recursos financeiros que serão utilizados no desenvolvimento de profissionais e disseminação do conhecimento no setor.

As empresas que fizerem parte desse empreendimento farão contribuições anuais. Em contrapartida, se tornarão associados corporativos da SBGf, além de receberem uma série de benefícios, como publicação de anúncios, franquia de anuidade para seus funcionários e exposição da marca do site e no newsletter digital.

Para outras informações sobre o Fundo SBGf envie mensagens para sbgf@sbgf.org.br ou acesse sbgf.org.br.

Diamante



Ouro



Prata



Bronze



MEMÓRIA

31 de julho de 1967: a descoberta da primeira jazida de ferro de Carajás

Por Breno Augusto dos Santos

Tudo começara quando, em meados de julho 1967, ao recebermos as fotos aéreas do projeto Araguaia, constatamos que, apesar das facilidades da base de São Francisco, o local era sim próprio para os objetivos do nosso programa de exploração.

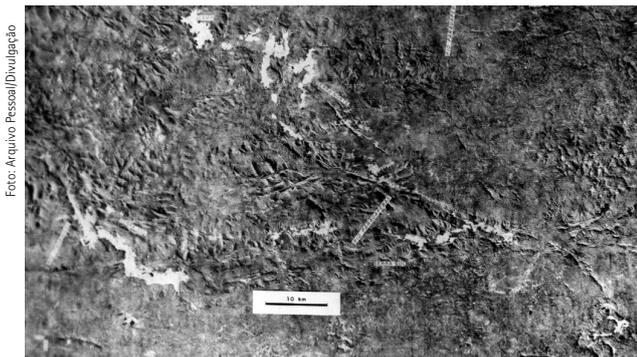


Foto: Arquivo Pessoal/Divulgação

Foto-índice do Projeto Araguaia com as enormes clareiras

A pista do Castanhal do Cinzento, que acabara de ser aberta pelo seu proprietário, transformara-se em excepcional ponte para penetrar na região, pois estava no centro de toda a área de interesse. Conseguida, com alguma dificuldade, a autorização de seu proprietário, tornava-se urgente a mudança da base de apoio, para que o programa de exploração pudesse ser iniciado. Como havia necessidade de abastecimento de combustível, alguns voos eram triangulares, com escalas em Altamira para encher o tanque do avião e transportar gasolina de reserva para São Francisco. Numa dessas viagens, que havia transportado o geólogo Erasto, o pequeno monomotor do Adão não retornou até o final do dia.

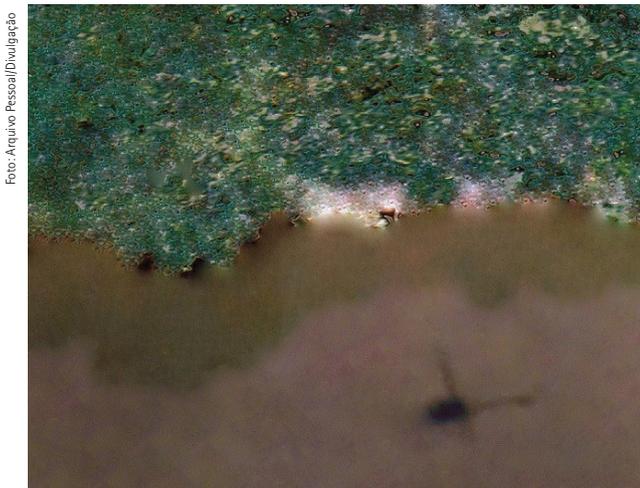


Foto: Arquivo Pessoal/Divulgação

Sobrevoando o Rio Fresco

Na tarde do terceiro dia, quando o desânimo da pequena equipe era total, um braçal de Altamira, o Franciner, que possuía uma escolaridade acima da média e era dotado de uma audição fenomenal, entra correndo no acampamento gritando que o comandante Adão – como era conhecido pela população da região – estava voltando.

O piloto de helicóptero, Aguiar, com toda a sua experiência, argumentava que seria muito arriscado tentarmos atingir o Castanhal do Cinzento, no rio Itacaiúnas, voando em linha reta, e sem possibilidade de reabastecimento.

O rio Fresco era repleto de pedrais, permitindo que Aguiar, após uns 15 minutos, escolhesse um bem favorável para o pouso – teríamos mais 15 minutos de autonomia. Aproveitei para coletar a minha primeira amostra no projeto, de uma rocha vulcânica comum na região.

Com toda a sua perícia, Aguiar novamente nos colocou no ar e, aos poucos, o Carapanã tornou-se por demais estreito, desaparecendo sob a vegetação.

Quando nos preparávamos para descer, Aguiar chamou a atenção para a cobertura vegetal, pois havia uma espécie parecida com uma palmeira, pouco maior que um metro, que poderia dificultar o pouso. Anos depois, ficamos sabendo que essa espécie recebe a denominação de “canela-de-ema” na região Centro-Oeste.



Foto: Arquivo Pessoal/Divulgação

O geólogo Breno e o capataz Francisco Gadelha fazem o primeiro pouso na Clareira N4E. Hoje a mina encontra-se a várias bancadas abaixo desse nível

Aguiar decolou o helicóptero, escolheu novo local e pousou com segurança e enquanto começava o reabastecimento, meu martelo quebrava os primeiros blocos. Tirei as primeiras fotos do minério de ferro de Carajás, ficando como documento histórico da descoberta o flagrante do helicóptero pousado na clareira, enquanto Aguiar ainda cuidava do seu abastecimento. Reabastecido o helicóptero, prosseguimos para o Castanhal do Cinzento, mas mal atingimos o Cateté, o motor começou a ratear. Prosseguimos a viagem com o avião do Adão.

No início de setembro, o engenheiro de minas Francisco Sayão Lobato, consultor da Meridional, visitou a área e ficou profundamente entusiasmado com o que viu. Em decorrência da descoberta do manganês de Buritirama, na mesma época, o geólogo americano Gene Tobert veio também visitar a região, mas deixando as clareiras para um segundo dia. Deixá-las para depois comprova que a descoberta do ferro de Carajás não foi um jogo de cartas marcadas, como muita gente chegou a suspeitar.

MUDANÇAS CLIMÁTICAS

Valiya Hamza - Observatorio Nacional

INTRODUÇÃO

Entende-se por clima um conjunto das características meteorológicas (temperatura, precipitação, ventos, umidade, nebulosidade, etc.) consideradas “normais” em determinada região. A distribuição global das zonas climáticas apresenta o clima úmido e quente nas baixas latitudes, relativamente seco e quente nas regiões subtropicais, temperado nas latitudes médias e seco e frio nas altas latitudes. O mapa da Figura 1 ilustra as zonas climáticas globais.

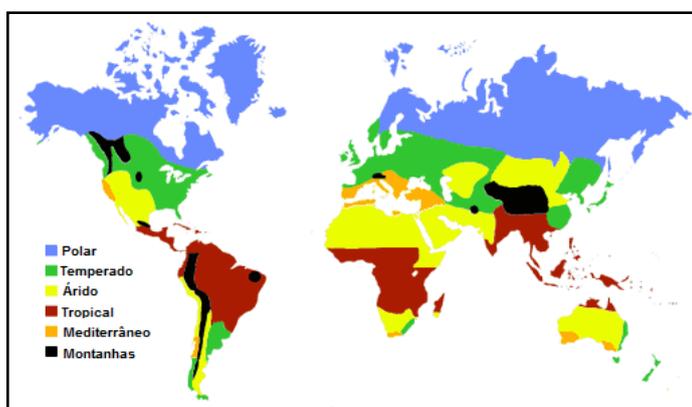


Fig. 1: Principais zonas climáticas.

Mudanças climáticas são os desvios nas suas características usuais por um determinado intervalo de tempo. Há indícios de que o clima da Terra passou por diversas alterações, com durações variando de anos até períodos geológicos inteiros.

A radiação solar incidente na superfície da Terra é o fator preponderante na determinação do clima. Alterações climáticas ocorrem em consequência das variações na radiação solar e as complexas interações entre a atmosfera, biosfera e os oceanos. Os oceanos se ajustam mais lentamente do que a atmosfera, como evidenciado pelas variações no nível do mar do período quaternário. As massas de gelo bem como a vegetação, acomodam-se ainda mais lentamente. É provável que o clima continue mudando indefinidamente.

A superfície da crosta é um componente relativamente passivo do sistema climático. Em escalas da ordem de dezenas a centenas de milhões de anos, a topografia e a distribuição dos continentes e oceanos é regida por processos tectônicos. Nestas escalas, o clima do planeta foi profundamente afetado por processos como as mudanças na forma das bacias oceânicas e a formação e erosão de cadeias montanhosas. As maiores glaciações durante a história da Terra parecem ter sido períodos em que os continentes estiveram situados nas altas latitudes e podem ter sido também períodos de intensa atividade vulcânica.

