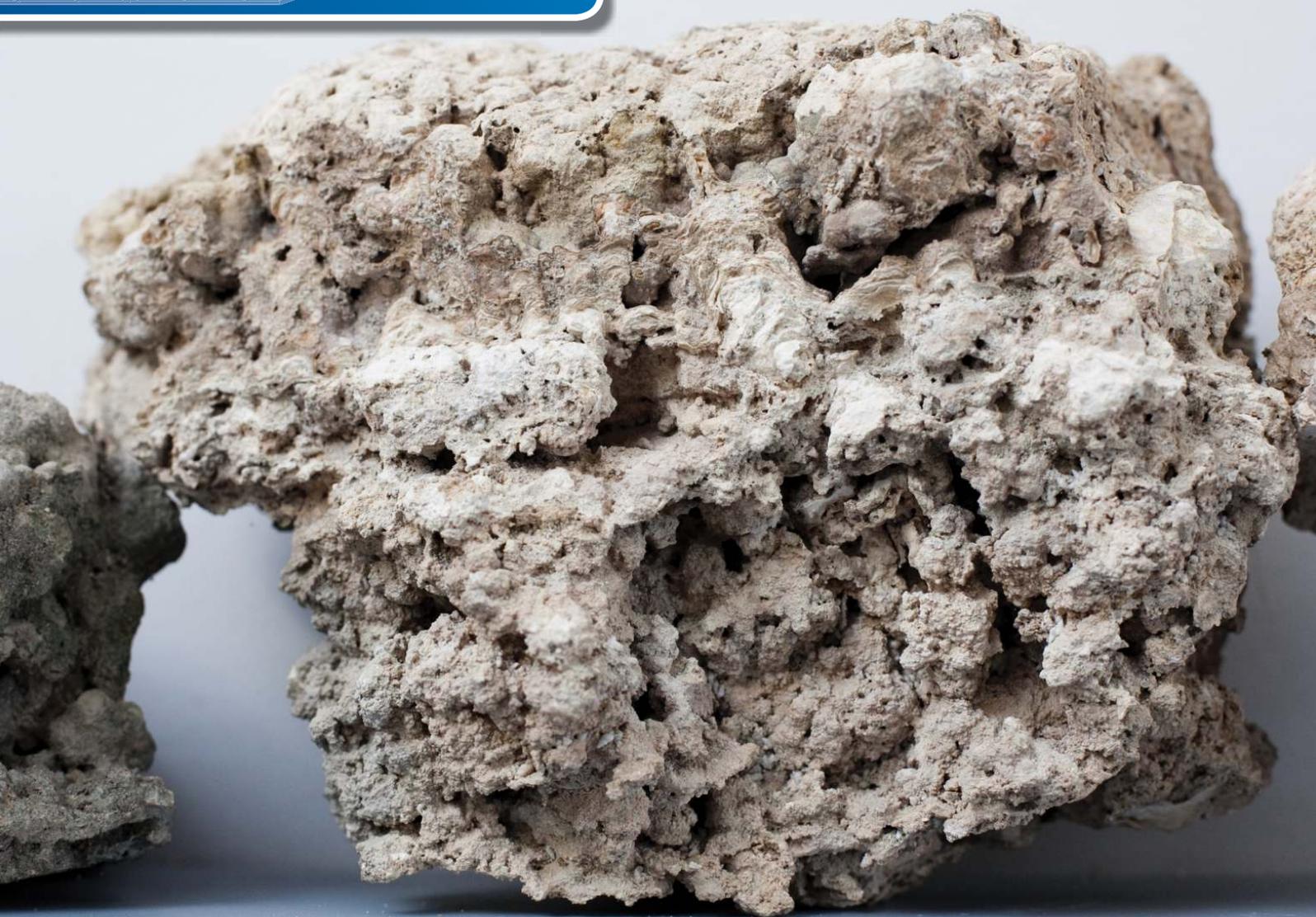


boletim **SBGf**

Publicação da Sociedade Brasileira de Geofísica
Número 1, 2011 – ISSN 2177-9090



Propriedades Físicas das Rochas

Com as dificuldades físicas inerentes à prática da prospecção de recursos minerais subterrâneos, a petrofísica surge como ferramenta fundamental da exploração mineral moderna, sobretudo na exploração petrolífera

12ª edição do CISBGf traz novidades para comunidade geofísica

EVENTOS, PÁG. 3

Lançado o livro "Análise do Sinal Sísmico"

NOTAS, PÁG. 6

Regulamentação da profissão de geofísico

CARREIRA, PÁG. 9

Petróleo em pauta

A Sociedade Brasileira de Geofísica apresenta nesta edição importante matéria sobre física das rochas e petrofísica. Os assuntos tratados são altamente relevantes, considerando os avanços em estudos de reservatórios de hidrocarbonetos e de engenharia de perfuração, notadamente quando se lida com poços horizontais.

Na área de publicações, o Boletim SBGf traz informações sobre o mais recente lançamento da sociedade, o livro "Análise do Sinal Sísmico" de André Luiz Romanelli. Desempenhando a sua missão principal na difusão da ciência, a SBGf enviou um exemplar do livro para 43 bibliotecas nacionais ligadas à área de Geociências. Outras obras estão sendo preparadas para publicação em breve.

Embora o tema ainda será abordado na próxima edição, vale destacar que no dia 28 de abril, o Conselho Nacional de Política Energética (CNPE) autorizou a Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) a realizar a 11ª Rodada de Licitação de Blocos Exploratórios, ocasião em que serão licitados 174 blocos. Considerando que as rodadas de licitação estiveram interrompidas durante dois anos, essa notícia se reveste de grande importância para o desenvolvimento da indústria do petróleo brasileira.

DIRETORIA DA SBGf

Presidente
Eduardo Lopes de Faria

Vice-presidente
Inez Staciariini Batista

Diretor-Geral
Renato Lopes Silveira

Diretor Financeiro
Neri João Boz

Diretor de Relações Institucionais
Jurandy Schmidt

Diretor de Relações Acadêmicas
Ellen de Nazaré Souza Gomes

Diretor de Publicações
Francisco Carlos Neves de Aquino

Conselheiros
Carlos Cesar Nascimento da Silva
Edmundo Julio Jung Marques
Eliane da Costa Alves
Jorge Dagoberto Hildenbrand
Marcelo Sousa de Assumpção
Naomi Ussami
Patricia Pastana de Lugo
Paula Lucia Ferrucio da Rocha
Paulo Roberto Porto Siston
Renato Cordani

Secretário Divisão Centro-Sul
Adalberto da Silva

Secretário Divisão Centro-Oeste
Adalene Moreira Silva

Secretário Divisão Sul
Maria Amélia Novais Schleicher

Secretário Divisão Nordeste Meridional
Roberto Max de Argollo

Secretário Divisão Nordeste Setentrional
Aderson Farias do Nascimento

Secretário Divisão Norte
Jessé Carvalho Costa

Editor-chefe da Revista Brasileira de Geofísica
Cleverson Guizan Silva

Secretárias executivas
Ivete Berlice Dias
Luciene Victorino de Carvalho

Coordenadora de Eventos
Renata Vergasta

Assistente de Eventos
Carolina Santinoni Esteves

BOLETIM SBGf

Editora-chefe
Adriana Reis Xavier

Jornalista responsável
Davi Gustavo Matias de Araújo

Diagramação
Bianca Lobianco

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
20040-901 - Centro - Rio de Janeiro - RJ
Tel/Fax: (55-21) 2533-0064
sbgf@sbgf.org.br

CONFIRA NESTA EDIÇÃO

3 EVENTOS

- 12º CIBSGf traz novidades
- 2011 SEG/EAGE DISC no Brasil
- SBGf realiza confraternização de fim de ano no Rio de Janeiro
- Conferência 'Avanços e Perspectivas da Ciência': Geociências em evidência
- IV SimBGf leva vanguarda do conhecimento geofísico para o Centro-Oeste

6 NOTAS

- Lançado o livro "Análise do Sinal Sísmico" de André Luiz Romanelli
- Metal raro é descoberto na Bahia
- Editora Associada e Membro da SBGf são nomeados Comendadores da ONMC
- SBGf recebe premiação da SEG
- Notas de falecimento
- Pesquisas da Unicamp na área de SR vencem Prêmio Petrobras de Tecnologia
- Resultado do Prêmio Capes de Tese 2009

9 CARREIRA

Regulamentação da profissão de geofísico

10 PESQUISA

USP adquire novo navio oceanográfico

12 ESPECIAL

Propriedades Físicas das Rochas



Arquivo Lenegreiff

Sistema Tri-Axial de Deformação e Física de Rocha mede e monitora, em tempo real, as propriedades elásticas, mecânicas, elétricas e petrofísicas

- Desafios da Petrofísica
- Petrofísica e Pré-Sal
- Pesquisa e desenvolvimento
- Tecnologias

17 ARTIGO TÉCNICO

Aplicações da Física de Rochas na Exploração e Produção de Petróleo
Guilherme Vasquez et al.

CAPA: Rochas carbonáticas. Guilherme Gomes / Revista Unesp Ciência

FUNDO SBGf

OURO



BRONZE



EVENTOS

2011 SEG/EAGE DISTINGUISHED INSTRUCTOR SHORT COURSE NO BRASIL

Com apoio da SBGf será realizado, no próximo dia 16 de maio, o SEG/EAGE DISC (Distinguished Instructor Short Course), com a palestra “Seismic Acquisition from Yesterday to Tomorrow”, ministrada por Julien Meunier, da CGGVeritas.

O curso apresenta a evolução da aquisição sísmica como uma consequência natural da necessidade de imagens sísmicas mais claras e da maior disponibilidade dos recentes avanços tecnológicos. O principal foco do curso é a relação entre os parâmetros de aquisição e de qualidade de imagem sísmica.

O evento ocorrerá no Windsor Guanabara Hotel, no Rio de Janeiro. Os interessados devem encaminhar ficha de inscrição para o e-mail sbgf@sbgf.org.br.

SBGf REALIZA CONFRATERNIZAÇÃO DE FIM DE ANO NO RIO DE JANEIRO

No último dia 9 de dezembro, realizou-se o tradicional coquetel de confraternização de final de ano da Sociedade Brasileira de Geofísica, que reuniu associados e convidados no Rio Scenário, renomada casa de shows localizada no bairro da Lapa, centro do Rio de Janeiro.

Diante de cerca de 200 pessoas, o presidente da SBGf, Eduardo Lopes de Faria, fez um balanço das atividades da sociedade e falou sobre futuras ações, como a realização do 12º CISBGf em agosto de 2011. Além disso, o presidente mencionou o lançamento de diversas publicações, entre elas a quarta edição do ‘Dicionário Enciclopédico Inglês-Português de Geofísica e Geologia’, de autoria de Osvaldo de Oliveira Duarte, e o livro ‘Análise do Sinal Sísmico’, de André Luiz Romanelli Rosa.



Durante a cerimônia, a diretoria da SBGf homenageou os associados **Mário José Metelo** e Darci José de Matos em reconhecimento à trajetória profissional de ambos. Mário Metelo foi vice-presidente da SBGf (1995-1997) e é aposentado do Serviço Geológico do Brasil (CPRM), onde desenvolveu notável trabalho. O outro homenageado da noite, **Darci José de Matos**, foi presidente da sociedade (1997-1999), além de atuar com êxito em diversas empresas internacionais. Como não pôde comparecer ao evento, foi representado por Paulo Prates.



Ailton Santos

12ª EDIÇÃO DO CISBGf TRAZ NOVIDADES PARA COMUNIDADE GEOFÍSICA

De 15 a 18 de agosto acontece, no Rio de Janeiro, o 12º CISBGf, o principal evento do calendário da Sociedade Brasileira de Geofísica. Com expectativa de público de mais de três mil pessoas, entre inscritos e visitantes da EXPOGEF, o congresso traz algumas novidades para a edição desse ano.

Sediado no Centro de Convenções SulAmérica, o 12º CISBGf contará com a maior área disponível em todas as edições anteriores do evento, proporcionando expansão das atividades, e, por consequência, do apoio e colaboração da comunidade científica, através de um número maior de apresentações, expositores e congressistas. Como prova dessa ampliação, o comitê técnico reuniu um conjunto de mais de 10 cursos pré-congresso, provavelmente a maior oferta de cursos em uma única ocasião na história do evento. Além disso, a organização reeditará o modelo de palestras especiais no final de cada dia, contando com a participação de *keynote speakers*.

