

boletim
SBGf

Publicação da Sociedade Brasileira de Geofísica
Número 6.2008

Fenômenos Naturais

O trabalho dos geofísicos e meteorologistas brasileiros que atuam nas áreas de Sismologia, Vulcanologia e Ciências Atmosféricas



ANP inverte a lógica

PLANO PLURIANUAL, PÁG. 5

UnB cria graduação em Geofísica

NOTAS, PÁG. 6

O potencial da Geofísica

Ao publicar esta edição do Boletim, a SBGf disponibiliza matérias de grande relevância para as atividades geofísicas no nosso país. Em entrevista, a diretora da Agência Nacional do Petróleo Gás Natural e Biocombustíveis Dra. Magda Maria de Regina Chambriard aborda importantes assuntos relativos às atividades exploratórias em bacias sedimentares terrestres, considerando o baixo nível de investimentos nessas bacias quando comparadas com as áreas marítimas. Aquisições geofísicas em bacias terrestres de novas fronteiras são absolutamente necessárias para fomentar as atividades petrolíferas nessas áreas.

Por outro lado, a matéria sobre Fenômenos Naturais enfoca diversos temas rotineiramente divulgados pela imprensa, na maioria das vezes de maneira alarmante. A abordagem multidisciplinar, envolvendo especialistas renomados, trata o assunto com grande objetividade e ponderação no sentido de esclarecer dúvidas e nos levar a refletir sobre a potencialidade da geofísica no sentido de minimizar os efeitos dos fenômenos naturais no campo da engenharia e do meio ambiente.

Vale a pena mencionar a realização, em parceria com a SBGf da I Semana de Geofísica da UFRN. Temos certeza de que será um evento de grande êxito e que doravante fará parte do calendário de eventos da SBGf.

Ao trazer ainda um artigo muito interessante sobre a Foz do Amazonas, o Boletim consegue cumprir a sua linha editorial de apresentar matérias técnicas concisas sem perder o rigor científico. Boa leitura.

CONFIRA NESTA EDIÇÃO:

3 EVENTOS

- 11º CIBSGf
- I Semana de Geofísica da UFRN

4 AEROGEOFÍSICA

- Desbravando a Amazônia

5 PLANO PLURIANUAL

ANP inverte a lógica

6 NOTAS

- UnB implanta graduação em Geofísica
- SBPC abre inscrições para reunião anual
- UFF inscreve para Doutorado
- Aumenta procura por curso de Geofísica no Pará
- UFRJ cria bacharelado em Ciências Matemáticas e da Terra
- USP promove concurso para professor de Geofísica

8 SOFTWARE LIVRE

BotoSeis: Intuitivo e amigável

9 OPERADORAS

Presença firme - Maersk Oil Brasil

10 ESPECIAL Fenômenos naturais



A grande onda de Kanagawa

- Devemos nos preocupar com tsunamis no Brasil?
- Vulcanologia sem vulcões
- Meteorologia Sinótica
- Nas Nuvens

16 ARTIGO TÉCNICO

Investigação da tectônica gravitacional na Bacia da Foz do Amazonas a partir de análise sísmica e de modelagem experimental Reis et al.

20 AGENDA 2009

CAPA: Dreamstime.com

DIRETORIA DA SBGf

Presidente
Edmundo Julio Jung Marques (OGX)

Vice-presidente
Jorge Dagoberto Hildenbrand (Fugro)

Diretora Geral
Ana Cristina Fernandes Chaves Sartori (Geosoft)

Diretor Financeiro
Neri João Boz (Petrobras)

Diretor de Relações Institucionais
Carlos Eiffel Arbex Belem (Ies Brazil Consultoria)

Diretora de Relações Acadêmicas
Marcia Ernesto (IAG/USP)

Diretor de Publicações
Jurandyr Schmidt (Schmidt & Associados)

Conselheiros
Eduardo Lopes de Faria (Petrobras)
Ellen de Nazaré Souza Gomes (UFPA)
José Agnelo Soares (UFCG)
José Humberto Andrade Sobral (Inpe)
Patrícia Pastana de Lugão (Strataimage)
Paulo Roberto Porto Siston (Petrobras)
Paulo Roberto Schroeder Johann (Petrobras)
Renato Lopes Silveira (ANP)
Ricardo Augusto Rosa Fernandes (Petrobras)
Sergio Luiz Fontes (Observatório Nacional)

Secretário Divisão Centro-Sul
Marcos Antônio Gallotti Guimarães (Geonunes)

Secretário Divisão Sul
Otávio Coaracy Brasil Gandolfo (IPT)

Secretário Divisão Nordeste Meridional
Marco Antônio Pereira de Brito (Petrobras)

Secretário Divisão Nordeste Setentrional
Aderson Farias do Nascimento (UFRN)

Secretário Divisão Norte
Cícero Roberto Teixeira Régis (UFPA)

Editor-chefe da Revista Brasileira de Geofísica
Cleveson Guizan Silva (UFF)

Secretárias executivas
Ivete Berlice Dias
Luciene Camargo

Coordenadora de Eventos
Renata Vergasta

BOLETIM SBGf

Editora-chefe
Adriana Reis Xavier

Jornalista responsável
Fernando Zaidler (MTb n. 15.402)

Projeto gráfico e Diagramação
Magic Art Comunicação

Tiragem: 2.500 exemplares
Distribuição restrita

O Boletim SBGf também está disponível no site www.sbgf.org.br

Sociedade Brasileira de Geofísica - SBGf
Av. Rio Branco 156, sala 2.509
20040-003 - Centro
Rio de Janeiro - RJ
Tel/Fax: (55-21) 2533-0064
sbgf@sbgf.org.br

EVENTOS

PROGRAMAÇÃO DIVERSIFICADA NA UFRN

A I Semana de Geofísica da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN) será realizada no anfiteatro do Centro de Ciências Exatas e da Terra, de 23 a 27 de março, em Natal (RN). A programação contará com mais de dez palestras e dois minicursos: Introdução ao GêBR, proferido pelo Prof. Ricardo Biloti, da Unicamp; e Funções receptoras e estrutura litosférica, pelo Prof. Jordi Julià, da Penn State University (EUA).



Vários palestrantes confirmaram presença, entre eles, Roberto Gusmão (CPRM), que apresentará o tema Aerogeofísica Aplicada no Mapeamento Geológico e na Pesquisa Mineral. Já o Prof. Carlos Alberto Mendonça

(IAG/USP) ministrará a palestra Potencialidades do Método do Potencial Espontâneo no Estudo da Biodegradação de Contaminantes Orgânicos. Por sua vez, o Prof. Joaquim Mendes Ferreira (UFRN) apresentará o tema Estudo da Sismicidade do Nordeste - Novas Perspectivas.

Também garantiram participação Paulo Johann e Eduardo Lopes Faria, ambos da Petrobras, que farão as palestras A Geofísica de Reservatórios na Petrobras e A Geofísica na Exploração de Petróleo, respectivamente. Além deles, o Prof. Paulo Sérgio Lucio (UFRN) confirmou a apresentação intitulada Análise Estatística de Dados com vias à Construção da Informação Geofísica.

Os professores Mário Pereira da Silva e Helenice Vital, ambos da UFRN, apresentarão o tema Terra à Vista: Viagem de Grandes Descobertas. Por sua vez, o professor Enivaldo Bonelli (UFRN) falará sobre o Impacto do Clima Espacial na Sociedade Moderna.

Realizada pela Divisão Nordeste Setentrional da SBGf, a I Semana de Geofísica da UFRN tem apoio do Programa de Pós-graduação em Geodinâmica e Geofísica da UFRN e do Programa de Recursos Humanos da ANP (PRH 22).

De acordo com o Prof. Aderson do Nascimento, secretário regional, a organização da I Semana de Geofísica da UFRN conta com uma intensa participação e apoio de estudantes de graduação da Faculdade de Geofísica. "O quadro

discente atual conta com um efetivo de 75 alunos, sendo 30 que ingressaram em 2008 e 45 que entraram em 2009. Há expectativa de chegarmos a 150 participantes", previu Aderson.

Outras informações podem ser obtidas no site www.geofisica.ufrn.br/segef.

CONFIRMADOS OITO CURSOS NO 11º CISBGf

Oito professores confirmaram presença, garantindo a realização de cursos durante o 11º Congresso Internacional da SBGf, que será realizado de 24 a 28 de agosto, em Salvador (BA). Entre eles: Paul Sava e Norman Bleistein, ambos da Colorado School of Mines, tratarão, respectivamente, de Migração Reversa no Tempo e da Modelagem Matemática, Migração e Inversão com Feixes Gaussianos. O Prof. Amos Nur, da Ingrain, dará o curso Física das Rochas, ao passo que Peter Duncan, da Microseismic, dará aula sobre Sismica Passiva. Kees Wapennar, da Delft University of Technology, ministrará o curso de Interferometria Sísmica. Martin Sinha, da University of Southampton, ministrará o curso CSEM (Método Eletromagnético de Fonte Controlada). Eduardo Filpo, da Petrobras, dará curso sobre Métodos Sísmicos aplicados à Exploração de Petróleo e Pedro Zalán (Petrobras), por sua vez, apresentará o curso *Structural Styles in Petroleum Exploration*.

Os interessados em apresentar trabalhos técnicos poderão submeter seus resumos expandidos até 31 de março. As instruções estão disponíveis no site <http://salvador2009.sbgf.org.br>.

O coordenador da EXPOGEf 2009, Eduardo Faria, anuncia que está grande a procura por estandes na exposição que ocorrerá paralelamente ao congresso. Cerca de 75% dos estandes já foram comercializados para a exposição, que ocupará uma área total de 1.250 m².



A I Semana de Geofísica da UFRN conta com participação e apoio de estudantes de graduação da Faculdade de Geofísica

The world's leading international pure-play geophysical company

Your future is waiting to be discovered.

Desbravando a Amazônia

Levantamentos aéreos agregam dados geofísicos de modo a aumentar rapidamente o grau de conhecimento geológico da Amazônia.

O III Simpósio Brasileiro de Geofísica, em novembro passado em Belém (PA), foi realizado em local muito oportuno por ser a Amazônia a região menos conhecida do país, do ponto de vista geológico. Esta é a opinião de Jorge Dagoberto Hildenbrand (Fugro), vice-presidente da SBGf, que participou da mesa-redonda 'Levantamento Aerogeofísico na Amazônia', com a participação do diretor de Geologia e Recursos Minerais da CPRM, Manoel Barretto, e da engenheira geóloga Adalene Moreira Silva, professora da Universidade de Brasília.

“Esse desconhecimento da Amazônia se deve, não apenas a problemas de logística e infra-estrutura. Por não ter vias de acesso que permitam coletar informações, a exploração é dificultada pela floresta e pelas condições naturais da região. A geofísica tem um papel determinante, pois permite ‘enxergar’ o subsolo sem qualquer intervenção na floresta, nem agressão ao meio ambiente”, afirmou Jorge Hildenbrand, acrescentando que no contexto amazônico, a aerogeofísica é ainda mais eficiente uma vez que os levantamentos são feitos pelo ar e permitem disponibilizar dados rapidamente. Segundo o geofísico, é possível em aproximadamente seis meses realizar o levantamento, o processamento dos dados e já contar com os mapas geofísicos prontos, além de um banco de dados completo, para uma área do tamanho do estado do Acre.

“Se investíssemos em grandes levantamentos aerogeofísicos de detalhe, ou mesmo semirregionais, na Amazônia, além daqueles que vêm sendo realizados com os métodos de magnetometria e gamaespectrometria, utilizando métodos mais diretos como a eletromagnetometria e a gravimetria gradiométrica, eu diria que em um horizonte de três a cinco anos descobriríamos uma nova província mineral do porte de Carajás”, previu Jorge Hildenbrand.

Manoel Barretto, por sua vez, apresentou um quadro dos investimentos da CPRM em aerogeofísica e disse que a instituição prioriza a cobertura da calha norte do Amazonas, região do Brasil menos conhecida geologicamente. Ele citou também o projeto Cartografia da Amazônia, realizado em conjunto com o Gabinete de Segurança Institucional da Presidência da República, cujos levantamentos envolverão não somente a cartografia básica como também a cartografia geológica e a batimetria dos rios de toda a Amazônia. O projeto conta com o orçamento de R\$ 350 milhões distribuídos em cinco anos, cerca de R\$ 70 milhões por ano.

Autora de diversos trabalhos técnicos sobre integração de dados geológicos e geofísicos para seleção de alvos para exploração mineral, a Profa. Adalene Moreira Silva completou a apresentação, enfatizando a capacitação do Instituto de Geociências da Universidade de Brasília e o potencial dos métodos aerogeofísicos.