Mudanças Recentes

O conhecimento das mudanças climáticas recentes, ocorridos nos últimos séculos é fundamental na avaliação do aquecimento global que o nosso planeta vem sofrendo em tempos

recentes (IPCC, 2013). Contudo, os registros instrumentais dos parâmetros necessários para avaliação de clima se encontram disponíveis apenas nas últimas décadas. Isso dificulta a reconstrução da história climática recente na maioria das regiões. Uma das formas de superar esta dificuldade é recorrer ao estudo de sinais térmicos das mudanças climáticas presentes no campo de temperaturas subsuperficiais. O princípio do assim chamado método geotérmico pode ser compreendido notando que as variações na temperatura da superfície (decorrente das mudanças climáticas) penetram o subsolo, deixando vestígios térmicos de paleoclima nas camadas subsuperficiais, conforme ilustrado na Figura (2). Nesta figura, a faixa em cor azul indica as temperaturas menores que esperadas pelo gradiente geotérmico local, o que é considerado como efeito de esfriamento climático. Da mesma forma, a faixa em cor vermelha indica temperaturas maiores que esperadas pelo gradiente geotérmico local, o que é considerado como efeito de aquecimento climático.

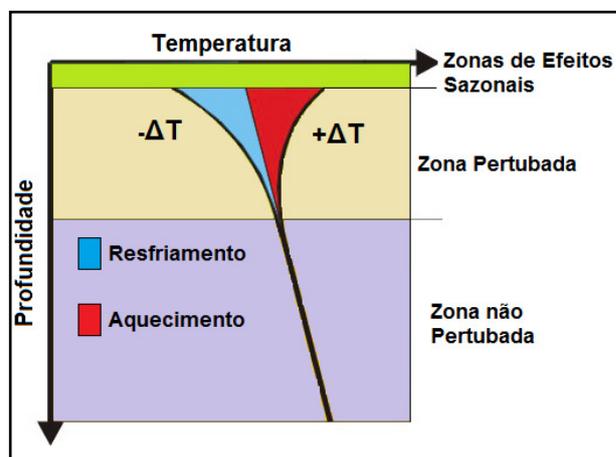


Fig. 2: Princípio do método geotérmico no estudo de paleoclima.

Como exemplo ilustrativo apresenta-se na Figura (3) o perfil térmico obtido num poço no município de Seropédica (RJ). Análise da curvatura neste perfil, no intervalo de profundidade de até cerca de 200 m, indica que a temperatura média da superfície neste local aumentou cerca de 2,50C nos últimos 100 anos.

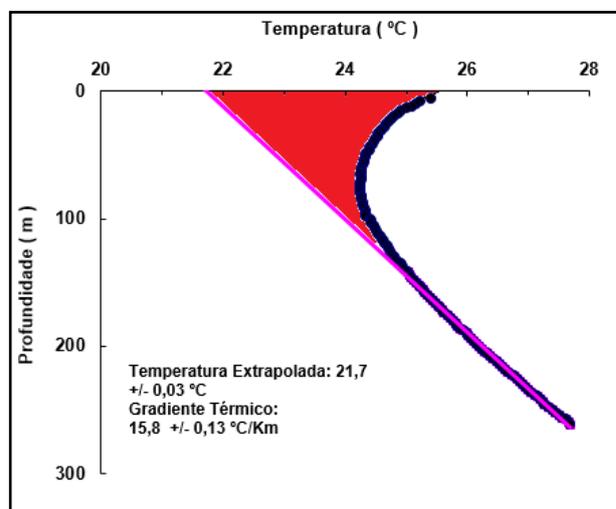


Fig. 3: Perfil térmico do poço em Seropédica (RJ) ilustrando efeito de variação climática recente (Cerrone e Hamza, 2003).

Vimos que as curvaturas identificadas nos perfis térmicos contêm informações sobre a magnitude da mudança climática e a sua idade. Aplicação de técnicas como os métodos de inversão aos dados de perfis térmicos, permite a reconstrução da história climática. A Figura 4 ilustra resultados obtidos sobre as variações climáticas ocorridas em oito localidades no país. Os resultados indicam, de um modo geral, a ocorrência de aquecimento climático nos últimos 200 anos e um episódio de esfriamento no período anterior (de 1500 a 1800 anos).

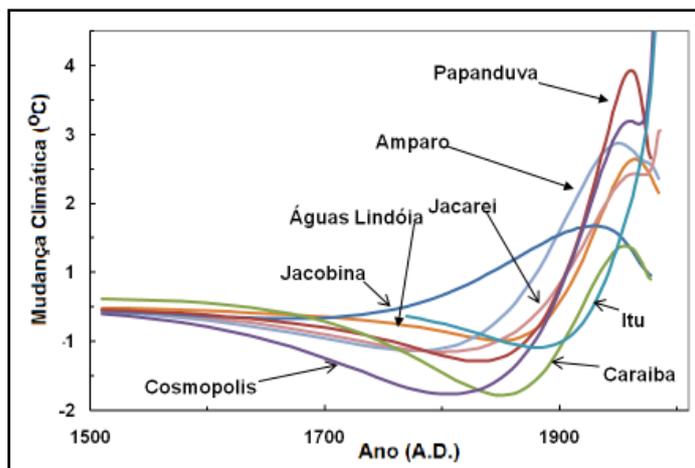


Fig. 4: História climática em oito locais no Brasil, inferidas com base em dados geotérmicos (Hamza et al, 2007).

A extração de informações sobre paleoclima a partir de perfis geotérmicos permite a elaboração de um mapa de variação climática no Brasil nos últimos séculos. Os resultados apresentados na Figura (5) indicam que a mudança climática é significativa na região sudeste. O clima das regiões Norte, Nordeste e Sul sofreu poucas alterações nos últimos séculos.

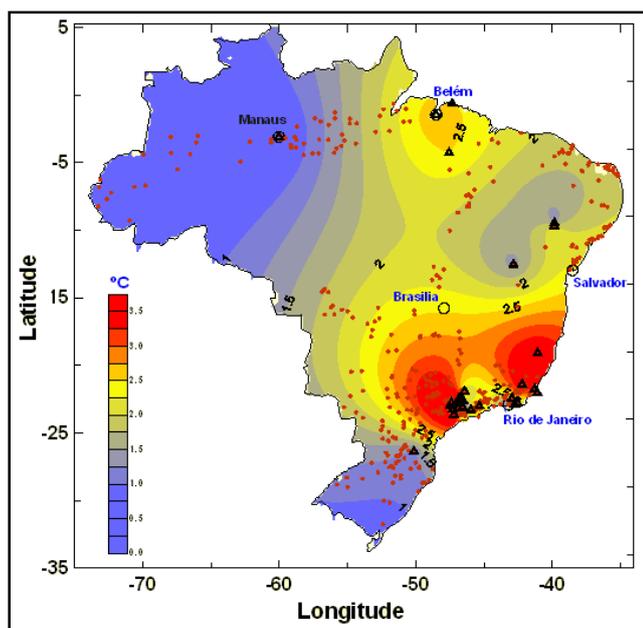


Fig. 5: Efeito acumulado de variação climática no Brasil (Hamza, 2007)

Reunindo dados de perfis térmicos de poços e dados de registros meteorológicos dos continentes e oceanos, possibilita a reconstrução de mapas de mudanças climáticas globais. Os resultados apresentados na Figura (6) indicam ocorrências de mudanças climáticas significativas, com aumentos de tem-

peraturas na superfície, nas áreas continentais do hemisfério norte. As variações de temperaturas foram menos expressivas no hemisfério sul, onde predominam as áreas oceânicas.

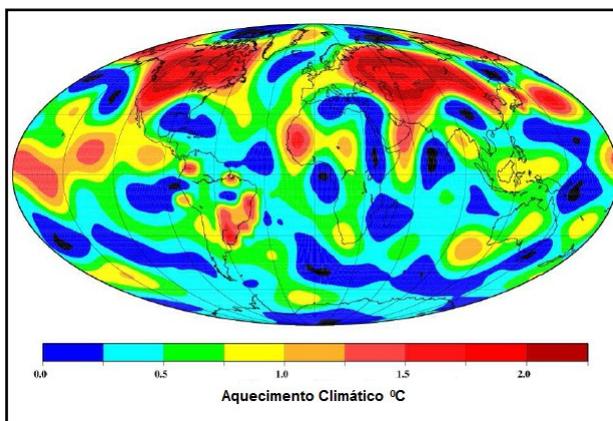


Fig. 6: Representação global da variação climática recente (Hamza e Vieira, 2010).

EFEITO ESTUFA

Ao penetrar na atmosfera a radiação solar interage com a superfície terrestre. Grande parte desta radiação é refletida, mas com frequências menores do que a radiação incidente. De acordo com dados de IPCC (2013) a intensidade energética da radiação solar incidente no topo da atmosfera é 343 W/m^2 . Contudo, apenas uma parcela menor de 240 W/m^2 alcança a superfície terrestre. Desta parte cerca de 168 W/m^2 é absorvido pela Terra e o restante irradiado de volta para atmosfera em forma de ondas infravermelhas. A atmosfera é capaz de reter parte desta radiação refletida, o que leva à elevação nas suas temperaturas. Forma-se assim um processo de aquecimento da atmosfera, denominado popularmente como “efeito estufa”. Obviamente, as características do efeito estufa dependem da presença de gases retentores de calor na atmosfera. Contrário à crença popular, o efeito estufa é essencial para manutenção de temperaturas médias na faixa de 15 a 25 C na superfície terrestre. No caso da Terra os principais gases que retêm o calor na sua atmosfera são vapor de água, dióxido de carbono e o metano.

Dióxido de Carbono: O papel de dióxido de carbono na geração de efeito estufa é considerado significativo pelo fato de que a banda de absorção da radiação pelo dióxido de carbono aparece justamente na janela de baixa absorção de vapor de água, conforme indicado na Figura 7.