Para Ana Cristina Chaves, presidente do Comitê Organizador do congresso, a expectativa é de que haja apresentação de *papers* em todas as sessões da programação. A grade de temas pode ser encontrada na página do evento na internet.

Segundo Ana Cristina Chaves, o congresso tem recebido um grande número de solicitações de estandes, mas ainda há espaços disponíveis na exposição, além dos pacotes especiais de patrocínio. “O sucesso do evento demonstra a situação extremamente positiva que estamos vivendo no mercado de exploração de recursos energéticos e minerais e, paralelamente, a grande busca de recursos humanos para permitirem que este sucesso seja efetivado”, afirma Ana Cristina Chaves.

Integrará a programação do congresso, pela segunda vez, a exposição “O que é a Geofísica?”, que possui o objetivo principal de divulgar a ciência geofísica entre alunos e professores de ensino fundamental, médio e técnico, além da comunidade em geral. Nesta edição, 400 alunos de escolas públicas e privadas da cidade do Rio de Janeiro estão confirmados para a visita. Representantes da USP, Unicamp, UnB e UFPA participam da produção da mostra.

As inscrições para o 12º CISBGf estarão abertas até 15 de julho. Os valores são diferenciados para sócios (profissionais e estudantes) e não sócios. Diferentemente das outras edições, o estudante de graduação não sócio para obter desconto, no preço da inscrição, deverá se associar à SBGf como sócio estudante.

Cursos

Durante a programação técnica do 12º CISBGf serão realizados cursos de curta duração, nos dias 14 e 15 de agosto, das 8:30h às 16:30h, no Centro de Convenções SulAmérica. Não haverá tradução simultânea das apresentações. Os interessados deverão indicar quais cursos desejam participar, uma vez que não está incluso na taxa de inscrição do evento o acesso às salas (*ver relação na p. 11*).

Confira outras informações sobre o 12º CISBGf no site <http://congresso.sbgf.org.br>.



EVENTOS

Conferência 'Avanços e Perspectivas da Ciência': Geociências em evidência

A apresentação de trabalhos de Geociências durante a programação da conferência 'Avanços e Perspectivas da Ciência no Brasil, América Latina e Caribe', realizada de 31 de novembro a 3 de dezembro, no auditório da Academia Brasileira de Ciências no Rio de Janeiro, reuniu pesquisadores que estão na vanguarda dos estudos em Ciências da Terra. Coordenado pelo professor Reinhardt Adolfo Fuck, da UnB, o encontro foi um bom momento para conferir o progresso da investigação geocientífica em diferentes frentes de pesquisa.

Com o trabalho intitulado 'Crateras Meteoríticas: avanços das pesquisas no Brasil, América Latina e Caribe', Alvaro Penteadro Crósta, professor do Instituto de Geociências da Unicamp, iniciou a programação revelando um breve e interessante cenário sobre estudos de crateras originadas de impacto no território brasileiro. O palestrante discorreu sobre as pesquisas realizadas no Domo de Araguainha (GO), as crateras das serras da Cangalha (TO) e do Riachão (MA) e as crateras de Varjeão (SC), localidades que, segundo estudos realizados por ele, derivaram-se de fortes colisões meteoríticas, um dos eventos mais raros e devastadores do mundo natural. De acordo com Crósta, é possível considerar que a Lua foi bombardeada por meteoritos devido à sua superfície irregular em formato de crateras. Para o palestrante, os estudos sobre impactos meteoríticos são importantes para o entendimento desse fenômeno, para o desenvolvimento do geoturismo e pelo fato de que existem fortes evidências de reservas minerais, como ferro, petróleo e gás, diamantes negros, associadas a eventos dessa natureza.

Em um segundo momento, o palestrante Carlos Alberto Eiras Garcia, professor do Instituto de Oceanografia da FURG, apresentou o trabalho 'Avanços e perspectivas da oceanografia polar na América Latina e no Caribe', onde falou sobre a relevância dos estudos desenvolvidos no oceano Austral, ou Antártico. De acordo com Garcia, as águas dessa região são fundamentais para o equilíbrio climático global. Além disso, ele ressaltou a importância do oceano Antártico para os ecossistemas marinhos de todo o mundo, visto que este oceano é o único a interligar todos os outros oceanos, enriquecendo suas águas superficiais com os nutrientes necessários para a sobrevivência dos ecossistemas que são a base da cadeia alimentar marinha. O pesquisador mencionou, ainda, que estudos recentes indicam mudanças no nível de temperatura e salinidade nesse oceano, causadas provavelmente pelo degelo de parte da península antártica. Segundo Garcia, o avanço do derretimento pode causar o enfraquecimento da circulação termohalina, o que pode desencadear alterações em cadeia que afetariam a fauna marinha e o clima planetário, de maneira geral.

O último palestrante foi o geofísico espacial e coordenador do Grupo de Eletricidade Atmosférica do Inpe, Osmar Pinto Júnior, com o trabalho intitulado 'Avanços e Perspectivas da Pesquisa sobre Raios no Brasil, América Latina e Caribe'. Segundo o pesquisador, o Brasil é o campeão mundial em incidência de raios, com cerca de 50 a 60 milhões por ano. Localidades como a floresta amazônica que chega a registrar 30 milhões de raios por ano e a zona leste da cidade de São Paulo com 17 raios por km², foram mencionadas enfaticamente pelo palestrante. Números apresentados pelo pesquisador dão conta de que os raios causam anualmente prejuízos que chegam a cerca de um R\$ 1 bilhão. Segundo o cientista, o maior desafio é avaliar a influência de fenômenos típicos de áreas urbanizadas, como as ilhas de calor em metrópoles e a poluição, na incidência de raios em determinadas regiões para assim obter dados que ajudem o poder público a minimizar as perdas econômicas causadas por raios e tempestades.

"A produção científica em geociências cresceu significativamente"



Roberto Fleury / UnB Agência

Essa é a opinião do coordenador Reinhardt Fuck (UnB) que concedeu ao Boletim SBGf a breve entrevista abaixo.

Como as Geociências se posicionam dentro do cenário de avanço da produção científica?

Minha avaliação é de que nos últimos anos houve um crescimento fantástico do conhecimento geológico e, também, do geofísico. Nós tivemos um enorme avanço no campo da meteorologia e percebemos o mesmo no campo da Oceanografia.

Na verdade, a Oceanografia era o 'calcanhar de Aquiles' das Geociências no Brasil. Há alguns anos atrás, foi implantado um programa de formação de doutores em Oceanografia, onde foram selecionados os melhores que, por sua vez, foram enviados para grandes instituições de pesquisa no exterior. Agora estamos assistindo o resultado dessa iniciativa: novos doutores formados e ligados a várias universidades brasileiras.

Eu diria que o maior crescimento registrado é no campo da Geofísica. Diversos cursos surgiram no país inteiro, tanto em pós-graduação quanto em graduação. Novos cursos foram implantados em praticamente todas as regiões do Brasil.

A que se atribui esse crescimento vigoroso da Geofísica?

São várias as causas, mas talvez o principal fator seja mesmo o econômico. A demanda por geofísicos, especialmente na indústria petrolífera, foi determinante para que jovens passassem a se interessar de maneira mais intensa pelas possibilidades profissionais da área.

Então, é possível que as descobertas do pré-sal estejam contribuindo de alguma forma?

Com certeza. O crescimento do mercado de trabalho relacionado a essas novas descobertas será espantoso. Haverá uma grande demanda por recursos humanos com boa formação para atender essa nova necessidade.

Na sua avaliação, o universo acadêmico das Geociências mantém uma boa relação com a indústria?

Há uma aproximação crescente. Acho que o distanciamento verificado no passado está superado. Há um interesse mútuo. A indústria, obviamente, necessita do conhecimento, e isso acaba se traduzindo em uma aproximação mais acentuada.

Como a produção científica brasileira em Geociências é percebida no cenário internacional?

A produção brasileira 'surgiu' no cenário internacional. Muita gente nossa esteve em universidades no exterior, em programas de doutorado e pós-doutorado, o que, obviamente, fez com que surgissem vínculos e, assim, as possibilidades de cooperação vão crescendo.

Nos últimos anos, a produção científica em Geociências no Brasil cresceu significativamente. Talvez não tanto quanto em outras áreas, mas se intensificou e isso pode ser verificado, sobretudo se considerarmos o crescimento da quantidade de material brasileiro publicado por revistas científicas de grande circulação internacional.

IV SimBGf leva vanguarda do conhecimento geofísico para o Centro-Oeste

Interação eficiente entre a indústria e a academia, apresentações com altíssimo nível técnico e discussões extremamente relevantes para a comunidade geofísica foram os elementos responsáveis pelo grande sucesso do IV Simpósio Brasileiro de Geofísica – SimBGf, realizado entre os dias 14 e 17 de novembro, pela primeira vez na região Centro-Oeste, em Brasília.



Fotos: Fábio Cherman

Integraram a mesa de abertura o presidente da SBGf, Eduardo Lopes de Faria; o presidente da comissão organizadora do evento, prof. Augusto César Bittencourt Pires;

e a secretária da regional Centro-Oeste da SBGf, profa. Adalene Moreira Silva. Além deles, compuseram a mesa o representante do Ministério da Ciência e Tecnologia, Eduardo Soriano Lousada; o representante do Ministério de Minas e Energia, Carlos Nogueira da Costa Junior; o diretor de Relações Institucionais do Serviço Geológico do Brasil, Fernando Pereira de Carvalho; e o diretor do Instituto de Geociências da UnB, Detlef-Hans Gerte Walde.

Durante a solenidade, Fernando Carvalho garantiu que o governo federal fará investimentos vigorosos em levantamentos aerogeofísicos, dando continuidade aos trabalhos de mapeamento geológico nos próximos anos. Por sua vez, Eduardo Lousada propôs uma pequena reflexão sobre a importância da divulgação da atividade geofísica e do diferencial competitivo que ela representa para o mercado.

Para o prof. Augusto Pires (UnB), a realização do simpósio remonta à década de 60, quando os primeiros trabalhos em geociências começaram a ser realizados no Centro-Oeste. De acordo com a profa. Adalene Silva (UnB), o evento foi um marco para a atividade das geociências no Centro-Oeste e representou a consagração da pesquisa desenvolvida na região.

Destacando as “Novas Fronteiras da Exploração Geofísica” como tema central, o evento reuniu profissionais e pesquisadores de várias áreas tangentes às geociências com o intuito de promover o contato geral e interdisciplinar com relevantes questões atuais, tais como camada pré-sal, aerogeofísica aplicada ao mapeamento geológico, geofísica rasa, propriedade física das rochas, entre vários outros. Pesquisadores de diversas nacionalidades também estiveram presentes e deram uma importante contribuição para o evento, caso do professor e pesquisador Misac Nabighian, da Colorado School of Mines (EUA), que ministrou um elogiado curso sobre gravimetria e magnetometria para exploracionistas.

Com 473 inscritos, o IV SimBGf não somente se superou no quesito expectativa, como também ultrapassou os números esperados. Para o presidente da SBGf, Eduardo Lopes de Faria, o crescimento do evento ficou evidente. “Para que se tenha uma noção de quanto o SimBGf cresceu, tivemos 200 participantes na primeira edição”, enfatizou o presidente. Agora, foram submetidos e analisados 239 trabalhos, 100 para as sessões orais e 139 para exposição nas sessões de pôsteres. “É um número expressivo de trabalhos expostos, o que mostra a força desse evento”, ressaltou o presidente.

Um dos pontos altos do evento foi a realização de um debate sobre a criação do Banco Nacional de Dados Gravimétricos Terrestres (BNDG). Com a contribuição de profissionais e pesquisadores de instituições renomadas de todo o país, a mesa-redonda foi mediada por Renato Silveira (ANP) e pela professora Roberta Vidotti (UnB). O Banco Nacional de Dados Gravimétricos, coordenado pelo Banco de Dados de Exploração e Produção (BDEP), da Agência Nacional do Petróleo e Biocombustíveis (ANP), representa um divisor de águas ao possibilitar o compartilhamento público de informações já levantadas, o que se traduz, na maioria dos casos, em economia de tempo e recursos econômicos para a indústria e para os institutos de pesquisa. Durante a realização dessa mesa-redonda, ficou definida a criação de uma comissão de profissionais e pesquisadores de várias organizações para deliberar sobre a operacionalização e padrões a serem adotados pelo BNDG. Entre as instituições envolvidas com o processo de repasse de informações, estão Petrobras, USP, IBGE, CPRM, além da própria ANP. Segundo a profa. Naomi Ussami (IAG/USP) os benefícios de tal iniciativa levariam o Brasil a uma posição de destaque mundial. No entanto, segundo a pesquisadora, é necessário que instituições e pesquisadores se mobilizem no sentido de compartilhar os dados levantados.