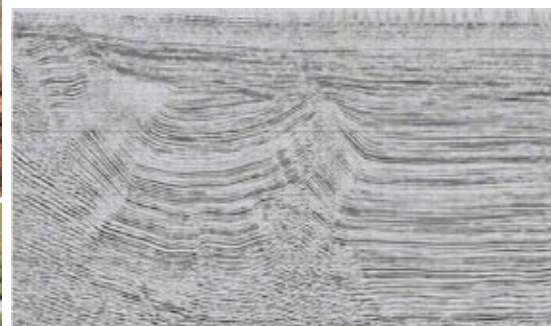
A partir da esquerda: Barretto, Hildenbrand e Adalene Silva na mesa-redonda.

“Se esses dados fossem obtidos por geologia de campo levariam décadas, mas com levantamentos aéreos é possível extrair informações geológicas de extrema utilidade em alguns meses”, salientou a especialista em geofísica aplicada e uma das mais experientes pesquisadoras dessa área no Brasil.



SÍSMICA DE ALTA TECNOLOGIA

A tecnologia HD3D oferece benefícios que vão além da melhor imagem possível. Conceitos de design inovadores e grande capacidade de canais permitem uma aquisição e um processamento sintonizado, para qualquer que sejam os seus desafios exploratórios.



Cross-section from Cordell Mountain View merge dataset imaging from right to left the Anadarko Basin, Cordell Anticline, and Wichita Mountain Front thrust.

Alguns dos benefícios que o HD3D oferece são:

- Uma densidade de traços significativamente maior que o padrão da indústria
- Uma maior resolução e maior razão sinal/ruído com a aplicação de células menores e maior cobertura
- Soluções de “Wide Azimuth” para imageamentos complexos ou ambientes ruidosos através de designs inovadores e alta densidade de canais
- Análises de atributos avançadas e efetivas através de técnicas apropriadas de design
- Um conjunto de dados prontos para análise em 4D

Invertendo a lógica



Foto: Fernando Zaidler

Teve início a execução do Plano Plurianual de Estudos de Geologia e Geofísica da ANP, relativo ao período 2007-2012, para aquisição de dados geológicos e geofísicos em áreas de novas fronteiras exploratórias de petróleo e gás natural. A expectativa, a médio prazo, segundo a diretora da ANP **Magda Chambriard**, é obter conhecimento de todas as grandes bacias paleozóicas e proterozóicas brasileiras, para torná-las aptas a possíveis processos de licitações para concessão. “O resultado é que o Plano está dando certo”, avalia Chambriard.

Mas como é possível que esteja “dando certo” um Plano dessa dimensão (com investimento de R\$ 1 bilhão para estudos de 22 bacias) se grande parte dos recursos orçamentários para a Agência ainda permanece contingenciada? Um entendimento entre a ANP e o Ministério de Minas e Energia, segundo Chambriard, permitiu inverter a ordem com que se trabalhava anteriormente com planos desse tipo. Em vez de só começar a execução de projetos quando há segurança de dinheiro disponível, agora os recursos são liberados à medida que os projetos vão sendo propostos. Segundo a diretora, com esta nova lógica, até 2007, foram obtidos R\$ 21,5 milhões. “Não nos têm faltado recursos, apesar do contingenciamento”, afirma a diretora.

O levantamento geoquímico da Bacia do Parecis (Mato Grosso) foi contratado e o resultado, segundo a diretora da ANP, foi muito bom. “Vimos no Rio Teles Pires indícios de gás seco, que se tornavam indícios de gás úmido na direção oeste. Isto mudou a expectativa que tínhamos em relação à Bacia do Parecis”, informou Chambriard. “As informações obtidas nas análises de geologia de superfície, somadas às dos dois poços perfurados pela Petrobras e aos resultados obtidos pelo levantamento geoquímico contratado pela ANP, nos encorajaram a incluir essa bacia na 10ª Rodada. Isto,

sem o Plano Plurianual, teria sido impossível”, complementou a diretora.

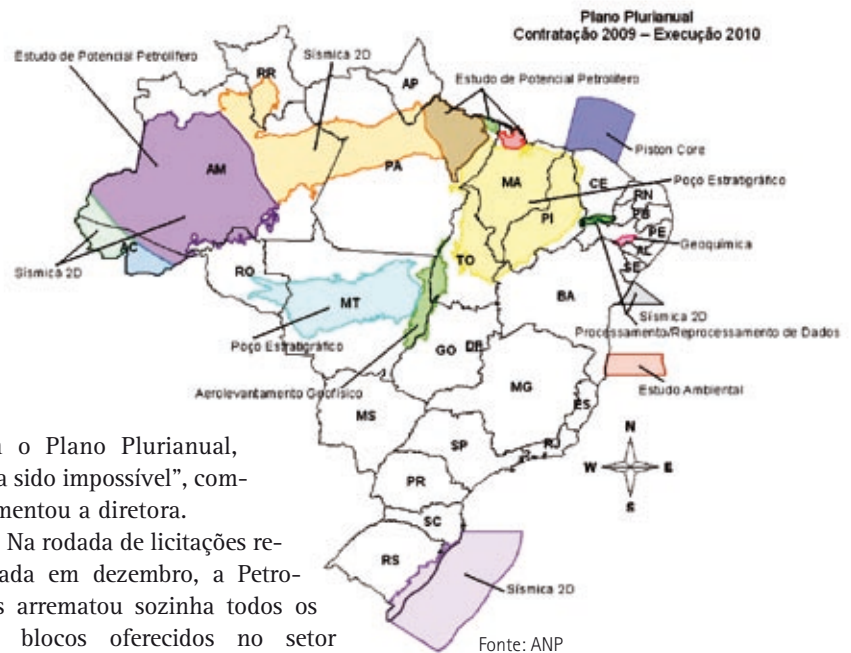
Na rodada de licitações realizada em dezembro, a Petrobras arrematou sozinha todos os seis blocos oferecidos no setor SPRC-L, da Bacia do Parecis, com desembolso de R\$ 2,7 milhões em bônus de assinatura. Os investimentos mínimos calculados para a fase de exploração são de R\$ 36,4 milhões.

Na Bacia do Parnaíba, um levantamento aerogeofísico de 700 mil km² motivou uma campanha sísmica no Piauí, ao sul do município de Floriano. Foi a primeira contratação dessa natureza feita pela ANP. Os trabalhos realizados pela equipe de permissoria, aquela que abre caminhos e inicia os contatos com proprietários das terras, incluem relatos de gás natural borbulhando em poços de prospecção de água. Aproveitando o levantamento geoquímico que estava sendo feito concomitantemente na Bacia de São Luiz, no vizinho estado do Maranhão, foram coletadas amostras de solo em volta dos pontos identificados. A análise dessas amostras identificou gás terrogênico.

O projeto da Bacia de São Luiz já encerrou as fases de levantamento geoquímico e de aferição de GravMag (gravimetria e magnetometria). O próximo passo, em 2009, será perfurar um poço estratigráfico. Além disso, será realizado um reprocessamento de linhas sísmicas mais antigas adquiridas na mesma bacia.

Outro projeto que já se encontra em fase final é o da Bacia do Acre. O levantamento geoquímico de superfície apontou indícios de gás natural na região.

Na Bacia do Paraná, onde apenas um dos cinco blocos oferecidos foi arrematado na última rodada de licitações da ANP, foi planejada uma cam-



Fonte: ANP

panha terrestre de aquisição de 2.200 km de sísmica 2D. No litoral sul, por sua vez, a licitação para levantamento sísmico da Bacia de Pelotas não será mais realizada pela ANP. A empresa GX Technology, do grupo ION, solicitou e já recebeu autorização para fazer novos levantamentos sísmicos especulativos em toda a costa brasileira, incluindo a Bacia de Pelotas. Nesse caso, os dados chegarão à ANP sem custos para a União. “Os objetivos da empresa coincidiram com os alvos da ANP e a Agência não precisou sugerir alterações”, salientou Chambriard.

ALCANCE DO PLANO O Plano Plurianual abrange inclusive áreas marítimas, mas a ênfase maior é sobre áreas em terra. Foram licitadas, em dezembro de 2008, três grandes campanhas sísmicas, todas terrestres, nas Bacias do Paraná, São Francisco (porção baiana) e Parecis. Também em 2008, foram licitados um levantamento geoquímico marítimo, do tipo *piston core*, na Bacia do Jacuípe (litoral da Bahia), um levantamento geoquímico na Bacia do Parnaíba, que cobre os estados do Maranhão e do Piauí e um aerolevanteamento gravimétrico no norte da Bacia do Paraná.

Para 2009, estão previstos ainda um projeto de levantamento sísmico marítimo na Bacia do Jacuípe; um *piston core* na Bacia do Ceará, entre o Ceará e o Piauí; levantamentos sísmicos nas Bacias do Amazonas e Acre; e um reprocessamento de linhas sísmicas adquiridas nas Bacias do Acre, Amazonas e São Luiz.

NOTAS

UnB IMPLANTA GRADUAÇÃO EM GEOFÍSICA

O Instituto de Geociências da Universidade de Brasília (IG/UnB) informa que no segundo semestre de 2009 terá início o mais novo curso de graduação em Geofísica. A proposta foi aprovada pelo Conselho Universitário e incluída no programa de expansão da UnB, contemplado pelo Programa de Apoio a Planos de Reestruturação e Expansão das Universidades Federais (REUNI), da Presidência da República. A proposta já foi aprovada também pelo MEC. O processo de implantação do curso já está em andamento.

O curso terá duração de oito semestres. Todas as disciplinas contarão com atividades de campo. Para o Prof. Augusto Pires (UnB), a criação do curso é consequência de um histórico de atuação competente e de qualidade em Geociências. Ele destaca que no ano de 2008 foi implantado no IG/UnB o Programa de Pós-graduação em Geociências Aplicadas para o qual migrou a área de Geofísica Aplicada.



A partir da esquerda: Adalene Silva, Augusto Pires, Roberto Moraes, Roberta Vidotti e Marco Ianniruberto, parte da equipe do Laboratório de Geofísica Aplicada da UnB.

Foto: Arquivo IG/UnB

O quadro docente permanente do IG/UnB conta com sete geofísicos, sendo seis com doutorado e um em processo de doutoramento. Está prevista a contratação de sete novos docentes na área de Geofísica nos próximos dois anos. Para mais informações, entrar em contato com os Profs. Augusto Pires e Roberta Vidotti pelo e-mail: labgeof@unb.br.

AUMENTA PROCURA POR CURSO DE GEOFÍSICA NO PARÁ

Subiu 140% em comparação ao ano anterior, a relação candidato-vaga do vestibular 2009 para o curso de graduação em Geofísica do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará (UFPA). O índice passou de 4,5 em 2008 para 10,8. Em relação aos demais cursos da UFPA, o de Geofísica avançou da 48ª para a 21ª posição, ultrapassando as engenharias Civil, Elétrica e da Computação.

Os dados foram fornecidos pela Profa. Lúcia Maria da Costa e Silva (UFPA). Segundo ela, o crescimento da procura pelo curso de Geofísica pode ser consequência do Programa Divulgando Geofísica, coordenado por ela, que em 2008 realizou apresentações para mais de



Foto: Anderson Santiago, UFPA

500 estudantes de ensino médio a partir de visitas agendadas a escolas públicas e particulares do estado. Com o objetivo de difundir e popularizar o conhecimento científico na região Norte do país, o programa produziu um filme que apresenta a Geofísica a partir de suas aplicações (soluções), mostrando o ambiente de trabalho.

“A solução que apresentamos para o estudante é a Geofísica como sua futura profissão”, detalhou a coordenadora, acrescentando que equipes formadas por alunos de graduação e pós-graduação da Faculdade de Geofísica (FAGEF) da UFPA apresentaram o vídeo e distribuíram panfletos sobre as perspectivas profissionais dos geofísicos no mercado de trabalho. A iniciativa teve apoio da SBGf e da “UFPA Geophysical Society”, Seção Estudantil da SEG no Pará.

UFRJ CRIA BACHARELADO EM CIÊNCIAS MATEMÁTICAS E DA TERRA

A proposta do bacharelado interdisciplinar da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) é permitir, inicialmente, a formação ampla do estudante na área das Ciências Matemáticas. Após isso, o aluno escolhe o seu caminho de formação profissional. Estão previstas três ênfases após a conclusão do curso: Analista de Suporte a Decisão; Ciências da Terra e Patrimônio Natural; e Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento.