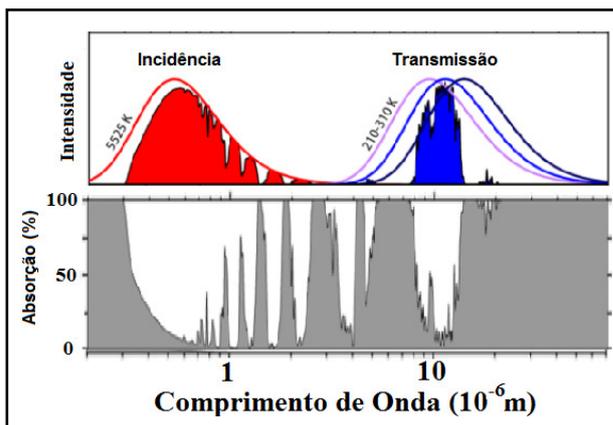


Fig. 7: Espectros de incidência e transmissão de radiação solar na atmosfera terrestre.

ARTIGO TÉCNICO

Neste contexto, os eventuais aumentos sistemáticos do efeito estufa previstos para as próximas décadas, são considerado fator preocupante nas avaliações de mudanças climáticas pelo IPCC (2013). O motivo principal é a forte correlação entre abundâncias de CO₂ e paleotemperaturas encontradas nas amostras de gelo dos últimos 450 mil anos na região de Vostok (Rússia) (Figura 8).

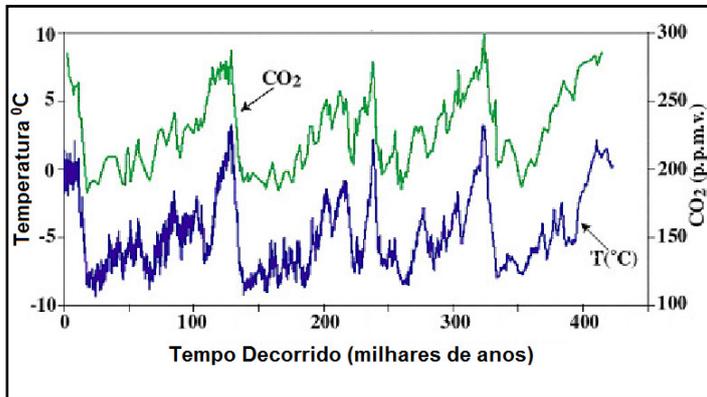


Fig. 8: Correlação entre as abundâncias de CO₂ e paleotemperaturas em Vostok (adaptada de Petit et al, 1999).

Metano: O potencial do efeito estufa pelo gás metano é cerca de 20 vezes maior que a do CO₂. Parte do metano no ambiente terrestre é de origem biogênica. Contudo, há indícios de que a parte restante seja de origem profunda na crosta, portanto, abiogênica. A presença de gás metano é frequentemente associado às ocorrências de jazidas de hidrocarbonetos. Contudo, há indícios de que existem parcelas significantes de metano de origem abiogênica, provenientes das camadas profundas da crosta e do manto. De fato, os resultados de medições de satélites indicam que escape natural de gás metano na atmosfera ocorre principalmente nas zonas de atividades tectônicas nas áreas continentais (Figura – 9).

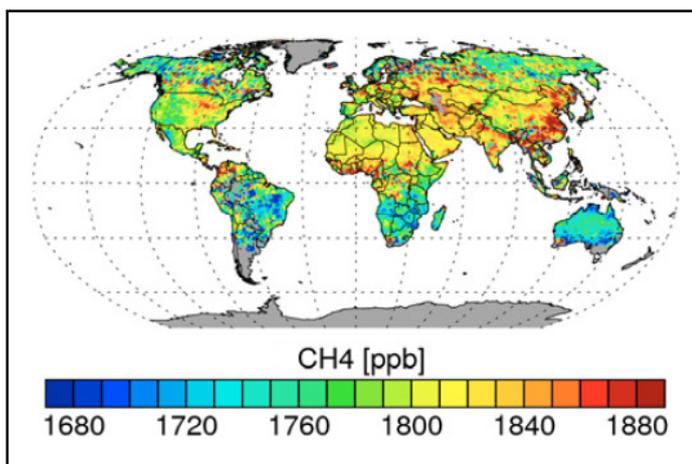


Fig. 9: Fluxo de gás metano nas áreas continentais (Buchwitz et al, 2005).

Neste contexto, convém examinar os resultados de esdos realizados nas áreas continentais do Brasil. Devido a problemas práticos, as medições de gás metano foram realizadas em áreas cobertas por águas (tais como lagos ou reservatórios) ou interior dos poços de água subterrânea. Os arranjos experimentais incluem câmaras flutuantes de captação em lagos e medidores portáteis para sucção de ar no interior de poços.

Rosa et al (2000) apresentaram resultados de medições de gás metano nos 512 reservatórios hidroelétricos no país. Os valores obtidos se encontram no intervalo de 9 – 196 kg/km²/d. Maleck et al (2004), Alavala e Kirchoff (2000) e Braz et al (2011) apresentaram resultados de medições em lagos e pantanais. Os valores médios de fluxo difusivo de metano se encontram na faixa de 26 a 75 mgm-2d-1. As medições realizadas por Hamza et al (2012) indicaram fluxos de ordem de 5 a 50 mgm-2d-1 em poços de água subterrânea nas áreas pré-cambrianas de altiplano Brasileiro. Os locais de medidas são indicados no mapa da Figura (10).

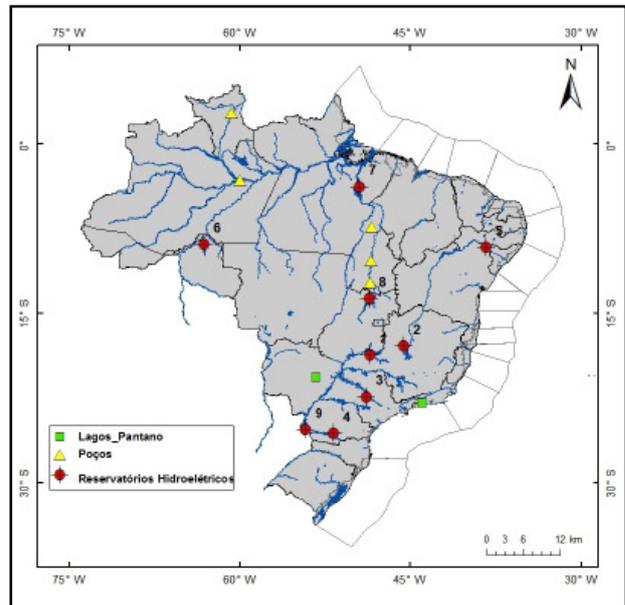


Fig. 10: Locais de medições de gás metano no Brasil (Hamza et al, 2012).

Recentemente, Hamza et al (2012) apresentaram análises de dados fluxo de gás metano nas áreas continentais do Brasil. Os resultados foram considerados por Hamza et al (2012) como indicativos de correlação das intensidades de emissão de metano com a extensão das falhas geológicas locais (Figura 11). Fica evidente que as falhas geológicas regionais influem no escape do gás metano nas áreas continentais.

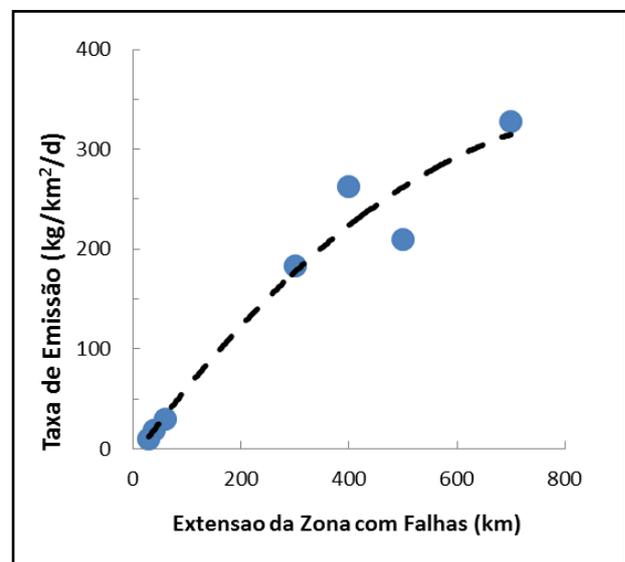


Fig. 11: Fluxo de gás metano nas áreas de represas hidroelétricas (Rosa et al, 2000) e correlação com comprimento de falhas geológicas (Hamza et al, 2012).

CAUSAS DAS MUDANÇAS

Os mecanismos causadores de variações climáticas de longa duração estão relacionados com diversos processos naturais tais como mudanças nas correntes oceânicas, emissão de poeira nas atividades vulcânicas e a dinâmica do sistema Sol - Terra.

Correntes Oceânicas: As correntes oceânicas transportam e redistribuem quantidades significativas de energia térmica armazenada nas águas do mar. As trajetórias das principais correntes estão indicadas na Figura 12, onde as curvas em cor azul indicam correntes frias em relação aos trechos indicados em cor vermelha. De acordo com pesquisas recentes, as redistribuições de calor pelas correntes oceânicas desempenham papéis importantes nas mudanças climáticas globais.