No último dia do evento ocorreu a 32ª Assembleia Geral Ordinária (AGO) da SBGf. Entre os assuntos abordados, destaca-se a manutenção, para o ano de 2011, do valor da anuidade dos



sócios – 75 reais para efetivos e 15 reais para estudantes de graduação; e a proposta de votação eletrônica para a eleição dos membros da diretoria e do conselho da sociedade. Por essa razão, foi aberta, durante a 32ª AGO, uma Assembleia Geral Extraordinária específica para a alteração do processo de votação para a escolha da direção. Como o atual estatuto da SBGf prevê o voto eletrônico para modificações em seu texto, os sócios em dia com suas obrigações estatutárias podem enviar mensagem para o e-mail sbqf@sbqf.org.br, manifestando sua opinião sobre o assunto.

O simpósio foi encerrado após a realização de mesa-redonda montada com o objetivo de tratar de forma mais ampla a questão da regulamentação da profissão do geofísico, tema cujo processo tramita no Senado Federal. Durante o debate, algumas propostas foram discutidas e aprovadas, dentre elas a criação de um fórum composto por coordenadores de cursos de graduação em geofísica – no entanto, aberto à participação de representantes de alunos – e a discussão e elaboração de um currículo mínimo para a graduação em geofísica, que teria como objetivo principal alinhamento nacional de cursos.

Para o presidente da SBGf, Eduardo Lopes de Faria, o evento excedeu todas as expectativas. “O entusiasmo e o esforço da equipe organizadora foram os diferenciais para que alcançássemos esse resultado”, afirmou o presidente. Segundo ele, o V SimBGf será realizado no segundo semestre de 2012 em Salvador, na Bahia, pela regional Nordeste Meridional.

NOTAS

LANÇADO O LIVRO "ANÁLISE DO SINAL SÍSMICO" DE ANDRÉ LUIZ ROMANELLI

Cumprindo o dispositivo estatutário de estimular a divulgação de conhecimentos de Geofísica por meio da publicação de livros, a SBGf lançou "Análise do Sinal Sísmico" da autoria do geofísico André Luiz Romanelli Rosa. A obra, que tem o patrocínio da Petrobras, fornece uma visão objetiva dos fundamentos físicos e matemáticos que podem auxiliar os leitores no entendimento de como a teoria possui importantes vínculos com a resolução de problemas rotineiros na vida profissional.

O livro, que passou por diversas mudanças desde o início da década de 80, hoje se consolida como referência para diferentes níveis de leitura, na medida em que analisa cada assunto de maneira progressivamente mais profunda. Com 668 páginas, a obra inclui instrumentos de estudo dirigido na forma de exercícios ao final de cada capítulo, com o intuito de promover uma revisão do assunto que foi tratado e introduzir conceitos adicionais.

A versão original do texto foi escrita no formato de apostila, juntamente com José Tassini, importante geofísico e ex-funcionário da Petrobras, com o objetivo de apoiar um curso interno da empresa, voltado para o processamento e a interpretação de seções de pseudoimpedâncias acústicas. A atual obra acompanhou a evolução, ao longo desses 30 anos, não apenas do conhecimento aplicado em métodos sísmicos como também do processo de edição de textos.

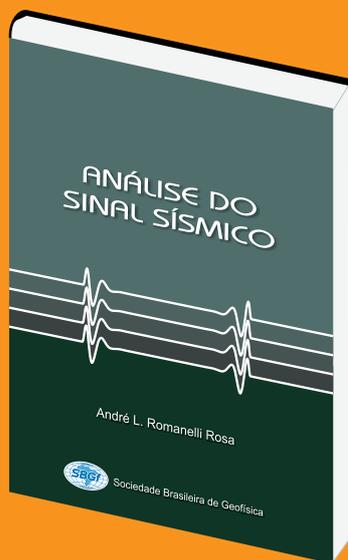
Em 1980, a primeira versão do texto foi datilografada em uma máquina de escrever. Após revisão, em 1985, já sem a participação de Tassini, o material foi digitado em um microcomputador de uso doméstico, mas foi apenas no

final da década de 80 que um editor de textos semelhante ao TEX possibilitou a introdução de fórmulas e símbolos gráficos, assim como figuras.

Em meados dos anos 90, a mudança para um novo editor de texto tornou mais árduo o desenvolvimento do livro. "Alguns anos depois, tomei uma decisão errada, ao passar a utilizar um editor de textos comercial, do tipo *what you see is what you get* [o que você vê é o que você obtém, em português], basicamente por causa da aparente facilidade de uso que o caracterizava. Daquela época até meados de 2001, sofri bastante com o tratamento das figuras e, principalmente, com a edição e apresentação das equações, até o ponto de me sentir pouco incentivado a introduzir modificações extensas no texto", conta Romanelli.

Foi então que a Petrobras proporcionou ao autor as condições necessárias para converter todas as equações para o formato LATEX. "A sensação que senti, ao penetrar no mundo LATEX, foi a de liberdade, uma vez que passei a ter controle quase absoluto do processo", diz o geofísico. Para Romanelli o apoio da Petrobras foi fundamental, não somente por patrocinar a publicação, mas também por fornecer todos os recursos necessários para o trabalho, principalmente o reforço em sua formação acadêmica.

André Luiz Romanelli Rosa é Consultor Sênior na Petrobras e é graduado em Geologia pela UnB com mestrado em Geofísica pela Universidade de Houston. O livro está disponível na sede da SBGf por R\$ 120 e pessoas de outros estados podem obter informações sobre a remessa pelo correio através do e-mail sbgf@sbgf.org.br.



METAL RARO É DESCOBERTO NA BAHIA

A Superintendência do Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) da Bahia e a Itaoeste, empresa de pesquisa e desenvolvimento mineral, anunciaram recentemente a descoberta de uma jazida de tálio na cidade de Barreiras, que fica a 300 km da capital. A descoberta coloca o Brasil no restrito grupo de países produtores do minério, ao lado de China e Cazaquistão.

A descoberta é extremamente importante por ser a primeira no mundo associada ao manganês e cobalto em ambiente geológico continental. Outra surpresa se atribui a sua magnitude, a reserva de tálio metálico na primeira área onde a pesquisa foi concluída, menos de 2% da região total, é superior a 60 milhões de gramas, quantidade suficiente para abastecer o planeta por cerca de seis anos. Em 2010, segundo a Itaoeste, o grama de tálio foi cotado a US\$ 6.

Pelo ineditismo das circunstâncias do achado, houve a necessidade de se desenvolver um novo processo de separação de elementos. Por meio de ensaios hidrometalúrgicos, as amostras foram submetidas a uma série de operações, chegando-se à produção de sulfato de manganês, óxido de cobalto e sais de tálio, com excelentes recuperações metálicas.

Os estudos, que tiveram duração de um ano, contaram com o apoio de pesquisadores contratados pela Itaoeste e foram desenvolvidos no Departamento de Engenharia de Minas e de Petróleo da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (Poli/USP). O tálio é um metal raro e de alto valor agregado e tem preciosa aplicação de alta tecnologia nas áreas de energia e medicina.



EDITORA ASSOCIADA E MEMBRO DA SBGf SÃO NOMEADOS COMENDADORES DA ONMC



Divulgação CPTe/Inpe

A pesquisadora **Maria Assunção Faus da Silva Dias**, professora do Departamento de Ciências Atmosféricas da USP e editora associada da Revista Brasileira de Geofísica, foi admitida como comendadora na Ordem Nacional do Mérito Científico (ONMC), na área de Ciências da Terra. Além dela, foram

admitidos os pesquisadores **João Batista Corrêa da Silva**, professor da Faculdade de Geofísica da Universidade Federal do Pará (UFPA) e sócio da SBGf, e Aroldo Misi, professor do Instituto de Geociências da UFBA.

No mesmo decreto ainda foi admitido como comendador, na categoria 'Personalidade Nacional', Carlos Tadeu da Costa Fraga, gerente-executivo do Cenpes, da Petrobras.

Instituída em 1993, a ONMC premia personalidades nacionais e estrangeiras que se distinguiram por relevantes contribuições à ciência e à tecnologia. As indicações são feitas por membros do Conselho da Ordem, pela Academia Brasileira de Ciências e por autoridades da área. A admissão e promoção de membros da Ordem se dão por decretos do Presidente da República.



Emanuel Sousa

SBGf RECEBE PREMIAÇÃO DA SEG



Arquivo SEG

Stephen Hill, presidente da SEG, entrega para Eduardo Faria, presidente da SBGf, placa do prêmio Distinguished Achievement Award

Por deliberação unânime dos comitês executivo e de premiação da Society of Exploration Geophysicists (SEG), a SBGf foi indicada a receber o prêmio Distinguished Achievement Award, em consideração ao seu acentuado crescimento e às suas importantes contribuições ao campo da geofísica. O prêmio

foi entregue ao presidente da SBGf, Eduardo Lopes de Faria, durante o SEG's 2010 Annual Meeting, realizado em outubro do ano passado, na cidade de Denver, EUA.

Devido ao reconhecimento, a revista da SEG, *Leading Edge*, publicou matéria apresentando a SBGf. Na edição, o texto conta um pouco da história da entidade e destaca suas realizações e bandeiras defendidas, além de ressaltar que a sociedade é responsável pelo terceiro maior evento de geofísica no mundo. Também foi premiado, em 2010, o Amoco Research Centre localizado em Tulsa, Oklahoma. O Distinguished Achievement Award é concedido anualmente a companhias ou instituições por uma contribuição técnica específica ou por uma colaboração contínua para o avanço da geofísica.

NOTAS DE FALECIMENTO

Com pesar, a diretoria da SBGf informa que no último trimestre de 2010 houve o falecimento de dois sócios efetivos da entidade.

Aos 44 anos, faleceu, no dia 6 de dezembro, o pesquisador peruano Luis Alberto Peche Puertas. Bolsista do programa de capacitação institucional do Observatório Nacional (ON), Puertas contribuiu, como pesquisador visitante, no projeto 'Monitoramento e análise 4-D sistema multi-fásico por contaminação controlada de LNAPL utilizando GPR' e, mais recentemente, em 'Estudos da dispersão modal da velocidade de fase da onda EM na zona transiente de um guia de ondas', ambos coordenados pelo pesquisador Jandyr Travassos (ON). Luis Peche era graduado em Física pela Universidad Nacional de Ingenieria (Peru/1993), mestre em Física pelo Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (1998) e doutor em Física pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (2004).

Morreu, em 2 de outubro, por falência múltipla de órgãos, Roberto Freitas Mota, 70 anos, professor associado e pesquisador do Departamento de Geologia da Universidade Federal do Ceará. Nascido em Alagoas, o geólogo deixa duas filhas e inestimável contribuição aos campos da mineralogia geral e geoprocessamento. O prof. Roberto Mota possuía graduação em Geologia pela Universidade Federal de Pernambuco (1971), mestrado em Geologia pela Universidade Federal do Ceará (1998) e doutorado em Geologia pela Universidade Federal da Bahia (2005).

"I climb as hard as anyone on earth. I just do it on easier routes."
Mad Dog, Climber

Your solution for multi-vendor application and data interoperability is bigger and more flexible than ever before.

OpenSpirit connectivity drives cross-discipline collaboration, so you can build the workflows you need to get the job done, right from the start.

OpenSpirit
www.openspirit.com

right
from the start

NOTAS

PESQUISAS DA UNICAMP NA ÁREA DE SR VENCEM PRÊMIO PETROBRAS DE TECNOLOGIA

Dois projetos da Unicamp ligados à área de sensoriamento remoto (SR) foram contemplados na 5ª edição do Prêmio Petrobras de Tecnologia, considerado o mais importante da indústria de petróleo no país. O Instituto de Geociências (IG) foi o vencedor em dois dos nove temas fundamentados nos desafios tecnológicos da Petrobras e da indústria petrolífera nacional. Ambos os trabalhos foram orientados pelo professor Carlos Roberto de Souza Filho, do Departamento de Geologia e Recursos Naturais.

