

Redes Temáticas em Geociências

Edison José Milani | Gilmar Vital Bueno | Oscar Strohschoen Júnior | Marco Antônio Schreiner Moraes | Viviane Sampaio Santiago dos Santos | Ramsés Capilla | Ricardo Silva Nunes de Bragança | Anelise Friedrich | Cecília Cunha Lana | Alípio José Pereira

resumo

O conceito de “Rede Temática” originou-se em 2005 no âmbito do Centro de Pesquisas da Petrobras (Cenpes), aparecendo como solução técnico-administrativa para viabilizar a implementação de vultosos investimentos nas Instituições de Ciência e Tecnologia (ICTs) nacionais de maneira otimizada, tendo por foco os desafios tecnológicos da Petrobras e visando promover a sustentabilidade do processo de parceria indústria-academia.

À luz da legislação vigente (Resolução Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis - ANP 033/2005, publicada no Diário Oficial da União - DOU em 25/11/2005), as empresas concessionárias em Exploração e Produção no país que estiverem sujeitas à tributação de Participação Especial devem investir anualmente determinados montantes nas universidades brasileiras.

Como mecanismo de gestão de investimentos, num primeiro momento as Redes Temáticas Petrobras-Universidades buscaram uma superação das dificuldades inerentes às ICTs em termos de infraestrutura, patrocinando a implantação/atualização de laboratórios-chave aos processos demandados pelo setor petróleo. Ao mesmo tempo, num salutar e construtivo processo de parceria técnico-científica, Petrobras e instituições passaram a compartilhar a responsabilidade na busca de soluções para os desafios enfrentados pela Empresa via execução em parceria de projetos de pesquisa em temas relevantes aos interesses da Petrobras, nas suas diversas vertentes de atuação. O modelo de relacionamento via Redes Temáticas vive o seu sétimo ano, e já são perceptíveis os avanços obtidos e os ganhos para a ciência e a tecnologia no País.

Palavras-chave: Redes Temáticas em Geociências | investimentos em Pesquisa e Desenvolvimento | relacionamento Petrobras-Universidades

abstract

The “Thematic Network” concept originated in 2005 at the Centro de Pesquisas da Petrobras (Cenpes), and provides a technical and administrative solution that enables, in an optimized manner, the implementation of large investments in national Science and Technology Institutions, with a focus on the technological challenges of Petrobras and on the promotion of the sustainability of the industry-academia partnership process. In the light of the prevailing legislation (ANP Resolution 2005/033, published in the DOU November 25, 2005), those concessionary exploration and production companies in Brazil subject to Special Participation taxation, are required annually to invest a certain amount in Brazilian universities. As an investment management mechanism, initially the Petrobras - Universities Thematic Networks sought to overcome difficulties inherent in ICTs in terms of infrastructure, sponsoring the establishment/update of key laboratories demanded by the oil sector. At the same time, in a positive and constructive process of technical-scientific partnership, Petrobras and the institutions began to share responsibility in the search for solutions to the challenges faced by the Company, through the implementation of research project partnerships on themes relevant to the interests of Petrobras, in its various segments. The relationship via Thematic Networks model is now in its seventh year, and is already demonstrating it has achieved noticeable progress and gains for science and technology in the country.

(Expanded abstract available at the end of the paper).

Keywords: Geosciences Thematic Networks | Research and Development investments | Petrobras-Universities relationship

Sistema Tecnológico da Petrobras

A atuação da Petrobras em seus diversos processos da cadeia de valor no setor petróleo (“do poço ao posto”) inclui uma importante vertente de desenvolvimento tecnológico, fundamental ao alcance de seus objetivos empresariais. A busca de respostas para as diversas questões tecnológicas que se apresentam à Companhia tem sido direcionada ao Centro de Pesquisas da Petrobras (Cenpes) desde a criação deste órgão em 1963, e os resultados reiteradamente positivos obtidos pela Petrobras ao longo de sua trajetória empresarial se devem em grande parte ao investimento permanente em tecnologia e inovação.

Com equipe própria e instalações laboratoriais adequadas às necessidades da Companhia, funcionando na Ilha da Cidade Universitária da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) desde o início dos anos 1970, o Centro de Pesquisas e Desenvolvimento Leopoldo Américo Miguez de Mello têm provido soluções focadas nas demandas tecnológicas inerentes aos negócios da Petrobras: Exploração, Produção, Refino e Petroquímica, Transporte e Comercialização de petróleo e derivados estão representadas numa robusta carteira de projetos de pesquisa, cujo alinhamento às necessidades da Companhia é permanentemente monitorado e periodicamente ratificado pelos técnicos e executivos das áreas de negócio.

Este alinhamento do portfólio de projetos com os desafios tecnológicos que se apresentam à Companhia a cada momento, no âmbito do planejamento estratégico e do plano de negócios que regem sua atuação e direcionam seus investimentos, é garantido pelo Sistema Tecnológico da Petrobras (fig. 1), um processo de análise e decisão que envolve todos os segmentos da Empresa. A partir dos direcionadores gerais do seu Plano Estratégico – definidos pela alta direção da Companhia em articulação com o Governo Federal, é estabelecido um Plano de Negócios de âmbito quinquenal e são então alocados os recursos necessários à viabilização dos empreendimentos ali definidos.

O conjunto de premissas derivado de tais mecanismos de planejamento plurianual serve de insumo para a atuação de comitês tecnológicos, em três níveis: corporativo, instância onde são definidos os macrodirecionadores tecnológicos para o período que se inicia e são avaliados os resultados do ciclo anterior; o Comitê

Tecnológico Estratégico (CTE) que atua por segmento de negócio, desdobrando os direcionadores empresariais para cada uma das áreas da Companhia na forma de desafios tecnológicos específicos; e o Comitê Tecnológico Operacional (CTO), que, à luz da orientação emanada do Comitê Estratégico, consolida as demandas, define as prioridades e delega a carteira de projetos planejados ao Cenpes, que trata de sua execução.



Figura 1
O Sistema Tecnológico da Petrobras.

Figure 1
Petrobras Technological System.

Do portfólio consolidado de projetos, um subconjunto é realizado internamente ao Cenpes: ali desenvolvem-se os mais desafiadores, os de conteúdo sigiloso e que representem vantagem competitiva aos negócios da Petrobras e os que demandam instrumentação e conhecimento específicos, requisitos consolidados no Centro de Pesquisas durante décadas de atuação continuada em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D). Uma significativa parcela do portfólio de projetos de P&D da Petrobras é executada externamente, em parceria com empresas ou instituições de pesquisa, no Brasil e no exterior. As Redes Temáticas aparecem atualmente como um importante mecanismo de gestão dos projetos da carteira da Petrobras que são endereçados para execução no ambiente das instituições externas de pesquisa.

Redes Temáticas - conceito e implementação

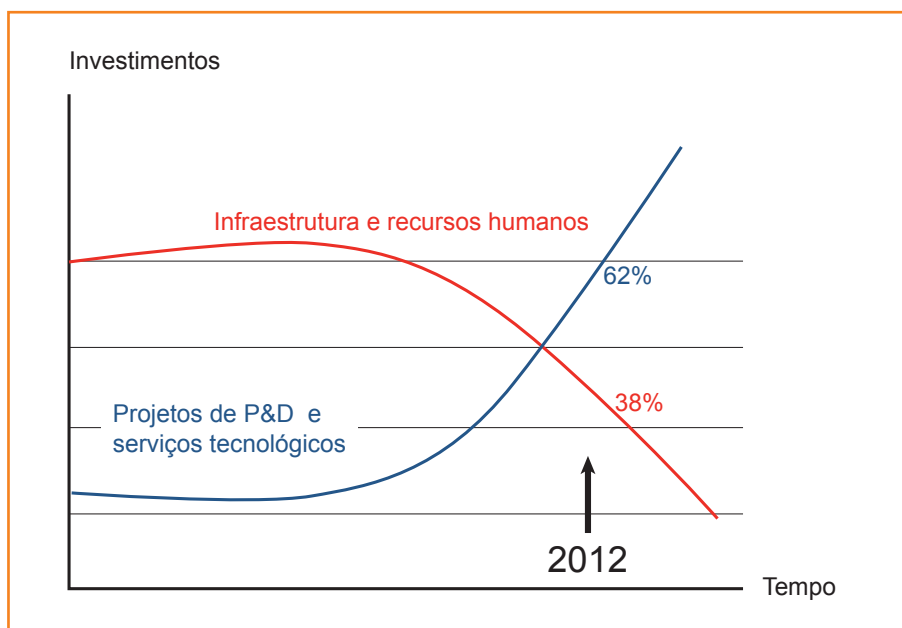
A Petrobras tem uma longa história de relacionamento com as universidades e instituições de pesquisa nacionais. A partir da publicação pela Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis da Resolução ANP 033/2005 e do Regulamento ANP 005/2005 – disciplinando a obrigatoriedade de investimentos em Pesquisa e Desenvolvimento nas Instituições de Ciência e Tecnologia (ICTs) nacionais pelas concessionárias de Exploração e Produção no País – implementou-se um ritmo mais intenso nas parcerias com as ICTs em função dos montantes financeiros envolvidos nessa obrigação contratual.

Informada pelo seu órgão tributário acerca dos novos patamares de valores de investimento obrigatório em P&D nas instituições nacionais implícitos no Regulamento 033/2005 da ANP – muito superiores aos praticados pela Petrobras até então – a Companhia direcionou ao Centro de Pesquisas a análise da questão e a proposição de um novo modelo de relacionamento com as ICTs.

O conceito de “Rede Temática” surgiu no final de 2005 no âmbito do Cenpes, e sua implementação foi aprovada pela Diretoria Executiva da Companhia no início de 2006. A Rede Temática pode ser definida como “associação Petrobras-Universidades em torno de questões científicas e tecnológicas de comum interesse”. O conceito inclui

Figura 2
Perfil de investimento das
Redes Temáticas ao longo
do tempo.

Figure 2
Thematic Networks
Investments profile
along the time.



a possibilidade de investimentos em infraestrutura nas Instituições de Ciência e Tecnologia quando necessários e a disponibilização de recursos para formação e/ou aperfeiçoamento de pessoal (fig. 2). Sob a perspectiva da Petrobras, o foco de atuação das redes é na Pesquisa e Desenvolvimento em temas considerados importantes para os processos conduzidos pela Companhia, e a base técnico-científica para cada tema reside nos nichos de conhecimento existentes nas ICTs nacionais.

As instituições foram então convidadas a associar-se à Petrobras em torno desse novo modelo de relacionamento, juntamente com fundações de apoio – estas para atuarem como intervenientes nos trâmites burocráticos e na movimentação financeira relativa aos projetos.

Operam atualmente 49 Redes Temáticas que envolvem 129 instituições brasileiras e cobrem o amplo espectro de atividades do setor petrolífero; este dinâmico processo de interação técnico-científica da Petrobras com a academia movimentou recursos da ordem de R\$3,85 bilhões no período 2006-2012. Desse total, as sete redes da área de Geociências administraram no mesmo período investimentos em torno de R\$350 milhões junto às universidades do país.

As redes foram estabelecidas e ancoradas, em sua grande maioria, nas áreas disciplinares de atuação das diversas gerências técnicas do Cenpes, onde estão seus gestores diretos. Realizou-se um amplo mapeamento de competências das universidades brasileiras, buscando-se identificar os núcleos de conhecimento específico e os pesquisadores de referência para os diversos temas. Nas Geociências, estabeleceram-se as redes de Estudos Geotectônicos (**Regeotec**), Sedimentologia e Estratigrafia (**Sedestrat**), Geoquímica (**Regeog**), Geofísica Aplicada (**Regeof**), Micropaleontologia Aplicada (**Repaleo**), Modelagem de Bacias (**Remob**) e Caracterização e Modelagem Geológica de Reservatórios (**Carmod**). A seguir, apresentam-se de maneira resumida as iniciativas mais relevantes de cada uma das Redes Temáticas em Geociências no tocante aos projetos de infraestrutura e de pesquisa dirigida; um conjunto de trabalhos completos preparados pelas universidades, ilustrativos de resultados já alcançados nos projetos de P&D suportados pelas redes em Geociências, constitui o corpo deste Boletim.

Rede de Estudos Geotectônicos (Regeotec)

A Regeotec tem como proposta de atuação o entendimento da estrutura crustal e litosférica do continente sul-americano, sua geocronologia e neotectônica; a origem e evolução de bacias sedimentares e sua dinâmica tectonossedimentar. Desenvolve prioritariamente projetos em escala regional – bacias sedimentares, províncias geológicas do Pré-Cambriano, grandes lineamentos tectônicos – e patrocina a implementação de infraestrutura adequada a este foco de atuação.

Gestores: José Guimarães Rizzo (2005), Edison José Milani (2006-2008), João Batista de Lellis Françolin (2009), Gilmar Vital Bueno (2010-).

Instituições: UFRN, UFMG, UnB, UFOP, UFF, UFRJ, UERJ, ON, INPE, Unesp, USP, Unicamp, UFPR, UFSC e UFRGS (fig 3).

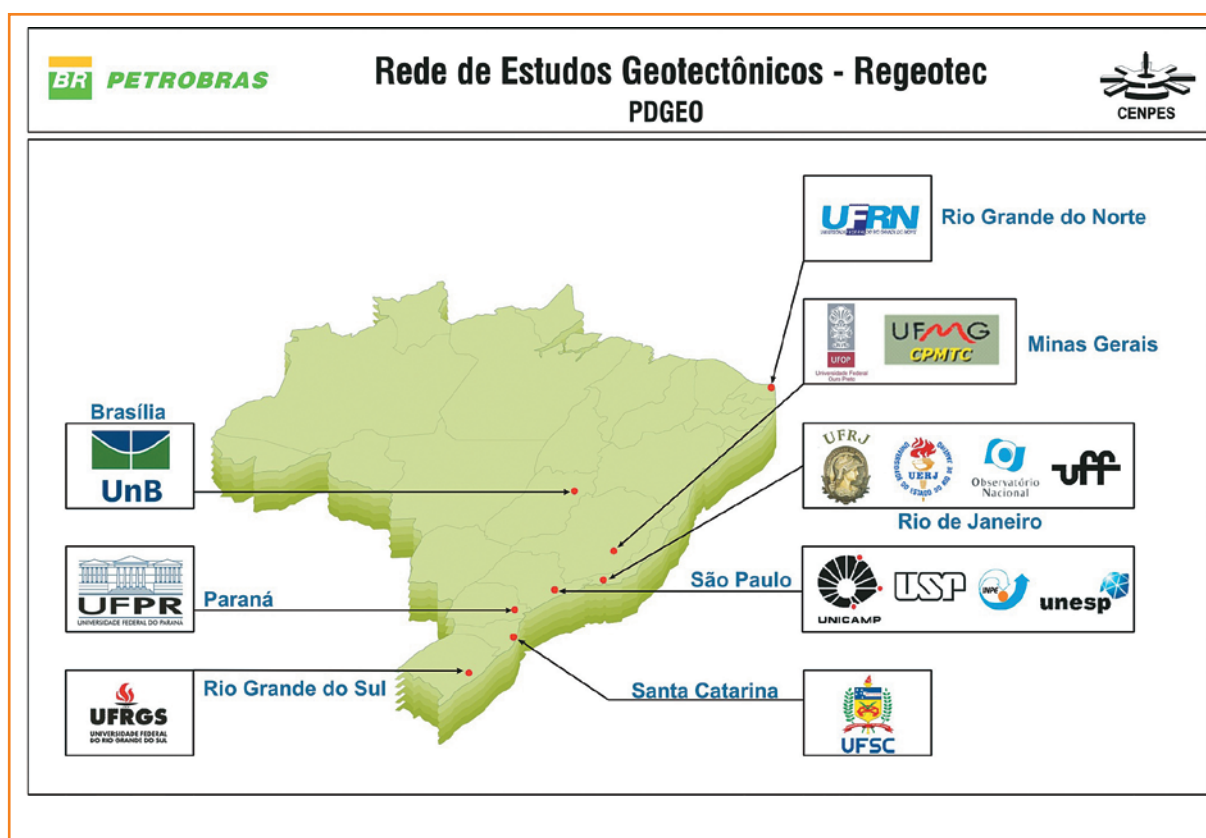


Figura 3 - Instituições participantes da Rede de Estudos Geotectônicos. | Figure 3 - Geotectonic Studies Network.

Infraestrutura

Rede Sismográfica e GNSS Brasileira (fig. 4). Infraestrutura composta por 60 estações sismográficas (fig. 5) instaladas e operadas setorizadamente pela USP na Região Centro-Sul (Coordenação: Prof. Marcelo Assumpção); UnB na Região Centro-Norte (Coordenação: Prof. George Sand); UFRN na Região Nordeste (Coordenação: Prof. Joaquim Mendes Ferreira) e Observatório Nacional na Região Costeira Sul-Sudeste (Coordenação: Prof. Sergio Luiz Fontes); e 90 estações *Global Navigation Satellite Systems* (GNSS) (fig. 6) instaladas e operadas pelo INPE

(Coordenação: Prof. Ícaro Vitorello). Esta infraestrutura visa propiciar à comunidade geocientífica nacional o necessário instrumental para a realização de pesquisas aplicadas que melhorem o conhecimento crustal-litosférico e o comportamento dinâmico da Placa Sul-Americana. Compõe, ainda, a infraestrutura que irá prover o país das séries históricas de dados imprescindíveis para a caracterização e o mapeamento do risco sísmico no território brasileiro. Foi implementado um comitê, constituído por representantes das instituições envolvidas, e que gerencia as premissas e os interesses desta atividade no âmbito do país.

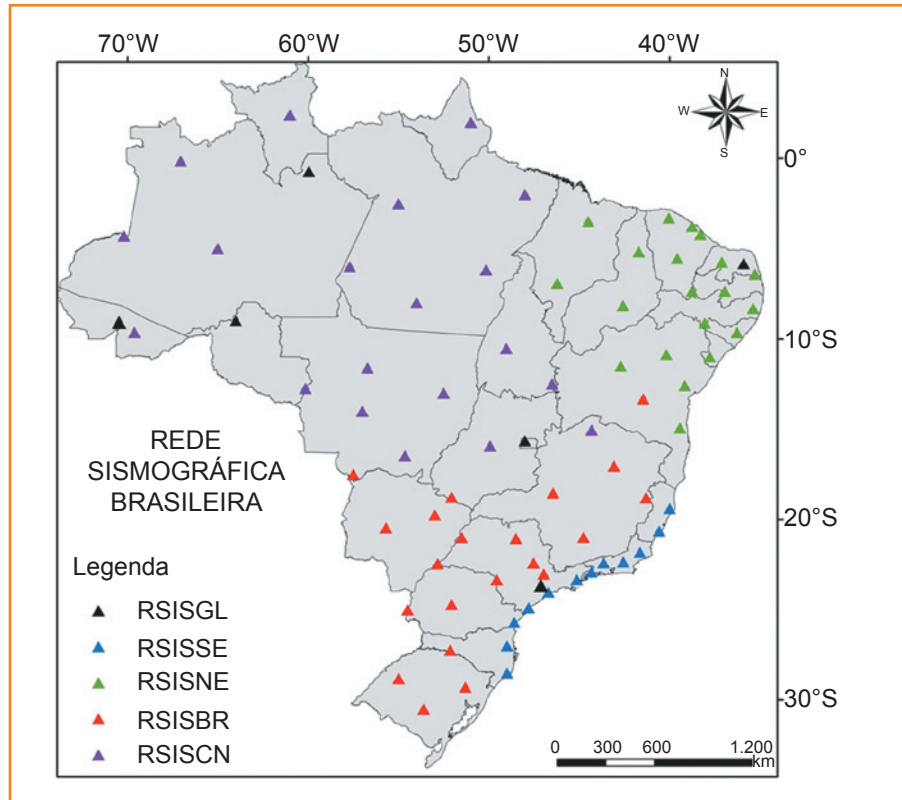


Figura 4
Mapa com a localização das estações sismográficas (representadas por triângulos). Cores indicam a região geográfica administrada por cada uma das quatro instituições que constituem a Rede Sismográfica Brasileira: UnB (lilás), USP (vermelho), UFRN (verde) e ON (azul). Em preto, aparecem as estações da Rede Sismográfica Global (USGS).

Figure 4
Situation map of the seismographic stations in the Brazilian territory, managed by UnB (purple), USP (red), UFRN (green) and ON (blue). Represented in black are the stations erected by the Global Seismographic Network (United States Geological Survey).

Figura 5
Instalações da estação sismográfica de Patos de Minas - MG, implantada pela USP. Em primeiro plano observa-se a cabine do registrador com painéis solares e atrás a estrutura que abriga o sensor sismográfico.

Figure 5
Patos de Minas - MG seismographic station.





Figura 6 - Estação GNSS instalada no INPE, São José dos Campos - SP. Esta servirá como padrão a ser replicado nos sítios escolhidos para abrigarem as demais estações no território brasileiro.

Figure 6 - Standard GNSS station at the National Institute of Space Research.

Laboratório de Microsonda Eletrônica no Instituto de Geociências da UFRJ. Recomposição da infraestrutura incluindo melhorias no espaço físico e aquisição de equipamentos (fig. 7), visando ampliar a capacitação da universidade na realização de pesquisas em Petrologia e Geotectônica – particularmente em efetuar análises quantitativas precisas da composição química de minerais e determinar sua origem, sendo aplicável no estudo da evolução tectônica de bacias sedimentares. Favorece também a realização de pesquisas em microtectônica de zonas de falha, no intuito de evidenciar seu comportamento como caminhos ou barreiras à migração de hidrocarbonetos. Este laboratório tem servido como fundamental apoio na realização de diversas dissertações e teses no âmbito da UFRJ e no apoio analítico a outras instituições em projetos de investigação geológica (Coordenação: Prof. Rudolph Allard Johannes Trouw).

Figura 7 - Laboratório da Microsonda Eletrônica no Departamento de Geologia da UFRJ, dedicado à atividade rotineira de análises da química quantitativa de minerais.

Figure 7 - Electron probe Microanalyser Laboratory at the Federal University of Rio de Janeiro.



Laboratório de Isótopos Estáveis no Departamento de Geologia da UFPR (fig. 8). Implantação de infraestrutura analítica com aquisição de espectrômetro de massa (Carbono e Oxigênio) e microtomógrafo,



Figura 8 - Espectrômetro de massa para Carbono e Oxigênio (à esquerda) e microtomógrafo (à direita) no Laboratório de Isótopos Estáveis da UFPR.

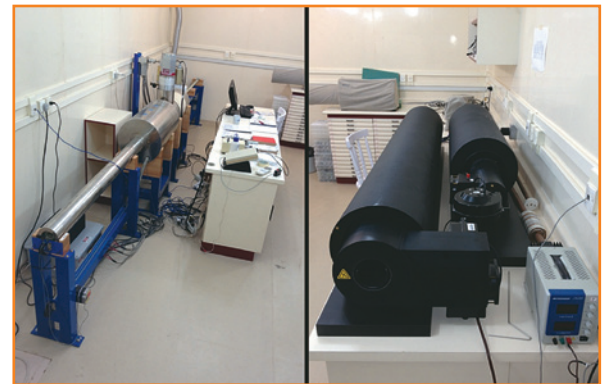
Figure 8 - Mass spectrometer for C and O (left) and microtomographer (right) operating at the Federal University of Paraná.

objetivando desenvolver o conhecimento avançado dos processos de brechação, dolomitização e dissolução de rochas carbonáticas, fenômenos muito comuns nas sucessões calcárias existentes tanto nas bacias sedimentares fanerozoicas brasileiras quanto em terrenos pré-cambrianos (Coordenação: Prof. José Manoel dos Reis Neto).

Laboratório de Paleomagnetismo do Instituto Astronômico e Geofísico da USP (fig. 9). Reconstituição de infraestrutura com a construção de sala magneticamente blindada e aquisição de instrumental para consolidar a atuação do IAG no campo dos ensaios paleomagnéticos, cujos resultados são dados fundamentais em estudos de reconstrução paleogeográfica; e para subsidiar investigações pioneiras no Brasil em magnetoestratigrafia, técnica de datação absoluta com potencial para estabelecer marcos estratigráficos temporais, de importante papel no entendimento da evolução de bacias sedimentares (Coordenação: Prof. Ricardo Ivan Ferreira da Trindade).

Figura 9 - Magnetômetro para análise de testemunhos (à esquerda) e forno paleomagnético (à direita) na sala magneticamente blindada do Laboratório de Paleomagnetismo da USP.

Figure 9 - Core magnetometer (left) and paleomagnetic heater (right) at Astronomy and Geophysics Institute of the University of São Paulo.



Laboratório de Espectrometria a Gás no Departamento de Geologia da Unesp (fig. 10). Implantação de infraestrutura pela aquisição de espectrômetro de massa (He/He), visando complementar a capacitação daquela universidade na realização de modelagens termocronológicas tanto em regiões de embasamento cristalino quanto em bacias sedimentares, com foco na história tectônica evolutiva e datação de eventos tectônicos (Coordenação: Prof. Peter Christian Hackspacher).



Figura 10 - Espectrômetro de massa (U-Th)/He no Laboratório de Geocronologia da Unesp.

Figure 10 - (U-Th)/He mass spectrometer at the São Paulo State University, Rio Claro Campus.

Laboratório de Geocronologia do Instituto de Geociências da UnB. Ampliação do espaço físico e aquisição de equipamento ICP-MS (figs. 11 e 12) visando capacitar aquela universidade na preparação de amostras e na realização de análises geocronológicas pelo método Ar-Ar, técnica altamente demandada pela indústria do petróleo para a datação absoluta de rochas ígneas e que, atualmente, só está disponível em alguns laboratórios no exterior (Coordenação: Prof. Elton Dantas).

Figura 11 - Desintegrador de amostras por descarga elétrica. Primeiro equipamento dessa natureza em atividade na América Latina, o mesmo possibilita a desagregação de rochas preservando a integridade mineral, o que eleva a confiabilidade dos resultados das análises de proveniência sedimentar e geocronológicas.

Figure 11 - High voltage pulse power fragmentation equipment for sample disaggregation. It preserves mineral integrity, allowing better provenance and geochronological analysis.



Figura 12 - ICP-MS do Laboratório de Geocronologia da UnB, operando para suporte ao método de datação Ar-Ar.

Figure 12 - Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometer at Brasília National University, supporting Ar-Ar rock age dating.

Pool de Equipamentos Geofísicos do Brasil - PEG-BR, sediado no Observatório Nacional - RJ. Implantação de infraestrutura pioneira, que constitui o primeiro empreendimento do gênero na América Latina (fig. 13). Visa disponibilizar à comunidade geocientífica nacional, de modo compartilhado, instrumentos de sismologia, gravimetria, geoeletricidade e geoposicionamento que viabilizam a execução de campanhas de aquisição de dados no campo, no intuito de detalhar e aprofundar o conhecimento da Geologia do Brasil.

Figura 13 - Almoxarifado onde ficam acondicionados os diversos instrumentos geofísicos do PEG-BR nas instalações do Observatório Nacional. Em primeiro plano, um sismômetro do conjunto de equipamento do Pool.

Figure 13 - Warehouse of geophysical instruments at the National Observatory, Rio de Janeiro.



O PEG-BR dispõe também de seis OBSs (sismômetros de fundo oceânico), que serão posicionados em locais específicos da margem continental brasileira (Coordenação: Prof. Darcy do Nascimento Junior).

Núcleo de Pesquisas Geológicas (NPG) do Departamento de Geociências da UFSC. Projeto de infraestrutura laboratorial que visa dotar a universidade dos meios adequados para a realização de pesquisas na área de Geologia do Petróleo. A UFSC abriu seu curso de graduação em Geologia no ano de 2010 respaldada pela tradição de pesquisa de seus docentes, e esta infraestrutura aparece para consolidar e ampliar este perfil de atuação da instituição (Coordenação: Prof. Breno Leitão Waichel).

Pesquisa e Desenvolvimento

Lineamento Transbrasiliano, origem, evolução e influência na sedimentação e estrutura de bacias fanerozoicas (fig. 14). O Lineamento Transbrasiliano é interpretado como sendo uma zona de sutura mesoproterozoica de blocos crustais antigos, com recorrente atividade durante o Fanerozoico. O estudo objetiva refinar o conhecimento do controle desta importante feição da Geologia brasileira tanto na estruturação do embasamento Pré-Cambriano quanto na evolução fanerozoica das bacias do Paraná e do Parnaíba, com foco na investigação da presença de feições estruturais – potenciais trapas petrolíferas – nas áreas sob a influência do lineamento (UnB, Coordenação: Prof. Reinhardt A. Fuck).

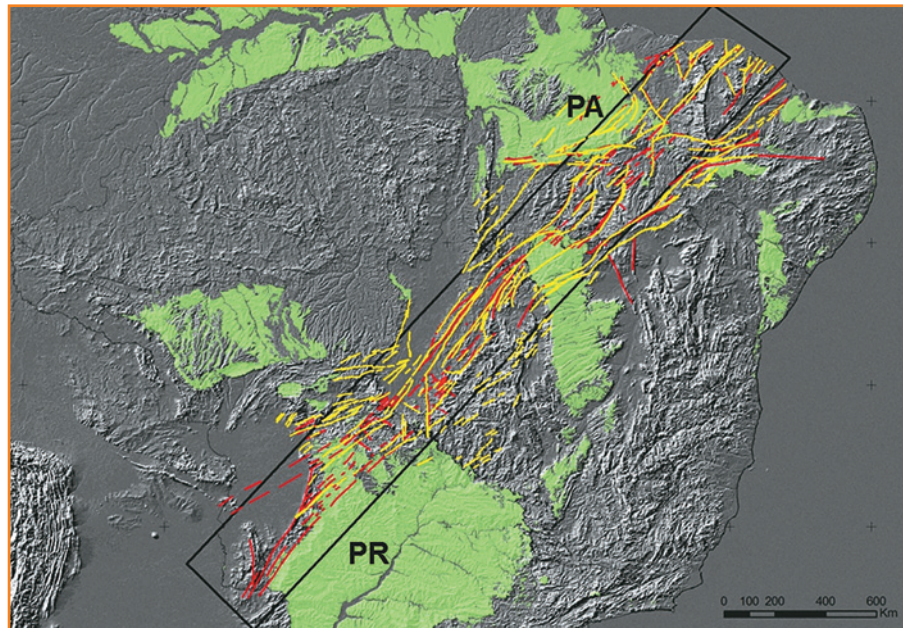


Figura 14

Região do território brasileiro que constitui o domínio geotectônico do Lineamento Transbrasiliano. PB - Bacia do Parnaíba e PR - Bacia do Paraná.

Figure 14

Geotectonic domain under the influence of the Transbrasiliano Lineament. PB - Parnaiba Basin, PR - Paraná Basin.

Feixe de Lineamentos Colatina (fig. 15). Por meio do levantamento detalhado no campo, o trabalho determinou a natureza cinemática e dinâmica e a cronologia deste notável elemento tectônico da margem leste brasileira, evidenciando uma atividade predominantemente distensional seguida por transcorrência dextral em tempos pós-cretácicos. Estas observações servem como subsídios para um entendimento do papel deste

lineamento na evolução tectonossedimentar das bacias de Campos e do Espírito Santo (UFOP, Coordenação: Prof. Fernando Flecha de Alkmim e UFMG, Coordenação: Prof. Antonio Carlos Pedrosa Soares).

Figura 15 - As estruturas que compõem o Feixe de Lineamentos Colatina apresentam direção dominante N15°W e frequentemente estão preenchidas por diques de diabásio.

Figure 15 - Diabase dike along the structural framework of the Colatina lineament.



Falhas, campos de esforços e fluxo de fluidos (fig. 16). Tendo por objeto de pesquisa o Lineamento de Lancinha, esta investigação visa uma integração multiescalar dos fenômenos observados nos terrenos pré-cambrianos afetados pela feição e seus efeitos na estruturação da Bacia do Paraná (UFPR, Coordenação: Prof. Alberto Pio Fiori).



Figura 16 - Estrias horizontais em falha normal no embasamento Paranaense evidenciando uma variação no campo de esforços ao longo do tempo geológico.

Figure 16 - Horizontal slickensides on an originally normal fault surface, evidencing changes in the stress field during the time.

Rochas mantélicas do Arquipélago São Pedro e São Paulo (fig. 17). Estas ilhotas, localizadas na intersecção da zona de fratura de São Paulo com a cordilheira mesoatlântica, constituem uma singularidade no Oceano Atlântico posto que ali afloram rochas do manto, cisalhadas e soerguidas desde a planície abissal. Por meio de detalhamento estrutural e petrológico, o projeto tem por objetivo elaborar um modelo evolutivo deste arquipélago no domínio oceânico profundo do Atlântico Equatorial (UFF, Coordenação: Profa. Susanna Sichel).

Figura 17

Situado na Região Central do Oceano Atlântico Equatorial, o Arquipélago São Pedro e São Paulo é predominantemente constituído por rochas mantélicas, constituindo uma singularidade no contexto desta margem transformante. a) África e b) Brasil.

Figure 17

Saint Peter and Saint Paul Rocky Islets situated in the transform domain of the Equatorial Atlantic Ocean.



Termocronologia de baixa temperatura e reconstrução cinemática na margem continental do Sudeste Brasileiro ao longo do Lineamento Capricórnio e da Zona de Transtensão de Volta Redonda (fig. 18). Estudo pretende alcançar uma caracterização cinemática e cronológica de falhas de transferência aflorantes na margem continental do Sudeste Brasileiro, para subsidiar a interpretação de sua continuidade na Bacia de Santos, onde tais lineamentos têm marcante expressão geofísica (Unesp, Coordenação: Prof. Peter Christian Peter Hackspacher).



Figura 18

Em vermelho, destaque para as áreas da Região Sudeste onde ocorrem manifestações de extensas estruturas de direção noroeste conhecidas como Lineamento Capricórnio (LC) e Zona de Transtensão de Volta Redonda (VR).

Figure 18

Continental topography along SE Brazilian margin. Red Lineaments correspond to Capricornio (LC) and Volta Redonda Transtensional Zone (VR).

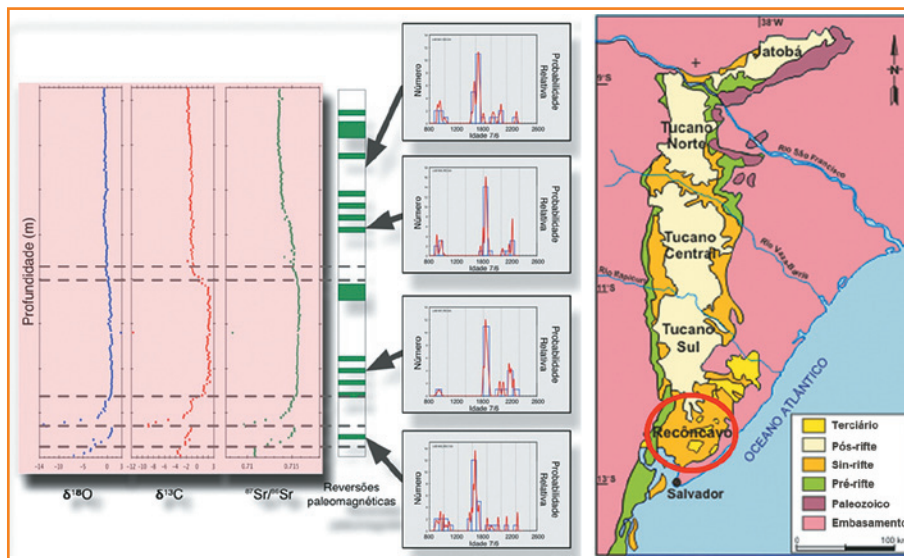
Calibração isotópica de alta resolução de eventos tectonoestratigráficos de bacias sedimentares (fig. 19). Projeto visa desenvolver e calibrar técnicas analíticas de geocronologia absoluta e geologia isotópica aplicadas a eventos tectônicos e a horizontes estratigráficos específicos, como forma de aprimorar o conhecimento de bacias sedimentares e gerenciar adequadamente os riscos geológicos implícitos no processo exploratório (UnB, Coordenação: Prof. Roberto Ventura Santos).

Figura 19

Estudo integrado de ferramentas geocronológicas e isotópicas aplicado à Bacia do Recôncavo.

Figure 19

Integrated geochronological and isotopic study applied to the Recôncavo Basin.



Neotectônica do Brasil (fig. 20). Projeto multi-institucional que visa compilar mapa em base digital georreferenciada representando o estado da arte do conhecimento do cenário deformacional neotectônico do território brasileiro (Unesp, Coordenação: Prof. Norberto Moraes).

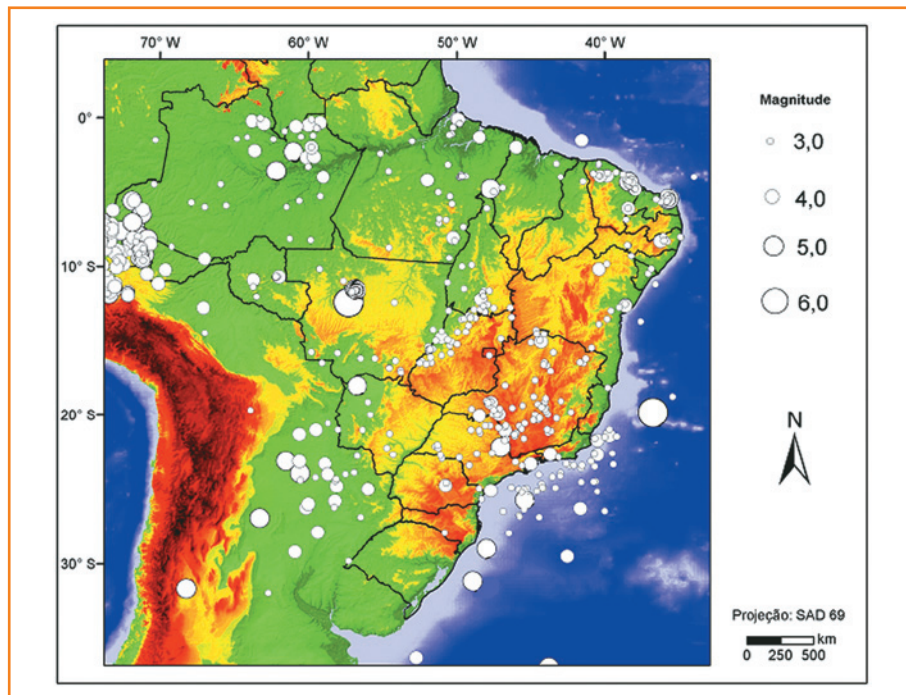


Figura 20

Mapa do registro da atividade sísmica no território nacional, informação-base para o desenvolvimento do Mapa Neotectônico do Brasil.

Figure 20

Seismicity map of the country, a basis for the compilation of the Neotectonic Map of Brazil.