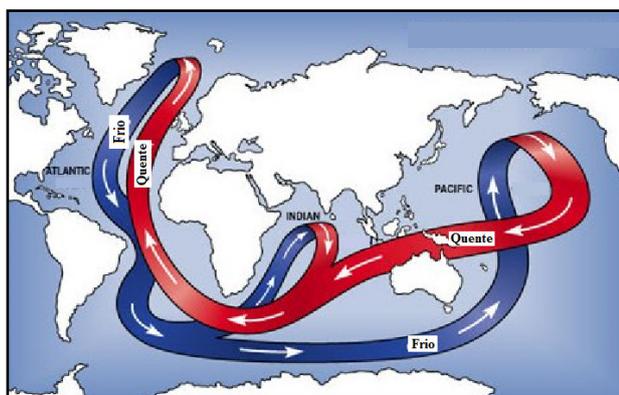


Fig. 12: Sistema de correntes no mar. As curvas em cor azul indicam correntes frias em relação aos trechos indicados em cor vermelha. Adapted from Pidwirny, M. (2006).

Atividades Vulcânicas: A emissão de poeira nas atividades vulcânicas contribui para atenuação da radiação solar incidente na superfície terrestre. Exemplos são as grandes quantidades de poeira emitidas nas explosões vulcânicas de Tambora em 1810 e Krakatoa em 1890, ambas situadas na Indonésia. Os principais episódios de emissão de poeira (oriundos das atividades vulcânicas) associados às quedas na radiação solar são ilustrados na figura 13.

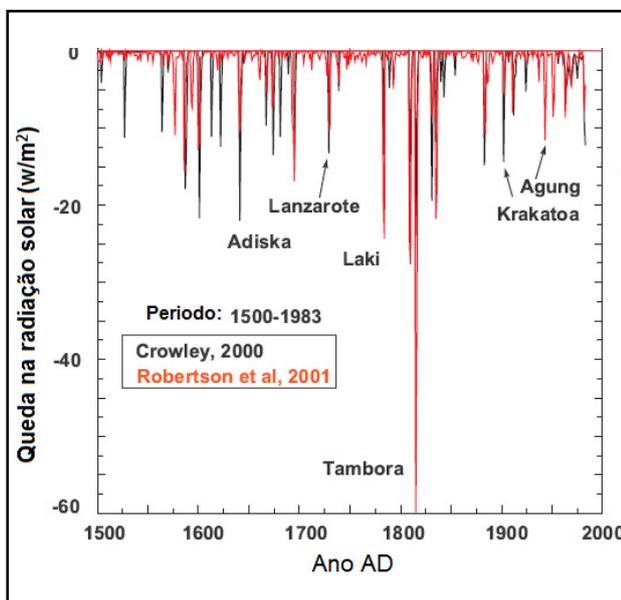


Fig. 13: Quedas na radiação solar incidente em períodos de atividades vulcânicas, dos últimos 500 anos (adaptada de Robertson et al, 2001).

Dinâmica do Sistema Sol - Terra: Há indícios de que variações na excentricidade, obliquidade e precessão da Terra contribuíram para mudanças na intensidade de radiação solar incidente. O estudo deste problema é complexo, pois a dinâmica do sistema Sol - Terra apresenta variações de diversos períodos. Por exemplo, os períodos principais da excentricidade são 95, 125 e 400 mil anos, enquanto a obliquidade possui período de 41 mil anos e a precessão opera em períodos de 19, 22 e 24 mil anos. A figura 14 ilustra simulações dessas variações e suas correlações com as mudanças climáticas.

CONCLUSÕES

Resultados de estudos realizados em diversas áreas de Geociências indicam que o clima da Terra sofreu mudanças significativas desde sua formação como um planeta. A grande parte das mudanças climáticas são induzidas pela radiação solar incidente. Contudo, os processos oriundos do interior da Terra também contribuíram para mudanças climáticas durante os tempos geológicos.

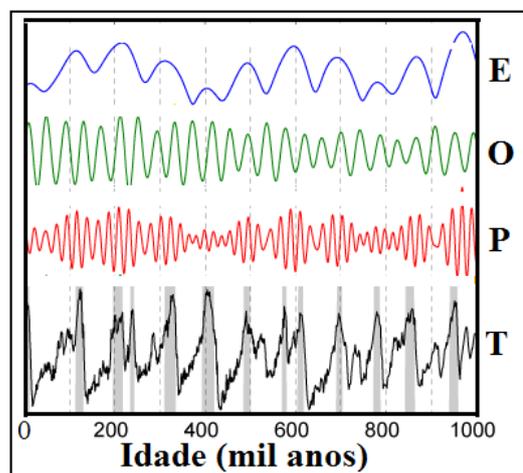


Fig. 14: Variações na excentricidade (E), obliquidade (O) e precessão (P) da Terra e suas correlações com indicadores de paleotemperaturas (T).

Como exemplo de mudanças recentes vimos o surgimento de fenômenos tais como o El Niño e o processo de aquecimento global (conhecido como 'Efeito Estufa'). A reconstrução da história climática anterior ao período de dados instrumentais (cerca de dois séculos) é geralmente efetuada com base em métodos indiretos. A intensidade, a duração e a velocidade com que estas mudanças se deram no passado, bem como suas causas, ainda não são bem conhecidas.

Manipulações dos processos naturais no solo e das reações químicas na atmosfera podem contribuir para minimizar efeitos de aquecimento global, induzido pelo CO₂ e metano. O sequestro natural ou artificial de carbono no ambiente (nos oceanos, florestas e outros locais) seria o caminho indicado, seja ele por meio de micro-organismos específicos ou por meio de processos, tais como fotossíntese. O reflorestamento e o sequestro geológico de carbono são exemplos das técnicas propostas para captura de carbono. Existem também formas de devolver o carbono para o subsolo, os quais incluem transporte e injeção em reservatórios geológicos.

A redução da emissão de CO₂ na atmosfera implica em mudanças de matriz energética em muitos países. As fontes de energia limpas e renováveis são eólica, biomassa, energia das marés e solar, entre outras. Contudo, opção para mudanças na matriz energética é custosa, afeta em muito o estilo moderno de vida.

ARTIGO TÉCNICO

REFERÊNCIAS

Alvalá, P.C.; Kirchhoff, V.W.J.H., 2000, Methane fluxes from the Pantanal floodplain in Brazil: seasonal variation. In: J. van Ham et al. (Eds.) Non-CO2 Greenhouse gases: scientific understanding, control and implementation. Amsterdam: Kluwer Academic Publishers, p. 95-99.

Braz, L., Ferreira, W.J., Batista, G.T., Targa, M.S., Alvalá, P.C. e Hamza, V.M., 2011, Caracterização da emissão de Metano para a atmosfera na lagoa Rodrigo De Freitas, RJ, XIX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos.

Buchwitz, M., de Beek, R., Noel, S., Burrows, J.P., Bovensmann, H., Bremer, H., Bergamaschi, P., Korner, S. e M. Heimann, 2005, Carbon monoxide, methane and carbon dioxide columns retrieved from SCIAMACHY by WFM-DOAS: Year 2003 initial data set, Atmos. Chem. Phys., 5, 3313– 3329.

Cerrone, B.N. e Hamza, V.M., 2003, Mudanças climáticas recentes no Estado do Rio de Janeiro, baseado em método geotérmico. 8o Congresso Internacional da SBGf, Rio de Janeiro, 1-4.

Hamza, V.M., 2007, Variação Climática Secular e Mapeamento do 'Efeito Estufa' no Território Brasileiro. 10th International Congress of The Brazilian Geophysical Society, Rio de Janeiro, 1-4.

Hamza, V. M., Cavalcanti, A. S. B. and Benyosef, L.C., (2007). Surface thermal perturbations of the recent past at low latitudes-Inferences based on borehole temperature data from Eastern Brazil, Climates of the Past, 3, 1–13.

Hamza, V.M. e Vieira, F.P., 2010, Climate changes of the recent past in the South American continent: Inferences based on analysis of borehole temperature profiles. In Climate Change – Geophysical Foundations and Ecological Effects, Edited by Juan Blanco and Houshang Kheradmand, Chapter 6, p. 113 – 136.

Hamza, V.M., Vieira, F.P., Pimentel, E.T. e Guimaraes, S.N.P., 2012, From Culprit to Hero: The evolving story of Methane Flux in Hydroelectric Reservoirs. V Simpósio Brasileiro de Geofísica, Salvador, 1-4.

IPCC, 2013: Summary for Policymakers. In: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group 1 to the 5th Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

J.R. Petit, J. Jouzel. et. al., 1999, Climate and atmospheric history of the past 420 000 years from the Vostok ice core in Antarctica, Nature 399 (3June), pp 429-436.

Pidwimny, M. (2006). "Surface and Subsurface Ocean Currents: Ocean Current Map". Fundamentals of Physical Geography, 2nd Edition. Date Viewed. http://www.physicalgeography.net/fundamentals/8q_1.html

Robertson A, Overpeck J, Rind D, Mosley-Thompson E, Zielinski, G, Lean J, Koch D, Penner J, Tegen I, Healy R., 2001, Hypothesized climate forcing time series for the last 500 years. J. Geophys Res 106:14783–14803.

Rosa, L.P., Sikar, B.M., Santos, M.A. e Sikar, L.M., 2000, Emissões de dióxido de carbono e de metano pelos reservatórios hidrelétricos brasileiros, Relatório Final, Centrais Elétricas Brasileiras S.A., DEA, DEAA, Eletrobrás, Rio de Janeiro.