O projeto intitulado *Detecção precoce de pequenos vazamentos em dutos de transporte de hidrocarbonetos a partir de bioindicadores e técnicas de sensoriamento remoto ultraespectral e hiperespectral*, das alunas Giuliana Clarice Mercuri Quitério e Luciola Alves Magalhães, foi premiado na categoria “Tecnologia de Segurança e de Desempenho Operacional”, nível doutorado. A pesquisa comprovou que o emprego de métodos de sensoriamento remoto aliado à existência de determinadas alterações fisiológicas, químicas ou espectrais na vegetação, de área com dutos de transporte de hidrocarbonetos, pode indicar a ocorrência de vazamentos de gasolina ou diesel ainda na fase inicial.

O outro projeto, *Espectroscopia de Reflectância (VNIR-SWIR) Aplicada à Detecção e Identificação de HCs em Substratos Contaminados: uma Referência para a Caracterização de Exsudações e Vazamentos In Situ a partir de Imagens de S. R. Multispectrais e Hiperespectrais*, da aluna Rebecca del Papa Moreira Scafutto, venceu na cate-

goria “Tecnologia de Exploração”, no nível de graduação. A pesquisa gerou uma biblioteca espectral sobre presença, tipo e quantidade de óleo em substratos naturais, que pode ser usada no estudo de áreas contaminadas e na própria sondagem e exploração de petróleo.

Esse é o terceiro ano em que projetos coordenados pelo prof. Carlos Roberto de Souza Filho são premiados. O pesquisador recebeu anteriormente reconhecimento pelos estudos desenvolvidos no nível de graduação sobre exsudação natural em bacia continental (2ª edição/2007) e mestrado, investigando exsudações de petróleo no mar (4ª edição/2009).

A 5ª edição do Prêmio Petrobras de Tecnologia agradeceu os trabalhos de 21 estudantes de graduação, mestrado ou doutorado. O prêmio tem como objetivo reconhecer a contribuição da comunidade acadêmica brasileira para o desenvolvimento tecnológico da Petrobras e da indústria nacional de energia, além de incentivar a revelação de talentos. Nessa edição, foram 346 trabalhos inscritos. Os autores dos trabalhos vencedores receberam R\$ 20 mil na categoria doutorado, R\$ 15 mil na categoria mestrado e R\$ 10 mil na categoria graduação, além de uma bolsa de estudos do Conselho Nacional de Pesquisas (CNPq) para elaboração de tese de mestrado, doutorado ou pós-doutorado. Os professores orientadores dos trabalhos premiados receberam a mesma quantia bruta que foi atribuída ao prêmio do orientado, como taxa de bancada para investimento em pesquisa.

RESULTADO DO PRÊMIO CAPES DE TESE 2009 NA ÁREA DE GEOCIÊNCIAS

No último dia 7 de dezembro, a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) em parceria com a Fundação Conrado Wessel, entregou os prêmios e o grande prêmio Capes de Tese 2009.

Em sua quarta edição, concorreram 399 teses, inscritas pelos Coordenadores dos Programas de Pós-Graduação. O prêmio concede bolsa de pós-doutorado nacional de um ano para o autor da tese vencedora na área, além de auxílio equivalente a uma participação em congresso nacional para o orientador. O grande prêmio, por sua vez, concede bolsa de pós-doutorado internacional de um ano para o autor e, ainda, auxílio equivalente a uma participação em congresso internacional para o orientador.

O vencedor do grande prêmio foi agraciado com US\$ 15 mil concedidos pela Fundação Conrado Wessel. Confira ao lado os trabalhos selecionados na área de Geociências.

O Prêmio Capes de Tese e o Grande Prêmio Capes de Tese são prêmios concedidos anualmente pela Capes às melhores teses de doutorado defendidas e aprovadas nos cursos reconhecidos pelo MEC, considerando os quesitos originalidade e qualidade. O Prêmio Capes de Tese é outorgado para a melhor tese de doutorado selecionada em cada uma das áreas do conhecimento determinadas pela Capes.

Menções Honrosas

“Geoquímica e cronologia de alojamento de granitos colisionais na Faixa Sergipana, nordeste do Brasil”

Autora: Juliana Finoto Bueno

Orientador: Elson Paiva de Oliveira (Unicamp)

Programa de Pós-Graduação em Geociências

“Ciclones extratropicais sobre o Atlântico Sul: simulação climática e experimentos de sensibilidade”

Autora: Michelle Simões Reboita

Orientador: Rosmeri Porfírio da Rocha (IAG/USP)

Programa de Pós-Graduação em Meteorologia

Prêmio Capes de Tese 2009

“Análise digital de terreno do centro-leste brasileiro”

Autor: Carlos Henrique Grohmann de Carvalho

Orientador: Cláudio Riccomini (USP)

Programa de Pós-Graduação em

Geociências (Geoquímica e

Geotectônica)



Representante da SBGf encontra presidente do Senado para discutir regulamentação da categoria

No último dia 23 de março, Renato Lopes Silveira, ex-presidente da SBGf; Herbert Conceição, presidente da Sociedade Brasileira de Geologia (SBG); e Nivaldo José Bósio, presidente da Federação Brasileira de Geólogos (Febrageo), reuniram-se com o presidente do Senado, José Sarney, para pedir apoio na tramitação do Projeto de Lei da Câmara nº 117/06, texto que regulamenta e define o campo de atuação dos profissionais de geofísica.

Com o desarquivamento do projeto – aprovado em 2009 pela Comissão de Ciência, Tecnologia, Inovação, Comunicação e Informática (CCT) – requerido no início da atual legislatura, em 11 de março, pelo senador Inácio Arruda, a matéria precisa passar antes pela análise da Comissão de Assuntos Sociais (CAS) para então seguir para o Plenário do Senado.

O projeto, além de definir as atribuições dos profissionais de geofísica, encarrega o Conselho Federal de Engenharia, Arquitetura e Agronomia (Confea) da tarefa de delimitar o campo de atuação de geólogos e engenheiros-geólogos.

Durante a audiência, o Senador Sarney enalteceu a relevância do tema e afirmou que irá se empenhar para conseguir celeridade no trâmite para aprovação do projeto.

Jornada rumo à regulamentação

Como entidade representativa da classe, a Sociedade Brasileira de Geofísica, em meados de 1980, teve presença atuante na defesa da formalização do ensino de geofísica, uma vez que a geofísica aplicada era ensinada apenas em alguns cursos de geologia e como disciplina optativa em cursos de física.

Com a implementação dos cursos de geofísica, surgiu a necessidade da regularização da profissão, visto que a falta do amparo de uma lei que assegure direitos e deveres ao profissional dificulta seriamente a prática da atividade. Levando em conta essa situação, a SBGf decidiu, no segundo semestre de 2000, encabeçar a campanha de regulamentação junto ao Poder Legislativo. Após as devidas deliberações entre os membros da categoria, a sociedade chegou, no início de 2001, a uma proposta final de projeto de lei que seria apresentado à Câmara dos Deputados.

O projeto de lei nº 5.064 foi apresentado no Plenário da Câmara, pela deputada Jandira Feghali, ainda em 2001 e prosseguiu para a Comissão de Trabalho, Administração e Serviço Público para avaliação. Em fevereiro de 2002, o relator designado para avaliar o projeto deu o seu parecer, recomendando um substitutivo ao documento. Em vez de uma nova lei para regulamentar a profissão de geofísico, o substitutivo sugeria uma alteração na lei que regula o exercício da profissão de geólogo (lei nº 4.076, de 23 de junho de 1962).

Embora o substitutivo levasse em consideração as principais reivindicações dos geofísicos, foi solicitada, pelo membro da Câmara que havia submetido o projeto, em junho de 2003, a retirada do documento de tramitação, para que a questão fosse discutida entre as comunidades de geofísicos e geólogos. Em 2005, após um longo período de negociações entre a SBGf e a Febrageo, um novo projeto de lei (nº 4.796) foi apresentado ao Congresso Nacional e, em seguida, encaminhado à Comissão de Trabalho, Administra-



Geofísicos e geólogos reinvidicam regulamentação da profissão

Jane de Araújo

ção e Serviço Público e para a Comissão de Constituição e Justiça e de Cidadania da Câmara dos Deputados.

Segundo o novo projeto – proposto pela SBGf, em acordo com a Febrageo – o exercício da profissão de geofísico estaria garantido aos portadores de diploma de graduação em geofísica, geologia ou engenharia geológica e aos profissionais de nível superior que, comprovadamente, desempenhassem a atividade de geofísico há pelo menos oito anos ininterruptos no Brasil. O documento também propunha a modificação no artigo 6º da lei nº 4.076, de 1962, Lei do Geólogo, com alterações e acréscimos de itens ao rol de atividades de competência do profissional.

Em junho do mesmo ano, representantes da SBGf, Confea e Febrageo foram à Câmara prestar esclarecimentos sobre as atividades exercidas pelos geofísicos e geólogos. Em 10 de agosto, o projeto recebeu parecer positivo da Comissão de Trabalho, Administração e Serviço Público, com aprovação sem alterações do texto. A Comissão de Constituição e Justiça e de Cidadania, por sua vez, emitiu seu parecer em 17 de abril de 2006, aprovando o projeto, com duas emendas que solicitavam a alteração de questões pontuais quanto ao formato do projeto, sem modificar seu conteúdo. Após a redação final, o projeto foi encaminhado ao Senado, em 30 de novembro de 2006.

Em 15 de abril de 2009, a Comissão de Ciência, Tecnologia, Inovação, Comunicação e Informática concluiu seu parecer sobre o projeto, apresentando relatório favorável, com algumas emendas. As principais alterações propostas solicitavam que os dispositivos relacionados à fixação das competências profissionais fossem suprimidos do projeto, incumbindo ao Confea dessa responsabilidade, e a retirada do artigo 8º, que modificaria a lei nº 4.076, de 1962. O relatório foi aprovado pela comissão em 22 de abril, sendo reenviado no dia seguinte à Comissão de Assuntos Sociais, para ser relatado pelo senador Lobão Filho.

A SBGf acompanha de perto toda a tramitação do projeto de lei que regulamenta a profissão de geofísico, mantendo os sócios informados sempre que alguma mudança ocorre. Embora compreenda a seriedade requerida no processo de regulamentação de uma profissão que envolve diversas áreas, a entidade se preocupa com a demora no trâmite, pois, enquanto a profissão não é regulamentada, os geofísicos de todo Brasil continuam enfrentando dificuldades no exercício de suas atividades profissionais. Mais informações sobre a regulamentação da profissão podem ser obtidas no site www.sbgf.org.br.

USP adquire novo navio oceanográfico

Com chegada prevista para o segundo semestre, nova embarcação amplia o horizonte da pesquisa científica marítima brasileira.

Uma parceria firmada entre a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) e a Universidade de São Paulo (USP) resultou na aquisição de um novo navio oceanográfico (N.Oc.), o Moana Wave. Adquirida por US\$ 8.7 milhões, valor que inclui a modernização e a instalação de equipamentos, a embarcação tem a honrosa missão de substituir seu antecessor, o N.Oc. Prof. W. Besnard, sem condições de operar devido a avarias causadas por um incêndio em 2008. Em função de sua vida útil, os custos para a reforma não justificariam o investimento, o que gerou a demanda de apoio para a obtenção de uma nova plataforma de trabalho.

Previsto para chegar no segundo semestre de 2011, o Moana Wave desloca 970 toneladas e possui características que prometem levar a pesquisa oceanográfica brasileira a um patamar superior. Segundo o diretor do Instituto Oceanográfico da USP (IO-USP), o prof. **Michel Michaelovitch de Mahiques**, um dos principais diferenciais do novo navio diz respeito à sua autonomia, que pode chegar a cerca de 60 dias, 45 a mais que o antigo, o que facilita a realização de pesquisas em águas mais distantes e profundas. Além de expedições na região do pré-sal, com o Moana Wave será possível realizar pesquisas no Atlântico Sul, desde o Rio da Prata até o Equador. Esses locais poderão ser fonte de diversas pesquisas, como de biodiversidade do oceano profundo, tecnologia submarina e estudos climáticos.