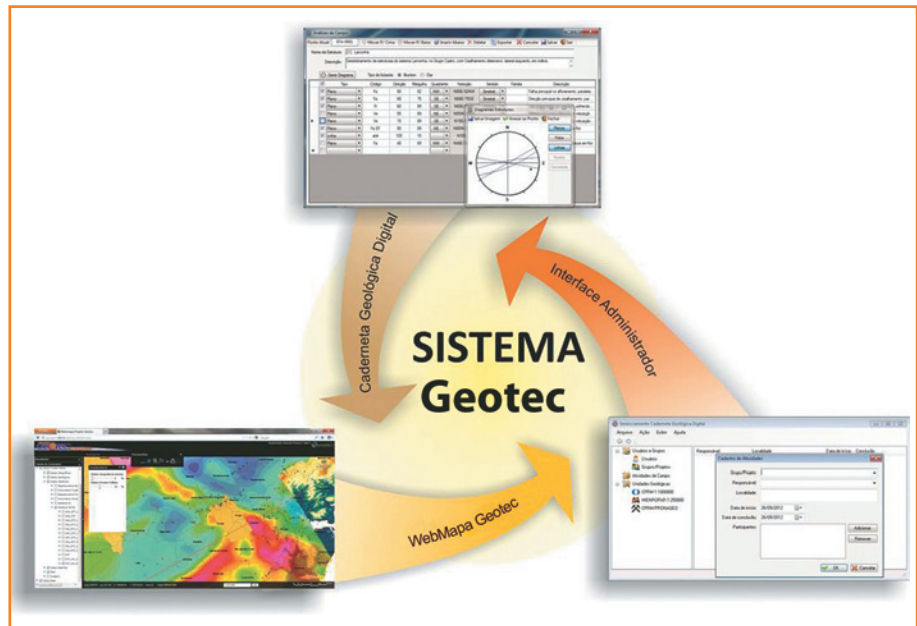
Sistema Geotec (fig. 21): desenvolvimento de geotecnologias para armazenamento, acesso e integração de dados geológicos georreferenciados dos projetos de pesquisa da rede. Possui três interfaces de trabalho: Caderneta Geológica Digital, para entrada padronizada de dados de campo e laboratório, possibilitando a transmissão e sincronização segura de dados a um servidor central, via conexão por internet; Interface Administrador, para apoiar a coordenação de equipes de pesquisa e geração de relatórios; e WebMapa, interface web personalizada, que permite a visualização das informações, operações de consulta, edição, análise e construção automatizada de mapas integrados aos dados da Caderneta Geológica Digital (UFPR, Coordenação Prof. Claudinei Taborda da Silveira).

Figura 21

Tripé de ferramentas que suportam o Sistema Geotec - Caderneta Geológica Digital; Interface Administrador e WebMapa, desenvolvidas para armazenar, integrar e gerenciar dados geológicos de projetos de pesquisa da Rede de Estudos Geotectônicos.

Figure 21

Geoscientific tools supporting the research activities of the Geotectonic Studies Network teams.



Rede de Sedimentologia e Estratigrafia (Sedestrat)

A Rede Sedestrat promove pesquisas em Sedimentologia e Estratigrafia e tem como objetivos complementar as investigações da Petrobras nessas áreas do conhecimento, promovendo e articulando o desenvolvimento de projetos com as universidades brasileiras; formar e capacitar equipes de pesquisa e fomentar o intercâmbio de pesquisadores, projetos e resultados entre as instituições participantes, patrocinando a implementação da infraestrutura necessária a sua área de atuação. As principais linhas de pesquisa da Rede Sedestrat são a caracterização estratigráfica e sedimentológica das bacias brasileiras; estudos da Geologia do recente; estudos de sistemas porosos; reservatórios não convencionais; argilominerais; proveniência de arenitos, e estudo de afloramentos análogos visando a parametrização de elementos arquiteturais e reconhecimento das superfícies-chave e heterogeneidades deposicionais e diagenéticas.

Gestores: Maria Dolores de Carvalho (2005-2008), Marco Antonio Schreiner Moraes (2009), Viviane Sampaio Santiago dos Santos (2009-).

Instituições: UFAM, UFRN, UFPE, UnB, PUC-RJ, UFRJ, UERJ, UFF, Cetem, USP, Unesp, UFPR, UEL, UFSC, UFRGS e Unisinos (fig. 22).

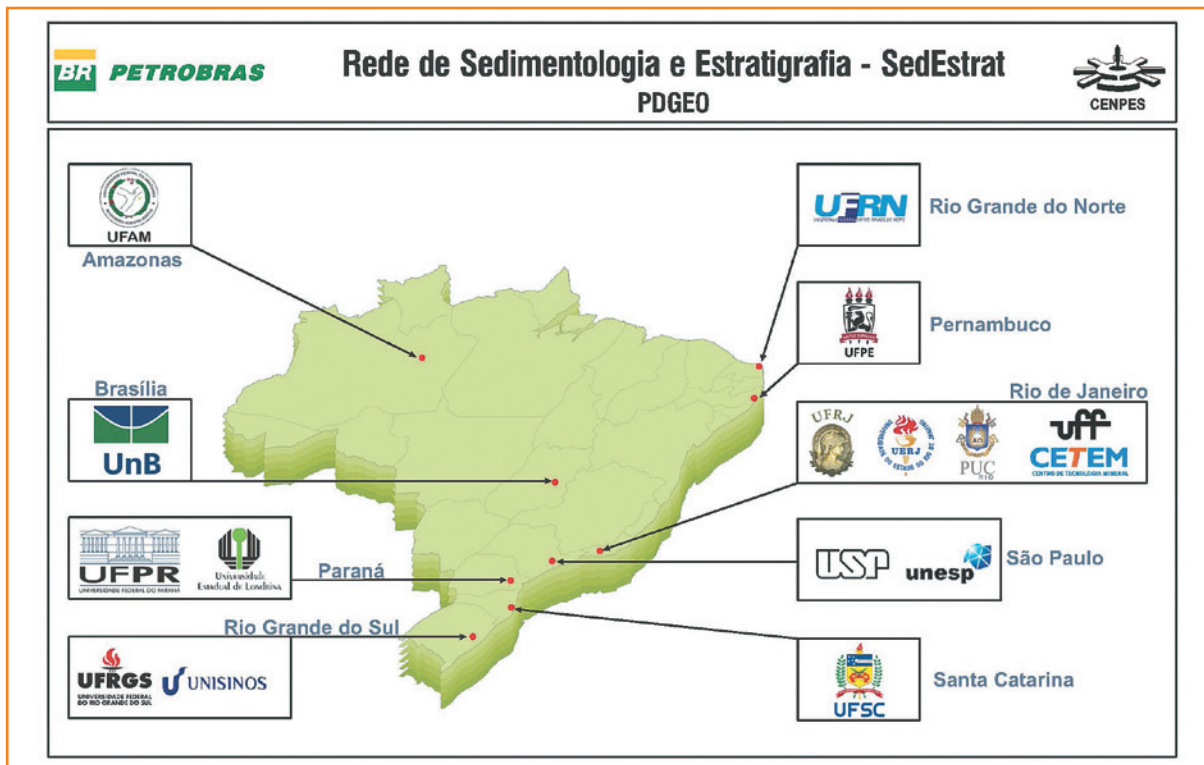


Figura 22 - Instituições participantes da Rede de Sedimentologia e Estratigrafia.

Figure 22 - Sedimentology and Stratigraphy Network.

Infraestrutura

Laboratório de Geologia Sedimentar da UFRJ. O projeto Lagesed (fig. 23) objetiva aumentar a capacidade analítica e operacional dos Laboratórios de Sedimentologia e Petrologia e de Petrofísica. Recebeu

recursos de infraestrutura, com os quais reformou as salas de Petrologia Sedimentar e de Sedimentologia Analítica. Juntamente com as reformas, o laboratório foi equipado com o que há de melhor em termos de microscopia petrográfica (luz polarizada, refletida, fluorescente e imageamento), análises granulométricas (analisadores por RX e laser) e caracterização do espaço poroso por técnica de microtomografia de RX. Tais ganhos em termos de melhoria de espaço físico e de equipamentos permitiram avançar em estudos de rochas carbonáticas microbiais, através de projetos de P&D, trabalhos de conclusão de curso de graduação, dissertações de mestrado e teses de doutorado. Ressaltam-se também as parcerias de caracterização geológica de reservatórios carbonáticos, estabelecidas com as universidades britânicas Heriot Watt e Edimburgo, e o estudo de carbonatos continentais com a Universidade Complutense de Madrid (Espanha). Outro aspecto importante é o apoio do Lagesed a estudos acadêmicos de Petrologia Ígnea e de Paleontologia de Vertebrados através da microtomografia (Coordenação: Prof. Leonardo F. Borghi de Almeida).



Figura 23 - a) Microtomógrafo Sky Scan 1173; b) microscópios do Laboratório de Petrologia Sedimentar e c) analisador de partículas por RX – Sedigraf do Laboratório de Geologia Sedimentar da UFRJ - Lagesed.

Figure 23 - a) Microscanner Sky Scan 1173; b) microscopes of the Sedimentary Petrology Laboratory and c) XR particle analyser Sedigraf of the Sedimentary Geology Laboratory of the Federal University of Rio de Janeiro.

Laboratório de Meios Porosos e Propriedades Termofísicas (LMPT) da UFSC. Projeto de infraestrutura para a implantação do laboratório (fig. 24). O projeto contribuiu para o desenvolvimento de pesquisa nas áreas de caracterização multiescala de sistemas porosos das rochas-reservatório e visualização quantitativa de processos de

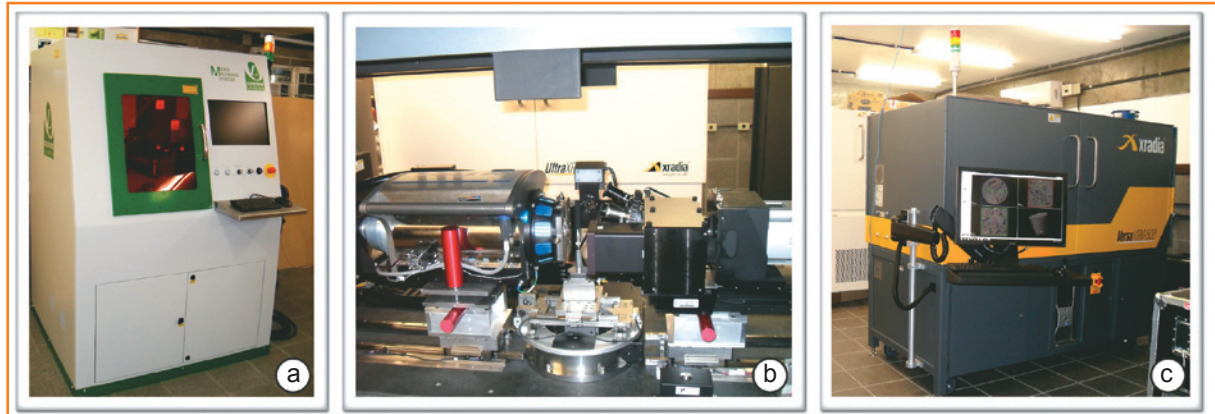


Figura 24 - a) Equipamento de ablação a *Laser* para preparo de amostras para nanotomografia de raios X; b) visão interna do equipamento microtomógrafo de raios X - VersaXRM-500, X-Radia e c) microtomógrafo de raios X do Laboratório de Tomografia Multiescalar do LMPT/UFSC.

Figure 24 - a) Laser ablation equipment that provides samples prepared for X-ray nanotomography; b) internal view of the X-ray microscanner – VersaXRM-500, X-Radia and c) X-ray microscanner of the Multi-scale Tomography Lab of the Federal University of Santa Catarina.

interação rocha-fluido. O sistema de tomografia computadorizada é composto por dois equipamentos X-Radia; um microtomógrafo de raios X (VersaXRM-500) e um nanotomógrafo (UltraXRM). O laboratório assume grande importância no cenário de P&D no Brasil, viabilizando a caracterização de sistemas com múltiplas porosidades a partir de imagens 3D com resoluções espaciais desde 50µm até 50nm. A primeira utilização deste laboratório será no escopo do projeto UFSC-Petrobras “reservatórios não convencionais”, visando a caracterização de amostras de carbonatos, folhelhos e areias de baixa permeabilidade portadoras de gás (Coordenação: Prof. Celso Peres Fernandes).

Laboratórios de Difração de raios X (DRX), Micropaleontologia, Mineralogia Aplicada, Laminação e Geoquímica da UnB. Projeto de infraestrutura dedicado às Geociências (fig. 25), visando ampliar e modernizar os Laboratórios de Difração de raios X (DRX), Micropaleontologia, Mineralogia Aplicada, Laminação e Geoquímica, de forma a adequar as análises laboratoriais às novas tecnologias, atender demandas de P&D e, juntamente com as demais instituições, formar um *pool* integrado de laboratórios capaz de suportar pesquisas matriciais nas áreas de Sedimentologia e Estratigrafia. O projeto contribuiu significativamente para a ampliação da capacidade analítica do Departamento de Geociências da UnB, que conta agora com uma infraestrutura completa nesses laboratórios para desenvolver pesquisas e promover a formação de recursos humanos (Coordenação: Prof. Carlos Jose Souza de Alvarenga).



Figura 25 - a) Laminadora automática Astera; b) Espectrômetro de fluorescência de raios X (Rigaku) e c) Difrátômetro de raios X (Rigaku) nos laboratórios do Instituto de Geociências da UnB.

Figure 25 - a) Automatic equipment for thin section preparation (Astera); b) X-ray fluorescence spectrometer and c) X-ray diffractometer (Rigaku) at Brasília National University.

Centro de Excelência em Petrologia Carbonática Aplicada à Indústria do Petróleo (Unespetro) da Unesp (fig. 26). O projeto teve como objetivo estabelecer condições físicas e instrumentais que assegurem



Figura 26 - Prédio do Unespetro - Centro de Excelência em Petrologia Carbonática Aplicada, inaugurado em 23/11/2010. a) Vista externa; b) vista interna do prédio e c) Laboratório de Petrografia.

Figure 26 - Unespetro building - Excellency Centre in Applied Carbonate Rock Petrology, founded on 23/11/2010. a) Outside view; b) inside view and c) Petrography Laboratory.

a realização de projetos de P&D e de capacitação em petrologia carbonática, visando a investigação de rochas, sistemas e seqüências carbonáticas nas bacias sedimentares brasileiras. Reúne num espaço de 2.000m² instalações para o desenvolvimento de pesquisa e atividades de educação. Está preparado para congrega geocientistas de diferentes áreas (estratígrafos, sedimentólogos, geofísicos, micropaleontólogos, estruturalistas), em estímulo à integração do conhecimento (Coordenação: Prof. Dimas Dias-Brito).

Laboratório do Núcleo de Estratigrafia Aplicada (NEAP) da Unisinos (fig. 27). O projeto teve como objetivo adequar as análises laboratoriais às novas tecnologias, bem como atender às demandas de projetos de Pesquisa e Desenvolvimento nas áreas de interpretação e modelagem estratigráfica e de reservatórios. Através da implantação de um núcleo de interpretação e modelagem, permitirá realização de pesquisas nas seguintes áreas: análise regional e estratigráfica de potenciais reservatórios através de interpretação de seções sísmicas; modelagem geológica e sísmica visando a caracterização e parametrização multiescalar de corpos sedimentares (escala exploratória e de reservatórios); modelagem volumétrica de reservatórios; definição da arquitetura externa de reservatórios através da inversão e mapeamento de dados de resistividade (Coordenação: Prof. Ubiratan Ferrucio Faccini).

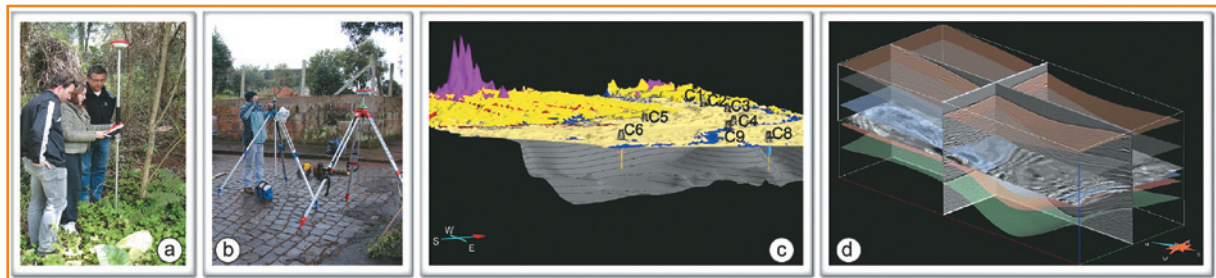


Figura 27 - a) e b) Sequência de imagens mostrando: a aquisição de dados no campo; c) e d) os produtos computacionais gerados a partir desses levantamentos, pelo Laboratório do Núcleo de Estratigrafia Aplicada (NEAP) da Unisinos.

Figure 27 - a) and b) Data acquisition in the field; c) and d) resultant products by the Laboratory of Applied Stratigraphy at Vale do Rio dos Sinos University.

Laboratório de Modelagem Numérica e Gráfica em Sedimentologia e Estratigrafia no Tecgraf, PUC-RJ. Projeto de infraestrutura (fig. 28) que visa adequar e atualizar os recursos laboratoriais



Figura 28 - a) e b) espaço físico com área total de 542m²; c) e d) cluster de computação científica e visualização do Laboratório de Modelagem Numérica e Gráfica em Sedimentologia e Estratigrafia no Tecgraf / PUC-RJ.

Figure 28 - a) and b) offices with total area of 542m²; c) and d) cluster of scientific computing and visualisation of the Numerical and Graphic Modelling in Sedimentology and Stratigraphy Laboratory at Catholic Pontifical University of Rio de Janeiro.

existentes às demandas de simulação numérica e gráfica de processos sedimentares. Destacam-se nesse projeto a expansão do espaço físico e a atualização dos equipamentos, objetivando o uso de grade de computadores, colaboração à distância e visualização 3D de alta resolução, além da adaptação e atualização dos *softwares* existentes e o desenvolvimento de novas ferramentas (Coordenação: Prof. Luiz Fernando Martha).

Laboratório Analítico Avançado para Rochas Calcárias - Labocal/UFPR (fig. 29). O projeto capacitou o Laboratório de Minerais e Rochas (Lamir) da UFPR para a execução de análises de minerais e rochas em geral. Modernas técnicas analíticas estão disponíveis para as empresas de mineração, bem como para as operadoras da área de petróleo. Essa realidade pode ser compreendida pela demanda analítica por cerca de 300 empresas de todo o Brasil, e pelas inúmeras análises realizadas para alunos de graduação, pós-graduação e professores de instituições de ensino e pesquisa de todo o Brasil (Coordenação: Prof. José Manoel dos Reis Neto).



Figura 29 - a) Microscópio eletrônico de varredura (MEV) JEOL 6010 LA; b) visão interna do prédio do Labocal na UFPR e c) sistema de catodoluminescência.

Figure 29 - a) Scanning electron microscope (SEM) JEOL 6010 LA; b) internal view of the Carbonate Rocks Analytical Laboratory and c) cathodoluminescence system. Federal University of Paraná.

Pesquisa e Desenvolvimento

Detalhamento estratigráfico do Neoproterozoico da Bacia do São Francisco. O projeto teve como objetivo a integração de dados sedimentológicos, bioestratigráficos e quimioestratigráficos visando aprimorar o conhecimento da bacia (fig. 30). Foi realizada uma revisão atualizada e integrada da estratigrafia da bacia ao longo da Serra de São Domingos (Grupos Bambuí e Paranoá), que teve como foco de trabalho a análise tectonoestratigráficos das sucessões aflorantes, incluindo uma tentativa de estabelecer a equivalência dessas rochas com os dados de subsuperfície publicados (sísmica e poços 1-RC-1-GO e 1-RF-1-MG). Descrições petrográficas foram feitas em alguns intervalos com o intuito de avaliar as litologias e os intervalos de maior potencial como reservatório. A identificação de minerais de argila teve como meta avaliar mudanças de áreas-fonte ao longo da estratigrafia. Determinações dos isótopos $\delta^{13}C$, $\delta^{18}O$ e $87Sr/86Sr$ foram utilizadas, por se tratar de uma importante ferramenta no estabelecimento das correlações estratigráficas. Estudos paleontológicos e palinológicos foram feitos na tentativa de ampliar as escassas informações existentes. Estes resultados foram importantes na

qualificação de potenciais rochas-reservatório e intervalos geradores de petróleo na seção neoproterozoica da Bacia do São Francisco. Durante esse projeto foram realizadas duas dissertações de mestrado e apresentados três trabalhos no 46º Congresso Brasileiro de Geologia, Santos-SP; dois trabalhos no 44º Congresso Brasileiro de Geologia, Curitiba-PR e um trabalho no 12º Simpósio de Geologia do Centro-Oeste em Pirenópolis-GO. Três trabalhos foram apresentados em fóruns internacionais: Fermor Meeting of the Geological Society, The Neoproterozoic Era: Evolution, Glaciation, Oxygenation - Geological Society of London, Londres, Inglaterra, 2012.; Conference of Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics, Novosibirsk, Sibéria, Rússia, 2011 e 18th International Sedimentological Congress - IAS, Mendoza, Argentina, 2010 (UnB, Coordenação: Prof. Carlos Jose Souza de Alvarenga).

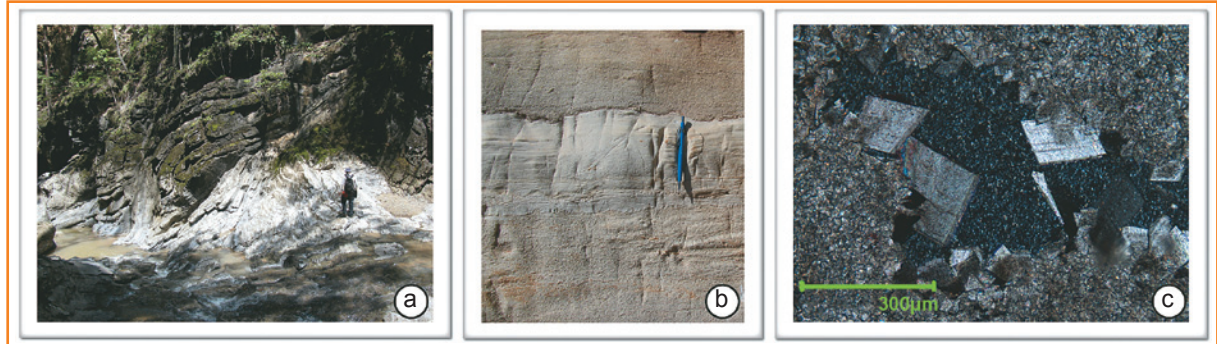


Figura 30 - a) Vista panorâmica do plano de falhas em dolomitos do Grupo Paranoá, localizado na zona da Falha de São Domingos, Bacia de São Francisco (GO); b) detalhe da camada com construções estromatolíticas intercaladas em dolarenitos e c) fotomicrografia mostrando a porosidade inter-cristalina produzida pelo processo de dolomitização.

Figure 30 - a) Fault planes in the dolomites of the Paranoá Group, located in the São Domingos Fault zone, São Francisco Basin (GO); b) interbedding of stromatolite and dolarenite layers and c) photomicrograph showing the intercrystalline porosity related to dolomitization.

Análise estratigráfica do Andar Alagoas nas bacias do Araripe, Tucano/Jatobá, Parnaíba e São-Franciscana. O projeto visou realizar o estudo do Andar Alagoas nas bacias interiores do Nordeste do Brasil (fig. 31), com os objetivos de: prospectar, catalogar, fotografar e descrever afloramentos; descrever e



Figura 31 - a) Vista do afloramento mostrando o contato da Formação Santana/Membro Romualdo (superior) com as camadas Ipubi (na parte inferior), constituídas por gipsita e anidrita, Bacia do Araripe - PE; b) calcários laminados do Membro Crato da Formação Santana na Serra do Tonã - Bacia do Tucano e c) estromatólitos da Formação Codó - Bacia do Parnaíba, às margens do Rio Tocantins, Imperatriz (MA).

Figure 31 - a) Outcrop showing the contact between Santana Formation and upper Romualdo Member, with the Ipubi layers of gypsita and anhydrite, Araripe Basin (PE); b) laminated limestone of Crato Member of Santana Formation in the Serra do Tonã - Tucano Basin and c) stromatolites of Codó Formation - Parnaíba Basin, along Tocantins River margins, Imperatriz City (MA).

interpretar fácies e associações de fácies; levantar perfis estratigráficos verticais representativos; reconhecer superfícies-chave e sequências deposicionais; correlacionar seções levantadas nas diferentes bacias; medir paleocorrentes e interpretar a paleodrenagem continental; áreas-fonte e sentidos de incursão marinha, estabelecendo correlações geológicas e configurações paleogeográficas para este importante intervalo da estratigrafia brasileira. Foram também amostradas seções de interesse da Petrobras para estudos de micropaleontologia, geoquímica e petrografia, e elaborado roteiro geológico na Bacia do Araripe para seminário de campo (Unesp, Coordenação Prof. Mário Luis Assine).

Mapeamento 3D georreferenciado de afloramentos com uso da técnica Lidar (*Light Detection and Ranging*). O projeto teve como objetivo principal avaliar o potencial de uso da técnica Lidar para a modelagem digital de afloramentos através de: a) definição de procedimentos de aquisição para o mapeamento 3D georreferenciado; b) análise do nível de exatidão das cenas imageadas, tomando-se como referência a distância do equipamento (*Laser Scanner* 3D Terrestre ILRIS, da Optech) em relação aos afloramentos a serem estudados e a quantidade de pontos coletados e c) teste dos procedimentos de correlação entre imagem e litofácies/superfícies, visando o mapeamento/definição automática de fácies sedimentares e sua arquitetura deposicional. Durante esse projeto foram realizados três trabalhos de conclusão de curso (graduação), três dissertações de mestrado e uma tese de doutorado. Foi publicado um trabalho no periódico *Geociências* (São Paulo, *online*) e apresentados dois trabalhos nos congressos International Federation of Surveyors (Marrocos, 2011) e no XXIV Congresso Brasileiro de Cartografia (Aracaju-SE, 2010) (Unisinos, Coordenação: Prof. Maurício Roberto Veronez).

Parametrização de sistemas deposicionais com ênfase em sistemas turbidíticos. Construir um banco de dados qualitativo e quantitativo para subsidiar estudos e modelagens geológicas, contribuindo para o desenvolvimento e produção de reservatórios turbidíticos; analisar a correlação entre parâmetros sedimentológicos que influenciam propriedades de qualidade de reservatório dentro dos distintos elementos arquiteturais estudados; gerar um atlas de afloramentos com a coletânea, interpretação e correlação de dados arquiteturais quantitativos de sistemas deposicionais, com ênfase em depósitos turbidíticos (fig. 32) que possam ser usados como modelos de reservatórios (Unisinos, Coordenação: Prof. Paulo Sergio Gomes Paim).

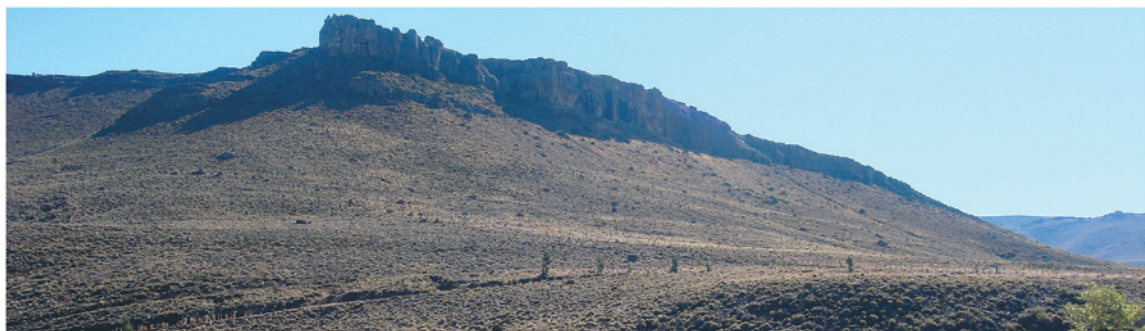


Figura 32 - Vista geral dos depósitos arenosos turbidíticos, Bacia de Neuquén, Argentina.

Figure 32 - Overview of sandy turbidite deposits, Neuquén Basin, Argentina.

Microtomografia de raios X para a determinação de propriedades petrofísicas de rochas-reservatório e determinação computacional de propriedades petrofísicas de rochas-reservatório. Trata-se de projetos vinculados que objetivam a obtenção de imagens 3D de rochas-reservatório (fig. 33) com a técnica de microtomografia de raios X no sistema SkyScan 1172, para serem utilizadas como dados de entrada na

caracterização da geometria do sistema poroso e na determinação computacional de propriedades petrofísicas. Durante o projeto foram realizadas uma dissertação de mestrado e duas teses de doutorado. Foram publicados quatro trabalhos em revistas nacionais: Revista de Ciências Exatas e Naturais, Materials Research (São Carlos. Impresso) e Revista Brasileira de Ensino de Física (Impresso) e quatro trabalhos no exterior: Avances en Análisis por Técnicas de Rayos X, Micro-CT User Meeting, 2011, Leuven, Bélgica e AIP Conference Proceedings (UEL, Coordenação: Prof. Carlos Roberto Appoloni e UFSC, Coordenação: Prof. Celso Peres Fernandes).

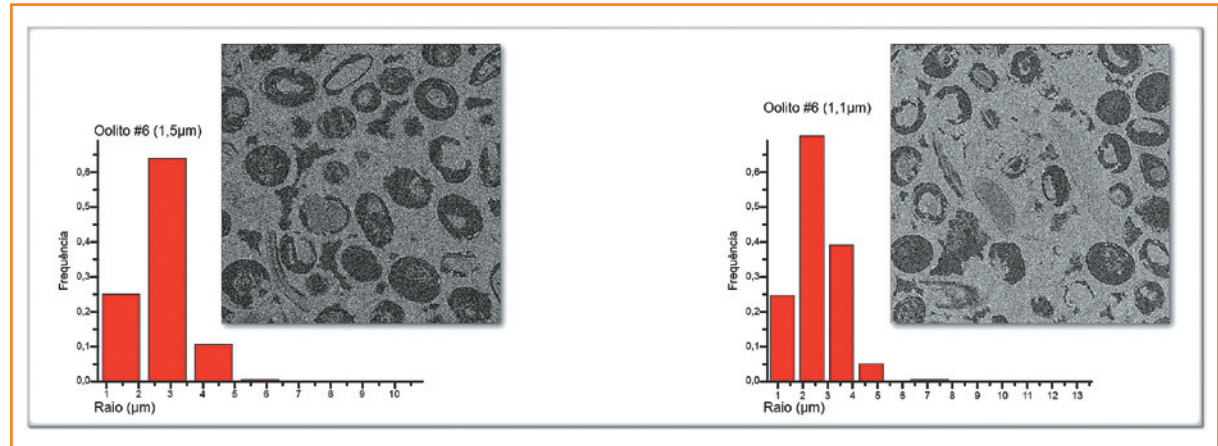


Figura 33 - Imagens tomográficas de rocha carbonática oolítica com o histograma da distribuição de tamanho de poros.

Figure 33 - Tomographic images of oolitic limestone with the pore size distribution diagram.

Caracterização petrofísica de rochas de baixa permeabilidade. O objetivo desse projeto foi a determinação experimental de propriedades petrofísicas e a caracterização da estrutura do sistema poroso (porosidade, distribuição de tamanho de poros e de grãos; área superficial específica) de rochas de baixa permeabilidade (fig. 34), tanto capeadoras quanto reservatórios do tipo *tight gas sands*, permitindo obter correlações empíricas entre permeabilidade e parâmetros da geometria do sistema poroso. Nesse projeto

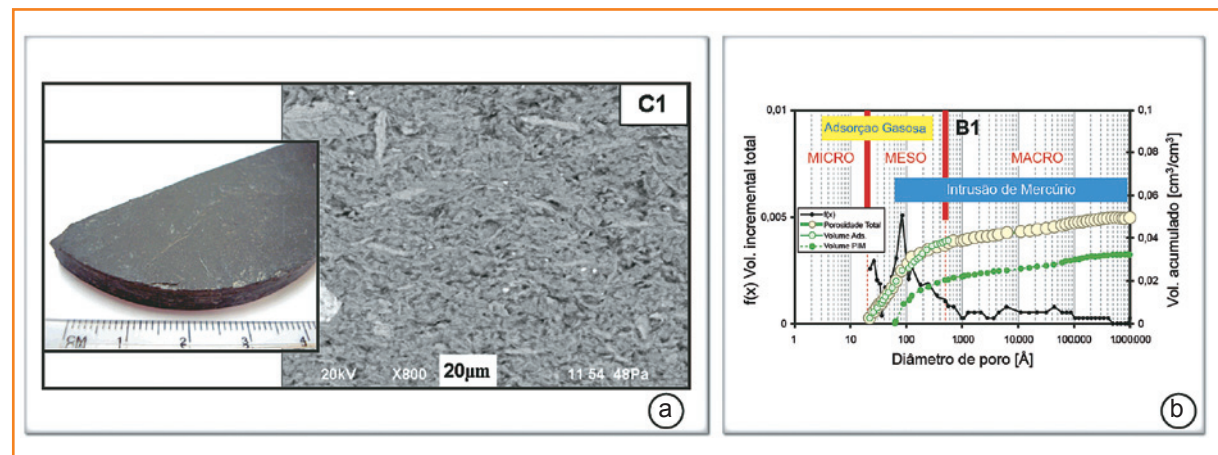


Figura 34 - a) Foto macroscópica e imagem ao Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV) de amostra de rocha selante e b) Distribuição de tamanho de poros total, obtida pela combinação das técnicas de adsorção gasosa de nitrogênio (AGN2) e porosimetria por intrusão de mercúrio (PIM).

Figure 34 - a) Macroscopic and Scanning Electron Microscope (SEM) images of a seal rock and b) Total pore size distribution obtained by combination of gas adsorption of nitrogen (AGN2) and pore measurement by mercury percolation (PIM).

também foi feita a padronização dos ensaios experimentais de permeabilidade com a técnica *transient pulse decay*, utilizando o equipamento PDP-200 da Corelab e da técnica de obtenção de isotermas de adsorção/dessorção, utilizando o equipamento ASAP-2020 da Micrometrics, de modo a se tornarem ensaios de rotina no Cenpes. Além disso, foi criado um banco de dados de propriedades petrofísicas das rochas estudadas, tais como: pressão capilar, pressão de percolação, altura da coluna de hidrocarbonetos e permeabilidade absoluta. Nesse projeto, foi realizada uma tese de doutoramento, publicado um artigo na revista *Marine and Petroleum Geology* e apresentado um trabalho no 20th International Congress of Mechanical Engineering (Gramado-RS, 2009) (UFSC, Coordenação: Prof. Celso Peres Fernandes).

Caracterização geológica e geoquímica de argilominerais contidos no intervalo evaporítico (Formação Ipubi) da Bacia do Araripe. Visa a obtenção de dados para auxílio na modelagem de sistemas evaporíticos, estudo da origem e a natureza dos depósitos siliciclásticos (folhelhos e argilitos) associados ao intervalo evaporítico (fig. 35), com investigação da origem (deposicional e/ou diagenética), das propriedades e características físicas e químicas dos folhelhos e argilitos encontrados em associação aos depósitos de gipsita e anidrita da Formação Ipubi. Neste projeto estão sendo realizadas quatro monografias de conclusão de curso e uma tese de doutoramento. Foi aprovado um trabalho para ser apresentado no Congresso Anual da AAPG-2013 e outro já foi apresentado no 46^o Congresso Brasileiro de Geologia (Santos-SP, 2012) (UFPE, Coordenação: Prof. João Aduino de Souza Neto).



Figura 35 - a) Modelo de dissolução em cunha entre fraturas subverticais (gipsita fibrosa (branco) e argilito cinza esverdeado (verde escuro), provocando solapamento dos argilitos (verde claro) da Formação Romualdo, estratigraficamente acima, e desenvolvendo abaulamento no topo da camada de evaporito (azul). Escala vertical 10m, horizontal 2m (Mina Campevi, Araripina, PE); b) Evaporitos (Formação Ipubi) cortado por fraturas sub-horizontais interligando fraturas verticais, todas preenchidas por gipsita fibrosa e argilito cinza esverdeado (erodido), em um padrão do tipo *bridges* (Mina Puluca, Ipubi, PE) e c) Folhelho negro pirobetuminoso rico em ostracodes da base da Formação Ipubi (Mina Puluca, Ipubi, PE).

Figure 35 - a) Wedge dissolution scheme between subvertical fractures with collapse of Romualdo Formation mudstones, stratigraphically above of the Ipubi Formation evaporites. Vertical scale 10m, horizontal scale 2m (Campevi quarry, Araripina, PE); b) Evaporites (Ipupi Fm) cut by sub-horizontal fractures connecting vertical fractures with a bridges type pattern (Puluca Quarry, Ipubi, PE) and c) Pirobituminous black shale with a rich fauna of ostracods, making the basal portion of Ipubi Formation at Puluca Quarry, Ipubi, PE).

Lagunas fluminenses: caracterização estratigráfica, sedimentológica e geoquímica das lagunas Salgada, Vermelha e Brejo do Espinho. Trata-se de dois projetos vinculados e complementares que visam ao desenvolvimento de modelos análogos de ambientes carbonáticos recentes (fig. 36) que

podem ser aplicados na caracterização dos reservatórios do pré-sal das bacias brasileiras. Os sistemas lagunares do litoral fluminense, incluindo as lagoas Vermelha e Brejo do Espinho, na Região dos Lagos, e a Lagoa Salgada, no litoral de Campos, são reconhecidos pela ocorrência de microbialitos carbonáticos com desenvolvimento de estruturas trombolíticas e estromatolíticas. As lagoas Vermelha e Brejo do Espinho fazem parte de um sistema de barreira-laguna em um contexto de litoral tipicamente retrogradante, associado à atual transgressão marinha. Por outro lado, a Lagoa Salgada (fig. 37) foi formada em um contexto de litoral progradante, associado ao complexo deltaico do Rio Paraíba do Sul, onde o suprimento de sedimentos fluviais e as correntes de deriva litorânea foram fundamentais para o avanço da linha de costa. O estudo tem por objetivo compreender as modificações ambientais (condições paleoclimáticas locais e de paleotemperatura e paleossalinidade das águas) que culminaram com o desenvolvimento destes sistemas lagunares e, particularmente, quais os fatores que levaram à formação dos depósitos carbonáticos recentes (UFF, Coordenação: Prof. Cleverton Guizan Silva e UFRJ, Coordenação: Prof. João Graciano Mendonça Filho).