Publicações SBGf



Análise do Sinal Sísmico
André L. Romanelli Rosa



Geofísica na Prospecção Mineral: Guia para Aplicação
José Gouvêa Luiz



Fundamentos do Método Magnetotelúrico na Exploração de Hidrocarbonetos
Paulo de Tarso Luiz Menezes



Considerações sobre a Aquisição Sísmica Multicliente no Brasil - Aspectos Legais
Simplicio Lopes de Freitas



Perfilagem Geofísica em Poço Aberto
Geraldo Girão Nery



Dicionário Enciclopédico Inglês - Português de Geofísica e Geologia (4ª ed.)
Osvaldo de Oliveira Duarte



Fundamentos de Física para Geociências
C. E. de M. Fernandes



SBGf: três décadas promovendo a Geofísica

Ciclos de Milankovitch: mudanças climáticas e calibração astronômica do tempo geológico

Daniel Ribeiro Franco – Coordenação de Geofísica, Observatório Nacional; Pillar de Oliveira Carvalho Rodrigues – Coordenação de Geofísica, Observatório Nacional e Instituto Federal do Espírito Santo

Desde as primeiras discussões sobre registros de eras glaciais no passado geológico, em meados do século XIX, o debate sobre o histórico climático do planeta vem se tornando, gradualmente, um dos principais temas em Ciências da Terra (Berger & Loutre, 2004; Berger, 2012). Atualmente, esta problemática é de importância central, frente às evidências do atual aquecimento global, e a consequente necessidade de se prever o potencial impacto das ações humanas sobre os limiares do sistema climático ao longo das próximas décadas. Todavia, esta tarefa é de notável complexidade, dado o fato de que o sistema climático global é composto por diferentes componentes, com características termodinâmicas e de resposta distintas frente às forçantes climáticas, e que interagem entre si de maneira bastante intrincada, nas mais variadas escalas de tempo (Mann & Park, 1999; Ganopolski & Rahmstorf, 2001; Bard, 2002; Rial et al., 2004).

Segundo alguns autores (e.g., Dergachev, 2002; Rial et al., 2004), o registro geológico indica frequentemente que mudanças extremas são naturalmente inerentes ao sistema climático terrestre – que, por sua vez, pode ser compreendido como um sistema altamente não-linear, no qual as variações apresentam-se, em geral, de maneira episódica e abrupta, bem como lentas e graduais, assumindo estados de equilíbrio múltiplo como norma (Mann & Park, 1999; Rial et al., 2004).

Assim, para que tenhamos uma melhor compreensão da relação entre a influência antropogênica e as mudanças climáticas que vêm sendo observadas, é fundamental que sejam obtidos maiores subsídios acerca das bases da variabilidade natural do clima, em diferentes escalas de tempo – sobre as quais nossas ações se superpõem.

Os Ciclos de Milankovitch

Dentre os dados paleoclimáticos indicativos de variações climáticas de longo período, obtidos a partir de registros geológicos do Quaternário, se destacam os que envolvem variações multi-milenares nos elementos da geometria da órbita da Terra, e que determinam mudanças sazonais na insolação para uma dada posição no globo.

A teoria que explica tais variações na insolação – também denominada ‘teoria astronômica dos paleoclimas’, ou simplesmente ‘teoria de Milankovitch’, se caracteriza por vincular o caráter periódico da insolação a flutuações orbitais e rotacionais quase-periódicas, devido à complexa interação gravitacional entre os corpos do Sistema Solar, e que são comumente denominadas “Ciclos de Milankovitch”. São estes parâmetros orbitais: (i) precessão dos equinócios (ou simplesmente precessão – com periodicidades principais em torno de ~ 19 e 23 mil anos); (ii) obliquidade da eclíptica (ou simplesmente obliquidade – periodicidade principal em torno de 41 mil anos); e (iii) excentricidade orbital (periodicidades principais de aproximadamente

100 mil e 405 mil anos, respectivamente) (Berger et al., 1989; 1992; Rubincam, 1994; Rial & Anacleto, 2000; Olsen & Whiteside, 2008; Lourens & Tuender, 2009; Rosengren & Scheeres, 2014).

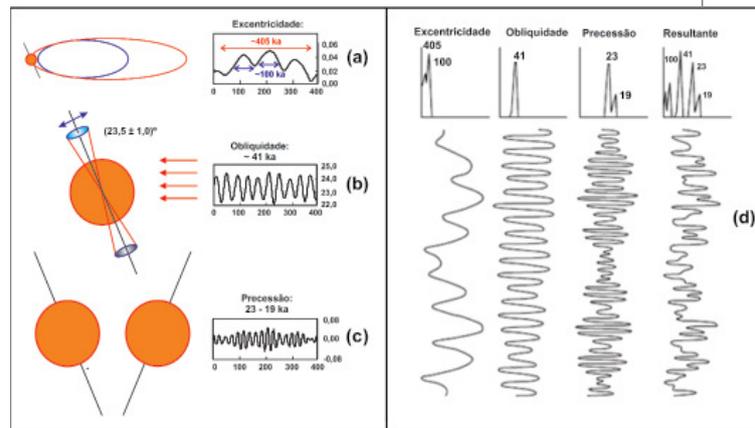


Fig. 1: Representação esquemática para séries temporais, dispondo os padrões relativos aos parâmetros orbitais da Terra – excentricidade (a), obliquidade (b) e precessão (c). À direita, nota-se os picos espectrais referentes a cada um dos parâmetros, seguido do espectro de potências resultante, após a superposição dos sinais.

Este modelo, que foi proposto em 1941 pelo matemático sérvio Milutin Milankovitch (1879–1958), foi bem-sucedido em relacionar mudanças na insolação de verão em altas latitudes para o Hemisfério Norte às oscilações glaciais-interglaciais do Quaternário (House, 1995; Ashkenazy et al., 2010). Discussões históricas e aspectos teóricos da contribuição de M. Milankovitch podem ser encontradas nos trabalhos de Laskar et al. (2004) e Berger (2012).

A hipótese de Milankovitch começou a se tornar amplamente aceita a partir do estudo de Hays et al. (1976), que indicou uma forte correlação entre a forçagem astronômica e registros de 180 ao longo dos últimos 500 mil anos. Desde então, um grande número de trabalhos vêm sendo discutidos na literatura sobre variações climáticas induzidas pelos ciclos de Milankovitch, encontradas nos mais distintos registros, relativos a diferentes momentos do tempo geológico – por exemplo, como para o Cenozóico e Mesozóico (e.g., Barnola et al., 1987; Bond et al. 1991; Dansgaard et al., 1993; Olsen & Kent, 1999; Preto et al., 2001; Yamamoto et al., 2012), Paleozóico (e.g., Yiming et al., 2001; Franco et al., 2012; Wu et al., 2013), e até mesmo para o pré-Cambriano (e.g., Franco & Hinnov, 2008).

Cicloestratigrafia e os Ciclos Orbitais

O registro estratigráfico de mudanças climáticas induzidas orbitalmente é possível, uma vez que as variações latitudinais e sazonais na insolação, conduzidas pelos ciclos de Milankovitch, podem desempenhar um efeito modulador

ARTIGO TÉCNICO

sobre os padrões do sistema climático global e de circulação oceânica. Este efeito culminaria em alterações climáticas de larga escala, em escalas de tempo compatíveis com os processos quase-periódicos que caracterizam os ciclos orbitais, com reflexo nos processos deposicionais através de mudanças em características sedimentológicas, comunidades fossilíferas, bem como propriedades físico-químicas nos perfis investigados (Valdes & Glover, 1999; Hinnov & Ogg, 2007; Westphal et al., 2010; Franco & Hinnov, 2013).

Entretanto, a predição da resposta do sistema climático global à forçagem orbital está longe de ser trivial, envolvendo processos de 'feedback' não-lineares (Kostadinov & Gilb, 2014), e mudanças nas frequências orbitais ao longo do tempo, conforme discutiremos a seguir.

A Escala Temporal Astronômica

Conforme discutido por alguns autores (e.g., Berger et al., 1989; Hinnov, 2013), a variabilidade na distância Terra-Lua (ao influenciar a taxa de rotação da Terra), bem como os efeitos de dissipação por fricção de marés, acarretam em mudanças nos períodos de obliquidade e precessão ao longo do tempo geológico. Em contrapartida, a excentricidade praticamente nula ($\sim 0,04$) da órbita de Júpiter implica em grande estabilidade associada ao ciclo de excentricidade terrestre (Spiegel et al., 2010).

Segundo modelos astronômicos, o ciclo de excentricidade mais "curto" exibe uma periodicidade média em torno de 100 mil anos, ao longo das últimas dezenas (e.g., Westerhold et al., 2015) ou mesmo centenas de milhões de anos (e.g. Berger et al., 1989; 1992). Entretanto, é de consenso que a excentricidade de maior período médio (~ 405 Ma) é estável ao longo das últimas centenas de Ma – podendo, assim, servir como uma forma de "métrica" para a calibração cicloestratigráfica, de maneira bastante acurada para o Cenozóico e o Mesozóico (Laskar et al., 2004; Hinnov & Ogg, 2007; Westerhold et al., 2015), com vínculos em trabalhos de datação absoluta (e.g., Kuiper et al., 2008).

