

The background of the cover is a photograph of a dark, layered rock formation, possibly a volcanic flow, with some lighter-colored mineral veins and cracks. A large, irregularly shaped area in the center is covered by a light green, torn-paper-like overlay. The text is printed on this overlay in a dark blue, sans-serif font.

Zorano Sérgio de Souza (org.)

## QUINZE ANOS

do Programa de Pós-Graduação em  
Geodinâmica e Geofísica da UFRN

(1996-2011)

UFRN / CCET / PPGG





Zorano Sérgio de Souza (org.)

QUINZE ANOS  
do Programa de Pós-Graduação em  
Geodinâmica e Geofísica da UFRN  
(1996-2011)

Edição do autor

UFRN / CCET / PPGG  
Natal, RN  
2011

© 2011 ZORANO SÉRGIO DE SOUZA (ORG.)

Todos os direitos desta publicação reservados ao PPGG/UFRN. Lei 9.610/98 do direito autoral.

FOTO DA CAPA: Mistura incompleta de magmas em pluton neoproterozóico (543 ± 21 Ma) a Oeste de Lajes/RN.

**ZORANO SÉRGIO DE SOUZA**

revisão

**REJANE ANDRÉA MATIAS ALVARES BAY**

diagramação eletrônica

**CAULE DE PAPIRO**

capa

Seção de Informação e Referência

Catálogo da Publicação na Fonte. UFRN / Biblioteca Central Zila Mamede

---

Souza, Zorano Sérgio de.

Quinze anos do programa de Pós-Graduação em Geodinâmica e Geofísica da UFRN (1996-2011) / Zorano Sérgio de Souza; Universidade Federal do Rio Grande do Norte. - Natal, RN, 2011.

360 p.

ISBN 978-859.131.240-5

1. Geofísica. 2. Geodinâmica. 3. UFRN. I. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. II. Título.

RN/UF/BCZM

CDU 550.3:551.2/.3

---

UFRN / CCET / PPGG  
Campus Universitário, S/N, Lagoa Nova  
Caixa Postal 1639  
Natal, RN, CEP 59078-970  
Fone e FAX/ 84-3215 3831  
e-mail [geofis@ccet.ufrn.br](mailto:geofis@ccet.ufrn.br)  
[http: www.posgraduacao.ufrn.br/PPGG](http://www.posgraduacao.ufrn.br/PPGG)

A todos (Docentes, Pesquisadores, Visitantes,  
Discentes, Servidores Técnicos e Administrativos)  
que têm contribuído com o Programa de Pós-  
Graduação em Geodinâmica e Geofísica da UFRN.



## Apresentação

Ao completar 15 anos, o Programa de Pesquisa e Pós-Graduação em Geodinâmica e Geofísica (PPGG) se encontra plenamente consolidado nos níveis de Mestrado e Doutorado. O PPGG tem se destacado pela formação recursos humanos de alto nível, fato comprovado pela inserção dos egressos em instituições de ensino nacionais e regionais, no mercado de trabalho e na indústria de um modo geral, em especial a petrolífera e a de mineração, e órgãos de controle e monitoramento ambiental.

Este é, portanto, um momento adequado para traçar a história do Programa, compilando e integrando fragmentos de sua trajetória dispersos em documentos oficiais, projetos de fundação, projetos de pesquisa, atas de reuniões, Dissertações e Teses. Levando em conta o número de concluintes formados até outubro de 2011, perfazendo 107 Mestres e 29 Doutores, há dados suficientes para elaborar o perfil acadêmico e científico do egresso, as fontes de financiamento e órgãos de fomento que contribuíram para o sucesso do Programa. Sabendo o perfil do que está formando, o Programa tem condições objetivas de reajustar sua capacidade acadêmico-científica e aperfeiçoar meios para aumentar sua produção intelectual em termos quantitativos e qualitativos.

A elaboração deste documento não teria sido possível sem a inestimável colaboração dos membros do PPGG (docentes, pesquisadores, pós-

-graduandos) e da Secretária do Programa, Nilda de Araújo Lima, pelo prestimoso aporte de informações indispensáveis ao êxito deste empreendimento. Também foram valiosas as informações registradas no sistema coleta CAPES por coordenadores em gestões anteriores do PPGG.

Endereçamos menção especial à Pró-Reitoria de Pós-Graduação da UFRN pelo constante apoio no sentido de melhoria das condições de funcionamento e no esforço para o Programa atingir melhor conceituação perante os órgãos de fomento e de avaliação institucional.

Zorano Sérgio de Souza  
*Coordenador do PPGG no período 2008-2011*

# Sumário

**Histórico, 11**

**Áreas de Concentração e Linhas de Pesquisa, 33**

**Estrutura Curricular, 39**

**Infraestrutura e Equipamentos, 59**

**Integração com a Graduação, 69**

**Fontes de Recursos e Bolsas de Estudo, 71**

**Intercâmbios, 75**

**Perfil do Egresso, 79**

**Resumos de Dissertações, 85**

**Resumos de Teses, 275**

**Considerações Finais, 351**

**Referências, 353**

**Lista de Abreviaturas, 355**



## Histórico

A proposta de criação do Programa de Pesquisa e Pós-Graduação em Geodinâmica e Geofísica (PPGG) foi aprovada pela resolução n° 053/95-CONSEPE de 02/05/1995 (Figura 1). O projeto foi encaminhado ao CONSUNI em 05/05/1995 pela Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação (PPPg; Figura 2), com ato de aprovação oficial pelo Gabinete do Reitor, Professor Geraldo dos Santos Queiroz, em 23/05/1995 (Figura 3), contando inicialmente com apoio financeiro na forma de bolsas e taxas e bancada da própria CAPES e do CNPq.

A integração entre os grupos de pesquisa do Departamento de Geologia (DG) na área de Geodinâmica e do Departamento de Física Teórica e Experimental (DFTE) na área de Geofísica começou em 1987, com vários projetos financiados principalmente pelo programa PADCT II, subprojeto “Geodinâmica e Sismicidade no Nordeste Oriental”. Esta interação deu origem em 1991 a Base de Pesquisa em Geodinâmica e Geofísica e, em 1993, ao Núcleo de Pesquisa em Geodinâmica e Geofísica (NPPGG), que se tornou o embrião do PPGG.

O projeto de criação do PPGG (Jardim de Sá e Medeiros, 1995) foi uma proposta conjunta do DG e do DFTE do Centro de Ciências Exatas da UFRN, que passou a se chamar Centro de Ciências Exatas e da Terra em 1998. As atividades de pesquisa e ensino desenvolvidas no PPGG estavam

articuladas com o NPPG, composto por parte dos docentes do DG e do Grupo de Geofísica do DFTE, contando ainda com a colaboração de pesquisadores de outras unidades da própria UFRN e de outras instituições de ensino superior. No mesmo ano, o PPGG submeteu a Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação da UFRN o Projeto Nordeste (1995), objetivando alocação de vagas docentes. Em 2008, o Grupo de Geofísica do DFTE passou a integrar o recém criado Departamento de Geofísica da UFRN.

A 1ª seleção para o ingresso no Mestrado no PPGG ocorreu em dezembro de 1995, com início das atividades acadêmicas em março de 1996, sendo selecionados oito candidatos. O folheto explicativo dos primeiros anos do Programa pode ser visto na Figura 4. Nos anos iniciais, o PPGG teve o ingresso de alunos dos cursos de Geologia e de Física da UFRN. A primeira Dissertação, do aluno Aderson Farias do Nascimento, graduado em Física pela UFRN, foi orientada pelo Professor Mário Koechi Takeya, tendo sido defendida no prazo de 18 meses. Após concluir seu Doutorado na Universidade Edimburgo em 2002, o Dr. Aderson Farias passou a integrar o quadro permanente do PPGG em 2004. Até outubro de 2011, cento e sete alunos concluíram o Mestrado no Programa.

Em 1999, começou o “Programa de Formação em Geologia, Geofísica e Informática no Setor Petróleo & Gás na UFRN - Graduação e Pós-Graduação” (PRH22/ANP), desde então coordenado pela professora Helenice Vital. O PRH22/ANP reúne membros do PPGG e do Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Computação (MSC) do Departamento de Informática e Matemática Aplicada (DIMAP) da UFRN.

No mesmo ano, teve início o Curso de Doutorado do PPGG (Figura 5), cujo projeto foi submetido à Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação da UFRN em novembro de 1998 (Projeto de Doutorado, 1998). A aula inaugural foi ministrada pelo Dr. Reinhardt Adolfo Fuck do Instituto de Geociências da Universidade de Brasília em 28/9/1999 (Figuras 6 e 7). O

folheto de divulgação do Doutorado pode ser visto na Figura 8. A primeira turma de Doutorado começou em setembro de 1999, com três candidatos que fizeram o *upgrade* do Mestrado. A primeira defesa de Doutorado foi realizada em 14/12/2001 por Mário Neto Cavalcanti de Araújo, egresso do Curso de Geologia da UFRN, e que iniciou o Mestrado no PPGG em março de 1998 e fez o *upgrade* para o Doutorado em 1999 (Figura 9). Atualmente, o Dr. Mário Araújo é pesquisador do CENPES.

O Programa vigorou com conceito três de 1996 até os dois primeiros anos do Doutorado (Figura 5), tendo sido reavaliado para quatro no triênio 2002-2004, passando a cinco no triênio 2005-2007. A partir de 2008, voltou ao conceito quatro. Atualmente, o Programa realiza esforços no sentido incrementar as publicações e a qualificação da produção técnico-científica dos membros discentes e docentes, visando ascender novamente na conceituação da CAPES.

Em outubro de 2000, entrou no ar a primeira página eletrônica do PPGG, hospedada no sítio [www.ccet.ufrn.br/geofisica\\_e\\_geodinamica](http://www.ccet.ufrn.br/geofisica_e_geodinamica). Atualmente, o Programa tem sua página oficial em [www.posgraduacao.ufrn.br/PPGG](http://www.posgraduacao.ufrn.br/PPGG).

Até julho de 2006, a Coordenação e a Secretaria do PPGG funcionaram no prédio do CCET. Neste mesmo ano, todos os docentes ainda com gabinete de trabalho no CCET foram transferidos para instalações definitivas nas dependências do Departamento de Geologia e/ou do Laboratório de Geologia e Geofísica do Petróleo. Nilda de Araújo Lima é a primeira Secretária do PPGG (desde abril de 1998) e permanece até hoje servindo nesta mesma função ao PPGG.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E DO DESPORTO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE

RESOLUÇÃO N.º 053/95-CONSEPE, de 02 de maio de 1995.

Emitir parecer favorável à criação  
do Programa de Pós-Graduação em  
Geodinâmica e Geofísica.

O REITOR DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE  
Faço saber que o Conselho de Ensino, Pesquisa e Exten-  
são, usando da atribuição que lhe confere o artigo 13, inciso  
VIII do Estatuto

CONSIDERANDO o que consta do processo nº  
23077.002548/95,

### R E S O L V E

I - Emitir parecer favorável à criação do Programa de  
Pós-Graduação em GEODINÂMICA E GEOFÍSICA, do Centro de Ciências  
Exatas.

II- Propor ao Conselho Universitário - CONSUNI, nos ter-  
mos do artigo 13, inciso VIII do Estatuto, a criação do referido  
curso.

Reitoria, em Natal, 02 de maio de 1995.

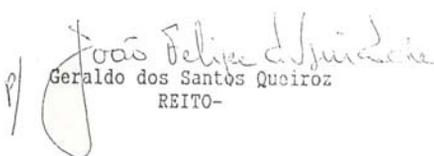
  
Geraldo dos Santos Queiroz  
REITO-

Figura 1 - Emissão de parecer favorável à criação do PPGG (resolução nº.  
053/95-CONSEPE), de 2/5/1995.

PROCESSO: 02548/95-00  
INTERESSADO: JAZIEL, MARTINS DE SÁ  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOFÍSICA E  
GEODINÂMICA

DESPACHO

Solicitamos a Vossa Magnificência o "ad referendum" do CONSUNI, tendo em vista que o processo:

- encontra-se devidamente instruído.
- foi aprovado em todas as instâncias.
- deverá ser encaminhado à CAPES até 30 de maio de 1995.
- não estar prevista reunião do CONSUNI antes desta data.

Natal, 05 de maio de 1995.

*M. Helena de Freitas Macedo*  
Maria Helena de Freitas Macedo  
Presidente da CPPg-CONSEPE, em exercício

*Geraldo dos Santos Queiroz*  
17.05.95  
*Geraldo dos Santos Queiroz*  
PROF. GERALDO DOS SANTOS QUEIROZ  
Reitor

Figura 2 - Encaminhamento da presidente da Comissão de Pesquisa e Pós-Graduação, Professora Maria Helena de Freitas Macedo, solicitando *ad referendum* do Reitor, Professor Geraldo dos Santos Queiroz, Presidente do CONSUNI.



MINISTERIO DA EDUCAÇÃO E DO DESPORTO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE  
GABINETE DO REITOR

PROCESSO Nº: 23077.002548/95-00  
INTERESSADO: JAZIEL MARTINS SA e outros  
ASSUNTO : Projeto de implantação de um PROGRAMA DE PESQUISA E  
PÓS-GRADUAÇÃO EM GEODINÂMICA E GEOFÍSICA

### DESPACHO

Considerando a relevância do PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOFÍSICA E GEODINÂMICA, assim como a urgência em implementá-lo, e a instrução e aprovação do processo em todas as instâncias, aprovo, *ad referendum* do CONSUNI, o referido processo.

Natal, 23 de maio de 1995.

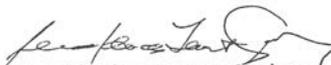
  
Prof. Geraldo dos Santos Queiroz  
REITOR

Figura 3 - Ato do Reitor da UFRN, Professor Geraldo dos Santos Queiroz, oficializando a criação do Programa de Pesquisa e Pós-Graduação em Geodinâmica e Geofísica.

**BOLEIAS**

O PPGG conta com bolsas da CAPES e CNPq, destinadas a alunos em dedicação integral e, prioritariamente, sem vínculo empregatício.

**CORPO DOCENTE PERMANENTE DO PPGG**

Antônio Carlos Galvão - Dr., UFPA, 1993, Petrologia e Geocronologia de Granulitos.  
 David Lopes de Castro - Dr., Kist, 1995, Simoesctimografia e Métodos Potenciais.  
 Emanuel Ferraz Jardim de Sá - Dr., UfLl, 1994, Geologia Estrutural, Geocronologia e Geocronologia de Granulitos, Geotectônica.  
 Heleizete Vital - Dr., Kist, 1996, Sedimentologia, Geologia Costeira, Geocronologia Sedimentar.  
 Jaiele Martins Sá - Dr., UNIC, 1991, Petrologia Metamórfica, Geocronologia e Geocronologia de Granulitos e Metamorfismos.  
 José Wilson de Paiva Menezes - Dr., Strasbourg, 1982, Métodos Potenciais, Propriedades Físicas de Minerais e Rochas, Prospeção Geofísica.  
 Maria Helena Freitas Macedo - Dr., Strasbourg, 1982, Geocronologia e Geocronologia Isotópica.  
 Mário Kowicki Talley - Dr., Zolotarich, 1992, Sísmologia e Sismotectônica.  
 Walter Eugênio de Medeiros - Dr., UFPA, 1993, Métodos Potenciais e Prospeção Geofísica.  
 Zorano Sérgio de Sousa - Dr., UFPA, 1994, Tectônica, Petrologia e Evolução Crustal Precambriana.

O PPGG conta ainda com a colaboração de pesquisadores permanentes à PETROBRAS S/A e a outras instituições de ensino superior no país e no exterior, bem como de um corpo de pesquisadores mestres do PPGG, em processo de doutoramento.

**CALENDÁRIO 1996/1997**

Inscrição à Seleção do PPGG: 01 a 29 de novembro de 1996.

Número de vagas: 05 (cinco), podendo ser ampliado a critério do Colegiado do PPGG.

Princípio da Seleção: 09 a 13 de dezembro de 1996.

Matrículas: fevereiro de 1997.

Início das aulas: março de 1997.

**COORDENAÇÃO DO PPGG**

Coordenador: Prof. Dr. Emanuel Ferraz Jardim de Sá  
 Departamento de Geologia - CCE - UFRN  
 Fone: (084)213-9093 e 215-3805  
 e-mail: emansaj@geologia.ufrn.br

Vice-Coordenador: Prof. Dr. Walter Eugênio de Medeiros  
 Departamento de Física Teórica e Experimental - CCE - UFRN  
 Fone: (084) 215-3794  
 e-mail: walter@geofisica.ufrn.br

**INFORMAÇÕES**

Coordenação do PPGG  
 Departamento de Geologia  
 Centro de Ciências Exatas - UFRN  
 Campus Universitário de Lagoa Nova  
 Caixa Postal 1618 CEP 59072-970  
 Fone e FAX: (084)213-9093 e 215-3805 FAX: (084)213-9749  
 e-mail: ppgg@geologia.ufrn.br

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE  
 CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS

Departamento de Geologia      Departamento de Física Teórica e Experimental

**Núcleo de Pesquisa em Geodinâmica e Geofísica**

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEODINÂMICA E GEOFÍSICA - PPGG -**

**MESTRADO**

**LINHAS DE PESQUISA:**

Geologia de Terrenos Precambrianos  
 Geocronologia e Geocronologia Sedimentar e Tectônica  
 Geofísica da Litosfera  
 Tectônicas Geofísicas e Estruturas Aplicadas

---

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEODINÂMICA E GEOFÍSICA - PPGG**

**MESTRADO**

**APRESENTAÇÃO**

O programa de Mestrado mantém uma estreita integração com as atividades do Núcleo de Pesquisa em Geodinâmica e Geofísica, envolvendo pesquisadores dos Departamentos de Geologia e de Física Teórica e Experimental da Universidade Federal do Rio Grande Norte. As atividades consistem de trabalhos orientados em campo, em laboratório, incluindo a atividade científica e o desenvolvimento de técnicas recentes, visando proporcionar a integração de um conjunto variado de ferramentas geológicas e geofísicas, como metodologia básica de trabalho.

**TEMAS DE PESQUISA**

As disciplinas a serem desenvolvidas no âmbito do PPGG poderão abordar os seguintes temas:

- (1) Zonas de Cisalhamento e a Granuliteira Brasileira, inclui temas como o movimento da placa do cisalhamento e dos pilares a partir de estruturas remanescentes e análise estrutural de terrenos, a cronologia e assinatura gravimétrica e magnética dos cisalhamentos, a genética e tectônica do cisalhamento e deformação das zonas, as assinaturas geocronológicas das margens e processos geodinâmicos envolvidos.
- (2) A Cratônica Central Pré-Brasileira. Cingula temas como a cartografia lito-estrutural da Faixa Seridó e outros terrenos metamórficos da Província Borborema, incluindo a utilização de assinaturas remanescentes e dados geofísicos, os diferentes ambientes tectônicos, regimes tectônicos e as grandes etapas de evolução crustal sendo investigados com a obtenção de dados estruturais, geocronológicos e isotópicos de alto grau.
- (3) A Sismicidade e a Dinâmica das Províncias Recentes Precambrianas e Geologia Císmica e Metálicas (Bacias Sedimentares e o Magmatismo Básico). Esta linha é dirigida por temas como o das relações entre sedimentação e tectônica, incluindo a análise das estruturas precambrianas no embudo das bacias mesotéticas e no padrão sísmico atual, análise sismo-tectônica, movimento e direção da crosta em longo prazo em um sismo tectônico, o movimento e caracterização da sismicidade, determinação de esforços tectônicos e sua relação com as estruturas tectônicas.

manuseio em micro-ondas e monitoramento do desenvolvimento e reativação de falhas.

(4) *Aplicações e Desenvolvimento das Técnicas Geofísicas, Estruturais e de Sensoriamento Remoto.* Desenvolvimento técnico de métodos geofísicos, aplicações dessas ferramentas à análise de risco sísmico, segurança de barragens e monitoramento geomecânico; análise do fraturamento e propagação de águas subterrâneas em meios sedimentares e cristalinos; controles estruturais da mineralização, suas fases e depósitos de ouro em zonas de cisalhamento.

**GRADE CURRICULAR E ELENCO DE DISCIPLINAS**

É requerida a integração de um número de 24 unidades de crédito e a elaboração da Dissertação de Mestrado. As disciplinas serão escolhidas em função das necessidades do tema da dissertação. O tema e o orientador da dissertação serão definidos quando do ingresso do aluno no programa, previsto de matrícula em 1º de maio de 1º semestre letivo. A dissertação envolve um trabalho prático ativo sobre um tema específico, incluindo apresentação e defesa pública. O prazo médio de conclusão do curso é de 4 semestres letivos ou 24 meses.

Dois grandes áreas de concentração são propostas:

**Área de Concentração GEODINÂMICA**

Disciplinas Obrigatórias - Semestre de Pesquisa:  
 Disciplinas Opcionárias - Geodinâmica, Tectônica do Precambriano, Métodos de Análise Estrutural, Métodos Geocronológicos, Regimes Tectônicos, Processos Metamórficos e Regimes Termais, Geologia de Campo de Terrenos Cristalinos, Elementos da Tectônica, Tópicos em Geodinâmica, disciplinas da Área de Geofísica, e de outros programas da UFRN.

**Área de Concentração GEOFÍSICA**

Disciplinas Obrigatórias - Semestre de Pesquisa:  
 Disciplinas Opcionárias - Elementos de Testemunhos, Sísmologia, Aplicações Remotológicas, Métodos Potenciais, Métodos Geofísicos Elétricos, Propriedades Físicas de Materiais Geológicos, Geofísica Aplicada à Hidrogeologia, Tópicos em Geofísica, Geodinâmica, disciplinas da Área de Geodinâmica, e de outros programas da UFRN.

**DOCUMENTOS PARA INSCRIÇÃO NA SELEÇÃO**

Os candidatos deverão encaminhar sua inscrição à seleção do PPGG mediante formulário em carta pessoal à Coordenação do programa (indicar área de concentração pretendida), acompanhado de: currículo atualizado (identidade, CPF), diploma(s) de conclusão (ou certificado) fornecido pela Coordenação de Cursos, informação prévia(s) data da conclusão do curso superior e respectivo histórico escolar, curriculum vitae e cartas de recomendação de dois professores ou superiores hierárquicos.

**CRITÉRIOS DE SELEÇÃO**

Os candidatos devem ser graduados em Geologia, Física, Engenharia em física, ou curso do Colegiado do PPGG. Os candidatos serão selecionados com base em análise do currículo, entrevista e, quando necessário, prova específica sobre os fundamentos da área de concentração. O número de vagas será função da disponibilidade de recursos humanos e materiais requeridos para o desenvolvimento dos temas de dissertação. Esses temas serão apresentados aos candidatos pela Coordenação do PPGG, no início do processo de seleção. É facultado aos candidatos propor temas de dissertação, desde que embasados do ponto de vista científico e prático e previamente discutidos com a Coordenação do Programa. O início do curso coincide com o início do primeiro semestre letivo da UFRN.

**INFRAESTRUTURA E EQUIPAMENTOS**

O PPGG dispõe das seguintes laboratórios e equipamentos: laboratório petrográfico, biblioteca de materiais transparentes e opacos, incluindo fluidos, sensoramento remoto, sedimentologia, difração de raios-X, difratação de raios-X, laboratório auxiliar de geocronologia, propriedades físicas de materiais geológicos, simulação, equipamentos geofísicos portáteis, computação, biblioteca, veículos de campo.

**FONTES DE RECURSOS**

As pesquisas relacionadas à pós-graduação estão sendo financiadas através de recursos de pessoas apoiadas pelo FINEP/PADCT, CNPq, PETROBRAS, entidades governamentais federais e estaduais e fundos de pesquisa locais. As pesquisas também recebem apoio do projeto de cooperação científica com a Universidade (UFPE, UNB, UfLl), CAPES/COFICUB (França) e CAPES/Conselho Brasileiro.

Figura 4 - Folheto do primeiro ano de funcionamento do PPGG.



Figura 5 - Parecer de aprovação de criação do Doutorado pela CAPES em 23/8/1999.



Figura 6 - Convite para a aula inaugural do Curso de Doutorado, realizada em 28/09/1999.

Figuras 7a, 7b, 7c e 7d - Presentes à aula inaugural do Curso de Doutorado, em 28/09/1999. Créditos de fotografias a Nilda de Araújo Lima.



Figura 7a - Professor Emanuel Ferraz Jardim de Sá (PPGG) abre a sessão de inauguração do Curso de Doutorado do PPGG.



Figura 7b - Mesa composta (da esquerda para a direita) dos Professores Paulo César Formiga Ramos (Pró-Reitor de Pesquisa e Pós-Graduação), Reinhardt Adolfo Fuck (IG/UnB, aula inaugural), Ótom Anselmo de Oliveira (Reitor da UFRN), José Alzamir Pereira (Diretor do CCE/UFRN), Geraldo Magela (representando o Governo do Estado do RN) e Emanuel Ferraz Jardim de Sá (Coordenador do PPGG).



Figura 7c - Professores Reinhardt Adolfo Fuck, Ótom Anselmo de Oliveira e José Alzamir Pereira.



Figura 7d - Assistentes durante a aula inaugural do Curso de Doutorado.

Figuras 8a, 8b, 8c, 8d e 8e - Folheto explicativo para o início do Doutorado.

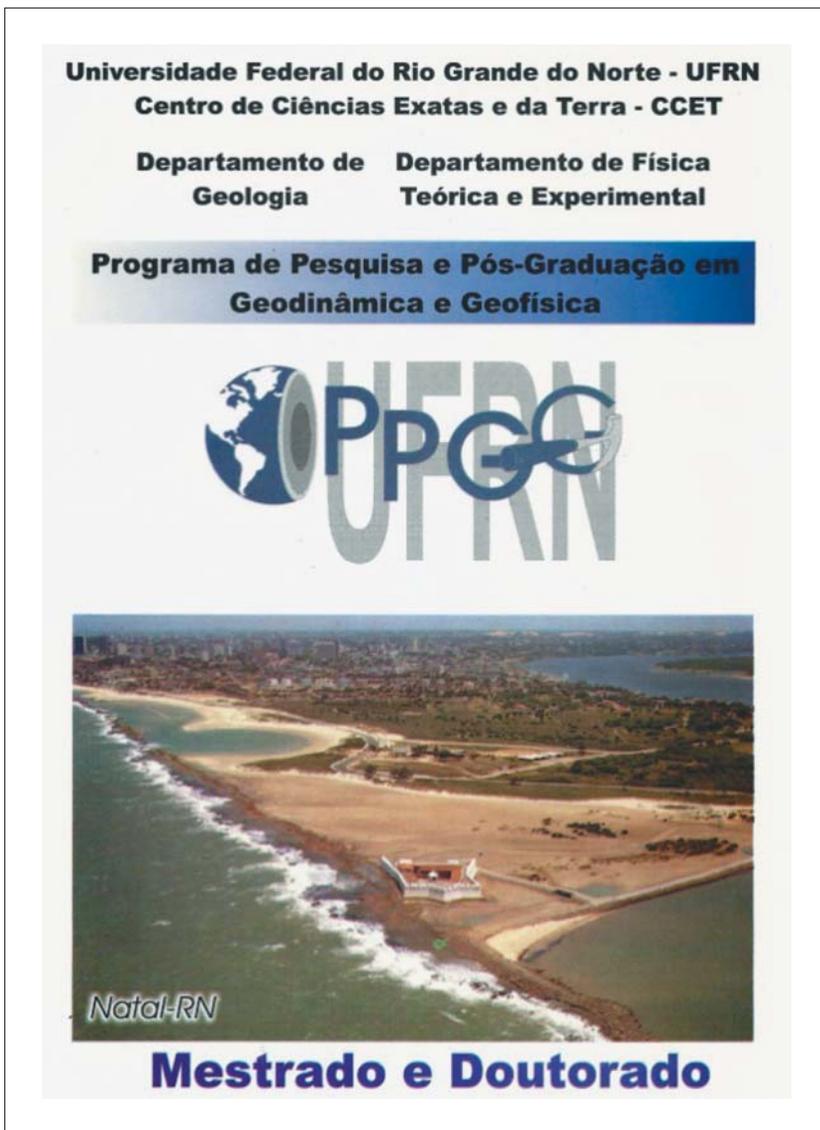


Figura 8a - Capa.

## APRESENTAÇÃO

Iniciado em 1996, este Programa de Pós-Graduação envolve pesquisadores dos Departamentos de Geologia (DG) e de Física Teórica e Experimental (DFTE) da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, articulados no Núcleo de Pesquisa em Geodinâmica e Geofísica. As excelentes exposições de terrenos cristalinos na região NE do Brasil, a ocorrência de bacias mesozóicas e a extensa faixa costeira cenozóica, incluindo a atividade sísmica e evidências de reativação ou formação de estruturas recentes, viabilizam a integração de um conjunto variado de ferramentas geológicas e geofísicas, como metodologia básica de trabalho.

## CORPO DOCENTE PERMANENTE

|                                       |   |                                 |
|---------------------------------------|---|---------------------------------|
| <b>Antonio Carlos GALINDO</b>         | Dr., UFPA, 1993. Petrologia e Geoquímica de Granitóides   | galindo@geologia.ufrn.br        |
| <b>Emanuel Ferraz JARDIM DE SÁ</b>    | Dr., UnB, 1994. Geologia Estrutural, Geocronologia e Geotectônica   | emanuel@geologia.ufrn.br        |
| <b>Fernando César ALVES DA SILVA</b>  | Dr., Orleans, 1994. Geologia Estrutural e Controle Estrutural de Mineralizações                             | fernando@geologia.ufrn.br       |
| <b>Francisco Hilário Rego BEZERRA</b> | Dr., Londres, 1998. Neotectônica e Geologia Estrutural  | bezerrafh@geologia.ufrn.br      |
| <b>Francisco Oliveira da SILVA</b>    | Dr., UnB, 1997. Petrologia e Mineralizações em Rochas Máficas e Ultramáficas                                | silva@geologia.ufrn.br          |
| <b>Francisco Pinheiro LIMA FILHO</b>  | Dr., USP, 1998. Sedimentologia e Estratigrafia  | pinheiro@geologia.ufrn.br       |
| <b>Helenice VITAL</b>                 | Dra., Kiel, 1996. Geologia Marinha, Geologia do Cenozóico e Geoquímica Sedimentar                           | helenice@geologia.ufrn.br       |
| <b>Jaziel Martins SA</b>              | Dr., Nancy, 1991. Petrologia Metamórfica, Geoquímica, Geocronologia   | jaziel@geologia.ufrn.br         |
| <b>Joaquim Mendes FERREIRA</b>        | Dr., USP, 1997. Sismologia e Sismotectônica   | joaquim@dfte.ufrn.br            |
| <b>José Wilson de Paiva MACEDO</b>    | Dr., Strasbourg, 1982. Métodos Potenciais, Prospecção, Geofísica, Propriedades Físicas de Minerais e Rochas | wilson@dfte.ufrn.br             |
| <b>Maria Helena de Freitas MACEDO</b> | Dra., Strasbourg, 1982. Geocronologia e Geoquímica Isotópica  | mhelena@geologia.ufrn.br        |
| <b>Mário Koeichi TAKEYA</b>           | Dr., Edinburgh, 1992. Sismologia e Sismotectônica.  |                                 |
| <b>Renato Marcos Darros de MATOS</b>  | Dr., Cornell, 1992. Geofísica e Geologia Estrutural   | renatom@ep-nce.petrobras.com.br |
| <b>Venerando Eustáquio AMARO</b>      | Dr., USP, 1998. Sensoriamento Remoto  | amaro@geologia.ufrn.br          |
| <b>Walter Eugênio de MEDEIROS</b>     | Dr., UFPA, 1993. Métodos Potenciais e Prospecção Geofísica  | walter@dfte.ufrn.br             |
| <b>Zorano Sérgio de SOUZA</b>         | Dr., UFPA, 1994. Tectônica, Petrologia e Evolução Crustal Precambriana                                      | zorano@geologia.ufrn.br         |

O PPGG conta ainda com a colaboração de outros pesquisadores pertencentes à PETROBRAS e a Instituições de Ensino Superior no País e no Exterior.