Com 64 metros de comprimento e 11 de largura, a nova embarcação possui maior capacidade de acomodação,

comportando até 20 pesquisadores, contra os 15 que o Prof. W. Besnard era capaz de hospedar. O navio representará um grande salto de qualidade, tanto para a pesquisa científica como para a formação de pessoal, na função de navio-escola. O navio deverá apresentar tecnologia não disponível em outros navios de pesquisa civis brasileiros.

Dentre os vários equipamentos já existentes e os novos que integrarão a estrutura do navio, destacam-se novas ecossondas, um compressor para *air gun*, um novo sistema de batimetria multi-feixe, um *sub-bottom profiler* e um sistema de posicionamento dinâmico.

De acordo com o diretor do IO-USP, Michel Michaelovitch, o novo navio estará à disposição de institutos ligados à USP e, também, de outras instituições de todas as áreas do conhecimento interessadas em submeter projetos que demandem o uso da embarcação. De acordo com ele, em breve, será instituído um conselho gestor responsável pela programação e análise de pedidos de utilização da plataforma de trabalho.

O processo de compra já foi concluído e as atividades de reforma já foram iniciadas. Com acompanhamento de uma equipe do IO-USP, a estrutura do navio foi avaliada por empresa norte-americana de engenharia naval, a JMS, responsável por fazer os laudos periódicos para todos os navios de pesquisa financiados pela National Science Foundation (NSF), dos Estados Unidos.

Quando o Moana Wave for adquirido, receberá o nome – sugerido pelo IO – de Alpha Crucis, estrela mais brilhante da constelação do Cruzeiro do Sul, tal qual a que representa o Estado de São Paulo na bandeira do Brasil. O navio oceanográfico Prof. W. Besnard provavelmente fará parte do acervo de um futuro museu marítimo a ser construído em Santos, São Paulo.

Arquivo USP



| Características | Moana Wave | Prof. W. Besnard |
|-------------------|------------|------------------|
| Ano de construção | 1973 | 1967 |
| Tripulantes | 20 | 15 |
| Autonomia (d) | 60 | 15 |
| Comprimento (m) | 64 | 50 |
| Largura (m) | 11 | 8 |
| Porte Bruto (t) | 970 | 700 |

C O U R S E S

S H O R T S

12th International Congress of the Brazilian Geophysical Society



Sunday, 14 August

SC2- EM Methods Applied to Petroleum Exploration - Dr. Paulo de Tarso Menezes, Petrobras

SC3- Introduction to Rock Physics - Dr. Franklin Ruiz, Rock Solid Images

SC4- Fundamentals of Seismic Methods - Dr. Eduardo Filpo, Petrobras

SC6- Fundamentals of Land 3D Survey Design and Acquisition - Malcolm Lansley, Sercel

SC9- Salt and Shale Tectonics - Dr. Bruno Vendeville, University of Lille 1

SC11- Applications to Seismic Interpretation - Carlos Lopo Varela, Petrobras

SC12- Large-scale Optimization in Seismic Imaging - Dr. Robert Clapp, Stanford University

SC14- Compressed Sensing and Sparse Recovery in Exploration Seismology - Dr. Felix Herrmann, University of British Columbia

Monday, 15 August

SC1- 3D Seismic Attributes for Prospect Identification and Reservoir Characterization - Dr. Kurt Marfurt, University of Oklahoma

SC5- Time-Lapse (4D) Reservoir Monitoring - Dr. Marcos Grochau, Petrobras

SC7- Concepts and Applications in Ground Penetrating Radar (GPR) - Dr. Jandyr Travassos, Fugro

SC8- High Resolution Seismic and Sequence Stratigraphy - Dr. Christian Gorini, University Pierre et Marie Curie, Paris VI

SC10- Processing and Inversion of Airborne Gravity Gradiometry Data - Dr. Yaoguo Li, Colorado School of Mines

SC13- Full Waveform Inversion - Stéphane Operto and Jean Virieux, SEISCOPE Consortium

ESPECIAL

Propriedades Físicas das Rochas

Com as dificuldades físicas inerentes à prática da prospecção de recursos minerais subterrâneos, a petrofísica surge como ferramenta fundamental da exploração mineral moderna, sobretudo na exploração petrolífera.

Embora as propriedades físicas das rochas sejam o objeto de estudo da física das rochas e da petrofísica, diferenças esclarecedoras caracterizam esses importantes ramos da indústria da exploração mineral. A física das rochas é mais focada nas propriedades que estabelecem um *link* com os atributos sísmicos. Ao passo que a petrofísica se interessa particularmente pelas propriedades que permitem a determinação de porosidade, permeabilidade e saturação de fluidos em uma rocha-reservatório, fundamentais para caracterizar o armazenamento e a transmissão de fluidos na rocha, com a finalidade de gerenciar e prever a performance de um reservatório.

De acordo com o professor **José Agnelo Soares**, do Departamento de Mineração e Geologia, da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), a petrofísica investiga as propriedades físicas de minerais, rochas e fluidos nelas contidos, e como essas características se alteram em função de variáveis ambientais, como pressão, temperatura, saturação, salinidade e argilosidade; e condições instrumentais, como frequência, potência, ganho, espaçamento, amostragem e sensibilidade. Segundo ele, a investigação petrofísica pode ocorrer na escala de campo, por meio da perfilagem geofísica, ou na escala de bancada, por meio da medição laboratorial das propriedades físicas de amostras de rochas e fluidos. “O conhecimento preciso das propriedades físicas das rochas é fundamental para uma interpretação realista dos dados geofísicos registrados em campo”, explica o professor José Agnelo Soares.

O principal benefício obtido com a realização de um estudo petrofísico é a melhoria no entendimento de como determinadas propriedades físicas das rochas afetam as medidas geofísicas. Na geofísica de reservatório, o monitoramento geofísico, realizado ao longo do processo de produção, gera imagens representativas da distribuição de fluidos dentro do reservatório. Uma das premissas desta metodologia, é que não ocorram alterações na matriz da rocha.

Entretanto, segundo a professora **Roseane Marchezi Misságia**, do Laboratório de Engenharia e Exploração de Petróleo (Lenep), da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (Uenf), em pequena escala, isso nem sempre ocorre, pois tanto a alteração das geopressões quanto a própria dinâmica do fluxo de fluidos, decorrentes do processo de produção (migração de finos), no caso da exploração de petróleo, podem provocar danos à microestrutura da rocha, e promover o surgimento de fraturas.



Arquivo Pessoal



Arquivo Pessoal

A petrofísica é considerada um campo amplo e interdisciplinar e, por essa razão, seu arcabouço aglutina conhecimentos provenientes de diferentes áreas, como geologia, geofísica, química, mecânica, engenharia do petróleo, entre outras. A aplicação da petrofísica também é vasta e abrange praticamente todas as atividades relacionadas à exploração e produção de recursos minerais subterrâneos. “É preciso traçar um paralelo com a vida cotidiana: a petrofísica está para as Geociências assim como os exames laboratoriais estão para a Medicina. Não há diagnóstico seguro sem ela”, afirma o professor José Agnelo Soares.

Nas atividades de E&P, por exemplo, estudos petrofísicos são intensivamente empregados com o objetivo de adensar o conhecimento das heterogeneidades internas e a distribuição de fases fluidas no reservatório. Com isso, torna-se possível delimitar e estimar reservas, determinando, inclusive, a quantidade de óleo *in place*. De acordo com **Carlos Francisco Beneduzi**, geólogo sênior e consultor da Petrobras, dentro do segmento da indústria do petróleo, a aplicação da petrofísica permeia diversos ramos e permite a caracterização de importantes atributos da rocha, além de ser essencial para identificação dos tipos de fluidos que a saturam.

Existem muitas variações de métodos e equipamentos empregados para investigar as propriedades físicas das rochas. O uso das técnicas de perfilagem geofísica permite estimar diferentes parâmetros petrofísicos, principalmente radioatividade natural e induzida, resistividade e condutividade elétrica, porosidade, densidade e velocidade de propagação do som nas rochas. Mas existem outras propriedades, como a atenuação de ondas (eletromagnéticas e mecânicas), magnetismo, atração gravimétrica e propriedades de ressonância magnética nuclear que também podem ser registradas numa operação de campo. Em anos recentes, cresceu exponencialmente a utilização dos perfis de imagem adquiridos através de ferramentas acústicas e de microrresistividade.

Os equipamentos utilizados na perfilagem geofísica são construídos para suportar as adversas condições de temperatura e pressão de um poço. Essas ferramentas registram uma determinada propriedade física da rocha referenciada a uma profundidade do poço. Características da lama de perfuração, inclinação e tipo de poço (aberto ou revestido), além da constituição das rochas devem ser levadas em conta para definição de quais sondas são mais apropriadas para uso. Na perfilagem destacam-se dois métodos: a perfilagem a cabo (*wireline*), na qual as sondas são conectadas ao equipamento de controle de aquisição por cabos, que descem no poço por gravidade e sobem puxados por um guincho; e a perfilagem LWD (*Logging While Drilling*), quando as sondas

são acopladas à coluna de perfuração, e a perfilagem ocorre de forma simultânea a perfuração. O LWD é usado principalmente em poços muito inclinados e direcionais, uma vez que, nestas situações, a utilização da perfilagem a cabo seria muito arriscada.

“As vantagens do emprego dessas técnicas de perfilagem são o registro das medidas ao longo de toda extensão do poço, com exceção dos registros de pressão, e também a possibilidade de dispensar uma amostragem de rocha para obter diretamente os atributos. Fato que oneraria muito em termos financeiros e operacionais a perfuração de um poço”, destaca Carlos Beneduzi. De acordo com ele, em função das melhorias obtidas com algumas ferramentas, principalmente com as testadoras da formação, e também com a adoção intensiva de técnicas, como amostragem lateral de rochas, os preços e os prazos envolvidos com a perfilagem aumentaram substancialmente. “Entretanto, o período gasto com esses perfis desonera o poço de outras operações que tomariam um tempo adicional, além de maiores recursos financeiros”, argumenta o consultor da Petrobras.

A investigação petrofísica pode ocorrer em níveis distintos de complexidade, o que interfere diretamente no tempo e no gasto necessário para a realização do estudo. Como exemplo de boa relação custo-benefício pode ser destacado o estudo de viabilidade técnica 4D experimental para modelagem dos efeitos da produção nas propriedades físicas de reservatórios. “Por este estudo é possível minimizar dúvidas na interpretação de dados provenientes do monitoramento 4D, em escala de campo”, lembra Roseane Misságia.

Na maior parte dos casos, o emprego da pesquisa sobre as propriedades físicas das rochas corresponde a um percentual pequeno dos investimentos totais, sobretudo se for considerada a utilidade que as informações obtidas trazem para o projeto. “Uma aquisição de propriedades através da perfilagem de poços toma aproximadamente 10% do tempo de perfuração de um poço de petróleo na área do pré-sal. Em termos de custo financeiro, a proporção é aproximadamente a mesma. Poços de terra normalmente têm esse valor reduzido”, avalia Carlos Beneduzi.

Embora, de modo geral, existam propriedades físicas que são registradas mais rapidamente do que outras, dentro do contexto da petrofísica laboratorial, algumas análises requerem maior tempo, pois exigem coleta, preparação, limpeza das amostras, além dos ensaios propriamente ditos. A medida dos parâmetros petrofísicos por ressonância magnética nuclear (RMN), um dos principais métodos de caracterização, pode demorar desde algumas horas até alguns dias, dependendo da necessidade de preparação da amostra. No

entanto, outros procedimentos, como a medida de suscetibilidade magnética ou, ainda, a medição do tempo de propagação de ondas em um *plug*, por exemplo, podem ser bastante econômicos em termos de cronograma.

De uma maneira ampla, na análise de testemunhos, há uma preferência por estimar o maior número de propriedades físicas possíveis

usando ensaios não destrutivos, entretanto, em alguns casos, a precisão destas estimativas não é tão boa quanto as obtidas em ensaios destrutivos, como por exemplo, os de porosidade por injeção de mercúrio. “Esse é um dos poucos métodos que fornecem, em um só ensaio, além da porosidade, curvas de pressão capilar e distribuição de tamanho dos poros. Informações importantes, que podem ser extrapoladas para outras regiões do reservatório, para serem usadas como parâmetro de calibração dos valores da porosidade derivada dos dados sísmicos, por exemplo, para gerar mapas de distribuição de permeabilidade”, ressalta Roseane Misságia.