Perspectivas Futuras

Diante da possibilidade de calibração do passado geológico através da determinação dos padrões de excentricidade de longo período, e da compreensão simultânea do grau de influência dos ciclos de Milankovitch para a variabilidade climática relacionada a um dado intervalo no tempo geológico, é de grande importância um maior enfoque em estudos anteriores ao Quaternário, visando, particularmente: (1) análises de registros especialmente longos (> 107 anos) provenientes de diferentes localidades, de maneira a cobrir um amplo número de ciclos de precessão, e eliminar desvios nas estimativas de curvas de insolação; (2) a calibração de sucessões pré-Cambrianas, de maneira a melhor compreender a dinâmica do sistema Terra-Lua; (3) uma melhor compreensão sobre as interações entre os padrões de insolação derivados de uma determinada configuração de parâmetros orbitais, e os processos de 'feedback' do sistema oceano-atmosfera.

Referências

ASHKENAZY Y, EISENMAN I, GILDOR H & TZIPERMAN E, 2010. The Effect of Milankovitch Variations in Insolation on Equatorial Seasonality. *J. Climat.*, 23, p. 6133-6142.

BARD E, 2002. Climate shock: Abrupt changes over millennial timescales. *Phys. Today*, 55(12), p. 32-38.

BARNOLA JM, RAYNAUD D, KOROTKEVICH YS & LORIUS C, 1987. Vostok ice core provides 160,000-year record of atmospheric CO₂. *Nature*, p. 408-414.

BERGER A, LOUÏRE MF & DEHANT V, 1989. Astronomical frequencies for pre-Quaternary palaeoclimate studies. *Terra Nova*, 1, 474-479.

BERGER A, LOUÏRE MF & LASKAR J, 1992. Stability of the Astronomical Frequencies over the Earth's History for Paleoclimate Studies. *Science*, 255 (5044), p. 560-566.

BERGER A & LOUÏRE MF, 2004. Astronomical theory of climate change. *Journal Phys. IV*, 121, p. 1-35.

BERGER WH, 2012. Milankovitch Theory – Hits and Misses. Scripps Institution of Oceanography Technical Report, p. 1-36.

BOND GC, KOMINZ MA & BEAVEN J, 1991. Evidence for orbital forcing of Middle Cambrian peritidal cycles: Wah Wah range, south-central Utah. In *Sedimentary Modeling: Computer Simulations and Methods for Improved Parameter Definition*, ed. EK Franseen, WL Watney, DG StC Kendall, W Ross. *Kansas Geol. Survey Bull.*, 233, p. 293-317.

DANSGAARD W, JOHNSEN SJ, CLAUSEN HB, DAHLJENSEN D, HAMMER CU, HVIDBERG CS, STEFFENSEN JP, SVEINBJORNSDOTTIR AE, JOUZEL J & BOND G, 1993. Evidence for general instability of past climate from a 250-kyr ice-core record. *Nature*, 364 (6434), p. 218-220.

DAVYDOV VI, CROWLEY JL, SCHMITZ MD & POLETAEV VI, 2010. High-precision U-Pb zircon age calibration of the global Carboniferous time scale and Milankovitch band cyclicity in the Donets Basin, eastern Ukraine. *Geochim. Geophys. Geosyst.*, 11, p. 1-22.

DERGACHEV V, 2002. Environmental changes on centennial to millennial time scales from natural archive: Workshop "Astrobiology in Russia" St.Petersburg, Russia, March 25-29.

FRANCO DR & HINNOV LA, 2008. "Strong Rhythmicity in the ~ 2.46 - 2.50 Ga Banded Iron Formation of the Hamersley Group (W. Australia): Evidence for Sub-Orbital to Milankovitch Scale Cycles". In: 2008 Joint Meeting of the Geological Society of America, 40 (6), p. 267.

FRANCO DR, HINNOV LA & ERNESTO M, 2012. Millennial-scale climate cycles in Permian-Carboniferous rhythmites: Permanent feature throughout geologic time? *Geology*, 40 (1), p. 19-22.

FRANCO DR & HINNOV LA, 2013. Anisotropy of magnetic susceptibility and sedimentary cycle data from Permian-Carboniferous rhythmites (Paraná Basin, Brazil): a multiple proxy record of astronomical and millennial scale palaeoclimate change in a glacial setting. *Geol. Soc. Lond. Spec. Pub.*, 373, p. 355-374.

GANOPOLSKI A & RAHMSTORF S, 2001. Rapid changes of glacial climate simulated in a coupled climate model. *Nature*, 409, p. 153-158.

GONG YM, LI BH & WU Y, 2001. Devonian Frasnian – Famennian transitional Milankovitch cycles and high-resolution stratigraphic correlation. *Acta Geol. Sin.*, 75, p. 354 – 363.

*Para ter acesso às referências restantes, acesse nosso site e confira.

PROMOTION:



congress@sbgf.org.br

15th International
CONGRESS OF THE



**BRAZILIAN
GEOPHYSICAL
SOCIETY**

&

EXPOGEF

RIO 2017



Artigo Especial Física da Terra: Variações Climáticas

Luiz Carlos Molion

O clima da Terra se altera primeiramente devido à variabilidade da radiação solar absorvida pelo sistema climático, ou seja, as interações da radiação solar com o sistema continentes-oceanos-atmosfera. Essa variabilidade pode ser causada por alterações na produção de radiação pelo Sol, na geometria da órbita e atitude do planeta no espaço, e no albedo planetário, nele incluída a distribuição de continentes e oceanos (tectônica de placas). Albedo planetário é fração da radiação solar refletida para o espaço exterior, isto é, o fluxo de radiação rejeitado pelo sistema climático terrestre que, em média, é 29% do fluxo solar incidente. O Sol é a fonte primária de energia e essencialmente todo processo físico que interfira no fluxo de radiação solar absorvido pelo Planeta, quer seja externo ou interno ao sistema climático, contribui para a variabilidade do clima nas mais variadas escalas de tempo! Quando se fala em mudanças milenares do clima, vem à mente a existência de ciclos relativamente “curtos”, externos, como os de Milankovitch que tratam da variação da geometria da órbita terrestre (período de 100 mil anos), da variação da inclinação do eixo de rotação (período de 42 mil anos) do Planeta e da precessão dos equinócios (23 mil anos), aparentemente responsáveis pelas eras glaciais, cuja duração é de 100 mil anos, e que são interrompidas por períodos mais quentes, os interglaciais, que duram 10 mil a 12 mil anos. Mas existem ciclos mais longos, como a passagem do Sistema Solar através dos braços espirais da galáxia Via Láctea (poeiras cósmicas), citado por Nir Shaviv e Jan Veizer, que ocorre a cada 150 milhões de anos e que pode fazer com que o planeta passe por períodos glaciais de escala de tempo maior que as eras glaciais provocadas pelos ciclos de Milankovitch. Tectônica de placas é outro exemplo que pode condicionar alterações climáticas de períodos mais longos.

Existem muitos artigos publicados que relacionam as alterações na produção de radiação solar - associadas a ciclos solares, como o ciclo de manchas solares (11 anos), o de Gleissberg (100 anos), o Suess (200 anos) e o de Hallstatt (2.300 anos) para citar alguns - e a variabilidade climática. Não há dúvida que tais variações sejam uma das causas físicas mais importantes da variabilidade climática. Porém, processos geofísicos internos, como tectônica de placas, por exemplo, modifica a distribuição de continentes/oceanos e, para um mesmo fluxo de radiação solar, altera sua absorção na superfície terrestre. Por exemplo, se os continentes estiverem agrupados na região tropical, como no caso do supercontinente Pangéia - que, posteriormente, se dividiu em Gondwana e Laurásia - a absorção de radiação solar pelo sistema climático é maior, uma vez que incide mais radiação nos trópicos e o albedo dos oceanos é baixo. Os oceanos armazenam mais calor e aquecem o clima. Exemplo contrário, também interno ao sistema climático terrestre, é o aumento do albedo planetário pelo vulcanismo. Grandes erupções vulcânicas injetam material e, particularmente, gases como dióxido de enxofre (SO₂) que criam um véu ou cortina planetária

e refletem mais radiação solar de volta para o espaço exterior. Em períodos de intensa atividade vulcânica, a Terra se resfria e se estabelece um “inverno” prolongado de centenas e/ou milhares de anos. A hipótese do desaparecimento dos grandes sauros é exemplo de “inverno” prolongado, que pode ter acontecido tanto por uma frequência alta de erupções vulcânicas como pela colisão de um meteoro de grandes proporções, essa última hipótese sendo mais popular.

As evidências que comprovam a existência destes ciclos são indiretas, dadas pelos estudos paleoclimáticos, que envolvem testemunhos do clima e metodologias diversas. Por exemplo, o decaimento de radioisótopos cosmogênicos, como ¹⁴C, ⁷Be, ¹⁰Be e ³⁵S, formados pela incidência de raios cósmicos galácticos, é utilizado para detectar ciclos dentro de sua limitação temporal, 50 mil a 70 mil anos no caso do ¹⁴C. A razão 180/160 é utilizada como indicador qualitativo do clima em períodos mais longos, milhões de anos. Quando o clima está aquecido, ¹⁸⁰O - que é o isótopo mais pesado - evapora com mais facilidade e, com a chuva, sua concentração em corpos de água continentais, estalactites/estalagmites em cavernas, é maior, ou seja, a fração aumenta. Contrariamente, as águas de oceanos e anéis de corais, por exemplo, são mais ricos em ¹⁸⁰O quando o clima está frio, a fração diminui. Camadas de lama depositadas anualmente no fundo de lagos (varves) ou em regiões costeiras e formações rochosas também são testemunhos que permitem identificar ciclos climáticos. A escolha de um testemunho climático depende da criatividade do pesquisador. Por exemplo, os ciclos solares inferiores a 200 anos citados acima foram identificados por J.M. Mitchell (1961) que analisou a espessura de anéis de crescimento de árvores existentes entre os anos 1181-1960 na Lapônia, Finlândia. Eras glaciais e climas interglaciais mais quentes que o atualmente vivido, foram identificados por J.R. Petit e colaboradores (1999) utilizando cilindros de gelo obtidos na Estação de Vostok, Antártica. Convém ressaltar que testemunhos apenas qualificam e não quantificam o clima, pois anéis de crescimento de árvores e cilindros de gelo, por exemplo, não são termômetros, capazes de registrar temperaturas com acurácia.