Além de poder optar pelas habilitações específicas, o aluno poderá, a partir do 4º período, de acordo com as regras estabelecidas, transferir-se para um dos cursos tradicionais do Centro de Ciências Matemáticas e da Natureza (CCMN): Matemática, Estatística, Ciências Atuariais, Ciência da Computação, Física, Física Médica, Geologia, Astronomia, Geografia ou Meteorologia.

SBPC ABRE INSCRIÇÕES PARA REUNIÃO ANUAL

“Amazônia: Ciência e Cultura” será o tema da 61ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC), que será realizada de 12 a 17 de julho, na Universidade Federal do Amazonas (Ufam). As conferências, mesas-redondas, simpósios e minicursos que comporão o encontro serão organizados em torno de 17 núcleos temáticos definidos pela Comissão de Programação Científica (CPC).

Com a coordenação de Adalberto Val, diretor do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (Inpa), a CPC conta com representantes das diferentes áreas do conhecimento, de todas as regiões do país. Dentre os núcleos temáticos estão: o Ano Internacional da Astronomia; Clima, água e ambiente; Desenvolvimento da Amazônia; Geoprospecção e recursos minerais, entre outros. Mais informações no site da SBPC: www.sbpcnet.org.br/manuel.

JOVEM CIENTISTA: INSCRIÇÕES VÃO ATÉ 31 DE JULHO

Tempestades, furacões, desertificação, derretimento de calotas polares: as conseqüências dos impactos ambientais vêm tornando cada vez mais urgente a busca pelo desenvolvimento de ações que harmonizem a relação entre o homem e a natureza de maneira sustentável. E é com esse intuito que a 24ª edição do Prêmio Jovem Cientista propõe para 2009 o tema Energia e Meio Ambiente – soluções para o futuro. Cinco categorias serão premiadas: Graduado, Estudante de Ensino Superior, Estudante de Ensino Médio, Orientador e Mérito Institucional. Há ainda uma Menção Honrosa para o pesquisador com título de doutor que se destaque por sua trajetória na área relacionada ao tema do prêmio. Ele será indicado pelas sociedades científicas selecionadas previamente pelo CNPq.

O objetivo do Prêmio Jovem Cientista – uma iniciativa do CNPq, da Gerda e da Fundação Roberto Marinho – é buscar soluções simples e acessíveis para problemas diretamente ligados à população. Nesta edição, o foco será o estudo, o desenvolvimento e o uso de energias alternativas, estimulando a produção e o consumo dessas fontes de energia de maneira sustentável. Outras informações no site www.jovemcientista.cnpq.br.

Visite a nossa página na internet e atualize seu cadastro online www.sbgf.org.br/membros/recadastro.asp

USP PROMOVE CONCURSO PARA PROFESSOR DE GEOFÍSICA

O Departamento de Geofísica da Universidade de São Paulo abriu concurso para professor titular na área de Geofísica Aplicada ao Petróleo.

O período de inscrição vai até 3 de julho. De acordo com a chefe do Departamento, Naomi Ussami, a USP deseja intensificar as atividades de pesquisa ligadas ao petróleo e requer que o candidato tenha ampla experiência científica numa das seguintes especialidades: (1) Metodologias geofísicas para imageamento da subsuperfície; (2) Petrofísica; (3) Interpretação geológica de dados geofísicos; (4) Caracterização de reservatórios; e (5) Modelagem e análise quantitativa de bacias sedimentares. Atualmente o salário mensal é de R\$ 9.092,35. Para mais informações, contatar: naomi@iaq.usp.br.

UFF INSCREVE PARA DOUTORADO

O Instituto de Geociências, da Universidade Federal Fluminense (UFF) abriu inscrições para o processo de seleção de candidatos para o Programa de Pós-graduação em Geologia e Geofísica Marinha - Doutorado. São oferecidas 10 vagas. A documentação deve ser entregue no Departamento de Geologia (Lagemar), no Campus da Praia Vermelha (Gragoatá - Niterói). A inscrição será feita em fluxo contínuo até setembro. O público-alvo abrange graduados em Geologia, Geografia, Geofísica, Oceanografia e áreas afins. A seleção ocorrerá em duas etapas. Informações adicionais podem ser obtidas no site www.igeo.pos.uff.br.



Líder Mundial na Fabricação de Equipamentos Magnetotelúricos
PHOENIX GEOPHYSICS

- Equipamentos especializados e multifuncionais desenvolvidos para técnicas geofísicas eletromagnéticas (EM), com sincronização GPS em todos os instrumentos.
- Receptores, transmissores, sensores, sistemas de monitoramento e acessórios.

Aplicações dos Equipamentos:

- Exploração de petróleo e gás
- Exploração de metais básicos e preciosos
- Exploração de diamantes
- Exploração da água subterrânea
- Exploração geotérmica
- Estudos da crosta terrestre profunda
- Monitoramento de reservatórios
- Previsão de terremotos
- Estudos ambientais e de engenharia

PHOENIX GEOPHYSICS INSTRUMENTOS são fortes, de custo razoável, confiáveis, leves, com bom desempenho em todos os terrenos e climas, usados em mais de 80 países ao redor do mundo na exploração e na pesquisa.

<p>Transmissores Multifuncionais</p>  <p>T-3 T-4 Bateria TXU-30</p>	<p>Receptores Multifuncionais</p>  <p>V8, RXU MTU MTU-2E, MTU-5, MTU-5A</p>	<p>Sensores</p>  <p>MTC-50 MT MTC-30 AMT Eletrodos não polarizáveis</p>
---	--	---

Sistemas completos para investigação científica, exploração e pesquisa.

TEL +1 416 491-7340 FAX +1 416 491-7378 mail@phoenix-geophysics.com www.phoenix-geophysics.com

SOFTWARE LIVRE

BotoSeis: Intuitivo e amigável

Uma ferramenta de trabalho intuitiva que permite criar e executar de maneira simples fluxos de processamento de dados sísmicos. Esta é a principal característica do *software* BotoSeis, uma plataforma gráfica, amigável e interativa, desenvolvida por professores e alunos do Laboratório de Processamento Sísmico (Prosis), do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará.

“O BotoSeis visa somar esforços com outras iniciativas semelhantes para o aperfeiçoamento didático e científico da Geofísica no Brasil”, afirmou o **Prof. German Garabito** (UFPA), coordenador do projeto de desenvolvimento do BotoSeis. Segundo ele, o *software* vem sendo desenvolvido

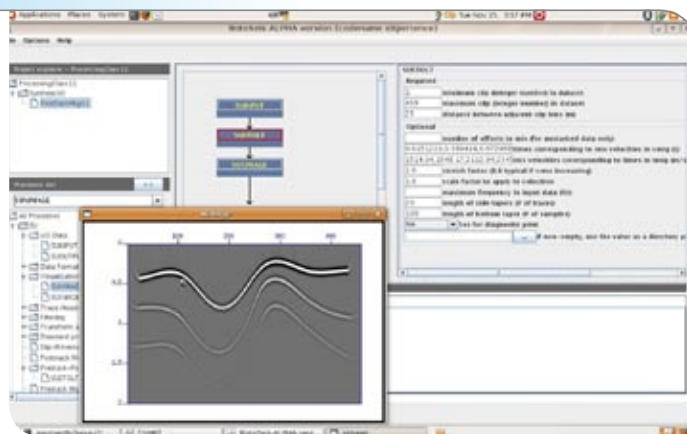
desde 2003 através do apoio de vários projetos de pesquisa e agora será disponibilizado para a comunidade geofísica, em especial da área sísmica.

“O *software* pode ser obtido gratuitamente na página de desenvolvimento do projeto na internet <http://botoseis.sourceforge.net> e em breve também estará na página do Prosis (www.ufpa.br/prosis)”, informou Garabito.

Desenvolvido com a linguagem de programação Java, que proporciona um ambiente de trabalho interativo, com a flexibilidade de poder ser instalado em qualquer sistema operacional, o BotoSeis é capaz de reunir em uma única janela as ferramentas necessárias para utilização prática e rápida dos programas do pacote Seismic Unix (SU), muito utilizado para modelagem e processamento de dados sísmicos em universidades e instituições de pesquisa. O pacote SU, em que se baseia o BotoSeis, é desenvolvido pelo Center for Wave Phenomena (CWP) da Colorado School of Mines (EUA) seguindo a filosofia do *software* livre.

O BotoSeis, de acordo com Garabito, permite a inclusão de programas através de janelas de diálogo, sem que o usuário necessite conhecer a linguagem de programação. Assim, também podem ser incluídos no BotoSeis programas de pacotes como, por exemplo, SEPLib e Madagascar, e ainda os programas desenvolvidos por pesquisadores e alunos de instituições de ensino e pesquisa.

“O projeto não vai parar por aí. Como parte da programação do recém-criado grupo de pesquisa ‘Imageamento, Interpretação e Modelagem Sísmica’ do CNPq, coordenado pelo Prof. João Carlos



Cruz (UFPA), serão adicionadas ferramentas para modelagem, processamento e visualização de dados sísmicos dentro do BotoSeis, a fim de facilitar ainda mais o ensino e a pesquisa nessas áreas”, destacou Garabito.

Simulate it all seamlessly from surface to subsurface.

A major advance in reservoir simulation, Landmark Nexus™ software enables fully implicit, fully coupled surface-to-subsurface simulation for a comprehensive look at your asset. With Nexus technology, simulate everything from small fields to complex assets with multiple reservoirs and varying fluids at unprecedented speed. Now, your reservoir planning has been made incredibly fast and easy.

Landmark Nexus™ software.
The world's fastest reservoir simulator.

To learn more about Landmark Nexus software, visit us at www.lgc.com.

Deeper knowledge. Broader understanding.™

Landmark
HALLIBURTON

© 2008 Landmark Graphics Corporation. All rights reserved.

OPERADORAS

Presença firme

Integrante do grupo A.P. Moller-Maersk, a Maersk Oil Brasil Ltda. está envolvida em atividades de exploração no país desde 2001



Criada em 1962, a matriz global da Maersk Oil opera cerca de 800 mil barris de óleo equivalente por dia (boepd) e tem uma produção própria em torno de 600 mil boepd vinda de campos localizados na Europa, África, Oriente Médio, Ásia e nas Américas.

Durante a Nona Rodada, a companhia ganhou a concessão exploratória de quatro blocos *offshore*. Duas participações como operadora (50%), no sul da Bacia de Campos (BM-C-37 e BM-C-38), em associação com a OGX (também com 50%). As outras duas são em blocos no sul da Bacia de Santos (BM-S-66 e BM-S-67) operados pela Petrobras (40%), tendo também como parceira a companhia brasileira Vale (30%). Além disso, a Maersk detém 50% de participação no bloco BM-S-29, situado na Bacia de Santos, a 150 km ao sul do Rio de Janeiro.

Dos 29 empregados da empresa no Brasil apenas três são estrangeiros. "Estamos empregando dois geofísicos plenos e um júnior. Para cobrir o trabalho adicional resultante do sucesso na Nona Rodada, estamos abertos a novas oportunidades", afirmou Jörg Pigaht, *country manager* da Maersk Oil Brasil, que respondeu às seguintes perguntas da SBGf, por e-mail.

Quais são os planos da Maersk Oil Brasil para o futuro próximo? Nos próximos dois anos, planejamos perfurar cinco poços, sendo operadora em três deles. Os resultados deverão determinar trabalhos adicionais e possível produção no futuro.

Como as atividades da SBGf podem contribuir para as empresas de petróleo, especialmente a Maersk? Manter atualizado um banco de currículos de profissionais da área, publicar um calendário de eventos e congressos técnicos nacionais e internacionais, além de publicações técnicas voltadas a profissionais que atuam no país, brasileiros ou não.

De que maneira a Maersk interage com sociedades de profissionais da indústria do petróleo? Até recentemente não tínhamos profissionais dessa área no Brasil. Com a contratação de um geofísico em 2006 e mais dois geocientistas em 2008, entendemos que esta interação possa vir a ser estabelecida e incrementada.

Como o Sr. avalia a qualidade dos congressos e outros eventos técnicos promovidos pela SBGf? Os congressos da SBGf possuem excelente nível, o que demanda um espaço maior para a exposição e para as salas de apresentação.



Ramform Sovereign

Offshore Brazil

PGS' Ramform Sovereign has been introduced for one single purpose – to collect the maximum amount of seismic data, as safely, reliably and as quickly as possible for its customers.

O Ramform Sovereign da PGS foi projetado com um único objetivo - coletar a máxima quantidade de dados sísmicos, mais segura, confiável e rapidamente possível para seus clientes.