Figura 8b - Página 1.

## TEMAS DE PESQUISA



**ZONAS DE CISALHAMENTO E A GRANITOGÊNESE BRASILEANA**

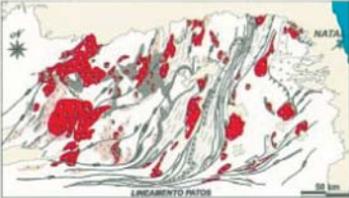
Xenólitos do granito alcalino de Japi (RN), inclusos em monzodiorito, Faixa Seridó.

Mapeamento dos plútons e da trama de cisalhamentos através de sensores remotos e análise estrutural de terreno; cronologia e assinatura gravimétrica e magnetométrica dos cisalhamentos; geometria e mecanismos de alojamento e deformação dos plútons; afinidades geoquímicas dos magmas e processos geodinâmicos envolvidos.



**EVOLUÇÃO CRUSTAL PRÉ-BRASILIANA**

Microshear bands em granitóide brasileiro na Faixa Seridó.



**Mapa Geológico da Faixa Seridó.**

Cartografia lito-estrutural de terrenos metamórficos, incluindo a utilização de sensores remotos e dados geofísicos; caracterização de diferentes ambientes tectônicos, regimes cinemáticos e grandes etapas de evolução crustal através de dados estruturais, geoquímicos e isotópicos.



**Padrões de interferência em micaisto da Formação Seridó**

Figura 8c - Página 2.

**A SISMICIDADE E A DINÂMICA DOS  
PROCESSOS MESO-CENOZÓICOS**



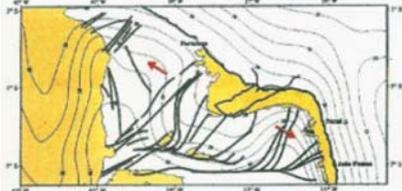
Falhas extensionais (domínios) na Formação Barreiras, Icapui (CE).

Relação entre sedimentação e tectônica, incluindo o controle das estruturas precambrianas no arcabouço das bacias mesozóicas e no padrão sísmico atual; análise morfo-tectônica; mapeamento e datação do Cenozóico ao longo da costa ou em sítios interiores; monitoramento e caracterização da sismicidade, determinação de esforços litostáticos e sua relação com as estruturas neotectônicas; monitoramento sísmico e mecanismos de desenvolvimento e reativação de falhas.



**APLICAÇÕES DOS MÉTODOS  
GEOFÍSICOS, ESTRUTURAIS E DO  
SENSORIAMENTO REMOTO À PESQUISA  
DE RECURSOS NATURAIS E AO  
MONITORAMENTO AMBIENTAL.**

Imagem de satélite LANDSAT TM da região de Galinhos (RN). Mostrando padrões de sandwaves na área submersa (em azul), e distinção entre sedimentos recentes (branco) e terciários (tons de marrom).



Desenvolvimento teórico de métodos geofísicos; aplicações das ferramentas à análise de risco sísmico, segurança de barragens e monitoramento geoambiental; análise do fraturamento e prospecção de águas subterrâneas em meios sedimentares e cristalinos; controles estruturais de mineralizações; aplicações à pesquisa e exploração de petróleo e gás.

Mapa gravimétrico e zonas de cisalhamento no Nordeste Setentrional.

Figura 8d - Página 3.

| <b>DOCUMENTOS PARA INSCRIÇÃO</b>   | <b>CRITÉRIOS DE SELEÇÃO</b>   |
|--|---|
| <p>Os candidatos deverão encaminhar sua inscrição à seleção do PPGG mediante formulário ou carta à Coordenação do Programa (indicar área de concentração), anexando cópias de documentos pessoais (RG, CPF); diploma(s) de conclusão (ou certificado fornecido pela Coordenação do Curso, informando provável data da conclusão) de curso superior e/ou de Mestrado e respectivo(s) histórico(s) escolar(es); <i>curriculum vitae</i>; cartas de recomendação de 2 professores e/ou superiores hierárquicos; Projeto de Dissertação (Mestrado) ou Tese (Doutorado), acordado ou elaborado pelo candidato e orientador.</p> | <p>Os candidatos devem ser graduados em Geologia, Física, Engenharia, Geografia ou afins. Os candidatos serão selecionados com base em análise do <i>curriculum</i>, entrevista e, quando necessário, prova específica sobre os fundamentos da área de concentração. Os temas de Dissertação/Tese serão discutidos com os candidatos. É facultado aos candidatos propor temas, desde que embasados do ponto de vista científico e prático e previamente discutidos com o orientador e a Coordenação do Programa. Especificamente para o Doutorado, o projeto de Tese deve ser elaborado pelo candidato, com consulta ao orientador.</p> |
| <b>CALENDÁRIO</b><br><b>MESTRADO (M) E DOUTORADO (D)</b>   |   |
| <p>Inscrição à Seleção:<br/><b>01 de Novembro a 03 de Dezembro de 1999 (M e D)</b><br/><b>01 a 30 de Junho de 2000 (D)</b></p>   | <p>Matriculas:<br/><b>Até 25 de Fevereiro de 1999 (M e D)</b><br/><b>Até 28 de Julho de 2000 (D)</b></p>  |
| <p>Processo de Seleção:<br/><b>13 a 17 de Dezembro de 1999 (M e D)</b><br/><b>10 a 14 de Julho de 2000 (D)</b></p>   | <p>Início das Aulas<br/><b>Março de 2000 (M e D)</b><br/><b>Agosto de 2000 (D)</b></p>  |
| <p><i>Informações Adicionais:</i><br/>Coordenação do PPGG - Dep<sup>o</sup>. De Geologia - Centro de Ciências Exatas e da Terra - UFRN<br/>Caixa Postal 1639 - CEP: 59072-970 - Natal - RN - Fone: 0 XX 84 215 3831/3807 Fax: 0 XX 84 215 3806<br/>ACESSAR <a href="http://www.ccef.ufrn.br/geologia">http://www.ccef.ufrn.br/geologia</a> PARA ATUALIZAÇÃO PERMANENTE DAS INFORMAÇÕES,<br/>INCLUINDO DISPONIBILIDADE DE BOLSAS, TEMAS DE TRABALHO E ORIENTADORES.</p>   |   |
| <p><i>Coordenação do PPGG:</i><br/>Prof. Dr. FERNANDO CÉSAR ALVES DA SILVA (Coordenador)<br/>Prof. Dr. ANTONIO CARLOS GALINDO (Vice-Coordenador)</p>   |   |
| <p><i>Comissão Executiva</i><br/>Prof. Dr. Antonio Carlos Galindo<br/>Prof. Dr. Emanuel Ferraz Jardim de Sá<br/>Prof. Dr. Fernando César Alves da Silva<br/>Prof.<sup>a</sup>. Dra. Helenice Vital<br/>Prof. Dr. Walter Eugênio de Medeiros</p>  |   |
| <p><i>Secretária:</i><br/>Nilda de Araújo Lima<br/>(nilda@geologia.ufn.br)</p>   |   |

Figura 8e - Página 4.

Figuras 9a, 9b e 9c - Registros da primeira Tese de Doutorado defendida no PPGG, referida a Mário Neto Cavalcanti de Araújo. Foi realizada no dia 14/12/2001, com a banca composta pelos Drs. Fernando César Alves da Silva (orientador, PPGG/UFRN), Zorano Sérgio de Souza (membro interno, PPGG/UFRN), Jaziel Martins Sá (membro interno, PPGG/UFRN), Hardy Jost (membro externo, IG/UnB) e Fernando Flecha Alkmim (membro externo, DEGEO/UFOP). Créditos de fotografias a Nilda de Araújo Lima.



 **Universidade Federal do Rio Grande do Norte**  
**Centro de Ciências Exatas e da Terra**  
**Departamento de Geologia**  
**Programa de Pós-Graduação em Geodinâmica e Geofísica**

**DEFESA DE TESE DE DOUTORADO**

**A CINEMÁTICA SUPERPOSTA E AS MINERALIZAÇÕES  
AURÍFERAS DA FAIXA SERIDÓ:  
UMA ABORDAGEM MESO E MICROSCÓPICA**

**Autor:**  
**Mário Neto Cavalcanti de Araújo**

**Banca examinadora:**  
**Prof. Dr. Fernando César Alves da Silva (PPGG/UFRN - orientador)**  
**Prof. Dr. Zorano Sérgio de Souza (PPGG/UFRN)**  
**Prof. Dr. Jaziel Martins Sá (PPGG/UFRN)**  
**Prof. Dr. Fernando F. Alkmim (DEGEO/UFOP)**  
**Prof. Dr. Hardy Jost (IG/UNB)**

**Data: 14/12/2001 às 14:00 h. - Local: Anfiteatro B do CCET**

Figura 9a - Cartaz divulgando a defesa da primeira defesa de Doutorado do PPGG.



Figura 9b - Banca examinadora discutindo com o candidato.



Figura 9c - Divulgação do resultado final, com o candidato Mário Neto Cavalcanti de Araújo em pé à esquerda.

Do momento de sua criação até hoje, o PPGG teve oito mandatos de Coordenador e Vice-Coordenador, referidos ao Quadro 1. No primeiro ano de funcionamento, o PPGG contava com dez docentes permanentes e dez colaboradores (Quadro 2). Nos dois primeiros anos de funcionamento do Doutorado, o PPGG contava com dezesseis docentes permanentes (Figura 8). A atual constituição do PPGG inclui dezessete docentes permanentes e onze colaboradores (Quadro 3).

Quadro 1 - Coordenadores e Vice-Coordenadores do PPGG desde sua criação.

| <b>Coordenador<br/>(Vice-Coordenador)</b>                            | <b>Período</b>    | <b>Departamento</b>                         |
|--|-------------------|---|
| Emanuel Ferraz Jardim de Sá<br>(Walter Eugênio de Medeiros)          | 05/1995 a 10/1997 | Geologia<br>(Física Teórica e Experimental) |
| Emanuel Ferraz Jardim de Sá<br>(Fernando César Alves da Silva)       | 10/1997 a 10/1999 | Geologia<br>(Geologia)                      |
| Fernando César Alves da Silva<br>(Antonio Carlos Galindo)            | 10/1999 a 10/2001 | Geologia<br>(Geologia)                      |
| Fernando César Alves da Silva<br>(Fernando Antonio Pessoa Lira Lins) | 11/2001 a 11/2003 | Geologia<br>(Geologia)                      |
| Fernando Antonio Pessoa Lira Lins<br>(Emanuel Ferraz Jardim de Sá)   | 01/2004 a 01/2006 | Geologia<br>(Geologia)                      |
| Fernando Antonio Pessoa Lira Lins<br>(Emanuel Ferraz Jardim de Sá)   | 01/2006 a 01/2008 | Geologia<br>(Geologia)                      |
| Zorano Sérgio de Souza<br>(Helenice Vital)                           | 01/2008 a 01/2010 | Geologia<br>(Geologia)                      |
| Zorano Sérgio de Souza<br>(Helenice Vital)                           | 01/2010 a 01/2012 | Geologia<br>(Geologia)                      |

Quadro 2 - Pesquisadores do PPGG quando o Projeto de criação foi aprovado em 1995.

| <b>Permanentes (Doutores)</b>     | <b>Departamento</b>           |
|-----------------------------------|-------------------------------|
| Antônio Carlos Galindo            | Geologia                      |
| Emanuel Ferraz Jardim de Sá       | Geologia                      |
| Francisco de Assis Olímpio Cabral | Física Teórica e Experimental |
| Jaziel Martins Sá                 | Geologia                      |
| José Geraldo de Melo              | Geologia                      |
| José Wilson de Paiva Macedo       | Física Teórica e Experimental |
| Maria Helena de Freitas Macedo    | Geologia                      |
| Mário Koechi Takeya               | Física Teórica e Experimental |
| Walter Eugênio de Medeiros        | Física Teórica e Experimental |
| Zorano Sérgio de Souza            | Geologia                      |
| <b>Colaboradores (Mestres)</b>    | <b>Departamento</b>           |
| Ângela Maria Borges Nogueira      | Geologia                      |
| Fernando Antônio Pessoa Lira Lins | Geologia                      |
| Francisco Hilário Rego Bezerra    | Geologia                      |
| Francisco Pinheiro Lima Filha     | Geologia                      |
| João da Mata Costa                | Física Teórica e Experimental |
| Joaquim Mendes Ferreira           | Física Teórica e Experimental |
| Marcela Marques Vieira            | Geologia                      |
| Ricardo Farias do Amaral          | Geologia                      |
| Valéria Centurion Córdoba         | Geologia                      |
| Venerando Eustáquio Amaro         | Geologia                      |

Quadro 3 - Corpo Docente Atual do PPGG.  
Quadro Permanente

| <b>Pesquisador</b>                | <b>Titulação (Doutorado)</b>                                | <b>Departamento</b> |
|-----------------------------------|---|---------------------|
| Aderson Farias do Nascimento      | Universidade de Edimburgo – 2002<br>Sismologia              | Geofísica           |
| Alex Francisco Antunes            | UFRN – 2004<br>Tectônica de Bacias e Sísmica                | Geologia            |
| Antonio Carlos Galindo            | UFPA – 1993<br>Petrologia Ígnea                             | Geologia            |
| David Lopes de Castro             | Universidade de Kiel – 1995<br>Geofísica                    | Geologia            |
| Emanuel Ferraz Jardim de Sá       | UnB – 1994<br>Geologia Estrutural, Geotectônica             | Geologia            |
| Fernando Antonio Pessoa Lira Lins | UFPE – 2000<br>Geofísica Aplicada                           | Geologia            |
| Fernando César Alves da Silva     | Universidade de Órleans – 1994<br>Geologia Estrutural       | Geologia            |
| Francisco Hilário Rego Bezerra    | Universidade de Londres – 1998<br>Neotectônica              | Geologia            |
| Francisco Pinheiro Lima Filho     | USP – 1999<br>Sedimentologia, Estratigrafia                 | Geologia            |
| Helenice Vital                    | Universidade de Kiel – 1996<br>Geologia e Geofísica Marinha | Geologia            |
| Jaziel Martins Sá                 | Universidade de Nancy – 1991<br>Petrologia Metamórfica      | Geologia            |
| Joaquim Mendes Ferreira           | USP – 1997<br>Sismologia, Sismotectônica                    | Geofísica           |
| Ricardo Farias do Amaral          | UFRGS – 2000<br>Geologia Ambiental, Geoprocessamento        | Geologia            |
| Valéria Centurion Córdoba         | UNESP – 2001<br>Sedimentologia, Estratigrafia               | Geologia            |
| Venerando Eustáquio Amaro         | USP – 1998<br>Geoprocessamento, Geologia Regional           | Geologia            |
| Walter Eugênio Medeiros           | UFPA – 1993<br>Geofísica Aplicada                           | Geofísica           |
| Zorano Sérgio de Souza            | UFPA – 1994<br>Petrologia Ígnea                             | Geologia            |

Quadro 3 - Corpo Docente Atual do PPGG (continuação).  
Quadro de Colaboradores

| <b>Pesquisador</b>               | <b>Titulação (Doutorado)</b>                             | <b>Departamento</b> |
|----------------------------------|--|---------------------|
| Carlos César Nascimento da Silva | UFRN – 2004<br>Sísmica                                   | Geofísica           |
| Jordi Julià Casas                | Universidade de Barcelona – 1999<br>Sismologia           | Geofísica           |
| José Antônio de Moraes Moreira   | UFRN – 2006<br>Geofísica Aplicada                        | Geofísica           |
| José Wilson de Paiva Macedo      | Universidade de Estrasburgo – 1982<br>Geofísica Aplicada | Geofísica           |
| Josibel Gomes de Oliveira Júnior | UFRN – 2006<br>Geofísica Aplicada                        | Geofísica           |
| Leandson Roberto F. de Lucena    | UFPR – 2005<br>Geofísica Aplicada                        | Geofísica           |
| Marcos Antonio L. do Nascimento  | UFRN – 2003<br>Petrologia Ígnea                          | Geologia            |
| Mário Pereira da Silva           | UNICAMP – 1989<br>Física                                 | Geofísica           |
| Roberto Hugo Bielschowsky        | UNICAMP – 1997<br>Problemas Inversos                     | Matemática          |
| Rosângela Correa Maciel          | UFBA – 2007<br>Geofísica Aplicada                        | Geofísica           |
| Werner Farkatt Tabosa            | UFRN – 2006<br>Oceanografia Geológica                    | Geologia            |

## Áreas de Concentração e Linhas de Pesquisa

O excelente estado de preservação de exposições de terrenos cristalinos no Nordeste do Brasil, a ocorrência de bacias mesozóicas, o magmatismo básico intracontinental meso-cenozóico e a extensa faixa costeira cenozóica, incluindo recorrente atividade sísmica e evidências de reativação ou formação de estruturas recentes, viabilizam a integração de um conjunto diversificado de ferramentas geológicas e geofísicas, como metodologia básica de trabalho. Em tal contexto, o PPGG iniciou em 1996 com as áreas de concentração Geodinâmica e Geofísica, e as seguintes linhas / temas de pesquisa (Figura 4):

- Zonas de Cisalhamento e a Granitogênese Brasileira;
- A Evolução Crustal Pré-Brasileira;
- A Sismicidade e a Dinâmica dos Processos Recentes (neotectônica e geologia cenozóica) e Mesozóicos (bacias sedimentares e o magmatismo básico);
- Aplicações dos Métodos Geofísicos, Estruturais e da Geologia Cenozóica.

Em 1999, ao começar o Doutorado, os dois últimos temas de pesquisa passaram a se chamar “A Sismicidade e a Dinâmica dos Processos

Meso-Cenozóicos” e “Aplicação dos Métodos Geofísicos, Estruturais e do Sensoriamento Remoto à Pesquisa de Recursos Naturais e ao Monitoramento Ambiental” (Figura 8).

Entre 2004 e 2007, o PPGG funcionou com quatro **áreas de concentração**, cada qual com três *linhas de pesquisa*:

- **Evolução Litosférica e Processos Geodinâmicos** - *Tectônica e Petrologia de Terrenos Cristalinos, Tectônica e Modelamento de Bacias, Sismicidade e Neotectônica*;

- **Geologia e Geofísica do Petróleo** – *Exploração de Hidrocarbonetos, Reservatórios de Hidrocarbonetos, Monitoramento Ambiental*;

- **Geologia Sedimentar e Marinha** – *Estratigrafia e Sedimentação, Evolução Costeira e Plataformal, Dinâmica Costeira e Plataformal*;

- **Geologia e Geofísica Aplicadas** – *Água Subterrânea e Recursos Minerais, Desenvolvimento de Métodos Geofísicos, Meio Ambiente*.

A partir do ano 2000, o PPGG passou a ter o engajamento de alunos e pesquisadores em temas ligados à Geologia e Geofísica do Petróleo. Tal como em outras instituições, esta mudança veio em seguida aos primeiros contatos com a PETROBRAS (1996-1998), com a implantação do PRH22/ANP, do CTPETRO e linhas de financiamento associadas. Esta mudança se processou com o redirecionamento das mesmas ferramentas básicas desenvolvidas no PPGG, acrescidas a novas disciplinas especializadas da área de Petróleo e interfaces com outras áreas de conhecimento. A abertura dessas novas fontes de financiamento propiciou ao PPGG uma sensível melhoria nas suas condições de infraestrutura física, beneficiando todos os seus integrantes. Convém destacar o expressivo aumento nas quotas de bolsas em virtude do bom desempenho do Programa, avaliado por órgãos de fomento tradicionais (CAPES, CNPq), e do surgimento de novas fontes de recursos (ANP, CTPETRO, PETROBRAS).

Mesmo com o crescimento do tema Petróleo, o corpo de docentes e alunos ainda mantém seus vínculos e atividades em outras áreas de pesquisa, com destaque para as áreas de Geologia Sedimentar, Geologia Marinha, Geologia e Monitoramento Ambiental, Geofísica Aplicada e Geoprocessamento. A partir de 2007, o reajuste na estrutura acadêmica ensejou a redefinição de cinco *linhas de pesquisa* e duas áreas de concentração, as quais são ilustradas na Figura 10 e descritas a seguir.

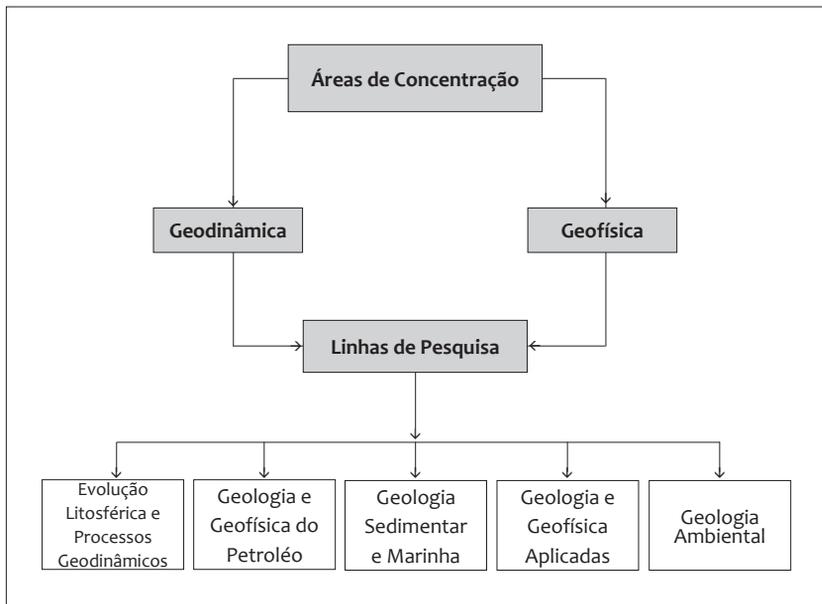


Figura 10 – Estrutura acadêmica do PPG vigente desde 2007.

## EVOLUÇÃO LITOSFÉRICA E PROCESSOS GEODINÂMICOS

Cartografia geológica e geofísica de terrenos cristalinos; geocronologia e evolução tectônica; plutonismo; mecanismos da deformação dúctil; a orogênese Brasileira; ênfase na Província Borborema. Estudos estruturais e geofísicos em bacias sedimentares; evolução stratigráfica e tectônica; estudos geocronológicos; controles tectônicos da sedimentação, do magmatismo e de processos de soerguimento; mecanismos da deformação frágil. Caracterização da sismicidade regional, mecanismos focais e controles tectônicos; estudos de anisotropia sísmica; deformação neotectônica e campos de tensões cenozóicas; ênfase na região Nordeste, em especial no entorno da Bacia Potiguar.

## GEOLOGIA E GEOFÍSICA DO PETRÓLEO

Arcabouço stratigráfico e estrutural de bacias com base em ferramentas geológicas e geofísicas; rochas fontes e reservatórios; caracterização de sistemas petrolíferos; condicionamento estrutural e controles stratigráficos de acumulações; mapeamento sísmico. Caracterização sedimentológica, estrutural e petrofísica de reservatórios; parametrização e estudos de análogos, em particular usando GPR (Radar de Penetração no Solo) e sísmica de alta resolução; mapeamento sísmico de detalhe; modelagem estrutural analógica (modelos em caixa de areia) e digital de bacias sedimentares e reservatórios; estudos de proveniência; modelagem de escoamento multifásico, ajuste histórico da produção de reservatórios. Caracterização dos sistemas ambientais em áreas de exploração de petróleo, com ênfase à faixa costeira; monitoramento ambiental; parametrização e modelamento do movimento de derrames de petróleo.

## GEOLOGIA SEDIMENTAR E MARINHA

Técnicas de mapeamento estratigráfico; ambientes de sedimentação; petrologia de rochas siliciclásticas e carbonáticas; ênfase nas bacias mesozóicas e paleozóicas do Nordeste do Brasil. Reconstrução espaço-temporal da evolução costeira e plataforma cenozóica, com ênfase no Quaternário. Identificação e quantificação de processos sedimentares e hidrodinâmicos na zona costeira e plataforma.

## GEOLOGIA E GEOFÍSICA APLICADAS

Modelos de acumulação de água em terrenos cristalinos e sedimentares; técnicas estruturais e geofísicas aplicadas à prospecção de água subterrânea em terrenos cristalinos e sedimentares; controles estruturais e tectônicos de mineralizações. Processamento de dados sísmicos e de GPR, problemas inversos em geofísica.

## GEOLOGIA AMBIENTAL

Cartografia geoambiental; mapas de uso do solo e de sensibilidade; gerenciamento do meio ambiente.



## **Estrutura Curricular**

### **ESTRUTURA GERAL**

A proposta do PPGG é de certa forma inovadora ao não fixar disciplinas obrigatórias para o Mestrado e o Doutorado. É requerida a integralização de no mínimo 24 (Mestrado) ou 40 (Doutorado) unidades de crédito e a elaboração da Dissertação de Mestrado ou Tese de Doutorado, além do exame de qualificação e de proficiência em uma (Mestrado) e duas (Doutorado) língua(s) estrangeira(s).

A Dissertação / Tese envolve um trabalho prático e/ou teórico sobre um tema específico, incluindo apresentação oral e defesa pública. O prazo de conclusão é de 24 ou 48 meses, respectivamente para o Mestrado e o Doutorado. Informações sobre as disciplinas e atividades acadêmicas relativas aos discentes podem ser vistas a seguir.

As disciplinas são ministradas por docentes permanentes e colaboradores do Programa. Elas são escolhidas em função das necessidades do tema de trabalho. Este e o orientador são definidos quando da inscrição e ingresso do candidato no Programa. Disciplinas sob a denominação Tópicos acomodam temas recentes, palestras de visitantes e cursos de curta duração, que complementam a formação do aluno e não estão previstos nas demais disciplinas cujo conteúdo já é expresso no próprio título.

As atividades são efetuadas pelo discente, sob a supervisão do orientador, sendo aqui incluídos o Estágio Docência, que é obrigatório para alunos com bolsa CAPES (15 horas no Mestrado e 30 horas no Doutorado), e o Seminário de Pesquisa. Este é feito no terceiro e quinto semestre dos Cursos de Mestrado e Doutorado, constando de uma apresentação oral (pré-Dissertação ou pré-Tese), pública, perante uma banca de três e cinco membros, respectivamente.

## EMENTAS DE DISCIPLINAS E DE ATIVIDADES

Este item contém as ementas de disciplinas e de atividades disponíveis para alunos dos Cursos de Mestrado e Doutorado do PPGG.

**GGF2001 Geodinâmica** (4 Cr / 60 h). Zonação interna da Terra e sua composição. O manto. O limite crosta-manto. Tipos de crosta e o ciclo geológico. Dados geofísicos sobre o sistema litosfera-astenosfera. Produção de magmas e a zona de baixa velocidade. Placas litosféricas. Conceitos de deriva continental e expansão do assoalho oceânico. Distribuição de terremotos e tensões litosféricas. Limites e movimentos das placas. Mudanças de fase e movimentos verticais no sistema litosfera-astenosfera. Mecanismos que governam a dinâmica das placas. Processos e evolução no interior e margens de placas. O ciclo de Wilson. Riftes e margens continentais do tipo Atlântico. Zonas de subducção, arcos insulares e margens continentais do tipo Andino. Estrutura e gênese da litosfera nas cadeias meso-oceânicas. Ofiolitos. Evolução de faixas orogênicas. Feições do modelo de colisão. A estrutura litosférica na cadeia Alpina-Himalaiana. Estruturas extensionais e de extrusão lateral como parte da tectônica colisional. Exumação de rochas de alta pressão e seu significado tectônico. Conceito de “terrenos” e tectônica acrescionária. Controles tectônicos na extração de magmas do sistema crosta-manto. Séries e associações magmáticas. Geodinâmica química e isotópica.

**GGF2004 Métodos de análise estrutural** (4 Cr / 60 h). (1) Parâmetros físicos da deformação. Elipsóides de tensão e de deformação. Análise da deformação dúctil (componentes de translação, rotação e mudança de forma ou *strain*). Deformação homogênea *versus* heterogênea, coaxial *versus* não-coaxial. (2) Reologia dos materiais. Comportamentos elástico, plástico, viscoso. Relação da deformação com profundidade, tempo e fluxo térmico. Transição dúctil-rúptil e o comportamento do sistema astenosfera-litosfera. (3) Dobras e zonas de cisalhamento dúcteis e dúcteis-rúpteis. Reconhecimento de zonas de cisalhamento; critérios cinemáticos. Direção de transporte; dobras em bainha; lineações de estiramento; situações onde não há lineações de estiramento. Milonitos de baixa e alta temperatura. Boudinagem. Mecanismo de deformação (marcadores meso e microscópicos, petrotrama do quartzo). (4) Análise geométrica da deformação. Superposição de estruturas e padrões de interferência. Sistemas transpressivos, transtrativos e direcionais. (5) Mapeamento em terrenos pré-cambrianos de baixo e alto graus. Estruturas em migmatitos. (6) Determinação do *strain* em marcadores elípticos: métodos  $Rf/\phi$ , centro-a-centro e Fry. Deformação de elementos lineares e angulares. Representação gráfica do *strain*. Gradientes e trajetória da deformação. (7) Domos migmatíticos e plutonismo. Modelo diapírico *versus* não diapírico (injeção vertical e expansão lateral). Evolução térmica de plútons; efeitos dos fluidos na reologia dos magmas (evidências texturais). Estruturas internas dos plútons e em rochas hospedeiras. Estruturas e texturas sin-magmáticas/sin-alojamento (enclaves, diques sin-plutônicos, tramas S-C). Posicionamento em alto nível crustal.

**GGF2006 Métodos em geocronologia e termocronologia** (4 Cr / 60 h). Princípios sobre os principais métodos de datação baseados em isótopos radiogênicos e suas técnicas analíticas. Os métodos K-Ar e  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ : comportamento dos sistemas isotópicos em diferentes minerais e tipos de rochas/ambientes; problemas relativos a rejuvenescimen-

to, idades mistas, idades anormalmente elevadas. O método Rb-Sr: isócronas; reequilíbrio do sistema ao nível de mineral e de rocha total; escala de abertura/rejuvenescimento e o significado das datações; aplicações e restrições a diferentes tipos de rochas. O método Sm-Nd: mobilidade dos elementos terras raras e comportamento dos sistemas isotópicos; isócronas em rocha total e mineral; idades modelo e seu significado. O método U-Th-Pb: interpretação de diagramas isocrônicos e concórdia - discórdia; sistemas simples e misturas de populações; novos desenvolvimentos do método; análise de pequenas frações e monocristais, técnicas de abrasão, microsonda iônica. Idades Pb/Pb pelo método da evaporação. Métodos de datação aplicáveis ao Cenozóico:  $^{14}\text{C}$ , traços de fissão, termoluminescência.

**GGF2008 Petrologia de rochas granitóides** (4 Cr / 60 h). Propriedades físicas e químicas dos magmas granitóides. Geração dos magmas na crosta e no manto. Processos de cristalização fracionada, mistura de magmas e assimilação crustal. Mineralogia e petrografia de rochas granitóides. Microtexturas. Classificações de rochas granitóides: mineralógica, química e normativa, composição modal e séries de granitóides. Geoquímica de rochas granitóides. Coeficientes de partição e distribuição dos elementos. Diagramas de variação e discriminantes. Geoquímica dos elementos terras raras. Diagramas multi-elementares. Isótopos radiogênicos e estáveis. Geotermometria e geobarometria. Formas dos corpos granitóides. Estruturas e mecanismos de alojamento.