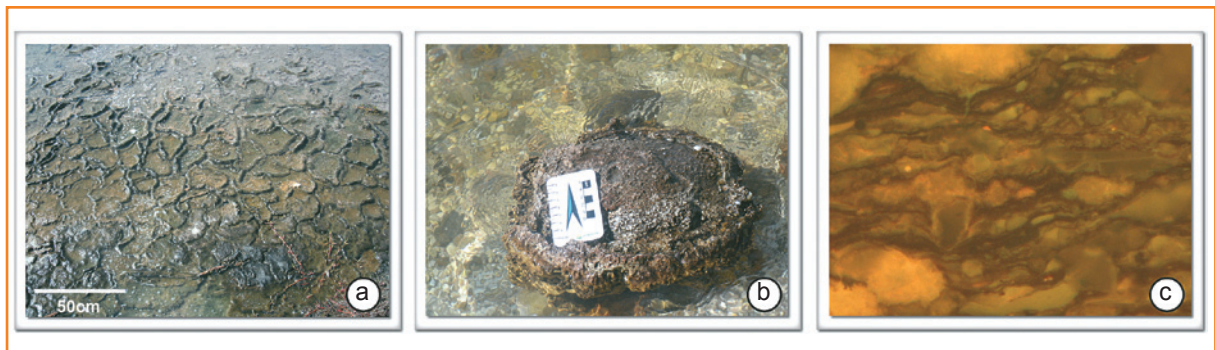


Figura 36 - a) Esteiras microbianas da Lagoa Vermelha - RJ; b) Estromatólito da Lagoa Salgada - RJ e c) Matéria orgânica com aspecto lamelar em lâmina petrográfica, modo fluorescência.

Figure 36 - a) Microbial mats from Lagoa Vermelha - RJ; b) Stromatolite from Lagoa Salgada - RJ and c) Petrographic slide (fluorescence mode) showing organic matter with lamellar aspect.



Figura 37 - Vista da Lagoa Salgada - Rio de Janeiro, e detalhe de uma linha de GPR adquirida no entorno dessa lagoa.

Figure 37 - View of Lagoa Salgada - Rio de Janeiro, and detail of a GPR line acquired at the edge of this lagoon.

Modelos análogos para as rochas-reservatório da Formação Juruá (fig. 38). O objetivo deste projeto foi a parametrização (dados qualitativos e quantitativos) dos elementos arquiteturais e a caracterização de

heterogeneidades deposicionais (superfícies) em escalas macro e megascópica, com ênfase nos parâmetros geométricos de corpos arenosos, sua continuidade e conexão entre camadas e, eventualmente, a distribuição da permeabilidade. A caracterização de heterogeneidades deposicionais facilita o entendimento da distribuição de zonas de permeabilidade e barreiras ao fluxo de fluidos. Trabalhou-se com os reservatórios eólicos e fluviodeltaicos dos campos do Rio Urucu e Leste do Urucu (Bacia do Solimões) visando contribuir com a modelagem geológica destes reservatórios. Para esse estudo foram utilizados afloramentos análogos na Bacia do Parnaíba, e associada ao projeto foi desenvolvida uma tese de doutorado (UFRN, Coordenação: Prof. Francisco Pinheiro Lima Filho).

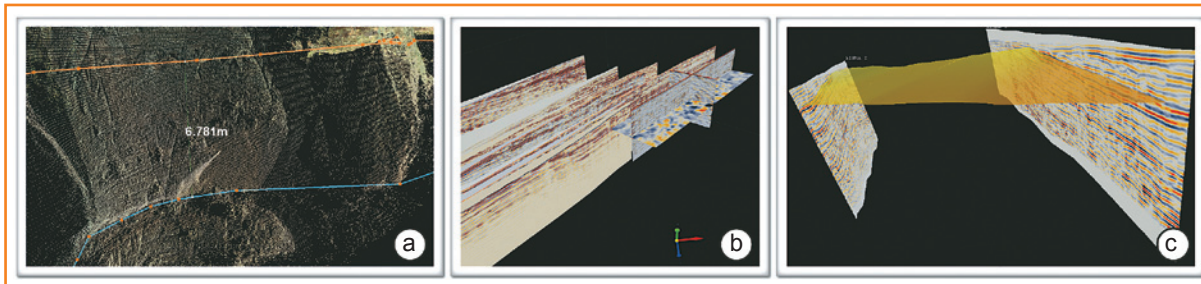


Figura 38 - a) Mensuração de pontos de controle a partir de dados de Laser Scanner para correlação e ajuste das escalas verticais e horizontais nos fotomosaicos. Detalhe para mensuração feita no Afloramento Biblioteca - Parque Sete Cidades (PI); b) e c) Modelo Sólido Digital a partir de linhas imageadas pelo GPR.

Figure 38 - a) Measurement of control points from Laser Scanner data for correlation and adjustment of vertical and horizontal scales in photomosaics. Detail of measurement performed on the photomosaic of Biblioteca Outcrop - Sete Cidades National Reserve (PI); b) and c) Digital 3D model based on imaged GPR lines.

Carbonatos do Brasil (fig. 39). Pesquisa que visa à construção do Atlas de Microbialitos do Brasil e Rochas Carbonáticas do Cretáceo do Brasil, dentro de uma contextualização paleoambiental e estratigráfica em diferentes escalas; reconhecimento e documentação das mais significativas ocorrências de microbialitos em rochas carbonáticas aflorantes no Brasil (Unesp, Coordenação: Prof. Dimas Dias-Brito).



Figura 39 - a) Microbialitos em rochas carbonáticas do Proterozoico da Bacia do São Francisco; b) Estromatólitos colunares do Grupo Passa Dois na Bacia do Paraná (PR) e c) estromatólitos colunares da Formação Salitre na Chapada Diamantina (BA).

Figure 39 - a) Microbialites in carbonate rocks from the Proterozoic of São Francisco Basin; b) Columnar stromatolites from the Passa Dois Group in the Paraná Basin (PR) and c) Columnar stromatolites from the Salitre Formation in the Chapada Diamantina (BA).

Reservatórios não convencionais. Caracterização de sistemas porosos multiescalas com técnicas de tomografia de raios X. (fig. 40). Trata-se de dois projetos vinculados e complementares que visam caracterização dos sistemas porosos de rochas carbonáticas, *shale gas / oil shale* e arenitos argilosos (*tight gas sands*) em suas diversas escalas de porosidade com a aplicação de técnicas de tomografia computadorizada

de raios X conjugada com processamento e análise de imagens 2D e 3D. O sistema poroso de reservatórios não convencionais é bastante complexo e composto de, pelo menos, duas escalas espaciais de descrição. A tomografia é uma técnica não destrutiva, em geral não sendo necessárias preparações nas amostras, as quais podem ser fragmentos de formato geométrico irregular. O Cenpes foi pioneiro no Brasil em adquirir imagens de sistemas porosos com resolução espacial da ordem de $1\mu\text{m}$, utilizando o microtomógrafo Sky Scan 1172, o que se demonstrou adequado para a descrição monoescala de rochas como arenitos “limpos”. Dada a importância da caracterização dos reservatórios não convencionais, e no sentido de manter a continuidade de pesquisa nesta área, a criação do Laboratório de Tomografia Multiescalar da UFSC/LMPT (Universidade Federal de Santa Catarina/Laboratório de Meios Porosos e Propriedades Termofísicas) assume um papel relevante para equiparar o Brasil a outros centros de renome internacional nessa linha de pesquisa. Neste projeto estão em andamento cinco teses de doutorado e uma dissertação de mestrado. Apresentado um trabalho no 20º Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais (Joinville-SC, 2012) (UEL, Coordenação: Prof. Carlos Roberto Appoloni e UFSC, Coordenação: Prof. Celso Peres Fernandes).

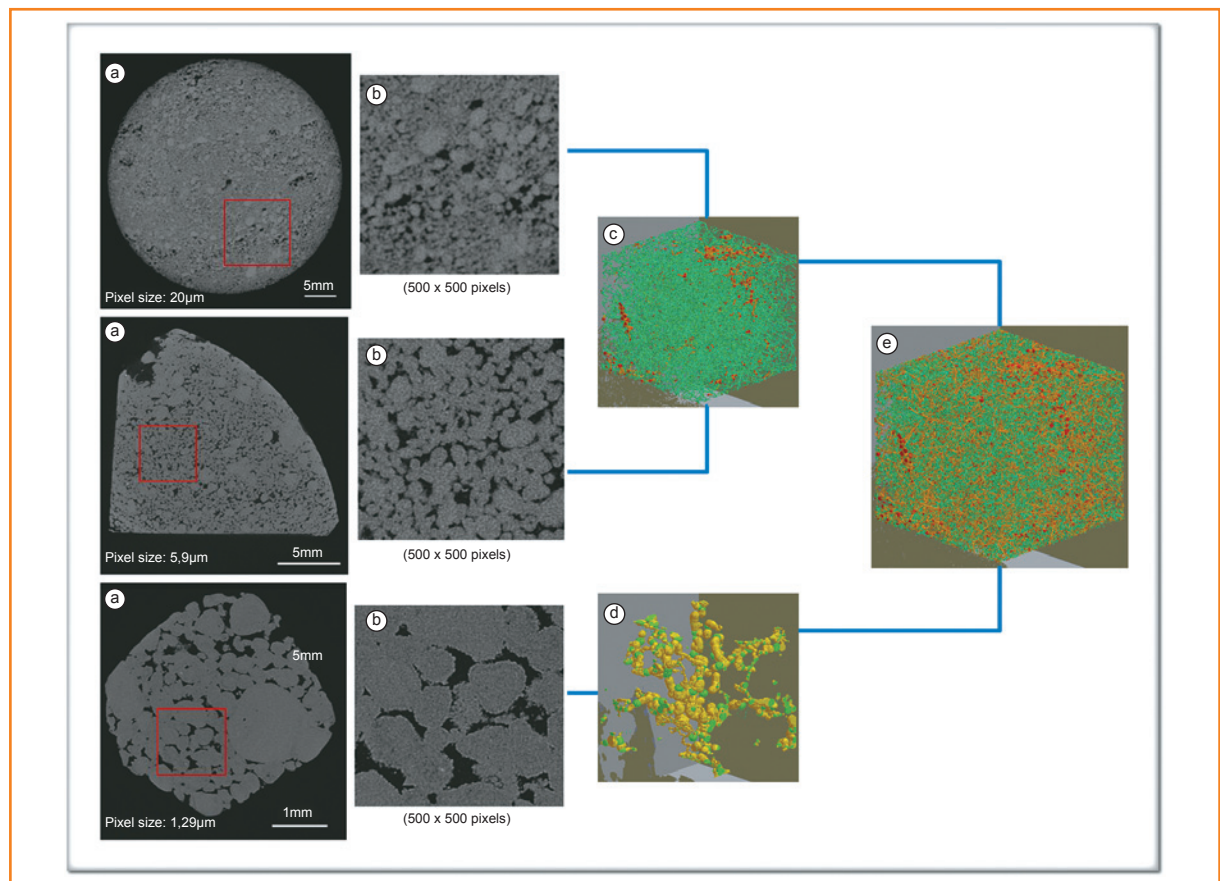


Figura 40 - Ilustração, para um carbonato, da metodologia de caracterização de sistemas porosos multiescalares. Em a) seções microtomográficas 2D com resoluções espaciais de $20\mu\text{m}$, $5,9\mu\text{m}$ e $1,29\mu\text{m}$; em b) regiões de interesse para análise (associadas aos quadrados vermelhos em a); em c) a rede de poros composta das escalas de $20\mu\text{m}$ e $5,9\mu\text{m}$; em d) a rede de poros da escala de $1,29\mu\text{m}$; em e) a rede de poros total composta a partir das redes mostradas em c) e em d).

Figure 40 - Illustration of the methodology of multi-scalar porous system characterization, applied to a carbonate rock. In a) microtomographic 2D sections, with spatial resolution of $20\mu\text{m}$, $5,9\mu\text{m}$ e $1,29\mu\text{m}$; in b) regions of interest for analysis (associated with the red squares in a); in c) network of pores composed of the $20\mu\text{m}$ and $5,9\mu\text{m}$ scales; in d) network of pores in the $1,29\mu\text{m}$ scale; in e) total pore network composed of the networks shown in c) and d).

Rede de Geofísica Aplicada (Regeof)

A Regeof tem como proposta de atuação fomentar a realização de atividades de pesquisa e desenvolvimento na forma de projetos tecnológicos alinhados às demandas da Petrobras, bem como apoiar a formação de recursos humanos que atendam à crescente necessidade de profissionais qualificados em Geofísica.

Gestores: Eduardo Lopes de Faria (2005-2008) e Ricardo Silva Nunes de Bragança (2009-).

Instituições: IMPA, INPE, ON, PUC-RJ, UENF, UFBA, UFC, UFF, UFPA, UFRN, UFPR, UFRJ, UnB, Unicamp, USP, UFPE, UFCG, UFES e PUC-RS. (fig. 41).

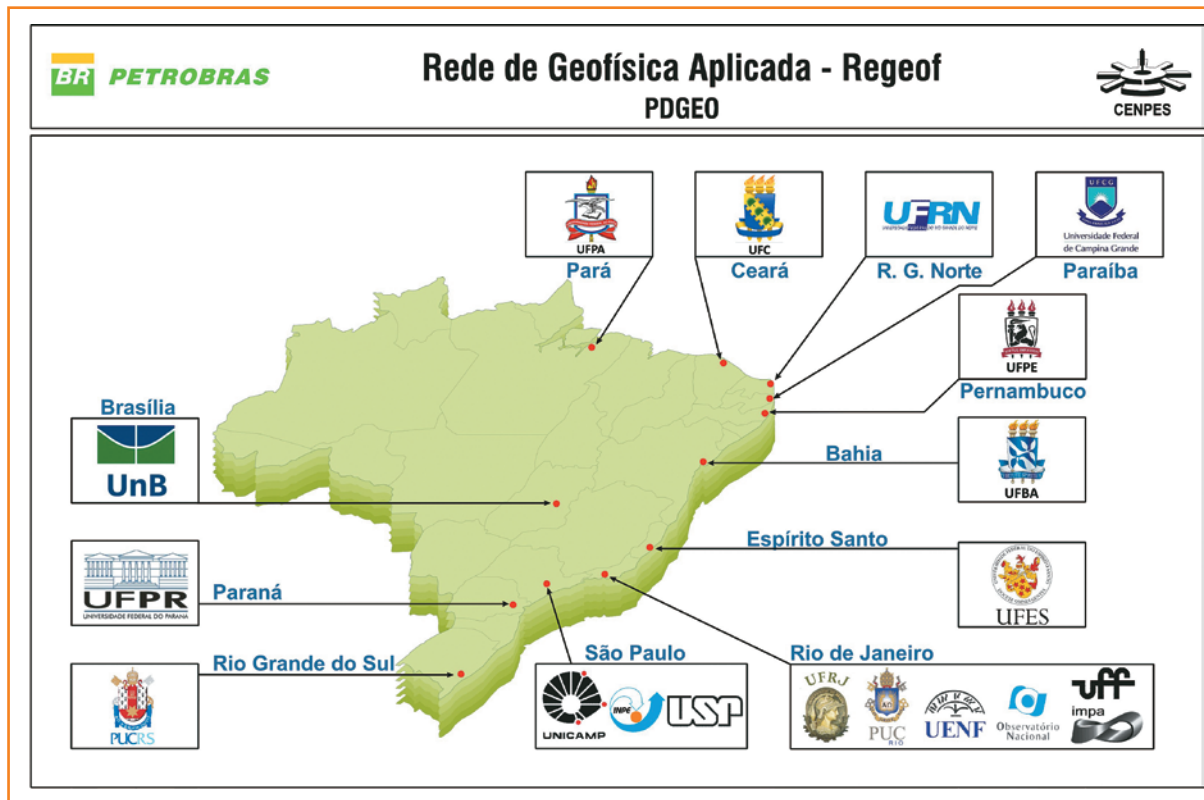


Figura 41 - Instituições participantes da Rede de Geofísica Aplicada. | Figure 41 - Applied Geophysics Network.

Infraestrutura

Cluster de computadores Netuno no Núcleo de Computação Eletrônica da UFRJ. Implantou-se um supercomputador composto de 2.048 núcleos de processamento (fig. 42) e com um total de 4.096 Gbytes de memória RAM e poder computacional de 16.2 Teraflop/s. O equipamento foi adquirido em conjunto com a Rede de Modelagem Oceanográfica do Cenpes. Na data de sua inauguração (2009), era o maior supercomputador acadêmico da América Latina, ocupando então a posição de número 139 no *ranking* mundial de supercomputadores. O equipamento é destinado à realização de processamento numérico intensivo – comum aos projetos de pesquisa na área de Petróleo e Gás – especialmente os que envolvem processamento de dados sísmicos, e tem sido utilizado amplamente pelas instituições que compõem a Rede de Geofísica (Coordenação: Prof. Gabriel P. Silva).



Figura 42 - Supercomputador Netuno na UFRJ.

Figure 42 - Netuno supercomputer at Federal University of Rio de Janeiro.

Perfilagem de poços e ressonância nuclear magnética na UFRJ. Adequação e homologação do espaço físico laboratorial e aquisição de equipamentos nucleares de perfilagem de poços, bem como a instalação de um equipamento de geração de imagens por Ressonância Magnética Nuclear - Maran II Ultra (fig. 43). Projetado para analisar e caracterizar rochas e podendo estimar grandezas como viscosidade de fluido, porosidade da rocha, quantidade de fluido livre entre outras medidas, além de possibilitar a visualização tridimensional da rocha e o estudo de difusão em uma, duas ou três dimensões, o Maran II é o mais completo equipamento do tipo já adquirido pela Rede de Geofísica e permitirá a avaliação das propriedades hidrodinâmicas dos reservatórios, promovendo maior integração entre a geofísica de poço, a petrofísica e a engenharia de petróleo. As sondas adquiridas também contribuem significativamente para a criação e manutenção de uma equipe de perfilagem altamente especializada, capacitada a auxiliar as demais instituições em suas investigações nas bacias sedimentares brasileiras (Coordenação: Prof. Jorge M. de Mendonça).

Figura 43 - Equipamento de Ressonância Magnética Nuclear Maran II Ultra no Instituto de Geociências da UFRJ.

Figure 43 - Maran II Ultra Nuclear Magnetic Resonance equipment at Geosciences Institute of the Federal University of Rio de Janeiro.



Laboratório de Geofísica Computacional (LGC) da Unicamp. Construída em parceria com outras Redes Temáticas no *Campus* da Unicamp, a nova sede do Centro de Estudos de Petróleo - Cepetro (fig. 44) promoveu uma grande melhoria nas condições para a realização de projetos de pesquisa do Grupo de Geofísica Computacional. Incluindo estações de trabalho (fig. 45), rede de alto desempenho e servidores, promoveu um significativo aumento da capacidade de processamento de dados sísmicos, beneficiando a pesquisa e desenvolvimento de novos algoritmos com a migração pré e pós-empilhamento cinemática e com preservação de

amplitude, a conversão tempo-profundidade e a utilização de parâmetros CRS para diversas aplicações tais como: eliminação de múltiplas, correção estática residual e obtenção de modelos de velocidade por tomografia sísmica (Coordenação: Prof. Martin Týgel).



Figura 44 - Edifício do Centro de Estudos de Petróleo (Cepetro) na Unicamp.

Figure 44 - Building of the Petroleum Studies Center at Unicamp.

Figura 45 - Sala do Laboratório de Geofísica Computacional da Unicamp.

Figure 45 - Computer room at the Computational Geophysics Laboratory of Unicamp.



Centro de Pesquisa em Geofísica e Geologia - CPGG/UFBA. A infraestrutura predial com 900m² (fig. 46), recém finalizada, abrigará os laboratórios de Exploração Sísmica de Petróleo. Serão implantados o Laboratório de Propriedades Físicas de Rochas, o Laboratório de Geologia Marinha e Costeira e o Laboratório



Figura 46 - Ampliação da Sede do CPGG da UFBA.

Figure 46 - Expansion of CPGG Headquarters, under construction.

de Hidrogeologia e Meio Ambiente, além de um auditório, sala de pesquisadores de Geologia e Geofísica e secretarias administrativas do Centro. Tal infraestrutura reúne em um único espaço os pesquisadores ora dispersos em dois institutos, gerando grande melhora nas condições de trabalho, fortalecendo e ampliando as atividades no setor de petróleo e gás e aumentando a colaboração com grupos de outras instituições nacionais e internacionais (Coordenação: Prof. Olivar A. Lima de Lima).

Laboratório de Geofísica Aplicada da UFRN. Infraestrutura predial com o objetivo de consolidar a área de Geofísica na universidade, aumentando a participação de pesquisadores em temas de óleo e gás e ampliando a capacidade de formação de recursos humanos nestas áreas. Além do prédio (fig. 47), foram adquiridos equipamentos geofísicos tais como um Gravímetro Scintrex CG-5 e um Resistivímetro Syscal Pro (Coordenação: Prof. Walter E. de Medeiros).

Figura 47 - Fachada do Laboratório de Geofísica Aplicada da UFRN.

Figure 47 - Applied Geophysics Laboratory at Federal University of Rio Grande do Norte.



Laboratório de Pesquisa Aplicada à Exploração de Petróleo e Gás - Lapaex/UFGA (fig. 48). Infraestrutura que tem por objetivo atender a todas as áreas de pesquisa em Geofísica de Petróleo na UFGA, agrupando áreas de conhecimento em geofísica do petróleo hoje dispersas pelo *campus*. Abriga os seguintes laboratórios: de Processamento Sísmico (Prosis), de Processamento de Dados Geofísicos de Poço (Prolog), de Modelagem Eletromagnética (Proem) e de Métodos Potenciais (Labmagrav). Estes laboratórios irão contribuir para o desenvolvimento de estudos, algoritmos e *softwares* e assim beneficiar as pesquisas nas áreas de métodos elétricos e eletromagnéticos, métodos sísmicos, métodos potenciais e geofísica de poço (Coordenação: Prof. Welby Silva).



Figura 48 - Fachada do Laboratório de Pesquisa Aplicada à Exploração de Petróleo e Gás.

Figure 48 - Oil and Gas Exploration Applied Research Laboratory at Federal University of Pará.

Laboratório de Desenvolvimento de Software Científico e Aplicado - LDSC/UENF (fig. 49). Trata-se da ampliação do poder computacional do setor de geoinformática do Lenep, com a adequação do espaço físico por meio da instalação de mesas de trabalho e de módulos individuais dotados de estações de trabalho Unix. Este projeto cria condições para atender às demandas dos projetos de pesquisa e desenvolvimento em termos de modelagem físico-numérica e desenvolvimento de algoritmos e *softwares* multiplataforma nas diversas áreas de exploração e caracterização de reservatórios. (Coordenação: Prof. Viatcheslav Priimenko).

Figura 49 - Sala do Laboratório de Desenvolvimento de Software Científico e Aplicado.

Figure 49 - Computer room, Software Development Laboratory at Norte Fluminense State University.



Laboratório de Aquisição, Processamento e Interpretação Sísmica da UFF. Infraestrutura aplicada à indústria do petróleo, permitindo realização de projetos de pesquisa em planejamento, aquisição, processamento e interpretação de dados sísmicos. Foram adquiridos: vibrador sísmico (fig. 50) capaz de produzir ondas P e S; 240 acelerômetros de três componentes; um sismógrafo Sercel, e vários equipamentos auxiliares, além de uma picape e cabine de campo para o levantamento de dados e de uma estação de trabalho para o processamento e interpretação dos mesmos. Tais equipamentos dotam o grupo da UFF com a capacidade de realizar levantamentos sísmicos terrestres rasos mono e multicomponentes, permitindo a obtenção de dados relevantes para o entendimento de efeitos sísmicos associados a camadas pouco espessas, análise de propagação em meios anisotrópicos, aplicação de atributos sísmicos e extração de parâmetros elásticos, além de embasarem o estudo específico do ciclo de aquisição, processamento e interpretação de ondas S. Além dos equipamentos adquiridos, uma edificação com 800m² (fig. 51) está em construção e contemplará áreas para a guarda e manutenção dos equipamentos bem como todo o ambiente necessário à realização das pesquisas (Coordenação: Prof. Adalberto Silva).



Figura 50 - Fonte sísmica do tipo minivibrador adquirido para o Laboratório de Aquisição, Processamento e Interpretação Sísmica da UFF.

Figure 50 - Mini-vibrator seismic source equipment acquired for the Seismic Laboratory at Federal Fluminense University.

Figura 51 - Prédio que sediará o grupo de Geociências da UFF, em construção.

Figure 51 - Geoscience group headquarters at Federal Fluminense University, under construction.



Laboratório de Petrofísica da UFCG-PB. Contempla a adequação do espaço físico bem como a compra de equipamentos. O projeto tem como objetivo capacitar a UFCG na caracterização das propriedades petrofísicas de rochas sedimentares e no desenvolvimento de pesquisas relacionadas à aquisição, processamento, modelagem e interpretação integrada de dados petrofísicos. Foram adquiridos uma câmara ultrassônica para a medição das velocidades de ondas sísmicas em corpos de rocha e sua atenuação (fig. 52), um permoporosímetro (fig. 53) capaz de medir diversas propriedades de corpos de rocha tais como porosidade, superfície específica, além de diversos equipamentos auxiliares (Coordenação: Prof. José Agnelo Soares).

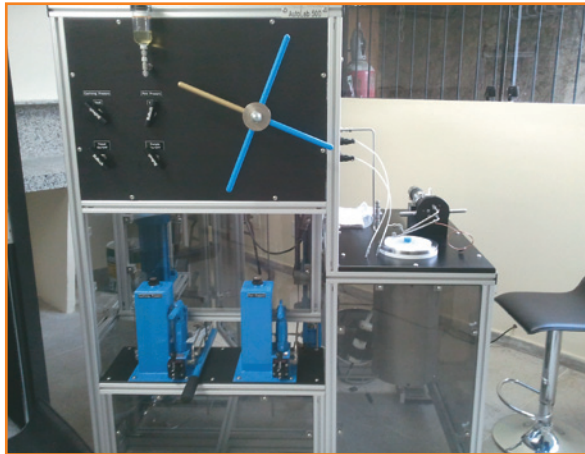


Figura 53 - Permoporosímetro adquirido para o Laboratório de Petrofísica da UFCG-PB.

Figure 53 - Permoporosimeter acquired for the Petrophysical Laboratory at Campina Grande Federal University.

Figura 52 - Câmara ultrassônica adquirida para o Laboratório de Petrofísica da UFCG (PB).

Figure 52 - Ultrasonic chamber acquired for the Petrophysical Laboratory at Campina Grande Federal University.



Método Eletromagnético a Multifrequência para uso na exploração de hidrocarbonetos e no imageamento de reservatórios. Estudo experimental (fig. 54) e teórico com o método eletromagnético em áreas de exploração e exploração de hidrocarbonetos. O método foi desenvolvido pelo Prof. Carlos Alberto Dias, patenteado em 1973 e vem passando por diversas etapas de desenvolvimento. Foram construídos protótipos dos equipamentos de aquisição em multifrequência e realizados levantamentos em Fazenda Alegre (ES) e Fazenda Alvorada (BA), com resultados promissores. O último protótipo construído incorpora significativos avanços tecnológicos, possui capacidade de varredura sobre 140 valores de frequência no intervalo de 0,2KHz a 1KHz, maior potência no transmissor e mais sensibilidade nos receptores em relação aos protótipos anteriores, o que permite a investigação em uma profundidade de até 3km. Vinculada a este projeto de pesquisa, foi defendida uma tese de doutorado e realizada uma dissertação de mestrado. Uma tese de doutorado e uma dissertação de mestrado se encontram em desenvolvimento (UFBA, Coordenação: Prof. Olivar A. Lima de Lima).

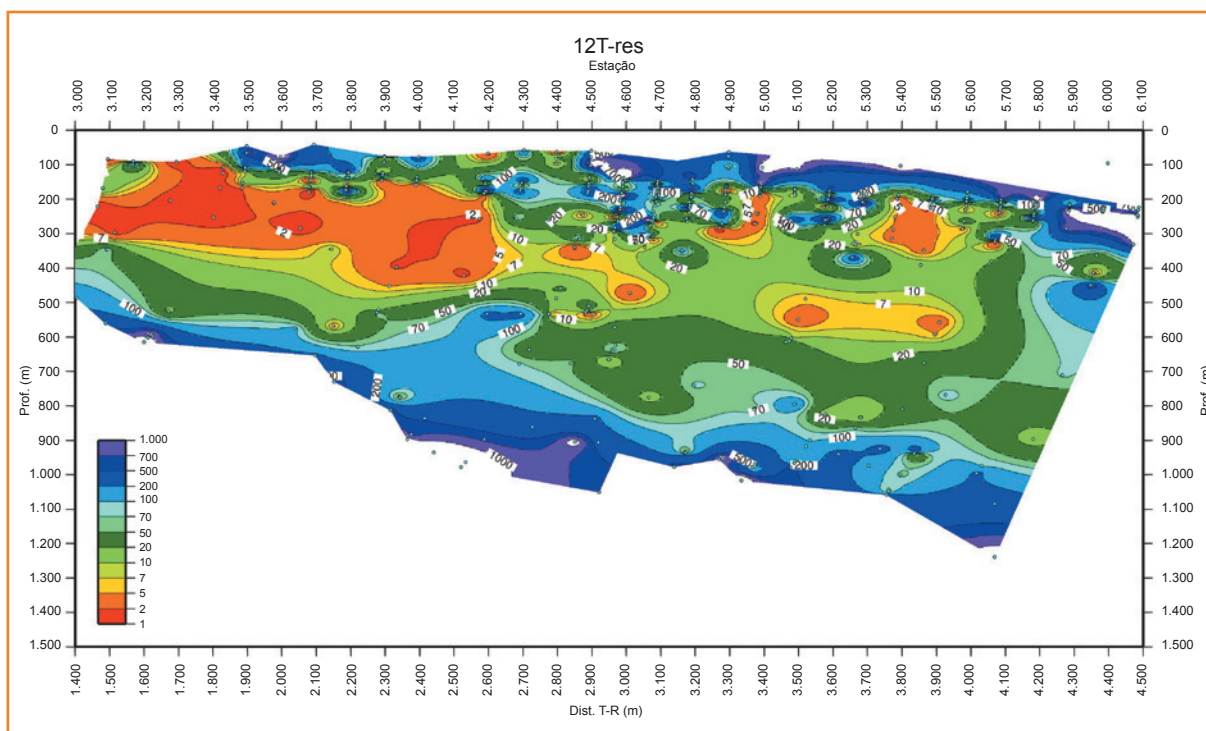


Figura 54 - Seção de resistividade obtida pelo levantamento eletromagnético a multifrequência na região de Fazenda Alegre, ES.

Figure 54 - Resistivity section obtained by the multifrequency electromagnetic survey at Fazenda Alegre, ES.

Imageamento sísmico pelo método CRS. Projeto objetiva desenvolver algoritmos de extração de atributos CRS aplicados ao imageamento de dados sísmicos 2D e 3D (fig. 55). Trazendo a ampla experiência do consórcio *Wave Inversion Technology* (WIT), o método CRS estudado neste projeto visa melhorar a razão sinal/ruído e aumentar a banda de frequência do dado sísmico, o que pode trazer grandes benefícios para a investigação de reservatórios delgados, principalmente através do seu estudo em três dimensões. Neste projeto foram realizados estudos visando a utilização do CRS para: a construção de campos de velocidades para migração em tempo pós e pré-empilhamento 2D e 3D; a atenuação de estáticas residuais e de superfície em 2D; a construção de seções de AVO/AVA; a identificação e atenuação de múltiplas; a obtenção de modelos de

velocidade em profundidade através da tomografia sísmica e a migração Kirchhoff em verdadeira amplitude. Vinculadas a este projeto de pesquisa foram defendidas seis teses de doutorado e realizadas 16 dissertações de mestrado. Cinco dissertações de mestrado se encontram em desenvolvimento (Unicamp/UFGA, Coordenação: Profs. Martin Tygel e Jessé Costa).

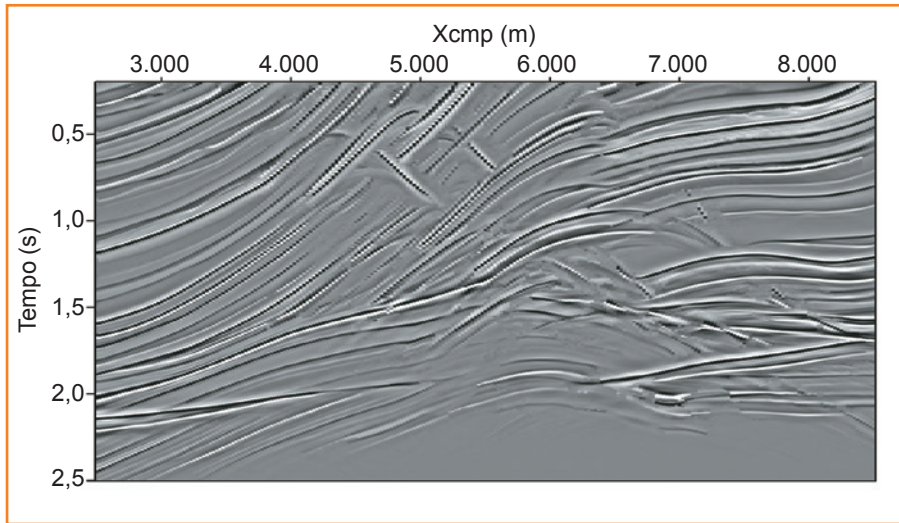


Figura 55
Seção empilhada obtida pelo método Common Reflection Surface.

Figure 55
Stacked section obtained by the CRS method.

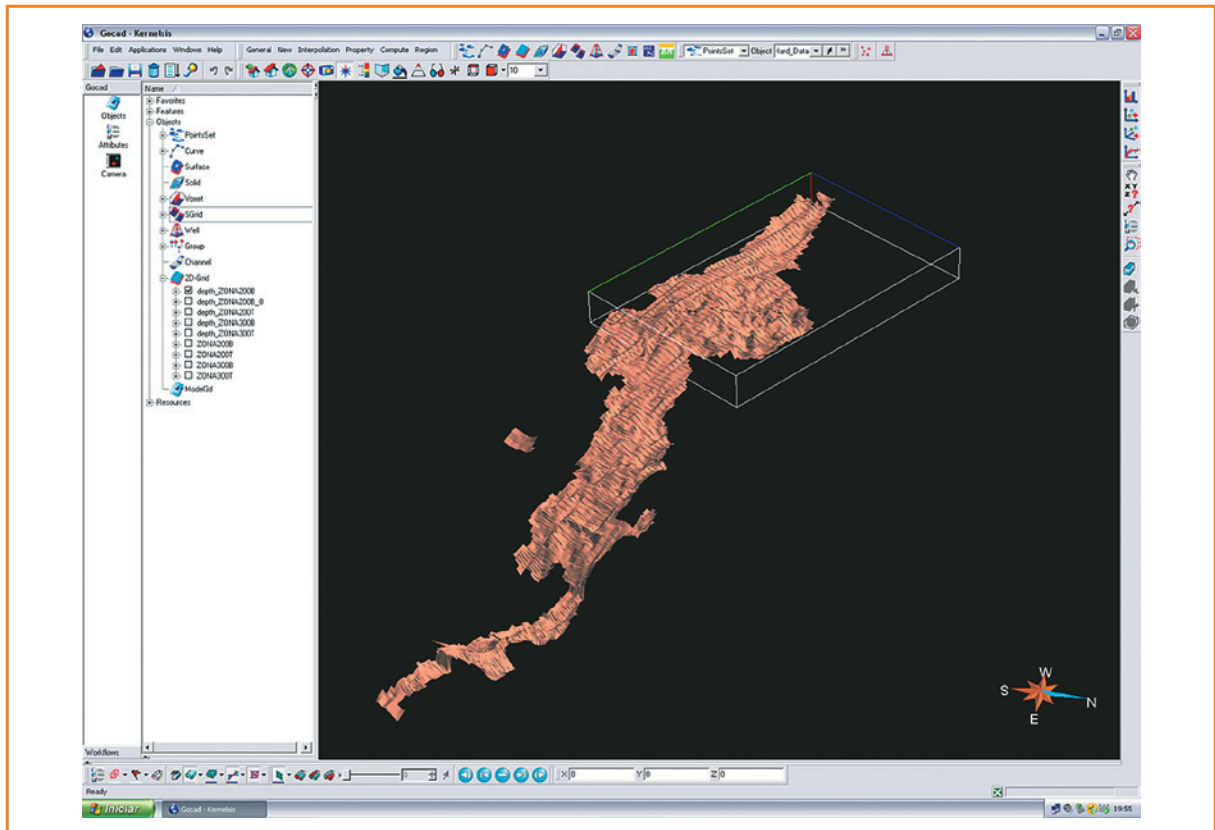


Figura 56 - Conjuntos de dados extraídos a partir da classificação por multiatributos.

Figure 56 - Dataset extracted through the multi-attribute classification.

Aprendizagem estatística aplicada à classificação multiclasses em multiatributos sísmicos - Kernelsis. Estudo de métodos baseados em núcleos e máquinas de suporte vetorial para a classificação de dados sísmicos em reservatórios de petróleo a partir das várias curvas que descrevem propriedades de rochas nos poços, guiados ou não pela estratigrafia sísmica em seus diversos atributos (fig. 56). Foi desenvolvido o *software* Kernelsis com implementação de multiclasses para determinação de estruturas geológicas a partir de dados de poços. O *software* conta com a implementação de coordenação das estelares de forma interativa e permite determinar a continuidade estatística das estruturas geológicas a partir dos dados sísmicos e de poços. Vinculadas a este projeto de pesquisa foram defendidas duas teses de doutorado (PUC-RJ, Coordenação: Prof. Geovan Tavares dos Santos).

Determinação dos parâmetros de reservatórios delgados a partir da inversão sísmica multi-componente dinâmica. Desenvolvimento de aspectos teóricos e práticos para estimativa de parâmetros físico-geológicos sob o ponto de vista da teoria da elasticidade (fig. 57), direcionando a implementação para o processamento de dados sísmicos multicomponentes reais. Foram desenvolvidos procedimentos e programas de computador para a estimativa das propriedades elásticas de rochas conectadas com parâmetros físicos do reservatório de petróleo, utilizando sistemas de observação multiondas e multicomponentes. Foram também desenvolvidas tecnologias para a determinação de parâmetros elásticos em áreas de interesse da Petrobras. Associadas a este projeto de pesquisa, foram defendidas uma tese de doutorado e uma dissertação de mestrado (UENF, Coordenação: Prof. Viatcheslav Priimenko).