World record - 17 streamers

Widest tow - 1300m spread

Steerable sources

Houston
Tel: 1-281-509-8000
Fax: 1-281-509-8500

Rio de Janeiro
Tel: 55 -21-3970-7300
Fax: 55 -21-3970-7345

A Clearer Image
www.pgs.com



Fenômenos Naturais

Erupções vulcânicas, terremotos, tsunamis, ciclones e furacões são eventos que passam longe do dia a dia do brasileiro. Apesar disso, pesquisadores estudam esses fenômenos a partir do Brasil. Para saber como as Geociências contribuem para a evolução do ensino e da pesquisa nestas áreas, ouvimos dois sismólogos, uma vulcanóloga e dois meteorologistas. Acompanhe a seguir o resumo.

DEVEMOS NOS PREOCUPAR COM TSUNAMIS NO BRASIL?

Os tsunamis são ondas oceânicas gigantescas que atingem o litoral e invadem o continente, provocando destruição e morte. Termo criado por pescadores, a palavra tsunami tem origem na língua japonesa e significa, literalmente, onda no porto. Os tsunamis mais violentos são os provocados por terremotos que ocorrem nas zonas de subducção, fenômeno natural que acontece em áreas de convergência de placas tectônicas onde uma das placas desliza para debaixo da outra. As zonas de subducção são potenciais focos sísmicos uma vez que a fricção de duas placas pode provocar a liberação repentina de enorme quantidade de energia, resultando em terremotos.

O exemplo mais recente deste fenômeno ocorreu em Sumatra, em 26 de dezembro de 2004, quando morreram mais de 300 mil pessoas em ilhas e praias do oceano Índico. As ondas desse tsunami em alto mar, após 90 minutos decorridos do terremoto de magnitude 9,3, alcançaram uma velocidade da ordem de 800 km/h.

Outro tsunami memorável, ocorrido no oceano Atlântico, destruiu Lisboa em 1755, matando mais de 90 mil pessoas. O terremoto que provocou esse tsunami, com magnitude 8,0 Mw, teve seu epicentro a 200 km a sudoeste da capital portuguesa. O sismo foi seguido por um tsunami, que se repetiu três vezes. O terremoto de Lisboa ocorreu na

dorsal Açores-Gibraltar, onde se encontram as placas tectônicas africana e euro-asiática.

De acordo com os especialistas em sismologia Jesus Berrocal (Berrocal Vasconcelos) e Marcelo Assumpção (IAG/USP), os sismos que ocorrem na dorsal Açores-Gibraltar são considerados como uma fonte capaz de provocar tsunamis que atingiriam o Brasil, como o de 1755 que afetou Lisboa e cujas ondas chegaram ao litoral nordeste da América do Sul, com ondas de menos de um metro de altura. As zonas de subducção das microplacas do Caribe que provocam pequenos tsunamis de efeitos locais, e do Arco de Scotia, próximo às Ilhas Malvinas, que não provocou até agora tsunamis conhecidos, não são consideradas como ameaças pelos sismólogos que em 2005 elaboraram um estudo para a Eletronuclear sobre a possibilidade de tsunamis atingirem o litoral brasileiro, do qual foram extraídas partes desta matéria.

O documento relata também como fonte de tsunamis as erupções vulcânicas e cita, a mais devastadora delas, ocorrida no vulcão Krakatoa, em 27 de agosto de 1883, na Indonésia. Nessa erupção dois terços da Ilha de Krakatoa foram submersos. Ondas de até 37 m de altura destruíram em uma hora 295 cidades e povoados do Estreito de Sunda, que fica entre Sumatra e Java, matando mais de 37 mil pessoas.

Na região das Antilhas, no Caribe, também existem casos de tsunamis gerados por erupções vulcânicas, entretanto esses tsunamis provocam efeitos muito localizados e são mais propensos a atingir a borda sul e sudeste da América do Norte. Esses tsunamis nunca atingiram o litoral do Brasil.

Por outro lado existe uma tenebrosa previsão da ocorrência de um provável tsunami que seria provocado pela queda de um bloco de meio milhão de toneladas de uma das paredes do vulcão Cumbre Vieja, na Ilha La Palma do arquipélago Ilhas Canárias na borda noroeste da África. A controvérsia entre os estudiosos é grande.

Segundo a previsão apresentada por Ward e Day em 2001, a queda violenta desse imenso bloco no oceano Atlântico, que ocorreria, provavel-

SISMICIDADE NO OCEANO ATLÂNTICO E REGIÕES PRÓXIMAS

Os símbolos cheios nos mapas das figuras 2 e 3 correspondem a sismos associados com tsunamis.

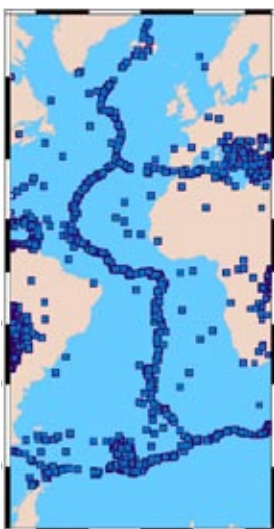


Fig. 1: Entre 1964 e 2003, $M \geq 5,0$

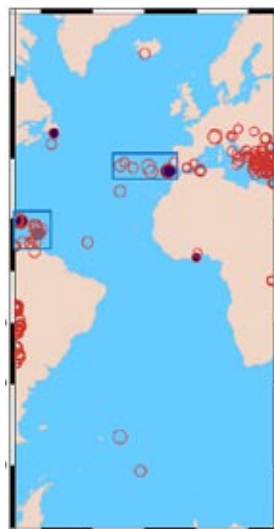


Fig. 2: Entre 1511 e 1963, $M \geq 6,5$



Fig. 3: Entre 1964 e 2003, $M \geq 6,5$



wikipedia.com

Em 1° de novembro de 1755, às 9h30, Lisboa foi atingida pelo terremoto mais destrutivo conhecido até então na Europa. O sismo foi seguido de um tsunami que, segundo estimativas, atingiu a altura de 20 metros, e de múltiplos incêndios, tendo provocado cerca de 90 mil mortes.

mente, durante a próxima erupção desse vulcão, provocaria uma onda gigantesca de 650 m de altura que chegaria à Europa e à África com 100 m de altura e às regiões Leste dos Estados Unidos e Nordeste da América do Sul com ondas de 50 m de altura, viajando com velocidade de 700 km/h. Esse tsunami poderia atingir o litoral das regiões Nordeste, Sudeste e Sul do Brasil com ondas de até 20 m de altura.

Por sua vez, a modelagem desse fenômeno efetuada por Mader também em 2001 é menos trágica. Ele considera que o bloco do Cumbre Vieja não cairia de forma tão violenta, mas por partes, ou deslizaria, o que provocaria uma onda de no máximo 350 m de altura. Além disso, levou em conta a variação mais real da profundidade do fundo marinho assim como o fato deste tipo de tsunami apresentar ondas de alta frequência, que se atenuam mais rapidamente, e concluiu que o tsunami atingiria a Europa e a África com ondas de 10 m, ou seja, 90 m a menos que a previsão de Ward e Day, e chegaria à porção Leste dos Estados Unidos, às Antilhas e à região Nordeste da América do Sul, com ondas de três metros e não de 50 m, como na previsão anterior. No resto do litoral do Brasil, as ondas desse tsunami não passariam de dois metros de altura.

DESLIZAMENTOS Além dos tsunamis provocados por terremotos e erupções vulcânicas, outras fontes importantes são os deslizamentos provocados pela queda de grandes blocos de gelo, principalmente na Groenlândia e na Noruega, ou pelo deslizamento de sedimentos acumulados na plataforma continental. Este seria o caso dos sismos ocorridos em Grand Bank, no litoral nordeste do Canadá em 1774 e em 1929 e na Baía do Rio da Prata, no Uruguai em 1884. As duas regiões não apresentam altos índices de atividade sísmica e não há como explicar a ocorrência de sismos de magnitude elevada (7,2 e 7,0, respectivamente). Entretanto, nos dois locais existe uma plataforma continental extensa, maior que 200 km, o que permite supor que o acúmulo de grandes quantidades de sedimentos, que de tempos em tempos deslizam para a região abissal, provocam terremotos e tsunamis de até 15 m. Com pequeno comprimento de onda, porém, essas ressacas são atenuadas rapidamente e os efeitos do tsunami só são percebidos com maior tamanho em regiões limitadas.

CONCLUSÃO De acordo com o estudo, Berrocal e Assumpção inferem que a única fonte sísmica que poderia provocar um tsunami que atingisse com severidade o litoral do Brasil não seria originada na dorsal Açores-Gibraltar, nem nas zonas de subdução das Antilhas ou do Arco de Scotia, nem na erupção do vulcão Cumbre Vieja. Seria um tsunami, como o ocorrido no Uruguai em 1884, que poderia ser provocado por um gigantesco deslizamento de sedimentos depositados em grandes quantidades na Plataforma Continental Brasileira.

Entretanto, com exceção da área em frente ao Cone Amazônico, a nossa plataforma continental não é tão extensa como a do Grand Bank, ou como a da Baía do Rio da Prata, e provavelmente não será possível constatar acumulações gigantescas de sedimentos que possam deslizar e provocar terremotos de magnitude 7,0 ou maior e tsunamis que afetem o litoral brasileiro.

Ainda de acordo com Berrocal, alguns sismos de pequena magnitude que ocorrem na plataforma continental do Brasil correspondem a deslizamentos de sedimentos, como provavelmente seja o caso do sismo de magnitude 5,3 ocorrido em 1990, em frente a cidade de Porto Alegre (RS). Marcelo Assumpção, entretanto, contesta que este sismo tenha sido um deslizamento do talude continental. “Esta questão, de grande importância para estimativas de risco na plataforma do Brasil, ainda necessita de mais estudos”, salientou.

VULCANOLOGIA SEM VULCÕES

Um dos maiores eventos vulcânicos do mundo ocorreu no Brasil há cerca de 133 milhões de anos, pouco antes de a América do Sul começar a se separar da África. Os processos que ocorreram no passado muito distante, denominados de vulcanismo, são o principal objeto de estudos da vulcanologia no Brasil. Episódios mais recentes ocorridos no Brasil também despertam interesse dos especialistas, como o Pico do Cabugi (RN), com cerca de 20 milhões de anos, o arquipélago de Fernando de Noronha (PE), formado entre 10 e 2 milhões de anos, e a Ilha da Trindade (ES), entre 3 milhões e menos de 300 mil anos.

Em trabalho recente, a Profa. Leila Soares Marques (IAG/USP) e a sua aluna de doutorado Rosana Nunes dos Santos conseguiram determinar que na Ilha da Trindade ocorreu vulcanismo há menos de 110 mil anos. Segundo Leila, os eventos vulcânicos estão associados aos processos dinâmicos de grande escala que ocorrem no interior da Terra, especialmente no manto terrestre (litosfera e astenosfera), e ajudam a compreender o que acontece hoje no planeta.

“Observando as rochas vulcânicas antigas, podemos elaborar modelos para entender os processos atuais e auxiliar na prevenção de grandes desastres naturais que possam acontecer no futuro”, complementou a pesquisadora.

Vulcanólogo é o profissional que estuda as causas e as conseqüências de erupções vulcânicas, atuando principalmente no monitoramento para a prevenção dos desastres causados pelos eventos vulcânicos. Além do controle da prevenção, incluindo mudanças climáticas, o estudo dos vulcões ajuda a entender os processos dinâmicos que ocorrem não apenas no interior da Terra, mas também em outros planetas, como Vênus e Marte, contribuindo, assim, para desvendar a evolução dos planetas desde a sua formação.

ESPECIAL



Arquivo pessoal Leila S. Marques

Mesmo em países sem vulcões ativos, como no Brasil, é possível realizar estudos vulcanológicos em pesquisas acadêmicas. Nesses estudos as rochas vulcânicas antigas são analisadas e através dos dados obtidos (mineralogia, composição química, idade) os pesquisadores propõem e testam modelos. Suas principais ferramentas de trabalho são os levantamentos de campo, essenciais para investigar os modos de erupção das lavas, como também as análises laboratoriais das rochas.

Para ser vulcanólogo, é necessário ter uma boa formação em Física, Química, Geologia e Geofísica e fazer mestrado ou doutorado em Vulcanologia. Os métodos de estudo para o monitoramento e identificação de indícios de que um vulcão poderá entrar em erupção incluem a Sismologia, a Geodésia (GPS) e a Geofísica Nuclear, para a determinação do gás radônio.