DESAFIOS DA PETROFÍSICA

Superar obstáculos tecnológicos, teóricos e práticos faz parte do cotidiano de quem lida diariamente, seja na indústria ou na academia, com estudos e projetos relacionados às propriedades físicas das rochas. Para a pesquisadora Roseane Misságia, dentre os maiores problemas pertinentes ao estudo das propriedades físicas das rochas, merece destaque as dificuldades para elaboração de fluxo de trabalho multidisciplinar, com foco na integração da informação geológico-geofísica-petrofísica com os dados da engenharia de reservatório para a produção de uma resposta adequada às necessidades observadas no desenvolvimento das reservas naturais, como por exemplo, de reservatórios de petróleo.

Para José Agnelo Soares, um desafio a ser continuamente enfrentado é a questão da escala da investigação associada à dimensão das heterogeneidades, muitas vezes presentes nos recursos naturais subterrâneos. “Como garantir que uma dada propriedade, medida numa dada escala, reproduz-se numa escala diferente se a composição do meio investigado varia de acordo com a escala?”, questiona o pesquisador.

Outra dificuldade citada pelo professor da UFCG é de ordem prática: a questão do acesso aos dados e às amostras de rocha. De acordo com José Agnelo Soares, no caso do setor do petróleo, por exemplo, acreditava-se que, com o advento da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), o acesso das universidades aos dados seria facilitado, promovendo o desenvolvimento da petrofísica na academia. No entanto, segundo ele, não é isso que se constata exatamente. Para Agnelo, o problema pode ter origem na carência de estrutura do órgão ou, ainda, em impedimentos previstos em regulamento. “No caso específico da perfilagem de poços, é possível solicitar à ANP somente quatro curvas de cada poço. Não se faz interpretação petrofísica assim. É preciso lançar mão de todas as informações existentes, cruzá-las e tirar proveito da redundância dos dados”, esclarece o pesquisador.

Na indústria do petróleo, as barreiras são tecnológicas. Para Carlos Beneduzi, um dos grandes desafios é desenvolver ferramentas com profundidade de investigação que ultrapassem as zonas próximas à parede do poço afetadas pelo processo de perfuração, que provoca invasão do fluido do poço e alteração nos parâmetros elásticos da rocha. “Por incrível que pareça, não existe ainda uma ferramenta que meça a permeabilidade do reservatório. As medidas de laboratório ainda continuam sendo as medidas mais confiáveis”, afirma o geólogo.

Petrobras



Equipamento de análise de permeabilidade relativa em condição de reservatório (pressões, temperatura e fluidos de reservatório em rocha com molhabilidade restaurada)

ESPECIAL

PETROFÍSICA E PRÉ-SAL

Com as descobertas realizadas na camada pré-sal, um novo desafio surgiu no cenário da exploração petrolífera e, conseqüentemente, acentuou-se a demanda por conhecimento das propriedades físicas das rochas de reservatórios localizados em águas ultraprofundas. O imageamento de estruturas localizadas abaixo da camada de sal sempre foi um desafio à geofísica, devido às características inerentes a essa região, que funciona como um refletor para as ondas sísmicas.

No entanto, estudos das propriedades físicas das rochas na área do pré-sal guardam muitas semelhanças com estudos realizados anteriormente na exploração de áreas do pós-sal. O objetivo, em ambos os casos, é o mesmo: identificar, qualificar e quantificar reservas. Segundo **Giovanni Chaves Stael**, tecnólogo pleno do Observatório Nacional (ON), os longos anos de experiência da indústria do petróleo nas análises das propriedades físicas das bacias do pós-sal, sejam amostras siliciclásticas ou carbonáticas, foram primordiais para superar os desafios tecnológicos impostos pelas altas temperaturas e pressões em profundidade das reservas do pré-sal.

Estudos das propriedades físicas das rochas do pré-sal contribuem para dar suporte às operações de engenharia (básica ou de poço), no fornecimento de parâmetros adequados para as simulações de fluxo que, por sua vez dão suporte ao gerenciamento de reservatórios, e no controle ambiental das atividades do setor. “Um aspecto importante a ressaltar é que as rochas do pré-sal tendem a apresentar

uma heterogeneidade maior do que as rochas comumente encontradas nos reservatórios turbidíticos da seção pós-sal. Isso torna necessária uma caracterização petrofísica mais detalhada, a fim de manter o mesmo nível de precisão alcançado na avaliação dos prospectos do pós-sal”, explica o professor José Agnelo Soares.

De acordo com o geólogo e consultor da Petrobras, Carlos Beneduzi, os reservatórios das rochas da camada pré-sal apresentam grande complexidade em termos de geometria do espaço poroso. Segundo ele, registros de ressonância magnética, que datam da década de 90, têm contribuído muito na definição dos reservatórios com condições favoráveis para a produção de hidrocarbonetos. Além disso, os registros de perfis de imagem também têm auxiliado significativamente na identificação dessas zonas. “Certamente sem essas ferramentas as dificuldades seriam maiores”, afirma Carlos Beneduzi.

O conhecimento das propriedades físicas das rochas localizadas no pré-sal é fundamental para interpretar e prever mudanças nas imagens sísmicas e perfis acústicos. No passado, os estudos de física de rocha teóricos e experimentais estiveram focados em rochas siliciclásticas. No entanto, a aplicabilidade destes modelos para carbonatos deve ser avaliada. Diferentes das rochas siliciclásticas, as estruturas carbonáticas geralmente mostram um sistema de poros heterogêneos, que afetam a compressibilidade do poro e, como consequência, a sensibilidade da rocha para a saturação. Interações químicas rocha-fluido afetam a diagênese, modificam o espaço poroso e a permeabilidade.

Para a professora Roseane Misságia, os reservatórios mais importantes do pré-sal são constituídos de rochas carbonáticas. Em virtude disto, existe uma demanda crescente pela



Arquivo Pessoal

*Mark of Schlumberger. The Power of Q is a mark of Schlumberger. © 2009 Schlumberger. 13-ee-027

The Power of Q

Complex Illumination

WesternGeco experts and innovative technology give you the freedom and flexibility to deploy tailor-made solutions to efficiently solve complex geophysical challenges.

- Coil Shooting* single-vessel full-azimuth acquisition
- 3D GSMP* true azimuth SRME demultiple
- Multi-azimuth tomography constrained by wells and/or potential field data. Stable solutions enabled by a full-azimuth range
- A complete suite of imaging algorithms

We **listen** to your challenges.
 We **understand** your needs.
 We **deliver** value.

Visit www.westerngeco.com/ciq



Laboratório de Modelagem Computacional e Física de Reservatório, construído no Lenep, Campus Macaé da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (Uenf)

caracterização sísmica de carbonatos, visando melhor compreender a influência da composição mineralógica, geometria do poro, porosidade, conectividade, tipo de fluido, orientação de fraturas e pressão, na propagação da onda sísmica.

“Em função destas complexidades, que desafiam a confiabilidade da predição das propriedades físicas dos reservatórios carbonáticos, surge a necessidade de investimento em pesquisa que permita isolar e entender as especificidades da rocha carbonática”, enfatiza a professora Roseane Misságia.

PESQUISA E DESENVOLVIMENTO

A importância da petrofísica para a exploração mineral moderna é claramente refletida na destinação de recursos de financiamento e na quantidade e relevância de projetos de pesquisa e desenvolvimento empreendidos, em conjunto, por institutos e empresas em todo o mundo.

A Petrobras participa de um consórcio desenvolvido pela Australian National University, que realiza pesquisas de ponta na área de tomografia computadorizada de alta definição com rochas geradoras e produtoras de hidrocarbonetos. A partir de tomogramas 3D obtém-se uma reprodução virtual da rocha com a geometria do espaço poroso, permitindo a simulação da porosidade, permeabilidade, propriedades elásticas e condições de fluxo com diferentes fluidos. Essa união, entre diferentes instituições, tem gerado informações de grande valia para o entendimento dos mecanismos de geração, migração, acumulação e produção de hidrocarbonetos.

Na Universidade Federal de Campina Grande, um projeto coordenado pelo professor José Agnelo Soares, busca o estabelecimento da infraestrutura necessária para a realização de estudos em petrofísica. O laboratório será composto inicialmente por equipamentos para coleta, preparação, limpeza e saturação de amostras, além da medição de porosidade e permeabilidade com manutenção da pressão confinante, e das propriedades elásticas (velocidade e coeficiente de atenuação) sob condições controladas de pressão, temperatura e saturação. No que se refere à P&D, a iniciativa visa à caracterização petrofísica da Bacia do Rio do Peixe, que está localizada no alto sertão paraibano e que se encontra atualmente em fase de investigação do seu potencial petrolífero. O projeto, iniciado em 2010 e com previsão de término em 2013, pretende investigar outras bacias da região e recebe financiamento da Rede de Geofísica da Petrobras.

Outro projeto que merece destaque é a montagem da

infraestrutura física, computacional e experimental destinada a atender às demandas do programa de pesquisa na linha temática “Modelagem Integrada de Reservatório”, inserida no Núcleo de Competência em Campos Marítimos de Petróleo da Uenf. Coordenado pela geofísica Roseane Misságia, em conjunto com outros dois pesquisadores, esse projeto consiste na implantação de uma estrutura física com 456 m² de área e na aquisição de equipamentos para a montagem do Laboratório de Modelagem Computacional e Física de Reservatório.



Sistema de Modelagem Física de Reservatório

Dentre os equipamentos previstos para instalação, destacam-se três sistemas, sendo um de aquisição, um de aferição e outro de visualização de dados. O Sistema de Modelagem Física de Reservatório simula a aquisição sísmica ultrassônica terrestre ou marítima a partir de modelos construídos em escala reduzida.

O Sistema Tri-Axial de Deformação e Física de Rocha mede, monitora e simula, em tempo real, as propriedades elásticas, mecânicas, elétricas e petrofísicas, em amostras de rochas com diâmetro variando de 38,1 mm a 50,8 mm, sob condições controladas de pressão hidrostática (até 69 MPa), temperatura (até 150° C) e saturação por fluidos. Neste sistema podem ser realizadas medidas de permeabilidade absoluta, variação da pressão de poros, velocidades de ondas P e S (polarização horizontal e vertical), deformação das rochas e resistividade elétrica.

Por último, o Sistema de Visualização 3D tipo Power Wall é um dispositivo gráfico e de projeção que propicia a análise integrada de dados geológicos e geofísicos, conduzidos através de sistemas computacionais compostos de *hardware* e *software* de alta capacidade de processamento numérico e gráfico, operando em acesso direto com uma base de dados multidisciplinares.

A aquisição desses equipamentos foi possível graças a uma parceria entre a Uenf e a Petrobras que teve início em 2007 e que deverá ter fim no primeiro semestre de 2011. A formação da equipe está sendo proposta dentro do escopo

ESPECIAL

de um projeto de P&D – sob análise da Petrobras – que contempla a contratação de técnicos para operar os sistemas adquiridos no projeto vigente de infraestrutura.



Equipamento de RMN instalado no LabPetrON

Iniciada em 2008, a implantação do Laboratório de Petrofísica do Observatório Nacional, o LabPetrON, é outra iniciativa de grande importância e consiste na estruturação do laboratório não apenas na caracterização de rochas reservatório, como também das amostras cristalinas ou não-reservatório. O objetivo principal é capacitar o Observatório Nacional na pesquisa e no desenvolvimento de tecnologias ligadas às propriedades físicas de rochas, dando suporte científico e tecnológico a crescente demanda do mercado nacional na área de petróleo e gás, interagindo tanto com as instituições de ensino e pesquisa quanto com a indústria.

Na petrofísica especial, o LabPetrON conta com um equipamento de ressonância magnética nuclear de baixo campo para a determinação de parâmetros ligados ao armazenamento de fluidos, além de um ultrassom e um suscetibilímetro. Na petrofísica de rotina, o projeto conta com um porosímetro e um permeâmetro a gás, além de balanças com capacidade de medição de densidade. A equipe é interdisciplinar e conta com a colaboração de membros internos e pesquisadores da UERJ, UFRJ e UFRRJ.