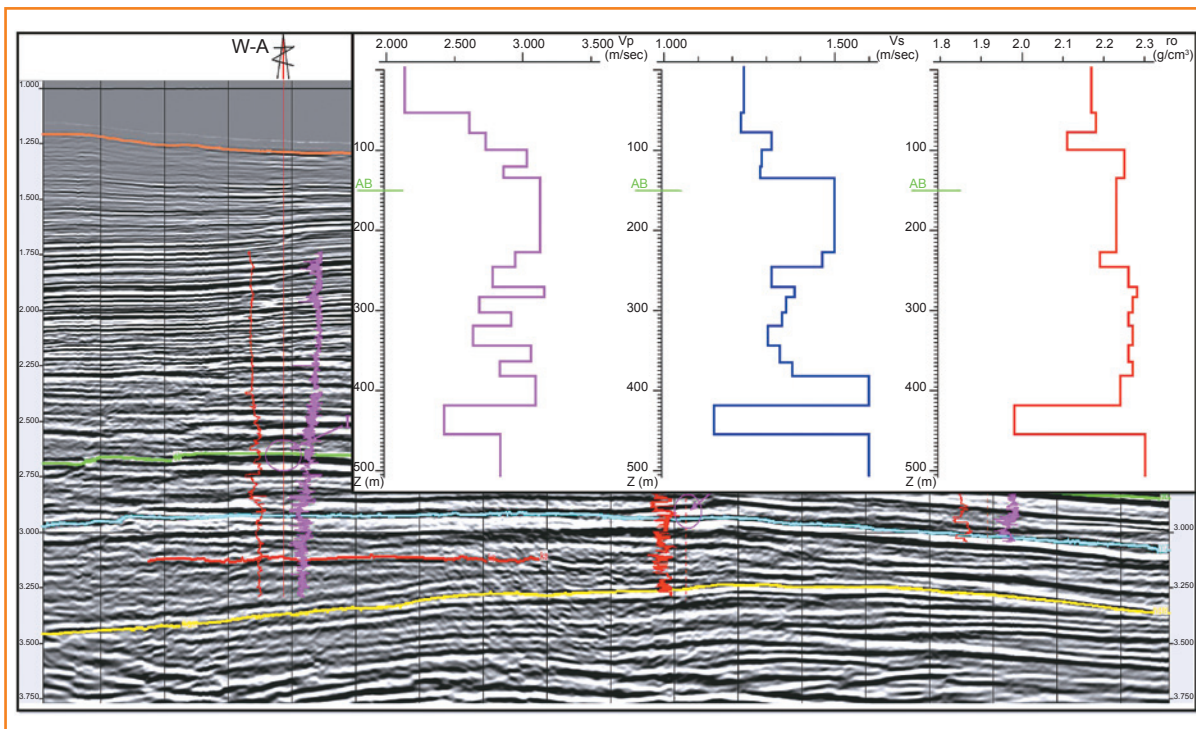


Figura 57 - Parâmetros V_p , V_s e ρ obtidos a partir de um modelo delgado.

Figure 57 - V_p , V_s and ρ parameters obtained from a thin reservoir model.

Inversão Bayesiana de AVO (multicomponente e 4D). Desenvolvimento de metodologia de inversão e análise de AVO para dados sísmicos multicomponentes (fig. 58) e na perturbação da resposta sísmica 4D, sua implementação computacional e testes práticos em escala de processamento sísmico industrial.

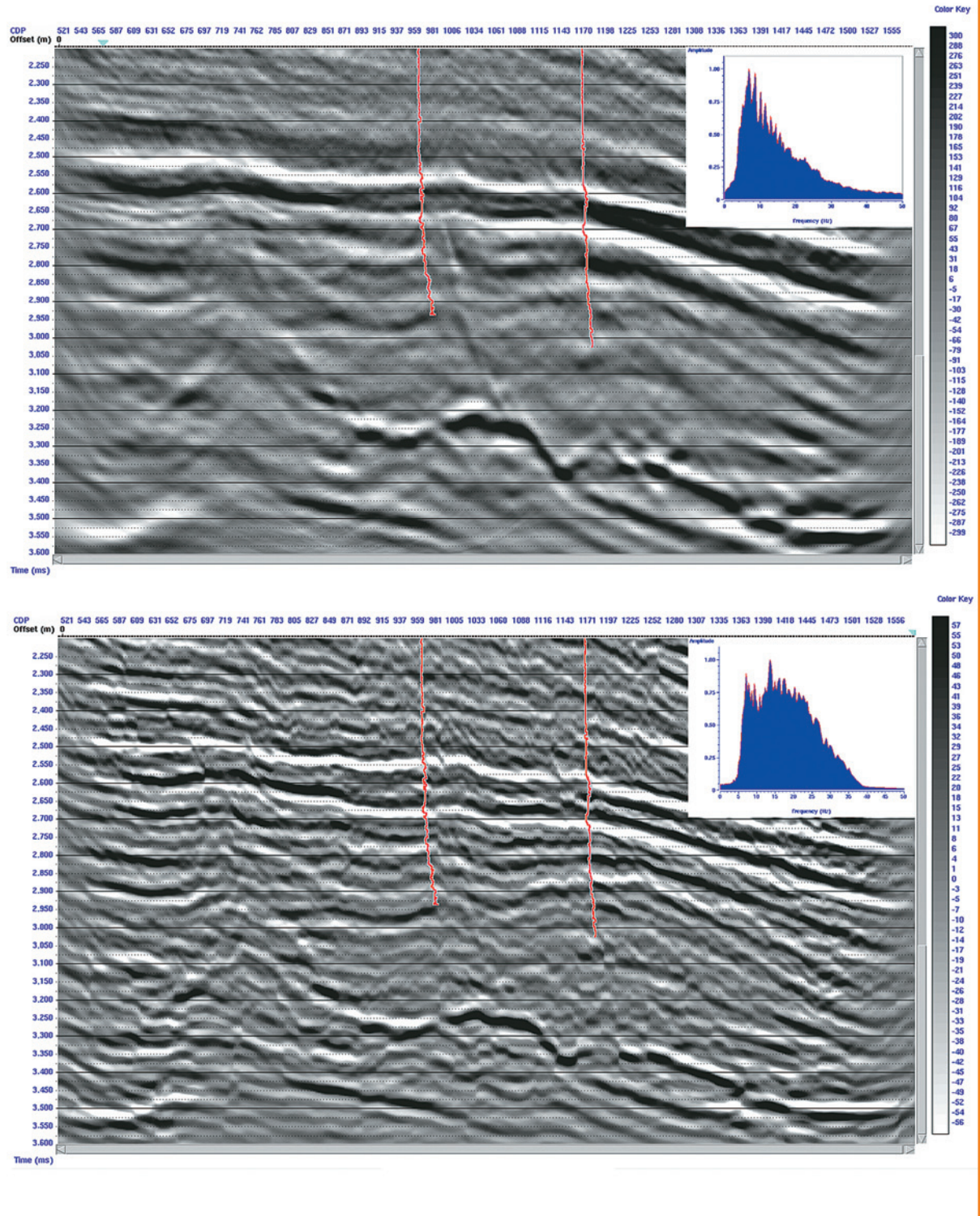


Figura 58 - Seção empilhada PS antes e após condicionamento, com seus respectivos espectros de frequência e perfis sônicos.

Figure 58 - PS stacked section before and after preconditioning, with their frequency spectrums and sonic profiles.

Foi realizado o desenvolvimento teórico e implementação computacional de metodologias para o processamento e inversão de dados sísmicos que incluem um pacote de aplicativos para análise e filtragem de dados por meio da transformada de *curvelet* e implementação da metodologia de inversão de AVO 4D (componente PP). Foi desenvolvido o fluxo de condicionamento de dados para inversão de AVO e sua validação ocorreu por meio de testes utilizando dados sísmicos sintéticos e reais aplicado a reservatório carbonático. Vinculadas a este projeto de pesquisa, se encontram em realização três dissertações de mestrado (UENF, Coordenação: Prof. Fernando Moraes).

Algoritmo para conversão de refletividades para propriedades intervalares e estimativas das incertezas. Desenvolvimento e implementação computacional de um algoritmo avançado para obtenção de parâmetros elásticos intervalares (V_p , V_s , I_p , I_s , ρ) a partir das refletividades correspondentes (fig. 59), derivadas da inversão Bayesiana de AVO. O algoritmo em questão é capaz também de levar em conta as incertezas presentes nos dados e no modelo inicial de maneira a produzir como saída uma função de densidade de probabilidade *a posteriori* para os parâmetros, possibilitando a análise quantitativa de confiabilidade dos resultados da inversão. O código resultante foi denominado *Invtrace*, implementado no Promax e se encontra disponível para uso na Petrobras. Também como fruto deste projeto, foi publicado um artigo na *Geophysics* em 2009 (UENF, Coordenação: Prof. Sérgio Adriano Moura Oliveira).

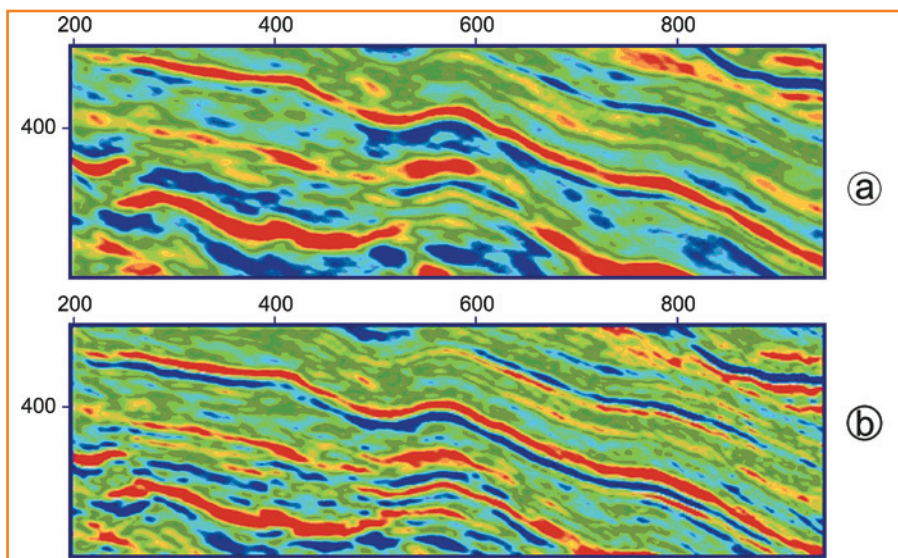


Figura 59
Detalhe de uma seção real invertida com diferentes fatores de qualidade Q .
a) $Q=\infty$ e b) $Q=110$.

Figure 59
Detail of a real data inversion with two different quality factors Q .
a) $Q=\infty$ e b) $Q=110$.

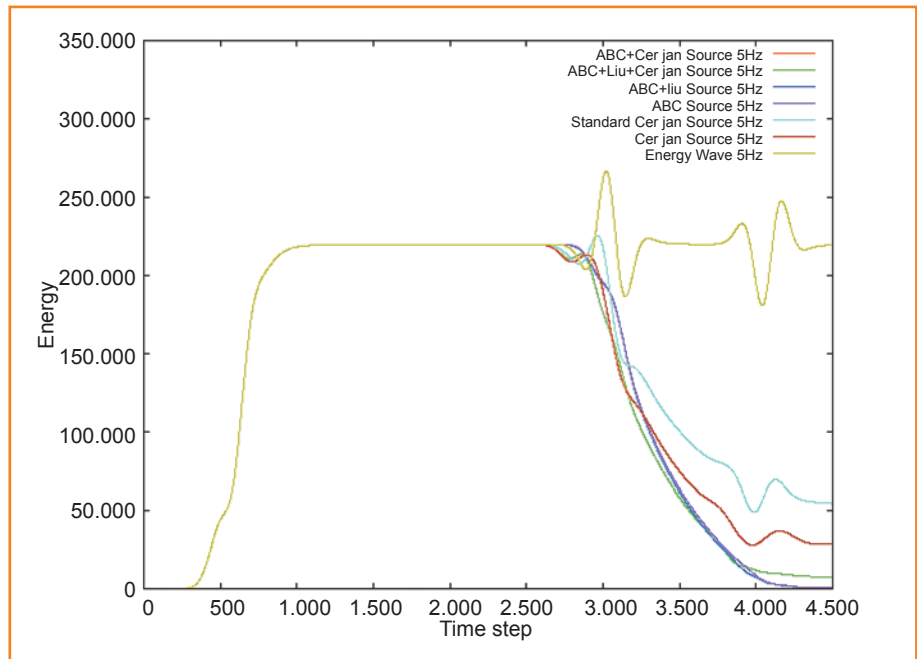
Técnicas de absorção em contornos artificiais no método das diferenças finitas aplicado à propagação de ondas acústicas (fig. 60). Tem como objetivo mapear o estado da arte, implementar e analisar o desempenho das técnicas de absorção em contornos artificiais na propagação de ondas acústicas, visando o desenvolvimento de programas computacionais otimizados, com a consideração de contornos absorventes. Foi realizado um estudo detalhado das principais técnicas numéricas utilizadas para a simulação da propagação de ondas acústicas, com destaque para o tratamento dado às condições de contorno do domínio modelado. Como método para implementação computacional foi adotado o das diferenças finitas e estudado o acoplamento deste com o método dos elementos de contorno. As técnicas ABS, DZ, PML, bem como suas combinações, foram implementadas e comparadas, tanto em 2D como em 3D, permitindo um melhor entendimento dos mecanismos de absorção e sua influência nas simulações numéricas de propagação de ondas acústicas. Vinculada a este projeto foi defendida uma dissertação de mestrado (UFF, Coordenação: Prof. Raul B. Vidal Pessolani).

Figura 60

Comparação da atenuação nas bordas para diferentes técnicas de absorção.

Figure 60

Comparison of attenuation for several edge absorption techniques.



Formulação quase dual do método dos elementos de contorno em problemas de propagação de ondas. Análise das condições de completude na sequência de funções radiais e implementação de um esquema iterativo de solução (fig. 61). O emprego desta classe de funções possibilita uma favorável diminuição das dimensões das matrizes que representam as propriedades físicas de um problema e pode gerar significativa economia computacional na solução de problemas de interesse da Geofísica. Neste trabalho foram estudadas e implementadas 27 diferentes funções, sendo duas de Buhmann, 7 de Wu e 18 de Wendland. Os resultados indicam que as funções radiais se mostraram adequadas para representar as diversas funções-objeto testadas. Vinculadas ao presente trabalho foram desenvolvidas três dissertações de mestrado (UFES, Coordenação: Prof. Carlos Loeffler Neto).

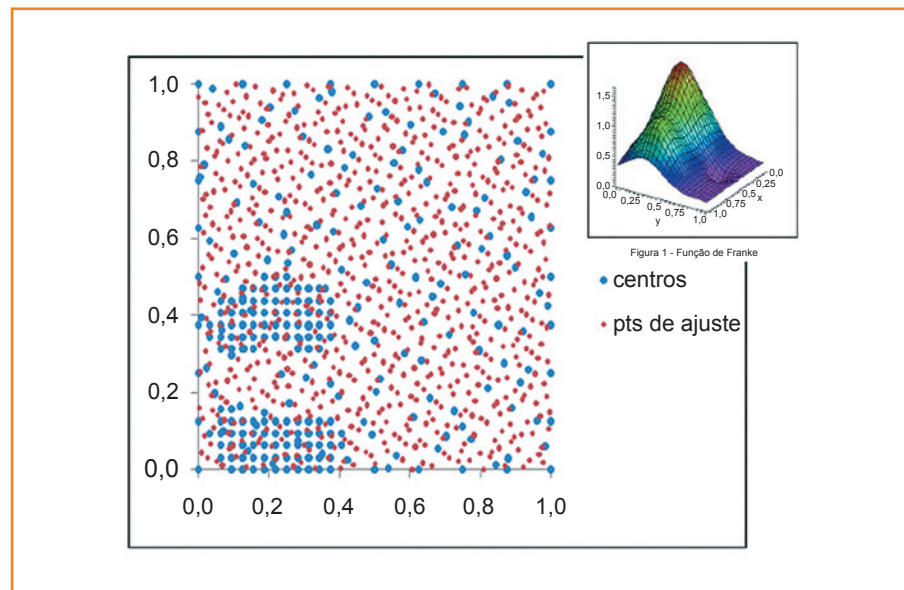


Figura 61

Malha para ajuste com ênfase nos maiores valores do gradiente, obtida através do uso de funções radiais.

Figure 61

Fitted mesh based on high gradient values, obtained by radial functions.

Migração por extrapolação de ondas em 3D. Objetiva investigar métodos rápidos para a migração de dados sísmicos (fig. 62) usando a equação da onda unidirecional em três dimensões. Foram desenvolvidos e

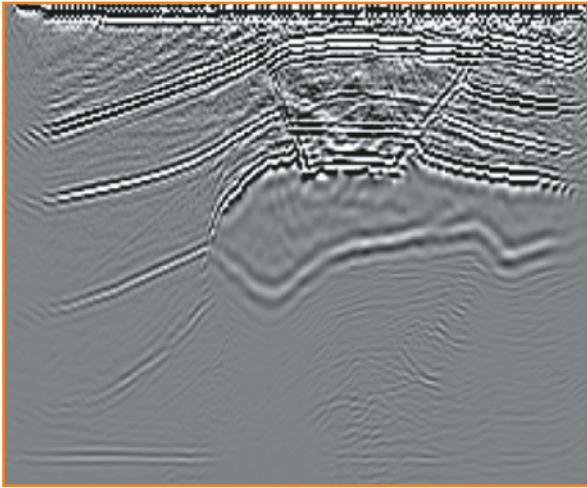
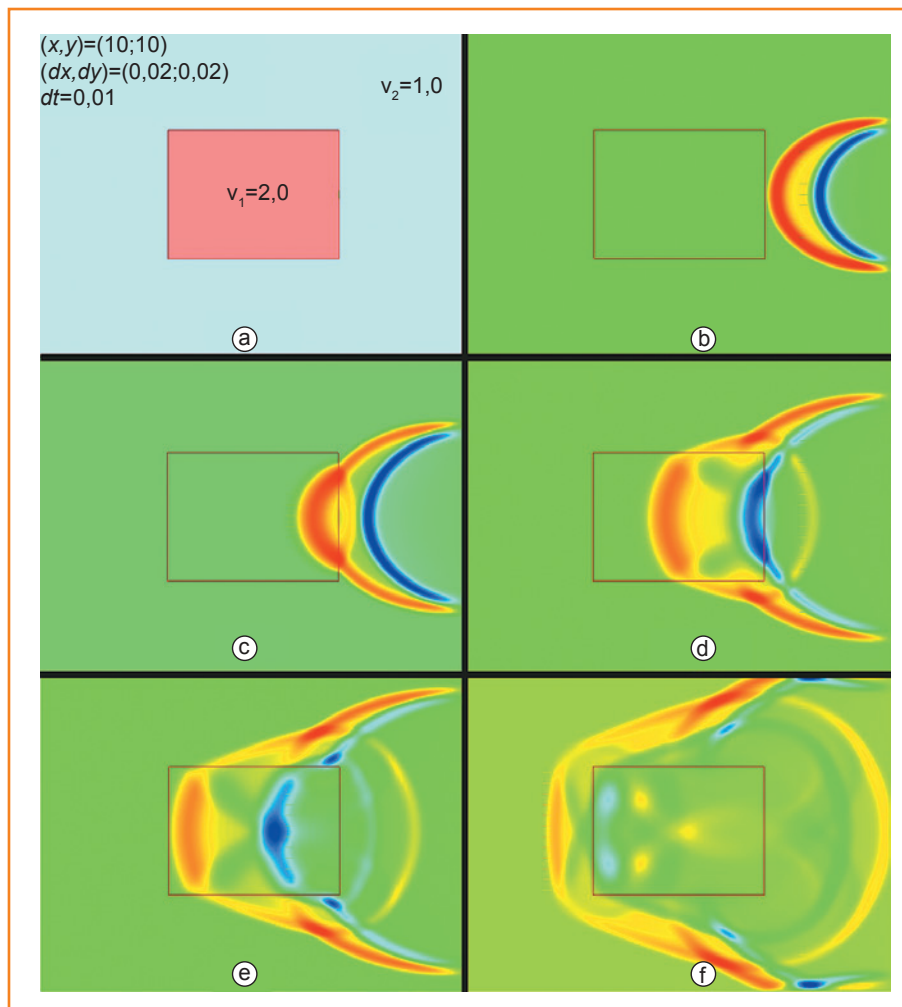


Figura 62 - Resultado da migração 3D com o método RTM-REM (seção cross-line).

Figure 62 - 3D migration obtained by the RTM-REM method (cross-line section).

Figura 63
Simulação da propagação de ondas sísmicas com malha híbrida.

Figure 63
Simulation of seismic wave propagation in a hybrid mesh.



testados algoritmos de migração por deslocamento de fase, migração por diferenças finitas e migração por Fourier FD, todos em três dimensões. A eficiência computacional e a qualidade das seções migradas foram comparadas e discutidas. O material produzido tornou-se uma excelente fonte de referência para os geofísicos que desejarem se aprofundar no assunto e é de interesse direto para a Petrobras. Merece destaque a construção de um operador de diferenças finitas implícito com série de Padé complexa, com *splitting* em quatro direções e correção de Li. Associadas a este projeto, foram realizadas uma tese de doutorado e duas dissertações de mestrado, e uma tese de doutorado e uma dissertação de mestrado se encontram em andamento (Unicamp/UFBA/UFPA, Coordenação: Profs. Joerg Schleicher, Reynam Pestana e Jessé Costa).

Aplicações de geofísica para as arquiteturas atuais de processamento de alto desempenho. Visa aperfeiçoar a versão paralelizada da aplicação já existente no Cenpes, que modela a propagação de ondas sísmicas. Pretende otimizar procedimentos da aplicação-alvo (fig. 63), particularmente no que diz respeito ao aproveitamento das diferentes tendências atuais em computação de alto desempenho. Foram propostas melhorias no modelo numérico utilizado na Petrobras para a resolução da equação acústica e elástica da onda, foram otimizadas as implementações paralelas em *clusters* de computadores baseados em processadores de múltiplos núcleos, foram desenvolvidos códigos para a utilização de GPUs, foi desenvolvido um *middleware* e estratégias de gerenciamento de execução da aplicação nas arquiteturas-alvo e foram analisadas as ferramentas de desenvolvimento para arquiteturas de alto desempenho *multicore* e em GPUs. Sob este projeto foram desenvolvidas quatro dissertações de mestrado, e três teses de doutorado se encontram em desenvolvimento (UFF, Coordenação: Profa. Cristina Bôeres).

Rede de Geoquímica (Regeoq)

A Rede de Geoquímica atua na identificação de novas demandas, novas possibilidades e novas ideias ligadas à Geoquímica Orgânica e à Geoquímica do Petróleo, visando garantir o alinhamento de sua carteira de projetos às estratégias da Petrobras e à gestão dos recursos humanos, materiais e financeiros. Compartilha o conhecimento gerado e as pesquisas que desenvolve em parceria com as universidades e institutos de pesquisa, objetivando solucionar os desafios tecnológicos enfrentados na exploração e produção de petróleo e gás. Objetiva também construir parcerias sustentáveis e de longo prazo, tornando a comunidade de ciência e tecnologia brasileira uma referência em Geoquímica Orgânica e do Petróleo.

Gestores: Eugênio Vaz dos Santos Neto (2006-2010) e Ramsés Capilla (2010-).

Instituições: UnB, Unicamp, UFRGS, UFRJ, UFF, UERJ, Cetem, PUC-RJ, UENF, UFBA, UFPI e UFPA (fig. 64).

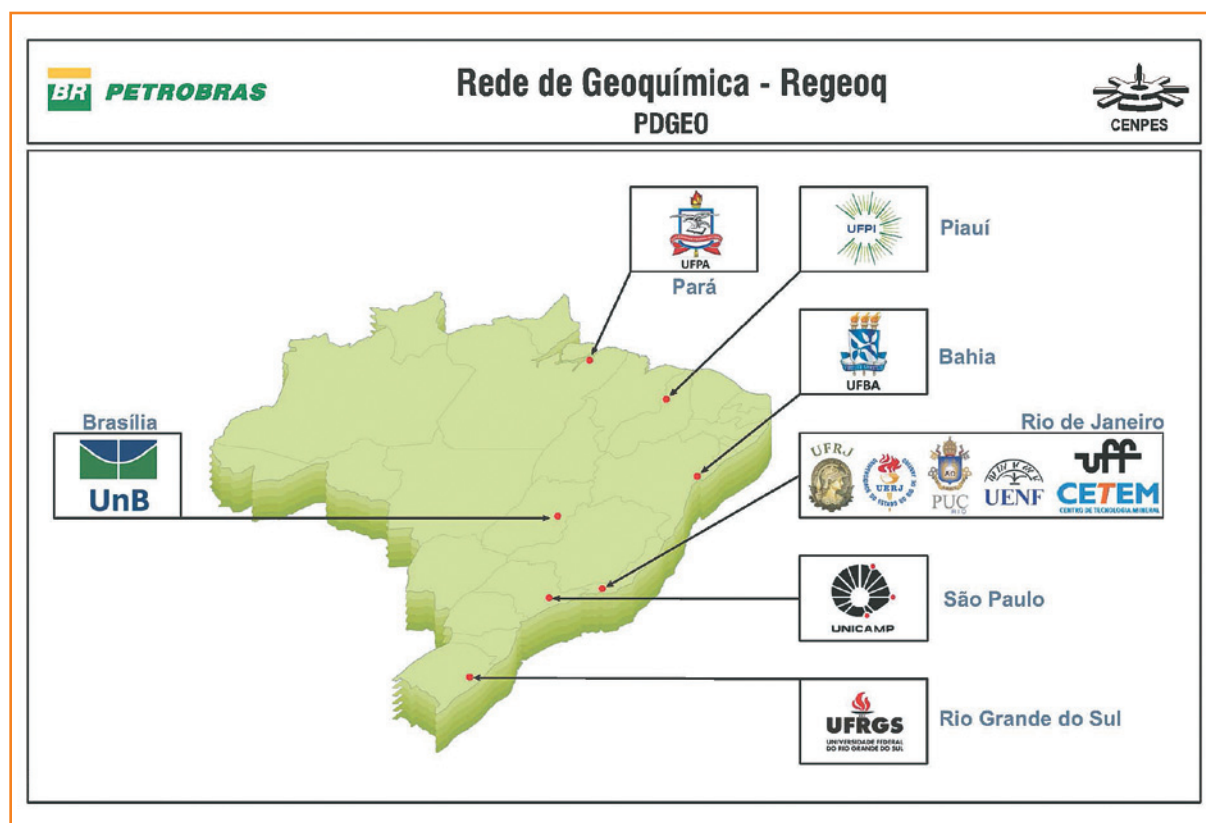


Figura 64 - Instituições participantes da Rede de Geoquímica.

Figure 64 - Geochemistry Network.

Infraestrutura

Laboratório ThoMson do Instituto de Química da Unicamp. Inclui a aquisição e instalação de equipamentos tais como um espectrômetro de massas de altíssima resolução (ESI-FT-MS) (fig. 65), utilizado para o desenvolvimento de métodos analíticos rápidos e eficientes de caracterização de petróleo bruto e derivados (Petroleômica). Em meados de 2009 o processo de instalação e calibração dos equipamentos foi concluído e a

partir de então foi dado início às pesquisas e ao desenvolvimento metodológico para as análises de amostras de petróleo, o que contribuiu para que o Laboratório ThoMSon tenha se tornado uma referência mundial em espectrometria de massas. Os significativos e inovadores resultados analíticos ali obtidos estão sendo utilizados em projetos para obtenção de novos parâmetros para a caracterização geoquímica de origem, maturação e biodegradação do petróleo (Coordenação: Prof. Marcos Eberlin).



Figura 65 - Infraestrutura laboratorial e equipamentos (ESI-FT-MS) do Laboratório ThoMSon de Espectrometria de Massas - Unicamp.

Figure 65 - Laboratory infrastructure and equipment (ESI-FT-MS) of the ThoMSon Laboratory of Mass Spectrometry at Campinas State University.

Laboratório de Geoquímica Orgânica do Instituto de Química da Unicamp. No contexto dos estudos vinculados à biodegradação de petróleo, foi promovida a ampliação da infraestrutura analítica em Química, Metagenômica e Biocatálise para consolidar uma rede de pesquisa pluridisciplinar em Geoquímica Orgânica e Biodegradação do Petróleo. Juntamente com a ampliação e adequação do espaço físico do laboratório, foram adquiridos equipamentos de última geração (fig. 66) para análises químicas e geoquímicas, tais como: LC-MS/MS, GC-MS, GC, GC-IRMS, MPLC e GC-MS/MS. Este laboratório foi o primeiro do gênero a ser instalado fora da Petrobras/Cenpes, no contexto do programa de Redes Temáticas, estando apto a desenvolver novas linhas de pesquisa para suporte às atividades de E&P do setor petróleo no país (Coordenação: Prof. Francisco Reis).



Figura 66 - Imagens de equipamentos e da infraestrutura analítica do Laboratório de Geoquímica Orgânica do Instituto de Química da Unicamp.

Figure 66 - Images of equipment and analytical infrastructure of the Chemistry Institute, Laboratory of Organic Geochemistry at Campinas State University.

Centro Pluridisciplinar de Pesquisas Químicas, Biológicas e Agrícolas (CPQBA). Infraestrutura renovada, com implementação dos novos laboratórios da Divisão de Recursos Microbianos (DRM) e da Coleção Brasileira de Micro-Organismos de Ambiente e Indústria (fig. 67). Com as novas instalações, esta coleção será ampliada e a DRM-Unicamp está caminhando para se tornar um Centro de referência na área biológica no país (Coordenação: Profa. Valéria Merzel).



Figura 67 - Novas instalações do Centro Pluridisciplinar de Pesquisas Químicas, Biológicas e Agrícolas (CPQBA) da Unicamp.

Figure 67 - New premises of the Multidisciplinary Center for Chemical, Biological and Agricultural Research at Campinas State University.

Laboratório de Palinofácies da UFRJ. Ampliação e adequação da infraestrutura e aquisição de micropilador a *laser* acoplado a GC-MS, visando a implantação de novas técnicas analíticas para determinar a composição de partículas orgânicas microscópicas presentes em rochas geradoras (fig. 68). Os resultados potenciais deste laboratório trarão um melhor conhecimento sobre o comportamento composicional dos asfaltenos e dos biomarcadores ocluídos em suas estruturas, de acordo com a variação do ambiente deposicional, do tipo de querogênio e do grau de evolução térmica da rocha geradora (Coordenação: Prof. João Graciano Mendonça Filho).

Figura 68 - Laboratório de Palinofáceis e Petrografia Orgânica da UFRJ.

Figure 68 - Palynofacies and Organic Petrography Laboratory at Federal University of Rio de Janeiro.



Laboratório de Engenharia e Exploração de Petróleo (Lenep) da UENF, Macaé (RJ). Ampliação da capacidade analítica em Geoquímica Orgânica pela aquisição de cromatógrafo a gás (CG) acoplado a extrator térmico e pirólizador de amostras, visando estudos de rochas geradoras (fig. 69). Estes equipamentos ampliam a capacidade de pesquisa na área de Geoquímica de Reservatórios, permitindo a caracterização de óleos pesados, fator importante para a ampliação do fator de recuperação em campos maduros (Coordenação: Profa. Eliane de Souza).



Figura 69
Laboratório de Geoquímica
Orgânica do Lenep (UENF).

Figure 69
Organic Geochemistry
Laboratory at Norte
Fluminense State University.

Laboratório de Geoquímica Orgânica da UFRGS. Ampliação e adequação da infraestrutura de laboratórios e aquisição de reator Parr (fig. 70), analisador elementar, CG (ionização por chama/ condutividade térmica) e GC-MS, com enfoque em estudos de hidropirólise. Este laboratório tem potencial para realizar investigações na caracterização avançada de rochas geradoras, contribuindo ao entendimento dos sistemas petrolíferos das bacias brasileiras (Coordenação: Prof. Wolfgang Kalkreuth).

Figura 70 - Reator Parr, dedicado ao estudo de rochas geradoras. Laboratório de Geoquímica Orgânica do Instituto de Geociências da UFRGS.

Figure 70 - Parr reactor in the Laboratory of Organic Geochemistry at Federal University of Rio Grande do Sul.



Pirolisador Rock-Eval e analisador elementar no Centro de Tecnologia Mineral (MCTI/Cetem). Além destes equipamentos, foi modernizado o laboratório de preparação de amostras do Cetem (fig. 71), infraestrutura que tem por objetivo determinar os parâmetros geoquímicos para caracterização de rochas geradoras de petróleo (COT, C total, S total, S1, S2, Tmax e S3). Tais investigações constituem a rotina analítica básica que é conduzida para a avaliação do potencial de rochas geradoras e para o entendimento do comportamento dos sistemas petrolíferos (Coordenação: Dr. Arnaldo Alcover).



Figura 71 - Laboratório de Geoquímica e Preparação de Amostras do Cetem.

Figure 71 - Geochemistry and Sample Preparation Laboratory at Mineral Technology Center.

Centro de Isótopos Estáveis da Faculdade de Geologia da UERJ. Ampliação e adequação da infraestrutura de laboratórios e aquisição de CG, GC-IRMS e analisador elementar (fig. 72), para ampliar a capacidade em análises isotópica de carbono em compostos específicos e determinação isotópica de carbono e nitrogênio em extratos de rochas e óleos. Tais análises têm importância em estudos estratigráficos e de paleoambientes deposicionais, além de auxiliar na caracterização avançada de óleos e de rochas geradoras (Coordenação: Prof. René Rodrigues).



Figura 72 - Cromatógrafo gasoso no Laboratório do Centro de Isótopos Estáveis da UERJ.

Figure 72 - Gas chromatographer, Stable Isotopes Laboratory at Rio de Janeiro State University.

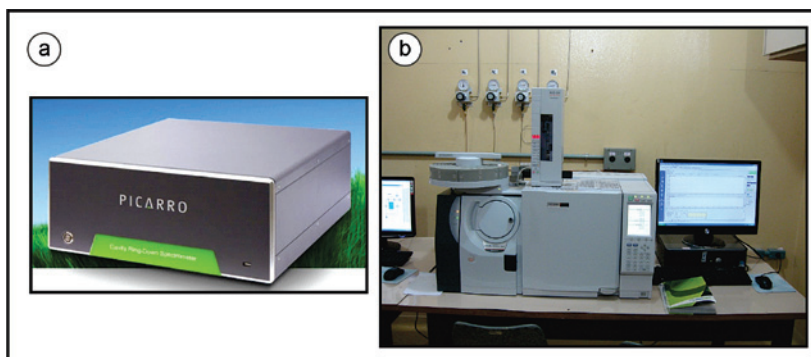
Laboratório de Isótopos do Instituto de Física da UFBA. Aquisição de *Gas-Bench* e amostrador automático de H/Device para espectrômetro de massas e GC-MS e analisador elementar (C, N, S, H) com interface para acoplamento ao MS, com vistas à caracterização isotópica de águas de reservatórios e de carbonatos nelas dissolvidos. Implementação da técnica de espectroscopia a *laser* (Picarro) para a caracterização isotópica ($\delta^2\text{H}$ e $\delta^{18}\text{O}$) de águas de formação (fig. 73). Este conjunto de equipamentos para a análise isotópica em águas vai permitir a condução de pesquisas com fluidos aquosos da Bacia do Recôncavo, área em avançado estágio exploratório e onde a compreensão da dinâmica elementar no espaço poroso dos reservatórios de petróleo e nos aquíferos superficiais se faz importante (Coordenação: Prof. Antonio Expedito Azevedo).

Figura 73

Laboratório de Física Nuclear da UFBA. a) Analisador Picarro. b) Amostrador automático de H para espectrômetro de massa de razão isotópica.

Figure 73

Nuclear Physics Laboratory at Federal University of Bahia.
a) Picarro Analyzer. b) Automatic H sampler to isotope ratio mass spectrometer.



Laboratório de Isótopos da UnB. Adequação da infraestrutura e aquisição de IRMS (para análise de isótopos de O, C, N, S e H) e de cromatógrafo de íons (fig. 74). O objetivo principal desta instalação é desenvolver a capacidade analítica nacional para isótopos de S tanto em reservatórios de petróleo quanto em óleos biodegradados, como elemento-chave à caracterização do paleambiente deposicional de suas correspondentes rochas geradoras (Coordenação: Prof. Roberto Ventura).

Figura 74 - Laboratório de Geoquímica Isotópica da UnB. Detalhe do IRMS para análises de isótopos de O, C, N, S e H.

Figure 74 - Laboratory of Isotope Geochemistry at Brasília National University.



Laboratório do Instituto de Química da UFF (fig. 75). Instalação e aparelhamento de laboratórios isentos de possibilidade de contaminação de materiais, para quantificação de hidrocarbonetos em



Figura 75 - Laboratório de Geoquímica Orgânica da UFF, equipado com GC, GC/MS e espectrofotômetro de fluorescência.

Figure 75 - Organic Geochemistry Laboratory at Fluminense Federal University.

amostras de sedimentos marinhos coletadas por *piston core* e de superfície. Aquisição de CG, GC/MS e espectrofotômetro de fluorescência. Tal laboratório é de grande importância para atuar como infraestrutura de ponta em pesquisas geoquímicas de fluidos e de rochas/sedimentos (Coordenação: Profa. Kátia Leal).

Laboratório de Geoquímica Orgânica do Departamento de Química da UFPI. Ampliação e adequação da infraestrutura e aquisição de LC-MS/MS, GC-MS/MS, GC-MS (*headspace*) e GC/MS-TOF, objetivando capacitar este núcleo na caracterização de biomarcadores por técnicas avançadas de análise em Geoquímica (fig. 76). Esta estrutura laboratorial tem importância estratégica e de capacitação para a Região Nordeste do país, visando também fixar pesquisadores naquela área pela oferta do estado da arte em infraestrutura analítica (Coordenação: Prof. José Arimatéia Lopes).



Figura 76 - Laboratório de Geoquímica Orgânica (UFPI). Prédio e infraestrutura interna do LAGO. Único laboratório de Geoquímica Orgânica do nordeste brasileiro.

Figure 76 - Laboratory of Organic Geochemistry at Federal University of Piauí.