A formação acadêmica mais completa dos vulcanólogos ocorre em países onde há vulcões ativos como, por exemplo, Japão, Itália, Estados Unidos (Califórnia e Havaí) e países andinos. Como no Brasil há somente vulcões antigos e extintos, não há vulcanólogos atuando no país, mas apenas físicos, geofísicos ou geólogos especializados em Vulcanologia que estudam as rochas vulcânicas. A Profa. Leila, por exemplo, é formada em Física, com mestrado em Geofísica Nuclear e doutorado com interface entre a Geofísica Nuclear e a Geoquímica.

“Fiz minha especialização utilizando a radioatividade como ferramenta para obtenção de dados sobre rochas vulcânicas. Estudo o vulcanismo para obter informações sobre a separação dos continentes sul-americano e africano”, salientou Leila.

METEOROLOGIA SINÓTICA



Foto: arquivo pessoal

A previsão do tempo hoje em dia é resultado de um esforço internacional coordenado pela Organização Meteorológica Mundial, um dos órgãos da ONU, cujo interesse reside principalmente na navegação aérea, mas também nas expectativas de projeções climáticas das diversas regiões do globo e no monitoramento de fenômenos naturais que a atmosfera pode induzir.

Com a evolução da tecnologia e as facilidades da informática, a quantidade de dados empregados hoje em dia na análise de previsão do tempo é enorme. Há estações de superfície, em geral nos aeroportos, medindo dados de vento a cada meia hora. Há estações que fazem quatro medidas por dia nos horários sinóticos típicos (zero, seis, doze e dezoito) do meridiano de Greenwich. Há ainda uma gama imensa de dados coletados nas superfícies dos oceanos por navios, dados de radiossondagem captados em diversos lugares nos

continentes, informações coletadas por aviões em suas rotas, tudo para atender a uma condição inicial de modelagem que represente bem a atmosfera num dado instante.

A forte melhoria na previsão do tempo nos últimos 20 anos se deve aos satélites meteorológicos e ao tratamento dos dados coletados por eles. Os métodos de análise evoluíram e os sensores ganharam maior resolução. A atividade ganhou destaque no mundo inteiro. No Brasil, por exemplo, os principais órgãos operacionais de meteorologia mantêm uma rede de observação em nível nacional: o Instituto Nacional de Meteorologia (Inmet) do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento; o Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA) do Comando da Aeronáutica e a Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN) do Comando da Marinha, ambos do Ministério da Defesa; além do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe) do Ministério da Ciência e Tecnologia. Essas redes são constituídas de equipamentos eletrônicos automáticos que transmitem dados em tempo real.

MERCADO EM CRESCIMENTO Formandos em Meteorologia são os mais fortes candidatos a trabalhar com meteorologia sinótica, ramo que atua com a visão reduzida do clima como um todo, incluindo a análise e a previsão das condições atmosféricas.

“A Meteorologia Sinótica envolve a representação das condições do tempo, através não apenas dos dados observados em diversos locais do mundo, mas também da parte de modelagem numérica que envolve equações em computador, modelos numéricos de análise e de previsão do tempo que fazem parte do dia a dia”, explicou o **Prof. Ricardo de Camargo** (IAG/USP), do Departamento de Ciências Atmosféricas. Segundo ele, o mercado de trabalho no Brasil nesta área ainda não está saturado. As iniciativas dos órgãos governamentais (Inmet e Inpe) ou das universidades que oferecem cursos de Meteorologia criam diversas oportunidades para o pessoal especializado.

A Meteorologia é uma profissão relativamente jovem, o curso mais antigo é o da UFRJ, criado em 1972. O da USP é de 1977. Os métodos geofísicos tradicionais têm pouca relação direta com as disciplinas da Meteorologia, apesar do curso básico ser o mesmo. O número de meteorologistas formados no Brasil supera um pouco a casa do milhar. É freqüente que graduados de outras áreas de ciências exatas, como Matemática, Física, Computação e Engenharia, ingressem na área de Meteorologia. Ricardo de Camargo, por exemplo, fez bacharelado em Física, mestrado em Oceanografia Física e doutorado em Meteorologia.

Segundo Camargo, o Brasil está entre os dez países do mundo que contam com supercomputadores dedicados à previsão do tempo. “Pode-se afirmar que a Meteorologia do Brasil acompanha de perto o estado-da-arte do que se faz no mundo”, salienta o professor que elaborou uma apostila sobre Meteorologia Sinótica, que está disponível na página do Laboratório de Meteorologia Aplicada a Sistemas de Tempo Regionais (Master IAG/USP) (www.master.iag.usp.br/ensino). Os textos abordam uma diversidade de estudos relacionados ao clima, entre eles a estrutura geral da atmosfera, os tipos de nuvens, sistemas de precipitação, frentes, ciclones, nevoeiros, geadas, convecções, zonas de convergência, brisa marítima e terrestre, etc.

CICLONES E ANTICICLONES

Um ciclone (ou depressão ou centro de baixas pressões) é uma região em que o ar relativamente quente e úmido se eleva e favorece a formação de nuvens e precipitações. Por isso, tempo nublado, chuva e vento forte estão normalmente associados a centros de baixas pressões. A instabilidade do ar produz um grande desenvolvimento vertical de nuvens cumuliformes associadas a volumes razoáveis de água. Anticiclones, por sua vez, referem-se a centros de altas pressões atmosféricas que favorecem o movimento descendente de ar, inibindo a formação de nuvens.

Ciclones e anticiclones são indicados nos mapas meteorológicos pelas letras B e A, respectivamente, e são locais em volta dos quais existe um padrão organizado de circulação de ar. Impulsionado pela variação horizontal da pressão atmosférica, o ar flui de centros de altas pressões para centros de baixas pressões, e é defletido pela “força de Coriolis”, de tal modo que os ventos circulam em espiral ao redor destes centros.

Os ciclones estão associados ao sentido anti-horário no hemisfério Norte e ao sentido horário no hemisfério Sul, enquanto os anticiclones apresentam giro horário no hemisfério Norte e anti-horário no hemisfério Sul.

Cabe ainda mencionar que existe uma importante diferenciação dos ciclones de acordo com a região geográfica de ocorrência: na região tropical e nas latitudes médias e altas. Os ciclones tropicais são sistemas que se

formam sobre os oceanos e que são alimentados pela evaporação da água do mar e subsequente condensação deste vapor na atmosfera, podendo evoluir para tempestades tropicais e, eventualmente, furacões.

Por sua vez, os ciclones extratropicais estão associados aos sistemas frontais (frentes

frias, quentes e oclusas), que normalmente atingem as regiões Sul e Sudeste do Brasil. A evolução dos ciclones extratropicais está primordialmente ligada à estrutura tridimensional da atmosfera, mas pode haver contribuição do contraste terra-oceano, da topografia dos continentes e da temperatura da superfície do mar.

Quanto aos anticiclones, as regiões subtropicais se caracterizam pelos centros semipermanentes de altas pressões, ligados diretamente ao cinturão de baixas pressões ao longo da linha do equador. Nas latitudes médias e altas encontram-se os anticiclones extratropicais, os quais são migratórios e cuja evolução também se dá pela influência da estrutura tridimensional da atmosfera.



Ciclone Hary, a leste de Madagascar em 12 de março de 2002.

Foto: Cortesia Jaques Desobry/INSA/SBGF



A BRAIN É +

- + de uma década no mercado
- + de 250 diagnósticos ambientais concluídos
- + de 450 km de dutos cadastrados em travessias de rios
- + de 2X em extensão a Muralha da China em seções GPR
- + de 15.000 seções de Resistividade
- + de 900 km de sísmica 2D e 1350 km² de sísmica 3D, em apenas 3 anos
- + de 160.000 homens/hora de Treinamentos em SMS
- + de 4 milhões de homens/hora expostos ao risco sem acidentes
- + de 1.000 funcionários felizes

SOLUÇÕES INTEGRADAS

- Diagnósticos ambientais
- Cadastramento de dutos
- Geoprocessamento
- Levantamentos geofísicos
- Mapeamentos geotécnicos
- Avaliação de risco à saúde humana
- Monitoramento ambiental
- Sísmica passiva aplicada ao monitoramento de encostas
- Reconstituição de "as built" de dutos

SÍSMICA

TECNOLOGIA

- Aquisição sísmica terrestre 2D e 3D
- Processamento e interpretação sísmica
- Detalhamento de reservatórios
- Equipamentos de última geração com 5000 canais de registros

ABRANGENTE

- Profissionais com vasta experiência
- Pronta para operar em qualquer parte do país
- 30 projetos em 8 estados brasileiros
- Em apenas 3 anos, 900 km de sísmica 2D e 1350 km² de sísmica 3D
- Mais de 4 milhões de homens/horas expostos ao risco sem qualquer acidente com afastamento

A Brain é a primeira empresa brasileira de aquisição sísmica com 100% de capital privado — um marco na história da exploração petrolífera no Brasil.

Av. Raja Gabaglia, 4.943
Santa Lúcia - 30360-670
Belo Horizonte MG - Brasil
Fone: (55) 31-3526-4800
brain@braintechnologia.com.br

NAS NUUVENS



Fotos: Divulgação CPTEC/Inpe

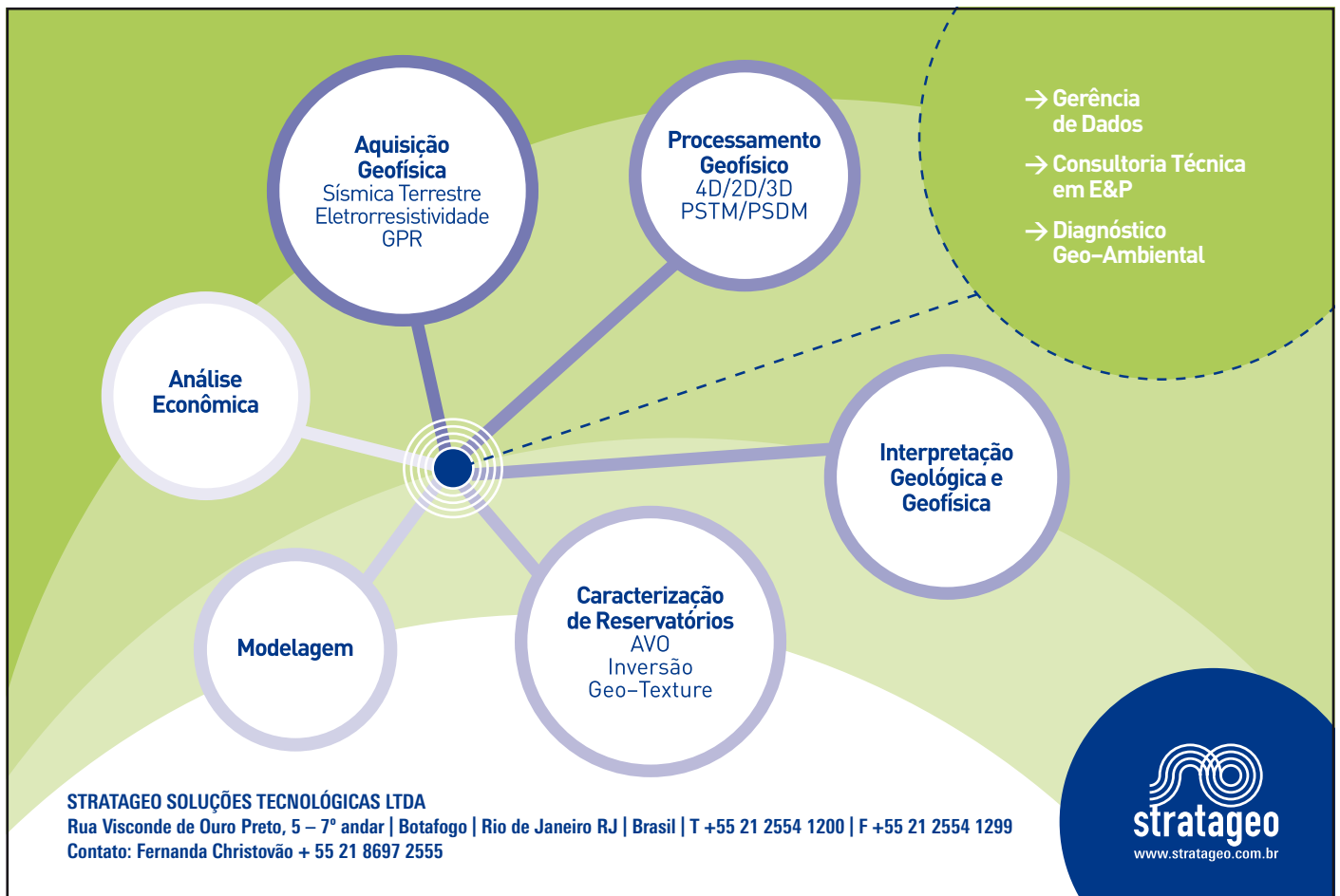
O Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC) completará em outubro de 2009, 15 anos de atividades operacionais e de pesquisa. De lá para cá, a Meteorologia evoluiu e o Brasil acompanha de perto como uma das referências no hemisfério Sul nessa área. A **Profa. Maria Assunção Faus da Silva Dias**, coordenadora-geral do CPTEC, comenta a situação do CPTEC e da Meteorologia no Brasil.