Algumas vezes a necessidade de trabalhar com equipamentos adequados à realidade da pesquisa pode gerar experiências inovadoras. “Um projeto muito interessante, no qual trabalhei durante meu doutoramento na UFRJ, foi o de desenvolvimento de um tomógrafo ultrasônico para testemunhos de poços. Partimos praticamente do nada, simulamos a configuração do equipamento e os resultados que poderíamos alcançar, com isso conseguimos financiamento da Petrobras para o projeto. Depois projetamos as peças a forjar, especificamos os componentes a adquirir, fomos às compras, montamos e testamos o equipamento em amostras artificiais e reais. Geramos os tomogramas e fizemos a sua interpretação”, conta José Agnelo Soares.

TECNOLOGIAS

Para Giovanni Stael, tecnólogo do ON, todas as técnicas ligadas à petrofísica estão em constante evolução, umas mais rápidas que outras, a depender do interesse de aplicação no momento. De acordo com ele, as empresas de perfilagem, por exemplo, desenvolvem periodicamente tanto a parte estrutural de suas ferramentas, quanto os programas de operação das mesmas e de interpretação de resultados. “A técnica de RMN apresentou um grande desenvolvimento a partir do final da década de 90, com o avanço na tecnologia de construção desta ferramenta, que se consolidou como uma das principais técnicas de perfilagem”, explica Stael.

O geólogo Carlos Beneduzi, concorda que o perfil de ressonância magnética foi a última tecnologia lançada comercialmente. No entanto, ele destaca que existem ganhos significativos em alguns registros já em uso, com ênfase para as ferramentas que medem pressão e coletam fluido da for-

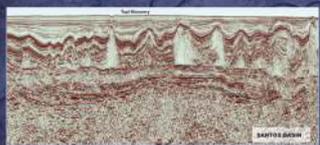
mação, que alcançaram notável desenvolvimento nessa atual década, tanto na quantidade de amostras coletadas quanto na qualidade de definição do fluido amostrado. Ele ressalta, ainda, a importância das ferramentas com capacidade de aumentar a definição da imagem obtida, especialmente em ambientes desfavoráveis como aqueles poços perfurados com fluidos sintéticos. “Datam dos anos 90 as ferramentas de resistividade 3D que permitem uma avaliação mais acurada dos reservatórios finamente laminados; ferramentas acústicas 3D que possibilitam calcular anisotropia 3D; e novas versões de ferramentas dielétricas que promovem leituras de resistividade confiáveis em rochas muito resistivas (acima de 1000 ohm.m)” acrescenta Carlos Beneduzi.

Na área da petrofísica laboratorial, uma tecnologia não-destrutiva emergente diz respeito à geração de modelos virtuais de rocha, sobre os quais as propriedades físicas podem ser simuladas sob uma infinidade de condições ambientais. “A microtomografia computadorizada de raios X (micro-CT) marca uma revolução na análise de testemunhos, gerando imagens tridimensionais do espaço poroso e identificando o conteúdo mineral a partir da determinação de várias propriedades físicas das rochas”, destaca Roseane Misságia.

Segundo José Agnelo Soares, nessa vertente, também conhecida como petrofísica computacional, baseada no imageamento tridimensional de amostras de rochas, as dimensões das células se encontram nas escalas dos micrômetros ou nanômetros. No entanto, para ele, ainda existem muitos desafios a superar, como, por exemplo, a questão da mudança de escala.



Integrated Geophysics... ... for Geological Solutions







MultiClient Seismic Data
Seismic Processing
Marine Seismic Acquisition
Gravity and Magnetic Services

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

FGMS Fugro Gravity & Magnetic Services
e-mail: lbraga@fugro.com
www.Fugro-GravMag.com

www.fugro.com.br

Aplicações da Física de Rochas na Exploração e Produção de Petróleo

Guilherme Vasquez, Júlio Justen e Márcio Morschbacher – Petrobras

O estudo das propriedades sísmicas de rochas em laboratório, através de modelos teóricos e, em alguns casos, a partir de relações empíricas recebe a denominação tradicional de Física de Rochas, herdada do inglês “*Rock Physics*”. Tal denominação é muito abrangente, sugerindo o estudo de qualquer propriedade física das rochas, razão pela qual eventualmente é confundida com a Petrofísica. A Física de Rochas, todavia, estuda as relações entre as propriedades físicas das rochas e as medidas ou quantidades geofísicas que são influenciadas por tais propriedades. Face à importância do método sísmico na exploração e no desenvolvimento de reservatórios, é grande o número de pesquisadores dedicados especificamente ao estudo das propriedades sísmicas das rochas, por vezes também chamado de Petrossísmica, ou “*Seismic Rock Physics*”. Independente da terminologia utilizada, este trabalho destaca o papel da Física de Rochas na tradução da manifestação das propriedades petrofísicas sobre a assinatura sísmica das rochas e vice-versa, através de alguns exemplos.

INTRODUÇÃO

Os primeiros trabalhos relacionados à aplicação da Física de Rochas na interpretação de dados sísmicos remetem às décadas de 40 e principalmente de 50. Na área experimental, pesquisadores como Wyllie et al. (1956), por exemplo, começavam a compreender como as velocidades sísmicas eram afetadas por parâmetros tais quais a porosidade, o tipo de fluido presente nos poros e até mesmo o tipo de rocha ou litologia. Data também dessas décadas o início das investigações teóricas das relações entre as propriedades petrofísicas e o comportamento sísmico das rochas, cujos maiores marcos se encontram nos trabalhos de Gassmann (1951) e Biot (1956).

No Brasil, a abordagem de obtenção de propriedades petrofísicas das rochas a partir de atributos extraídos dos dados sísmicos se iniciou na década de 70, com trabalhos como o de Rosa (1976). Ao final dos anos 80 surgiram os primeiros estudos laboratoriais de medidas de velocidades sísmicas em rochas realizados no Laboratório de Física de Rochas da Petrobras (Dillon & Oliveira, 1988), pioneiro no Brasil.

Diversas universidades vêm instalando infraestrutura para este tipo de trabalho experimental como, por exemplo, a Universidade Federal do Rio de Janeiro, a Universidade Estadual do Norte Fluminense, a Universidade de Brasília e a Universidade Federal de Campina Grande. Este aumento da massa crítica de pesquisadores brasileiros dedicados ao tema deve içá-lo a um novo patamar. O mesmo vem ocorrendo com laboratórios e grupos de pesquisa dedicados à área de Petrofísica.

Contudo qual é a finalidade de medir velocidades de rochas em laboratório, se é possível fazê-lo no campo? Tal per-

gunta, não é de toda infundada e já contém em si uma pista de sua resposta. Primeiramente, no laboratório é possível controlar todas as condições à qual a rocha é submetida e, inclusive, simular a situação física na qual ela se encontrava no campo. Além disso, é possível também a utilização de amostras das quais todas as propriedades petrofísicas foram medidas por outros métodos não destrutivos.

Resumidamente, as aplicações das medidas de velocidades em laboratório incluem:

- Calibração de perfis sísmicos;
- Calibração sísmica-poço;
- Correlação entre propriedades sísmicas e petrofísicas;
- Estudo e modelagem de diferentes cenários.

Este trabalho fornece alguns exemplos de aplicações da Física de Rochas.

CALIBRAÇÃO

Até o final da década de 70 os registros de perfis sísmicos de poços forneciam somente informações sobre as ondas compressoriais e os resultados de medidas de laboratório eram a única fonte de informação das velocidades de propagação das ondas cisalhantes e da razão de Poisson, indispensáveis para estudos de variações de amplitudes com distância à fonte (Tang & Cheng, 2004). Mesmo hoje, sob condições adversas, os registros de ondas cisalhantes em poços podem ficar seriamente comprometidos (Beneduzi, 2005), de modo que os resultados de laboratório representam uma forma segura de verificação da qualidade e de calibração dos perfis sísmicos.

Na Figura 1 é ilustrado um exemplo de verificação da qualidade de um perfil sísmico digital através do confronto de dados de laboratório e de perfis. O gráfico desta figura representa a relação entre as velocidades de propagação das ondas cisalhantes e compressoriais, registradas no perfil de um poço, com dados medidos em laboratório, em um intervalo correspondente a um carbonato albiano. É importante ressaltar que em ambos os tipos de dados foi necessária a estimativa das velocidades para saturação com água de formação, uma vez que o poço apresentava um contato óleo-água. Tal estimativa geralmente é realizada com auxílio das relações de Gassmann (1951). O alinhamento imperfeito dos dados de perfis é atribuído às incertezas da estimativa de saturação *in situ* devido ao reservatório particular e à ocorrência de um contato gradacional.

Outra verificação da representatividade e qualidade de dados de perfis é ilustrada na Figura 2, quanto à relação entre as velocidades compressoriais e a porosidade de um determinado reservatório. No gráfico desta figura são representados dados de velocidades de propagação das ondas compressoriais e porosidades registradas em cinco poços de uma área de interesse, junto a dados de laboratório medidos em rochas provenientes de quatro destes poços. Apesar do maior espalhamento dos dados de perfis, a correspondência entre as tendências é muito forte, sugerindo a validade da utilização da velocidade, ou da impedância, como indicativo direto da porosidade efetiva para este reservatório em particular.

ARTIGO TÉCNICO

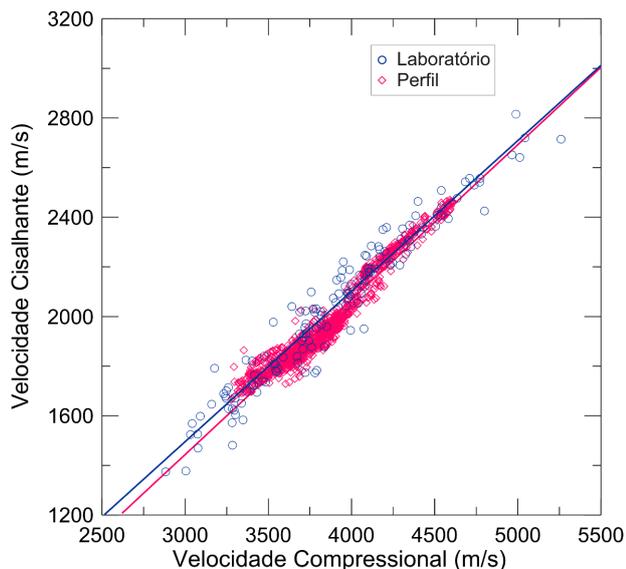


Figura 1 – Comparação das tendências de relações entre velocidades de propagação das ondas cisalhantes e compressoriais para um reservatório carbonático. Os dados de perfil (losangos vermelhos) apresentam uma relação praticamente idêntica à dos dados de laboratório (círculos azuis).

Estes exemplos não só validam os dados de poços, mas também atestam que houve uma boa amostragem para a coleta de dados de velocidades em laboratório, o que não necessariamente corresponde a uma amostragem exaustiva.

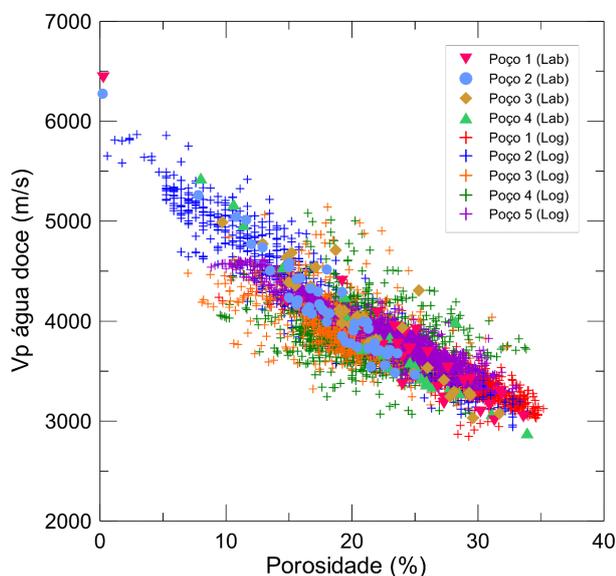


Figura 2 – Comparação entre as tendências velocidade-porosidade observadas em diversos poços que amostraram o reservatório. Os dados de perfis são representados por cruces e os de laboratório por diferentes símbolos, sendo uma cor correspondente a cada poço.