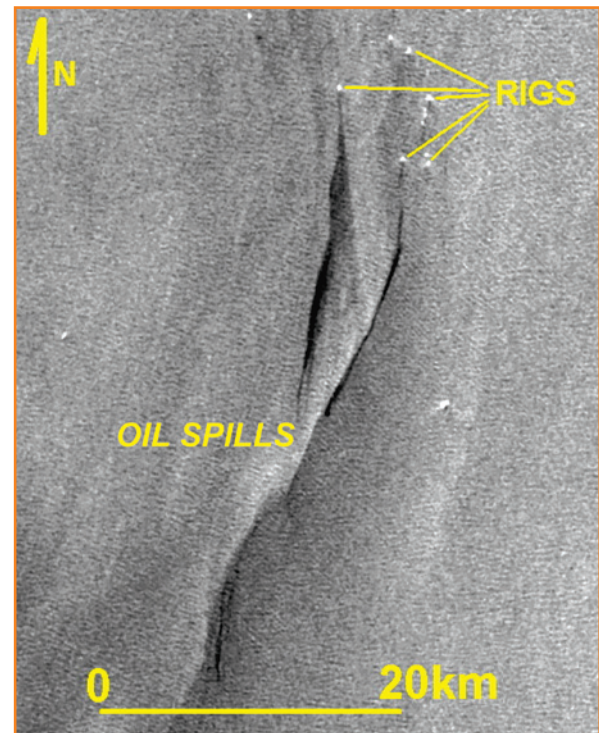
Pesquisa e Desenvolvimento

Monitoramento de exsudações e derramamentos de óleo no Golfo do México através de imagens de satélites (fig. 77). Este projeto teve como principal objetivo o estabelecimento das bases científicas

para a definição de novas fronteiras exploratórias na margem continental brasileira a partir da utilização de imagens de radar na detecção de exsudações naturais de óleo em área previamente conhecida. (UFRJ/Coppe, Coordenação: Prof. Fernando Pellon de Miranda).

Figura 77 - Imagem Radarsat evidenciando *oil slicks* na área investigada - Golfo do México.

Figure 77 - Radarsat image showing *oil slicks* in the investigated area, at Gulf of Mexico.



Petrolômica: novos métodos de caracterização rápida e abrangente de petróleo bruto e seus derivados via Espectrometria de Massas FT-MS de altíssima resolução. Este projeto utiliza o que existe de mais avançado em estudos de petróleo e derivados, através de técnicas de Espectrometria de Massas com ESI-FT-ICR, MS. Como destaque destas pesquisas, um artigo delas derivado foi assunto de capa em 2010 na revista *Analytical Chemistry*, (fig. 78) reconhecida como a mais conceituada fonte



Figura 78
a) Capa da revista *Analytical Chemistry* (2010), com publicação dos primeiros resultados de pesquisas utilizando o ESI-FT-ICR, MS e b) da Unicamp.

Figure 78
a) *Analytical Chemistry* (2010), with the publication of the first results of research with the use of the ESI-FT-ICR MS and b) at Campinas State University.

de referência na área de Química Analítica. Estes estudos vêm sendo realizados em parceria entre a Unicamp e a Gerência de Geoquímica do Cenpes. Neste projeto, objetivou-se o estabelecimento de ferramentas de predição da origem e da evolução térmica de petróleos a partir do conhecimento da composição detalhada de seus compostos polares. Além destas técnicas analíticas, foi necessário o desenvolvimento de um aplicativo computacional, o PetroMS, que superou os limites tecnológicos de *softwares* comerciais utilizados até então. Deste projeto resultaram várias publicações em periódicos científicos tanto nacionais quanto no exterior, além da formação acadêmica de seis Doutores e de um Mestre (Unicamp/IQ, Coordenação: Prof. Marcos Eberlin).

Estudo multidisciplinar de biodegradação. Tem como objetivo a identificação de novos biomarcadores em petróleo e o diagnóstico de novos parâmetros de biodegradação, além da síntese de biomarcadores para estudos em GC-MS, simulações de biodegradação e variação da razão isotópica de óleos com o aumento dos processos de biodegradação (fig. 79). Os resultados obtidos permitiram a identificação de novos genes e *operons* envolvidos nos processos de degradação de óleo nos reservatórios, trazendo novos entendimentos destes processos complexos de transformação do petróleo. Novos achados a partir da abordagem com metagenômica possibilitaram a caracterização de sequências gênicas responsáveis pela degradação de óleos. Um fator de grande importância nestas pesquisas é a obtenção e o estudo de uma coleção de clones metagenômicos representantes da microbiota de reservatórios, com potencial de utilização na busca de biocatalisadores para uso em processos industriais e/ou biotecnológicos (Unicamp/IQ, Coordenação: Prof. Francisco Reis).



Figura 79 - Laboratório de Metagenômica e Biocatalítica na Unicamp.

Figure 79 - Metagenomics and Biocatalysis Laboratory at Campinas State University.

Faciologia orgânica, maturação térmica e modelagem geológico-geoquímica de sequências sedimentares paleozoicas, mesozoicas e cenozoicas. Neste projeto busca-se o desenvolvimento de métodos para o estudo da maturação térmica em fácies orgânicas nas quais os métodos convencionais (Reflectância da Vitrinita) apresentam baixa resolução (fig. 80). O método consiste nas análises de %COT e caracterização de palinofácies. No método quantitativo para determinar a maturação térmica, foi desenvolvido o índice da transmitância da matéria amorfa (ICTMOA), como indicador de maturidade termal em rochas geradoras de petróleo provenientes de fácies sapropélicas, o que se torna útil na ausência de outros elementos orgânicos tais como vitrinitas e esporomorfos. Esta técnica envolve a medida do espectro de luz branca transmitida através da matéria amorfa, cujo valor está relacionado às mudanças na coloração da matéria orgânica amorfa presente na rocha como resposta ao aumento da temperatura no ambiente da bacia sedimentar. Os resultados obtidos até o presente momento mostraram-se significativos para a

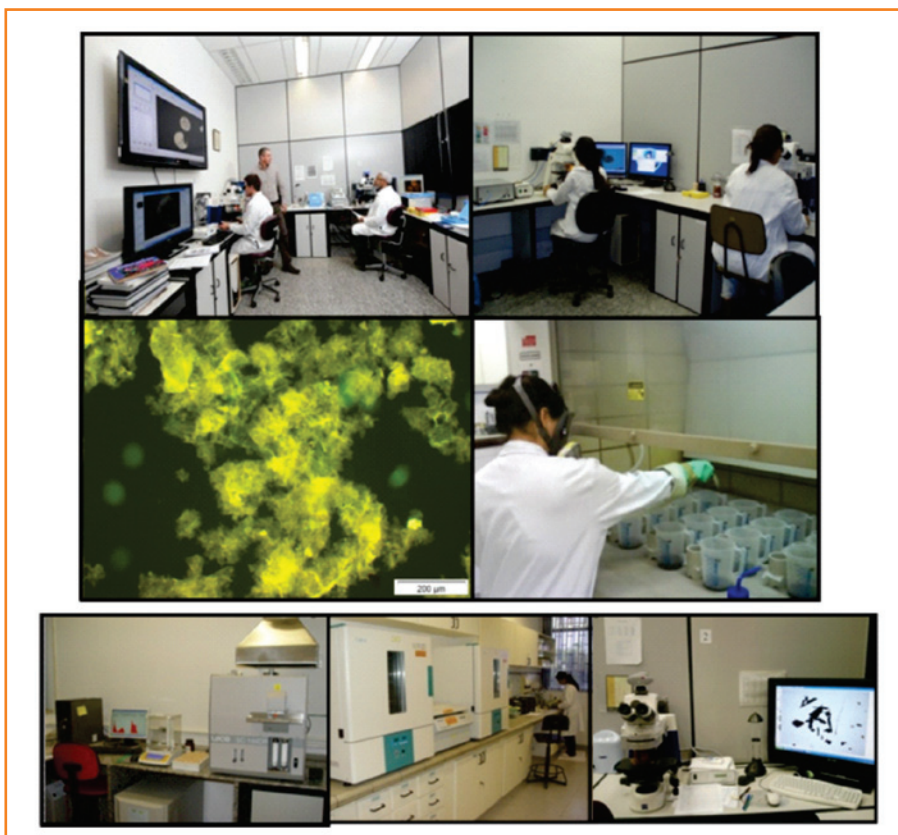
caracterização faciológica e de maturação em rochas desprovidas dos paleotermômetros convencionais (UFRJ/IG, Coordenação: Prof. João Graciano Mendonça Filho).

Figura 80

Laboratório de Palinofácies e Fácies Orgânica da UFRJ. Estudos de maturação térmica de seqüências sedimentares.

Figure 80

Palynofacies and Organic Geochemistry Laboratory at Federal University of Rio de Janeiro. Thermal maturation of sedimentary sequences studies.



Estudo geoquímico de resinas e asfaltenos por hidropirólise. Objetiva o desenvolvimento de metodologia para o estudo e caracterização de componentes polares e sua relação com a composição do querogênio e sua evolução térmica (fig. 81), resultados analíticos que trarão melhor conhecimento sobre o comportamento composicional dos asfaltenos e dos biomarcadores ocluídos em suas estruturas. A partir destes estudos, se desenvolverá uma nova ferramenta para interpretação de processos tais como misturas de óleos, compartimentação de reservatórios e eventos de biodegradação intercalados com novos episódios de migração e preenchimentos de reservatórios (UFRJ/IG, Coordenação: Prof. João Graciano Mendonça Filho).



Figura 81 - Laboratório de Palinofácies e Fácies Orgânica da UFRJ, utilizado para estudos de hidropirólise e asfaltenos.

Figure 81 - Palynofacies and Organic Geochemistry Laboratory at Federal University of Rio de Janeiro. Hydropyrolysis and asphaltenes studies.

Aplicação da técnica de CG-Bidimensional, com detector por tempo de voo, no estudo de sistemas petrolíferos brasileiros. Projeto tem como objetivo uma maior resolução analítica do sistema de CGxCG-EM (fig. 82). Estas análises permitem o mapeamento de famílias de compostos característicos para situações geológicas particulares, aumentando o potencial da técnica. Alguns óleos já analisados por esta técnica, como por exemplo os da Bacia do Recôncavo, forneceram novas informações geoquímicas que aprimoraram o entendimento do sistema petrolífero daquela área (UFRJ/IQ, Coordenação: Prof. Francisco Radler).

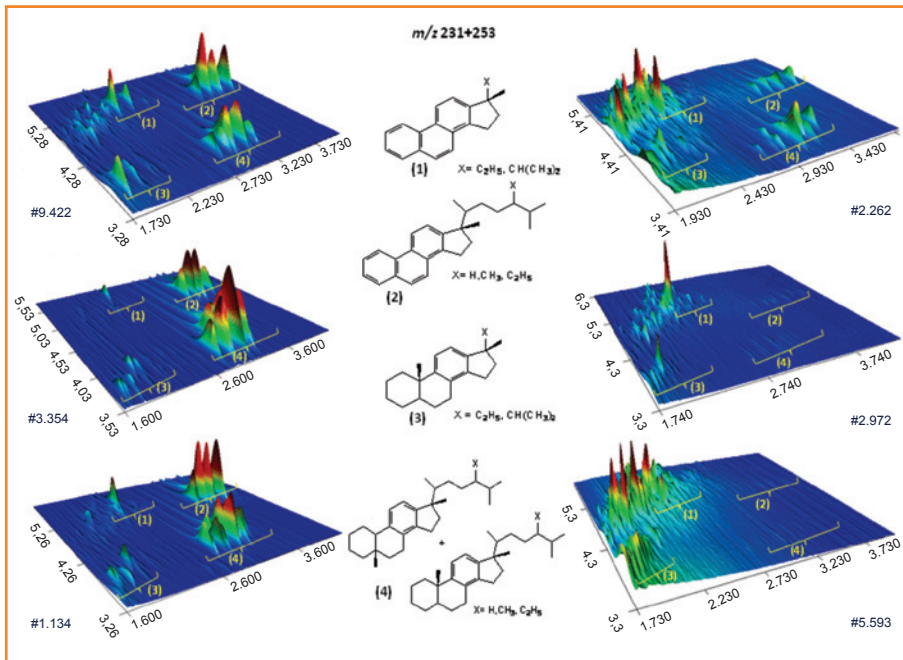


Figura 82

Técnica de GCxCG (Bidimensional Abrangente). Detector por tempo de voo.

Figure 82

Bidimensional gas chromatography technique with flight time detector.

Otimização de métodos de Geoquímica Inorgânica para a análise de cátions, ânions e elementos-traço em amostras de água de alta salinidade. Objetiva o estudo da composição de águas de formação produzidas em campos de petróleo, para fins de modelagem geoquímica (fig. 83). A indústria de petróleo, em seu segmento de produção, tem como efluentes águas de alta salinidade,

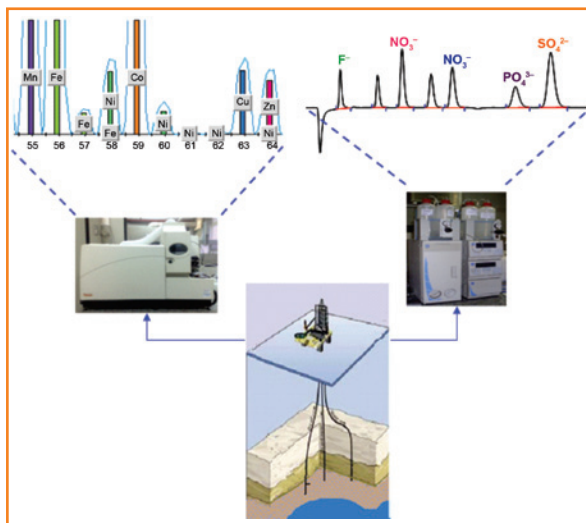


Figura 83 - Perfis analíticos geoquímicos de salinidade de água de formação, obtidos a partir de métodos de Geoquímica Inorgânica em análises de cátions, ânions e elementos-traço.

Figure 83 - Salinity geochemical analytical profiles of a formation water obtained from trace elements and ionic analysis.

cuja caracterização é dificultada pela sua matriz complexa. Contudo, devido ao grande volume de água produzida durante a extração do petróleo, o estudo de seus constituintes se torna fundamental para um descarte adequado. Para isso, o emprego de técnicas analíticas que possam auxiliar na determinação dos constituintes destas águas se torna importante, pois permite uma melhor caracterização da toxicidade das mesmas (UFF/IQ, Coordenação: Prof. Ricardo Santelli).

Espectroscopia Raman aplicada à determinação de composição de inclusões fluidas aquosas em rochas sedimentares de sistemas petrolíferos. Este projeto mede a concentração de metano em inclusões fluidas aquosas de rochas de bacias sedimentares, com vistas à modelagem de sua história evolutiva (fig. 84). O efeito de dispersão Raman consiste em colisões inelásticas vibracionais entre moléculas poliátômicas ou grupos moleculares que causam mudanças de energia em um feixe de *laser* monocromático interagindo com fluidos. A técnica permite a identificação molecular, *in situ*, não destrutiva, de compostos minerais ou orgânicos. O projeto contempla dois objetivos distintos: determinar por microscopia Raman a concentração de CH₄ em inclusões fluidas aquosas, contemporâneas ou não a inclusões de petróleo, presentes em minerais diagenéticos; e determinar por microscopia Raman a presença e a concentração de CO₂, CH₄, H₂S, N₂ e outras moléculas em inclusões fluidas aquo-carbônicas contemporâneas ou não a inclusões de petróleo, encontradas em minerais diagenéticos (MCTI/Cetem, Coordenação: Dr. Reiner Neumann).

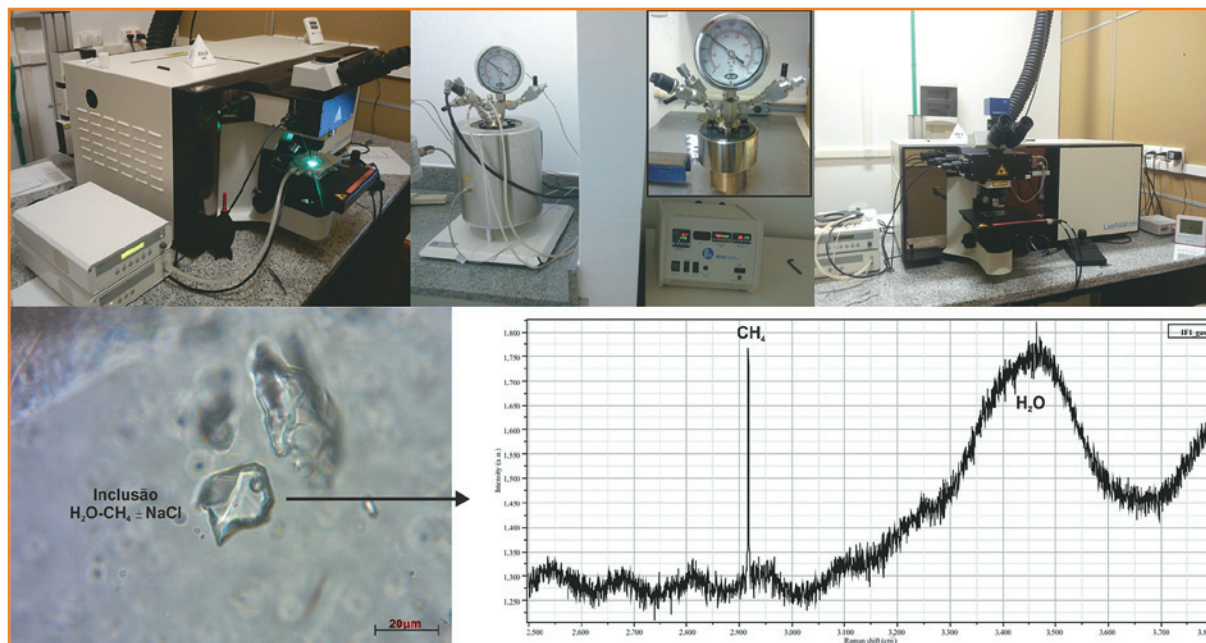


Figura 84 - Espectroscopia Raman para medir a concentração de metano em inclusões fluidas.

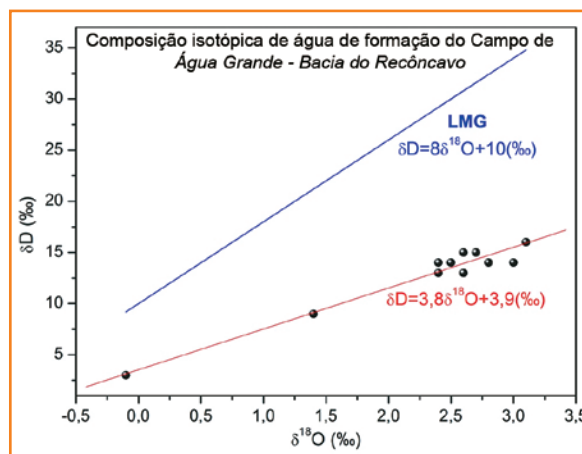
Figure 84 - Raman spectrometry used to evaluate methane concentration in fluid inclusions.

Estudo da composição isotópica de H e O em águas de formação, e composição isotópica do C em carbonatos dissolvidos na água de formação e em compostos específicos de óleos da Bacia do Recôncavo (fig. 85). O principal objetivo é a confecção de uma base de dados para estudos de conexão/compartimentação de reservatórios e de invasão de águas meteóricas, e também para avaliação de técnicas de reinjeção, migração e misturas de fluidos. Em termos práticos foram caracterizadas marcas isotópicas de diferentes corpos de água, e verificada a conexão do reservatório petrolífero Açú com o aquífero Açú e caracterizada a marca isotópica da água de formação destes reservatórios. Em poços da Bacia Potiguar, a

técnica permitiu identificar a presença de água de injeção e a da água do reservatório, em diferentes poços amostrados (UFBA/IQ, Coordenação: Prof. Antonio Expedito Azevedo).

Figura 85 - Gráfico da composição isotópica de H e O de água de formação, Bacia do Recôncavo, BA.

Figure 85 - H and O isotopic composition of a formation water from the Recôncavo Basin, NE Brazil.



Análise isotópica de carbono ($\delta^{13}\text{C}$) de hidrocarbonetos leves (C_1 a C_4) em baixas concentrações (menos de 1.000ppm). Desenvolvimento de um método analítico em que esses compostos são investigados com o emprego de criogenia, onde o nitrogênio líquido é utilizado para o aumento das concentrações relativas desses hidrocarbonetos antes da determinação isotópica. Os valores de $\delta^{13}\text{C}$ obtidos, principalmente os relativos ao metano de alguns poços, foram comparados àqueles obtidos na Geoquímica do Cenpes, que analisou os gases oriundos de testes PVT, presentes em concentrações mais elevadas. Os valores são muito próximos, o que motivou o envio, à PUC-RJ, de amostras de gases oriundos de inclusões fluidas, também presentes em concentrações mais baixas. De forma análoga, testes comparativos foram feitos em alguns poços e os resultados foram considerados ótimos, da mesma ordem de grandeza dos resultados armazenados no banco de dados da GEOQ. Isso pode trazer uma série de informações novas sobre determinadas áreas de estudo de bacias sedimentares brasileiras, nas quais já não estão disponíveis gases produzidos em testes mais antigos. As pesquisas são realizadas em equipamentos de última geração como os espectrômetros mostrados (fig. 86) (PUC-RJ, Coordenação: Profa. Angela Wagener).



Figura 86 - Laboratório Geoquímico do Centro Técnico-Científico da PUC-RJ.

Figure 86 - Geochemistry Laboratory of the Technical-Scientific center at Pontifical Catholic University of Rio de Janeiro.

Estudo geoquímico dos hidrocarbonetos em carbonatos do Neoproterozoico do Cráton Amazônico e da Faixa Paraguai (fig. 87). O objetivo é a determinação da origem da matéria orgânica, do tipo de querogênio e de eventuais transformações nos hidrocarbonetos causadas por eventos magmáticos, com implicações ao entendimento do sistema petrolífero da vizinha Bacia dos Parecis. Estudos estão sendo realizados a partir de dados de isótopos de enxofre ($\delta^{34}\text{S}$) em CAS e sulfetos. As amostras analisadas são oriundas principalmente das formações Mirasol d'Oeste e Guia. Como formação acadêmica associada ao projeto, quatro teses foram desenvolvidas (UFPA/IG, Coordenação: Prof. Candido Moura).



Figura 87 - Afloramento de calcário de idade neoproterozoica, com cavidades preenchidas por betume.

Figure 87 - Bitumen-filled cavities developed on neoproterozoic carbonates.

Produtividade na ressurgência costeira de Cabo Frio: interação atmosfera - hidrosfera (fig. 88). O projeto Ressurgência se divide em três subprojetos, que atuam multidisciplinarymente visando a

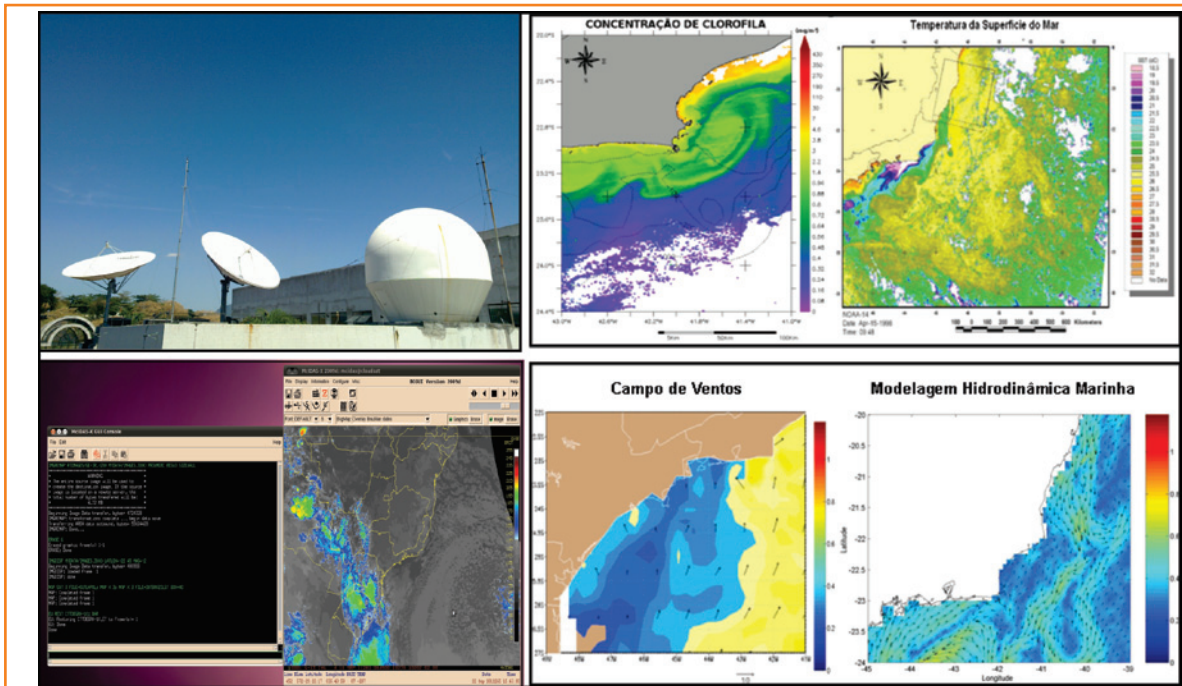


Figura 88 - Conjunto de antenas para aquisição de dados. Modelos e imagens de dados físicos (atmosfera e hidrosfera) da Região Costeira de Cabo Frio, RJ.

Figure 88 - Array of receptors supporting atmospheric and hydrological data acquisition.

compreensão integrada das interações atmosfera-hidrosfera-biosfera-geosfera, cujo propósito é caracterizar os parâmetros físicos, químicos, biológicos e geológicos que atuam na ressurgência da Região de Cabo Frio, RJ. O objetivo do subprojeto UFRJ/Coppe é investigar o comportamento de parâmetros ambientais em regime climático e não climático na plataforma continental de Cabo Frio, através de sensoriamento remoto e modelagem oceano-atmosfera. Recentemente, foi adquirida nova antena de aquisição de dados disponibilizados pela European Organisation for the Exploitation of Meteorological Satellites (EumetSat). Em termos acadêmicos, dois alunos de iniciação científica, um mestrando e um doutorando realizam pesquisas vinculadas a este projeto (UFRJ/Coppe, Coordenação: Prof. Audálio Torres Jr.).

Ressurgência costeira de Cabo Frio: interação hidrosfera-biosfera. Nesta parte do projeto, os objetivos são caracterizar a geometria, os estoques e processos biogeoquímicos no depósito lamoso na plataforma continental de Cabo Frio, como subsídio para modelagem de depósitos ricos em matéria orgânica e correlação de eventos oceanográficos à produtividade primária e à acumulação/preservação de matéria orgânica (fig. 89). Busca-se com isso contribuir para a construção de modelos preditivos a serem aplicados a outros períodos geológicos. Atualmente tem-se o único experimento de recuperação de fundo oceanográfico de coleta contínua (mais de 820 dias) em andamento em toda a margem oeste do Atlântico Sul, fato inédito para este tipo de pesquisa. Os resultados preliminares confirmam a presença de múltiplas fontes sedimentares para a plataforma (continentais e marinhas), cuja MO se apresenta em

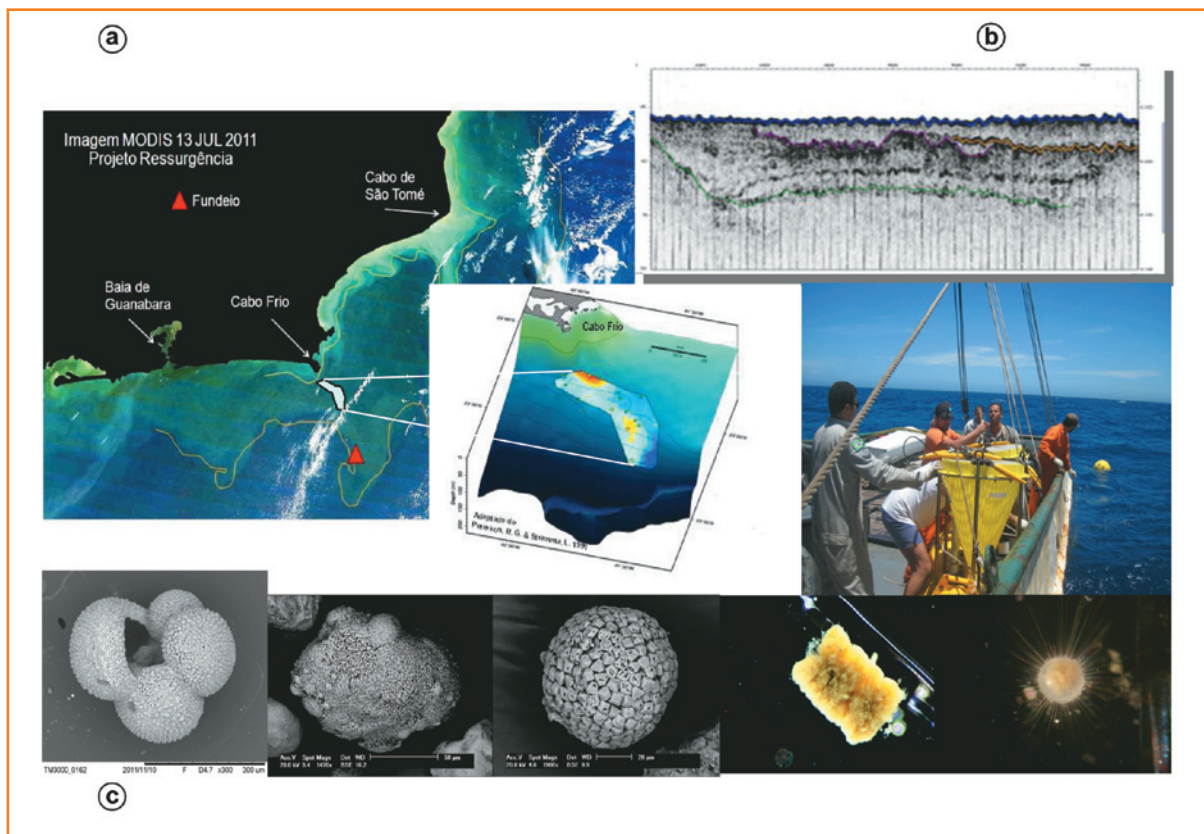


Figura 89 - a) Localização do banco lamoso estudado pelo Projeto Ressurgência, plataforma de Cabo Frio, RJ; b) Detalhe de uma feição sísmica com possível paleolaguna e c) Material coletado nas armadilhas e em testemunhos.

Figure 89 - a) Muddy bank under studies, Resurgence Project, Cabo Frio platform region; b) Detail of seismic section suggesting the existence of a paleolagunar feature and c) Trap and cores samples.

diferentes estados de preservação. O uso de *proxies*, como a razão entre espécies de foraminíferos planctônicos (*G. ruber* e *G. bulloides* - razão Gr:Gb), possibilitou a reconstituição do potencial de ressurgência ao longo dos últimos 13 mil anos na Região de Cabo Frio. As inter-relações da presença das Águas Centrais do Atlântico Sul (ACAS) com o paleoclima local, regional e até global tem sido consideradas. Como formação de recursos humanos, até o momento existem cinco doutoramentos em andamento, três dissertações de mestrado concluídas e sete em andamento, com nove bolsistas e 21 estudantes de iniciação científica. Mais de 80 artigos já foram submetidos e publicados em revistas especializadas e em eventos científicos (UFF/IQ, Coordenação: Profa. Ana Luiza Albuquerque).

Ressurgência costeira de Cabo Frio: Interação biosfera-geosfera, subprojeto. Esta parte do projeto busca o estabelecimento de modelos que expliquem os diversos aspectos ligados aos chamados eventos oceanográficos relacionados à produtividade primária e à acumulação e/ou preservação de matéria orgânica, objetivando uma modelagem de depósitos ricos em matéria orgânica. Busca também o entendimento dos processos biogeoquímicos nos sedimentos superficiais e os eventos diagenéticos que atuam sobre tais depósitos (fig. 90). Incluem-se nestas pesquisas os estudos de geomicrobiologia (enzimas, carbono bacteriano total e atividade respiratória bacteriana); palinofácies e palinologia; química e bioquímica (dosagem de pigmentos, proteínas, carboidratos e lipídios); identificação de microalgas (diatomáceas e cianobactérias); virologia; ciliados e metagenômica. Como formação acadêmica associada, foram concluídas duas dissertações de mestrado, uma monografia de graduação, estando outra em andamento, com seis trabalhos publicados em eventos científicos (UFRJ/IG, Coordenação: Prof. João Graciano Mendonça Filho).

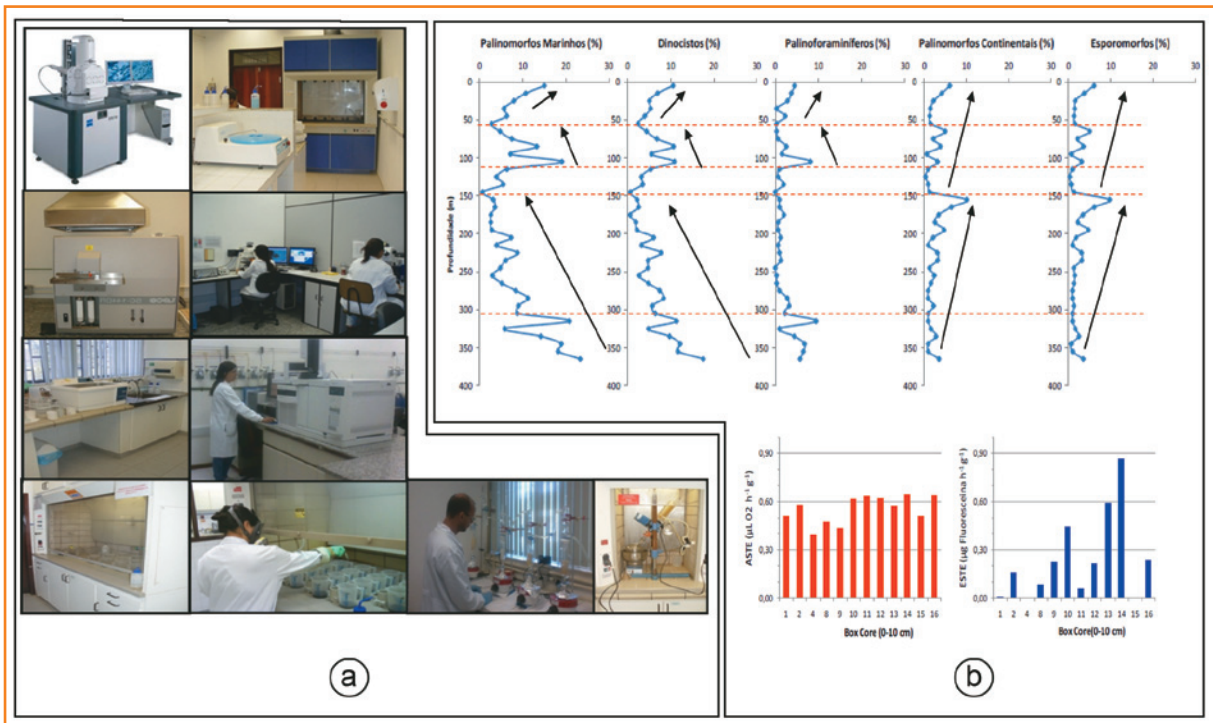


Figura 90 - a) Laboratório e equipamentos para análises biogeoquímicas dos sedimentos da Região de Cabo Frio, RJ e b) Dados de palinóforos e resultados analíticos das esterases e desidrogenases obtidas a partir dos sedimentos.

Figure 90 - a) Biogeochemistry laboratory and equipments, Cabo Frio research area and b) Results of some of the analysis performed.

Rede de Micropaleontologia Aplicada (Repaleo)

A Repaleo promove pesquisas nas áreas de biocronoestratigrafia e paleoecologia aplicadas às demandas tecnológicas da Exploração e Produção. Um importante objetivo da rede é fornecer subsídios para a formação e especialização de mão de obra brasileira qualificada em biocronoestratigrafia, além de patrocinar a implementação de infraestrutura adequada à atuação destas equipes, fundamentais para o desenvolvimento de projetos de pesquisa e execução de serviços técnicos para a Petrobras. Principais temas de atuação da rede: biocronoestratigrafia e paleoecologia do Pré-Cambriano, Paleozoico, Mesozoico e Cenozoico; bioestratigrafia e paleoecologia de seções carbonáticas; bioestratigrafia de alta resolução; reconstruções paleobiogeográficas, paleoecológicas e paleoclimáticas do Paleozoico ao Cenozoico; calibração geocronológica de biozonas e limites zonais; estratigrafia química e magnetoestratigrafia.

Gestor: Oscar Strohschoen Jr. (2008-).

Instituições: UnB, UFRGS, Unisinos, UFRJ, UERJ, UFF, UFPE, USP, Museu Paraense Emilio Goeldi, UFRN, UFPR e Unesp (fig. 91).

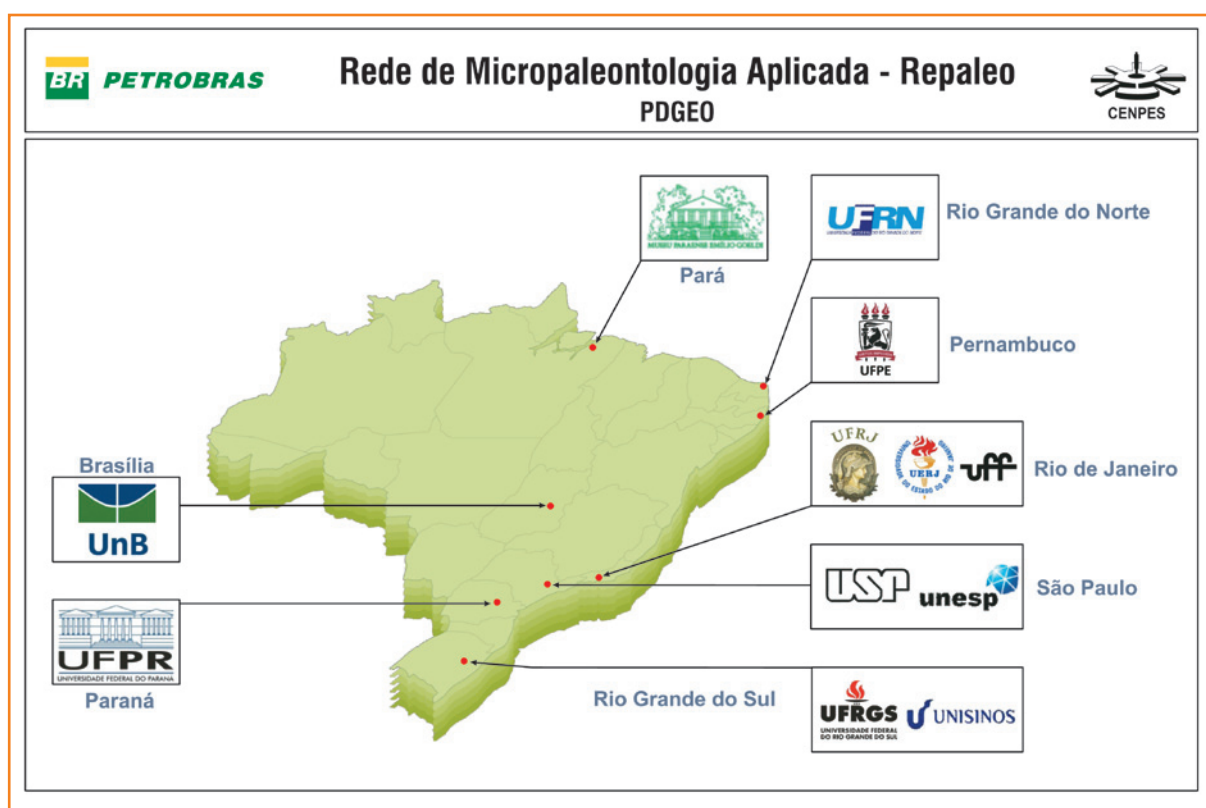


Figura 91 - Instituições participantes da Rede de Micropaleontologia Aplicada.