**GGF2009 Tópicos em geodinâmica I** (1 Cr / 15 h). Exemplos de temas para cursos incluiriam: geopolítica do petróleo / geologia do petróleo em sistemas siliciclásticos de águas profundas / geologia do petróleo em plataformas carbonáticas / novas tendências de exploração e exportação / métodos geoquímicos na pesquisa de petróleo.

**GGF2011 Elementos de tectonofísica** (4 Cr / 60 h). Tectonofísica e Geodinâmica. Métodos geofísicos empregados em estudos geodinâmicos; princípios básicos. Sismologia e o interior do globo terrestre. Sondagens sísmicas. Aplicação dos métodos de refração e reflexão no conhecimento da estrutura crustal e litosférica. Os campos de gravidade e magnético terrestres. Anomalias gravimétricas relacionadas a feições tectônicas de primeira ordem. Dorsais oceânicas, zonas de subducção e suturas. O movimento das placas litosféricas. Aplicações do método magnético para inferir a cinemática das placas. Natureza da crosta e do manto superior. Gravidade e isostasia. Os movimentos verticais da litosfera. Propriedades mecânicas das placas e do manto. Deformações elásticas e plásticas. Ruptura. Considerações geofísicas sobre os mecanismos envolvidos na tectônica de placas e processos orogênicos.

**GGF2012 Sismologia** (4 Cr / 60 h). Teoria da elasticidade. Análise de tensões. Elasticidade. Materiais isotrópicos e anisotrópicos. Vibrações e ondas. Sistemas com um e mais graus de liberdade. Ondas planas. Equações de onda. Ondas em duas dimensões. Espalhamento e difração. Ondas de corpo. Ondas P e S. Fontes sísmicas em meios infinitos. Ondas esféricas. Ondas elásticas de superfície e auto vibrações de ondas esféricas. Guias de ondas. Ondas Rayleigh, Stanley e Love. Oscilações normais de uma esfera elástica. Ondas sísmicas em meios visco-elásticos não lineares. Reflexão e refração de ondas elásticas. Equações gerais para o caso de dois meios. Casos especiais. Raios sísmicos em um modelo de Terra esféricamente estratificada. O parâmetro  $p$  de um raio sísmico. Distribuições especiais de velocidade. Teoria do tempo de percurso. Amplitudes do movimento de superfície. Considerações de energia. Sismometria. Componentes de um sismógrafo. Amortecimento. Cálculo do movimento do solo.

**GGF2013 Aplicações sismológicas** (4 Cr / 60 h). Construção de tabelas de tempo de percurso. Localização de um terremoto. Feições de um sismograma. O observatório sismológico. Interpretação de sismogramas. Organizações internacionais de sismologia. Ondas sísmicas e o interior

do Planeta. Descontinuidades internas da Terra. O estado físico do manto e do núcleo. Estatística de terremotos e predição. Energia liberada por um terremoto. Magnitude. Sismicidade. A fonte sísmica. Causas dos terremotos. Modelos de fontes. Momento sísmico. Sismicidade intraplaca. Sismicidade induzida.

**GGF2014 Métodos potenciais** (4 Cr / 60 h). Gravitação Universal. Campo gravimétrico da Terra. Gravímetros. Levantamentos gravimétricos. Correção de dados gravimétricos. Densidades das rochas. Anomalias gravimétricas produzidas por corpos de geometria simples. Modelamento gravimétrico direto 2D e 3D para corpos de formas geométricas quaisquer. Superposição de anomalias gravimétricas. Separação de anomalias: métodos da decomposição espectral e de ajuste polinomial. Transformações de campos: técnicas de iluminação, derivadas, continuações e decomposição espectral. Geração de campos magnéticos. O campo magnético da Terra. Magnetômetros. Levantamentos magnéticos e correção de dados. Características magnéticas das rochas. Anomalias magnéticas produzidas por corpos de geometria simples. Modelamento magnético direto 2-D e 3-D para corpos de formas geométricas quaisquer. Superposição de anomalias magnéticas. Separação de anomalias: métodos da decomposição espectral e de ajuste polinomial. Reduções ao pólo e ao equador. Introdução aos problemas gravimétricos e magnéticos inversos.

**GGF2016 Propriedades físicas de materiais geológicos** (4 Cr / 60 h). Princípios de fluxo de água subterrânea. Porosidade, permeabilidade, tortuosidade e fator de formação das rochas. Mecanismo de condução de eletricidade nos minerais e nas rochas. Resistividade dos tipos principais de rochas e sua variação com a idade, alteração e profundidade. Condução de correntes elétricas alternadas nas rochas. O fenômeno do magnetismo. Minerais magnéticos, propriedades físicas, influência do tamanho e forma do grão. Susceptibilidade e anisotropia de susceptibilidade de minerais e rochas. Técnicas experimentais.

**GGF2020 Tópicos em geofísica I** (1 Cr / 15 h). Mini-cursos e seminários versando sobre um ou diversos tópicos em Geofísica relacionados às linhas de pesquisa do Programa.

**GGF2021 Tópicos em geofísica II** (2 Cr / 30 h). Alojamento de granitos: métodos geofísicos de estudo; métodos estruturais; utilização conjunta de métodos geofísicos e estruturais; relações entre alojamento e deformação; características de maciços. Transições reológicas - mudanças de fase: fusão parcial; cristalização. Regimes térmicos: problemas crustais; zonas anormais; problemas de bacias.

**GGF2023 Tópicos em geodinâmica III** (1 Cr / 15 h). Minicursos e seminários versando sobre um ou diversos tópicos em Geodinâmica relacionados às linhas de pesquisa do Programa.

**GGF2024 Tópicos em geodinâmica IV** (2 Cr / 30 h). Mini-cursos e seminários versando sobre um ou diversos tópicos em Geodinâmica relacionados às linhas de pesquisa do Programa.

**GGF2026 Tópicos em geodinâmica II** (2 Cr / 30 h). Mini-cursos e seminários versando sobre um ou diversos tópicos em Geodinâmica relacionados às linhas de pesquisa do Programa.

**GGF2027 Tópicos em geofísica III** (1 Cr / 15 h). Mini-cursos e seminários versando sobre um ou diversos tópicos em Geofísica relacionados às linhas de pesquisa do Programa.

**GGF2028 Tópicos em geofísica IV** (2 Cr / 30 h). Mini-cursos e seminários versando sobre um ou diversos tópicos em Geofísica relacionados às linhas de pesquisa do Programa.

**GGF2031 Análise da deformação dúctil** (4 Cr / 60 h). Parâmetros físicos da deformação e reologia dos materiais rochosos. Elipsóides de tensão e de deformação. Deformação homogênea *versus* heterogênea, coaxial *versus* não coaxial. Análise geométrica da deformação. Relação da

deformação com a profundidade, tempo e fluxo térmico. Análise cinemática da deformação. Critérios em meso e micro-escala. Sistemas transpressivos e transtrativos. Tramas estruturais em terrenos gnáissicos e de baixo grau. Deformação progressiva. Zonas de cisalhamento de baixo e de alto grau. Mecanismos de deformação, microestruturas, relações com fluidos e condições PT. Rochas magmáticas como marcadores de deformação. Microtexturas de fluxo viscoso e plástico. Estruturas em migmatitos. Quantificação da deformação. Marcadores elípticos, lineares e angulares. Métodos de quantificação. Tratamentos gráficos, algébricos e computacionais da deformação.

**GGF2033 Análise da deformação frágil** (4 Cr / 60 h). Descrição e classificação das estruturas frágeis. Tensões e fraturamento. Comportamento frágil e a transição dúctil-frágil. Círculo de Mohr, leis de Amonton e Griffiths. Influência da pressão de fluidos e de anisotropias no fraturamento e propagação de fraturas nas rochas. Medidas de tensões atuais e a distribuição de tensões na litosfera. Juntas: classificação, espaçamento, formação e relação com falhas e dobras. Falhas: geometria, classificação, expressão topográfica, em afloramento e subsuperfície; relação com dobras; rochas de falhas e processos de cataclase. Análise de lineamentos em produtos de sensores remotos. Técnicas estatísticas. Estudo cinemático de falhas, critérios de movimento, magnitude de deslocamento. Medidas de paleotensões utilizando a inversão de dados cinemáticos. Desenvolvimento de falhas em ambientes extensionais, contracionais e transcorrentes.

**GGF2034 Sistemas deposicionais** (4 Cr / 60 h). Fácies, modelos e ambientes deposicionais. Conceituação e classificação de sistemas deposicionais. Sistemas deposicionais continentais. Sistemas de leques aluviais; sistemas fluviais entrelaçado, meandrante e anastomosado; sistemas desértico e de dunas costeiras. Sistemas deposicionais transicionais. Sistemas deltáico, praiial, ilha barreira e lagunar. Sistemas deposicionais

marinhos. Sistemas turbidítico, plataforma retrabalhada por tempestade e marinho profundo. Sistemas deposicionais evaporíticos. Sistemas deposicionais e a geologia do Quaternário. Aplicação dos conceitos de sistemas deposicionais e análise de fácies no litoral e em bacias sedimentares no interior do Nordeste do Brasil.

**GGF2035 Estratigrafia de seqüências** (4 Cr / 60 h). Evolução dos conceitos estratigráficos. Ciclicidade do registro sedimentar. Mecanismos de geração e tipos básicos de ciclos sedimentares. Uso de ciclos na correlação estratigráfica. Seqüências deposicionais: hierarquia das unidades estratais, mecanismos de deposição, tratos de sistemas, tipos de seqüências. Alcance e limitações da estratigrafia de seqüências. Novos paradigmas na estratigrafia de seqüências (aplicação em áreas continentais). Estratigrafia de seqüências *versus* estratigrafia genética e ciclos transgressivos-regressivos. Exemplos de aplicação da estratigrafia de seqüências em bacias do Nordeste do Brasil.

**GGF2036 Geologia do Cenozóico** (4 Cr / 60 h). A era Cenozóica. Anomalia de Iridio e o limite K-T. O período Terciário. O período Quaternário. Variações do nível do mar. Evidências de níveis de mar pretéritos. Reconstrução de ambientes quaternários. Técnicas geológicas, sedimentológicas, estratigráficas e geofísicas. O Cenozóico no Brasil. O Terciário no Nordeste do Brasil. O Quaternário no Nordeste do Brasil

**GGF2037 Geologia marinha** (4 Cr / 60 h). Introdução. Instrumentação. Métodos geológicos e geofísicos de investigação marinha. Estrutura da Terra e o desenvolvimento dos oceanos. Morfometria e a tectônica de placas. Idade da crosta oceânica. Margens continentais passivas e ativas. Variações do nível do mar. Processos de transporte, dispersão e acumulação de sedimentos nos oceanos. Fontes e composição dos sedimentos marinhos. Ambientes deposicionais transicionais. Ambientes deposicionais marinhos. Circulação oceânica. História dos oceanos. Re-

curso provenientes do fundo oceânico. Origem e evolução da margem continental brasileira.

**GGF2038 Neotectônica** (4 r / 60 h). A neotectônica em relação à geologia estrutural, à geomorfologia, à geofísica e à geodésia. Neotectônica e tectônica ativa. Ambientes tectônicos intra e interplacas. Regimes extensionais, contracionais e transcorrentes. Caracterização de falhas. Falhas ativas *versus* inativas, sísmicas *versus* assísmicas, reativadas *versus* neoformadas. Efeitos das falhas no relevo, na liquefação de solos e sedimentos, e na geração de acidentes geológicos. Distinção de efeitos gerados pela sedimentação, gravidade e outros agentes tectônicos. Isostasia e equilíbrio topográfico. Morfotectônica, índices geomorfológicos, desenvolvimento de solos e evolução da drenagem. Métodos geodésicos na determinação de movimentos recentes: GPS, SLR, VLBI, SAR. Métodos de datação do Cenozóico. Métodos numéricos / radiométricos, métodos de datação relativa, métodos de correlação. Aplicações da neotectônica na avaliação do risco sísmico. Métodos determinísticos e probabilísticos. Aplicações nas áreas de petróleo, água subterrânea e depósitos minerais.

**GGF2039 Sensoriamento remoto geológico** (4 Cr / 60 h). Introdução. Definições e evolução do sensoriamento remoto. Sistemas de sensores remotos, níveis de aquisição de informações, programas e fontes de informações em sensoriamento remoto. Princípios físicos. Natureza da energia eletromagnética, o espectro eletromagnético, princípios e fontes da radiação eletromagnética, efeitos atmosféricos, mecanismos de interação entre energia e matéria. Comportamento espectral dos alvos. Terminologia básica, bibliotecas espectrais, características gerais das respostas e assinaturas espectrais. Fatores que interferem no comportamento espectral dos alvos. Processos atômicos e moleculares nos sólidos e as feições de interferência espectral. Métodos de medidas espectrais. Extração de informações e qualidade de imagem. Análise da qualidade de imagem, métodos de extração de informações, resoluções espacial / espectral

/ temporal, correções geométricas e manipulação de escalas, fotogrametria, mosaicos, estereoscopia, combinação de produtos multiespectrais, elementos de interpretação visual. Sensoriamento remoto aplicado ao estudo das Geociências.

**GGF2040 Processamento digital de imagens** (4 Cr / 60 h). Introdução. Conceitos básicos de imagem digital, características das imagens digitais de sensoriamento remoto, representação histogrâmica de imagem digital, operações básicas de correção e remoção de ruídos. Pré-processamento. Correções radiométrica, geométrica e atmosférica, georreferenciamento e geocodificação. Técnicas de realce de imagens. Realce no domínio espectral (manipulação de contraste), realce por ampliação linear e não-linear, realce no domínio espacial, filtragem por convolução, filtragem espacial, detecção de bordas. Transformações. Transformações aritméticas, transformações multiespectrais, APC, decorrelação, razões de bandas, índices, métodos de realce de contrastes, Tasseled Cap, transformações de Fourier. Teoria de cores. Neurobiologia da imagem, sistemas de cores e técnicas de manipulação de cor. Noções de classificação. Métodos de classificação de imagens multiespectrais, sistemas de processamento de imagens, critérios de seleção de bandas e atributos, técnicas de seleção e combinação de bandas. Aplicações do Processamento Digital de Imagens ao Sensoriamento Remoto. Trabalhos práticos de aplicação do processamento digital de imagens às diversas áreas de interesse das Teses/Dissertações.

**GGF2044 Métodos eletromagnéticos** (4 Cr / 60 h). Equações de Maxwell. Condições de contorno. Campos estáticos, campos estacionários, difusão e propagação de campos. Visão geral e classificação dos métodos eletromagnéticos. Propriedades eletromagnéticas das rochas. Polarização induzida: fonte pontual na Terra uniforme. Campos elétricos em estruturas 1-D e 2-D. Sondagens elétricas e de polarização induzida. Interpretação de dados. Fontes naturais: a aproximação de Tikhonov-Cag-

niard. Campos eletromagnéticos no modelo 1-D horizontal. Sondagens magnetotelúricas. Redução e interpretação de dados. Fontes artificiais: campos produzidos por dipolos elétricos e magnéticos no modelo 1-D horizontal. Sondagens eletromagnéticas. Perfilagens eletromagnéticas. Interpretação de dados. Aspectos práticos de levantamentos eletromagnéticos. Radar Penetrante no Solo (GPR): geração de campos, instrumentação, projeto de levantamentos, processamento de dados. Interpretação de dados.

**GGF2045 Métodos matemáticos aplicados** (4 Cr / 60 h). Álgebra linear: sistemas de equações lineares, espaços vetoriais com produto interno e método de quadrados mínimos, autovalores e auto vetores. Equações diferenciais: generalidades, equações diferenciais lineares, soluções numéricas. Funções de variáveis complexas. Série e transformada de Fourier. Equações a derivadas parciais: generalidades, equação de Poisson, equação de fluxo de calor, equação de onda, soluções numéricas.

**GGF2046 O sistema terra** (6 Cr / 90 h). Destina-se a alunos com formação diferente de Geologia e Geofísica. Origem do Universo, do Sistema Solar e do Planeta Terra. Estrutura interna da Terra. Princípios geológicos. O tempo geológico. O ciclo das rochas. Rochas ígneas, sedimentares e metamórficas. Minerais formadores de rochas. Magmatismo e rochas ígneas. Geração e tipos de magma. Propriedades físicas e químicas dos magmas. Rochas ígneas plutônicas e vulcânicas. Formas dos corpos e sua ocorrência em províncias ígneas. Metamorfismo e rochas metamórficas. Tipos de metamorfismos e condições PT. Rochas metamórficas e terrenos metamórficos. Migmatitos. Processos de denudação. Processos intempéricos. Solos. Erosão. Sedimentos e rochas sedimentares. Processos sedimentares. Estruturas sedimentares. Sistemas deposicionais. Estratigrafia. Novos conceitos stratigráficos. Obtenção e representação de dados stratigráficos. A deformação das rochas. Deformação dúctil e deformação frágil: condições PT e nível crustal. Principais tipos de es-

truturas. Mensuração e representação de estruturas. Mapas geológicos. Processos globais e tectônica de placas. Noções de tectônica e da geologia continental. Deriva dos continentes e expansão do assoalho oceânico. Princípios básicos e os ambientes da Tectônica de Placas sob a ótica do ciclo de Wilson. Ocorrência de recursos minerais, energéticos e de água subterrânea. Aplicações à construção de obras de engenharia e controle ambiental. As aulas serão intercaladas com práticas de campo, incluindo leitura e interpretação de mapas geológicos e identificação de rochas e minerais comuns.

**GGF2047 Tectônica de bacias sedimentares** (4 Cr / 60 h). Conceitos introdutórios sobre deformação frágil. Estilos estruturais e a arquitetura de bacias distensionais e transtracionais. Geometria de falhas distensionais. Falhas lítricas; modelagem numérica. Aspectos reológicos associados à geometria de falhas. Variações 3D na geometria de riftes. Indicadores cinemáticos de falhas em seqüências não aflorantes. Imageamento sísmico de falhas lítricas. Sismoestratigrafia e tectônica: aplicações. Mecânica de falhas normais. Leis de escala para populações de fraturas e falhas.

**GGF2048 Escoamento multi-fásico em reservatórios** (4 Cr / 60). Características físicas dos fluidos; fases, capilaridade, histerese, saturação. Características petrofísicas; escalas e métodos de investigação, modelos matemáticos de porosidade e permeabilidade intersticial e fissural. Modelagem matemática; equações de equilíbrio; equação de continuidade por fase (água, óleo, gás); condições de contorno; lei de Darcy para escoamento multifase; acoplamento das equações de fase: pressão, pressão-saturação, saturação; equação de transporte; transporte em escoamento multifásico. Técnicas para exploração de óleo: avaliação de reservatórios; aumento de produção através de injeção de fases não-miscíveis (água, gás); métodos avançados (injeção de calor, de vapor, combustão *in situ*, injeção de gás miscível, de polímeros, de alcalinos).

**GGF2050 Sísmica de reflexão** (6 Cr / 90 h). Princípios de propagação de ondas sísmicas. Teoria do raio: propagação de ondas em meios rochosos. Noções de aquisição e processamento digital de dados sísmicos. Escala e exagero sísmico. Migração de dados 2D e 3D. Velocidades sísmicas. Técnicas de mapeamento, correlação estratigráfica e sismoestratigrafia. Detecção direta de hidrocarbonetos. Interpretação aplicada a geologia de reservatórios. Dados de alta resolução. Visualização 3D de dados sísmicos e integração de dados.

**GGF2051 A indústria de petróleo e gás** (4 Cr / 60 h). Disciplina obrigatória para alunos com bolsa ANP. História do petróleo. Geologia do petróleo e sistemas petrolíferos. Conceitos e modelos de reservatórios. Técnicas de exploração, avaliação de jazidas e produção. Análise de risco exploratório. A exploração de petróleo e gás no Brasil. Gerenciamento de riscos ambientais. Craqueamento de petróleo e processos de refino para obtenção de derivados. Análise e controle de qualidade dos produtos. O parque industrial do petróleo e gás no Brasil. Regulação do setor petróleo e gás no Brasil. Contratos, financiamentos e empreendimentos para exploração, produção e refino. Reservas e mercados de óleo e gás no Brasil e no mundo. Análise econômica. Perspectivas tecnológicas.

**GGF2052 Sistemas petrolíferos** (4 Cr / 60 h). Conceitos básicos utilizados na Geologia do Petróleo. *Plays* e prospectos petrolíferos. O sistema petrolífero: definição e características. Classificação dos sistemas petrolíferos. Geração e migração do petróleo. O reservatório. Traps e selantes. Recursos petrolíferos não convencionais. Bacias sedimentares e sistemas petrolíferos. Sistemas petrolíferos brasileiros.

**GGF2053 Sistema de informações geográficas** (4 Cr / 60 h). Conceitos básicos sobre SIG, estrutura de um SIG, estrutura de representação de dados espaciais, ferramentas e operações analíticas em SIG, cartogra-

fia para geoprocessamento, fontes dos dados espaciais e representação digital, captura e conversão de dados em um SIG, aplicações.

**GGF3002 Tópicos avançados em tectônica e geologia estrutural** (4 Cr / 60 h). Exemplos de temas para cursos incluiriam: caracterização microscópica de rochas de falhas / tectônica de bacias sedimentares do Nordeste / métodos de caracterização de reservatórios fraturados / magmatismo intraplaca e evolução térmica de bacias / o arcabouço pré-cambriano do Nordeste e a reativação de estruturas durante o Mesozoóico.

**GGF3003 Tópicos avançados em geoquímica e petrologia** (4 Cr / 60 h). Abordagem avançada e interativa de tópicos atuais na área de Geoquímica e Petrologia, na forma de/ou incluindo mini-cursos e palestras, relacionados às linhas de pesquisa do Programa.

**GGF3004 Tópicos avançados em geoquímica isotópica e geocronologia** (4 Cr / 60 h). Abordagem avançada e interativa de tópicos atuais, na forma de/ou incluindo mini-cursos e palestras, relacionados às linhas de pesquisa do Programa.

**GGF3005 Tópicos avançados em geologia sedimentar** (4 Cr / 60 h). Exemplos de temas para cursos incluiriam: fácies e sistemas deposicionais na Bacia Potiguar / turbiditos / sistemas siliciclásticos de águas profundas / plataformas carbonáticas.

**GGF3006 Tópicos avançados em métodos geofísicos** (4 Cr / 60 h). Exemplos de temas para cursos incluiriam: aquisição e processamento de dados sísmicos / perfilagem de poços / sismoestratigrafia / GPR / modelamento de dados e simulação numérica.

**GGF3007 Tópicos avançados em sismologia** (4 Cr / 60 h). Abordagem avançada e interativa de tópicos atuais, na forma de/ou incluindo mini-cursos e palestras, relacionados às linhas de pesquisa do Programa.

**GGF3008 tópicos avançados em matemática aplicada** (2 Cr / 30 h). Exemplos de temas para cursos incluiriam: geoestatística e *krigagem* na caracterização de reservatórios / método de elementos finitos aplicado a fluxo no subsolo.

**GGF3009 Tópicos avançados em geologia do petróleo** (4 Cr / 60 h). Exemplos de temas para cursos incluiriam: geopolítica do petróleo / geologia do petróleo em sistemas siliciclásticos de águas profundas / geologia do petróleo em plataformas carbonáticas / novas tendências de exploração e exportação / métodos geoquímicos na pesquisa de petróleo.

**GGF3010 Métodos em geoquímica e petrologia** (4 Cr / 60 h). Metodologias de identificação ótica dos principais minerais formadores de rochas ígneas e metamórficas. Classificação de rochas ígneas e metamórficas. Química mineral e sua importância na compreensão da evolução das rochas ígneas e metamórficas. Nucleação e crescimento de cristais. Ordem de cristalização. Relações entre deformação e metamorfismo. Parâmetros físicos e químicos envolvidos na gênese de magmas. Diagramas de fases. O papel dos fluidos no metamorfismo e na geração de magmas. Caminhos PTt em rochas metamórficas. Coeficiente de distribuição mineral - líquido e mineral - mineral. Geotermometria e geobarometria. Magmatismo, metamorfismo e ambientes tectônicos. Modelamento geoquímico. Comportamento de elementos maiores e traços nos processos magmáticos e metamórficos.

**GGF3011 Métodos elétricos e eletromagnéticos** (4 Cr / 60 h). Equações de Maxwell. Condições de contorno. Relações constitutivas. Campos estáticos, campos estacionários, difusão e propagação de campos. Visão geral e classificação dos métodos eletromagnéticos. Propriedades eletromagnéticas das rochas. A influência da porosidade e da salinidade. Lei de Archie. Fontes galvânicas: sondagens elétricas e de polarização induzida em estruturas 1D e 2D; cálculo das curvas de resistividade

aparente pelo método dos filtros lineares; equivalências elétricas clássicas e suas conseqüências para a solução do problema inverso. Fontes naturais: a aproximação de Tikhonov-Cagniard; sondagens magnetotélúricas; redução e interpretação de dados. Fontes artificiais: campos produzidos por dipolos elétricos e magnéticos no modelo 1D; sondagens eletromagnéticas, o método VLF. Aspectos práticos de levantamentos eletromagnéticos. Essa ementa é flexível, ajustável às necessidades da turma, podendo ter ênfase maior em alguns tópicos.

**GGF3012 Radar de penetração no solo** (4 Cr / 60 h). Instrumentos e levantamentos de campo. Potencialidades e limitações do GPR. Equações de Maxwell. Correntes galvânicas e de deslocamentos. Regimes de propagação. Modelo do dielétrico de baixa perda. Propagação de ondas eletromagnéticas. Janela de GPR. Especificação de parâmetros de levantamentos. Ruídos. Introdução ao processamento de dados. Estudos de casos.

**GGF3013 Tectônica de terrenos cristalinos** (4 Cr / 60 h). Ocorrência e constituição da crosta pré-cambriana. Crátons e faixas orogênicas. Modelo geodinâmico de acreção de terrenos e colisão de placas aplicado ao Proterozóico. Cinturões de rochas verdes e terrenos de alto grau arqueanos. Origem da crosta primordial. Reconstituição da anatomia e cinemática de faixas orogênicas. Técnicas de mapeamento, reconhecimento de protólitos e da estratigrafia. Análise estrutural-cinemática regional. Estilos estruturais e cinemáticos comparativos entre níveis crustais rasos e profundos. Métodos geocronológicos na caracterização de faixas e ciclos orogênicos. Os depósitos minerais e a tectônica de placas. Mineralizações em ambientes intraplaca. Zonas de cisalhamento e percolação de fluidos; a relação dúctil-frágil. Relações entre estilos estruturais e cinemáticos e a geometria dos corpos de minério.

**GGF3014 Problemas geofísicos inversos** (4 Cr / 60 h). Problemas inversos: definição e relação com problemas inversos mal-postos.

Abordagens de solução: introdução de vínculos e redução de demanda. Métodos dos mínimos quadrados e de decomposição em valores singulares. Inversão linear com vínculos: inverso generalizado, *ridge regression*, compacidade e suavidade. Problemas inversos não lineares: métodos de solução, introdução de vínculos, eficiência computacional, erros a serem evitados. Exemplos da abordagem da redução da demanda de informação. Análise da ambigüidade. Critérios estatísticos robustos de ajuste de parâmetros. Estudo de casos.

## SEMINÁRIOS DE PESQUISA (EXAME DE QUALIFICAÇÃO)

**GGF2031 - Seminário de pesquisa I** (4 Cr / 60 h) - Exame de qualificação para aluno de Mestrado. Compreende pesquisa bibliográfica e uma abordagem ao estado da arte concernente às ferramentas a serem utilizadas na Dissertação de Mestrado e o planejamento inicial da mesma. O seminário objetiva ainda a coleta de sugestões para o desenvolvimento do tema da Dissertação.

**GGF3001 - Seminário de pesquisa II** (6 Cr / 90 h) - Exame de qualificação para aluno de Doutorado. Compreende pesquisa bibliográfica, uma abordagem ao estado da arte concernente às ferramentas a serem utilizadas na Tese de Doutorado e o planejamento da mesma, incluindo resultados preliminares. O seminário objetiva ainda a coleta de sugestões para o desenvolvimento do tema da Tese.

## ATIVIDADE DE INICIAÇÃO À DOCÊNCIA

**GGF2054 – Estágio docência I** (1 Cr 15 h) – Prática de iniciação à docência em disciplina de Graduação em área afim ao tema de pesquisa. É obrigatória para alunos com bolsa CAPES.

**GGF2055 – Estágio docência II** (2 Cr / 30 h) - Prática de iniciação à docência em disciplina de Graduação em área afim ao tema de pesquisa. É obrigatória para alunos com bolsa CAPES.



## Infraestrutura e Equipamentos

O desenvolvimento de pesquisas básicas e aplicadas tem contado com freqüentes parcerias com órgãos governamentais, instituições de ensino, de pesquisa e empresas, de âmbito nacional, sediadas no Rio Grande do Norte ou de outros Estados, na procura de soluções para problemas regionais. Dentre estas pesquisas, citam-se o mapeamento de áreas pré-cambrianas e de bacias fanerozóicas, emersas e *offshore*, o estudo de recursos minerais, energéticos e hidrogeológicos, o reconhecimento geológico e geofísico raso da plataforma continental, o monitoramento ambiental de áreas sob impacto de atividades industriais, o monitoramento da atividade sísmica da região e a busca de avanços tecnológicos em geral, contemplando a utilização de ferramentas geológicas e geofísicas e desenvolvimento e/ou aperfeiçoamento de *softwares* aplicados às geociências. O enfoque de temas na área de petróleo e gás ocupa significativo espaço e esforço acadêmico no PPGG, com a contrapartida de injeção de recursos materiais para apoio às diversas atividades do Programa.

Atualmente, o PPGG tem 25 alunos de Mestrado e 21 de Doutorado, os quais estão distribuídos em treze salas, com computadores individuais e acesso a *internet*. Toda a rede de equipamentos de informática adquirida via diversos projetos e PROAP se encontra à disposição de alunos, membros docentes e pesquisadores do PPGG.

## LABORATÓRIO DE GEOLOGIA E GEOFÍSICA DO PETRÓLEO (LGGP)

Foi inaugurado em 2004 com apoio de projetos ANP, FINEP, CTPE-TRO e PETROBRAS, sendo coordenado pelo Professor Emanuel Ferraz Jardim de Sá. O LGGP é composto por quinze salas de pesquisadores (professores e alunos de pós-graduação e graduação), duas secretarias, auditório, sala de treinamento, litoteca, garagem e os seguintes laboratórios: Laboratório de Interpretação Geofísica e Visualização Gráfica (responsável Professor Alex Francisco Antunes, interpretação e processamento de dados sísmicos, processamento e interpretação de dados de métodos potenciais, modelagem estrutural e balanceamento de seções), Laboratórios de Projetos 1 e 2 (responsável Professora Débora do Carmo Sousa; computadores e periféricos para tratamento de dados diversos, preparação de relatórios e apresentações), Laboratórios de Projetos Especiais 1 e 2 (responsável Professor Alex Francisco Antunes; interpretação sísmica e de dados potenciais, sensoriamento remoto, modelização de bacias, dentre outros, em ambiente de segurança), Laboratório de Petrografia (responsável Professor Zorano Sérgio de Souza), Laboratório de Sensoriamento Remoto (responsável Professor Emanuel Ferraz Jardim de Sá), Laboratório de Modelagem Estrutural (responsável Professor Fernando César Alves da Silva). Para os trabalhos de campo, o LGGP dispõe de seis veículos 4x4.