Como funciona hoje o CPTEC? Estamos dentro do Inpe (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais). Temos dois pontos da Rede Nacional de Pesquisas (RNP) para a chegada dos dados e saída dos resultados. Em um grande data center de 1.000 m² temos duas gerações de super-computadores e estamos em vias de adquirir mais uma máquina. A parte de ingestão de dados de satélites é extremamente avançada. Nossas antenas captam os sinais dos satélites meteorológicos e ambientais. Por outro lado, o nosso *software* que está em uso aí no meio desse processo precisa ser continuamente melhorado, sendo alimentado por resultados de pesquisa. Temos um grupo de pesquisa. Temos apoio na área observacional para medidas especiais. Por exemplo: Como se coloca uma nuvem dentro dessa simulação?

Esse é o grande tema da pesquisa meteorológica? Sim, a formação da nuvem. Ela ocorre muito rapidamente e pode evoluir para uma tempestade, chover muito e causar uma enchente ou se dissipar rapidamente. Grande parte das pesquisas do CPTEC envolve entender como a nuvem funciona, como produz ou não chuva forte ou fraca, a fim de melhorar a representação dela no nosso *software*. Para o Brasil, um país tropical com nuvens se formando continuamente, esse é um dos grandes desafios, principalmente, agora na estação chuvosa.

Desde que foi criado em 1994, qual é a maior contribuição do CPTEC? Um produto operacional marcante da evolução do CPTEC é o Qualidade do Ar que está na nossa *homepage*. Introduzimos nos modelos de previsão do tempo a contribuição da fumaça das queimadas, que provocam problemas sérios na estação seca. Os ventos esparramam a fumaça na área continental até o Atlântico. Essa é uma contribuição brasileira de grande visibilidade internacional. Nosso pessoal foi aos Estados Unidos instalar esse *software* em projetos de colaboração com algumas agências.

Isso já é um produto operacional ou ainda é pesquisa? Por trás desse produto a pesquisa continua. O tema é complexo e possui aspectos ainda não introduzidos satisfatoriamente como, por exemplo, a interação das nuvens com os aerossóis que, no jargão científico, são as partícu-



las de poeira que ficam em suspensão no ar. Nas discussões científicas sobre o clima da Terra no futuro, a interação dos aerossóis com as nuvens está em voga porque ainda há uma grande incerteza.

Como está o mercado de trabalho? Temos 400 funcionários no CPTEC, entre meteorologistas, físicos e profissionais de computação científica e operacional. Em 2008, três doutores saíram para atuar em universidades e mais dois se preparam para prestar concurso. Na área de previsão, o pessoal da interpretação tem sido continuamente atraído por empresas do Rio de Janeiro, São Paulo e do Nordeste. O mercado está contratando.

Quais setores mais contratam meteorologistas? A Meteorologia está permeando as aplicações na agricultura, geração de energia, recursos hídricos e empresas privadas da área como o Climatempo e a Somar.

E como a geofísica é utilizada nesse universo? Na previsão do tempo em curto prazo se utiliza o conhecimento dos solos através da geofísica rasa. Na pesquisa que envolve o clima numa escala de milhares de anos, aí já há uma relação mais intensa por causa dos vulcões e dos fluxos térmicos, e de um olhar para a Terra como um sistema integrado. No contexto de pensar as mudanças climáticas, como ficará no futuro e até reconstituir o passado ao longo da história da Terra, a pesquisa passa pela Geofísica e pela Astronomia também.



Sala de previsão meteorológica do CPTEC.

Qual é o grande desafio da Meteorologia hoje em dia?

Melhorar a representação. Usando o exemplo das nuvens, chegamos a conclusão com o conhecimento atual que precisamos detalhar muito mais as simulações numéricas. A junção da tecnologia dos satélites com a observação da Terra e da atmosfera, o avanço dos supercomputadores, que são áreas extremamente tecnológicas, e a meteorologia, estão acelerando o desenvolvimento e colocando questões que antes não se tinha coragem de pensar porque não havia como resolver. Por exemplo, detalhar como os pequenos cristais de gelo e as gotinhas de água interagem entre si dentro da nuvem para finalmente produzir uma chuva intensa. E como se formam relâmpagos? E como podemos prever a ocorrência de relâmpagos? Enfim, começamos a sofisticar porque a tecnologia nos permite avançar.



Soluções em geofísica

Processamento sísmico

- ▷ Terrestre e marítimo
- ▷ 2D/3D (migração em tempo e profundidade)

Suporte à aquisição de dados sísmicos

- ▷ Parametrização
- ▷ Inspeção
- ▷ Controle de qualidade

Geofísica rasa

- ▷ Eletrorresistividade e GPR
- ▷ Aquisição, processamento e interpretação



Natal

Rua Seridó, 479, sala 100/200
Natal, RN CEP: 59020-010
Tel: +55 84 3221 4043/3201 3858

Rio de Janeiro

Av. Nilo Peçanha, 50, sala 1617 (Ed. Paoli)
Rio de Janeiro, RJ CEP: 20020-906
Tel: +55 21 2262 9651

ARTIGO TÉCNICO

Investigação da tectônica gravitacional na Bacia da Foz do Amazonas a partir de análise sísmica e de modelagem experimental*

Antonio Tadeu dos Reis^{1*}, Cleverson G. Silva^{2*}, Bruno C. Vendeville^{3*}, Christian Gorini^{4*}, Rodrigo Perovano^{5*}, Érika Ferreira^{5*} e Jorge Mattioda⁶

¹UERJ, ²UFF, ³Université de Lille 1, ⁴Université Pierre & Marie Curie, ⁵Programa Capes-Cofecub, ⁶Bolsista CNPq, *Grupo Geomargem (www.geomargem.org)

INTRODUÇÃO A tectônica gravitacional (*gravity tectonics*) é uma modalidade de deformação que envolve o deslizamento da cobertura sedimentar sobre um nível basal de *décollement*, constituído por evaporitos ou níveis superpressurizados (argilas móveis, e.g.). Este processo deformacional pode afetar as margens continentais por centenas de km², envolvendo centenas a milhares de metros de espessura da cobertura sedimentar. Trata-se ainda de um processo de deformação de caráter sin-deposicional, tendo logo uma influência direta sobre a morfologia, a arquitetura sedimentar e a evolução do talude ou da margem continental num contexto regional.

O estudo da tectônica gravitacional envolvendo níveis com superpressurização de fluidos tem recebido crescente atenção da comunidade científica mundial nas últimas duas décadas (e.g., Cohen & McClay, 1996; Morley & Guerin, 1996; Vendeville, 1999; Wu & Bally, 2000; Hooper et al., 2002; Vendeville & Gaullier, 2003; Rowan et al., 2004), mas os processos envolvidos nesta modalidade de deformação são relativamente menos abordados do que os fenômenos da tectônica salífera (*salt tectonics*), e outros fenômenos gravitacionais que afetam as margens continentais, como os processos de transporte e transferência sedimentar, especialmente os fluxos gravitacionais, em particular os turbidíticos.

Da mesma forma, no processo da tectônica gravitacional, distintos tipos de deslizamento gravitacional da cobertura sedimentar são observados (translacional e/ou rotacional), mas seus parâmetros condicionantes, tais como a natureza da sedimentação e a fisiografia do talude, são ainda pouco compreendidos. Parece igualmente existir um seqüenciamento de eventos entre deformação gravitacional e fluxos gravitacionais, como as correntes de turbidez, mas estas transições não foram até o momento suficientemente esclarecidas. Além disso, o conhecimento sobre a diversidade estrutural baseada em estudos de caso advém de algumas poucas regiões das margens continentais, com destaque para o Delta do Níger e o Delta do Mississippi (e.g., Cohen & McClay, 1996; Wu & Bally, 2000; Hooper et al., 2002; Rowan et al., 2004), e não se aplicam perfeitamente às bacias da margem equatorial brasileira, inseridas em diferente contexto tectono-sedimentar, como uma margem divergente do tipo transcorrente no caso brasileiro (Azevedo, 1991; Matos, 2000).

O estudo da tectônica gravitacional apresenta deste modo grande interesse científico e econômico, pois permite uma melhor compreensão dos processos de instabilidade gravitacional, em especial dos mecanismos e causas do disparo e ruptura (causas mecânicas, ascensão de fluidos, etc.) e de seu impacto sobre a evolução regional da margem, a geração de fluxos gravitacionais, e ainda o desenvolvimento de rochas-reservatório e de armadilhas.

Visando melhor compreender a evolução da tectônica gravitacional na bacia e no Leque do Amazonas (Fig. 1), e de responder algumas questões que permanecem em aberto, está em curso o projeto "Tectônica Gravitacional no Leque Submarino do Amazonas baseado em interpretação sísmica e modelagem experimental", financiado pelo CNPq/CT-Petro e integrado a um programa de colaboração científica Brasil-França, Programa Capes-Cofecub, entre o Laboratório de Geologia Marinha, LAGEMAR, da Universidade Federal Fluminense (UFF), a Faculdade de Oceanografia da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), o Laboratoire de Géosystemes da Université de Lille 1, França e o Laboratoire Evolution et Modélisation des Bassins Sédimentaires UMR 7193 da Université Pierre & Marie Curie/Paris 6, França. Este projeto se fundamenta em metodologias complementares de análise estrutural, integrando a interpretação sísmica 2D e a simulação de modelos físicos experimentais.

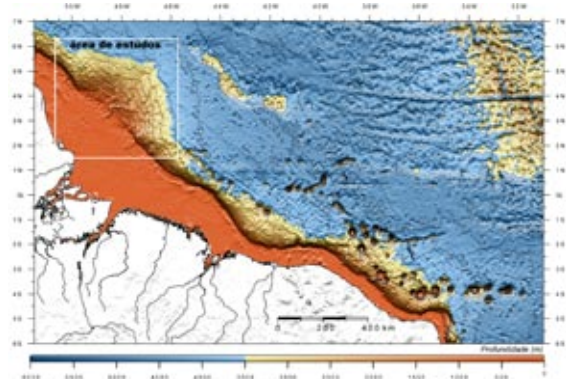


Fig. 1: Mapa regional da margem equatorial brasileira com localização da área de estudos. Batimetria predita de Smith & Sandwell (1997).

ANÁLISE ESTRUTURAL BASEADA EM INTERPRETAÇÃO SÍSMICA A análise estrutural em curso (Perovano, 2008) é produto da interpretação de perfilação sísmica de reflexão multicanal 2D na bacia da Foz do Amazonas/Leque Submarino do Amazonas (disponibilizadas pelas empresas Gaia e Fugro) e já permitiu o detalhamento dos principais domínios estruturais anteriormente identificados (Silva et al., 1999; Oliveira et al., 2004; Cobbold et al., 2004; Oliveira, 2005) (Figs. 1 e 2): uma faixa proximal de falhamentos normais e cinturões compressivos distais; e dois compartimentos estruturais *Noroeste* e *Sudeste* (Oliveira et al., 2004; Cobbold et al., 2004; Oliveira, 2005), cuja evolução parece em parte associada ao desenvolvimento de dois depocentros principais da cobertura sedimentar sob ação gravitacional (um depocentro principal a Noroeste e um depocentro secundário a Sudeste) (Figs. 3 e 4).

Além disso, a análise sísmica revela que o processo de colapso gravitacional na bacia ocorre sob a influência de múltiplos níveis de *décollement* (Perovano, 2008), e, aparentemente, em diferentes estágios de evolução da margem. Pelos menos três níveis estratigráficos distintos funcionaram em algum momento como níveis de descolamento, em escala regional ou local (Perovano, 2008; Reis et al., 2008):

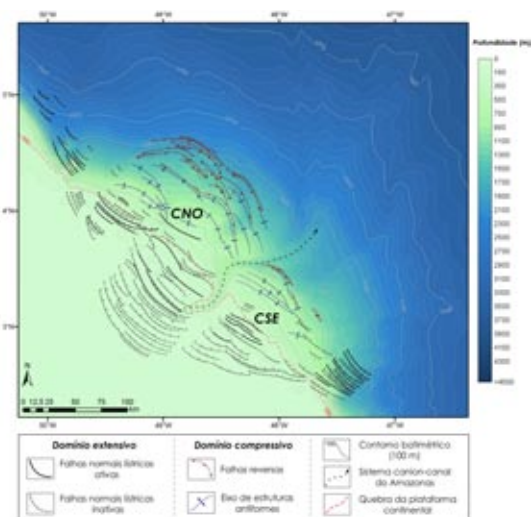


Fig. 2: Mapa estrutural simplificado das estruturas e da compartimentação estrutural da tectônica gravitacional do Leque Submarino do Amazonas / bacia da Foz do Amazonas: o Compartmento Noroeste (CNO) e o Compartmento Sudeste (CSE). As linhas brancas indicam a batimetria atual (Perovano, 2008).