Existem mecanismos físicos de “feedback” no sistema climático terrestre que podem interagir com essas alterações de absorção de radiação solar e amplificar (feedback positivo) ou diminuir (feedback negativo) seu impacto. Um feedback positivo, de relativo “curto” prazo, é o do gelo-albedo planetário, interno ao sistema climático. A redução da produção de radiação pelo Sol leva a Terra a um resfriamento. Esse resfriamento provoca a expansão superficial do gelo polar em direção a latitudes mais baixas e a cobertura de gelo mais extensa aumenta o albedo planetário. Isso reduz ainda mais a radiação que é absorvida pelo Planeta que, por sua vez, leva a temperaturas menores aumentando mais cobertura de gelo, num continuum crescente. Esse seria um dos mecanismos para

explicar a longa duração das eras glaciais. Porém, ainda não há explicação plausível de como as eras glaciais terminam. Um exemplo de feedback negativo é a relação nuvens e albedo planetário. Quando o Planeta se aquece, evapora mais água dos oceanos, a atmosfera se expande em volume e retém mais umidade e, conseqüentemente, formam-se mais nuvens. O aumento da cobertura de nuvens aumenta o albedo planetário que reduz a entrada de radiação solar e resfria o clima. A evaporação dos oceanos diminui, assim como a cobertura de nuvens que leva à redução do albedo planetário. Volta, então, a entrar mais radiação solar no sistema e o ciclo se repete.

As alterações na atividade solar não necessariamente são o único fato responsável pela “Pequena Idade do Gelo” (PIG), ocorrida entre os anos de 1450 e 1850. Há a hipótese de a Circulação Oceânica Meridional (COM) ter um papel importante no clima global, em particular no da Europa Ocidental. As águas da corrente marinha quente do Golfo (do México) se resfriam por evaporação à medida que se deslocam em direção ao Ártico. As águas frias e salgadas são mais densas e afundam perto da Groenlândia e se deslocam para o sul ao longo do fundo dos oceanos, transportando calor para fora do Atlântico Norte. Essas águas eventualmente afloram no Pacífico Norte e no Índico e retornam como correntes quentes superficiais. A hipótese da COM foi usada para protagonizar o filme “O dia depois de amanhã”. Em princípio, seu ciclo seria de 1.000 anos. É possível, então, que a COM tenha atuado simultaneamente com a diminuição de atividade solar e contribuído para gerar a PIG. A que se dizer que não se conhece bem o papel dos oceanos – suas circulações e liberação de calor do interior da Terra por meio de vulcões, fendas e fraturas submarinos – no clima. Outra possibilidade é o aumento do fluxo de raios cósmicos galácticos (RCG) e da cobertura de nuvens, discutida abaixo.

Certamente esses ciclos solares contribuem para modular a variabilidade do clima atual. São responsáveis pelas variações climáticas observadas nos dias atuais, onde presenciamos a alternância entre períodos mais chuvosos e períodos de seca. Tais contribuições podem até passar despercebidas devido aos ciclos serem longos. Em intervalos de tempo relativamente curtos, décadas, existem outros ciclos que devam ser considerados. Por exemplo, análises espectrais de séries longas de precipitação pluviométrica de algumas localidades brasileiras sugerem que as chuvas apresentem ciclos de aproximadamente 9 e 18 anos. As séries de vazões dos rios Paraná e Paraguai também apresentam essas periodicidades. Esses ciclos podem estar relacionados aos ciclos lunares, o do perigeu-apogeu (8,85 anos) e o nodal (18,6 anos). A hipótese é que esses ciclos atuem indiretamente sobre o clima, modificando as temperaturas da superfície do mar (TSM) pela redistribuição de calor feita pelas correntes marinhas. É sabido que forças gravitacionais dos astros são inversamente proporcionais ao quadrado da distância que os separa e que a força gravitacional da Lua influencia as marés dos oceanos terrestres, sendo maior no perigeu. O ciclo nodal está relacionado à inclinação do plano da órbita da Lua com relação ao equador terrestre, denominada declinação lunar. Esse plano é inclinado e passa pelas latitudes 28,6°N e 28,6°S, com a Lua permanecendo 14 dias no Hemisfério Norte e 14 dias no Hemisfério Sul. A declinação lunar diminui e o plano se posiciona nas latitudes 18,4°N e 18,4°S após um intervalo de 9,3 anos. A declinação lunar volta a aumentar e atinge novamente o valor máximo de 28,6°N–28,6°S em mais 9,3 anos, totalizando um ciclo de 18,6 anos. Quando o ciclo nodal está em sua declinação máxima (latitude 28,6°), a Lua atua fora dos trópicos e tem que percorrer, relativamente a superfície terrestre, 13 mil km em 28 dias. Porém, quando a declinação está no mínimo



PASSION FOR GEOSCIENCE

cgg.com

Today the industry has a new Geoscience leader.

Our global community of talented geoscientists work closely with our clients to deliver innovative solutions for the exploration and sustainable development of the Earth's natural resources.

With a proven track record and a proud heritage of more than 80 years, we are your geoscience partner of choice.

We are CGG



ARTIGO TÉCNICO

(latitude 18,4°), a distância percorrida é de 8 mil km nos mesmos 28 dias, uma diferença de 5 mil km entre o máximo e mínimo do ciclo. No máximo o ciclo nodal, portanto, a Lua agita muito mais os oceanos tropicais, pois sua velocidade relativa é maior, e as correntes marinhas transportam mais calor para fora dos trópicos e mudam as TSM que, por sua vez, alteram as circulações atmosféricas e a distribuição de chuvas numa escala de tempo de duas décadas ou múltiplos desse intervalo.

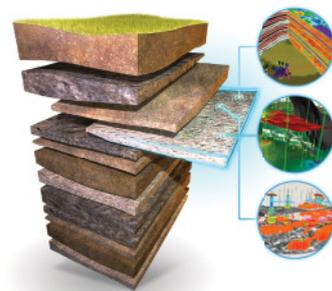
Como foi dito, o clima do Planeta é resultante de interações complexas entre processos físicos internos e externos que controlam o sistema climático. Resfriamento por aerossóis é uma hipótese pouco provável, pois a troposfera – camada atmosférica que se estende da superfície até 10-12km de altura – é lavada frequentemente pelas chuvas. Ou seja, os aerossóis funcionam como núcleos de condensação sobre os quais as gotas de chuva se formam, são incorporados nessas gotas e retirados da atmosfera. A camada de ozônio não afeta o clima, pois está localizada entre 20-50km de altura na estratosfera. Ela também não sofre interferência das atividades humanas e, apesar de a hipótese ter mais de 50 anos, nunca foi demonstrado que os gases de refrigeração (CFC, HFC) destroem o ozônio a 40-50km de altura. A concentração da camada de ozônio depende essencialmente da produção de radiação ultravioleta (UV) do Sol. O fluxo de UV diminui quando o Sol entra num mínimo de atividade particularmente no mínimo de Gleissberg, que é o momento atual. Desde dezembro de 2008, o Sol está nesse mínimo que ocorre a cada 100 anos e deve permanecer nele até os anos 2030-2032. A concentração de ozônio na camada deve voltar aos mesmos níveis dos anos 1960 quando o sol estiver no próximo máximo de Gleissberg em 2060. Não está comprovado que o aumento de CO2 intensifica o efeito-estufa. A teoria afirma que a absorção de radiação infravermelha (IV) pelo CO2 se dá em bandas de rotação-vibração. Quando uma molécula de CO2 absorve IV, ela gira e vibra, gera energia cinética que é transferida, por meio de choques elásticos, para as outras cerca de 2.600 moléculas de nitrogênio, oxigênio e argônio que compõem a atmosfera terrestre. Ou seja, o decaimento da molécula de CO2 excitada para seu nível básico de energia se dá por perda de energia por choques intermoleculares e não por emissão de IV. Portanto, o CO2 não tem papel significativo no efeito-estufa. A interação oceano-atmosfera é, sim, importante na modulação do clima. Eventos El Niño – fenômeno oceânico caracterizado pelo aquecimento do Oceano Pacífico tropical – liberam muito calor (sensível e latente) para a atmosfera, que é aquecida na interface, ar em contato com as águas aquecidas. No evento El Niño de 1997/1998, a temperatura global chegou a 0,7°C acima da média, dada a enorme quantidade de calor injetada na atmosfera pelo oceano. E o propalado aquecimento global observado entre 1976-1998 foi natural e causado por uma frequência alta de eventos El Niño fortes ocorridos dentro desse período e não pelas emissões de CO2 resultantes da queima de combustíveis fósseis. O aquecimento já terminou e a tendência é de resfriamento dos oceanos e, conseqüentemente, do clima global. Em adição, existe uma hipótese formulada pelo físico dinamarquês Henrik Svensmark que, quando o Sol está num mínimo de ativi-

dade, como agora, seu campo magnético (heliosfera) fica enfraquecido e permite a entrada de um fluxo maior de raios cósmicos galácticos (RCG) que atuam como núcleos de condensação, aumentam a cobertura de nuvens baixas que, por sua vez, aumenta o albedo planetário e resfria o clima. O clima já esteve mais quente em épocas passadas, entre 1923-1946 por exemplo, quando a concentração de CO2 era mais baixa que a atual. Portanto, a tendência é de um ligeiro resfriamento global de 0,3°C- 0,4°C e não de aquecimento, já que o CO2 não controla o clima global.