Figure 91 - Applied Micropaleontology Network.

Infraestrutura

Projeto de infraestrutura laboratorial no Departamento de Geologia da UFPE. Objetiva a capacitação da Universidade para a realização de pesquisas e estudos em Micropaleontologia. O projeto possibilitou

ampliar e modernizar a infraestrutura do Laboratório de Paleontologia do Departamento de Geologia CTG-UFPE (Paleolab). Houve reformas físicas de três salas do laboratório e a duplicação da sua área, com a construção de 170m² de novos espaços para a coleção científica de macro e microfósseis (cerca de 10 mil exemplares) e a preparação de amostras (fig. 92). Além das obras de reforma e ampliação física, o Paleolab recebeu novos equipamentos, como veículo para trabalhos de campo; armários deslizantes para a guarda de fósseis; equipamentos ópticos (lupas; microscópios), computadores e *softwares* (Coordenação: Profa. Alcina M. França Barreto).

Figura 92 - Laboratório de preparação de amostras paleontológicas do Departamento de Geologia da UFPE.

Figure 92 - Paleontology laboratory for sample preparation at Geology Department, Federal University of Pernambuco.



Laboratório de Micropaleontologia da Unisinos. Infraestrutura que visa a realização de pesquisas em micropaleontologia e bioestratigrafia. As novas instalações do Instituto Tecnológico de Micropaleontologia (ITT Fóssil) foram inauguradas em dezembro de 2011. O prédio contempla 1.600m² de área construída e abriga laboratórios de pesquisa em micropaleontologia e bioestratigrafia nos métodos de ostracodes, palinologia, nanofósseis calcários, radiolários, foraminíferos bentônicos e planctônicos, com foco em diferentes bacias sedimentares brasileiras (fig. 93). O Instituto possui uma equipe de 40 pessoas, formada por geocientistas, químicos, técnicos, alunos de graduação, mestrado e doutorado. As pesquisas realizadas no Instituto utilizam equipamentos de laboratório e microscopia adquiridos por meio de projetos na Rede de Micropaleontologia. Em complementação e como contrapartida da pós-graduação em Geologia da Unisinos, foram adquiridos Microscópio Eletrônico de Varredura e analisador de Carbono Orgânico Total (COT), com recursos da Finep. O ITT Fóssil realiza projetos de P&D em micropaleontologia e bioestratigrafia em parceria com a Petrobras desde 2006, tendo já atuado no Cretáceo, Paleógeno e Terciário das bacias de Santos, Campos, Sergipe, Maranhão e Ceará (Coordenação: Prof. Gerson Fauth).



Figura 93 - Laboratório de Micropaleontologia do ITT Fóssil da Unisinos.

Figure 93 - Building of the Micropaleontology Laboratories at Vale do Rio dos Sinos University.

Parque Paleontológico da Bacia de Itaboraí-RJ, iniciativa UERJ. Apoio à estruturação dos laboratórios do Parque de Itaboraí, visando à capacitação de pesquisadores (alunos e professores) para pesquisas, testes e estudos em paleontologia, petrografia e sedimentologia, assim como a preservação e divulgação à sociedade do patrimônio geológico e paleontológico da Bacia de Itaboraí (Coordenação: Profa. Maria Antonieta Rodrigues).

Pesquisa e Desenvolvimento

Radiolários da margem continental brasileira. Estudos taxonômicos (fig. 94) de radiolários e silicoflagelados (microfósseis silicosos utilizados na datação de bacias de todo o globo), visando a elaboração

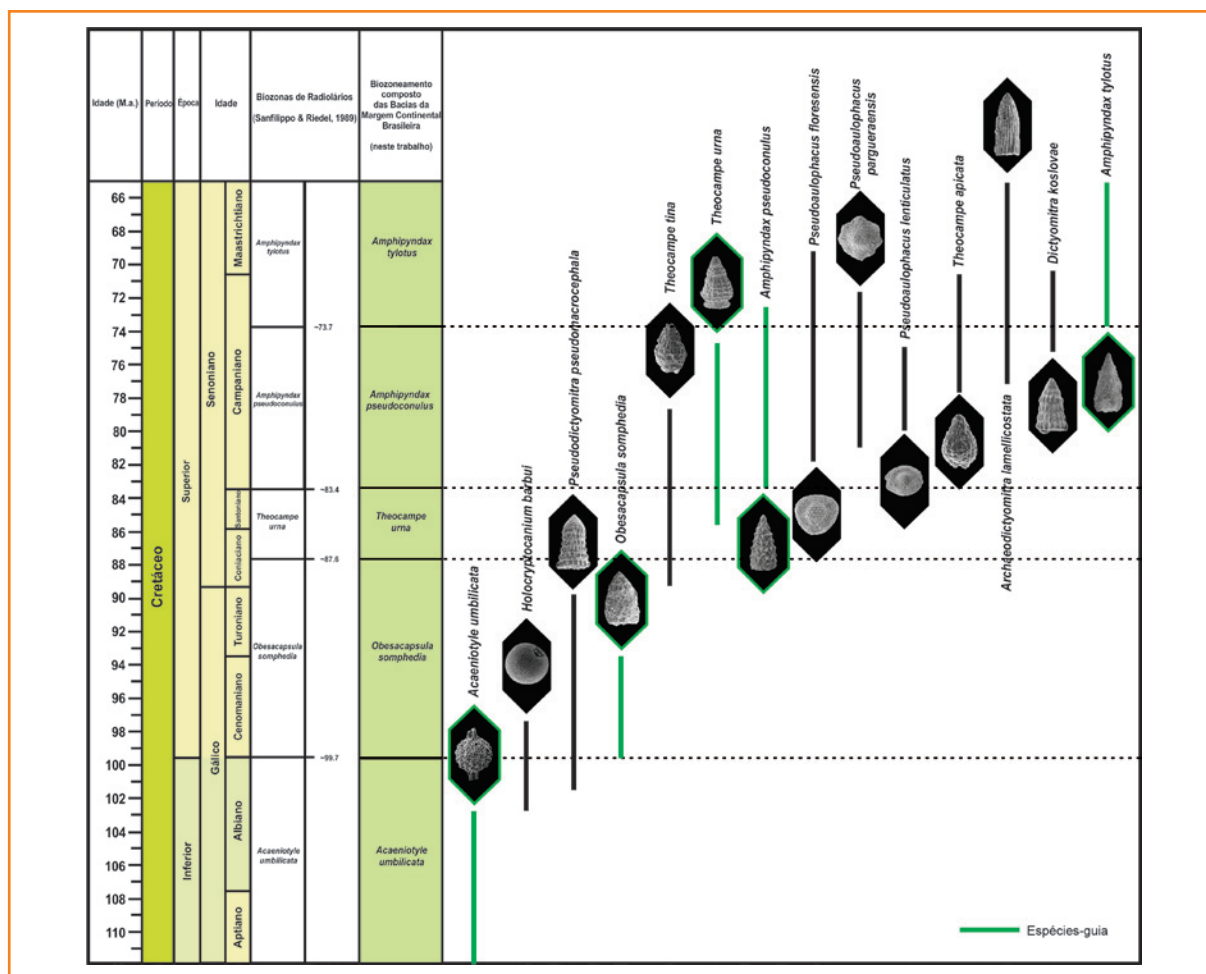


Figura 94 - Registro estratigráfico das espécies-guia e espécies-acessórias das zonas de radiolários do intervalo Albiano-Maastrichtiano.

Figure 94 - Stratigraphic distribution of radiolarian index and accessory species for biozones of the Albian-Maastrichtian interval.

de arcabouço biocronoestratigráfico aplicável às seções marinhas cretáceas e paleógenas das bacias brasileiras, e formação de uma equipe especialista no tema. A análise sistemática permitiu identificar representantes de três ordens, 40 famílias, 109 gêneros e 281 táxons infragenéricos. Entre as espécies identificadas foi possível reconhecer importantes indicadores de idade dos diversos andares do Cretáceo médio ao Superior (Aptiano-Maastrichtiano), bem como do Paleógeno. Diversos bioeventos significativos, identificados nos poços estudados, permitiram a correlação das associações das bacias brasileiras com o zoneamento padrão do Cretáceo e Paleógeno estabelecido para regiões de baixas e médias latitudes (UFRJ, Coordenação: Profa. Valesca Eilert).

Projeto Ostraki. Estudo taxonômico dos ostracodes não marinhos da seção pré-sal das bacias de Santos e Campos, com intuito de refinar o arcabouço biocronoestratigráfico do Andar Alagoas e possibilitar correlações geológicas mais seguras. A espécie que marca a biozona do topo do Andar Jiquiá, bem como outras do Andar Buracica, tem sido foco da revisão taxonômica. Ocorrências de ostracodes de outras bacias, com preservação melhor, foram utilizadas para resolver problemas taxonômicos relacionados à identificação do material. Os resultados obtidos ao longo do projeto permitiram elaborar uma proposta de subdivisão do Andar Alagoas, redefinindo a zona preexistente e propondo subzonas novas. Além disso, com os recursos do projeto, foi possível criar uma infraestrutura modernizada para a pesquisa em micropaleontologia no Instituto de Geociências da UnB. Em termos de recursos humanos e sua formação, o projeto envolveu mais de 20 bolsistas de pós-doutorado, doutorado, mestrado e graduação, bem como a vinda ao Brasil de pesquisadores internacionais, como consultores que ministraram cursos e conferências sobre suas especialidades, estimulando o desenvolvimento de projetos em ostracodes e permitindo inúmeras publicações científicas nesta área, no Brasil (UnB, Coordenação: Prof. Dermeval Aparecido do Carmo).

Projeto Biossantos: compreendeu estudos taxonômicos e bioestratigráficos dos ostracodes marinhos, carófitas e palinomorfos do intervalo Santoniano-Campaniano da Bacia de Santos, caracterizado por forte influxo continental e escassez de marcadores biocronoestratigráficos de distribuição global. Amostras provieram de 14 poços deste intervalo, e a integração dos resultados permitiu, com base na distribuição geográfica e estratigráfica desses microfósseis, a proposição de um arcabouço bioestratigráfico pioneiro no Brasil, composto por cinco biozonas de ostracodes marinhos, seis biozonas de ostracodes parálisos e três biozonas de carófitas (parálisas) (fig. 95), calibradas pelas biozonas de palinomorfos já registradas nas bacias marginais brasileiras para este intervalo cronoestratigráfico (Unisinos, Coordenação: Prof. Gerson Fauth).

Projeto Albiano. O projeto foi constituído por três frentes: estudo taxonômico e bioestratigráfico dos ostracodes do Albiano da Bacia de Santos; estudo dos microfósseis do Albiano-Campaniano da Antártica; desenvolvimento de novas metodologias para recuperação de microfósseis calcários em rochas carbonáticas. O conhecimento taxonômico dos ostracodes e sua distribuição foi refinado através da identificação de 124 táxons, compreendendo 61 gêneros e 20 famílias. Foi proposto um zoneamento bioestratigráfico local com base em ostracodes, pioneiro no Brasil, com a definição de quatro biozonas e três subzonas informais. As diferentes associações de ostracodes reconhecidas caracterizaram quatro paleoambientes distintos: não marinho, transicional, marinho proximal e marinho distal (fig. 96). Para desenvolver novas metodologias para a recuperação de microfósseis calcários em rochas carbonáticas, foram utilizadas amostras cretáceas das bacias Potiguar e de Sergipe. Dos 53 ensaios realizados nesta pesquisa, o ácido acético demonstrou ser o melhor reagente para desagregação das rochas calcárias e posterior recuperação de microfósseis. Mesmo variando parâmetros como temperatura, concentração do reagente, tempo e superfície de contato, este comprovou sua eficiência. Um método inédito para extração de microfósseis foi avaliado e

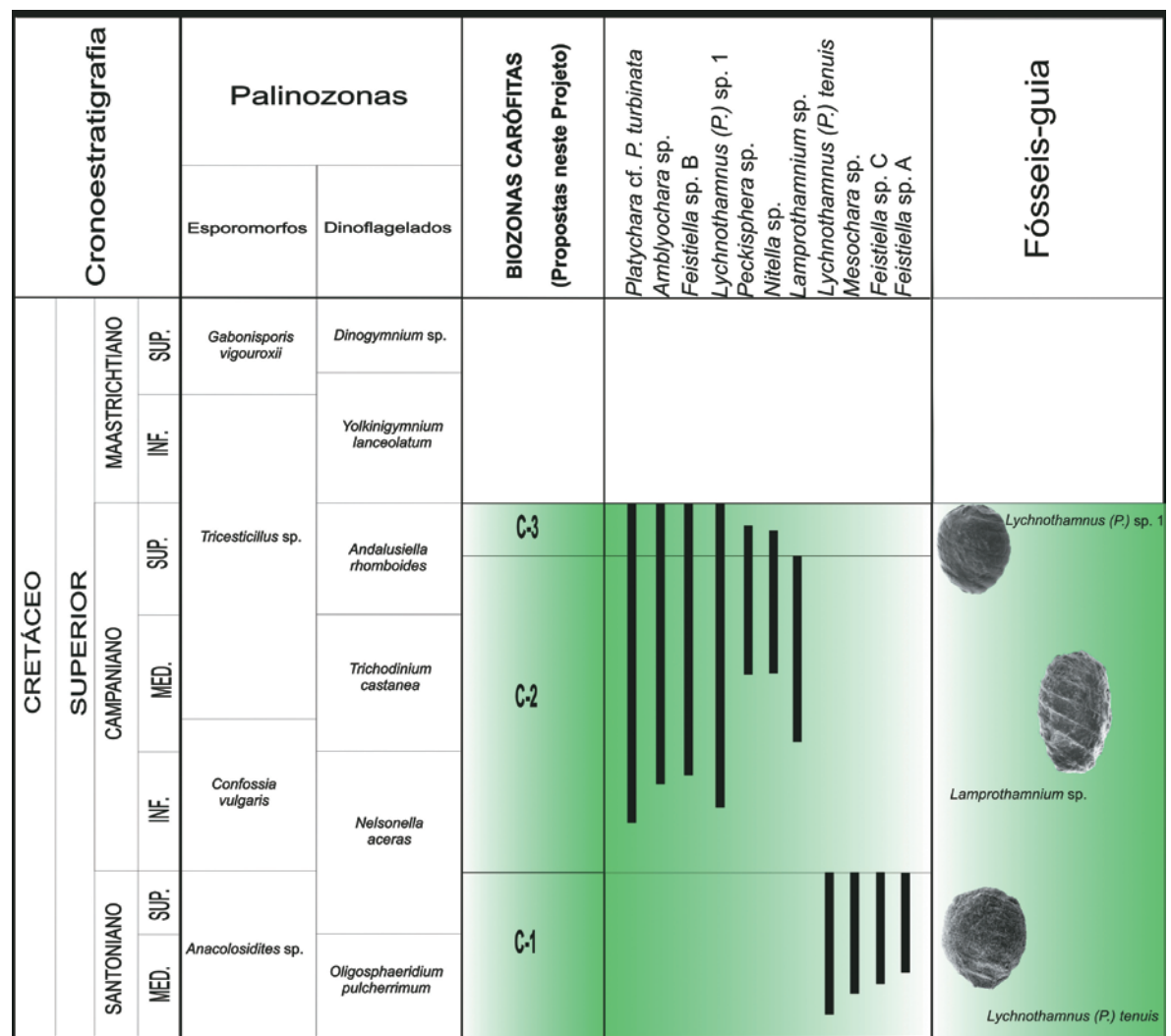


Figura 95 - Zoneamento bioestratigráfico de carófitas da Bacia de Santos.

Figure 95 - Carophytes biozones scheme applied to Santos Basin.

apresentou resultados satisfatórios em comparação com o método padrão (peróxido de hidrogênio). Esta técnica consiste no pré-tratamento da amostra com ácido sulfúrico (ácido forte) seguido do ácido acético (ácido fraco) (Unisinos, Coordenação: Prof. Gerson Fauth).

Micropaleontologia das bacias do Amazonas e Solimões. Refinamento biocronoestratigráfico da seção pensilvaniana-permiana com base em palinologia, conodontes e foraminíferos (fusulináceos e pequenos foraminíferos), com o objetivo de determinar um biozoneamento operacional e internacionalmente calibrado da seção neopaleozoica destas bacias. Poços da Bacia do Acre foram analisados para complementar a datação e correlação da sequência eopermiana, em face de seu caráter marinho mais franco, visto que se originaram de oeste as transgressões permianas que afogaram as bacias do Solimões e Amazonas, ambas mais “proximais” nesse sentido. Para a Bacia do Amazonas os resultados permitem a construção de um novo palinozoneamento, em parte refinando e em parte substituindo as biozonas de miósporos existentes. Na Bacia

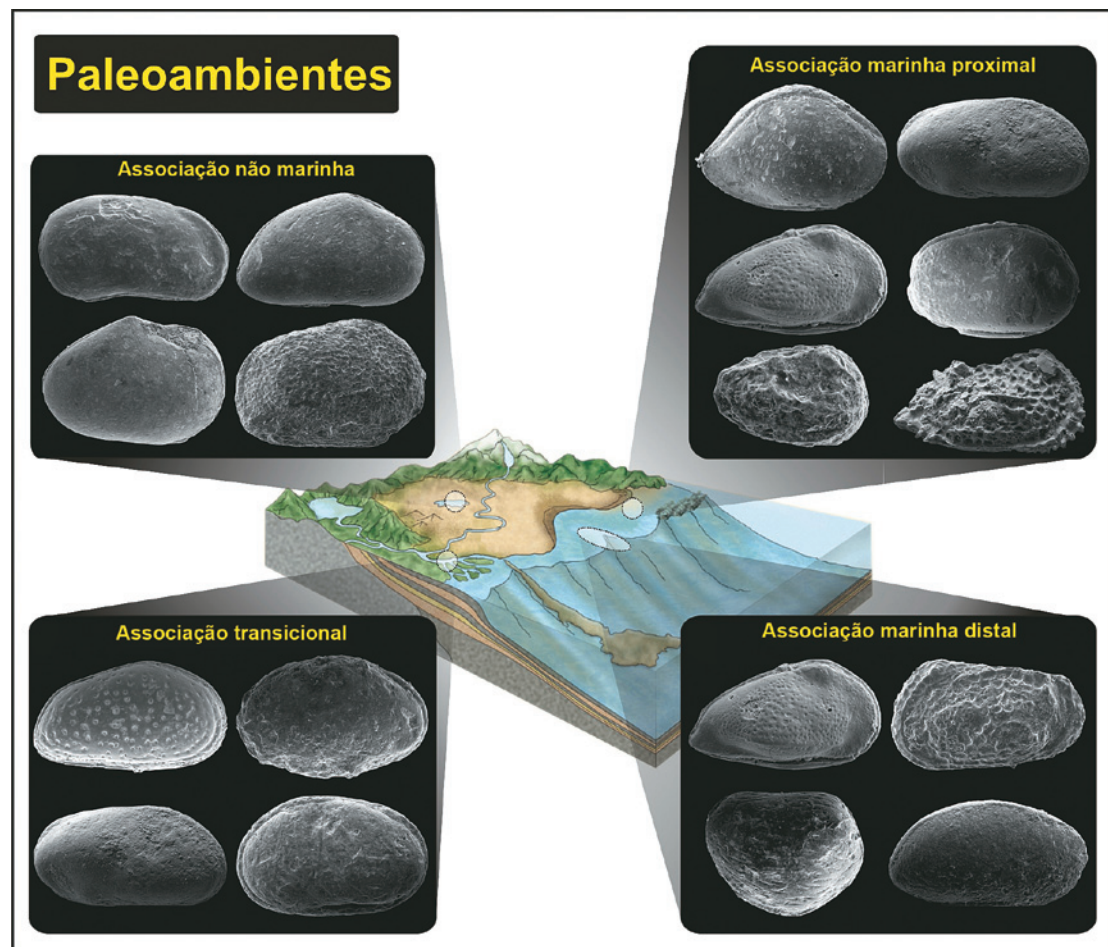


Figura 96 - Associações de ostracodes características dos diferentes paleoambientes para o Albiano das bacias da margem sudoeste do Brasil.

Figure 96 - Ostracod assemblages characteristic of different Albian paleoenvironments from Brazilian SW margin basins.

do Solimões, estas últimas têm revelado aplicabilidade restrita, devendo ser em grande parte substituídas pelo novo zoneamento, atualmente em elaboração. Os biozoneamentos independentes de fusulináceos e pequenos foraminíferos foram mantidos, e de forma integrada, são utilizados atualmente na Petrobras. Eles se encontram em fase de detalhamento no âmbito do projeto, devendo ser estendidos a outras seções de poços das bacias do Amazonas e Solimões, não investigadas anteriormente. Além disso, estão sendo realizadas buscas pioneiras por microfauna marinha na sequência marinha eopermiana (Sakmariano-Artinskiano) das bacias do Amazonas e Acre. Os estudos de conodontes demonstram sua maior aplicabilidade em seções carbonáticas pensilvanianas aflorantes nas bordas da Bacia do Amazonas, onde é possível coletar grande volume de material rochoso (UFRGS, Coordenação: Prof. Paulo Alves Souza).

Projeto Magnetoestratigrafia. Estudos de intensidade do campo magnético em seções sedimentares brasileiras e calibração da curva de paleointensidade relativa para o “período calmo” do Cretáceo (Aptiano-Albiano) visando o aprimoramento das correlações estratigráficas em escala global de seções depositadas neste período, através do estudo da paleointensidade relativa do campo magnético terrestre em seções sedimentares do Brasil e

da Itália. Na primeira fase, mais de 4.500 amostras foram coletadas ao longo de um testemunho italiano de referência para o Período Aptiano e Albiano, com resolução estimada de 3 mil anos. Na porção basal do testemunho foi identificada a reversão "M0". Mais de 900 amostras também estão sendo preparadas para quimioestratigrafia e microbioestratigrafia, que calibrarão as curvas de paleointensidade magnética. Ao final do projeto, esta ferramenta magnetoestratigráfica será diretamente aplicada na correlação estratigráfica de alta resolução dos reservatórios de HC do Aptiano e Albiano brasileiros (USP/IAG, Coordenação: Prof. Ricardo Trindade).

Projeto Ediacarano. Estudo focado na construção do arcabouço biocronoestratigráfico do período Ediacarano brasileiro através do aprimoramento e desenvolvimento de técnicas de preparação de amostras micropaleontológicas adequadas (fig. 97). Quatro técnicas estão sendo testadas e aprimoradas, tendo-se recuperado microfósseis mineralizados e orgânicos de aproximadamente 40 micrômetros nos grupos Paranoá, Bambuí e Corumbá, que se assemelham a gêneros encontrados na China e Austrália. Além da micropaleontologia, também estão sendo empregados estudos sistemáticos de sedimentologia, mineralogia, quimioestratigrafia e biomarcadores, que suportarão as interpretações paleoambiental e estratigráfica. O resultado final deste projeto é diretamente aplicado à exploração de novas fronteiras em bacias proterozoicas brasileiras (UnB, Coordenação: Prof. Detlef Walde).

Figura 97

Testes metodológicos de preparação e recuperação de microfósseis em amostras do Ediacarano do Brasil.

Figure 97

Preparation and recovering of microfossils methodological tests on Ediacarian rock samples from Brazil.



Biocronoestratigrafia das sequências Rife e Pós-Rife da Bacia de Pernambuco. Estudos taxonômicos e bioestratigráficos com base em diversos grupos de microfósseis (palinóforos, ostracodes, foraminíferos planctônicos e bentônicos) das seções rife e pós-rife da Bacia de Pernambuco, visando à construção de arcabouço biocronoestratigráfico operacional e o melhor entendimento do preenchimento sedimentar da bacia, além da formação de uma equipe de especialistas em micropaleontologia em universidade do nordeste brasileiro (UFPE, Coordenação: Prof. Mario Lima Filho).

Rede de Modelagem de Bacias (Remob)

A Rede de Modelagem de Bacias tem como objetivo fomentar o desenvolvimento e aplicação de técnicas de modelagem física e numérica de processos geológicos, contribuindo para a redução dos riscos inerentes às atividades de exploração e produção de petróleo. Na maior parte de seus projetos a Rede busca promover a interação entre a modelagem numérica e a modelagem física – sendo este um desafio científico e tecnológico atualmente perseguido em escala mundial. As ações no âmbito da Rede de Modelagem de Bacias visam à criação de um ambiente de compartilhamento do conhecimento científico-tecnológico entre as instituições de pesquisa nacionais, internacionais e a Petrobras na área de modelagem de processos geológicos, em projetos com significativos impactos nas ciências geológicas aplicadas à exploração e produção de hidrocarbonetos.

Gestor: Marco Antônio Schreiner Moraes (2010-).

Instituições: UFRJ, UFRN, PUC-RS, Unicamp, PUC-RJ, UFSC, UFRGS, USP, UFPE, UFBA, Unisinos (fig. 98).

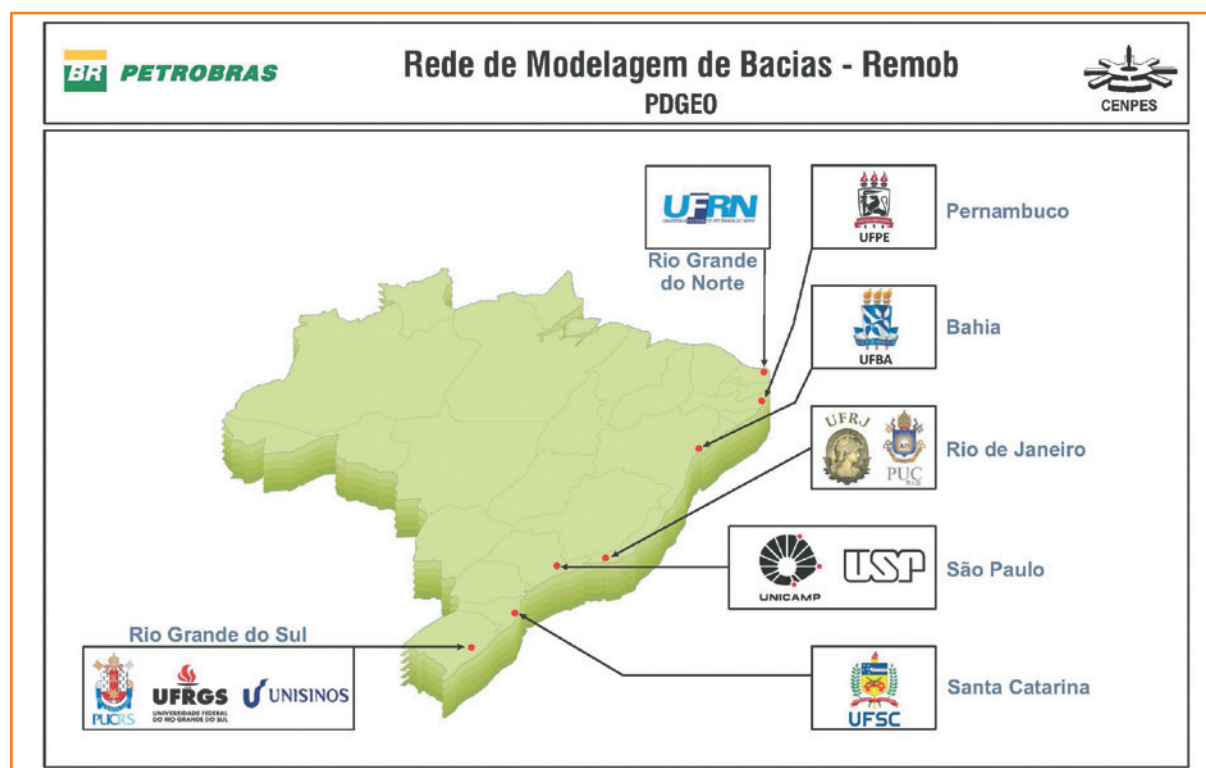


Figura 98 - Instituições participantes da Rede de Modelagem de Bacias.

Figure 98 - Basin Modeling Network.

Infraestrutura

Laboratório de Traços de Fissão no LGI-UFRGS. O método dos traços de fissão (TF) é considerado uma ferramenta bastante útil para estabelecer histórias térmicas de baixa temperatura (< 200°C) das rochas em diferentes contextos geológicos. Entre os diversos geotermocronômetros minerais disponíveis, o método TF utiliza minerais como apatita e zircão. As áreas de atuação do método de termocronologia por traços de fissão em geociências são múltiplas, variando desde a obtenção de idades de litologias relacionadas a episódios

vulcânicos, até a estimativa de denudação, a partir dos modelos de história térmica fornecidos pelos dados TF. Este projeto de infraestrutura visa equipar o Laboratório de Traços de Fissão do LGI/UFRGS com um sistema completo de contagem automática de traços de fissão *Autoscan* (fig. 99) e substituir o atual sistema manual para atender, de forma mais rápida e precisa, a projetos de pesquisa que requeiram informações a respeito da história térmica de bacias sedimentares e do embasamento adjacente. O reconhecimento e a contagem automáticos dos traços de fissão implicam uma redução significativa do tempo de aquisição de dados (em 85%, em relação à aquisição manual – de acordo com *Autoscan System Pty*) e elimina as possibilidades de erros instrumentais aleatórios ou devidos ao fator humano (Coordenação: Profa. Maria Lidia M. Vignol).



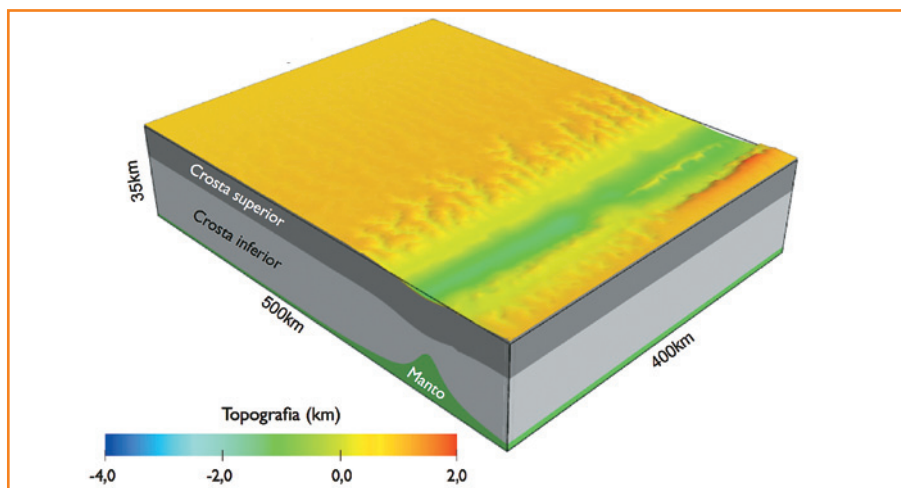
Figura 99 - Sistema automatizado para aquisição de dados de traços de fissão - *Autoscan Deluxe*, composto de um microscópio Zeiss Axio-Imager Z2m motorizado, dois softwares (*Trackworks* e *FastTracks*), 2 monitores de alta resolução LCD 24" e câmera digital a cores.

Figure 99 - Automatic system for fission track data acquisition - *Autoscan Deluxe*, composed of a Zeiss Axio-Imager Z2m, control softwares (*Trackworks* and *FastTracks*), 2 LCD 24" high-resolution monitors and color digital camera.

Laboratório de Tectonofísica do IAG-USP. A montagem do Laboratório de Tectonofísica vai permitir à equipe da USP dispor da infraestrutura física e computacional necessária para o desenvolvimento de algoritmos computacionais na modelagem de processos geológicos, tectônicos e geodinâmicos, em diversas escalas espaciais e temporais (fig. 100). No laboratório também estão sendo desenvolvidas atividades de aquisição, processamento e interpretação de dados geofísicos da litosfera, vínculos necessários à modelagem numérica. O novo laboratório possibilita também o treinamento de bolsistas de iniciação científica e de pós-graduação, atendendo à demanda por formação de recursos humanos (Coordenação: Profa. Naomi Ussami).

Figura 100
Exemplo de produto do Laboratório de Tectonofísica da USP: modelo numérico sintético para a evolução tectonossedimentar de uma margem divergente desde o início do rifteamento.

Figure 100
Example of a product from the USP Tectonophysics Laboratory: synthetic numerical model of the tectono-sedimentary evolution of a divergent margin since the rifting initiation.



Desenvolvimento de fundo móvel automatizado para tanques de simulação física de correntes de densidade, consórcio UFRGS e PUC-RS. Infraestrutura de grande porte, com características singulares no hemisfério sul, para simulação física de correntes de densidade e ensaios de tectônica e sedimentação. O desenvolvimento de um sistema consistindo em um conjunto de pistões que movimentam uma rede de hexágonos acionados remotamente (fig. 101) permite realizar os ensaios de processos de sedimentação sobre um substrato com topografia variável, que reproduz de forma mais realista as condições encontradas nas bacias sedimentares (Coordenação: Prof. Isaac Newton L. da Silva).

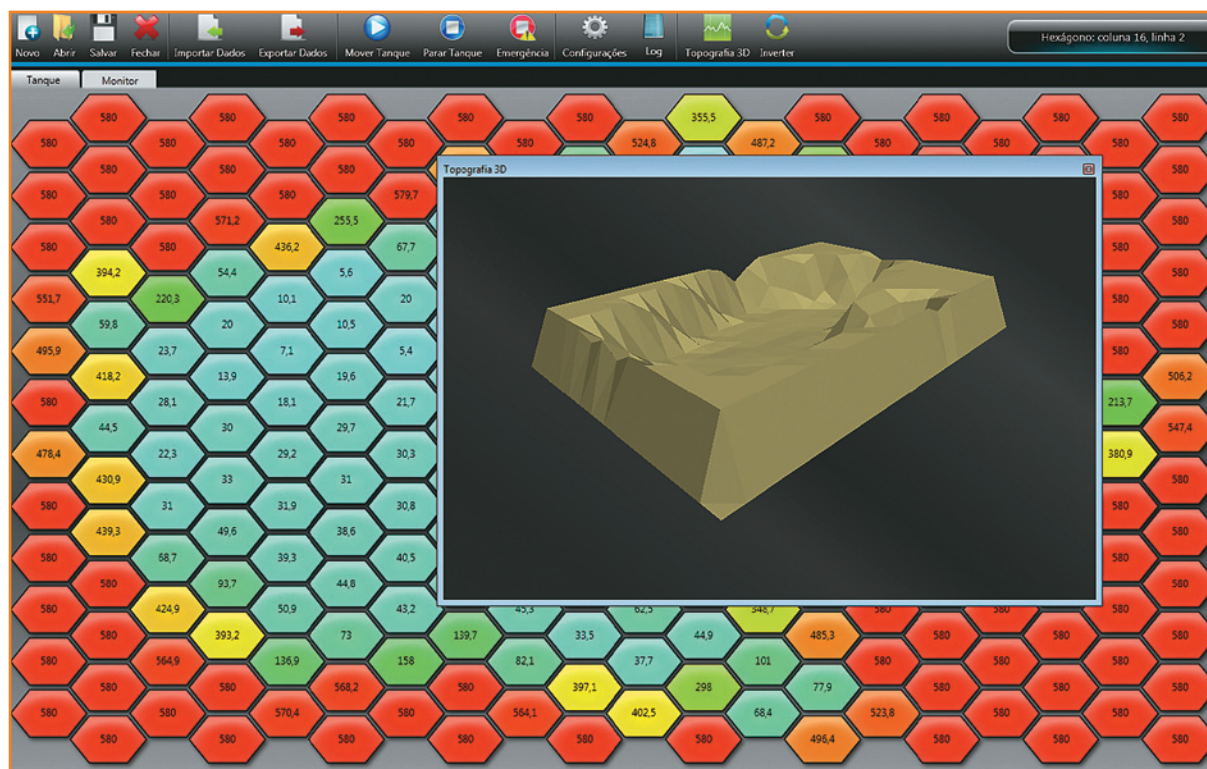


Figura 101 - Interface de controle do sistema automatizado de fundo móvel para os tanques de modelagem física de correntes de densidade. A topografia do fundo (detalhe) é criada a partir da movimentação de um conjunto de hexágonos, que é inteiramente controlada de uma estação de trabalho.

Figure 101 - Interface of the automatic control system for movable substrate of the tanks used for density current physical modeling. The bottom topography (insert) is generated by moving an array of hexagonal elements, which is entirely controlled via a workstation.

Pesquisa e Desenvolvimento

Fluxo de calor e distribuição vertical da produção de calor no embasamento adjacente e no interior da Bacia de Sergipe-Alagoas. Os principais objetivos do projeto são obter o mapa de fluxo térmico para a região do embasamento adjacente e na Bacia de Sergipe-Alagoas; a construção de mapa de espessura litosférica desta mesma área; e o desenvolvimento de modelos para a distribuição vertical da taxa volumétrica

de produção de calor radiogênico nos vários domínios que compõem o embasamento analisado (fig. 102) (UFBA/UFRN, Coordenação: Prof. Roberto M. Argollo).