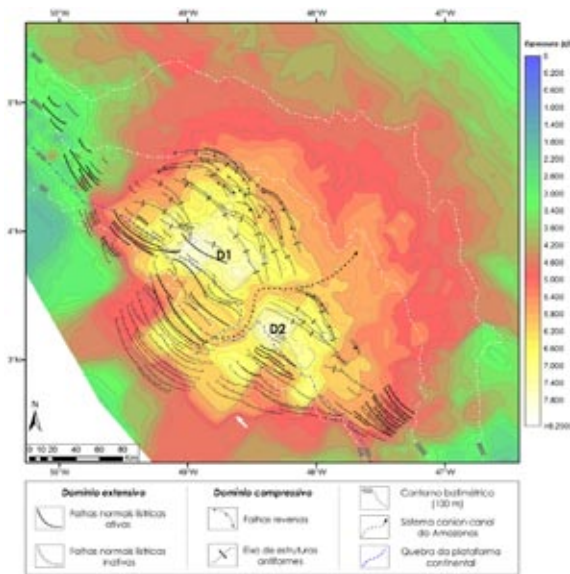


Fig. 3: Mapa de isópacas da seqüência marinha da bacia da Foz do Amazonas (entre o horizonte estratigráfico Azul – nível basal de *décollement* – e o fundo submarino). A seta branca indica a localização aproximada da plataforma carbonática e as linhas pontilhadas brancas a batimetria atual (Perovano, 2008).

(1) um cinturão compressivo desliza sobre uma superfície basal de *décollement* – a *superfície azul*. Este "evento" deformacional ocorre na parte central da bacia (Figs. 4 e 5) e se caracteriza por falhas normais proximais na região da plataforma continental, e por sucessivas falhas de cavalgamentos em posição distal que compõem um único e contínuo cinturão de falhas e dobras (*thrust-and-fold belts*). De modo geral, as falhas normais lítricas ancoradas sobre esta superfície de *décollement* se propagam em direção ao topo da coluna sedimentar, enquanto que a frente compressiva, mal imageada sismicamente, apresenta um arranjo aparentemente bastante complexo, provavelmente devido ao alto grau relativo de encurtamento da seção (Fig. 4). A compreensão deste evento deformacional representa o maior desafio para a pesquisa devido à insuficiência da resolução sísmica;

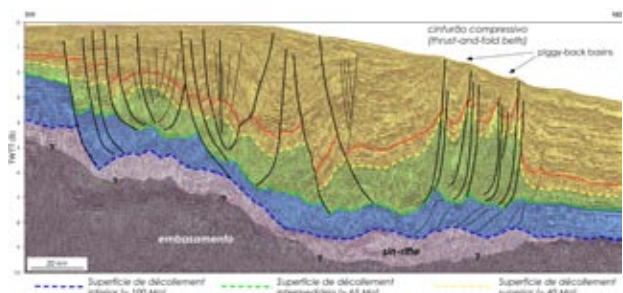


Fig. 4: Linha sísmica no **Compartimento Noroeste** da bacia da Foz do Amazonas, ilustrando o arcabouço estrutural da tectônica gravitacional, assim como os três níveis estratigráficos que podem atuar como superfícies de *décollement* (horizontes Azul, Verde e Amarelo). A linha vermelha representa a base do Leque Submarino do Amazonas (modificado de Perovano, 2008). As idades indicadas para as superfícies de *décollement* foram obtidas por correlação indireta com estudo de Silva *et al.* (1999).

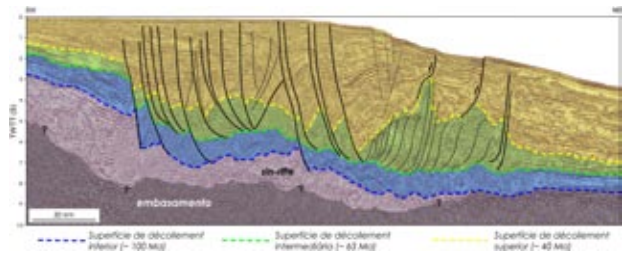
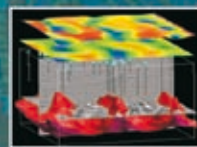
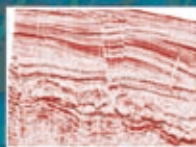


Fig. 5: Linha sísmica no **Compartimento Noroeste** da bacia da Foz do Amazonas, ilustrando o arcabouço estrutural da tectônica gravitacional, assim como os três níveis estratigráficos que podem atuar como superfícies de *décollement* (horizontes Azul, Verde e Amarelo). Modificado de Perovano (2008). As idades indicadas para as superfícies de *décollement* foram obtidas por correlação indireta com estudo de Silva *et al.* (1999).

(2) a maior parte das estruturas extensionais e os mais notáveis cinturões de cavalgamento que deformam as seqüências marinhas da bacia da Foz do Amazonas deslizam sobre uma superfície intermediária de *décollement* de expressão regional na margem – a *superfície*

When it's a Question of Geoscience... Ask Fugro

Fugro's Geoscience Division acquires, interprets and integrates seismic, gravity, magnetic and eletromagnetics information from around the world to create a geological profile of our planet. Our airborne and marine surveys, coupled with extensive non-exclusive data, are helping to support global mining and petroleum exploration improvement.



Now Featuring:
AGG-Falcon Airborne Gravity Gradiometry™

Fugro-Geoteam's seismic vessel fleet is one of the most comprehensive in the industry.

Our fleet, consisting of new high class and recently upgraded vessels, provides efficient 2D/3D/4D seismic data acquisition worldwide. Our strong HSE commitment combined with more than 30 years of experience ensures safe, solid and smooth production with the highest of quality standards

Fugro Geosolutions (Brasil)
Tel: +55 21 3219 8500 Fax: +55 21 3219 8501
e-mail: seismic@fugro-br.com

*FGMS Fugro Gravity & Magnetic Services
A Company fully dedicated to Potential Fields for Oil&Gas
e-mail: lbraga@fugro.com

Fugro - Lasa - Geomag
Tel: +55 21 3501 7700 Fax: +55 21 3501 7701
e-mail: andre@fugroairborne.com.br

NO OTHER COMPANY CAN PROVIDE THE SAME COMPREHENSIVE RANGE OF GEOTECHNICAL, SURVEY AND GEOSCIENCES



ARTIGO TÉCNICO

verde (Figs. 4 e 5). As falhas normais associadas ao nível de descolamento intermediário são, *grossa modo*, mais ativas e formam por vezes escarpas de falha. A geometria e a complexidade dos cinturões compressivos são ao contrário bastante variáveis, sendo mais complexo a noroeste (Compartimento Noroeste), onde as estruturas exibem evidências de deformação mais contínua, ilustradas por sucessivas frentes de compressão que se recobrem parcialmente, resultante de maior encurtamento da seção geológica e formando bacias *piggy-back* (as feições compressivas estão presentes até cerca de 2800m de profundidade) (Figs. 2 e 4). Em algumas porções, os cinturões estão soterrados e resultam em menor relevo no fundo submarino (Compartimento Sudeste, Fig. 2). As falhas reversas, quando aflorantes, podem ainda impactar significativamente o fundo submarino formando escarpas de falha de até cerca de 500m de desnível morfológico, a partir das quais processos de erosão retrogradacional podem remobilizar e transferir massas e fluxos sedimentares para porções mais distais da margem continental (Fig. 6);

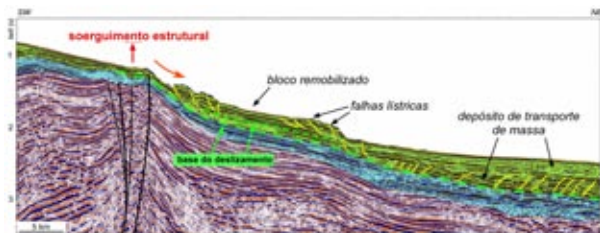


Fig. 6: Detalhe de seção sísmica multicanal ilustrando a recorrência de processos de remobilização de massa induzidos tectonicamente (modificado de Ferreira, 2008).

(3) O deslizamento gravitacional mais jovem ocorre sobre o nível de *décollement* mais superficial – a *superfície amarela* (Fig. 5). Embora se trate de um nível estratigráfico regional, ele funciona claramente como nível de descolamento apenas localmente. E neste caso, as estruturas induzidas gravitacionalmente diferem bastante daquelas descritas acima, como por exemplo, as falhas listricas antitéticas ancoradas sobre esta superfície que se desenvolvem nas regiões entre os domínios extensivos e compressivos da tectônica gravitacional na região do Leque Submarino do Amazonas (Figs. 2 e 5).

SIMULAÇÃO DE MODELOS EXPERIMENTAIS Uma primeira etapa de modelização experimental foi recentemente realizada no Laboratório de Modelagem Analógica da Universidade de Lille 1, França, em parceria com o Professor Bruno Vendeville. Este laboratório conta com um dispositivo capaz de operar com injeção de fluidos a pressão controlada, e de simular a instabilidade gravitacional induzida por níveis superpressurizados (como níveis argilosos, e.g.), como ocorre na bacia da Foz do Amazonas/Leque Submarino do Amazonas (Fig. 7).

Nesta etapa de experimentação, os modelos físicos não foram construídos com o objetivo de se reproduzir todas as variáveis do ambiente geológico da bacia da Foz do Amazonas/Leque Submarino do Amazonas. Os modelos construídos objetivaram a simulação de alguns dos parâmetros físicos envolvidos na tectônica gravitacional da área de estudos, como por exemplo, a presença de múltiplos níveis de descolamento e a variação na espessura das camadas rúpteis (camadas sedimentares) e sua influência no grau de deformação da seção. Assim, dois modelos (modelos 1 e 2, Fig. 7) foram realizados simulando a ocorrência de deslizamento de seções sedimentares na presença de 2 níveis móveis superpressurizados. Nos dois modelos, os níveis móveis foram simulados por camadas de 0,5 cm de espessura, de microbilhas de sílica de baixa porosidade (10 darcy); enquanto areias de alta porosidade (100 darcy) foram utilizadas para a simulação das camadas frágeis. Os modelos foram inclinados de alguns poucos graus e disparados por injeção de fluido na parte inferior do dispositivo (tipo caixa de areia lateralmente contida) a taxas de superpressurização previamente calculadas para desestabilizar a espessura da seção do modelo construído.

Os modelos realizados auxiliaram na compreensão de alguns aspectos do funcionamento mecânico do sistema gravitacional. Durante a execução dos modelos, observou-se setores ou períodos de tempo onde o *stress* horizontal ao longo das 2 superfícies age desacopladamente e os níveis de descolamento atuam separadamente; ou setores dos modelos ou períodos de tempo em que o nível de *décollement* superficial é deformado em compressão deslizando sobre a superfície basal (Fig. 7). Além disso, apesar das diferenças estruturais e dos diferentes graus de encurtamento observados ao final de cada modelo, um parâmetro mecânico que se repete diz respeito à distribuição espacial e à cronologia das estruturas compressivas. Em ambos os modelos, a deformação se inicia uma vez

atingida a superpressurização calculada para se ultrapassar o coeficiente de resistência associado à espessura da seção de cada modelo. Mas no início da deformação, a primeira falha reversa se forma sempre numa posição distal dos sistemas; e à medida que o colapso gravitacional avança, as falhas reversas migram em direção montante do modelo (análoga à direção do continente no caso real) (Fig. 8).

Ainda outra aplicação importante dos modelos experimentais em escala baseia-se no fato de que tais simulações oferecem um excelente panorama comparativo entre os tipos de estruturas e arranjos geométricos produzidos e aqueles observados nas seções sísmicas. Este aspecto é de particular importância para a análise estrutural de áreas baseada em linhas sísmicas 2D, uma vez que zonas compressivas (*thrust-and-fold belts*), estruturalmente bastante complexas, costumam ser de difícil imageamento sísmico (Fig. 9). Na continuação dos trabalhos, está prevista a realização de modelos que reproduzam maior quantidade de parâmetros da geologia regional da área, como a presença de 3 níveis de *décollement*, taxas de sedimentação diferenciadas e na forma de complexos turbidíticos (com variação lateral de espessura sedimentar).