Figuras 11a e 11b - Prédio do Laboratório de Geologia e Geofísica do Petróleo, inaugurado em 23/07/2004. (a) Vista da parte frontal do LGGP. (b) Alunos, professores, pesquisadores e servidores presentes à inauguração do LGGP. Créditos de fotografia a Alex Antunes.



a



b

## LABORATÓRIO DE GEOPROCESSAMENTO (GEOPRO)

Foi inaugurado 1998, sendo coordenado pelo Professor Venerando Eustáquio Amaro. São executados projetos com apoio de diversos órgãos e/ou empresas (FINEP, ANP, PETROBRAS, Governo do Estado do RN, IDEMA - RN, Marinha do Brasil, MMA, IBAMA, INPE, Serviço Geológico do Brasil / CPRM).

O GEOPRO contém os seguintes equipamentos e *softwares*: um CTD da *applied microsystems* modelo *plus V2* (AML *Oceanographic Ltd*; uma garrafa coletora van Dorn de 5 e 10 l; dois ADCP (da NORTEK-AS) tipo aquapro 1 MHz com sensor de pressão, turbidímetro tipo OBS+3 e CT (medidor de condutividade e temperatura da Valeport; um receptor GPS geodésico L1L2 Leica 900CS RTK com acessório *software* Leica GEO Office e conjunto de rádio *pacific Crist* para 30 km nominal; duas estações meteorológica profissional Oregon Scientific WMR928NX; um espectrorradiômetro fieldspec ®3 (350 - 2500NM); um quadriciclo Honda 4x4 para levantamento em campo de pontos de GPS e coleta de amostras; três GPS de mão; quatro bússolas tipo Brunton; uma câmera digital de 8 MP com GPS e bússola acoplada; uma câmera de 7.2 MP normal; *softwares* ArcGis, Er-Mapper, ENVI, eCognition, Erdas, PCI; imagens LandSat, RadarSat, Ikonos, Cbers, Envisat, Quik Looks, Radar ALOSPALSAR, Modis, SPOT, SRTM, QUICKBIRD.

## LABORATÓRIO DE GEOLOGIA E GEOFÍSICA MARINHA E MONITORAMENTO AMBIENTAL (GGEMMA)

É coordenado pela Professora Helenice Vital. Foi inaugurado em 2001, com apoio de projetos ANP, FINEP, CNPq, CTPETRO – PETROBRAS e da Rede de Mapeamento e Caracterização dos Recifes da Plataforma Continental Brasileira (CAPES - Ciências do Mar). O GGEMMA é um laboratório multiusuário onde os equipamentos de grande porte são compartilhados entre diferentes departamentos da UFRN e universidades do N-NE participantes da Rede de Monitoramento Ambiental ao Derramamento de Óleo no N-NE (REDE 05 - ANP- FINEP – CNPq – CTPETRO - PETROBRAS) e da Rede de Mapeamento e Caracterização dos Recifes da Plataforma Continental Brasileira (CAPES - Ciências do Mar).

Os seguintes equipamentos estão disponíveis no GGEMMA: sistema de ecosonda hidrográfica Hydrotac - ecobatímetro (digital / analógico) e *Side Scan Sonar* (analógico) com GPS interno da Odom Hydrographic; estabilizadores magnéticos de 1000 VD; conjunto para separação de minerais pesados; balanças digitais; correntômetro DCS (*Doppler Current Sensor*) da Aanderaa; dragas pontual tipo van-veen; testemunhador por vibração *vibracore*: inclui motor, mangote, tripé, talha; garrafa coletora de água tipo Niskin; máquina fotográfica automática submarina (*dive camera*) da Sea Life; filmadora submarina color Mariscope; veículos de campo 4 x 4 (tipo L200); computadores tipo *notebook* 14, 15 e 17” para processamento de dados em campo; granulômetro a laser da CILAS– range de 2,50 mm a 0,02 microns; estação meteorológica da Campbell; conjuntos de sensores oceanográficos S4 da inter-ocean com sensores CTD, ondógrafo, correntômetro, marégrafo; perfilador de sub-fundo tipo chirp 3200 X-Star com processador topside 560D da Edge-Tech; sonar de varredura lateral de alta resolução DF 1000 da EdgeTech; sistema GPS para

*Levantamentos Cinemáticos em Tempo Real (RTK)* estáticos e cinemáticos pós-processados, comunicação sem cabos (Bluetooth) composto por receptores GPS da TOPCON, modelo HIPER LITE; testemunhador hidráulico TECH 2000; computadores de alta *performance* para processamento de grande quantidade de dados e para interpretação de dados, impressoras (laser e jato de tinta), bem como diversos *softwares* (Hypeck, CARIS Carta SFE e HSP, Discovery, SonarWiz.MAP SSS+SBP, ImageToSEGY, REFLEX, ARCGIS, VOXLER, CorelDraw, Surfer, Grapher, STATISTICA Modulo Advanced+QC, WINSVRENT 2008R2 SNGL OLP NL).

## LABORATÓRIO DE GEOFÍSICA APLICADA (LGA)

É coordenado pelo Professor Walter Eugênio de Medeiros. Localiza-se no Campus Central da UFRN em Natal (RN) e foi implantado com recursos PETROBRAS/ANP, através de projeto de infraestrutura financiado pela Rede Temática de Pesquisa em Geofísica Aplicada da PETROBRAS. O laboratório foi inaugurado em 2011 e o seu financiamento permitiu a construção de uma área de 600 m<sup>2</sup> e da aquisição de equipamentos geofísicos e computadores. A implantação desse laboratório contribuiu para institucionalizar a área da Geofísica na UFRN, ocorrida a partir de 2008, que envolveu a criação do Curso de Graduação em Geofísica, bem como do Departamento de Geofísica. As áreas principais de atuação do laboratório são: (1) desenvolvimento de metodologia para solução de problemas inversos em geofísica; (2) processamento de dados sísmicos; (3) desenvolvimento de metodologia, processamento e interpretação de dados gravimétricos e magnéticos; (4) levantamento, processamento e interpretação de dados de geofísica rasa; (5) desenvolvimento de metodologia para aquisição e processamento de dados de microssismicidade induzida.

O LGA conta com laboratório de computação científica em geofísica, duas salas para desenvolvimento de projetos, sala para armazenamento e manuseio de equipamentos de geofísica, secretaria, sala para reuniões, sala para discussão de projetos / seminários, onze salas para docentes / pesquisadores, sala para alunos de pós-graduação, além de espaços auxiliares. Atualmente o LGA dispõe de equipamentos de GPR (marca GSSI - antenas de várias frequências), gravímetro (Scintrex CG-5), DGPS geodésicos e de navegação, resistivímetro (SiscalPlus com acessórios para levantamentos elétricos em 3D), dentre outros. O LGA é também parte integrante: (i) do Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Geofísica do Petróleo (INCT-GP) do CNPq, juntamente com UFBA, UFPA e UNICAMP, e (ii) do PRH22 (Programa de Formação de Recursos Humanos da ANP) juntamente com os departamentos de Geologia e de Matemática Aplicada e Informática da UFRN.



Figura 12 - Prédio do Laboratório de Geofísica Aplicada, inaugurado em 2011. O módulo REUNI aparece em cor marrom à esquerda do observador.

## LABORATÓRIO SISMOLÓGICO (LS)

É coordenado pelo Professor Joaquim Mendes Ferreira. Conta com um arquivo com milhares de sismogramas, mesas de leitura de sismogramas, estações sismográficas de registro analógico, *links* de telemetria consistindo de rádios, receptores e antenas para transmissão e recepção de dados, painéis solares, osciloscópio, gerador de sinais, receptor de sinal horário WWVT, freqüenciômetro e outros equipamentos de calibração. Através de convênio com o USGS (Serviço Geológico dos Estados Unidos), o LS sedia uma estação da rede sismográfica mundial (RCBR).

## LABORATÓRIO DE ANÁLISES ESTRATIGRÁFICAS (LAE)

Possui aproximadamente 100 m<sup>2</sup>, sendo coordenado pelo Professor Francisco Pinheiro Lima Filho, tendo começado suas atividades em 1999. Conta com equipamentos específicos para o estudo e modelagem de depósitos sedimentares, citando-se: três veículos com tração 4x4; dois radares de penetração terrestre (GPR), com antenas de diversas freqüências; duas estações totais, com leitura a laser; dois GPSs geodésicos com precisão milimétrica; cinco GPSs de mapeamento, com precisão sub-métrica; um sistema de catodoluminescência; um perfilador de raios-gama; um perfilador de permeabilidade; uma máquina fotográfica (reflex e digital); dois *laser scanners*; *softwares* para geoprocessamento e modelagem digital de afloramentos (ArcView 8.1, ERDAS, GRADIX, Topographic, dentre outros); computadores, estações de trabalho e notebook; martelos geológicos; bússolas. Estão em processo de aquisição um tomógrafo elétrico, um sismógrafo e um perfilador de raios-gama.

## LABORATÓRIO DE PREPARAÇÃO DE AMOSTRAS (LPA)

É ligado ao Departamento de Geologia, sendo coordenado pelo Professor Zorano Sérgio de Souza. Destina-se à preparação de amostras (britagem, moagem, separação magnética) para estudos analíticos (litogeoquímica e química mineral, difração de raios X). Contém um britador de mandíbulas, moinhos de disco de aço, moinhos Fritsch Pulverisette com vasos de ágata e de carbeto de tungstênio.

## LABORATÓRIO DE PROPRIEDADES FÍSICAS DE ROCHAS (LPFR)

É coordenado pelo Professor Fernando Antônio Pessoa Lira Lins. Destina-se à caracterização de propriedades físicas de materiais geológicos (condutividade, densidade, radiometria), visando modelagem térmica de bacias sedimentares e rochas do embasamento cristalino regional, com ênfase no NE do Brasil. Contém condutivímetro, gamaespectrômetro e uma balança analítica de precisão.

## LABORATÓRIO INTERMEDIÁRIO DE GEOCROLOGIA (LIG)

É coordenado pelo professor Zorano Sérgio de Souza. Com apoio do FNDCT/FINEP, encontra-se atualmente em reforma para recuperação de pintura e paredes internas. Contém capelas de fluxo laminar e de bides-tiladores, estufa, placa aquecedora, colunas de troca iônica, e vidraria diversa.



## Integração com a Graduação

O PPGG tem mantido forte vínculo com as atividades de graduação no Departamento de Geologia. A maioria dos laboratórios e recursos do PPGG também é utilizada para aulas de alunos de graduação do Curso de Geologia da UFRN (Sensoriamento Remoto, Interpretação Sísmica e Visualização, Modelagem Estrutural, Métodos Potenciais, Radar de Penetração no Solo, Geologia e Geofísica Marinha, veículos e instalações físicas em geral). Fruto dessa interação, o aluno Fabiano Jackson da Silva Oliveira do curso de graduação foi o ganhador da 4ª edição do Prêmio PETROBRAS de Tecnologia 2008 (na categoria Tecnologia de Exploração) com trabalho desenvolvido no Laboratório de Modelagem Estrutural do PPGG, sob a orientação do Professor Fernando César Alves da Silva.

A partir do ano 2000, o PPGG hospeda o PRH22 (Programa de Recursos Humanos) da Agência Nacional de Petróleo (ANP), que tem aumentado sensivelmente a inclusão de alunos da graduação em projetos de pesquisa através de bolsas de iniciação científica (IC), um tipo de vínculo também proporcionado por bolsas de projetos financiados por CTPETRO, PETROBRAS e ANP, em adição às quotas de bolsas obtidas via CNPq (PI-BIC e balcão).

O PPGG tem sido o principal responsável pelo aporte de livros e periódicos por meio de recursos da CAPES, PRH22/ANP e projetos CTPETRO.

Este acervo é disponibilizado aos alunos de graduação e de pós-graduação na Biblioteca Central Zila Mamede da UFRN, a qual absorveu e centralizou, após 2007, o acervo da antiga biblioteca setorial do Departamento de Geologia.

A partir de 2008, essa interação com a graduação tem aumentado em função da criação do Curso de Geofísica, ligado ao Centro de Ciências Exatas e da Terra. Para este Curso, os departamentos de Geofísica e de Geologia (em especial, os professores do PPGG) da UFRN contribuem ministrando diversas disciplinas, e o PPGG oferece o apoio de suas facilidades laboratoriais e de equipamentos geofísicos.

## Fontes de Recursos e de Bolsas de Estudo

O grande número de projetos aprovados pelos pesquisadores do PPGG reflete a confiança que a comunidade externa deposita na capacidade de realização do grupo. A interação com a graduação foi reforçada com um crescente número de bolsistas de iniciação científica, ligados a professores do PPGG, e o financiamento de suas atividades de pesquisa e didáticas através do PRH22 (um programa de formação de recursos humanos, no nível de graduação e pós-graduação), financiado pela ANP. As cooperações estabelecidas com pesquisadores de universidades estrangeiras (Alemanha, Estados Unidos, Austrália, Dinamarca, França, Espanha, Portugal) e nacionais (UFPA, UFPE, UFBA, UnB, dentre outras) demonstram que o Programa vem conseguindo uma inserção cada vez maior, tanto dentro como fora do país.

As pesquisas relacionadas à pós-graduação têm sido financiadas através de projetos FINEP, CNPq, PETROBRAS, ANP, CTPETRO, CT-Infra, entidades e agências de pesquisa governamentais federais e estaduais. As pesquisas também recebem apoio de projetos de cooperação com outras instituições nacionais e estrangeiras: UFBA, UFPA, UNICAMP, UFPE, USP, UnB, CPRM / Serviço Geológico do Brasil, CAPES / Conselho Britânico, CAPES / COFECUB e CAPES/DAAD. O PPGG conta com bolsas da CAPES, CNPq e ANP/PRH22 (após 1999), concedidas a alunos em dedicação exclusiva.

A Figura 13 ilustra os órgãos de apoio ao PPGG ao longo destes quinze anos para alunos que concluíram o Mestrado e o Doutorado, bem como para os ainda ativos. Nos primeiros cinco anos de funcionamento, o Programa teve relevante apoio de projetos FINEP e PADCT (até 2005). Suporte via projetos PETROBRAS e CTPETRO, em parte com FINEP e/ou CNPq, começaram fortemente a partir de 2002. O CNPq e a CAPES têm sempre contribuído por meio de projetos individuais ou com grupos de pesquisadores do Programa. Aqui foram incluídos projetos compartilhados em diferentes momentos com PADCT, CTPETRO, FINEP, PETROBRAS, COFECUB (França) Conselho Britânico, DAAD e DFG (Alemanha). No grupo denominado “sem projeto específico” foram englobadas Dissertações e Teses desenvolvidas com dados obtidos em projetos anteriores e/ou utilizando a infraestrutura disponível, que, por sua vez, foram adquiridos com apoio prévio dos órgãos citados. Considerados em conjunto, CAPES+CNPq, PETROBRAS e FINEP correspondem a 62% do apoio prestado ao Programa. Pequena parcela (6%) se refere a projetos via DNOCS, CPRM, IDEMA, CENPES, FNDCT e empresas de mineração.

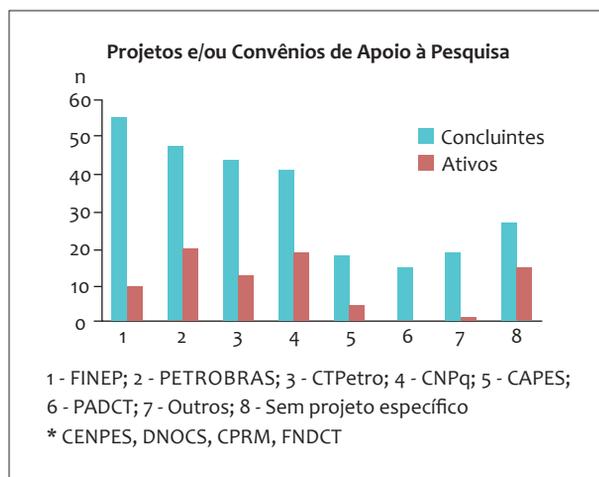


Figura 13 - Órgãos de apoio às atividades de pesquisa e pós-graduação do PPGG, referidos a alunos concluintes (no período 1997-2011) e ativos.

A Figura 14 mostra a distribuição de bolsas de alunos de Mestrado e Doutorado, computando os que concluíram, os ainda ativos e aqueles que desistiram. Observa-se que quase metade das bolsas (42%) procede da CAPES. O CNPq e a ANP (através do PRH22) contribuíram com 22% e 20%, respectivamente. Pequena parcela (4%) é referida a bolsas PETROBRAS e CAPES/INCT, bem como casos de alunos que mudaram de bolsa durante o Curso, especificamente CAPES para ANP e CAPES para CNPq. Cerca de 10% dos alunos não foram contemplados com bolsa, sendo aqui englobados casos onde os mesmos foram liberados com vínculo (recebendo salário) por seus órgãos e/ou empresas de origem.

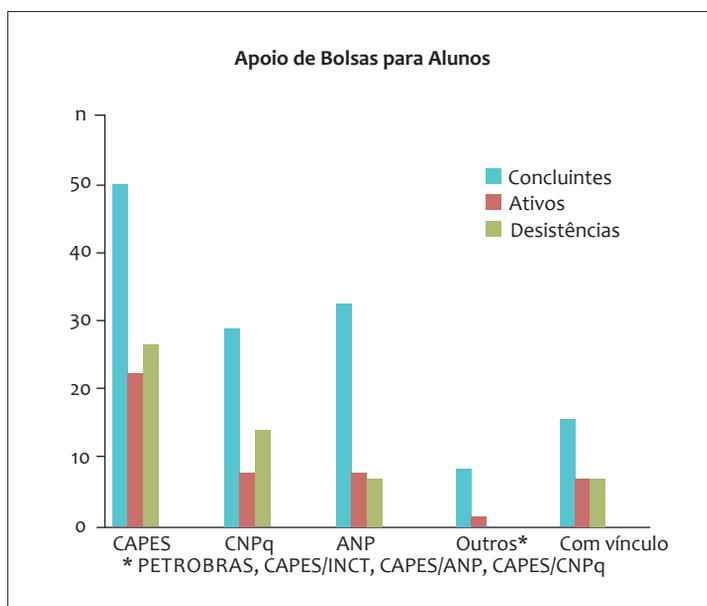


Figura 14 - Quadro de bolsas recebidas por alunos de Mestrado e Doutorado, considerando os concluintes no período 1997-2011, os ainda ativos e os que desistiram do Programa.



## Intercâmbios

Ao longo de sua história, o PPGG tem estabelecido intercâmbio com várias universidades estrangeiras e nacionais, bem como empresas e órgãos estatais. Nos últimos anos, foram mantidas cooperações com os países listados a seguir.

**Alemanha** - Intercâmbio com a Universidade de Kiel, envolvendo pesquisas em Geologia e Geofísica Marinha, com convênios coordenados pela Professora Helenice Vital e pelo Professor Karl Stattegger, envolvendo pesquisadores do PPGG e alunos de graduação e pós-graduação. Vários equipamentos têm sido adquiridos através desses convênios, aumentando as facilidades laboratoriais disponíveis aos estudantes do PPGG. Cursos de curta duração também são ministrados por professores do PPGG na Alemanha e por professores da Alemanha no PPGG. Além das atividades de laboratório, ensino e orientação de alunos brasileiros e alemães vinculados ao projeto, são realizadas excursões de campo ao longo da costa báltica e Mar do Norte, e atividades relacionadas a publicação conjunta de trabalhos técnico-científicos.

**Austrália** - Professores do PPGG realizam pesquisas em conjunto com o laboratório de termocronologia (técnica  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ ) em colaboração com o Dr. Paulo Marcos de Paula Vasconcelos, abordando temas associados com o magmatismo fanerozóico e a evolução do relevo e dos proces-

tos intempéricos na região da Borborema. Esta cooperação resultou na conclusão de uma Tese de Doutorado, orientada pelo Dr. Paulo e co-orientada pelo Professor Emanuel Ferraz Jardim de Sá.

**China** - O PPGG iniciou em 2009 um projeto de cooperação com a Universidade de Geociências da China, em Wuhan, objetivando conhecer no campo terrenos triássicos e cretácicos associados com metamorfismo de ultra-alta pressão e magmatismo (vulcanismo e plutonismo) na Faixa Dabie (centro da China). No primeiro momento, o Professor Zorano de Souza participou de uma missão científica de três meses. A cooperação continua em andamento, com aquisição de dados geocronológicos por *laser ablation* em zircões de amostras do pré-Cambriano do Rio Grande do Norte.

**Colômbia** - Contatos com geólogos da ECOPETROL (Colômbia) resultaram na sua vinda ao Brasil para participação em projetos como alunos de Mestrado no PPGG. Dois geólogos ingressaram no PPGG em 2007, tendo concluído em 2009. Os alunos foram orientados pela Professora Valéria Centurion Córdoba.

**Espanha** – Em 2008, deu-se início um projeto de cooperação internacional entre o PPGG e a Universidade de Barcelona (CAPES/DGU), coordenado pelo Professor Francisco Pinheiro Lima Filho. O projeto comporta quatro blocos de pesquisa: caracterização de depósitos análogos a reservatórios petrolíferos e aquíferos; genética toxicológica e meio ambiente; aplicações da genética toxicológica em análises de água; geofísica ambiental. As atividades são desenvolvidas por meio de missões de estudo, pós-doutorado e doutorado sanduíche na Universidade de Barcelona.

**Estados Unidos** - O PPGG mantém intercâmbio em duas linhas diferentes com pesquisadores americanos. Uma delas, na temática de modelamento de bacias, através do Dr. Garry Karner, antes pertencente ao Lamont Doherty Earth Observatory, da Universidade de Nova Iorque, e

atualmente na Exxon Mobil em Houston, Texas. No PPGG, os parceiros da colaboração incluem os Professores Emanuel Jardim de Sá e Walter Eugênio de Medeiros. Outra iniciativa de intercâmbio contempla a temática de LIDAR aeroportado para monitoramento ambiental de áreas costeiras, envolvendo o Grupo coordenado pelo Dr. Jim Gibaux da Universidade de Austin, Texas. Os parceiros do PPGG nesta colaboração incluem os Professores Venerando Eustáquio Amaro e Helenice Vital.

**França** - Projetos no âmbito CAPES / COFECUB foram executados entre 1995 e 2000, coordenados pelos Professores Emanuel Ferraz Jardim de Sá e Fernando César Alves da Silva. Em 2011, houve o ingresso no Doutorado do PPGG de uma aluna de origem francesa, sob a orientação do Professor Aderson Farias do Nascimento.

**Índia** - O Professor Venerando Eustáquio Amaro orientou o aluno de Doutorado Mukesh Singh Boori, agraciado com uma bolsa CNPq/TWA (The Academy of Sciences for the Development World), tendo concluído o Doutorado no tempo recorde de três anos. Atualmente, o Mukesk é pesquisador na NASA.

**Portugal** - O PPGG, em conjunto com pesquisadores da UNISINOS e da UFSE, iniciou um programa de intercâmbio envolvendo universidades de Portugal (em especial, a Universidade de Coimbra) e a PETROBRAS. Em 2007, uma aluna de Portugal se matriculou no Mestrado, dentro do acordo de cooperação. Em 2008, ingressaram no programa três alunos de mestrado, trabalhando com modelagem estrutural ou combinando métodos estratigráficos e estruturais em estudos na Bacia do Araripe, nordeste do Brasil, todos já concluídos, sendo que uma das alunas permanece no Doutorado do PPGG, sob orientação da Professora Valéria Centurion Córdoba. Para o biênio 2010-2011, foi aprovado o projeto CAPES - FCT (Portugal), com o título “Análise dos mecanismos forçadores da evolução do litoral do Rio Grande do Norte, Ceará, Piauí (Nordeste Brasileiro)

e Algarve (Portugal) durante o Quaternário”, coordenado pelo Professor Francisco Hilário Rego Bezerra. De outubro de 2010 a outubro de 2011, uma aluna do PPGG realizou estágio sanduíche no Laboratório Nacional de Engenharia Civil de Portugal (Lisboa). Neste ano de 2011, tivemos mais um aluno originário de Portugal ingressando no Mestrado, sob a orientação do Professor Emanuel Ferraz Jardim de Sá.

## INTERCÂMBIOS COM UNIVERSIDADES BRASILEIRAS TAMBÉM TÊM SIDO CONTEMPLADOS

Professores da UFPE e da UFRGS participaram de projeto de pesquisa apoiado pela PETROBRAS, coordenado pelo Professor Emanuel Ferraz Jardim de Sá, e uma parceria recíproca envolvendo estudos de GPR (a cargo do Professor Walter Eugênio de Medeiros) em projeto coordenado pela UFPE.

Registra-se a interação com pesquisadores do Laboratório de Petrofísica da UFBA, coordenado pelo Dr. Olivar Lima, colaboração essa envolvendo inclusive o treinamento de alunos do PPGG em medidas de campo e de laboratório no âmbito do Projeto Rede de Campos Maduros (CTPETRO / Redes de Pesquisa Norte - Nordeste), coordenado pelo Professor Fernando César Alves da Silva.

Ressalta-se também a interação com pesquisadores de instituições do Norte e Nordeste do país (IEPA, UFPA, UEPA, UFMA, UFC, UFPB, UFPE, UFBA), envolvendo intercâmbio de equipamentos oceanográficos e de geofísica marinha no âmbito do Projeto PETRORISCO - Rede de Monitoramento Ambiental ao Derramamento de Óleo (CTPETRO / Redes de Pesquisa Norte - Nordeste), coordenado pelo Professor Venerando Eustáquio Amaro.

## Perfil do Egresso

A Figura 15 mostra o quantitativo de formação na Graduação dos alunos que ingressaram no Programa. Eles são originários principalmente do Curso de Geologia, tanto para os concluintes (67%) quanto para os ativos (50%), vindo a seguir os egressos dos cursos de Física (11% nos concluintes, 15% nos ativos). São oriundos notadamente dos cursos de Geologia e Física da UFRN, com menor proporção de egressos da UFC, UFBA, UnB, USP, UNIVALI, UNIPAMPA, e universidades da Colômbia, de Portugal, da Índia e da França. No grupo dos desistentes, a maior porcentagem se refere aos egressos do Curso de Geologia, chegando a 81%.

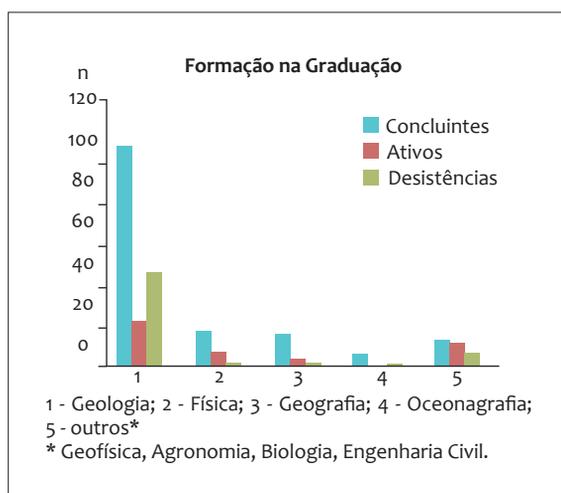
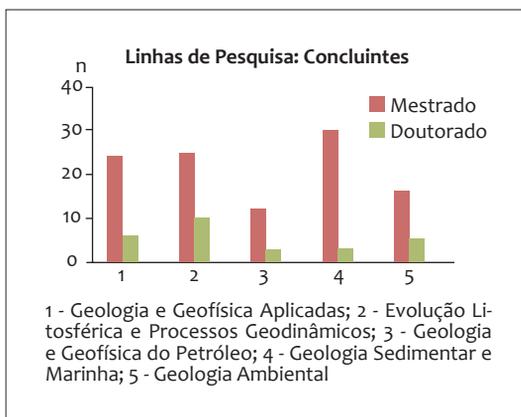
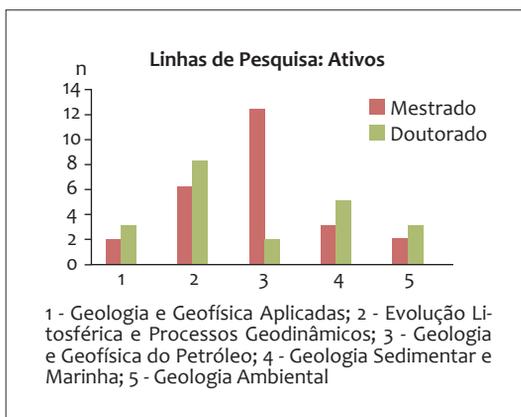


Figura 15 - Formação na graduação de alunos do PPGG.

O desenvolvimento das Dissertações e Teses foi relacionado às linhas de pesquisa vigentes no PPGG. Observa-se uma relativa semelhança numérica para os concluintes (Figura 16a) nas linhas de pesquisa Geologia e Geofísica Aplicadas (22%), Evolução Litosférica e Processos Geodinâmicos (26%) e Geologia Sedimentar e Marinha (25%), com as linhas Geologia e Geofísica do Petróleo (11%) e Geologia Ambiental (16%) complementando o quadro. Para o caso dos alunos ativos (Figura 16b), Evolução Litosférica e Processos Geodinâmicos e Geologia e Geofísica do Petróleo perfazem 60% (ambas com 30%), vindo a seguir Geologia Sedimentar e Marinha com 17%.



a



b

Figuras 16a e 16b - Linhas de pesquisa desenvolvidas por alunos concluintes (a) e ativos (b) nos seus projetos de Dissertação e Tese.

Os temas desenvolvidos nas Dissertações e Teses localizam-se em áreas geográficas principalmente no Rio Grande do Norte (54%), vindo a seguir Ceará (12%), Pernambuco (6%), Paraíba (4%), além de 12% que trataram assuntos temáticos ou de metodologia (Figura 17).

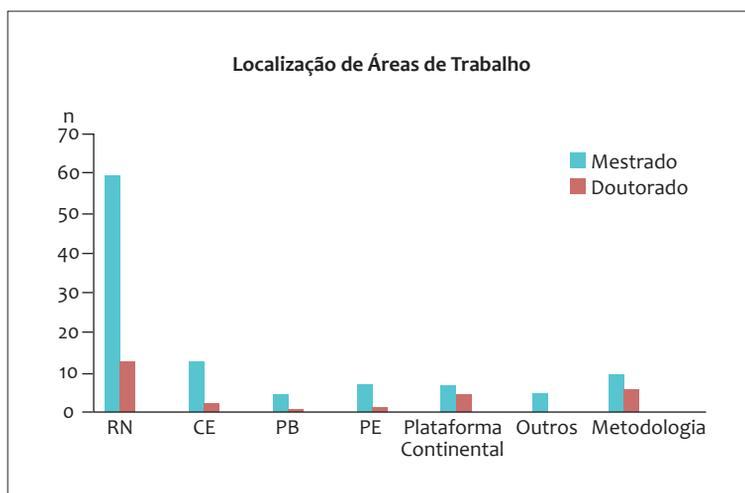
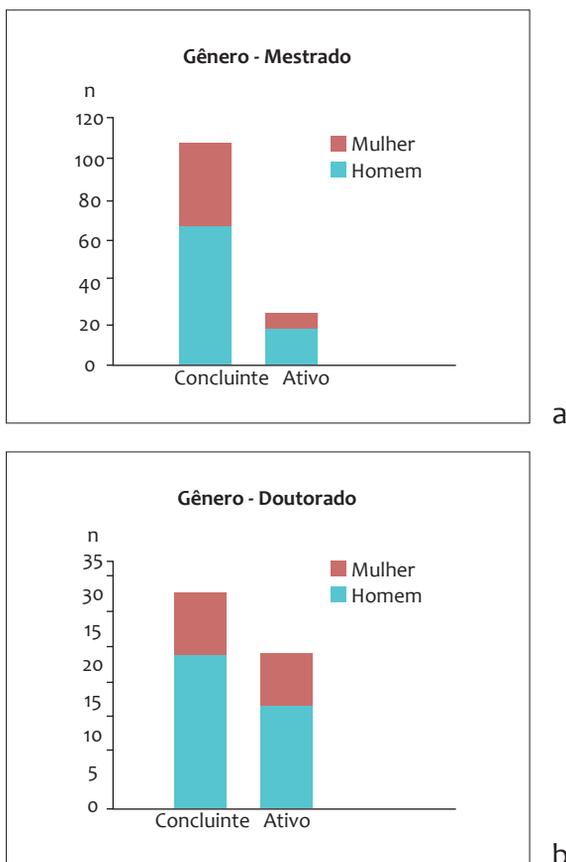


Figura 17 - Localização geográfica de temas tratados em Dissertações e Teses.