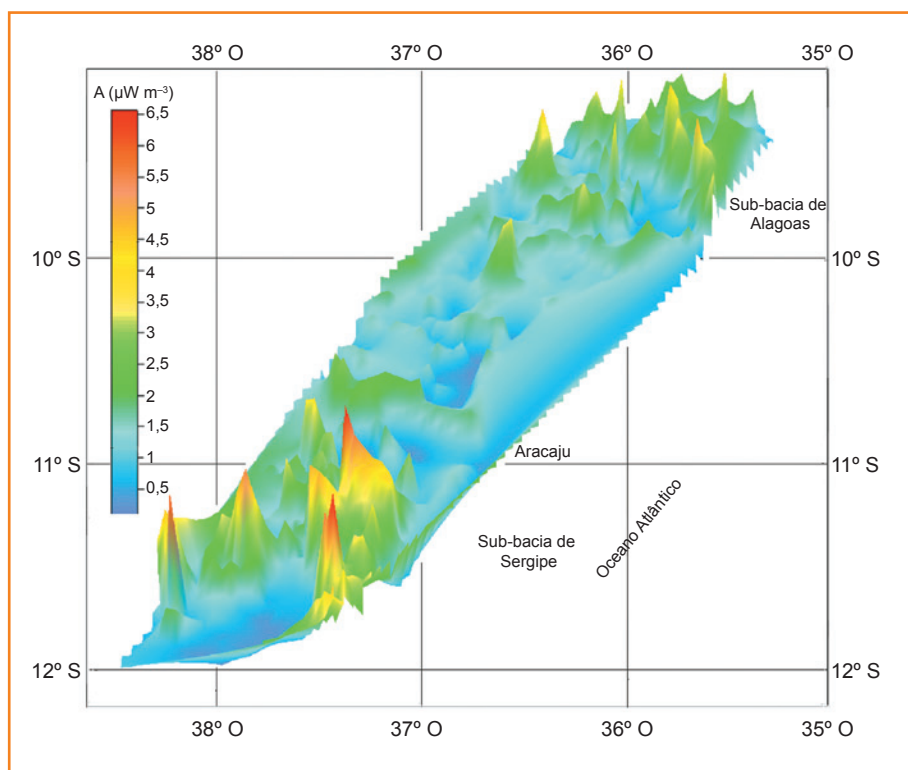


Figura 102

Visão 3D da distribuição da taxa de produção de calor radiogênico no embasamento dos domínios geotectônicos da Faixa Sergipana adjacentes à Bacia Sergipe-Alagoas.

Figure 102

3D image of the radiogenic heat production rate in the basement of different geotectonic domains of the Sergipana Belt adjacent to the Sergipe-Alagoas Basin.

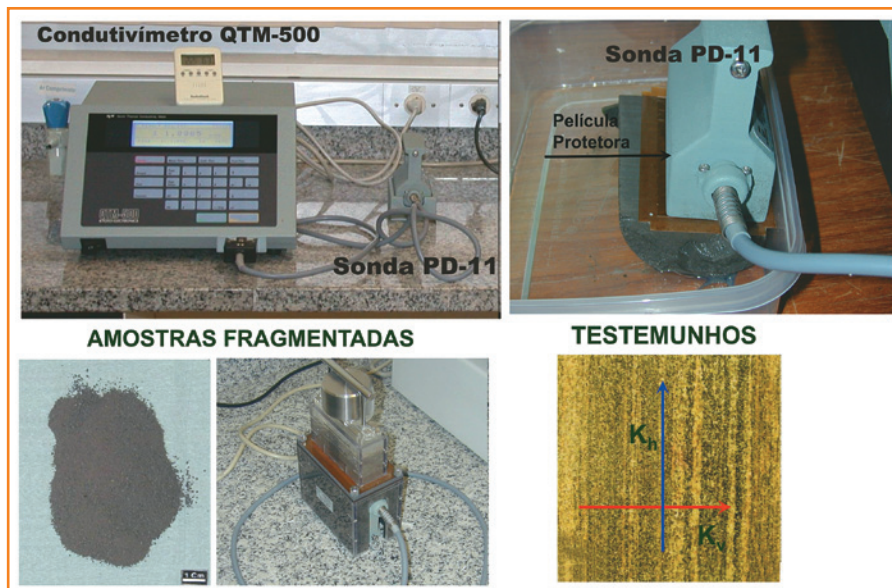
Fluxo de calor, produção de calor e estrutura termal crustal do segmento norte da Província Borborema: determinação de modelos de geotermas para a região, estimativa da contribuição do calor radiogênico na crosta (fig. 103) e determinação da contribuição do fluxo de calor do manto, através da

Figura 103

Aparato para medição de condutividade térmica em amostras fragmentadas e de testemunhos.

Figure 103

Thermal conductivity measuring equipment for fragmented samples and cores.



medida do fluxo térmico na superfície. Os modelos obtidos servirão para buscar uma representação em mapa, da distribuição do fluxo de calor nos domínios que constituem o embasamento das bacias sedimentares adjacentes (UFRN/UFBA, Coordenação: Prof. Fernando A. P. L. Lins).

Modelagem paleogeográfica e paleoclimática da abertura e evolução do Atlântico Sul (Paleoprospec II). O projeto visa o desenvolvimento de modelos numéricos que simulem a evolução paleogeográfica, paleoclimática e paleoceanográfica do Atlântico Sul, com ênfase na probabilidade de estabelecimento de condições favoráveis à deposição e preservação de sedimentos ricos em matéria orgânica no espaço e no tempo, e conseqüentemente, na predição de ocorrência de potenciais rochas geradoras de petróleo no tempo presente. O projeto compreende o desenvolvimento de aplicativo que permite avaliar a cinemática da abertura do Atlântico Sul (fig. 104) integrando dados estratigráficos de toda a margem brasileira em diferentes escalas de resolução temporal e espacial. A integração do comportamento do oceano e do clima ao longo deste tempo com as variações topográficas do continente e da geometria da bacia oceânica permitirá identificar os *loci* de maior potencialidade para acumulação de matéria orgânica e zonas de maior aporte preferencial de material terrígeno para as águas profundas (PUC-RS, Coordenação: Prof. Paulo H. L. Fernandes).

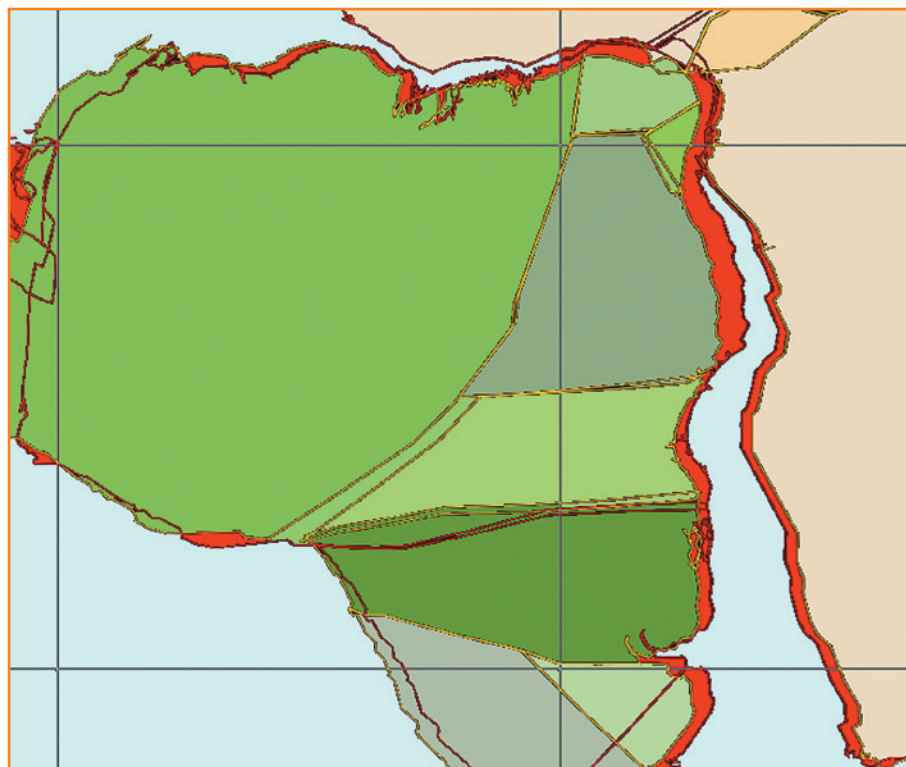


Figura 104
Reconstituição cinemática da abertura do Atlântico Sul durante o Aptiano segundo as hipóteses de Muller et al. 2008 (em vermelho) e Moulin et al. 2010 (em tons de verde para América do Sul e amarelo para África) feita através de modelo esquemático de movimentação de subplacas.

Figure 104
Kinematic reconstruction of the South Atlantic opening during Aptian times, according to the proposals of Muller et al., 2008 – in red, and Moulin et al., 2010 – in green (for South America), and yellow (for Africa), both showing schematic models of subplate movement.

Novas abordagens de imageamento não invasivo da arquitetura interna de depósitos sedimentares gerados em tanques de simulação hidráulica. Pesquisa de diferentes formas de imageamento de correntes de turbidez geradas em laboratório e seus depósitos (fig. 105). Serão investigados diferentes tipos de onda – mecânicas e eletromagnéticas – assim como novas técnicas de aquisição e processamento. Resultados promissores já foram alcançados, para diferentes tipos de visualizações, com tomografia de raios X e métodos eletromagnéticos. Associadas às técnicas de visualização, estão sendo realizadas investigações de materiais para as simulações físicas, do ponto de vista do material das partículas propriamente ditas (carvão, sílica, polímeros

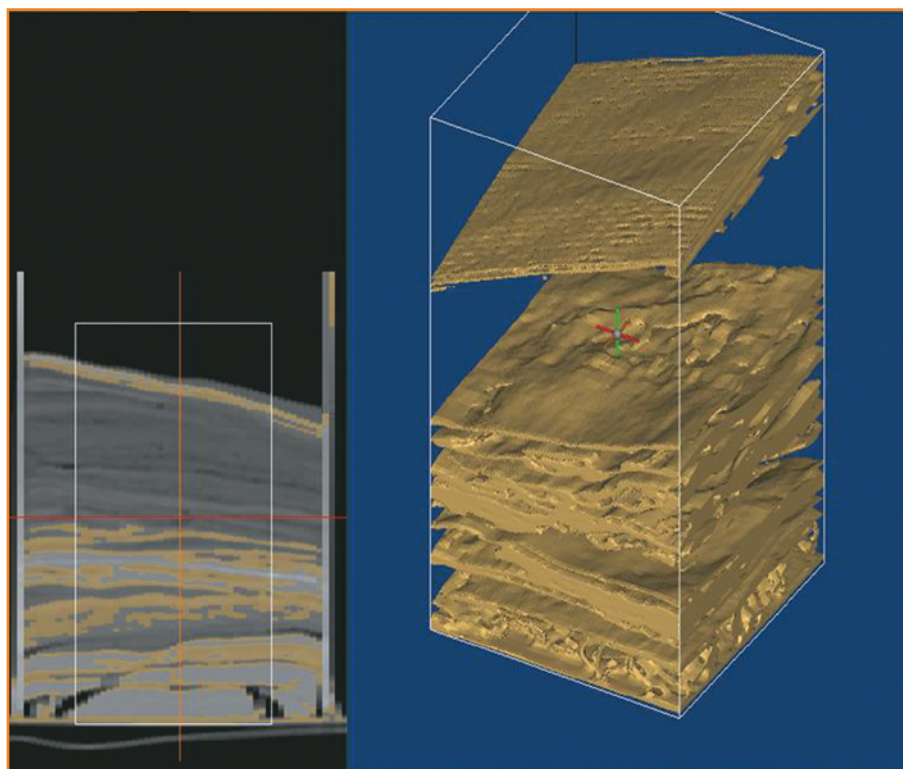
diversos), como também da incorporação de traçadores nas partículas, de modo a facilitar a visualização das correntes e seus depósitos (PUC-RS/UFRGS, Coordenação: Profa. Ana Maria Marques da Silva).

Figura 105

Reconstituição tridimensional das superfícies internas de um depósito de um tanque de modelagem física obtida a partir de imagens de raios X.

Figure 105

Tridimensional reconstruction of the internal surfaces of a physical modeling tank deposit obtained by X-ray imaging.



Modelagem tectônica direta. O objetivo deste projeto é desenvolver um modelo computacional numérico direto (*forward*) da litosfera considerando seus componentes rúpteis e dúcteis (fig. 106), de forma a simular o comportamento mecânico e a deformação da litosfera durante o processo de estiramento e ruptura continental, respeitando as propriedades físicas dos materiais e as condições geológicas de tempo,

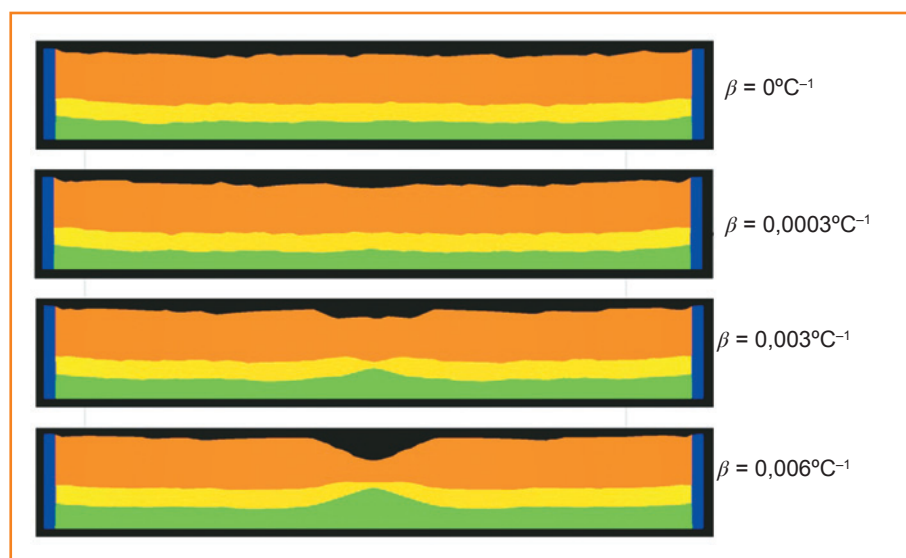


Figura 106

Modelagem numérica da interação crosta, manto litosférico e astenosfera no processo de extensão litosférica, mostrando afinamento litosférico e a formação de ombreiras do rifte.

Figure 106

Numerical modeling of the crust, lithospheric mantle and asthenosphere interaction during the process of lithospheric extension and rift shoulder development.

pressão e temperatura. O projeto visa também integrar as diferentes etapas de modelagem dentro de um único ambiente computacional. O principal motivador desse desenvolvimento é o interesse em modelar os fenômenos geológicos que ocorrem ao longo da extensão litosférica, os quais incluem: estiramento da crosta superior, falhas de descolamento na crosta inferior, e a possível exumação do manto litosférico (PUC-RJ, Coordenação: Prof. Márcio R. de Santi).

Modelagem termomecânica 3D da litosfera aplicada à evolução de bacias sedimentares. Visa o desenvolvimento de ferramentas numéricas para simulação da evolução termo-mecânica da litosfera em um ambiente extensional. Trata-se de dois simuladores acoplados a modelos flexurais de isostasia. O primeiro módulo numérico é o de descompactação (*backstripping*) 3D, que tem por objetivo determinar mapas de espessura elástica e de estiramento litosféricos, assim como a evolução geométrica dos horizontes sísmicos/estruturais ao longo da história da bacia. Já o outro módulo busca, a partir de uma calibração com a geometria atual do embasamento e da crosta terrestre, simular a evolução completa, em escala litosférica, de uma bacia em ambiente extensional, aprimorando os cálculos de fluxo térmico para fins de modelagem de sistemas petrolíferos (fig. 107) (UFRJ-Coppe/USP, Coordenação: Profa. Jaci M. B. Guigon).

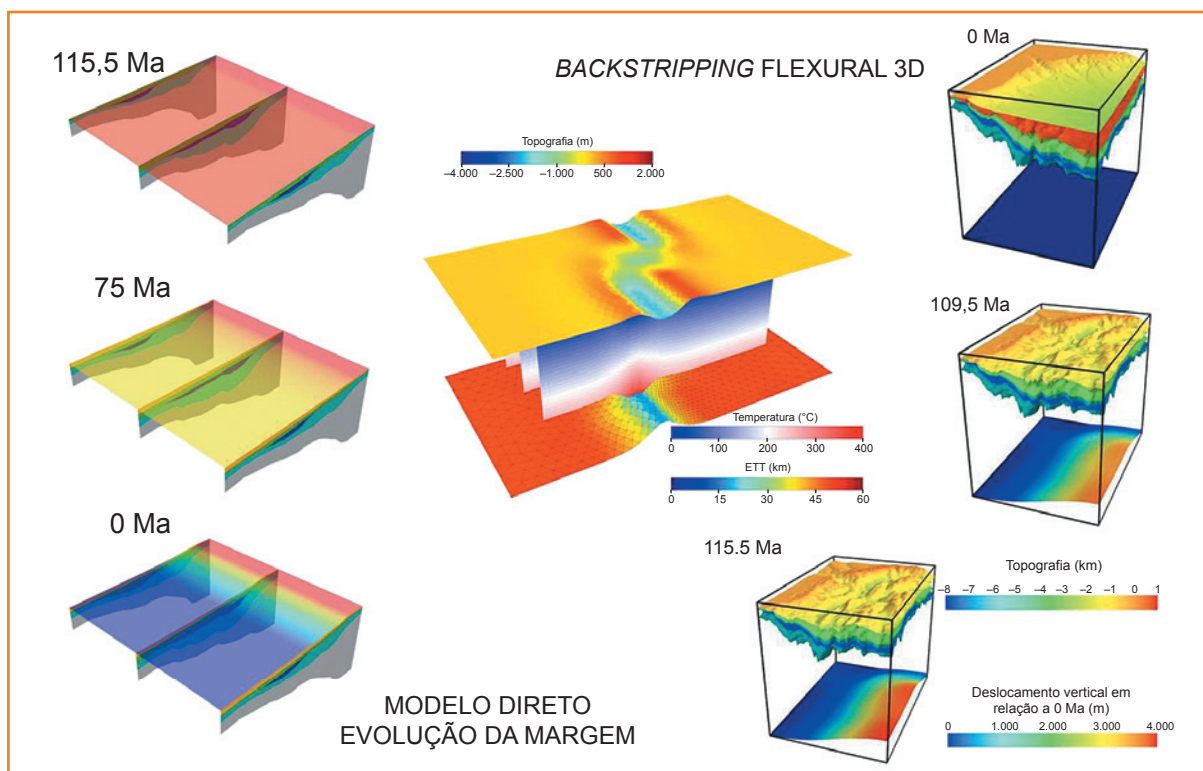


Figura 107 - Modelo da evolução térmica e tectônica de bacia, a partir do rifte até o tempo presente. *Backstripping* flexural 3D: descompactação das camadas, do tempo presente até o rifte. Ao centro, a evolução das margens.

Figure 107 - Model of the thermal and tectonic evolution of a sedimentary basin, from the rifting time to present. 3D flexural backstripping: layer decompaction, from present time to rifting. At center: margin evolution.

Simulação de processos geológicos utilizando computadores de alto desempenho. Nessa pesquisa, almeja-se dispor de um simulador capaz de reproduzir os processos de transporte de sedimentos por correntes de densidade, envolvendo também a erosão e a deposição desses sedimentos. Esses processos sedimentares são altamente relevantes para o entendimento da formação dos turbiditos, principal rocha reservatório da seção

pós-sal das bacias costeiras brasileiras. O modelo matemático a ser reproduzido em computador deverá resolver as equações de Navier-Stokes – que regem o escoamento de fluidos – acoplada às equações de convecção-difusão para o transporte dos sedimentos. O conjunto de equações é completado por um modelo de turbulência denominado *large eddy simulation* (LES), em que as grandes escalas são resolvidas numericamente, e a escala *subgrid* é modelada matematicamente. A solução numérica é obtida pelo método dos elementos finitos. O código é completamente paralelo, e está sendo desenvolvido para rodar em supercomputadores. O objetivo é poder estudar uma série de processos que impactam a distribuição dos turbiditos (fig. 108). No que se refere à escala exploratória, há o exemplo da dinâmica da dispersão de areias numa região costeira e formação de fluxos hiperpicnais. Na escala do reservatório, existe o caso das geometrias geradas pelas diferentes características hidrodinâmicas das correntes, bem como a partição espaço-temporal das diferentes classes granulométricas das areias (UFRJ-Coppe/PUC-RS, Coordenação: Prof. Álvaro L. G. A. Coutinho).

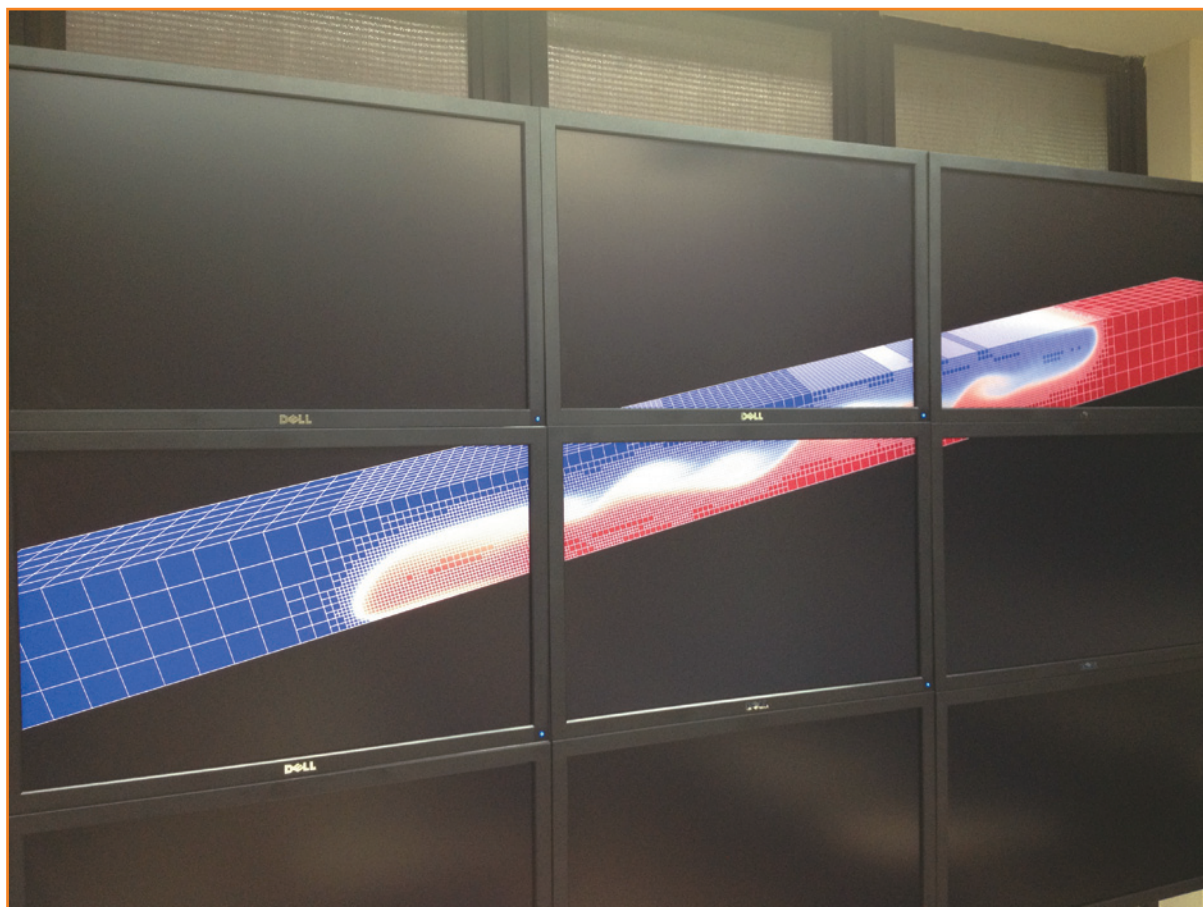


Figura 108 - Tile display mostrando a evolução de uma simulação numérica de uma corrente de densidade turbulenta.

Figure 108 - Tile display exhibiting the evolution of a turbulent density current numerical simulation.

Modelagem numérica dos processos e padrões diagenéticos e seu impacto sobre a qualidade e heterogeneidade de reservatórios. Desenvolvimento de códigos numéricos e sistemas computacionais integrados para modelagem numérica da origem e evolução diagenética de reservatórios, visando à caracterização e previsão de qualidade e heterogeneidades. Estes sistemas simulam as condições geoquímicas das reações diagenéticas, baseados nos parâmetros que controlam as reações entre fases minerais, fases aquosas e condições de fluxo de fluidos dentro dos reservatórios. A performance da simulação

ocorre de forma iterativa e sequencial entre módulos: os módulos de fluxo de fluidos e de calor simulam a distribuição de massa e calor durante a evolução diagenética em configurações de malha 2D e 3D; e o módulo de trajetória de reação modela os processos diagenéticos volumetricamente significativos, reconhecidos através da caracterização petrológica dos reservatórios. A distribuição de temperatura é obtida pela solução da equação de condução de calor. A formalização matemática das equações do módulo de fluxo considera a densidade do fluido e a mudança nos valores de entalpia, sendo possível captar a influência e os efeitos de estruturas de sal e da distribuição anômala de calor. O módulo de trajetória de reação fornece a composição do fluido pela solução das reações termodinâmicas e cinéticas entre solutos e fases minerais. As interfaces de visualização são utilizadas para inicialização e acompanhamento das simulações, mostrar diagramas das variações de cada fase mineral (primária e autigênica), mudanças dinâmicas na distribuição de entalpia (temperatura), composição de fluidos, padrões de fluxo, e propriedades de reservatórios em perspectiva 2D e 3D (fig. 109). O resultado esperado é um conjunto de sistemas integrados que auxiliem na compreensão da evolução diagenética e na previsão da qualidade dos reservatórios através da simulação parametrizada e visualização dos processos diagenéticos e padrões de fluxo de fluidos (UFRGS/PUC-RS, Coordenação: Profa. Mara Abel).

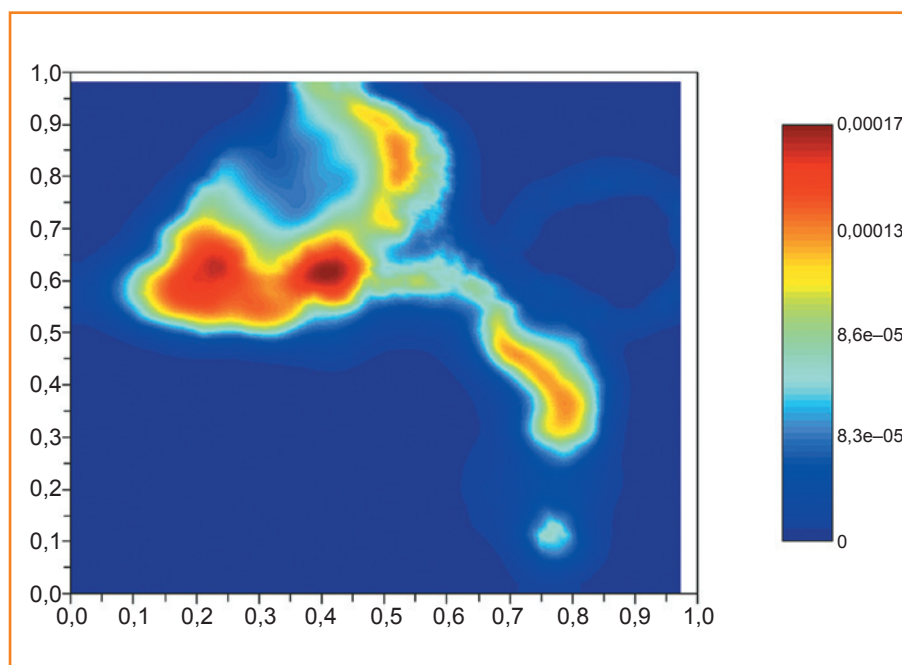


Figura 109

Padrões de distribuição da velocidade relativa do fluxo reativo em reservatório turbidítico nas proximidades de um domo de sal (fluxo termohalino). As cores indicam a diferença entre os valores absolutos de velocidade, tendo como referência as áreas onde não há movimento do fluxo (em azul).

Figure 109

Distribution pattern of the relative speed of reactive flow in a turbiditic reservoir near a salt dome (thermohaline flow). The colors indicate the difference among absolute reaction speed values, referred to areas where there is no flow (in blue).

Caracterização das correntes de turbidez formadas por diferentes materiais sedimentares: correlação entre as propriedades reológicas das misturas e processos hidrodinâmicos e deposicionais. O objetivo central do projeto é caracterizar as correntes de turbidez formadas por diferentes materiais sedimentares não coesivos e coesivos, através do estudo experimental da correlação entre as propriedades reológicas das misturas que compõe essas correntes com suas propriedades hidrodinâmicas e deposicionais (fig. 110). Para atingir o objetivo geral é preciso introduzir algumas etapas de simulação experimental em tanques apropriados, com o intuito de entender os processos hidrodinâmicos e deposicionais envolvidos. Dessa forma, pretende-se simular correntes de turbidez com características distintas em termos de concentração e presença de argila e tamanho de grão na mistura, criando um diagrama fase de causa-efeito, ou seja, para certas condições iniciais de fluxo, quais tipos de depósitos característicos serão gerados, os quais posteriormente serão comparados com os ambientes deposicionais da costa brasileira.

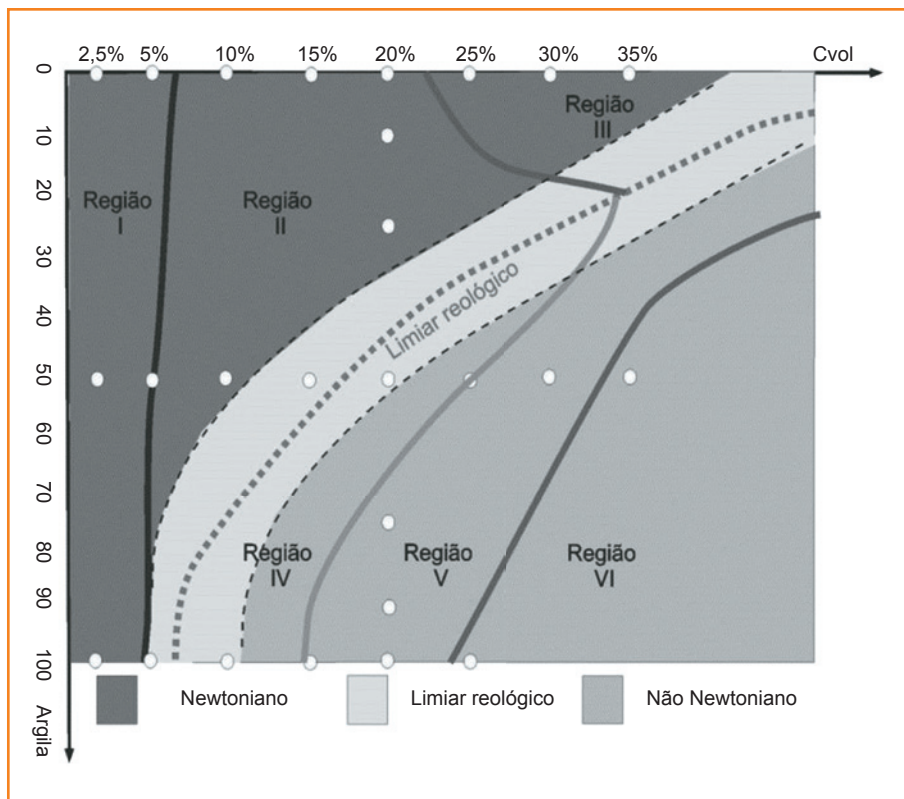
Também como haverá a caracterização das propriedades reológicas das misturas a serem ensaiadas para definir o limiar reológico dos fluxos newtonianos e não newtonianos. Essa divisão é importante para separar os que classicamente conhecemos como correntes de turbidez e fluxos de detritos, trazendo novas perspectivas de interpretação de depósitos naturais potenciais para reservatórios de hidrocarbonetos. Os resultados esperados desse projeto de pesquisa, de forma geral, são contribuir para o entendimento das relações de transporte e deposição das correntes de turbidez, no caso, aliando as suas propriedades reológicas e hidrodinâmicas com os resultados gerados (depósitos) e posteriormente extrapolar os resultados para os fluxos naturais, propondo uma evolução do modelo de fluxo/depósito turbidíticos (UFRGS, Coordenação: Prof. Rafael Manica).

Figura 110

Espectros de reologia apresentados pelos fluxos gravitacionais de sedimentos em função do teor de argila e da concentração. Dados obtidos a partir de ensaios de modelagem física.

Figure 110

Rheology spectrum presented by sediment gravity flows as a function of mud content and concentration. Data obtained from physical modeling experiments.



Modelagem numérica de processos tectônicos, sedimentares e erosivos com aplicação em margens divergentes. O projeto desenvolve aplicativos computacionais que permitem simular processos tectônicos de ruptura da litosfera continental, sua resposta térmica e flexural acoplada a processos superficiais erosivos e de transporte de sedimentos (fig. 111). Nos últimos anos, dois aplicativos foram desenvolvidos para o estudo da evolução de margens divergentes pelo grupo associado a este projeto. No primeiro tipo o estiramento da litosfera perturba o estado térmico da crosta e manto, modifica a superfície através de falhas e reorganiza a distribuição de cargas sobre a litosfera. A variação de temperatura na litosfera resulta em variação de densidade, criando esforços verticais que são compensados pelo movimento isostático e flexural da litosfera. Os processos superficiais induzem esforços verticais na litosfera através da erosão, transporte e deposição de sedimentos. Em resposta a estes esforços, a flexura da litosfera modifica a topografia e, conseqüentemente, a evolução dos processos superficiais. Uma vantagem deste modelo em relação a outros publicados na literatura é considerar a evolução da margem desde a fase rifte. Desta forma pode-se entender como os diferentes processos da quebra da litosfera moldam a topografia da margem. O segundo aplicativo desenvolvido é usado para estudar a

história de exumação das rochas a partir dos resultados do modelo direto. Com este modelo é possível traçar a história térmica de partículas de rocha e calcular a idade aparente para diferentes geocronômetros. Neste projeto, que está sendo iniciado, será dada ênfase à modelagem numérica da evolução da parte emersa da margem continental nos segmentos sudeste (bacias de Santos e Campos) e nordeste (Bacia Potiguar) (USP-IAG, Coordenação: Dr. Vitor Sacek).

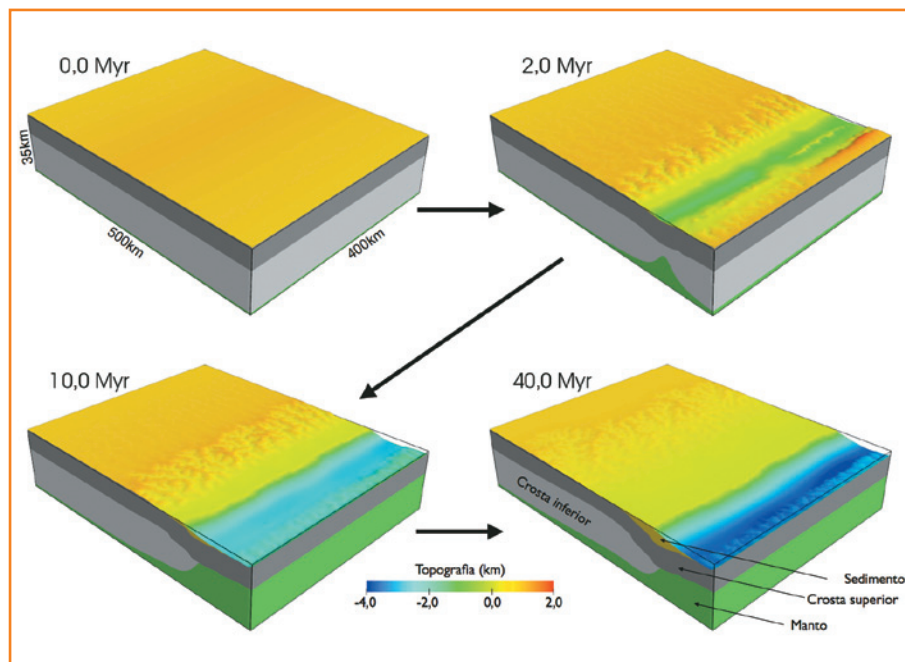


Figura 111

Modelos numéricos de processos tectônicos de ruptura da litosfera continental, com sua resposta térmica e flexural acoplada a processos superficiais erosivos e de transporte de sedimentos.

Figure 111

Numerical models of continental lithosphere rupturing tectonic processes, with the thermal and flexural response coupled with surficial erosive and sediment transporting processes.

Rede de Caracterização e Modelagem Geológica de Reservatórios (Carmod)

A Rede Carmod tem como objetivo promover e articular esforços de Pesquisa e Desenvolvimento com as universidades brasileiras na área de reservatórios petrolíferos. Seu maior interesse é valorizar a complementaridade das diversas disciplinas necessárias ao conhecimento do comportamento dos fluidos nas rochas-reservatório, promovendo o intercâmbio de pesquisadores e alunos, articulando projetos e resultados entre as instituições participantes, assim como auxiliando a universidade a capacitar pesquisadores e adquirir equipamentos para pesquisas complementares às que a Petrobras desenvolve em suas áreas mais estratégicas. As linhas de pesquisa preferenciais incluem as três grandes áreas de interesse ao tema rochas-reservatório: Geologia, Geofísica e Geomecânica.

Gestora: Anelise Friedrich (2009 -).

Instituições: UFRGS, UFRN, Unicamp, UENF, USP, UFRJ, UFSC, UnB, UFF, Unesp, UFPE, UFS, PUC-RJ, CBPF e UFCG. (fig. 112).

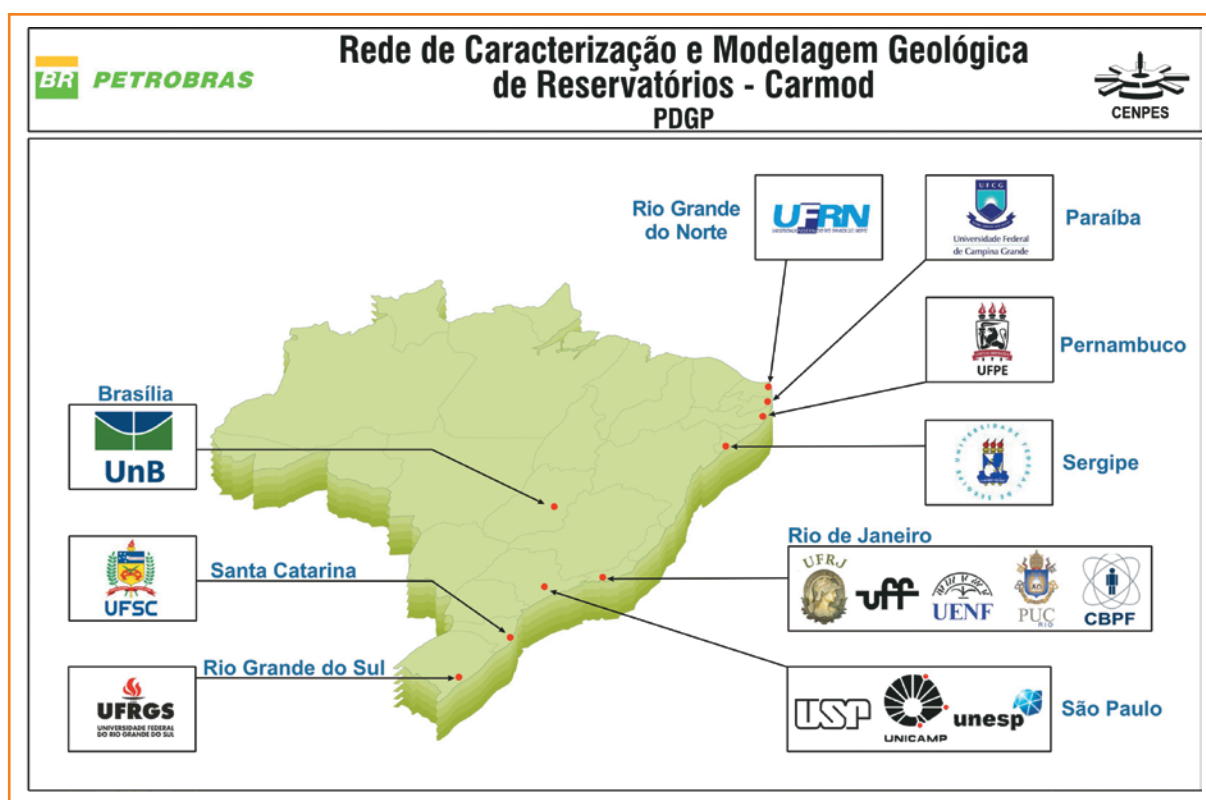


Figura 112 - Instituições participantes da Rede de Caracterização e Modelagem Geológica de Reservatórios.