As previsões de aquecimento feitas pelo IPCC não têm mérito algum (ver abaixo). Para previsões decadais, Landscheidt concentra sua argumentação na variação do posicionamento do centro de massa do Sistema Solar que, segundo ele, apresenta um ciclo de 35 anos, curiosamente próximo de um múltiplo de ciclo nodal lunar (2 x 18,6 anos). O centro de massa muda quando, por exemplo, os grandes planetas se posicionam juntos em um lado do Sistema Solar. E, aparentemente, ele acertou previsões de El Niño fortes utilizando esse ciclo. Cientistas russos, como Habibullo Abdussamatov (2013), também advogam o retorno a uma PIG nos próximos 30 anos. Nesse último ciclo de Gleissberg, entre aproximadamente 1914 e 2008, o máximo do ciclo foi atingido em 1957/58 e os físicos solares afirmam que a primeira metade do Sec XX (1914-1960) foi o período em que o Sol apresentou sua máxima atividade nos 400 anos de observações existentes de manchas solares. Coincidiu, também, de não ter havido nenhuma grande erupção vulcânica nesse período, com

IHS GEOSCIENCE:

SOPHISTICATED SCIENCE THAT'S SIMPLE
TO USE AND SIMPLE TO MANAGE



SURFACE TO SUBSURFACE

ONLY ONE ENERGY EXPERT
PROVIDES SO MUCH TO SO MANY
From big picture to critical detail,
proven capabilities to superior results,
IHS geoscience does it all—backed by the
world's most respected forecasting,
analysis, and play-specific geological
and geophysical data.

NOW GET THE POWER OF KINGDOM®

Only IHS geoscience simply yet scientifically
links engineering, economics and interpretation
software suites to give you a definitive edge.
Spearheaded by industry-leading Kingdom®
software solutions IHS gives you the best
in geophysics and geology.

Learn more at IHS.com/geoscience

IHS GEOSCIENCE



Simply Scientific™

consequente aumento da transmissividade atmosférica. A temperatura dos oceanos e da atmosfera respondeu positivamente a esse aumento de atividade solar, mas começou a decrescer após 1946 e não alguns anos posteriores (11 a 12 anos?) ao máximo solar (1957/58) como era de se esperar. Desconhece-se a razão desse comportamento da temperatura global. Mas, é possível que o aumento da temperatura até 1946 tenha causado aumento da umidade atmosférica que, por sua vez, aumentou a cobertura de nuvens e o albedo planetário, refletindo mais radiação solar de volta para o espaço exterior e resfriando o Planeta. Outra hipótese é o retorno da atividade vulcânica com a erupção do vulcão Hekla, Islândia, em 1947, seguida pelo Benzymiania (1956) e pelo Agung (1963). Como foi dito, os processos físicos de feedback no sistema climáticos são muito complexos e o ciclo hidrológico, por meio da evaporação dos oceanos e cobertura de nuvens, parece funcionar como um termostato, mantendo a temperatura global dentro de um estreito intervalo ($\pm 0,3^{\circ}\text{C}$) durante um século inteiro. O eminente, já falecido, Landscheidt pode ter considerado o ciclo de Hallstatt (2.300 anos) em seus comentários. Mas, é inevitável que, ao longo prazo, o Planeta deva mergulhar em uma nova era glacial. Segundo os geofísicos, os períodos interglaciais, mais quentes, duram 10 mil a 12 mil anos e a última era glacial terminou a cerca de 15 mil anos atrás. Ou seja, é possível que, paulatinamente, o Planeta esteja entrando em uma nova era glacial e que a Pequena Idade do Gelo (PIG) já tenha sido uma manifestação nesse sentido.

pelo Benzymiania (1956) e pelo Agung (1963). Como foi dito, os processos físicos de feedback no sistema climáticos são muito complexos e o ciclo hidrológico, por meio da evaporação dos oceanos e cobertura de nuvens, parece funcionar como um termostato, mantendo a temperatura global dentro de um estreito intervalo ($\pm 0,3^{\circ}\text{C}$) durante um século inteiro. O eminente, já falecido, Landscheidt pode ter considerado o ciclo de Hallstatt (2.300 anos) em seus comentários. Mas, é inevitável que, ao longo prazo, o Planeta deva mergulhar em uma nova era glacial. Segundo os geofísicos, os períodos interglaciais, mais quentes, duram 10 mil a 12 mil anos e a última era glacial terminou a cerca de 15 mil anos atrás. Ou seja, é possível que, paulatinamente, o Planeta esteja entrando em uma nova era glacial e que a Pequena Idade do Gelo (PIG) já tenha sido uma manifestação nesse sentido.

Curta a SBGf
no facebook!



www.facebook.com/sbgf.org

Promoção:

 eventos@sbgf.org.br

Patrocínio
Institucional:



Universidade Federal
de Ouro Preto



Escola de Minas
Universidade Federal
de Ouro Preto

Patrocinador:



VII SimBGf

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOFÍSICA

25-27
OUT
2016

Ouro Preto
Minas Gerais



BROADLand.

Intelligent Broadband Solutions

Announcing the World's First True
**Broadband
Seismic Solution**
for Land, Transition Zone,
and Seafloor



geokinetics.com



sales@geokinetics.com

RESERVOIR DRIVEN

2015



▶ **14° Congresso Internacional da SBGF – CISBGF**
 3 a 6 de agosto – Rio de Janeiro – RJ
 Informações: www.sbgf.org.br

▶ **SPE Annual Technical Conference and Exhibition (ATCE) 2015**
 28 a 30 de setembro – Texas – EUA
 Informações: www.spe.org/atce/2015

▶ **Argentina Oil & Gas**
 5 a 8 de outubro – Buenos Aires, Argentina
 Informações: www.aog.com.ar

▶ **Simpósio Brasil – Alemanha**
 4 a 10 de outubro – Heidelberg – Alemanha
 Informações: www.geow.uni-heidelberg.de/congress

▶ **85th SEG Annual Meeting**
 18 a 23 de outubro de 2015 – Nova Orleans – EUA
 Informações: www.seg.org/am

▶ **Offshore Technology Conference – OTC Brasil 2015**
 27 a 29 de outubro – Rio de Janeiro
 Informações: www.otcbrasil.org

▶ **9th International Petroleum Technology Conference (IPTC)**
 6 a 9 de dezembro – Doha – Qatar
 Informações: www.iptcnet.org/2015/doha

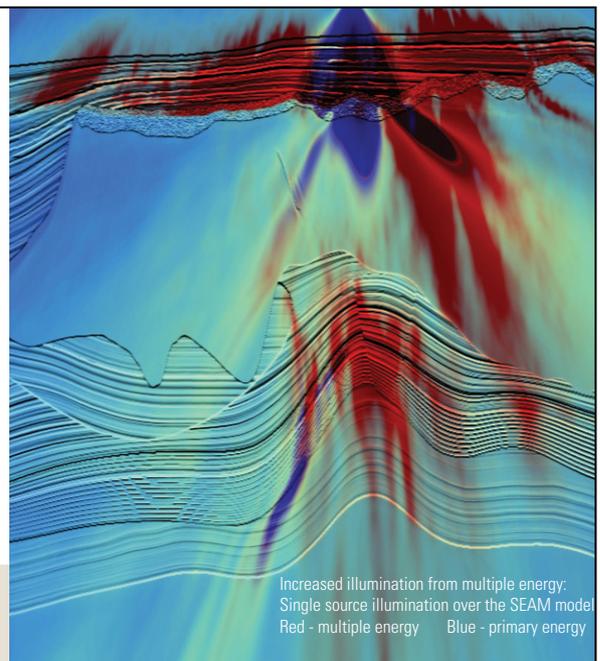
▶ **AGU Fall Meeting**
 14 a 18 de dezembro – San Francisco – EUA
 Informações: fallmeeting.agu.org/2015/#

Separated Wavefield Processing

Broadest Bandwidth

Increased Illumination

Measuring velocity and pressure with GeoStreamer® allows the up-going and down-going wavefields to be separated and thus multiple and primary energy can be separately imaged to deliver enhanced illumination and imaging.



Increased illumination from multiple energy. Single source illumination over the SEAM model. Red - multiple energy Blue - primary energy

GeoStreamer GS™

Separated Wavefield Imaging SWIM

Rio de Janeiro
 Main: +55 21 2421 8400
 Direct: +55 21 2421 8402
stephane.dezaunay@pgs.com

Houston
 Main: +1 281 509 8000
 Direct: +1 281 509 8391
alan.wong@pgs.com

A Clearer Image
www.pgs.com/GeoStreamerGS