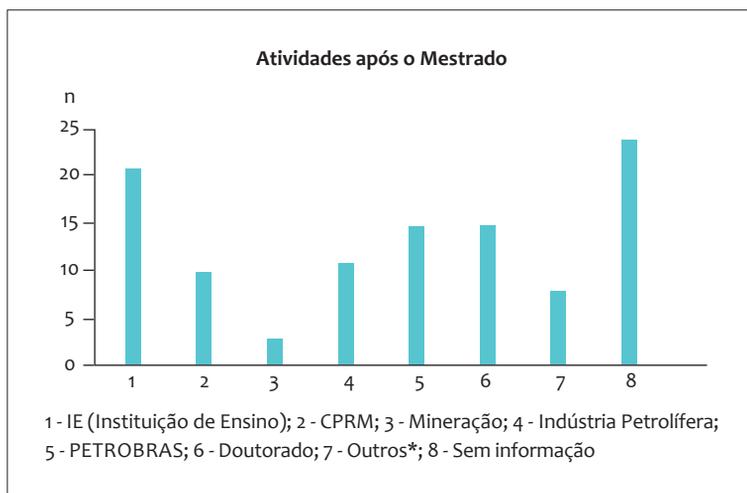
A representação por gênero na Figura 18 indica cerca de dois terços de homens (entre 63% e 72%) tanto no Mestrado (Figura 18a) como no Doutorado (Figura 18b), mantendo a mesma proporção entre os concluintes e alunos ativos.

O destino do egresso do PPGG pode ser visto na Figura 19. A maioria (20%) dos alunos que concluiu o Mestrado exerce atividades de docência e pesquisa em instituições de ensino (Figura 19a), dos quais 39% na UFRN, aumentando fortemente (52%) para aqueles que concluíram o Doutorado (Figura 19b), neste caso com 67% na UFRN. Outras instituições de destino são UFAM, UERN, USP, UFC, UnB, UFBA, UFT. A indústria petrolífera (predomínio da PETROBRAS) absorveu 24% e 13% dos egressos do Mestrado e do Doutorado, respectivamente. Proporção significativa (14%) dos Mestres ingressou no Doutorado (Figura 19a). Todavia, este quadro pode mudar, já que 22% dos Mestres e 7% dos Doutores têm destino desconhecido.

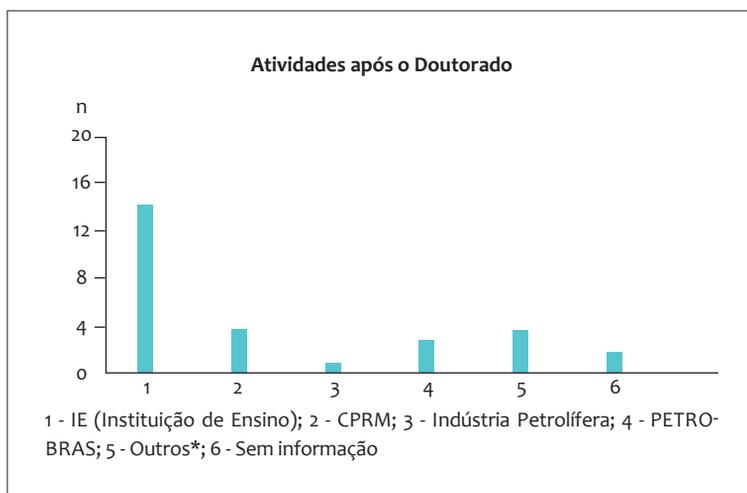


Figuras 18a e 18b - Representação de alunos concluintes e ativos do PPGG por gênero.

A época de maior evasão de alunos do Programa se deu entre os anos 2000 e 2006, com outro pico de desistência em 2010. Neste período, houve aumento da demanda de profissionais para a indústria em geral (mineração, petrolífera) em decorrência do forte aquecimento do mercado (Figura 20). Isto se reflete na queda da procura pela pós-graduação em 2011.



a



b

Figuras 19a e 19b - Atividades dos egressos após conclusão do Mestrado (a) e do Doutorado (b).

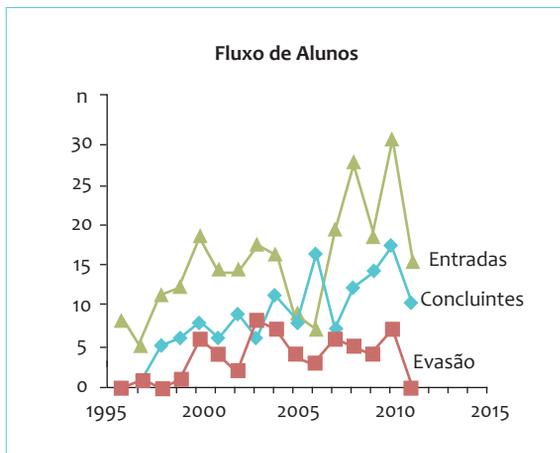


Figura 20 - Fluxo de alunos, considerando o total de entradas, concluintes e evasão.

## Resumos de Dissertações

Neste item, são listadas as 107 Dissertações concluídas no Programa de Pós-Graduação em Geodinâmica e Geofísica da UFRN a partir de agosto de 1997 até outubro de 2011. Neste volume, reportam-se informações do título, orientação, data de defesa, banca examinadora e área de concentração e linha de pesquisa predominante (para trabalhos finalizados antes de 2004, foi feita a equivalência em relação às linhas de pesquisa vigentes no Programa), finalizando com o resumo. Para efeitos do presente documento, procedeu-se à adequação da linguagem e redação usadas e, na medida do possível, à tradução para português de termos técnicos empregados nos resumos.

### **Dissertação 1**

Título: **ESTUDO DA SISMICIDADE INDUZIDA PELO RESERVATÓRIO DA BARRAGEM DO ASSU (RN). 72 P.**

Autor: **Aderson Farias do Nascimento**

Orientador: Dr. Mário Koechi Takeya (PPGG/UFRN)

Data da defesa: 22/08/1997

Banca Examinadora:

Dr. Mário Koechi Takeya (PPGG/UFRN)

Dr. Walter Eugenio de Medeiros (PPGG/UFRN)

Dr. Jorge Luis de Souza (ON-RJ)

**Área de concentração:** Geofísica

Linha de pesquisa: Geologia e Geofísica Aplicada

## Resumo

A Barragem do Assu (Barragem Engenheiro Armando Ribeiro Gonçalves) é um reservatório d'água com 31 m de altura e  $2,4 \times 10^9 \text{ m}^3$  de volume, que se encontra próxima à borda da Bacia Potiguar, a área sismicamente mais ativa do Brasil. O monitoramento sísmico, neste reservatório, teve início após dois anos do enchimento. A maior magnitude até agora registrada (magnitude 2,8) ocorreu em agosto de 1994. Um trabalho anterior, utilizando registros em papel enfumaçado, mostrou que a sismicidade neste reservatório pode ser disparado por mudanças no esforço normal de menos de  $0,1 \text{ MP}_a$  - muito menor que normalmente é assumido, o que pode ser uma evidência de que a crosta se encontra em um estado criticamente auto-organizado. Desde outubro de 1994, uma rede digital de oito estações, com três componentes cada, tem sido operada constantemente na região da barragem. Neste trabalho, analisaram-se os dados coletados nos primeiros dois anos de monitoramento digital. Estes novos dados revelaram que a atividade sísmica tem sido concentrada em falhas com direção NE-SW, com mecanismo essencialmente transcorrente. A evolução espaço-temporal da sismicidade também revelou que a sismicidade na barragem de Açú é disparada pela difusão da pressão de poro, mas tal difusão é controlada por um complexo caminho de difusão de fluidos.

## Dissertação 2

Título: **MECANISMOS DE ALOJAMENTO DE MAGMAS GRANITÓIDES: EXEMPLO DO PLÚTON DE JAPI (RN). 126 P.**

Autora: **Maria Helena Bezerra Maia de Hollanda**

Orientador: Dr. Emanuel Ferraz Jardim de Sá (PPGG/UFRN)

Data da defesa: 17/03/1998

Banca Examinadora:

Dr. Emanuel Ferraz Jardim de Sá (PPGG/UFRN)

Dr. Francisco Oliveira da Silva (DG/UFRN)

Dr. Reinhardt Adolfo Fuck (IG/UnB)

**Área de concentração:** Geodinâmica

Linha de pesquisa: Evolução Litosférica e Processos Geodinâmicos

## Resumo

Os resultados apresentados nesta Dissertação mostram a ocorrência de uma assembléia de suítes ígneas compondo um pequeno plúton granitóide (o plúton Japi), intrusivo no bloco gnáissico-migmático oriental da Faixa Seridó (o Maciço São José do Campestre), nordeste do Brasil. As relações de campo mostram que este corpo é afetado por uma forte deformação relacionada ao evento brasileiro (a fase  $D_3$  regional), especialmente retratada por uma zona de cisalhamento extensional-transcorrente sinistrógira, de direção NW, situada adjacente e a oeste do plúton (a Zona de Cisalhamento Japi, ZCJ). Quatro suítes ígneas são individualizadas no plúton, além de pegmatitos e diques de leucogranitos róseos, tardios. Uma suíte de granitóides alcalinos, dominada por sienogranitos com augita sódica (e subordinadamente hornblenda), compõe a intrusão elipsoidal principal. Essa intrusão, no seu setor norte, é caracterizada pela coalescência de *sheets* concêntricos e, no setor mais a sul, por um *stock* subcircular de menor dimensão. Esses mostram uma trama de estado sólido S>L penetrativa, de alto grau, definida pelo estiramento de quartzo e feldspato, desenvolvido especialmente nas bordas do plúton, e com mergulhos em direção ao interior do corpo. Essa trama se superpõe a um acamamento magmático evidenciado pela alternância de bandas máficas e quartzo-feldspáticas. Alojamento sintectônico com respeito ao evento  $D_3$  é indicado por sua freqüente disposição em sítios transtracionais desenvolvidos durante essa fase. Suas relações de campo atestam um posicionamento precoce com relação às demais suítes. Uma suíte básico-intermediária ocorre como um corpo satélite a oeste do maciço alcalino, e na terminação em calda, a sul do maciço. Compreende uma ampla variedade de termos composicionais, incluindo tipos básicos, gabros e gabro-noritos, diferenciados a termos intermediários, dominados por composições monzoníticas e paragênese máfica definida por anfibólio+biotita. Em diagramas discriminantes de séries magmáticas, este magmatismo

apresenta natureza transicional entre cálcio-alcálica de alto potássio a shoshonítica. Uma suíte de monzogranitos porfiríticos ocorre comumente como diques e intrusões menores, isoladas ou associadas com as rochas básicas a intermediárias. Neste último caso, feições marcantes de *magma mingling* e *mixing* são indicativas de contemporaneidade de intrusão entre essas duas suítes. São petrograficamente caracterizadas pela presença de fenocristais de K-feldspato dispersos na matriz, e pela assembléia máfica hornblenda + biotita + titanita, apresentando afinidade subalcalina / monzonítica. Ambas as suítes exibem trama magmática (SL), superposta por, ou transicional a, uma trama tectônica  $D_3$ , especialmente desenvolvida ao longo da ZCJ. Os dados químicos mostram claramente que estas suítes se relacionam a diferentes magmas parentais. Por fim, uma suíte microgranítica ocorre como serras alinhadas adjacentes à ZCJ. Compreende predominantemente granodioritos com mineralogia similar àquela apresentada pelos granitóides porfiríticos. Todavia, diagramas discriminantes evidenciam sua natureza cálcio-alcálica. Exibem uma trama essencialmente magmática, embora ao longo da ZCJ desenvolvam uma trama de estado sólido ( $D_3$ ) incipiente. Suas relações de intrusão com as suítes precedentes, bem como com as estruturas  $D_3$ , indicam um posicionamento tardio. Estas suítes são intrusivas em um complexo gnássico-migmatítico de alto grau metamórfico, paleoproterozóico, afetado por duas fases de deformação regional mais antigas ( $D_1$ ,  $D_2$ ). As estruturas associadas a essas deformações são dobradas e superpostas por uma trama mais jovem ( $D_2$ ). Ao longo da ZCJ, essa trama é caracterizada por foliações ( $S_3/C_3$ ) com fortes mergulhos para NE e uma lineação de estiramento ( $L_3^x$ ) associada, com caimento dominante para N/NE. Na terminação norte da ZCJ, a foliação adquire orientação ENE, desenvolvendo uma lineação  $L_3^x$  com caimento para sul. Critérios de dupla assimetria desenvolvidos nesse setor identificam uma terminação transpressional da ZCJ, adicionalmente confirmada por padrões ortorrômnicos de eixos-c de quartzo. O reconhe-

cimento de cisalhamentos dextrógiros E-W de 2ª ordem, desenvolvidos na porção central da ZCJ e interpretados como um par antitético dessa estrutura, indica a atuação de um componente extensional na direção NE, conferindo à ZCJ um caráter extensional-transtraccional. Essa cinemática é possivelmente favorecida por uma geometria em pisos e rampas em profundidade. Dados gravimétricos são consistentes com esta hipótese. O deslocamento lateral de anomalias Bouguer residuais negativas, com relação à localização do plúton, conduziu à admissão de corpos graníticos maiores em subsuperfície, como modelo para ajuste das curvas gravimétricas observada e calculada. A partir de modelamento numérico, foi possível determinar dois estilos distintos de intrusão para o plúton alcalino. Os valores obtidos no cálculo são consistentes com um alojamento por diques para a porção norte deste corpo, como já sugerido pela análise de imagens de satélite. Contrariamente, os resultados mostram uma transição no estilo de alojamento para um padrão que se assemelha a diápiros mais a sul, inferido pela geometria subcircular do *stock*. Essa diferença em estilos de intrusão deve estar relacionada à variação na intensidade da deformação cisalhante e à disposição de sítios de transtração associada ao desenvolvimento da ZCJ. Padrões de elementos traços e dados isotópicos de Sr e Nd para os granitos alcalinos são compatíveis com sua derivação a partir de uma fonte crustal de composição mais básica que a encaixante na região, com participação (ou alternativamente) de um componente mantélico geoquimicamente enriquecido. À semelhança de outras suítes na Faixa Seridó, os altos teores em LILE e padrões fracionados em ETR das rochas básicas conduzem à interpretação de uma fonte mantélica originalmente enriquecida, envolvida na gênese deste magmatismo. Dados geoquímicos e isotópicos são compatíveis com uma origem infracrustal para os granitóides porfiríticos. A julgar pelo forte controle da ZCJ no alojamento de magmas oriundos da crosta inferior (granitos porfiríticos e alcalinos) ou manto litosférico (dioritos, granitos alcalinos?) é inferido

um enraizamento profundo dessa estrutura, com importante papel na extração, transporte e alojamento dos magmas na região de Japi, domínio oriental da Faixa Seridó.

### **Dissertação 3**

Título: **ESTUDO GEOLÓGICO E GEOFÍSICO DA FALHA DE CARNAUBAIS, BACIA POTIGUAR (RN) E IMPLICAÇÕES NEOTECTÔNICAS. 89 P.**

Autor: **Luciano Henrique de Oliveira Caldas**

Orientador: Dr. Walter Eugênio de Medeiros (PPGG/UFRN)

Data da defesa: 23/03/1998

Banca Examinadora:

Dr. Walter Eugênio de Medeiros (PPGG/UFRN)

Dr. Helenice Vital (DG/UFRN)

Dr. Olivar Antônio Lima de Lima (CPGG/UFBA)

**Área de concentração:** Geofísica

Linha de pesquisa: Geologia e Geofísica do Petróleo

### **Resumo**

Esta Dissertação apresenta uma pesquisa realizada no segmento da Falha de Carnaubais que está localizado na porção sudeste do *graben* de Guamaré na Bacia Potiguar. Várias estruturas foram detectadas e algumas delas sugerem fortemente que a Falha de Carnaubais sofreu movimentação neotectônica. A metodologia utilizada consistiu de uma interpretação integrada de dados geológicos, geomorfológicos e geofísicos (gravimetria, magnetometria, eletro-resistividade e potencial espontâneo). De acordo com a dimensão das áreas envolvidas, duas abordagens foram utilizadas. A primeira, de natureza regional, foi conduzida numa área, aqui denominada de Área Regional, contendo aproximadamente 6.000 km<sup>2</sup> e localizada no Estado do Rio Grande do Norte, em torno da cidade de Macau. A segunda abordagem compreendeu estudos de detalhe em duas áreas menores, denominadas de Áreas Camurupim e São Bento, que são internas à Área Regional. Na Área Regional foram utilizados dados gravimétricos e topográficos. Em ambos os dados, foram efetuadas sepa-

rações em mapas de componentes regionais e residuais. A interpretação da componente gravimétrica residual permitiu mapear com precisão as bordas do *graben* de Guamaré. As feições regionais do mapa topográfico estão controladas pelo par conjugado de falhas formado pelas falhas de Carnaubais (direção NE) e Afonso Bezerra (direção NW). Por outro lado, a componente residual da topografia evidenciou que os vales dos rios de direção NW são truncados exatamente na região onde a Falha de Carnaubais se projeta na superfície. Este fato é interpretado como uma evidência de que os últimos movimentos de importância ocorreram na Falha de Carnaubais. Na Área Camurupim, foram utilizados dados geológicos, geomorfológicos e geofísicos (magnetometria, eletro-resistividade e potencial espontâneo). O levantamento geológico permitiu individualizar cinco unidades litofaciológicas. A partir do empilhamento (da base para o topo) da seção litofaciológica, foi possível interpretar que as duas primeiras unidades estão compondo uma seqüência marinha / transicional enquanto as três últimas estão formando uma seqüência continental. Essas duas seqüências estão claramente separadas por uma discordância erosional. As unidades agrupadas na seqüência marinha/transicional são compostas de calcarenitos (Unidade A) e lamitos (Unidade B). A Unidade A foi depositada num ambiente de plataforma rasa enquanto a Unidade B foi depositada numa planície de maré. As unidades agrupadas na seqüência continental são compostas de conglomerado (Unidade C) e arenitos (unidades D e E). As unidades C e D são interpretadas como depósitos fluviais e a Unidade E, como um depósito eólico. As unidades A e B podem ser estratigraficamente correlacionadas com a Formação Guamaré. Para as unidades C e D, três correlações são possíveis. Elas podem ser correlacionadas com a Formação Tibau, com a Formação Barreiras, ou com as cascalheiras comumente encontradas nos leitos dos principais rios da região e estratigraficamente posicionadas acima dos arenitos da Formação Barreiras. Com base no caráter granodecrescente para o topo

das unidades C e D, propõe-se que estas duas unidades compõem um mesmo depósito correlacionável com as cascalheiras acima especificadas. Neste caso, estas unidades teriam, pelo menos, idade pleistocênica. Finalmente, propõe-se que a Unidade E representa um depósito eólico com retrabalhamento recente (pelo menos do Quaternário). A interpretação integrada de dados hidrográficos, morfológicos e geofísicos evidenciou que a Falha de Carnaubais ocorre, na Área Camurupim, na forma de um sistema de falhas paralelas e subverticais. A falha de maior rejeito vertical controla a morfologia do Rio Camurupim e separa a área em dois blocos. No bloco a norte do Rio Camurupim, o topo do calcário Jandaíra está mais profundo do que no bloco a sul do rio. Com relação às idades destas estruturas, detectou-se que pelo menos uma falha do bloco norte corta todo o pacote de rochas descrito na área. Uma vez que as unidades C, D e/ou E podem ser de idade quaternária, propõe-se que a Falha de Carnaubais tenha sofrido movimentação tectônica neste período. Na Área São Bento, um mapeamento geológico de detalhe foi realizado em *beachrocks*. Esta área está localizada no cruzamento da linha de costa com o traço da Falha de Carnaubais. As estruturas mapeadas nos *beachrocks* apresentam grande semelhança com estruturas associadas às deformações frágeis. A partir da análise das mesmas, foi possível inferir um campo de tensões com compressão principal na direção E-W e extensão na direção N-S. Esta inferência se baseia na existência de fraturas e falhas de direção NE-SE e apresentando movimentação dextrógira com uma componente extensional de direção N-S. Pelo fato da Falha de Carnaubais ter direção NE, ela está posicionada de maneira ótima para sofrer movimentos sob a ação deste campo de tensões. Além disso, as estruturas observadas na Área Camurupim são consistentes com este campo de tensões e a forma da linha de costa, na Área São Bento, é localmente controlada pelo traço da Falha de Carnaubais. Estes fatos são interpretados como evidências de que a Falha de Carnaubais e os *beachrocks* sofreram movimentação conjunta.

Esta movimentação seria neotectônica porque os *beachrocks* têm idade inferior a 16 mil anos.

#### **Dissertação 4**

Título: **PETROLOGIA DOS GRANITÓIDES BRASILIANOS ASSOCIADOS À ZONA DE CISALHAMENTO REMÍGIO – POCINHOS (PB). 135 P.**

Autora: **Rielva Solimary Campelo do Nascimento**

Orientador: Dr. Antônio Carlos Galindo (PPGG/UFRN)

Co-Orientador: Dr. Ian McReath (IG/USP)

Data da defesa: 14/05/1998

Banca Examinadora:

Dr. Ian McReath (IG/USP)

Dr. Emanuel Ferraz Jardim de Sá (PPGG/UFRN)

Dr. Alcides Nóbrega Sial (CTG/UFPE)

**Área de concentração:** Geodinâmica

Linha de pesquisa: Evolução Litosférica e Processos Geodinâmicos

#### **Resumo**

O ciclo Brasileiro na Faixa Seridó (NE do Brasil) é considerado principalmente como um evento de retrabalhamento crustal através de zonas de cisalhamento transcorrentes ou transpressionais operando sob condições de alta temperatura e baixa pressão. Na porção oriental desta faixa, mais especificamente no Maciço São José de Campestre (MSJC), a deformação em regime transtraccional é caracterizada através de uma componente ou estruturas extensionais associadas aos cisalhamentos transcorrentes. O alojamento dos corpos granitóides brasileiros é controlado fortemente por essas discontinuidades. Localizada na borda sul do MSJC, a Zona de Cisalhamento Remígio - Pocinhos (ZCRP) apresenta, na sua porção norte, movimentos extensionais com topo para SW, que gradam progressivamente a movimentos transcorrentes dextrógiros a sul, definindo uma geometria em meia-flor negativa. Esta estrutura está implantada sobre metassedimentos alóctones do Grupo Seridó e um substrato gnáissico-migmatítico mais antigo, que mostram paragêneses

metamórficas indicativas de condições da fácies anfibolito a granulito (este último restrito ao setor transcorrente), durante a atuação dos cisalhamentos. Acompanhando esta estruturação são encontrados diversos plútons granitóides com alojamento sincrônico aos cisalhamentos. Esses corpos não ultrapassam 30 km<sup>2</sup> de área aflorante e apresentam-se alongados segundo a direção NE da ZCRP. Os dados petrográficos / texturais e geoquímicos permitiram a divisão das rochas granitóides da ZCRP em cinco unidades distintas, representadas por: granitos porfiríticos (Serra da Boa Vista e Jandaíra), granitos alcalinos (Serra do Algodão e Serra do Boqueirão) e granito de textura média a grossa (Olivedos), compondo os corpos de maior expressividade na área, e por *sheets* de microgranitos e leucogranitos aluminosos. Os granitos porfiríticos encontram-se alojados nos metassedimentos, apresentando formas sigmoidais e *en cornue* paralelas à direção da ZCRP, indicando uma cinemática dextrógira. Associados a estes corpos são comuns a presença de enclaves magmáticos de composição básica a intermediária, que freqüentemente desenvolvem textura do tipo *mingling* com os granitóides hospedeiros. Composicionalmente, são constituídos por titanita-biotita monzogranitos com anfibólio e magnetita, com caráter peraluminoso e afinidade com as rochas da série subalcalina monzonítica. Biotita monzogranitos com ilmenita e titanita-biotita monzogranitos, peraluminosos, representam, respectivamente, o plúton de Olivedos e os microgranitos. O corpo de Olivedos está alojado nos metassedimentos, e os microgranitos seccionam o substrato gnáissico-migmatítico. Por tratar-se de rochas extremamente evoluídas, as amostras desses corpos plotam, nos diagramas discriminantes de séries, nos campos dos granitos de fusão crustal, todavia com um alinhamento também sugerindo uma afinidade subalcalina monzonítica. Suas características químicas os aproximam dos granitos tipo I. Granitos de afinidade alcalina, claramente sintectônicos, são também reconhecidos na ZCRP. Os corpos de Serra do Algodão e Serra

do Boqueirão apresentam formas alongadas, paralelas ao cisalhamento que limita o setor extensional, a norte, do setor transcorrente, a sul, sendo que o corpo de Serra do Algodão apresenta uma estrutura em antifórme isoclinal. Composicionalmente englobam aegirina-augita álcali-feldspato granitos e quartzo álcali-sienito com granada (andradita), e magnetita + hematita como opacos. São rochas variando de meta a peraluminosas, correlacionadas aos granitos tipo A. De ocorrência volumétrica restrita na ZCRP são ainda encontrados leucogranitos aluminosos com biotita + muscovita ± silimanita ± granada (tipo S), truncando os micaxistos e o complexo gnáissico-migmatítico. Estes corpos podem estar dobrados e boudinados, e são considerados como produto da fusão parcial dos metassedimentos, concomitante à atuação da ZCRP. Estudos isotópicos pelo método Rb-Sr em rocha total indicam uma idade mínima de 554 Ma para a cristalização dos granitos porfiríticos. Os granitos alcalinos e o granito de Olivedos fornecem idades isocrônicas de ca. 530 Ma; este valor, muito jovem, representa a idade de fechamento do sistema Rb-Sr após a cristalização e deformação dos corpos, ocorrido a pelo menos 575 Ma. Os granitos alcalinos e porfiríticos cristalizaram-se sob condições de alta fugacidade de oxigênio, que é marcado pela presença de magnetita e hematita nestas rochas. A presença de ilmenita no plúton de Olivedos reflete condições menos oxidantes. Termobarometria de anfibólio e anfibólio-plagioclásio fornece condições mínimas de 750°C e 6 kbar para a cristalização das rochas porfiríticas. O geotermômetro do zircônio indica temperaturas mais elevadas, na ordem de 800°C, para os corpos porfiríticos, e 780°C para Olivedos. Estes dados são concordantes com avaliação termobarométrica das encaixantes (5,7 kbar e 765°C). O conjunto de dados geoquímicos e isotópicos aponta para uma fonte na crosta inferior para as rochas porfiríticas e os granitos alcalinos. Provavelmente dominam na fonte os gnaisses de composição quartzo diorítica a tonalítica, em fácies granulito, do complexo gnáissico-migmatítico ou equivalentes. No

caso das rochas alcalinas, pode ter havido a participação, em porcentagem subordinada, de material mantélico mesclado ao magma ou presente na fonte. Para o granito de Olivedos, ortognaisses de composição tonalítica a granodiorítica, com alguma contribuição metassedimentar, pode ser especulada. A diversidade de rochas graníticas na ZCRP é atribuída à sua dimensão litosférica, a qual permitiu a extração de magmas a partir de diferentes níveis na crosta média-inferior até o manto. A presença de rochas de composição básico-intermediária, associadas aos corpos porfiríticos, confirmam a participação de componentes mantélicos no sistema de extração de magmas ao longo da ZCRP. Essa megaestrutura compõe a rede de cisalhamentos brasileiros, ativada por processo de colisão continental e colagem de terrenos ao final do Neoproterozóico.

### **Dissertação 5**

Título: **ASPECTOS MORFO-TECTÔNICOS NOS PLATÔS DE PORTALEGRE, MARTINS E SANTANA / RN. 133 P.**

Autora: **Silvana Diene Sousa Barros**

Orientador: Dr. Renato Marcos Darros de Matos (PETROBRAS/UN-RNCE)

Co-Orientador: Dr. Emanuel Ferraz Jardim de Sá (PPGG/UFRN)

Data da defesa: 24/08/1998

Banca Examinadora:

Dr. Renato Marcos Darros de Matos (PETROBRAS/UN-RNCE)

Dr. Emanuel Ferraz Jardim de Sá (PPGG/UFRN)

Dra. Helenice Vital (DG/UFRN)

**Área de concentração:** Geodinâmica

Linha de pesquisa: Evolução Litosférica e Processos Geodinâmicos

### **Resumo**

A análise morfotectônica aqui apresentada teve por objetivo estudar os depósitos siliciclásticos soerguidos da Formação Serra do Martins, no contexto dos platôs de Portalegre, Martins e Santana, situados nas porções sudoeste e central do Estado do Rio Grande do Norte. A referida formação tem idade discutível, por não apresentar registros crono e/ou

bioestratigráficos que a posicionem temporalmente. A sistemática de investigação adotada fundamentou-se na análise da rede de drenagem, no reconhecimento de superfícies topográficas e das estruturas regionais, submetidas a eventos e reativações neotectônicas. Estes aspectos têm reflexo direto no arranjo dos lineamentos e em feições anômalas identificadas na paisagem (p. ex., os platôs soerguidos). A evolução morfo-escultural dos blocos estudados está expressa através de processos erosivos e acumulativos. Dentre as feições dissecativas as escarpas de erosão, cuevas e anfiteatros são as mais características, enquanto que os *debris slopes* constituem um exemplo acumulativo marcante. Estes elementos marcam o desequilíbrio recente dos platôs, onde a ausência de expressivos terraços aluvionares reflete um processo de rápido soerguimento. As direções das feições lineares observadas nos produtos de sensoriamento remoto evidenciam o controle das direções estruturais do embasamento, herdados da evolução pré-cenozóica. A orientação NNE-SSW controla feições erosionais dos platôs, e a direção N-S condiciona o arranjo da drenagem, sendo também reconhecido na Bacia Potiguar. Na direção E-W ocorre de forma menos intensa, refletindo o sistema de diques básicos mesozóicos ou estruturas frágeis pré-cambrianas. No tocante ao arranjo da drenagem, o padrão arborescente com variações para retangular com direção geral para norte foi identificado no bloco Portalegre - Martins. O platô de Santana ordena-se em padrões retilíneo (borda norte) e dendrítico arborescente (sul). Na cobertura sedimentar, o arranjo varia de retangular a angular, refletindo o arcabouço herdado do embasamento cristalino. As direções mais significativas são N, NE e NW, marcando as principais direções erosivas. As anomalias de drenagem caracterizadas por deflexões em cotovelo ou confluências em arranjo paralelo reforçam os argumentos acima expostos. Os estudos evidenciam a relação dos fatores endógenos (litologia, feições estruturais) em combinação aos exógenos, como condicionantes do maior ou menor grau de dissecação do relevo, associados aos

movimentos verticais (epirogênese) e à tectônica horizontal. São discutidas as várias possibilidades de correlação da Formação Serra do Martins com os sedimentos encontrados na Bacia Potiguar emersa, objetivando estabelecer possíveis conexões crono-estratigráficas com os vários episódios evolutivos desta porção da Província Borborema, e os prováveis mecanismos envolvidos no soerguimento destes platôs e de outras unidades estratigráficas regionais.