Figure 112 - Reservoir Characterization and Geological Modeling Network.

Infraestrutura

Laboratório de experimentos em mecânica e tecnologia de rochas (Lemetro) do Instituto de Geociências da UFRJ. O objetivo da implementação dessa infraestrutura é intensificar e ampliar o

desenvolvimento de pesquisa e rotinas de caracterização na área de Geomecânica Experimental, envolvendo técnicas de caracterização do espaço poroso (microscopia, porosimetria e permeamtria), do arranjo textural e estrutural dos sólidos do arcabouço e da matriz (microscopia ótica) e mineralogia (microscopia e difratometria de raios X) e desenvolver pesquisa e rotina experimental para a caracterização de rochas-reservatório, visando sua aplicação à modelagem geomecânica. Esse projeto viabilizou o funcionamento de um equipamento de célula triaxial cúbica de grande porte (fig. 113) usado em parte do seu tempo por funcionários do Cenpes, que desenvolvem projetos de doutorado na UFRJ (Coordenação: Prof. Emílio Velloso Barroso).

Figura 113 - Célula triaxial cúbica com capacidade para amostras de até 5cm de lado. A célula permite medir a permeabilidade em diferentes direções, submetida a condições de reservatório.

Figure 113 - Cubic Triaxial Cell with capacity for samples up to 5cm wide. This cell allows the measurement of permeability in different directions and under reservoir conditions.



Laboratório de Petrofísica e melhoria instrumental de sistema eletromagnético a multifrequência da UENF. O projeto objetiva completar a capacitação instrumental para a realização de estudos com base na medida de propriedades petrofísicas de minerais e rochas, bem como na interpretação de perfis de poços. Em adição, visa concluir o desenvolvimento instrumental do método eletromagnético a multifrequência com vistas à sua aplicação em projetos de E&P. Foram instalados diversos equipamentos de medição (fig. 114), além dos necessários à preparação das amostras (Coordenação: Prof. Carlos Alberto Dias).



Figura 114 - Analisador espectral de impedância com interface eletroquímica e dielétrica (acima); Espectrofotômetro de fluorescência de raios X (abaixo esq.) e Difratômetro de raios X (abaixo dir.).

Figure 114 - Impedance spectral analyzer with electrochemical and dielectric interface (above); X-Ray Fluorescence Spectrophotometer (below left) and X-Ray Diffractometer (below right).

Laboratório LabLitos na UnB. Foco na microsismicidade associada ao desenvolvimento da produção de reservatório de óleo e gás. O projeto tem como objetivo adquirir os equipamentos para monitorar os tremores naturais e microtremores gerados pelo desenvolvimento do reservatório de petróleo de campos em terra, e utilizar esses dados para auxiliar na caracterização estrutural do reservatório (mapear as falhas ativas, determinar o tensor de esforço local e a anisotropia do reservatório); inferir a migração da frente de pressão no interior do reservatório quando da injeção e retirada de fluidos, e identificar e/ou monitorar potenciais zonas de exsudação de óleo e gás. Além dos equipamentos sismográficos para a rede fixa (fig. 115a) e móvel (fig. 115b), foi montada uma sala para processamento de dados (Coordenação: Prof. José E. Soares).

Figura 115

a) Estação microsismológica fixa – Sensor LE3Dlite MKII da Lennartz Electronic e Registrador Geotech Instruments, LCC) e b) Estação Móvel – Estação sismográfica da PMD Scientific, INC.



Figure 115

Microseismicity equipments.

Pesquisa e Desenvolvimento

Imageamento digital de afloramentos carbonáticos em cavernas colapsadas – Paleocave. A linha escolhida para este projeto foi o estudo das técnicas de imageamento e processamento de dados de afloramentos análogos a reservatórios carbonáticos de petróleo. As técnicas utilizadas são o *Laser Scanner* (fig. 116), GPR, tomografia, sísmica rasa e perfil de raios gama. A equipe da universidade e os equipamentos do laboratório participam também de levantamento de dados para outros projetos que envolvem estudo de análogos, além de prover o treinamento de outras equipes no uso das técnicas em questão. Com os resultados do projeto pretende-se obter uma imagem das heterogeneidades em três dimensões, contribuindo para o entendimento das geometrias e dos mecanismos responsáveis pela evolução dos reservatórios carbonáticos – principalmente os mecanismos de dissolução desses reservatórios, com a formação de paleocavernas – itens de forte impacto durante a perfuração de poços, responsáveis por importantes perdas de circulação e prisões de ferramentas (UFRN, Coordenação: Prof. Francisco Pinheiro).

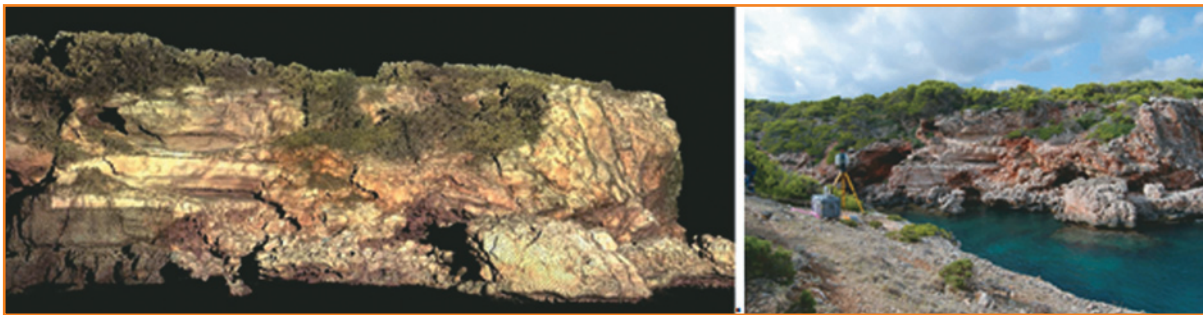


Figura 116 - Imagem adquirida com *Laser Scanner* no Parque Natural Mondragó em Mallorca (esquerda). Foto do mesmo local (direita). Trabalho conjunto com a Universidade de Barcelona.

Figure 116 - *Laser Scanner* image taken at Mondragó Natural Park in Mallorca, Spain (left). Photo taken at the same place (right). Partnership with the Barcelona University.

Arquitetura de fácies, geometria e heterogeneidades de sistemas siliciclásticos, com exemplo das formações Guiné e Tombador (Proterozoico), Chapada Diamantina - BA. O objetivo deste estudo é a caracterização estratigráfica e estrutural de sistemas siliciclásticos visando estabelecer um modelo de suporte à predição da geometria e heterogeneidades de corpos de rochas-reservatório, em várias escalas. Os trabalhos se concentraram na Chapada Diamantina e os alvos foram as sequências da

Formação Guiné (sedimentos marinhos rasos) e da Formação Tombador (sedimentos estuarinos e fluviais) (fig. 117). Durante o projeto, foram construídos painéis tridimensionais que permitiram a reconstrução da arquitetura deposicional e a hierarquização das superfícies limitrofes, desde a escala de sequência deposicional até a de fácies e associação de fácies (UFRGS, Coordenação: Prof. Claiton Scherer).

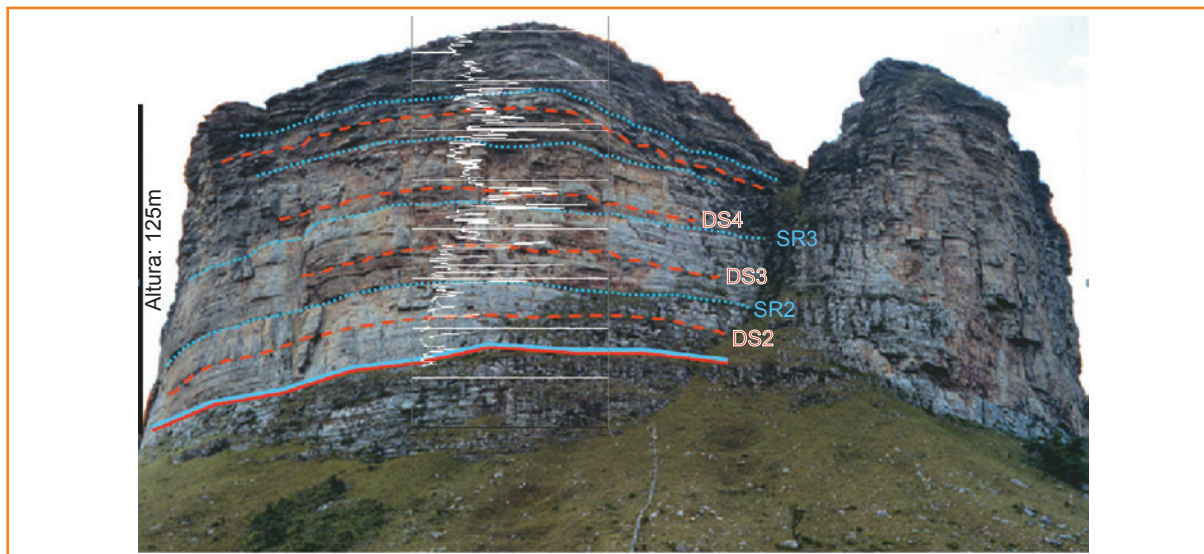


Figura 117 - Análise estratigráfica do Morro do Pai Inácio. A primeira discordância (basal) foi interpretada de 1º ordem e separa a Formação Açuruá da Formação Tombador. As outras superfícies foram interpretadas como superfícies de 3º ordem. O perfil de raios gama ajudou na definição dessas sequências.

Figure 117 - Stratigraphic analysis of Pai Inácio Hill. The first discordance (bottom) was interpreted as of 1st order and separates Fm Açuruá from Fm Tombador. The other surfaces were interpreted as 3rd order surfaces. The gamma ray profile helped define these sequences.

Estratigrafia de seqüências em sistemas eólicos, geometria e heterogeneidades de reservatórios.

O objetivo do projeto é definir modelos de sucessões verticais de fácies para sistemas eólicos secos e úmidos e sua representação em perfis de raios gama (fig. 118). Os trabalhos se desenvolveram em afloramentos das formações Mangabeira e Roncador na Chapada Diamantina, utilizando técnicas de hierarquização de superfícies estratigráficas e definição da geometria tridimensional de fácies e associação de fácies. Com os resultados do projeto será definida a hierarquização dos diferentes níveis de heterogeneidade de reservatórios eólicos e a correlação das superfícies limitrofes, com a definição de ciclos de alta frequência nas sucessões eólicas (UFRGS, Coordenação: Prof. Claiton Scherer).

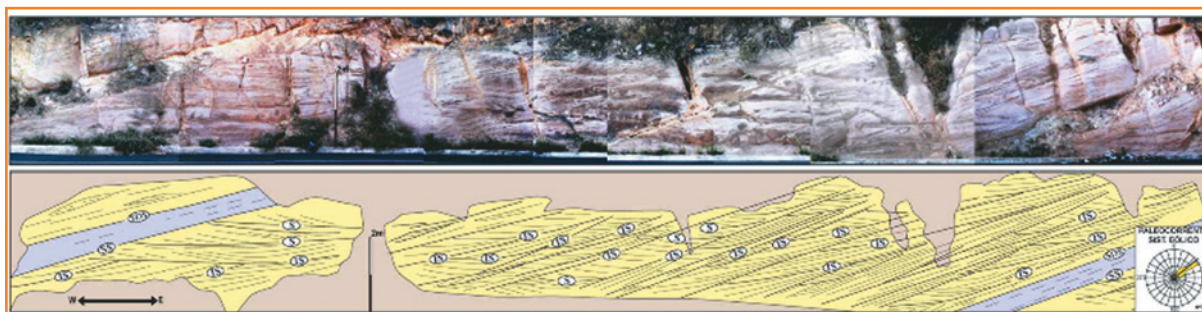


Figura 118 - Dunas e interdunas eólicas nas seqüências estabelecidas em sistemas eólicos da Chapada Diamantina.

Figure 118 - Eolian dunes and interdunes deposits.

Sistemas mistos siliciclásticos-carbonáticos dos campos de Fazenda Santa Luzia e São Rafael - Bacia do Espírito Santo.

O objetivo é a caracterização integrada sedimentológica, estratigráfica e petrológica dos sistemas mistos siliciclásticos-carbonáticos que constituem os reservatórios destas jazidas, a fim de estabelecer modelos realistas da gênese, evolução, geometria e heterogeneidade dos reservatórios em múltiplas escalas (fig. 119). A metodologia consistiu em descrever 294 metros de testemunhos e 285 lâminas delgadas, com a caracterização dos aspectos de estruturas deposicionais e secundárias; textura e composição dos constituintes primários; processos e constituintes diagenéticos; tipos e distribuição da porosidade; microscopia eletrônica de varredura; difratometria de raios X; mineralogia e variedades de minerais detríticos pesados. Resultaram interpretações de fácies e associações de fácies deposicionais, petrofácies e associações de petrofácies de reservatório, perfis integrados, padrões de distribuição das principais características deposicionais, diagenéticas e de qualidade. No final, foi gerado um modelo 3D ilustrativo da distribuição das propriedades dos reservatórios (UFRGS, Coordenação: Prof. Luis Fernando de Ros).

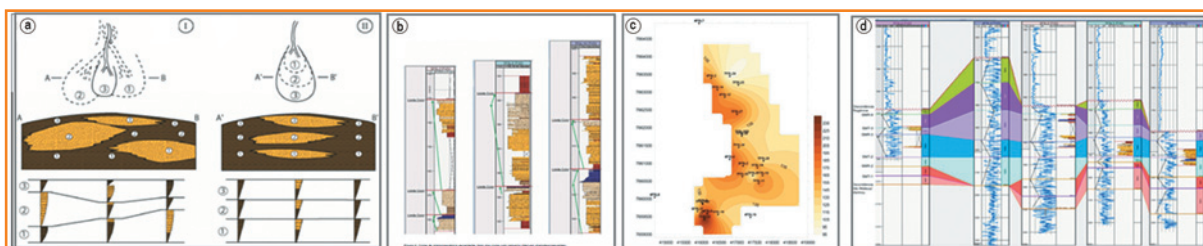


Figura 119 - a) Modelo conceitual; b) estudo de estratigrafia; c) mapas de isópachas e d) correlação de perfis do campo de Fazenda Santa Luzia.

Figure 119 - a) Conceptual model; b) stratigraphic study; c) isopach maps and d) log correlations of Santa Luzia Farm oil field.

Sistemas carbonáticos microbiais do Neoproterozoico - exemplo da Formação Salitre, BA (fig. 120).

O objetivo é aplicar e integrar métodos de análise estratigráfica de alta resolução em sistemas carbonáticos



Figura 120 - Estudo estratigráfico do perfil Roncador II, próximo à Cidade de Lençóis, BA. Afloramento de carbonatos microbiais da Formação Salitre.

Figure 120 - Stratigraphic study of Roncador II profile, established near the City of Lençóis. Outcrop of microbial carbonates of Salitre Formation.

microbiais de idade neoproterozoica a fim de fornecer elementos que deem suporte aos modelos preditivos para reservatórios em rochas carbonáticas de similar natureza. A metodologia empregada foi o levantamento de perfis litológicos e gamaespectrométricos em escala 1:20 para a construção de painéis bidimensionais ilustrativos do arcabouço faciológico das diferentes associações de fácies encontradas naquela unidade – supramaré (*sabkha*), intermaré, inframaré e rampa externa intermediária (UFRGS, Coordenação: Prof. Claiton Scherer).

Caracterização multiescalar em reservatórios carbonáticos análogos da Bacia Sergipe-Alagoas.

Os objetivos são caracterizar e organizar informações e dados de afloramentos carbonáticos da Bacia Sergipe-Alagoas, a fim de estabelecer níveis de representatividade como análogos a reservatórios de outras bacias no país. A primeira etapa do projeto, com duração de um ano, teve como alvo o afloramento da Pedreira Carapeba próximo de Aracaju. A segunda fase tem como alvo um conjunto de afloramentos das formações Morro dos Chaves, Riachuelo, Cotinguiba e Caboclo, representativas de quatro litofácies-chave – calcarenito, coquina, microbiolito e calcário laminado. O projeto gerou um banco de dados de afloramentos carbonáticos que se destina a ser um suporte para outros estudos de reservatório (UFS, Coordenação: Prof. Antônio Garcia).

Falhas, fraturas, fácies e fluxo em sistemas cársticos. O objetivo é a caracterização da arquitetura de falhas e seu papel na distribuição da permeabilidade e porosidade secundária em diferentes escalas em rochas carbonáticas sofreram carstificação epigênica (lajedos da Formação Jandaíra, Região de Mossoró) hipogênica (cavernas da Formação Salitre, na Bahia) (fig. 121). A metodologia empregada incluiu estudos estruturais, petrográficos e geoquímicos para a compreensão da evolução da porosidade e permeabilidade. Os resultados esperados são a arquitetura das zonas de falhas e um banco de dados de petrografia, petrofísica e geoquímica das falhas e rochas encaixantes, com o aumento do conhecimento de reservatórios cársticos, suas relações entre falhas, fluidos e porosidade secundária. Este projeto gerará dados para suporte a um mestrado e um doutorado de técnicos da Petrobras (UFRN, Coordenação: Prof. Francisco Hilário Bezerra).



Figura 121 - Carste hipogênico na Formação Salitre, caverna da Toca da Barriguda, BA (esquerda) e carste epigênico na Formação Salitre, Lajedo Soledade, próximo a Mossoró, RN (direita).

Figure 121 - Hypogenic karst in Salitre Formation at Toca da Barriguda cave (left) and epigenic karst in Salitre Formation at Lajedo Soledade - RN (right).

Modelagem geológica e geomecânica de afloramentos dos sistemas carbonáticos e evaporíticos da Bacia do Araripe – abordagem integrada para a construção de modelos visando a simulação de reservatórios (fig. 122). O objetivo é avaliar o emprego de técnicas de caracterização de sistemas fraturados em modelos computacionais através de processos de *upscaling* e de homogeneização. Para isso, foi constituída equipe multidisciplinar de geólogos e engenheiros a fim de compor a base geológica de informações para a construção de um modelo computacional 3D de carbonatos fraturados, testado em um simulador de

fluxo com os parâmetros de dupla porosidade e permeabilidade para avaliar as características do fluxo nesse tipo de reservatório. A este projeto se alinha o grupo da Universidade Federal de Campina Grande-PB, que aporta todos os dados laboratoriais das propriedades permoporosas e elastodinâmicas das rochas estudadas (UFPE, Coordenação: Prof. Antonio Barbosa e Prof. Igor Gomes).



Figura 122 - Trabalhos no calcário laminado da Formação Ipupi na Bacia do Araripe. O padrão de fraturamento será usado em simulações computacionais.

Figure 122 - Research job on evaporite deposits of Ipupi Formation, Araripe Basin. Fracture pattern will support numerical simulations.

Inferência Petrofísica: propriedades de reservatórios carbonáticos. O objetivo é o desenvolvimento de ferramentas para a análise de dados de perfis e testemunho, visando a calibração de modelos de física de rocha e modelagem probabilística de agrupamentos de classe litológica. Os trabalhos de desenvolvimento da pesquisa englobam uma série de temas específicos que podem ser tratados em conjunto ou separadamente, visando criar uma solução mais abrangente para a inferência de propriedades petrofísicas de reservatório, incluindo: desenvolvimento de ferramentas para a análise de dados de perfis e testemunho, e construção de modelos probabilísticos empíricos de propriedades de reservatório a partir de dados de perfis e testemunho, capturando a variabilidade espacial interna de propriedades e estrutura geológica da região através da incorporação da imagem sísmica (fig. 123) (UENF, Coordenação: Prof. Fernando Sergio Moraes).

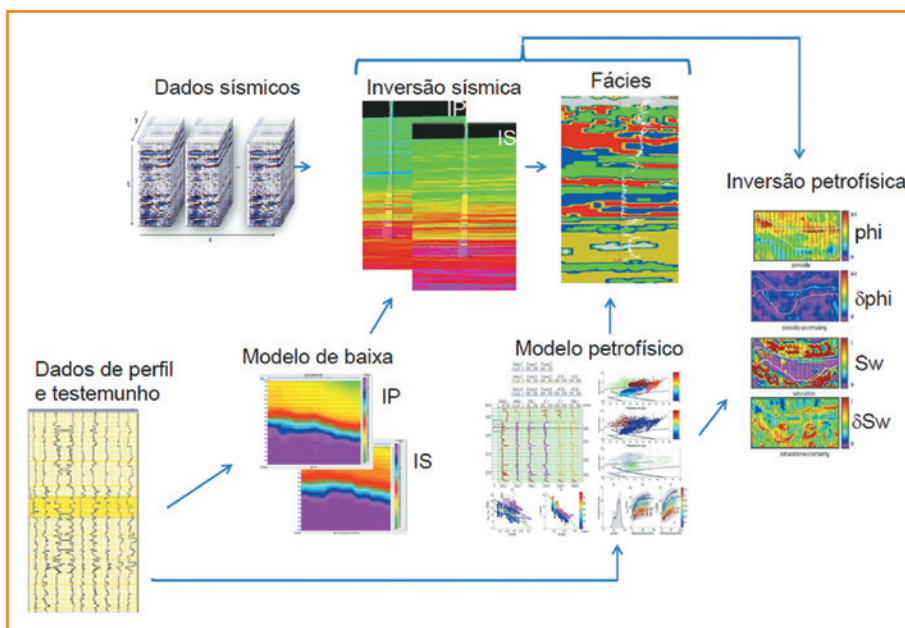


Figura 123

Fluxograma de atividades: integração de dados de perfis e testemunhos com dados sísmicos para a construção de modelos preditivos de propriedades petrofísicas estáticas e dinâmicas, para estudos em sísmica 4D.

Figure 123

Workflow: profile data integration and cores with seismic data to build predictive models of static and dynamic petrophysical properties, allowing 4D seismic studies.

considerações finais

Um relacionamento sólido e planejado, de longo prazo, entre a academia e as empresas do setor produtivo está na base do desenvolvimento sustentável de um país. A atuação da pesquisa universitária em temas aplicados, oriundos dos desafios que se apresentam à indústria petrolífera, tem sido um mecanismo propulsor da construção compartilhada do conhecimento e empresta o necessário pragmatismo à academia, trazendo-a para mais próximo das reais questões do setor. Ressalte-se também um importante “efeito colateral positivo” deste processo: ao atuarem como bolsistas nos projetos das Redes Temáticas, estudantes universitários dos diversos cursos envolvidos têm sido grandemente beneficiados por um acesso precoce às questões reais e às tecnologias do dia a dia do setor petróleo, o que lhes provê um grau de “maturidade profissional” que não seria possível alcançar na vida acadêmica tradicional. Tais alunos tornam-se rapidamente quadros de destaque quando admitidos como funcionários pelas empresas da área petrolífera.

Atuando em rede, otimizam-se os recursos (humanos, físicos e financeiros) disponíveis e se evitam redundâncias desnecessárias. Numa perspectiva de país, o modelo de rede alicerçado na Petrobras promove a superação de deficiências locais e regionais em termos de infraestrutura – criando e aparelhando laboratórios com o que há de melhor no mercado mundial – e aumenta a capacidade nacional de realização de pesquisas relevantes e direcionadas a efetivos objetivos empresariais.

As Redes Temáticas Petrobras-Universidades fortalecem o relacionamento interinstitucional e constituem mecanismo de investimento estruturante na comunidade de Ciência e Tecnologia brasileira. Para a Petrobras, por representarem um processo contínuo e integrado ao Sistema Tecnológico da Companhia, há grande interesse nos resultados das pesquisas suportadas pelas Redes. Há que se mencionar ainda a relevância estratégica para o Brasil que está implícita no fortalecimento da pesquisa aplicada no ambiente acadêmico nacional.

expanded abstract

Petrobras' operations in the various branches of the value chain in the oil sector include an important contribution of technological development, fundamental to the achievement of its business objectives. The search for answers to the many technology issues that the Company faces, has been addressed to the Center for Research and Development Leopoldo Américo Miguez de Mello (Cenpes), since the establishment of this research premises in 1963, and the repeatedly positive results obtained by Petrobras over its history are largely due to the ongoing investment in technology and innovation.

With its own team and laboratory facilities appropriate to the needs of the Company, Cenpes – located on Federal University of Rio de Janeiro campus since the early 1970s – have provided solutions focused on technological demands inherent to Petrobras' business: Exploration, Production, Refining and Petrochemicals, Transportation and Marketing of oil and oil products which are represented in a robust research project portfolio whose alignment to the needs of the Company is periodically monitored and ratified by technicians and executives from the business areas.

This alignment of the project's portfolio with the technological challenges faced by the Company at every moment, under the strategic plan and business plan governing its operations and directing its investments, is guaranteed by Petrobras Technological System, a systematized process of analysis and decision involving all segments of the Company. From the general drivers of its Strategic Plan – defined by senior management in conjunction with the Federal Government – a five-year Business Plan is established and the necessary resources are allocated to ensure the carrying out of the projects defined therein.

The set of assumptions derived from such mechanisms of multiyear planning is used as an input for the operation of technology committees in three different levels: executive, where the main technological drivers for the period that begins are defined in a corporate business scale and where results of the previous cycle are evaluated; the Strategic Technology Committee, by business segment, unfolding the business drivers for each of the business areas of the Company in the form of specific technological demands; and the Operational and Technological Committee, which under the guidance of the Strategic Committee, consolidates demands, sets priorities and delegates the portfolio of projects planned to Cenpes, which deals with its implementation.

From the consolidated portfolio of projects, a subset is addressed directly to Cenpes: Petrobras develops in house the most challenging projects, the ones with strategical content which represent a competitive advantage to Petrobras and the ones that demand specific instrumentation and knowledge – requirements that have been consolidated at the Research Center for decades of continuous performance in Research and Development. A significant portion of the portfolio of projects in R&D is performed externally, in partnership with research companies or institutions in Brazil and abroad. Thematic Networks currently appear as an important mechanism for the management of projects in the Petrobras' portfolio which are addressed to execution to external research institutions.

Petrobras has a long relationship history with national universities and research institutions. Since the publication by the National Agency of Petroleum, Natural Gas and Biofuels – ANP Resolution 033/2005 and Regulation ANP 005/2005 – disciplining the mandatory investments in Research and Development in national Science and Technology Institutions by concessionaires of Exploration and Production in the country – Petrobras implemented a faster pace in partnerships with the ICTs due to the financial amounts involved in this contractual obligation.

After being informed by its taxing department about the new amounts on mandatory investment in R&D on national institutions implied in Regulation 033/2005 of the ANP – much higher than those regularly applied by Petrobras until then – the Company asked the Research Center to analyse the new terms and to propose a renovated model of relationship with the ICTs.

The concept of "Thematic Network" emerged in late 2005 at Cenpes, and its implementation was approved by the Company Board in early 2006. The Thematic Network can be defined as "association Petrobras – Universities on technical and scientific issues of common interest." The concept includes the possibility of investment in infrastructure in science and technology institutions whenever necessary and the availability of resources for the training of researchers. From the perspective of Petrobras, the focus of the networks

is in Research and Development on issues considered critical to the processes conducted by the Company, and the technical-scientific basis for each issue lies in the centers of knowledge existing in the national ICTs.

The institutions were then invited to join Petrobras in this new relationship model, along with administrative foundations that provide the bureaucratic support to the projects.

There are currently 49 Thematic Networks operating and involving 129 Brazilian institutions covering the broad spectrum of activities in the oil sector. This dynamic technical-scientific interaction process linking Petrobras with the academy moved funds of approximately R\$3.85 billion between 2006 and 2012. Of this amount, the seven Geosciences networks managed in the same period, investments of around R\$350 million to the country's universities.

The networks were established and anchored, mostly in the areas of disciplinary action of various technical managements inside Cenpes, where their direct managers are located. A comprehensive mapping of skills from Brazilian universities was done, seeking to identify the nucleus of specific knowledge and the best researchers for the various themes. In Geosciences, seven networks were established: Geotectonic Studies - **Regeotec**, Sedimentology and Stratigraphy - **Sedestrat**, Geochemistry - **Regeoq**, Applied Geophysics - **Regeof**, Applied Micropaleontology - **Repaleo**, Basin Modeling - **Remob** and Geological Characterization and Modeling of Reservoirs - **Carmod**. In this issue of the Bulletin, we present a set of complete papers prepared by universities, a sample of results already achieved in R&D projects supported by the networks in Geosciences.

autores



Edison José Milani
Centro de Pesquisas da Petrobras (Cenpes)
P&D em Geociências
Gerente Geral

ejmilani@petrobras.com.br

Edison José Milani graduou-se em Geologia em 1977 pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) e ingressou na Petrobras em fevereiro de 1978. Nos 35 anos de Companhia, atuou em Geologia de Poço, Pesquisa e Desenvolvimento e Interpretação Exploratória, e respondeu por funções gerenciais. Mestrado pela Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP) em 1985 e doutorado pela UFRGS em 1997. É gerente geral de P&D em Geociências no Cenpes e coordena o Comitê Editorial do Boletim de Geociências da Petrobras – BGP desde 2003.



Oscar Strohschoen Júnior
Centro de Pesquisas da Petrobras (Cenpes)
P&D em Geociências
Gerente de Bioestratigrafia e Paleoecologia

oscarri@petrobras.com.br

Oscar Strohschoen Júnior graduou-se em Geologia na Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), em 1982. Trabalhou no Ceclimar (UFRGS) de 1983 a 1986, com foco em estudos sedimentológicos nas lagoas costeiras do Rio Grande do Sul. Ingressou na Petrobras em 1986, tendo trabalhado em acompanhamento de poços no Desud (Bacia de Campos) até o início de 1988, quando foi transferido para o Laboratório de Rochas (Gelab) da mesma Unidade, na época em fase de implantação. Após treinamento em foraminíferos no Centro de Pesquisas da Petrobras (1988) iniciou a atividade de bioestratígrafo, ainda no laboratório, onde permaneceu lotado até 1999, quando foi transferido para o Cenpes. Entre 1991 e 1993 cursou mestrado em Estratigrafia na UFRGS, área de concentração em Micropaleontologia, foco no estudo de foraminíferos do Cretáceo Superior. No Cenpes exerceu as atividades de Bioestratigrafia (foraminíferos) em poços das bacias da margem sul e sudeste. Em 2006 foi designado gerente da Gerência de Bioestratigrafia e Paleoecologia (BPA), atividade que exerce até o momento.



Gilmar Vital Bueno
Centro de Pesquisas da Petrobras (Cenpes)
P&D em Geociências
Gerência de Geologia Estrutural e Geotectônica

gilmarvb@petrobras.com.br

Gilmar Vital Bueno graduou-se em Geologia pela Universidade do Vale do Rio dos Sinos (Unisinos), Mestre em Geologia pela Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP) e Doutor em Geociências pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Geólogo da Petróleo Brasileiro S. A. desde 1987, atuou como intérprete de exploração em várias bacias brasileiras, tais como, Santos, Pelotas, Recôncavo, Tucano e Jatobá, tendo sido gerente de interpretação nas duas últimas. Coordena vários projetos regionais em bacias Rifte no Brasil e em Portugal. Geólogo Senior, é gestor da Rede de Estudos Geotectônicos do Cenpes.



Marco Antônio Schreiner Moraes
Centro de Pesquisas da Petrobras (Cenpes)
P&D em Geociências

masmoraes@petrobras.com.br

Marco Antônio Schreiner Moraes cursou Geologia na Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) e Universidade Federal da Bahia (UFBA), onde graduou com especialização em Geologia do Petróleo em 1980. Iniciou suas atividades na Petrobras em 1981, no Distrito de Exploração da Bahia. Em 1982 transferiu-se para o Setor de Ensino e em 1987 para o Cenpes. Obteve mestrado em Geologia de Reservatórios pela Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP) em 1985 e doutorado pela Universidade do Wyoming, Estados Unidos, em 1991. De 1994 a 1999 foi gerente do Setor de Geologia e Geofísica de Reservatórios do Cenpes. Em 1999 retornou à área técnica, tendo coordenado diversos projetos, incluindo os de Parametrização de Afloramentos Análogos, Heterogeneidades Críticas em Turbiditos e Acunhamentos Estratigráficos em Turbiditos, além de ter participado em uma série de estudos de Caracterização de Reservatórios de Águas Profundas e Estudos de Afloramentos Análogos, efetuados para as áreas de Reservatórios e Exploração nacional e internacional. Já ocupou também os cargos de consultor técnico e consultor sênior. Desde 2010 coordena o Programa de Modelagem de Bacias (Promob) da área de Geociências do Cenpes.



Viviane Sampaio Santiago dos Santos
Centro de Pesquisas da Petrobras (Cenpes)
P&D em Geociências
Gerência de Sedimentologia e Estratigrafia

vsss@petrobras.com.br

Viviane Sampaio Santiago dos Santos é geóloga da Petrobras atua na área de Sedimentologia e Estratigrafia do Cenpes desde 1999. Trabalhou na Unidade Operacional da Bacia de Campos no acompanhamento de poços e Laboratório de Rochas. É consultora técnica da Companhia e, gestora da Rede de estudos em Sedimentologia e Estratigrafia.



Ramsés Capilla
Centro de Pesquisas da Petrobras (Cenpes)
P&D em Geociências
Gerência de Geoquímica

capilla@petrobras.com.br

Ramsés Capilla graduado em Geologia pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ) em 1989. Mestre e Doutor, ambos em Geologia na área de Sistemas Depositionais e Estratigrafia pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), nos anos de 1995 e 2002, respectivamente. Ingressou na Petrobras em 2000, onde atuou até 2001 nas áreas de Acompanhamento Geológico de Poços. Desenvolve pesquisas de Geoquímica do Petróleo e coordena a Rede Temática de Geoquímica da Petrobras. É professor das disciplinas de Sistemas Petrolíferos e Geoquímica do Petróleo na Universidade Petrobras (UP) e Geologia, Paleontologia e Biologia Marinha na Universidade Castelo Branco (UCB). Tesoureiro da Associação Latino-Americana de Geoquímica Orgânica (Alago), nos anos de 2006 a 2014. Atuou também como membro da Diretoria Executiva da Sociedade Brasileira de Geoquímica (SBGq), no biênio de 2007 a 2009.



Ricardo Silva Nunes de Bragança
Centro de Pesquisas da Petrobras (Cenpes)
P&D em Geociências
Gerência de Geofísica

rbraganca@petrobras.com.br

Ricardo Silva Nunes de Bragança graduado em Física pela Universidade Federal Fluminense (UFF) e Mestre em Geofísica pela Universidade Federal da Bahia (UFBA), trabalha na gerência de Geofísica do Cenpes desde 1995 tendo atuado nas áreas de Imageamento Sísmico e Computação de Alto Desempenho. Responsável pela introdução do uso de *clusters* de computadores na Petrobras. É consultor técnico da Empresa desde 2007 e gestor da Rede de Estudos de Geofísica Aplicada desde 2009.



Cecília Cunha Lana
Centro de Pesquisas da Petrobras (Cenpes)
P&D em Geociências
Gerência de Bioestratigrafia e Paleoecologia

lana@petrobras.com.br

Cecília Cunha Lana graduou-se em Geologia em 1985 pela UFRJ e cursou a especialização em Geologia e Geofísica Marinha no Laboratório de Geologia Marinha da UFF (Lagemar), em 1986. Ingressou na Petrobras em 1987 atuando na área de Biocronoestratigrafia, especializando-se no método Palinologia. Após dois anos de treinamento no Cenpes transferiu-se para Natal, atual Unidade de Operações de Exploração e Produção do Rio Grande do Norte e Ceará, onde atuou na área de Sedimentologia e Estratigrafia em 1989 e foi responsável pelo laboratório e atividades da Palinologia por 5 anos, atuando tanto na seção rifte continental quanto nas seções marinhas das bacias Potiguar e Ceará. Mestre em Geociências/Estratigrafia pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), em 1996. Retornou ao Cenpes, atuando na Bioestratigrafia/Palinologia das bacias marginais brasileiras (margem leste e equatorial) e de bacias do globo (América do Sul, África e Europa). Dentro da Palinologia especializou-se no grupo dos Dinoflagelados fósseis.



Anelise Friedrich
Centro de Pesquisas da Petrobras (Cenpes)
P&D em Geoengenharia e Engenharia de Poço
Gerência de Caracterização e Modelagem de Reservatórios

anefri@petrobras.com.br

Anelise Friedrich possui graduação em Geologia pela Universidade de Brasília (UnB) em 1982, Mestre em Geociências pela Universidade de Campinas (Unicamp) em 2003. Especialização em Geoestatística pela Escola de Minas de Paris em 1997. Ingressou na Petrobras em 1990, e desde 2000 exerce as funções no Cenpes, onde é responsável pela coordenação de diversos projetos de pesquisa, principalmente com universidades brasileiras. Coordena a Rede de Caracterização e Modelagem de Reservatórios, composta por 15 universidades e 30 equipes dedicadas à Geologia e Geofísica de Reservatórios.



Alípio José Pereira

Centro de Pesquisas da Petrobras (Cenpes)
P&D em Geociências
Gerência de Sedimentologia e Estratigrafia

alipiopereira@petrobras.com.br

Alípio José Pereira é graduado em Geologia pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ) desde 1996. cursou especialização em Planejamento Ambiental pela Universidade Federal Fluminense (UFF) em 1997, em Geologia e Geofísica Marinha pela UFF em 1998, em Análise de Bacias Aplicada a Indústria do Petróleo pela UERJ em 2001 e, em Geologia do Quaternário pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) em 2003. Mestre e Doutor em Geologia e Geofísica Marinha, ambos pela UFF nos anos de 2001 e 2009, respectivamente. Ingressou na Petrobras em 1989 como Técnico em Operação e atua como Geofísico desde 2003.