ESTUDOS DE VIABILIDADE TÉCNICA DO MONITORAMENTO SÍSMICO

Uma atividade comum da Física de Rochas é a realização de análises de viabilidade técnica do monitoramento sísmico da produção. É importante explicitar que a viabilidade técnica não envolve quaisquer análises relacionadas à logística, à viabilidade econômica nem tampouco ao valor da informação que se agregará ao conhecimento dos campos via um estudo de sísmica 4D.

A sísmica 4D pode ser vista, de forma simplificada, como a observação de diversas imagens de um mesmo campo obtidas em diferentes datas do seu histórico de produção. Supondo que não há alteração significativa nas rochas, o que diversas vezes é uma aproximação no mínimo razoável, pelo menos para as rochas que não compõem o reservatório, as mudanças observadas nas diferentes imagens sísmicas são consideradas devidas à mudança de fluidos ou estado de tensões relacionadas ao processo de produção.

A Figura 3 exemplifica como a mudança de temperatura pode alterar as velocidades sísmicas de um reservatório mesmo sem variação da saturação. Nesta figura são representados os dados de velocidade das ondas compressoriais medidas em uma amostra de rocha reservatório saturada com o óleo de um campo sujeito a processos de recuperação envolvendo a injeção de vapor e, eventualmente, água quente. A clara tendência de queda da velocidade compressional com o aumento da temperatura está associada ao incremento da compressibilidade do óleo. É interessante observar que o comportamento da velocidade acústica no óleo puro, também representado no gráfico, apresenta praticamente o mesmo gradiente que o da rocha.

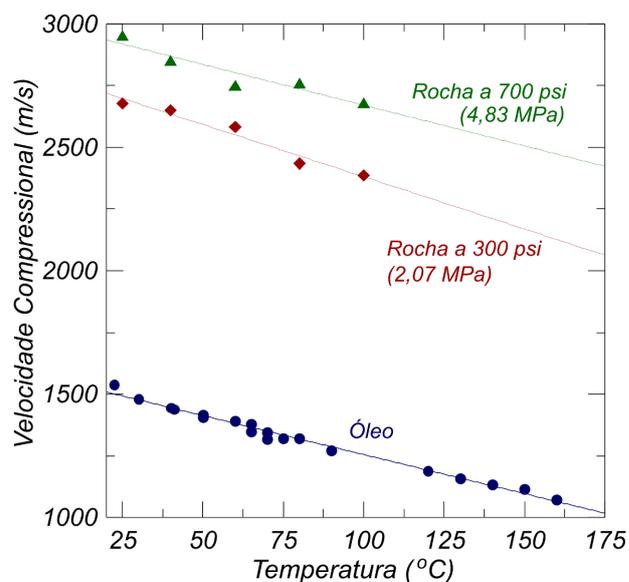


Figura 3 – Comportamento de uma rocha saturada com óleo em função da temperatura (triângulos verdes, a 4,83 MPa e losangos marrons, a 2,07 MPa) e do óleo puro (discos azuis). Modificada de Vasquez et al., 1999.

Durante a vida de um campo, a depender da estratégia de produção, além das variações de saturação ocorrem também mudanças na tensão efetiva à qual as rochas estão submetidas. A variação destes parâmetros altera as propriedades sísmicas do reservatório. Os efeitos das mudanças de saturação podem ser relativamente bem modelados com aplicação de Gassmann (1951). Entretanto, aqueles devidos à mudança da pressão de fluido devem ser avaliados em laboratório, pois cada reservatório apresenta uma sensibilidade particular à variação do estado de tensões e os modelos concebidos para este fim se ajustam a um número muito reduzido de casos.

Na Figura 4 é ilustrado um exemplo de comportamento das velocidades das ondas compressoriais e cisalhantes em um reservatório com a mudança de pressão e saturação. Geralmente, a velocidade compressional aumenta com a diminuição da compressibilidade do fluido.

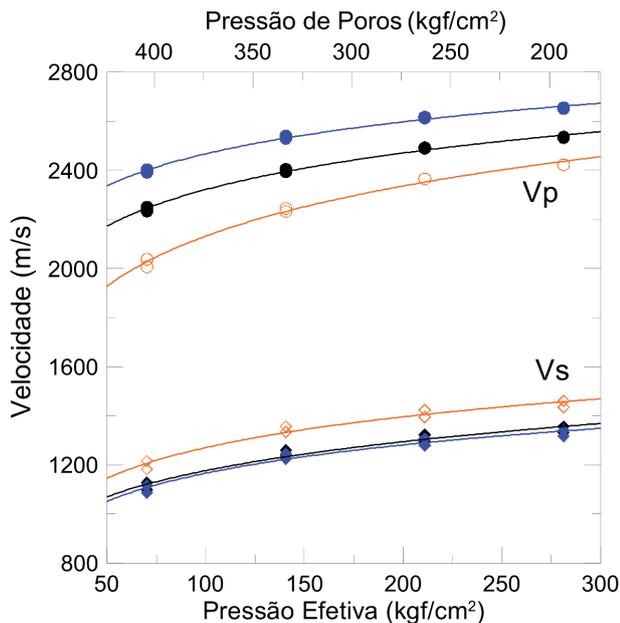


Figura 4 – Comportamento das velocidades sísmicas de uma rocha reservatório com a pressão para diferentes saturações: água e óleo residual (azul) fluido original (preto) e gás mais óleo residual (laranja). Modificado de Vasquez et al., 2005.

Os estudos de viabilidade da sísmica 4D também são indispensáveis durante a interpretação sísmica dos resultados. Um exemplo notável de monitoramento sísmico em reservatórios brasileiros é o do Campo de Marlim, na Bacia de Campos, cuja interpretação foi fortemente suportada por simulações de Física de Rochas com base em amostras, perfis e também nos resultados do modelo de fluxo. A Figura 5 ilustra um mapa de variação de propriedades de rocha da base do reservatório baseado na sísmica 4D.

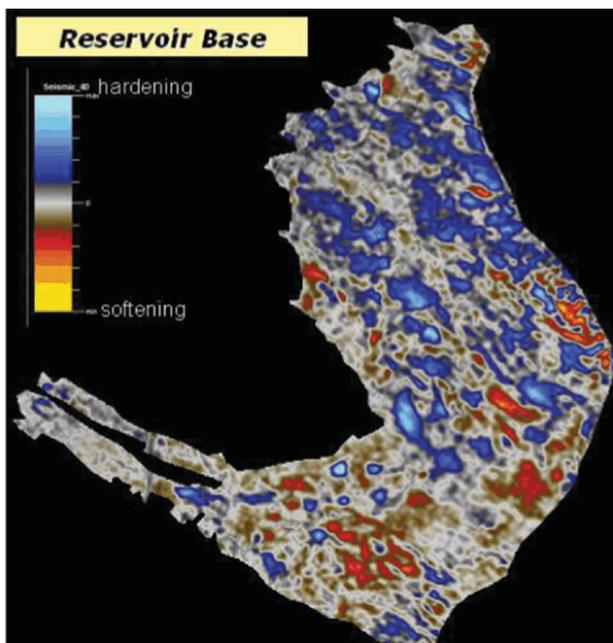


Figura 5 – Exemplo do resultado do monitoramento sísmico do Campo de Marlim, cuja interpretação foi fortemente suportada por análises de Física de Rochas. A área ocupada pelo campo é da ordem de 145 km². Modificado de Johann et al., 2009.

DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

A Física de Rochas é uma importante ferramenta de interpretação tanto na exploração quanto no desenvolvimento dos campos de petróleo. Como parte integrante do pro-

cesso de inversão, ela vem sendo incluída também no imageamento sísmico. Apesar dos progressos das investigações teóricas e de diferentes métodos de campo, as análises em laboratório são indispensáveis.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Petrobras pela permissão de divulgação deste trabalho e ao geofísico Carlos Eduardo Theodoro pela valiosa revisão. O estabelecimento do Laboratório de Física de Rochas no Centro de Pesquisas Leopoldo Américo Miguez de Mello (Cenpes), da Petrobras, é devido em grande parte aos esforços dos geofísicos Lúcia Dillon, Francisco Nepomuceno Filho e André Luiz Romanelli.

REFERÊNCIAS

- BENEDUZI CF. 2005. Response of the sonic dipole tool in low compacted rocks in vertical wells. In: 9th International Congress of the Brazilian Geophysical Society. Expanded Abstracts. Salvador, Brazil, 11-14 September 2005. CD-ROM.
- BIOT MA. 1956. Theory of Propagation of Elastic Waves in a Fluid Saturated Porous Solid. I. Low frequency range. & II. Higher frequency range. The Journal of the Acoustical Society of America, 28: 168-181.
- DILLON LD & OLIVEIRA VC. 1988. Equipamento para medição de velocidade de ondas P e S em plugs de testemunhos. In: 3^o Seminário de Geofísica da Petrobras. v. 1, p. 256-262. Nova Friburgo, Rio de Janeiro.
- GASSMANN F. 1951. Elasticity of porous media. In: PELISSIER MA, HOEBER H, VAN DE COEVERING N & JONES IF (Eds.). Classics of Elastic Wave Theory. Geophysics Reprint Series, no. 24, 389-407.
- JOHANN P, SANSONOWSKI R, OLIVEIRA R & BAMPI D. 2009. Petrobras 4D seismic in a heavy-oil, turbidite reservoir offshore Brazil. The Leading Edge, 28: 718-729.
- ROSA ALR. 1976. Extraction of elastic parameters using seismic reflection amplitude with offset variation. MSc. Thesis, University of Houston. 62 p.
- TANG XM & CHENG A. 2004. Quantitative Borehole Acoustic Methods. Elsevier, San Diego, USA. 255 p.
- VASQUEZ GF, SCHWEDERSKY NETO G, DILLON LD & AGUIAR FG. 1999. Viabilidade da Sísmica 4D em um Campo Terrestre Brasileiro: Enfoque de Rochas. In: 6th International Congress of the Brazilian Geophysical Society. Expanded Abstracts. Rio de Janeiro, Brazil, 15-19 August, 1999. CD-ROM.
- VASQUEZ GF, SANTOS MS, DILLON LD, SCHWEDERSKY NETO G & MARCONDES PEP. 2005. Time-Lapse Feasibility Analysis for a Brazilian Offshore Field: Target on Saturation and Pressure Changes Interpretation. In: 9th International Congress of the Brazilian Geophysical Society. Expanded Abstracts. Salvador, Brazil, 11-14 September, 2005. CD-ROM.
- WYLLIE MRJ, GREGORY AR & GARDNER LW. 1956. Elastic wave velocities in heterogeneous and porous media. Geophysics, 21: 41-70.

Atualize
seu cadastro
no site

www.sbgf.org.br

▶ **73rd EAGE Conference & Exhibition**

23 a 26 de maio - Viena - Áustria
 Informações: www.eage.org

▶ **I Simpósio de Geomagnetismo no Brasil:
 I Magnet Brazil**

5 a 10 de junho - Búzios - RJ
 Informações: www.on.br/magnetbrazil

▶ **Brasil Offshore 2011**

14 a 17 de junho - Macaé - RJ
 Informações: www.brasiloffshore.com

▶ **2011 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium**

24 a 29 de julho - Vancouver - Canadá
 Informações: <http://igarss11.org>

▶ **II Semana de Inverno de Geofísica**

25 a 29 de julho - Campinas - SP
 Informações: www.ime.unicamp.br/semanadeinverno

▶ **5^o Simpósio de Vulcanismo e Ambientes Associados**

1^o a 5 de agosto - Goiás - GO
 Informações: <http://sites.google.com/site/svulcan2011>

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

15 a 18 de agosto - Rio de Janeiro - RJ
 Informações: <http://congress.sbgf.org.br>

▶ **81st SEG Annual Meeting**

18 a 23 de setembro - Texas - EUA
 Informações: www.seg.org/am

▶ **Rio Pipeline Conference & Exposition 2011**

20 a 22 de setembro - Rio de Janeiro - RJ
 Informações: www.riopipeline.com.br

▶ **Gondwana 14**

25 a 30 de setembro - Búzios - RJ
 Informações: www.gondwana14.org

▶ **OTC Brasil 2011 - Conference and Exhibition**

4 a 6 de outubro - Rio de Janeiro - RJ
 Informações: www.otcbrasil.org

▶ **Argentina Oil & Gas Expo 2011**

10 a 13 de outubro - Buenos Aires - Argentina
 Informações: www.aog.com.ar