### **Dissertação 6**

**Título: GRAVIMETRIA E SENSORIAMENTO REMOTO: UMA APLICAÇÃO AO ESTUDO DA TECTÔNICA RECENTE ENTRE MACAU E SÃO BENTO DO NORTE (RN). 97 P.**

**Autor: Eugênio Pacelli Dantas**

Orientador: Dr. David Lopes de Castro (DG/UFC)

Co-Orientador: Dr. Emanuel Ferraz Jardim de Sá (PPGG/UFRN)

Data da defesa: 27/10/1998

Banca Examinadora:

Dr. David Lopes de Castro (DG/UFC)

Dr. Renato Marcos Darros de Matos (PETROBRAS/UN-RNCE)

Dr. Emanuel Ferraz Jardim de Sá (PPGG/UFRN)

**Área de concentração:** Geodinâmica

Linha de pesquisa: Geologia e Geofísica Aplicadas

### **Resumo**

Esta dissertação aborda uma ampla área na porção central da Bacia Potiguar, abrangendo as cidades de Macau, São Bento do Norte (respectivamente, extremos oeste e leste) e Pendências (sul), no Estado do Rio Grande do Norte. Pesquisas anteriores mostraram a existência de uma rede de lineamentos nessa região, orientados segundo as direções NE-SW (Sistema de Falhas de Carnaubais - SFC) e NW-SE (Sistema de Falhas de Afonso Bezerra - SFAB). Neste trabalho, foi aprimorada a cartografia desses lineamentos e caracterizadas as diferentes etapas de movimentação e reativações recentes. Para tanto, foi utilizado um conjunto de técnicas envolvendo sensoriamento remoto, gravimetria e análise topográfica,

com suporte de dados geológicos obtidos no terreno e análise do material bibliográfico disponível. A estrutura profunda da bacia, incluindo as falhas mais antigas e de maior expressão, foi caracterizada através da gravimetria. Foram empregadas técnicas de ajuste polinomial robusto e sombreamento de relevo gravimétrico. A primeira permitiu a separação das componentes regionais e residuais do campo gravimétrico observado. O mapa de anomalias regionais reflete o afinamento crustal em direção ao oceano, no contexto da margem continental passiva, bem como ao longo do eixo NE da bacia. Por outro lado, o mapa de anomalias residuais reflete a estruturação intracrustal da bacia, principalmente na sua parte emersa. No que diz respeito à metodologia de sensoriamento remoto (SR), foram usadas as técnicas de sombreamento de imagens digitais (SID) e de composições coloridas (RGB) Estas técnicas realçaram as feições do terreno, tendo sido especialmente útil para a caracterização do SFC, cuja expressão superficial é mais sutil. Foi aprimorado o mapeamento dos lineamentos NW, com o reconhecimento adicional de fraturas com direção N-S. Por fim, a análise topográfica delineou o entalhamento dos vales fluviais e a integração dos resultados alcançados permitiu identificar o controle que a reativação das estruturas exerceu sobre as diferentes unidades litoestratigráficas cenozóicas. O quadro geológico-estrutural identificado na área de estudo abrange um período que vai desde o final do pré-Cambriano aos dias atuais. Esta história geológica pode ser assim resumida: as estruturas mais antigas do SFAB teriam se formado no final do pré-Cambriano ao Cambriano, como falhas tardi-brasilianas controlando a intrusão de diques de granitos tardios, próximo a Pedro Avelino (RN). No Cretáceo inferior, durante a abertura do rifte Potiguar, o SFC foi implantado consoante a uma extensão principal WNW-SSE, enquanto o SFAB deve ter se comportado como falhas de transferência. Durante o Terciário, uma importante reativação atingiu ambos os sistemas. Uma compressão N-S teria provocado transcorrência dextrógira no SFAB e sinistrógira no SFC.

O mecanismo que deu origem a esta compressão ainda não está totalmente esclarecido, sendo, tentativamente, associado a um domo térmico delineado pelas ocorrências de vulcânicas básicas alcalinas da Formação Macau. Neste evento, falhas extensionais favoreceram a ocorrência de um depocentro com orientação N-S, propiciando o desenvolvimento de fácies marinhas na região limitada pelos sistemas de falhas de Afonso Bezerra e Carnaubais, como indicado pelas formações Tibau - Guamaré, em ambiente costeiro, lateralmente associada aos clásticos continentais da Formação Barreiras. Finalmente, durante o Quaternário, uma nova reativação afetou ambos os sistemas, permitindo a preservação de litotipos das formações Tibau e Barreiras, além das cascalheiras do Rio Açú e sedimentos costeiros, em baixos estruturais. Nesse período, quando ambos os sistemas estiveram subordinados a uma compressão WNW-SSE, o SFC apresentou um movimento oblíquo normal-dextrógiro, enquanto o SFAB obedeceu a um movimento normal com componente sinistrógiro. Esse sistema de tensões é, hipoteticamente, relacionado à composição de um par cisalhante dextrógiro nas zonas transformantes ao longo da margem equatorial brasileira (atribuído a taxas de expansão distintas em diferentes segmentos da cadeia Meso-Atlântica), com a tensão compressiva E-W gerada pela expansão da cadeia.

### **Dissertação 7**

Título: **ESTUDOS SEDIMENTOLÓGICOS E O CONTEXTO ESTRUTURAL DA FORMAÇÃO SERRA DO MARTINS NOS PLATÔS DE PORTALEGRE, MARTINS E SANTANA (RN). 167 P.**

Autora: **Maria Rosilene Ferreira Medeiros**

Orientador: Dr. Emanuel Ferraz Jardim de Sá (PPGG/UFRN)

Co-Orientador: Dr. Renato Marcos Darros de Matos (PETROBRAS/UM-RNCE)

Data da defesa: 30/03/1999

Banca Examinadora:

Dr. Emanuel Ferraz Jardim de Sá (PPGG/UFRN)

Dra. Sylvia Maria Couto dos Anjos (CENPES/PETROBRAS)

Dr. Francisco Pinheiro Lima Filho (PPGG/UFRN)

**Área de concentração:** Geodinâmica

Linha de pesquisa: Evolução Litosférica e Processos Geodinâmicos

## **Resumo**

Esta Dissertação aborda a caracterização sedimentológica e estrutural das rochas siliciclásticas da Formação Serra do Martins (FSM), no contexto dos platôs de Portalegre, Martins e Santana, situados a sul da Bacia Potiguar, nas porções sudoeste e central do Rio Grande do Norte. A referida formação, admitida por alguns pesquisadores como oligo-miocênica, baseado em relações de intrusão com o vulcanismo Macau, tem idade ainda discutível, por não apresentar registros bio e/ou crono-estratigráficos que a posicionem temporalmente. Os depósitos da FSM, nos platôs estudados, afloram entre as cotas de 650 a 750 m e constituem um capeamento sedimentar remanescente, repousando discordantemente sobre rochas pré-cambrianas do embasamento cristalino, topograficamente elevado. Nas últimas décadas, esses depósitos foram interpretados por alguns pesquisadores como o resultado de uma evolução paleoclimática do Terciário, associados a processos pedogenéticos. Neste trabalho, a caracterização sedimentológica das rochas da FSM está representada por descrições faciológicas, identificação dos aspectos petrográficos e das feições diagenéticas. A sistemática adotada no estudo das fácies, envolvendo a descrição dos aspectos de campo (p. ex. texturas e estruturas sedimentares), levantamento de perfis seqüenciais do empilhamento vertical dos estratos e elaboração de seções mostrando a suas relações laterais, revela que os litotipos da FSM são oriundos de um sistema fluvial entrelaçado a meandrante grosso. Esse sistema fluvial é representado principalmente pelos depósitos de fundo de canal, preenchimento de canal, transbordamento de canal e de planície de inundação. A petrografia, envolvendo os aspectos composicionais, associada a algumas características faciológicas

e direções de paleocorrentes, mostra que a área fonte desses sedimentos esteve relativamente distante, a sul dos platôs estudados. O estudo diagenético caracteriza como eventos principais uma compactação mecânica incipiente dos grãos, pronunciada dissolução dos constituintes do arcabouço, matriz e/ou cimento, precipitação intensa de caulinita, sílica e, eventualmente, óxidos de ferro, além de infiltração mecânica de argilas. Muitos desses eventos, associados na literatura a condições superficiais (e/o ou telodiagênese), revelam que os sedimentos da FSM não foram submetidos a soterramentos pronunciados. As relações topográficas levantadas em seções aproximadamente longitudinais e transversais à Bacia Potiguar permitem identificar algumas condições de mergulho através das quais podem ser discutidos os elos de correlação entre os depósitos da FSM e outras unidades dessa Bacia. Os estudos sedimentológicos deste trabalho e as relações de intrusão com o vulcanismo Macau também foram utilizadas nessas correlações, apoiando a idade oligo-miocênica tradicionalmente assumida para a FSM. No tocante ao contexto estrutural da FSM, foi investigada a herança pré-cambriana a cretácea e a deformação cenozóica, incluindo a caracterização de feições de deformação pré-, sin- e pós-FSM. O embasamento cristalino está estruturado segundo direções NE e WNW associados às zonas de cisalhamento dúcteis brasileiras da Faixa Seridó. No substrato cristalino são reconhecidas estruturas frágeis a dúctil-frágeis de direção NE e NW, associadas a juntas de extensão preenchidas por pegmatitos e veios de quartzo, oriundas dos esforços compressivos E-W dominantes no final do ciclo Brasileiro. As juntas E-W e fraturas NE foram reativadas por extensão N-S a NW no final do Jurássico ao início do Cretáceo, sendo preenchidas por diques de diabásio do magmatismo Rio Ceará - Mirim e controlando a abertura do Rifte Potiguar. A deformação sin-FSM está representada por estruturas de fluidização, observadas em algumas exposições do platô de Portalegre, indicando a reativação dos cisalhamentos pré-cambrianos. Nas feições

tectônicas pós-FSM, foram identificadas duas direções principais de lineamentos, NE e NW, além de outra subordinada, N-S, que em macro-escala marcam as direções erosivos dos platôs. Ao nível de afloramento, essas orientações normalmente coincidem com padrões de fraturamentos os quais, embora possuam poucos indicadores cinemáticos, mostram em geral uma boa correspondência com a compressão N-S neo-terciária sugerida para a região. Fraturas NE e NW com cinemática condicionada à compressão E-W holocênica foram também caracterizadas no domínio sedimentar das serras estudadas, controlando a erosão ou preservação da FSM. A ocorrência de marcadores crono-estruturais não usuais (preenchimento de fraturas por travertino, cascalho ou óxido de ferro) nos levou a investigar a deformação holocênica no embasamento cristalino dos platôs, com base nas exposições da Grota da Ferveadeira, aba norte da Serra de Santana. Os padrões de fraturamento, reconhecidos nesse riacho como feições de deformação neotectônica, evidenciaram um campo de tensões mais complexo, atuante desde o Terciário superior ao Quaternário, onde os esforços principais são de extensão em todas as direções, esforços estes tentativamente atribuídos a um domo térmico associado ao vulcanismo Macau (de idade miocênica), e que parece perdurar até o Recente.

### **Dissertação 8**

Título: **IMPLICAÇÕES TECTÔNICAS NA HIDROLOGIA DO AQUÍFERO BARREIRAS E SISTEMA LACUSTRE DO BONFIM, NÍSIA FLORESTA - RN. 105 P.**

Autor: **Leandson Roberto Fernandes de Lucena**

Orientador: Dr. Walter Eugênio de Medeiros (PPGG/UFRN)

Data da defesa: 25/05/1999

Banca Examinadora:

Dr. Walter Eugênio de Medeiros (PPGG/UFRN)

Dr. Waldir Duarte Costa (IG/USP)

Dr. Francisco Hilário Rego Bezerra (PPGG/UFRN)

**Área de concentração:** Geofísica

Linha de pesquisa: Geologia e Geofísica Aplicadas

## Resumo

Esta dissertação apresenta os resultados de uma pesquisa desenvolvida numa área com cerca de 500 km<sup>2</sup>, a maior parte situada no município de Nísia Floresta (RN). O objetivo central é avaliar as influências da estruturação regional na hidrologia dos terrenos sedimentares cenozóicos, com destaque especial para o Aquífero Barreiras e o sistema lacustre do Bonfim. Foi adotada uma metodologia fundamentada no emprego de técnicas geofísicas (gravimetria e eletro-resistividade) e estruturais. A estratigrafia da área é constituída pelo embasamento cristalino pré-cambriano, correlato ao Complexo Caicó, sotoposto a sedimentos cretácicos e capeados por unidades estratigráficas cenozóicas, na qual apenas estas últimas são aflorantes. O arcabouço tectono-estrutural é formado por uma complexa estruturação regional, caracterizada em três direções principais: NW, NE e E-W, aproximadamente, além de uma quarta direção, menos expressiva, com orientação geral N-S. Esta estruturação representa o resultado da atuação de um campo de tensões com compressão e distensão máximas E-W e N-S, respectivamente, à exceção das direções N-S que estão associadas a uma compressão N-S. As consequências dos falhamentos na hidrologia subterrânea são evidenciadas, principalmente, pela existência de variações bruscas da espessura saturada do Aquífero Barreiras, decorrente do deslocamento vertical de blocos estruturais nestes falhamentos. Em particular a oeste da Lagoa do Bonfim, mostrou-se que a principal frente de alimentação subterrânea da lagoa está associada a um aumento brusco da espessura do aquífero decorrente dos rejeitos verticais de duas falhas. As estruturas são responsáveis ainda pelos limites da drenagem subterrânea e, provavelmente, por inflexões das superfícies equipotenciais no mapa potenciométrico da área. No âmbito da hidrologia superficial, os falhamentos condicionam os cursos de rios e riachos (anomalias hidrográficas), limites superficiais e padrões da rede de drenagem, assim como as formas e gênese das principais lagoas da

área. A Lagoa do Bonfim, particularmente, possui sua gênese e evolução relacionada à ação de duas estruturas, ressaltada pela forma exótica de seu espelho d'água (alongado segundo as direções NW e NE das referidas falhas), somada à provável interação com processos cársticos na sequência carbonática mesozóica.

## **Dissertação 9**

**Título: LIMITES E EVOLUÇÃO GEODINÂMICA DO SISTEMA JAGUARIBEANO, PROVÍNCIA BORBOREMA, NORDESTE DO BRASIL. 183 P.**

**Autor: José Carvalho Cavalcante**

Orientador: Dr. Jaziel Martins Sá (PPGG/UFRN)

Data da defesa: 28/06/1999

Banca Examinadora:

Dr. Jaziel Martins Sá (PPGG/UFRN)

Dr. Edilton José dos Santos (CPRM/Recife)

Dr. Walter Eugênio de Medeiros (PPGG/UFRN)

**Área de concentração:** Geodinâmica

Linha de pesquisa: Evolução Litossférica e Processos Geodinâmicos

## **Resumo**

A área envolvida nesta Dissertação encontra-se situada, geologicamente, no chamado Domínio Setentrional da Província Borborema (Nordeste do Brasil), tendo como marcador meridional a Zona de Cisalhamento Patos. Compreende um espaço de crosta continental dominada por terrenos gnáissico-migmatíticos de idades paleoproterozóicas e arqueanas (2,6 a 1,9 Ga), onde processos tectonotermiais neoproterozóicos a cambrianos são registrados em cada ponto, desde simples efeito térmico até como gerador de radicais modificações estrutural-mineralógicas e de leucossomas. Ao nível vestigial de antigas e amplas coberturas vulcanossedimentares, ocorrem estreitas faixas supracrustais (cinturões de xistos), cuja cronologia, com base em determinações Rb-Sr, U-Pb e Pb-Pb nos metavulcanitos ácidos, dominantes na seção inferior das seqüências, e nas metaplutônicas associadas (*augen* gnaisses), situa-se entre 1,8 e 1,6

Ga. Estratigraficamente, essas faixas encontram-se sumarizadas da seguinte forma: (1) Faixa Orós - constituída pelo Grupo Orós, subdividido nas formações Santarém (predominantemente quartzitos puros e impuros, micaxistos de granulação fina a grossa e metacarbonatos) e Campo Alegre (meta-andesitos e metabasaltos, meta-riolitos, meta-riodacitos e intercalações de metatufos e metassedimentos), e pela Suíte Magmática Serra do Deserto (*augen* gnaisses graníticos); (2) Faixa Jaguaribe - ostenta caracterização litoestratigráfica - litodêmica similar a de Orós, com maior expressividade superficial dos componentes vulcano-plutônicos (Formação Campo Alegre e Suíte Magmática Serra do Deserto); também relacionada a essa faixa e descrita separadamente encontra-se a Seqüência Peixe Gordo, constituída por unidades metassedimentares, metavulcânicas (vulcanoclásticas subordinadas) e metaplutônicas, as primeiras correlacionáveis às formações do Grupo Orós e a última a Suíte Magmática Peixe Gordo; (3) Faixa Extremo Oeste Potiguar - representada predominantemente por rochas do Grupo Serra de São José, subdividido nas formações Catolezinho (domínio de biotita-anfibólio gnaisses, com intercalações de metacalcários, rochas calciossilicáticas, anfíbolitos, e camadas quartzíticas no sentido do topo) e Minhuins (quartzitos diversos, micaxistos, metaconglomerados, rochas calciossilicáticas, metavulcânicas ácidas e básicas, e metatufos); sua cronologia paleoproterozóica superior (Estateriano) foi estabelecida a partir de uma determinação Pb-Pb em cristais de zircões de ortognaisses granítico da Formação Catolezinho. As características petrográficas e de estruturas sedimentares do Grupo Orós, na Formação Santarém, admitem sistemas deposicionais deltáicos e marinho raso, sendo recoberto por sedimentos de água profunda (turbiditos). Em termos geodinâmicos, a região foi modelada como uma ampla bacia deposicional, com provável extensão para leste da Zona de Cisalhamento Portalegre e oeste da Zona de Cisalhamento Senador Pompeu, certamente registrada em parte das rochas inseridas na Formação (Grupo) Jucuru-

tu e no Grupo (Complexo) Ceará. Pelo lado oeste, a Faixa Arneiróz exibe alguns indicadores estratigráficos e de litoquímica de granitóides que a faz similar a de Orós. Esse ambiente inicia-se com uma fase extensional mais ativa pelo lado oriental (Faixa Jaguaribe, pró-parte, e Extremo Oeste Potiguar) onde a sedimentação é dominada por psamitos, ruditos, marcando fácies de ambiente fluvial de um sistema rifte que evoluiu para um sistema deltáico progradante a leste (Grupo Orós). Associados a essa fase extensional, ocorreram episódios de vulcanismo basáltico-andesítico e riolítico. Durante esse desenvolvimento vulcanossedimentar, ocorreu a geração de magmas ácidos que foram cristalizados sob condições plutônicas. Pelo lado oeste, a sedimentação teve aquelas características ambientais exibidas para o Grupo Orós. Subseqüentemente, transcorrido um longo intervalo de tempo (1,6 - 1,1 Ga, sem registros próximos), a região foi solicitada por uma fase extensional, possivelmente associada ao desenvolvimento da ambiência sedimentar do Grupo Cachoeirinha (sul da Zona de Cisalhamento Patos), marcada na região de Orós por corpos básicos de idades em torno de 900 Ma (Sm-Nd). No intervalo de 800-500 Ma, a região passou por importantes fases de deformação, metamorfismo e de incorporação de magmas graníticos (cristalizados em espaços de dimensões variadas, de diques a batolíticas), relacionadas ao chamado ciclo geotectônico Brasileiro / Pan-Africano. Nessas fases foram gerados blocos estruturais diferenciados ao nível da taxa de fusão anatéxica, percentagem de supracrustais em alto grau e seus respectivos correspondentes migmatíticos e participação de corpos graníticos neoproterozóicos - eopaleozóicos. Com esses indicadores, grande parte do Bloco/Terreno Jaguaretama é a que ostenta menor atuação relativa dos processos tectonometamórficos e magmáticos do mencionado ciclo. A despeito das faixas mais distantes desse Bloco Jaguaretama (extremo oeste Potiguar e Arneiróz), onde se tem associações minerais com cianita (pressão média), as faixas marginais ao mesmo são marcadas por uma zoneografia

sul-norte, onde se passa do campo com pico metamórfico no desenvolvimento de estauroлита, para o campo da silimanita. Internamente, o Grupo Orós tem sua zona da estauroлита desenhada do lado oriental. Em termos geodinâmicos estaterianos, do pré-cambriano do Brasil, essas faixas vulcanossedimentares são correlacionadas às do Grupo Espinhaço Inferior (Grupo Rio dos Remédios, sistema rifte paleoproterozóico no cráton São Francisco), às dos grupos Araí e Serra da Mesa (no norte de Goiás, implantados sobre o Maciço Central de Goiás) e Uatumã (no cráton Amazônico). O plutonismo granítico (*augen* gnaisses) também tem similares nessas regiões, e exemplo de A-granitos intrusivos nos grupo Araí e Serra da Mesa, com idades em torno de 1,77 Ga.

## **Dissertação 10**

Título: **ESTUDO SÍSMICO NO AÇUDE TUCUNDUBA, SENADOR SÁ (CE). 92 P.**

Autor: **George Sand Leão de Araújo França**

Orientador: Dr. Mário Koechi Takeya (PPGG/UFRN)

Co-Orientador: Dr. Joaquim Mendes Ferreira (PPGG/UFRN)

Data da defesa: 12/07/1999

Banca Examinadora:

Dr. Joaquim Mendes Ferreira (PPGG/UFRN)

Dr. Marcelo Sousa de Assumpção (IAG/USP)

Dr. Francisco Hilário Rego Bezerra (PPGG/UFRN)

**Área de concentração:** Geofísica

Linha de pesquisa: Geologia e Geofísica Aplicadas

## **Resumo**

O Açude Tucunduba está localizado no município de Senador Sá, a oeste de Fortaleza (CE). O monitoramento sísmico da região, por meio de uma estação analógica e sete estações digitais, teve início em 11 de junho de 1997. As estações digitais operaram no período de junho a novembro de 1997. Foram analisados os dados coletados pelas estações digitais objetivando a determinação de hipocentros, mecanismos focais e análise de anisotropia sísmica. Na determinação hipocentral, foi detectada uma

zona ativa, de aproximadamente 1 km de extensão e profundidade variando de 4,5 a 5,2 km. Para um conjunto de 16 sismos selecionados foi determinado um plano de falha a partir dos hipocentros, obtendo-se os valores de 60° para o azimute e 88° para o mergulho. Na determinação de mecanismos focais, através de solução de mecanismo composto, encontrou-se uma falha de direção aproximadamente E-W, transcorrente, sinistrogira, com componente normal. Foram determinados vários mecanismos individuais, tendo-se obtido um valor médio de 65° para o azimute e 80° para o mergulho. Verificou-se também a presença de anisotropia na propagação da onda S, possibilitando a obtenção das direções de polarização e dos tempos de atraso entre as ondas S divididas, para duas estações. Não foi possível obter qualquer conclusão sobre a causa da anisotropia observada. Não se pode concluir, de forma clara, que a atividade sísmica estaria associada diretamente às falhas mapeadas na região, embora as direções obtidas a partir dos hipocentros e mecanismos focais sejam consistentes com as direções de fotolineamentos, lineamentos topográficos positivos e negativos, e de fraturas secas, observadas na região.

### **Dissertação 11**

Título: **ANÁLISE DE TERRENOS NA PORÇÃO SETENTRIONAL DA PROVÍNCIA BORBOREMA, NE DO BRASIL: INTEGRAÇÃO DE DADOS GEOLÓGICOS E GRAVIMÉTRICOS. 130 P.**

Autor: **Romário Carvalho Campelo**

Orientador: Dr. Walter Eugênio de Medeiros (PPGG/UFRN)

Co-Orientador: Dr. Emanuel Ferraz Jardim de Sá (PPGG/UFRN)

Data da defesa: 20/08/1999

Banca Examinadora:

Dr. Walter Eugênio de Medeiros (PPGG/UFRN)

Dra. Naomi Ussami (IAG/USP)

Dr. Emanuel Ferraz Jardim de Sá (PPGG/UFRN)

**Área de concentração:** Geofísica

Linha de pesquisa: Evolução Litosférica e Processos Geodinâmicos

## Resumo

A Província Borborema, atualmente, vem sendo entendida como uma complexa faixa colisional, produto da movimentação convergente de placas, envolvendo possíveis processos de amalgamação e acreção de microplacas e terrenos, consolidados ao final do evento Brasileiro. Nesse contexto, o presente trabalho investiga possíveis limites de terrenos tectono-estratigráficos na porção setentrional da província, a partir de um estudo integrado dos dados geológicos e gravimétricos. A área estudada abrange os subdomínios da Província Borborema situados a norte do lineamento Patos, sendo limitada pelos paralelos  $1^{\circ}36'S$  e  $8^{\circ}00'S$  e meridianos  $43^{\circ}29'44''W$  e  $33^{\circ}00'W$ . A síntese do conhecimento geológico regional permitiu a identificação de regiões com feições geológicas contrastantes ou incompatíveis, invariavelmente separadas por zonas de cisalhamento brasileiras, que podem estar relacionadas à justaposição de terrenos alóctones. Dentre as zonas estudadas, a zona de cisalhamento Sobral-Pedro II (ZCSPII) é a que apresenta os melhores indícios geológicos para se caracterizar uma zona de sutura. Os dados geológicos, de modo geral, apontam para um contexto geodinâmico acrescionário, envolvendo colisões oblíquas (docagens), suturas transcorrentes / transformantes e cisalhamentos intracontinentais profundos. A gravimetria contribuiu como uma ferramenta na busca de contrastes laterais de densidade que podem ser explicados em termos de blocos crustais diferentes justapostos tectonicamente. A anomalia de grande comprimento de onda dominante no mapa Bouguer é um expressivo gradiente, que grosso modo segue a margem continental. Tal anomalia é causada pela variação de densidade através da interface crosta-manto na transição da crosta continental para oceânica, originada pela separação entre América do Sul e África. As anomalias de pequeno a médio comprimento de onda são causadas por heterogeneidades intracrustais tais como diferentes blocos crustais pré-cambrianos, granitóides brasileiros e bacias sedimentares fanerozóicas.

A superposição de padrões anômalos distintos implicou na necessidade de separar as componentes regional e residual desse mapa. Para isso foi utilizado um método de ajuste polinomial robusto. Através da inversão do campo gravimétrico residual, foi obtido um mapa de contrastes de densidade ( $\Delta\rho$ ) que forneceu um contorno mais preciso das anomalias e consolidou o modelo adotado de anomalias residuais com fontes restritas à crosta superior atual. A correlação estabelecida entre os alinhamentos gravimétricos observados no mapa residual (e seus derivados) e as direções das zonas de cisalhamento brasileiras, somada às características geológicas de cada estrutura, resultou na proposição das seguintes zonas de cisalhamento como limites de terrenos tectono-estratigráficos: Zona de Cisalhamento Patos, Zona de Cisalhamento Sobral-Pedro II, Zona de Cisalhamento Picuí - João Câmara, Zona de Cisalhamento Remígio-Pocinhos, Zona de Cisalhamento Senador Pompeu, Zona de Cisalhamento Tauá e Zona de Cisalhamento Portalegre. As três primeiras zonas desta lista, com base na avaliação integrada dos indícios geológicos e geofísicos encontrados em cada uma, são propostas com um grau de confiança maior em relação às demais. De oeste para leste, essas zonas definem os seguintes terrenos: Terreno Noroeste do Ceará, Terreno Ceará Central, Terreno Tauá, Terreno Orós - Jaguaribe, Terreno Seridó e Terreno São José do Campestre. Em comparação com divisões anteriores da Província Borborema, são descartados os terrenos Rio Piranhas e Patos, cujos limites propostos não apresentam dados geológicos ou gravimétricos que os justifiquem. Por outro lado, o Terreno Cearense anteriormente proposto foi subdividido nos terrenos Ceará Central e Tauá. Adicionalmente, o modelamento gravimétrico de dois perfis na Faixa Seridó mostrou que o campo gravimétrico residual pode ser explicado a partir dos corpos geológicos aflorantes ou subaflorantes, restritos à parte superior da crosta atual.

## **Dissertação 12**

Título: **CARACTERIZAÇÃO DE MINERAIS PESADOS AO LONGO DO RIO PIRANHAS – AÇU (RN): DISTRIBUIÇÃO E PROVENIÊNCIA. 71 P.**

Autora: **Márcia Gomes da Silva**

Orientador: Dra. Helenice Vital (PPGG/UFRN)

Data da defesa: 27/08/1999

Banca Examinadora:

Dra. Helenice Vital (PPGG/UFRN)

Dr. Teresa Cristina Medeiros de Araújo (DOcean/UFPE)

Dr. Francisco Pinheiro Lima Filho (PPGG/UFRN)

**Área de concentração:** Geodinâmica

Linha de pesquisa: Geologia Sedimentar e Marinha

### **Resumo**

Esta Dissertação trata da caracterização dos minerais pesados, sua distribuição e proveniência ao longo do rio Piranhas - Açú, desde a cidade de Parelhas (rio Seridó), até sua foz na cidade de Macau (RN). Várias espécies de minerais pesados foram identificadas no presente estudo: clinofibólitos, grupo do epidoto (epidoto, zoisita), granada, silimanita, turmalina, estaurolita, andaluzita, zircão, rutilo, augita, ilmenita, hematita e magnetita. Destes, hornblenda, epidoto, turmalina, estaurolita e zircão formam mais de 5% das assembléias de minerais pesados transparentes, e a ilmenita constitui-se no principal mineral opaco. Seis assembléias de minerais pesados foram identificadas ao longo do rio: (i) granada – hornblenda - turmalina com silimanita ao cortar rochas da Formação Seridó; (ii) hornblenda – granada - zircão ao atravessar rochas do complexo gnáissico-migmatítico Caicó; (iii) hornblenda – zircão – epidoto - estaurolita ao cortar rochas da Formação Jucurutu; (iv) hornblenda – zircão - epidoto ao atravessar a Formação Açú; (v) hornblenda – zircão - estaurolita na região do baixo rio Açú ao cortar carbonatos da Formação Jandaíra e (vi) zircão – turmalina - estaurolita na região da foz do rio Açú (coberturas cenozóicas) onde os processos costeiros atuam intensamente. Razões minerais, utilizadas para separar os efeitos provenientes das fontes daque-

les relacionados aos processos de sedimentação, permitiram examinar a influência do fracionamento hidráulico pela forma e densidade dos minerais, bem como pela decomposição química seletiva. O retrabalhamento dos sedimentos parece ter sido efetivo no selecionamento. Minerais mais equidimensionais (ex. epídoto) e minerais mais densos (ex. opacos) têm uma maior probabilidade de serem selecionados para deposição permanente durante retrabalhamento. Já a decomposição seletiva é marcante apenas na região da foz. A análise estatística multivariada permitiu a identificação dos minerais pesados mais significantes na classificação das assembléias, destacando-se epídoto, estauroлита, hornblenda, granada, rutilo e o índice ZTR (Zircão + Turmalina + Rutilo).