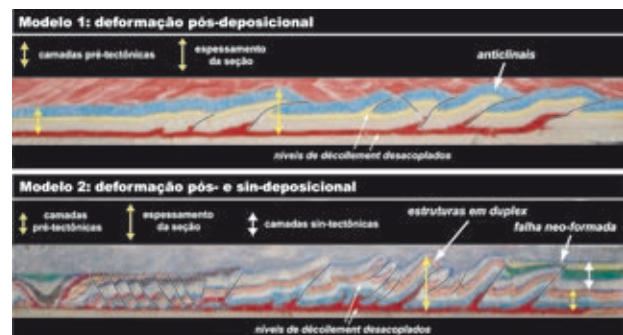


Fig. 7: Vista lateral dos modelos 1 e 2. No modelo 1, podemos observar falhas reversas isoladas e um menor grau relativo de encurtamento da seção, enquanto o modelo 2 mostra uma zona proximal de falhas normais (à esquerda da imagem) e as falhas reversas e/ou de cavalgamento distais formando uma frente compressional contínua e ampla.

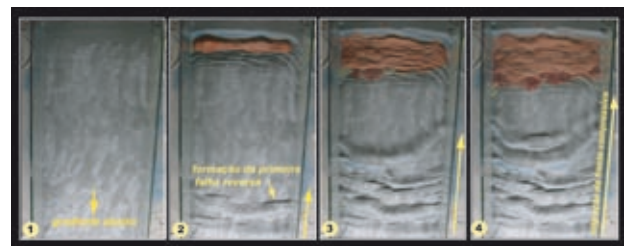


Fig. 8: Vista superior do modelo físico 1, mostrando a distribuição espacial das estruturas e a migração da frente compressiva para posição montante do modelo (topo da imagem).

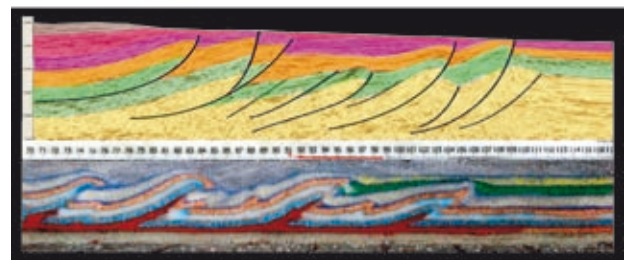


Fig. 9: Exemplo de análise comparativa entre estruturas produzidas pelos modelos físicos e aquelas observadas nas linhas sísmicas. Topo – interpretação esquemática de seção sísmica do Leque do Amazonas, ilustrando frentes compressivas (*thrust-and-fold belts*) presentes na porção noroeste da área. Base – detalhe de uma seção do modelo físico 2 (Reis et al., 2008).

DISCUSSÃO E PERSPECTIVAS As pesquisas em curso suscitam novas frentes de investigação e introduzem novos parâmetros à discussão dos processos gravitacionais e suas conseqüências tectono-sedimentares para a evolução da bacia da Foz do Amazonas e de margens

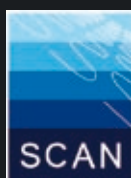
continentais passivas contendo níveis móveis superpressurizados, em geral. Entre elas: (i) O reconhecimento da existência de múltiplos níveis de descolamento, na bacia da Foz do Amazonas, amplia o desafio da compreensão sobre o funcionamento mecânico da tectônica gravitacional, uma vez que séries de descontinuidades físicas sotopostas (superfícies de *décollement*) podem atuar mecanicamente de forma acoplada ou desacoplada no espaço e no tempo, cujas implicações estruturais, e conseqüente zonação estratigráfica, necessitam ser analisadas e mais bem compreendidas; e (ii) A relação espacial entre estruturas da tectônica gravitacional e feições de deslizamentos/movimento de massa mapeada na região aponta para um padrão de seqüenciamento entre "pulsos" de deformação tectônica e eventos de instabilidade de fundo e subfundo submarino. Tais coincidências espaciais merecem melhor avaliação, dada a importância dos processos de remobilização e transferência sedimentar para a construção das margens. A relação de causa e efeito entre "pulsos" tectônicos (de naturezas diversas) e eventos catastróficos de grande magnitude se configura como importante subtema de investigação, dada as conseqüências ambientais e sedimentares de fenômenos de remobilização sedimentar catastróficos.

REFERÊNCIAS

- AZEVEDO RP. 1991. Tectonic evolution of Brazilian equatorial continental margin basins. PhD Thesis, Imperial College, London. 455p.
- COBBOLD PR, MOURGES R & BOYD K. 2004. Mechanism of thin-skinned detachment in the Amazon Fan: assessing the importance of fluid overpressure and hydrocarbon generation. *Mar. Petrol. Geol.*, 21: 1013-1025.
- COHEN HA & McCCLAY K. 1996. Sedimentation and shale tectonics of the northwestern Niger Delta front. *Mar. Petrol. Geol.*, 13(3): 313-328.
- FERREIRA E. 2008. Processos de instabilidade gravitacional multiescala na bacia da Foz do Amazonas: depósitos de transporte de massa e megadeslizamentos. Dissertação de Mestrado. Lagamar - Universidade Federal Fluminense (UFF), 115p.
- HOOPER RJ, FITZSIMMONS RJ, GRANT N & VENDEVILLE BC. 2002. The role of deformation in controlling depositional patterns in the south-central Niger Delta, West Africa. *Jour. Struct. Geol.*, 24: 847-859.
- MATOS RMD. 2000. Tectonic evolution of the Equatorial South Atlantic. In: MOHRIAK W & TALWANI M (Ed.). *Atlantic Rifts and Continental Margins*, Geophysical Monograph Series, 115, AGU, Washington D.C., p. 331-354.
- MORLEY CK & GUERIN G. 1996. Comparison of gravity-driven deformations styles and behavior associated with mobile shales and salt tectonics. *Tectonics*. 15: 1154-1170.
- OLIVEIRA V. 2005. A tectônica Gravitacional no Cone do Amazonas: Compartimentação Estrutural e Mecanismos Controladores. Departamento de Geologia da Universidade Federal Fluminense (UFF). Dissertação de Mestrado. Niterói - RJ. 83p.
- OLIVEIRA V, REIS AT & SILVA CG. 2004. Shale Tectonics and Structural Deformation on the Amazon Submarine Fan: Preliminary Results. Rio Oil & Gas Expo and Conference. Rio de Janeiro. p. 111.
- PEROVANO R. 2008. Colapso gravitacional e estruturação da seção marinha da bacia da Foz do Amazonas no contexto de múltiplos níveis de destacamento. Dissertação de Mestrado. Lagamar - Universidade Federal Fluminense (UFF), 99p.
- REIS AT, SILVA CG, VENDEVILLE BC, PEROVANO R, FERREIRA E, GORINI C, ALBUQUERQUE N, PEDERNEIRAS R, ALBUQUERQUE V & MATTIODA J. 2008. Gravity-driven processes at the offshore Amazon Mouth Basin - Brazilian Equatorial Atlantic margin. *Gravitational Collapse at Continental Margins: Products and Processes*. The Geological Society of London. p 15.
- ROWAN MG, PEEL FJ & VENDEVILLE BC. 2004. Gravity-driven foldbelts on passive margins. In: McCCLAY KR. (Ed.). *Thrust tectonics and petroleum systems: AAPG Memoir 82: 157-182*.
- SILVA SRP, MACIEL RR & SEVERINO MCG. 1999. Cenozoic Tectonics of the Amazon Mouth Basin. *Geo. Mar. Lett.*, 18: 256-262.
- SMITH WHF & SANDWELL DT. 1997. Global Sea Floor topography from satellite altimetry and ship Depth soundings, *Science* 26. p. 1957-1962.
- VENDEVILLE BC. 1999. Large-scale gravity gliding and spreading above salt or shale. In: HANSON KL, KELSON KI, ANGELL MA & LETTIS WR (Ed.). *Identifying faults and determining their origins*. U.S. Nuclear Regulatory Commission (NRC), NUREG/CR-5503, Appendix A, p. A-207-A-232.
- VENDEVILLE BC & GAULLIER V. 2003. Role of pore-fluid pressure and slope angle in triggering submarine mass movements: Natural examples and pilot experimental models. In: LOCAT J & MIENERT J (Ed.). *Submarine mass movements and their consequences: 1st International Symposium: Netherlands, Kluwer Academic Publishers*, p. 137-144.
- WU S & BALLY AW. 2000. Slope tectonics-comparisons and contrasts of structural styles of salt and shale tectonics of the Northern Gulf of Mexico with shale tectonics of offshore Nigeria, Gulf of Guinea. In: MOHRIAK W & TALWANI M (Ed.). *Atlantic rifts and continental margins*. AGU. p. 151-172.

2D DE ÚLTIMA GERAÇÃO. AMPLO ESPECTRO DE SERVIÇOS 3D & 4D. SÍSMICA DE OFFSET LONGO. EMBARCAÇÕES VERSÁTEIS. RESULTADOS CONFIÁVEIS.

A SCAN Geophysical dedica-se a fornecer o melhor negócio nas aquisições marítimas em 2D, 3D e 4D. Posicionada como um prestador de serviços altamente eficiente e flexível, você pode contar com a SCAN para a solução certa, no tempo certo.



OSLO
+47 24 11 10 00
HOUSTON
+1 713 375 1755
CARACAS
+58 212 975 0385
SINGAPORE
+65 98 21 55 61

Para mais informações sobre as embarcações da SCAN Geophysical ASA e sobre como podemos nos encaixar em seus planos, contacte nossos escritórios ou visite-nos em:

www.scangeo.com

▶ **I Semana de Geofísica da UFRN**

23 a 27 de março - Natal - RN
 Informações: www.geofisica.ufrn.br/segef

▶ **SEG Forum on New Angles on Azimuth**

30 de março a 3 de abril - Napa - Califórnia - EUA
 Informações: www.seg.org/meetings/azimuthforum

▶ **XXIV Reunión Científica de la Asociación Argentina de Geofísicos y Geodestas (AAGG)**

14 a 17 de abril - Mendoza - Argentina
 Informações: www.aagg2009.org

▶ **CPS/SEG Beijing 2009 International Geophysical Conference and Exposition**

24 a 27 de abril - Pequim - China
 Informações: www.seg.org

▶ **2009 Offshore Technology Conference (OTC)**

4 a 7 de maio - Houston - Texas - EUA
 Informações: www.otcnet.org/2009

▶ **2009 AGU Joint Assembly**

24 a 27 de maio - Toronto - Ontário - Canadá
 Informações: www.agu.org/meetings/ja09

▶ **AAPG Annual Convention & Exhibition**

7 a 10 de junho - Colorado Convention Center
 Denver - Colorado - EUA
 Informações: www.aapg.org/denver

▶ **71st EAGE Conference & Exhibition**

8 a 11 de junho - Amsterdã - Holanda
 Informações: www.eage.org

▶ **61ª Reunião Anual da SBPC**

12 a 17 de julho - Manaus - AM
 Informações: www.sbpnet.org.br/manaus

▶ **11º Congresso Internacional da Sociedade Brasileira de Geofísica - CISBGf**

24 a 28 de agosto - Salvador - BA
 Informações: <http://salvador2009.sbgf.org.br>

▶ **International Living With a Star (ILWS)**

4 a 9 de outubro - Ubatuba - SP
 Informações: www.dge.inpe.br/maghel/ilws

▶ **79th SEG Annual Meeting**

25 a 30 de outubro - Houston - Texas - EUA
 Informações: www.seg.org



GEORADAR

A Georadar é uma empresa brasileira, de alta tecnologia, que atua nas áreas da Indústria Petrolífera, Mineração, Infra-Estrutura e Águas Subterrâneas. Com uma logística avançada e equipe técnica altamente qualificada opera em todo território nacional e possui hoje o maior número de equipes sísmicas do país, além de ser referência nas áreas de diagnóstico ambiental e remediação de áreas contaminadas.

Os elevados padrões de segurança e saúde ocupacional constituem seu compromisso renovado, aliados à extrema atenção ao meio ambiente e à responsabilidade social.

Rua do Campo, 80. Vale do Sereno. Nova Lima-MG CEP 34000-000 Tel/fax: 55 31 2104-7171
www.georadar.com.br georadar@georadar.com.br