### **Dissertação 13**

Título: **ASPECTOS MORFO-DINÂMICOS DO COMPLEXO LAGUNAR NÍSIA FLORESTA - PAPEBA - GUARAÍRAS, REGIÃO COSTEIRA SUL ORIENTAL DO RN. 75 P.**

Autora: **Flávia Taone Lira de Melo**

Orientador: Dra. Helenice Vital (PPGG/UFRN)

Data da defesa: 13/03/2000

Banca Examinadora:

Dra. Helenice Vital (PPGG/UFRN)

Dr. George Satander de Sá Freire (DG/UFC)

Dr. Francisco Hilário Rego Bezerra (PPGG/UFRN)

**Área de concentração:** Geodinâmica

Linha de pesquisa: Geologia Sedimentar e Marinha

### **Resumo**

Esta Dissertação apresenta os resultados de uma pesquisa desenvolvida na área do complexo lagunar Nísia Floresta – Papeba - Guaraíras, litoral sul oriental do Estado do Rio Grande do Norte. Os objetivos principais foram o reconhecimento estratigráfico em detalhe dos depósitos lagunares e as relações da dinâmica costeira na sedimentação dos mesmos, e a análise morfodinâmica da área do complexo lagunar e adjacências. Para tal, adotou-se uma metodologia interdisciplinar, na qual foram associa-

dos dados de geomorfologia, morfotectônica e sedimentologia. Os estudos sedimentológicos contaram com amostragem envolvendo técnicas de testemunhagem por vibração nas referidas lagunas, utilizando-se o sistema *vibracore*. O referido complexo lagunar é constituído por um sistema de três lagunas que interagem através de dois canais artificiais, Boqueirão e Surubajá. A laguna de Guaraíras, a mais expressiva em extensão areal, corresponde à zona de estuário dos rios Trairí e Jacu. A carga sedimentar trazida por esses rios é fortemente retrabalhada pelas correntes de maré, formando uma importante trama de canais e barras arenosas no interior da laguna e próximo ao canal de ligação desta com o mar. O registro litológico na área é de idade cenozóica, estando representado pelas rochas sedimentares siliciclásticas da Formação Barreiras (arenitos diversos, argilitos e conglomerados), e por arenitos praias (*beach rocks*), bem como por sedimentos siliciclásticos associados à dinâmica fluvial (aluviões), de planície de maré (argilas e barras arenosas), e costeira (areias de praia e de dunas antigas e atuais). Dentre os aspectos geomorfológicos reconhecidos, estão os elementos ligados aos ambientes continental (bacias de drenagens dos rios Trairí, Baldum e Jacu, tabuleiro costeiro suportado pela Formação Barreiras), e transicional (complexo lagunar, campos de dunas, falésias, canais de maré e linhas de *beach rocks*). A análise morfotectônica evidencia uma estruturação afetando os sedimentos da Formação Barreiras, com dois sistemas de lineamentos principais: SW-NE e SE-NW. As anomalias na rede de drenagem estão diretamente associadas a essa trama de falhas / fraturas, as quais controlam e compartimentam os baixos cursos dos rios Trairí e Jacu e, pelo menos, parte dos cursos de seus principais afluentes. As lagunas Nísia Floresta, Papeba e Guaraíras exibem forte controle da sua morfologia segundo a direção desses lineamentos. Do ponto de vista dos depósitos lagunares, as análises sedimentológicas refletem uma distribuição de sedimentos relacionada à interação dos processos fluviais e marinhos que atuam na referida área. Os

depósitos correlatos evidenciam características texturais essencialmente microclásticas, de águas pouco profundas, e com correntes de moderada a baixa energia. De um modo geral, o complexo lagunar Nísia Floresta – Papeba - Guaraíras constitui um conjunto intimamente interligado, que sofreu importantes mudanças em tempos históricos e que se refletem até os dias atuais. Além dos fatores naturais que atuam nesse sistema, deve-se considerar ainda a intervenção antrópica, que tem se manifestado de maneira crescente nos últimos anos.

#### **Dissertação 14**

Título: **ESTUDO DA ATIVIDADE SÍSMICA EM CASCAVEL (CE) COM ESTAÇÕES SISMOGRÁFICAS DIGITAIS. 73 P.**

Autor: **Carlos da Silva Vilar**

Orientador: Dr. Joaquim Ferreira Mendes (PPGG/UFRN)

Data da defesa: 23/03/2000

Banca Examinadora:

Dr. Joaquim Ferreira Mendes (PPGG/UFRN)

Dr. Jorge Luis de Souza (ON-RJ)

Dr. Francisco Hilário Rego Bezerra (PPGG/UFRN)

**Área de concentração:** Geofísica

Linha de pesquisa: Geologia e Geofísica Aplicadas

#### **Resumo**

A região sísmica aqui estudada se localiza no município de Cascavel (CE), na borda da Bacia Potiguar, considerada uma das regiões de maior atividade sísmica do Brasil. Desde 1989 essa região vem sendo estudada instrumentalmente, tendo sido realizadas diversas campanhas com redes sismográficas. Esse trabalho é decorrente da análise de dados coletados em uma dessas campanhas, realizadas no período de 16/12/1996 a 02/04/1997. Nessa campanha foram utilizadas oito estações sismográficas digitais, objetivando a determinação de hipocentros e de mecanismos focais. Na determinação hipocentral foi utilizado o programa HYPO71, assumindo-se um modelo de semiespaço, com os parâmetros  $V_p$  e  $V_p/$

Vs respectivamente de 5,68 km/s e 1,63. Os eventos registrados em todas as oito estações, num total de 21, formam uma zona ativa de aproximadamente 1 km de extensão e profundidade variando de 4,5 a 6,1 km. Para um subconjunto de 15 sismos foi determinado um plano de falhas a partir dos hipocentros, obtendo-se os valores de  $133^\circ$  para azimute e  $85^\circ$  para o mergulho. A determinação do mecanismo focal composto, realizada com o auxílio do programa FPFIT, resultou em dois mecanismos quase idênticos: direção NW-SE, com movimento transcorrente sinistrógiro e uma pequena componente normal. A diferença entre o eixo P e o vetor estimado de  $S_{Hm\acute{a}x}$  pra a região foi de 36.

### **Dissertação 15**

Título: **PETROLOGIA DO MAGMATISMO TARDI-BRASILIANO NO MACIÇO SÃO JOSÉ DE CAMPESTRE (RN/PB), COM ÊNFASE NO PLÚTON ALCALINO CAXEXA. 164 P.**

Autor: **Marcos Antonio Leite do Nascimento**

Orientador: Dr. Zorano Sérgio de Souza (PPGG/UFRN)

Co-Orientador: Dr. Antonio Carlos Galindo (PPGG/UFRN)

Data da defesa: 24/03/2000

Banca Examinadora:

Dr. Zorano Sérgio de Souza (PPGG/UFRN)

Dr. Jaziel Martins Sá (PPGG/UFRN)

Dr. Herbet Conceição (IGEO/UFBA)

**Área de concentração:** Geodinâmica

Linha de pesquisa: Evolução Litosférica e Processos Geodinâmicos

### **Resumo**

A área estudada localiza-se na porção sul do Maciço São José de Campestre (MSJC). Relações de campo e dados petrográficos, geoquímicos e isotópicos permitiram individualizar cinco suítes plutônicas: álcali-feldspato granito (plúton Caxexa), anfibólio-biotita granito (plúton Cabeçudo), biotita microgranito, gabronorito a monzonito (Suíte Básica a Intermediária) e granitóide aluminoso. O plúton Caxexa está alojado entre ortognaisses e micaxistos, correspondendo a uma intrusão sintectô-

nica de direção N-S, com cerca de 50 km<sup>2</sup>. É formado por álcali-feldspato granito, com albita, microclina e quartzo, além dos acessórios aegirina-augita ou hedenbergita, andradita, titanita e magnetita. Quimicamente, são rochas alcalinas de alta sílica (>70%), metaluminosas a fracamente peraluminosas, com altos conteúdos de Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O (>10%) e Sr, e anomalia positiva de Eu. O plúton Cabeçudo compõe-se de rochas com textura porfirítica, contendo enclaves magmáticos básicos a intermediários. Contém fenocristais de K-feldspato, plagioclásio e quartzo, além de anfibólio, biotita, titanita e magnetita. Quimicamente, são metaluminosas e possuem afinidade com rochas transicionais cálcio-alcalinas e alcalinas (subalcalinas monzoníticas). Possuem anomalia negativa de Eu e conteúdos de ETRL e ETRP mais elevados do que o plúton Caxexa. Os microgranitos ocorrem como diques e soleiras nos ortognaisses e micaxistos. São biotita granitos, com anfibólio, titanita, alanita, opacos e zircão como acessórios. Quimicamente, diferem das rochas porfiríticas por serem peraluminosas, mais evoluídas, e terem espectros de ETR mais fracionados. A suíte básica a intermediária ocorre como um corpo elíptico de direção NE-SW. São gabronoritos a monzonitos, com dois piroxênios, biotita, além de anfibólio, titanita, ilmenita e alanita. Mostram um comportamento químico transicional entre séries cálcio-alcalinas e alcalinas (shoshoníticas). Possuem anomalia negativa de Eu menos pronunciada e conteúdos de ETR maiores do que as suítes anteriores. Os granitóides aluminosos são volumetricamente restritos, derivados da fusão parcial de micaxistos que bordejam a suíte básica a intermediária. Biotita, granada, andaluzita e muscovita são os principais minerais. Dados isotópicos indicam uma idade mínima de cristalização (isócrona interna Sm-Nd) de 578 ± 14 Ma e de resfriamento (isócrona Rb-Sr em rocha total) de 536 ± 4 Ma para o plúton Caxexa. O granitóide aluminoso apresenta uma isócrona interna Sm-Nd de 574 ± 67 Ma. O geotermômetro de anfibólio-plagioclásio e geobarômetro do Al em anfibólio sugerem condições P-T mínimas de 730-760°C e 5-7 kbar

para as suítes estudadas. A fugacidade de oxigênio estimada é moderada a elevada, corroborada pela presença de magnetita e ilmenita nessas suítes. O conjunto de dados de campo, composições litogeoquímicas de elementos maiores, menores, traços e ETR, bem como ensaios preliminares de modelos de gênese e evolução petrológica sugerem um contexto tardi- ou pos-colisional com respeito a orogênese brasileira para a geração e colocação das suítes estudadas. O confronto de  $\epsilon_{Nd}$  (600 Ma), idades modelos e razões isotópicas de Sr não permitem definir com precisão quais os tipos de fontes envolvidas na gênese dos magmas pesquisados (à exceção óbvia do granitóide aluminoso). Todavia, para o plúton Caxexa e a suíte gabro - monzonítica, admite-se uma origem com participação provável do manto metassomatizado (enriquecido em ETRL, Ba, Sr, Zr), possivelmente com certo grau de contaminação com material da crosta continental.

### **Dissertação 16**

Título: **ESTRUTURAS DE ACUMULAÇÃO DE ÁGUA EM ROCHAS CRISTALINAS: ESTUDO GEOFÍSICO DE CASOS NO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE. 92 P.**

Autor: **Jesimael Avelino da Silva**

Orientador: Dr. Walter Eugênio de Medeiros (PPGG/UFRN)

Data da defesa: 13/04/2000

Banca Examinadora:

Dr. Walter Eugênio de Medeiros (PPGG/UFRN)

Dr. Olivar Antônio Lima de Lima (IGEO/UFBA)

Dr. José Wilson de Paiva Macedo (PPPG/UFRN)

**Área de concentração:** Geofísica

Linha de pesquisa: Geologia e Geofísica Aplicadas

### **Resumo**

O Estado do Rio Grande do Norte apresenta extensas áreas onde se sobrepõem clima semi-árido e terrenos cristalinos. Algumas destas áreas apresentam cobertura relativamente espessa de solo, o que dificulta ainda mais os trabalhos de locação de poços para extração de água subterrânea pelo método tradicional, que é baseado na análise de fotografias aé-

reas e geologia de superfície. Esse conjunto de fatos faz com que o índice de insucesso das locações seja da ordem de 30%. Este trabalho descreve os resultados de estudos estruturais e geofísicos, realizados em três localidades do estado, com o objetivo de caracterizar as estruturas acumuladoras de água subterrânea no cristalino, de modo a compor uma base interpretativa que permita aumentar o índice de sucesso das locações de poços. Os trabalhos estruturais envolveram a coleta de dados de fraturas e foliações e os trabalhos de geofísica estão baseados em dados de eletro-resistividade, potencial espontâneo e VLF (*Very Low Frequency*). A interpretação integrada dos dados estruturais e geofísicos evidenciou que o modelo riacho-fenda não se constitui no modelo único de acumulação de água no cristalino. Constatou-se a existência de outra estrutura, muito promissora ao acúmulo de água nestes terrenos, a qual foi denominada de calha elúvio-aluvionar. As estruturas riacho-fenda e calha apresentam características bem distintas e, portanto, os critérios de locação em cada estrutura são bastante diferentes. Na estrutura do tipo riacho-fenda ocorre a coincidência do riacho com a zona de fratura ou com as suas bordas. As direções das fraturas coletadas em afloramentos são consistentes com a direção do riacho. Além disso, tem-se a correlação de anomalias geofísicas de um perfil a outro, delimitando a zona fraturada e a sua direção. Por outro lado, o modelo calha, proposto neste trabalho, representa uma estrutura de acumulação de aluvião e/ou regolito. Os perfis geofísicos, principalmente as seções de resistividade aparente, delimitam muito bem as bordas da estrutura e fornecem uma boa indicação da topografia do topo do cristalino sobre o qual estão acumulados os sedimentos. As anomalias geofísicas detectadas no centro da estrutura calha não apresentam continuidade de um perfil para o outro, mas ocorre boa correlação das anomalias provocadas pela borda da estrutura. A implantação da estrutura calha é fortemente condicionada pela foliação da rocha: a maior dimensão da estrutura calha é paralela à direção da foliação e a forma e mergulho das

bordas da calha são controlados pelo mergulho da foliação. No caso das locações em que seja válido o modelo riacho-fenda, a utilização do VLF oferece excelente resposta tanto em relação à localização da zona fraturada quanto na determinação da direção do seu eixo de prolongamento. Por outro lado, no caso de locações em que seja válido o modelo calha, o método de eletro-resistividade, em especial a técnica da seção de resistividade aparente, proporciona a delimitação das bordas da estrutura, bem como revela os locais da calha que apresentam maior espessura de aluvião e/ou regolito.

### **Dissertação 17**

Título: **AEROMAGNETOMETRIA E SENSORIAMENTO REMOTO DA FAIXA SERIDÓ/RN: IMPLICAÇÕES EM TECTÔNICA E EM CONTROLE DE DEPÓSITOS. 119 P.**

Autor: **Maurício Goes de Souza**

Orientador: Dr. Venerando Eustáquo Amaro (PPGG/UFRN)

Co-Orientador: Dr. Fernando César Alves da Silva (PPGG/UFBA)

Data da defesa: 19/04/2000

Banca Examinadora:

Dr. Venerando Eustáquo Amaro (PPGG/UFRN)

Dr. Adedir José Strieder (CDT/UFPel)

Dr. Walter Eugênio de Medeiros (PPPG/UFBA)

**Área de concentração:** Geodinâmica

Linha de pesquisa: Geologia e Geofísica Aplicadas

### **Resumo**

Esta Dissertação trata de aspectos estruturais analisados a partir de mapas aeromagnéticos, imagens Landsat 5 TM e fotografias aéreas, essas últimas destinadas à caracterização estrutural do âmbito regional de algumas ocorrências de ouro localizadas na porção central da Faixa Seridó (RN). Foram trabalhadas duas áreas, selecionadas em função das ocorrências de ouro. Na área I, o depósito de Serra dos Rodrigues e os garimpos de Simpático e Porta da Serra estão condicionados à estruturação  $D_2$ , de direção NNW relacionada à tectônica tangencial transamazônica,

enquanto na área II a Mina São Francisco apresenta-se diretamente vinculada a zona de cisalhamento de direção NNW nucleada em resposta à deformação contracional  $D_3$  de idade brasileira. Os resultados revelam que o processo de mineralização de ouro ocorreu em diferentes fases da evolução tectonometamórfica da Faixa Seridó. A partir de combinações coloridas de imagens de satélite Landsat 5 TM no sistema RGB, foram identificadas diferentes respostas espectrais para rochas do mesmo domínio litológicos nas duas áreas estudadas. Admitimos que essa diferença é causada por rochas que venham apresentar diferentes graus metamórficos. Para a área I, o incremento metamórfico ocorreu em função da colocação do plúton granitóide  $G_3$ . Para a Área II esse efeito é provocado por processo de soerguimento, expondo rochas de níveis crustais mais profundos. Do ponto de vista aeromagnético, a Faixa Seridó é marcada por dois grandes domínios magnéticos, denominados de  $D_1$  e  $D_2$ , definidos a partir do mapa de campo total. O domínio  $D_1$  reflete estruturas associadas ao arcabouço estrutural neoproterozóico, caracterizada por magnetização positiva e por grandes alinhamentos magnéticos, correlatos às zonas de cisalhamento Patos, Remígio-Pocinhos e Picuí - João Câmara, dentre outras. Neste domínio destacam-se duas fortes anomalias: AASL (anomalia aeromagnética de Santa Luzia) e AAS (anomalia aeromagnética de Soledade). Essas anomalias estão inseridas em segmentos de rochas de alto grau metamórfico, com sua geometria condicionada ao arcabouço estrutural brasileiro. O domínio  $D_2$  é marcado predominantemente por magnetização negativa, associada possivelmente a processos de soerguimento decorridos desde o mesozóico com a instalação do rifte da Bacia Potiguar até os dias de hoje. Expressiva anomalia AAAB (anomalia aeromagnética de Afonso Bezerra) é caracterizada por magnetização positiva com diâmetro de aproximadamente 40 km, representando o registro mais recente de atividades terminais na região, provocada provavelmente por uma pluma magnética. A correlação entre os lineamentos magnéti-

cos (LM1 e LM2), identificados predominantemente no mapa aeromagnético de primeira derivada, com lineamentos estruturais formadas em diferentes regimes de deformação mostrou uma associação direta entre os lineamentos LM1 com zonas de cisalhamento dúcteis neoproterozóicas e os lineamentos LM2 com estruturas frágeis da crosta. A partir de perfis geológicos - geofísicos de mapas de campo total e da amplitude do sinal analítico foi possível a determinação das assinaturas magnéticas das principais zonas de cisalhamento brasileiras, onde grande parte apresenta associação com baixos valores de magnetização, com exceção do cisalhamento Picuí - João Câmara, caracterizadas por altos valores de magnetização. De acordo com o padrão das anomalias e dos domínios magnéticos, bem como a correlação dos lineamentos LM1 e LM2 com arcabouço estrutural da região, conclui-se que o levantamento aeromagnético da Faixa Seridó registra feições associadas a diferentes épocas da evolução tectônica da área, desde o brasileiro até o recente.

### **Dissertação 18**

Título: **ESTUDO GEOQUÍMICO E ISOTÓPICO EM ZONAS DE CISALHAMENTO MINERALIZADAS EM OURO E SCHEELITA NA FAIXA SERIDÓ E SUAS RELAÇÕES COM AS ROCHAS ENCAIXANTES. 125 P.**

Autor: **Ivaldo Rodrigues da Trindade**

Orientador: Dr. Jaziel Martins Sá (PPGG/UFRN)

Co-Orientador: Dra. Maria Helena de Freitas Macedo (PPGG/UFBA)

Data da defesa: 31/05/2000

Banca Examinadora:

Dr. Jaziel Martins Sá (PPGG/UFRN)

Dra. Maria Helena de Freitas Macedo (PPGG/UFRN)

Dr. Joaquim Raul Ferreira Torquato (NUTEC/CE)

**Área de concentração:** Geodinâmica

Linha de pesquisa: Evolução Litosférica e Processos Geodinâmicos

### **Resumo**

As mineralizações estudadas estão inseridas na Faixa de Dobramento Seridó. A mineralização scheelitífera de Brejuí está hospedada em ro-

chas calciossilicáticas da Formação Jucurutu. A mineralização aurífera de São Francisco tem como hospedeiros micaxistos da Formação Seridó, enquanto que as mineralizações de Ponta da Serra e da Fazenda Simpático estão hospedadas em ortogneisses do embasamento desta faixa de dobramentos. Grande parte das mineralizações de ouro está associada a zonas de cisalhamento que funcionam como conduto para a circulação de um grande volume de fluidos, que interagem com as rochas hospedeiras provocando lixiviação ou precipitação de elementos químicos, incluindo o ouro. Estas foram algumas das principais características observadas nas mineralizações aqui estudadas. A pesquisa realizada nas mineralizações de ouro teve a finalidade de integrar os dados do comportamento de elementos químicos durante o evento cisalhante / mineralizante e sua influência nos sistemas isotópicos Rb-Sr e Sm-Nd. Os estudos de mobilidade química mostraram que elementos que durante o cisalhamento de uma forma geral apresentaram um comportamento imóvel foram Al, Ti, e Zr. Dentre os elementos que foram mobilizados durante o evento, K e Rb mostraram ganho de massa em todas as faixas de rochas transformadas, enquanto que Ca, Na e Sr normalmente perderam massa. Os elementos Sm e Nd na mineralização de São Francisco se comportaram como imóveis e em Ponta da Serra e Fazenda Simpático sofreram perda de massa. Os estudos petrográficos mostraram que biotita e plagioclásio, em todas as mineralizações estudadas, tiveram papel importante nas reações químicas ocorridas nas rochas transformadas para a geração de muscovita, cordierita e silimanita, justificando a entrada de K para formação da muscovita e a liberação de Na e Ca do plagioclásio para a fase fluida. Na mineralização aurífera de São Francisco, os resultados das análises isotópicas de Rb e Sr forneceram idades de  $645 \pm 19$  Ma e de  $596 \pm 17$  Ma com amostras das rochas originais e transformadas juntas. Duas idades,  $569 \pm 20$  Ma e  $554 \pm 19$  Ma, foram obtidas com as amostras do domínio das rochas transformadas. Estas idades são sugestivas de que houve dois pulsos me-

tamórficos durante a instalação da zona de cisalhamento mineralizada. Os dados Sm-Nd forneceram idades modelo  $T_{DM}$  de 1,31 Ga e de 1,26 Ga com  $\epsilon_{Nd}$  (0,6 Ga) de -0,26 e -0,40 respectivamente para a rocha original e transformada final. Para os ortognaisses do Complexo Caicó, casos das mineralizações Ponta da Serra e Fazenda Simpático, os dados Rb-Sr não forneceram idades com significado geológico. Na mineralização de Ponta da Serra, os dados isotópicos Sm-Nd forneceram idades  $T_{DM}$  de 2,56 Ga e 2,63 Ga para as rochas originais e de 2,71 Ga para a rocha cisalhada, mineralizada, e valores de  $\epsilon_{Nd}$  (2,0 Ga) entre -3,70 e -5,42 para rocha original e cisalhada respectivamente. Na Fazenda Simpático os dados de Sm-Nd forneceram idades  $T_{DM}$  entre 2,65 e 2,69 Ga com valores de  $\epsilon_{Nd}$  (2,0 Ga) entre -5,25 e -5,52. Quanto aos dados Sm-Nd, as idades  $T_{DM}$  podem ser admitidas como a idade de extração do magma parental formador dos protólitos dos ortognaisses das mineralizações Ponta da Serra e da Fazenda Simpático. Os valores de  $\epsilon_{Nd}$  baixos e negativos sugerem uma fonte crustal, ou a participação de duas fontes (manto-crosta). Os estudos de mobilidade química mostraram que nas mineralizações hospedadas no embasamento, o Rb ganhou massa enquanto o Sr perdeu massa e tanto o Sm quanto o Nd foram fortemente mobilizados. As razões Sm/Nd entretanto se mantiveram constantes, confirmando o caráter isoquímico destes elementos. Nas mineralizações do embasamento, idades pelo método Rb-Sr são desprovidas de significado geológico, em função da abertura parcial do sistema isotópico durante as transformações tectonometamórficas. Na mineralização scheelitífera foi realizado um estudo geocronológico Sm-Nd com o intuito de se obter as idades das paragêneses formadas durante os eventos hidrotermais sofridos pelas rochas calciossilicáticas mineralizadas. O diagrama Sm-Nd, construído com os dados de rocha total e paragênese de alta temperatura (granada, diopsídio e hornblenda ferro-pargasítica), forneceu uma idade de  $631 \pm 24$  Ma, e com os dados de rocha total e paragênese de baixa temperatura (vesuvianita, epídoto e

calcita), foi obtida uma idade de  $537 \pm 107$  Ma. Estas idades associadas com as observações petrográficas sugerem que houve um lapso de tempo entre os eventos hidrotermais responsáveis pelas formações das paragêneses de alta e de baixa temperatura nas rochas calciossilicáticas mineralizadas em scheelita.

### **Dissertação 19**

Título: **CORRELAÇÃO ENTRE CONTEXTO MORFOESTRUTURAL E SISMICIDADE NAS REGIÕES DE JOÃO CÂMARA E SÃO RAFAEL (RN). 80 p.**

Autor: **Cristiano de Andrade Amaral**

Orientador: Dr. Francisco Hilário Rego Bezerra (PPGG/UFRN)

Co-Orientador: Dr. Venerando Eustáquio Amaro (PPGG/UFRN)

Data da defesa: 30/06/2000

Banca Examinadora:

Dr. Francisco Hilário Rego Bezerra (PPGG/UFRN)

Dr. Francisco José Fonseca Ferreira (LPGA/UFPR)

Dr. Venerando Eustáquio Amaro (PPGG/UFRN)

**Área de concentração:** Geofísica

Linha de pesquisa: Evolução Litosférica e Processos Geodinâmicos

### **Resumo**

Esta Dissertação descreve a deformação rúptil em duas zonas sísmicas no Nordeste do Brasil: João Câmara e São Rafael, Estado do Rio Grande do Norte. Ambas as áreas mostram falhas sismogênicas, Samambaia e São Rafael, indicadas por zonas estreitas de epicentros com direção N40°E, comprimentos de 30 km e 4 km, e profundidades de 1-12 km e 0,5-4 km, respectivamente. Os primeiros estudos sismológicos e geológicos realizados nestas áreas sugeriram tratar-se de falhas cegas ou ainda em processo de nucleação. A região se encontra sob regime de compressão com direção aproximadamente E-W e é formada por um embasamento cristalino deformado por um ou mais ciclos orogênicos, que geraram zonas de cisalhamento marcadas por foliação forte e penetrativa e formas sigmoidais. O embasamento cristalino é recoberto pela Bacia Potiguar,

de idade cretácea, que também é capeada por sedimentos continentais siliciclásticos da Formação Barreiras e aluviões quaternários. O principal objetivo do presente trabalho foi mapear as áreas epicentrais e descobrir se as mesmas apresentavam alguma feição geológica ou morfotectônica relacionada às falhas sismogênicas. Mapas geológicos de detalhe foram feitos em ambas as áreas com o objetivo de identificar estruturas rúpteis e feições de drenagens ou topográficas relacionadas com falhamentos. Evidências geológicas e morfotectônicas indicaram que ambas as falhas sismogênicas ocorreram em estruturas pré-existentes. As falhas cortam rochas cenozóicas ou mostram expressão topográfica relacionada a altos / baixos de relevo e canais alinhados de rios. As rochas de falha nas falhas de Samambaia e São Rafael são cataclasitos, brechas de falha, *gouge*, pseudotaquilito e veios de quartzo e calcedônia, que apontam para processos de reativação em diferentes níveis crustais. A idade da primeira movimentação das falhas de Samambaia e São Rafael possivelmente varia entre o final do pré-Cambriano e o final do Cretáceo. Ambas as falhas cortam a trama pré-cambriana e mostram evidências de processos frágeis que ocorreram entre 4 e 12 km de profundidade, os quais provavelmente não aconteceram durante o Cenozóico. Os resultados são de grande importância para o risco sísmico regional. Eles indicam que as falhas mapeadas pelo presente trabalho são mais longas que as falhas descritas pelos estudos sismológicos. A metodologia utilizada pelo presente estudo pode ter grande aplicação em outras áreas sismogênicas intraplaca.

## **Dissertação 20**

Título: **AS RELAÇÕES ENTRE TECTONISMO E SEQÜÊNCIAS DEPOSICIONAIS NO RIFTE POTIGUAR - PORÇÃO SW DO GRABEN DE UMBUZEIRO, BACIA POTIGUAR EMERSA. 128 P.**

Autor: **Ubiraci Manoel Soares**

Orientador: Dr. Renato Marcos Darros de Matos (PPGG/UFRN)

Data da defesa: 31/08/2000

Banca Examinadora:

Dr. Renato Marcos Darros de Matos (PPGG/UFRN)

Dr. Nilo Chagas de Azambuja (CENPES/PETROBRAS)

Dr. Francisco Pinheiro Lima Filho (PPGG/UFRN)

**Área de concentração:** Geodinâmica

Linha de pesquisa: Geologia e Geofísica do Petróleo

## Resumo

A partir da integração de dados lito-, bio- e sismoestratigráficos, paleoclimáticos e geoquímicos ( $\delta^{18}\text{O}$ ), e utilizando os conceitos da estratigrafia de seqüências, bem como das técnicas de modelagem estratigráfica e descarregamento sedimentar, foi possível diferenciar os efeitos tectônicos e climáticos na sedimentação de um rifte continental. A seção estudada compreende o intervalo neoValanginiano-eoBarremiano (Cretáceo inferior) da Formação Pendência, na porção SW do *graben* de Umbuzeiro, Bacia Potiguar emergsa, constituídos predominantemente por depósitos deltáicos e lacustrinos. A análise da arquitetura deposicional do intervalo de estudo através de seções sísmicas e perfis elétricos de poços da área, permite interpretar dois grandes intervalos regressivos (Seqüências Verde e Amarela), separados por um nível transgressivo (Seqüência Laranja) de expressão regional, conhecido como “Folhelho Livramento”. No geral, a evolução do intervalo de estudo compreende duas fases de maior atividade tectônica durante a deposição das Seqüências Verde e Amarela, separadas por um período de quiescência durante a deposição da Seqüência Laranja. Os dois períodos de maior atividade tectônica mostram uma evolução paleoclimática com tendência de aridez em direção ao topo do intervalo (lago cada vez mais raso), enquanto o período de quiescência registra uma tendência de condições cada vez mais úmidas. A simulação de modelos estratigráficos (programa STRATA versão 2.14), bem como a utilização da técnica de descarregamento sedimentar (programa BASS versão 1.0), foi de grande utilidade para um melhor entendimento da evolução tectonosedimentar da área de estudo, permitindo uma maior segurança na separação dos efeitos tectônicos e climáticos no registro estratigráfico das seqüências deposicionais.

## **Dissertação 21**

**Título: DOIS TESTES DE IMAGEAMENTO COM GPR EM PROBLEMAS DE CONTROLE AMBIENTAL EM REGIÕES TROPICAIS: MIGRAÇÃO DE DUNAS E LOCALIZAÇÃO DE DUTOS DE ÓLEO ENTERRADOS. 86 P.**

**Autor: Josibel Gomes de Oliveira Júnior**

Orientador: Dr. Walter Eugênio de Medeiros (PPGG/UFRN)

Co-Orientadora: Dra. Helenice Vital (PPGG/UFRN)

Data da defesa: 21/02/2001

Banca Examinadora:

Dr. Walter Eugênio de Medeiros (PPGG/UFRN)

Dra. Helenice Vital (PPGG/UFRN)

Dr. Antonio Abel González Carrasquilla (LEEP/UENF)

**Área de concentração:** Geofísica

Linha de pesquisa: Geologia e Geofísica Aplicadas

### **Resumo**

O principal objetivo deste trabalho é testar o método GPR (*Ground Penetrating Radar*) em ambientes com clima tropical. Desta forma, foram escolhidas duas localidades distintas que apresentam problemas considerados padrões para a aplicação de GPR. A natureza não invasiva deste método, aliada ao baixo custo, rapidez e facilidade de operação, torna-o adequado para os trabalhos aqui propostos. A primeira localidade está situada no município de São Bento do Norte (RN) e o problema relacionado a ela consiste na caracterização de estruturas internas de dunas. Seções de GPR com antena de 400 Mhz foram levantadas nas direções E-W, N-S, NE-SW e SE-NW. Estes perfis interceptaram-se no topo da duna e possibilitaram estabelecer relações entre a sua estrutura interna e a sua direção de migração, associada ao vento dominante na área. Foi possível identificar também contatos laterais entre dunas de diferentes gerações, assim como *bounding surfaces*, nível freático e mergulho de camadas. Na segunda localidade, de nome Estreito (próximo ao município de Carnau-

bais - RN), foram levantadas seções de GPR com antenas de 200 Mhz e 400 Mhz para detectar dutos antigos de petróleo enterrados em uma área agricultável. Os perfis de GPR foram realizados perpendicularmente à suposta direção dos dutos e, da sua interpretação, determinou-se a posição de seis oleodutos de diferentes diâmetros (quatro polegadas, 10 polegadas e 16 polegadas) enterrados, cujas posições exatas eram desconhecidas, assim como a profundidade em que estes se encontravam (variando de 1,2 m a 1,5 m). No tratamento dos dados foi adotado um processamento semelhante àqueles utilizado nos métodos sísmicos (ajuste do tempo zero, ganho, migração, correção topográfica, *dewow*, deconvolução e filtros passa-banda). Este processamento permitiu estabelecer relações entre os refletores contidos nas seções de GPR e estruturas geológicas (ou não) presentes nos ambientes. A correção topográfica possibilitou identificar com precisão estruturas planas (como o nível freático), ao passo que a migração dos dados proporcionou a exata posição dos dutos.

## **Dissertação 22**

Título: **TECTÔNICA RÚPTIL E SISMICIDADE NA ÁREA DE INUNDAÇÃO DO AÇUDE DO CASTANHÃO (CE): IMPLICAÇÕES PARA O RISCO SÍSMICO. 96 P.**

Autor: **Luciano Formiga Camarão Júnior**

Orientador: Dr. Francisco Hilário Rego Bezerra (PPGG/UFRN)

Co-Orientador: Dr. Joaquim Mendes Ferreira (PPGG/UFRN)

Data da defesa: 21/02/2001

Banca Examinadora:

Dr. Francisco Hilário Rego Bezerra (PPGG/UFRN)

Dr. Cláudio Coelho de Lima (CENPES/PETROBRAS)

Dr. Fernando César Alves da Silva (PPGG/UFRN)

**Área de concentração:** Geodinâmica

Linha de pesquisa: Geologia e Geofísica Aplicadas

## **Resumo**

O presente estudo descreve os aspectos deformacionais frágeis e a sismicidade na região que será inundada pelo reservatório do Açude do

Castanhão, porção leste do Estado do Ceará. O lago artificial terá a capacidade para armazenar em torno de 6,7 bilhões de m<sup>3</sup> de água. Também é planejada a instalação de uma usina hidroelétrica de pequeno porte. Cinco principais unidades litoestratigráficas foram identificadas na região: complexo gnáissico-migmatítico, seqüência metavulcanosedimentar, granitóides brasileiros, enxame de diques basálticos mesozóicos, e terraços fluviais do rio Jaguaribe. As falhas indicam a presença de sucessivos eventos de reativação em níveis crustais diferentes. As falhas de nível crustal profundo (até 12 km) apresentam uma cinemática transcorrente e são associadas com preenchimento de epídoto ou quartzo. As falhas de nível crustal intermediário a raso (até 7 km), são principalmente transcorrentes, estando associadas a cataclasito, brecha e *gouge* de falha. Ambos os grupos de falhas apresentam direções principais NE, que pode representar a reativação de zonas de cisalhamento dúcteis ou a existência de eventos frágeis cenozóicos. Na área existem várias evidências de sismos, estruturas geológicas geradas por paleossismos, em níveis conglomeráticos nos terraços fluviais do Rio Jaguaribe, que indicam a ocorrência de sismos com magnitude 6,8 M<sub>s</sub>, no mínimo. Assim sendo, a região que será inundada pelo açude do Castanhão, e sua circunvizinhança, no decorrer do tempo já foi atingida por inúmeros abalos sísmicos. Têm-se registros históricos, instrumentais e geológicos claros destas atividades. Com base nestas informações, pode-se afirmar que a região é predisposta a ser afetada por tremores de terra. Mas isto não significa que a obra do Açude do Castanhão futuramente poderá ser atingida ou danificada por algum abalo que venha a ocorrer, pois a construção está preparada para resistir, no mínimo, aos maiores abalos sísmicos já registrados até o presente momento na região.

### **Dissertação 23**

Título: **EVOLUÇÃO GEOMORFOLÓGICA, (DES)CARACTERIZAÇÃO E FORMAS DE USO DAS LAGOAS DA CIDADE DO NATAL - RN. 100 P.**

Autora: **Tásia Hortência de Lima Medeiros**

Orientador: Dr. Ricardo Farias do Amaral (PPGG/UFRN)

Data da defesa: 02/03/2001

Banca Examinadora:

Dr. Ricardo Farias do Amaral (PPGG/UFRN)

Dr. Giovanni de Farias Seabra (CCEN/UFPB)

Dra. Helenice Vital (PPGG/UFRN)

**Área de concentração:** Geodinâmica

Linha de pesquisa: Geologia Sedimentar e Marinha

## **Resumo**

O presente estudo objetiva identificar e compreender as transformações geomorfológicas ocorridas nas lagoas naturais existentes e desaparecidas na cidade do Natal, durante a ocupação urbana, considerando a importância e o equilíbrio do ecossistema lacustre no meio ambiente local. Foram utilizadas fotografias aéreas de 1970, imagens de satélite SPOT de 1996, cartas topográficas de 1978 (escala 1:2000), mapa do município do Natal de 1956 (escala 1:10.000), planta do Forte do Rio Grande e arredores de 1633, observações *in loco* e conversas informais com moradores das áreas do entorno das lagoas. As cartas topográficas foram digitalizadas e com os dados obtidos foram construídos modelos digitais de elevações das áreas das lagoas e da cidade do Natal. Constatou-se que, em decorrência da expansão urbana, as lagoas perderam as características de natureza primitiva e ganharam outras de natureza transformada, substituindo a cobertura vegetal natural pela arborização urbana, o solo pela cobertura de asfaltos, e os riachos por galerias de águas pluviais sintetizando, assim, os novos aspectos da geomorfologia urbana. O entorno das lagoas foi ocupado por praças, prédios públicos e particulares, causando degradações consideráveis nas lagoas da Campina, Nova, Seca, Jacob, Manuel Felipe e nas do conjunto habitacional Pirangi / Jiqui, agravadas, substancialmente, no período chuvoso. Estas lagoas naturais foram classificadas como lagoas do conjunto habitacional Pirangi / Jiqui, lagoas associadas ao sistema Lagoinha, lagoas associadas ao sistema estuário Potengi / Jun-

diaí, lagoas associadas ao sistema rio Doce e lagoas artificiais (recepção e estabilização). Morfologicamente, as lagoas se apresentam como depressões interdunares, com formas semicirculares e alongadas na direção preferencial dos ventos, com dependência das precipitações pluviométricas e do suprimento d'água do aquífero Dunas / Barreiras. Este aflora nas áreas mais baixas, onde ocorrem substratos correlacionados aos sedimentos da Formação Barreiras recobertos por aluviões lacustres. O aterramento das lagoas impôs mudanças consideráveis à geomorfologia local, provocando transformações à paisagem natural. O maior problema do aterramento das lagoas foi à transferência da drenagem urbana da cidade. Propõe-se a realização de estudos geológicos / geomorfológicos relativos ao uso e ocupação do solo urbano.

#### **Dissertação 24**

**Título: CARTOGRAFIA TEMPORAL E ANÁLISE GEOAMBIENTAL DA DINÂMICA DA FOZ DO RIO PIRANHAS - AÇU, REGIÃO DE MACAU - RN, COM BASE EM IMAGENS LANDSAT 5-TM. 88 P.**

**Autor: Adriano de Lima Alves**

Orientador: Dr. Venerando Eustáquio Amaro (PPGG/UFRN)

Co-Orientadora: Dra. Helenice Vital (PPGG/UFRN)

Data da defesa: 24/04/2001

Banca Examinadora:

Dr. Venerando Eustáquio Amaro (PPGG/UFRN)

Dr. Carlos Augusto Ramos e Silva (DOL/UFRN)

Dra. Lúcia Maria Mafra Valença (CTG/UFPE)

Dra. Helenice Vital (PPGG/UFRN)

**Área de concentração:** Geodinâmica

Linha de pesquisa: Geologia Ambiental

#### **Resumo**

Este trabalho trata da aplicação dos dados das imagens digitais Landsat 5-TM, dos períodos de 02/08/1989 a 22/09/1998, na cartografia temporal e análise geoambiental da dinâmica da Foz do rio Piranhas - Açú, na região de Macau (RN). Essas imagens, após serem submetidas a diversas

técnicas de processamento digital (composição colorida em RGB, razão entre bandas, análise por principais componentes, métodos de índices, entre outros) proporcionaram a geração de diversos produtos imagem e de mapas multitemporais da morfodinâmica costeira da área de estudo. Por meio dos produtos imagem foi possível realizar a identificação e caracterização dos principais elementos de interesse contidos na superfície da área estudada (vegetação, solo, geologia e água), associando as características espectrais destes àquelas apresentadas nos produtos imagem resultantes dos processamentos digitais. Desta forma foi possível definir os diferentes tipos de solos: Amd, AQd6, SK1 e LVe4; agrupamentos de vegetação: caatinga arbustivo-arbórea aberta, caatinga arbustivo-arbórea fechada, caatinga arbórea fechada, vegetação de mangue, vegetação de dunas e áreas constituídas predominantemente por juremas; unidades geológicas: unidades quaternárias - sedimentos quartzo-arenosos de praias, restingas, pisos de dunas, ilha barreira, dunas móveis, dunas fixas, aluviões, planícies de maré e de inundação, fácies arenosa da Formação Potengi; unidades terciário-quaternárias - Formação Barreiras agrupada às fácies argilosas dos sedimentos terciários da Formação Potengi, sedimentos da Formação Tibau agrupados aos basaltos e diabásios terciários da Formação Macau; unidade cretácea - Formação Jandaíra; além de identificar o limite terra / mar, áreas submersas rasas e sedimentos em suspensão. Os mapas multitemporais da morfodinâmica costeira permitiram a identificação e uma avaliação semi-quantitativa das regiões que foram submetidas a processos erosivos e construtivos nessa última década. Essa avaliação semi-quantitativa associada à caracterização geoambiental da área estudada, representam, desta forma, importantes dados para elaboração de medidas que possam minimizar os possíveis/prováveis impactos a serem causados com a implantação do Pólo Gás-Sal e para o monitoramento das áreas de exploração das indústrias do petróleo e do sal.

## Dissertação 25

Título: **GEOLOGIA E PALEONTOLOGIA DE DEPÓSITOS FOSSILÍFEROS PLEISTOCÊNICOS DO RIO GRANDE DO NORTE. 70 P.**

Autora: **Maria de Fátima Cavalcante Ferreira dos Santos**

Orientador: Dr. Francisco Pinheiro Lima Filho (PPGG/UFRN)

Co-Orientadora: Dra. Lílian Paglarelli Bergqvist (DG/UFRJ)

Data da defesa: 16/07/2001

Banca Examinadora:

Dr. Francisco Pinheiro Lima Filho (PPGG/UFRN)

Dr. Lílian Paglarelli Bergqvist (DG/UFRJ)

Dr. Narendra Kumar Srivastava (DG/UFRN)

**Área de concentração:** Geodinâmica

Linha de pesquisa: Geologia Sedimentar e Marinha

### Resumo

Neste trabalho são abordados alguns aspectos sobre os processos de formação, o preenchimento sedimentar e sobre o conteúdo fossilífero de três tanques localizados nos municípios de Antônio Martins, Barcelona, Rui Barbosa, e de uma ravina localizada em Apodi, todos no Estado do Rio Grande do Norte. Além do material fossilífero coletado durante as etapas de campo, foram também estudadas algumas peças pertencentes ao Museu Câmara Cascudo (UFRN), a FALS (Fundação Amigos Lajedo de Soledade) e também sob guarda particular. Foram identificadas as famílias *Megatheriidae*, *Gomphotheriidae*, *Myodontidae*, *Equidae*, *Felidae*, *Canidae*, *Hydrochoeridae*, *Camelidae*, *Cervidae*, *Dasypodidae*, *Glyptodontidae*, *Macraucheniiidae*, *Toxodontidae*, e de um *Edentata Pilosa Indeterminado*. A análise da megafauna presente nos diferentes depósitos mostrou que nos tanques predominam as formas herbívoras, enquanto que a representação coletada na ravina é mais diversificada, incluindo diferentes tipos de carnívoros. Observações tafonômicas foram limitadas aos aspectos físicos observáveis em laboratório, pois a grande maioria dos fósseis já havia sido coletada, sem que fossem observados os cuidados mínimos indispensáveis a esse tipo de pesquisa. Os estudos diagenéticos permiti-

ram a identificação dos principais processos de fossilização, sendo a permineralização o processo de preservação predominante, ocorrendo subordinadamente substituição. A interpretação das condições paleoambientais, necessárias para dar suporte as famílias identificadas, conduziu a inferência de condições climáticas, durante o Pleistoceno superior, diferentes das atuais, mais úmido com vegetação semelhante a uma savana tropical onde estariam presentes campos e serrados.

### **Dissertação 26**

Título: **MONITORAMENTO COSTEIRO DAS PRAIAS DE SÃO BENTO DO NORTE E CAIÇARA DO NORTE - RN: IMPLICAÇÕES PARA O PÓLO PETROLÍFERO. 140 P.**

Autor: **Werner Farkatt Tabosa**

Orientadora: Dra. Helenice Vital (PPGG/UFRN)

Data da defesa: 26/02/2002

Banca Examinadora:

Dra. Helenice Vital (PPGG/UFRN)

Dr. Karl Stattegger (UNI/KIEL)

Dr. Venerando Eustáquio Amaro (PPGG/UFRN)

**Área de concentração:** Geodinâmica

Linha de pesquisa: Geologia Ambiental

### **Resumo**

Esta Dissertação apresenta os resultados de uma pesquisa desenvolvida na região de São Bento do Norte e Caiçara do Norte, litoral setentrional do Estado do Rio Grande do Norte, durante o período de junho de 2000 a agosto de 2001, no âmbito dos projetos MAMBMARÉ (CNPq/CTPETRO) e PROBRAL (CAPES/DAAD). O objetivo principal da pesquisa foi a caracterização da dinâmica sedimentar do litoral em questão, com base em dados relativos à dinâmica costeira (ventos, correntes, ondas e marés), levantamentos topográficos (perfis de praia e dunas), imagens de satélite e análises sedimentológicas. Como objetivo específico foi realizado o monitoramento deste litoral, com o fim de verificar a manutenção de

uma tendência erosiva ou progradacional após a construção de gabiões para contenção da erosão na praia de Caiçara do Norte, bem como verificar a influência das feições de fundo da plataforma interna adjacente sobre o pólo petrolífero de Guamaré. O monitoramento executado permitiu identificar que a movimentação dos sedimentos, ao longo do ano, nessa região, exibe um padrão cíclico, atingindo as maiores oscilações durante os meses de inverno (deposição) e verão (erosão). Os estudos sedimentológicos indicaram uma tendência geral para areias quartzosas, com presença de cascalho, moderadamente a bem selecionadas, com assimetria predominantemente negativa. De acordo com os parâmetros usados, as praias monitoradas são basicamente reflectivas com tendência a intermediárias, o que enquadra esse trecho da costa norte-riograndense como fortemente vulnerável a processos erosivos. Os estudos desenvolvidos na plataforma interna desta região permitiram visualizar pela primeira vez, em macroescala, a distribuição das feições do fundo submarino até a isóbata de 25 metros. Ressalta-se a presença de um alto topográfico submerso, com cerca de 5 metros de altura, 1 km de largura e mais de 24 metros de extensão, localizado na plataforma interna em frente a cidade de São Bento do Norte, coincidente com a direção do Sistema de Falhas de Carnaubais. Esta feição exerce um papel importante no controle dos processos sedimentares e oceanográficos, bem como na evolução costeira desta região do Estado do RN, que afetam diretamente a região do pólo petrolífero de Guamaré. Estes resultados contribuem para um melhor conhecimento dos processos atuantes na região e, conseqüentemente, fornece subsídios para implementar medidas de proteção costeira e ambiental para as cidades de São Bento do Norte e Caiçara do Norte, bem como para o melhor entendimento de modo como os processos geológicos e oceanográficos atuantes nesta área vêm influenciando nas características geoambientais do pólo petrolífero de Guamaré.

## **Dissertação 27**

Título: **CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA, GEOMORFOLÓGICA E GEOTÉCNICA DE UM CORPO DE DUNAS NA CIDADE DE NATAL - RN. 214 P.**

Autora: **Ana Patrícia de Jesus**

Orientador: Dr. Ricardo Farias do Amaral (PPGG/UFRN)

Co-Orientador: Dr. Olavo Francisco dos Santos Júnior (DEC/UFRN)

Data da defesa: 04/03/2002

Banca Examinadora:

Dr. Ricardo Farias do Amaral (PPGG/UFRN)

Dr. Lázaro Valentin Zuquette (IG/USP)

Dr. Francisco Pinheiro Lima Filho (PPGG/UFRN)

**Área de concentração:** Geodinâmica

Linha de pesquisa: Geologia Sedimentar e Marinha

### **Resumo**

O presente trabalho trata do levantamento e análise das principais características geológicas, geomorfológicas e geotécnicas de um corpo de dunas arenosas situado entre a cidade de Natal e o Oceano Atlântico, bem como das principais feições localizadas em sua vizinhança. Este corpo é composto pelo Parque Estadual Dunas do Natal e pelo bairro de Mãe Luíza ao norte. Volta-se aqui a atenção para a avaliação e monitoramento ambiental do Parque para a sua preservação, tendo em vista os problemas sociais e ambientais existentes em Mãe Luíza, devido à ocupação desordenada. A metodologia consistiu da execução de ensaios geotécnicos de laboratório, da utilização do geoprocessamento e de procedimentos de campo. Foram coletadas amostras na área de estudo a partir das quais foi feita a caracterização do solo da área. Foram gerados Modelos Digitais de Terreno (MDTs) a partir de cartas topográficas em escalas 1:10.000 e 1:2.000, os quais serviram de base para uma análise espacial da área e para a determinação da declividade. Os dados e informações gerados foram armazenados em um sistema de informações georreferenciadas. As principais unidades presentes na área foram vetorizadas usando-se ima-

gens do sensor ETM/Landsat 7 de 1999 e fotografias aéreas adquiridas em 1997, com uma escala aproximada de 1:8.000, a partir de interpretação visual, e a partir da coleta de pontos de controle em campo com GPS, os quais foram posteriormente plotados no mapa. Foram gerados e analisados planos de informação (declividade, aspecto, visão panorâmica e distância ao oceano) que relacionam o Parque com as atividades da construção civil e do turismo. Foram identificadas as áreas mais críticas de uma área piloto (porção norte do corpo de dunas) com relação à estabilidade de encostas e foi realizado um cadastramento de risco de movimento de massa em encostas no bairro de Mãe Luíza, usando critérios observacionais de classificação com base em indícios de desestabilização. Foi obtido um mapa com as principais unidades geológico / geomorfológicas e com os empreendimentos observados na área de estudo. A observação das feições lineares presentes na borda oriental do corpo de dunas sugere uma erosão mais acentuada no setor norte, onde a exumação dessas feições é mais clara. Foram demarcados afloramentos de argila (sedimentos do Grupo Barreiras) ao longo da via costeira, os quais foram utilizados como jazidas de material para a construção de hotéis. O cadastramento de risco para o bairro de Mãe Luíza mostrou que a maior parte da área cadastrada encontra-se na condição de médio e alto risco, principalmente devido à intervenção antrópica não planejada, refletindo o que poderá acontecer com o Parque das Dunas, caso venha passar pelo mesmo processo de ocupação.

## **Dissertação 28**

Título: **ESTUDO EVOLUTIVO DAS CONDIÇÕES AMBIENTAIS DA REGIÃO COSTEIRA DO MUNICÍPIO DE GUAMARÉ (RN). 160 P.**

Autora: **Iracema Miranda da Silveira**

Orientadora: Dra. Helenice Vital (PPGG/UFRN)

Co-Orientador: Dr. Venerando Eustáquio Amaro (PPGG/UFRN)

Data da defesa: 30/04/2002

Banca Examinadora:

Dra. Helenice Vital (PPGG/UFRN)

Dr. Luiz Parente Maia (DG/UFC)

Dr. Venerando Eustáquio Amaro (PPGG/UFRN)

**Área de concentração:** Geodinâmica

Linha de pesquisa: Geologia Ambiental

## **Resumo**

O trabalho versa sobre o estudo evolutivo das condições ambientais da região costeira de Guamaré (RN), onde foi investigada a transformação geoambiental ocorrida nesta região, cuja finalidade primordial foi diagnosticar as mudanças verificadas no espaço temporal de cinco décadas (1950 a 2000). Teve o objetivo de avaliar a ação dos processos costeiros atuantes (correntes, ondas, marés e ventos), a fim de compreender os mecanismos geradores da erosão e sedimentação, evidenciadas por constantes mudanças morfológicas. O procedimento metodológico adotado consistiu em uma sucessão de etapas envolvendo levantamento bibliográfico e cartográfico, fotointerpretação, tratamento digital de imagens, levantamento de campo (coleta de amostra, perfis praias, caracterização do ambiente praias e hidrodinâmica), correção de mapeamento e análises laboratoriais (granulometria). O estudo evolutivo das feições morfológicas indicou variações significativas no período estudado, principalmente nas dunas, terraços marinhos, variação da linha de praia e planície de maré, evidenciando as maiores transformações no espaço temporal entre 1988 e 2001. As análises dos perfis de praia mostraram uma tendência de sedimentação na área dos perfis P1, P2 e P3, entretanto, no período investigado, observou-se nos referidos perfis intervalos erosivos e deposicionais evidenciando uma necessidade de monitoramento por um período maior. Os resultados das análises granulométricas indicam uma predominância de areia média a grossa na pós-praia e zona de estirâncio, enquanto na antepraia as análises indicam areia média a fina. O estudo morfodinâmico mostrou que a praia do Minhoto encontra-se em estado intermediário, com alternância a reflectivo. As áreas de maior vulnerabili-

dade e sensibilidade são as planícies de maré, linha de praia, ilha barreira e dunas móveis, que atualmente vêm sofrendo grande impacto ambiental com expansão da carcinicultura, presença urbana e impacto natural (erosão da linha de praia).

## **Dissertação 29**

Título: **GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA DOS RECIFES DE MARACAJÁ (RN) E PLATAFORMA RASA ADJACENTE. 91 P.**

Autor: **Williams da Silva Guimarães de Lima**

Orientador: Dr. Ricardo Farias do Amaral (PPGG/UFRN)

Data da defesa: 31/05/2002

Banca Examinadora:

Dr. Ricardo Farias do Amaral (PPGG/UFRN)

Dr. José Carlos Sícoli Seoane (CTG/UFPE)

Dr. Francisco Pinheiro Lima Filho (PPGG/UFRN)

**Área de concentração:** Geodinâmica

Linha de pesquisa: Geologia Sedimentar e Marinha

### **Resumo**

O presente estudo abrange o Baixo de Maracajá (RN) e a plataforma rasa adjacente, em frente ao município de Maxaranguape, localizado no litoral oriental do Estado do Rio Grande do Norte. Seu objetivo é caracterizar em termos geológicos e geomorfológicos essa plataforma (em especial os recifes de corais de Maracajá), de forma a permitir a elaboração do diagnóstico do meio físico. O grande incremento nas atividades de lazer e turismo no Baixo de Maracajá pode levar a danos, por vezes irreversíveis, tanto sob o ponto de vista biótico como abiótico, neste ecossistema. Assim, torna-se urgente o estudo racional dessa área, de forma a possibilitar a execução de análises mais específicas que levem, por exemplo, à determinação das vocações de uso, com vistas ao seu desenvolvimento sustentável. Para o prosseguimento dos trabalhos executados na área, foram feitas inicialmente a digitalização e vetorização da Carta Náutica 803 da Marinha do Brasil de 1971, com objetivo de gerar um Modelo Digital

do Terreno (MDT). Em complemento aos dados da carta náutica, foram realizadas campanhas de perfilagem batimétrica ao longo de toda área de estudo, totalizando 9 perfis, com a finalidade de detalhar as principais feições de fundo, caracterizar a morfologia, bem como auxiliar na determinação dos pontos de amostragem. Com o uso de fotografias aéreas de pequeno formato adquiridas em seis sobrevôos, foram obtidas informações preliminares sobre a área. A montagem destas fotos foi executada analogicamente e sua interpretação ocorreu diretamente sobre *overlays*, que foram posteriormente digitalizados gerando um mosaico digital da área. As coletas de sedimentos totalizaram 64 amostras, as quais foram submetidas à análise granulométrica e química para determinação do teor de carbonato e matéria orgânica. A análise granulométrica foi executada nas amostras com teor de carbonato inferior a 80% e apenas 9 apresentaram condições para esse tipo de análise. A microscopia foi procedida na amostra bruta. Com o recurso das fotografias aéreas foi possível identificar feições submersas, sendo estas os recifes, as ondulações e os canais, que são encontrados dentro dos limites dos recifes. A partir dessas análises, sugeriu-se um zoneamento dessas feições. Na obtenção dos perfis batimétricos, houve a necessidade de dividir a área em três setores: ao Norte, dois registros, ao Leste, três registros e sobre o Baixo de Maracajaú, quatro registros. Assim, foi possível detalhar as principais feições de fundo e caracterizar a morfologia de fundo da plataforma. Das amostras coletadas, 42 têm uma concentração de carbonato biogênico superior a 80% e o teor de matéria orgânica nesses sedimentos varia de 0,58% a 24,06%. Granulometricamente essas amostras são constituídas por areia média e fina. Os sedimentos com diâmetro superior ao de areia muito grossa são compostos por carapaças carbonáticas. Dentre estes, citam-se rodólitos, com cores variando de amarelo claro a vermelho, com formas elipsoidais e esferoidais. Na determinação das feições submersas, as fotografias aéreas de pequeno formato mostraram ser uma ferramenta de

fundamental importância, pois permitiram a descrição detalhada destas feições. A batimetria executada revelou varias feições de fundo da plataforma. Dentre estas, as ondulações e o detalhamento do canal principal de São Roque são as que mais se destacam. A análise química e granulométrica das amostras serviu para identificar a composição dos sedimentos de fundo. Com a microscopia foi possível registrar a ocorrência de bivalves, gastrópodes, ostracóides, fragmentos de briozoários, espículas de espongiários, espinhos de equinodermas, opérculos de gastrópodes e foraminíferos. A estratégia de pesquisa executada e as ferramentas utilizadas no estudo mostraram-se eficientes, uma vez que permitiram alcançar os objetivos pretendidos.

### **Dissertação 30**

**Título: MONITORAMENTO GEOAMBIENTAL DO ESTUÁRIO DO RIO PARAÍBA DO NORTE (PB) POR MEIO DA CARTOGRAFIA TEMÁTICA DIGITAL E DE PRODUTOS DE SENSORIAMENTO REMOTO. 99 P.**

Autor: **Luciano da Silva Guedes**

Orientador: Dr. Venerando Eustáquio Amaro (PPGG/UFRN)

Co-Orientadora: Dra. Helenice Vital (PPGG/UFRN)

Data da defesa: 05/07/2002

Banca Examinadora:

Dr. Venerando Eustáquio Amaro (PPGG/UFRN)

Dr. Eduardo Rodrigues Viana de Lima (DGEOC/UFPB)

Dra. Helenice Vital (PPGG/UFRN)

**Área de concentração:** Geodinâmica

Linha de pesquisa: Geologia Ambiental

### **Resumo**

O estuário do Rio Paraíba do Norte, localizado na porção oriental do Estado da Paraíba, Nordeste do Brasil, entre as coordenadas 34°50'00"S a 34°57'30"S e 6°55'00"W e 7°7'30"W, constitui uma planície flúvio-marinha formada pelo rio Paraíba do Norte e seus afluentes Sanhauá, Paroeira, Mandacaru, Tiriri, Tambiá, Ribeira e Guia, envolvendo uma área

de aproximadamente 260 km<sup>2</sup>. A crescente pressão populacional sobre o estuário vem gerando conflitos e um manejo inadequado deste ambiente. O presente trabalho teve como objetivo principal avaliar a evolução geodinâmica do estuário do Rio Paraíba do Norte, no período de 1969 a 2001, por meio do processamento digital de imagens de sensoriamento remoto, da cartografia temática digital e da integração de dados georreferenciados multitemporais, combinados a uma base geológico-geofísica obtida em levantamentos de campo. A partir das cartas da SUDENE foram obtidos os mapas digitais de uso e ocupação do solo de 1969 e o topográfico, sendo este último utilizado na geração do MDT. O processamento digital das imagens dos satélites Landsat 7 ETM+ e Spot HRVIR-PAN possibilitou a geração de produtos imagens utilizados como base na identificação e caracterização geoambiental do estuário no período atual (composições coloridas das bandas 5-4-3, 5-3-1, 5-2-NDWI e das razões das bandas 7/4-5/3-4/2, 5/7-3/1-5/4 combinadas em RGB). A técnica de fusão de imagens RGBI foi utilizada com a inclusão da banda pancromática do Spot HRVIR e do Landsat 7 ETM+ na camada I nos trios de bandas em RGB 5-4-3, 5-3-1 e 5/7-3/1-5/4. A integração do MDT com as imagens digitais possibilitou a identificação de sete unidades geomorfológicas no estuário (tabuleiro costeiro, vertente, planície de maré, terraço fluvial, dunas subaquosas, planície praial e praia). O Sonar de Varredura Lateral (*Side Scan Sonar*) e o ecobatímetro, associados às coletas de sedimentos de fundo, forneceram informações sobre as condições atuais da superfície de fundo do canal estuarino, revelando o predomínio de areias (areia fina a muito fina) e feições dunares 2D com largura de 5 m e altura de 0,5 m, em média, caracterizando o estuário como um ambiente dominado por regime de fluxo médio. A profundidade varia de 1 m a 11 m, sendo esta última cota alcançada nas proximidades do Porto de Cabedelo. De maneira geral o estuário é relativamente raso, com evidências de assoreamento principalmente na sua porção superior, comprovado pela presença de

dunas subaquosas expostas durante a maré baixa. Por meio de técnicas de geoprocessamento foi possível integrar os dados de 1969 com os de 2001, resultando na geração dos mapas digitais multitemporais de uso e ocupação do solo, MDT, geomorfológico e batimétrico, representativos da evolução geodinâmica do estuário.

### **Dissertação 31**

**Título: REORIENTAÇÃO DE FALHAS PRESENTES EM TESTEMUNHOS NO CAMPO DE XARÉU / BACIA DO CEARÁ. 47 P.**

**Autora: Cristina Aparecida Domingueti**

Orientador: Dr. Walter Eugênio de Medeiros (PPGG/UFRN)

Co-Orientador: Dr. Emanuel Ferraz Jardim de Sá (PPGG/UFRN)

Data da defesa: 18/07/2002

Banca Examinadora:

Dr. Walter Eugênio de Medeiros (PPGG/UFRN)

Dr. Olivar Antônio Lima de Lima (IGEO/UFBA)

Dr. Fernando César Alves da Silva (PPGG/UFRN)

**Área de concentração:** Geofísica

Linha de pesquisa: Geologia e Geofísica do Petróleo

### **Resumo**

Um projeto de pesquisa está sendo desenvolvido pelo PPGG/UFRN e a PETROBRÁS no Campo Petrolífero de Xaréu localizado na bacia do Ceará, Nordeste do Brasil. O objetivo da pesquisa é a caracterização de um reservatório carbonático fraturado, o Calcário Trairí, para a perfuração de um poço com duas “pernas” horizontais levando em consideração o sistema natural de fraturas deste reservatório, visando aumentar a taxa de recuperação do óleo. A presente Dissertação é parte desta pesquisa e sua contribuição é estimar a orientação das falhas presentes em testemunhos de sondagens não orientados. Para orientar uma falha interceptando um estrato observado no testemunho, o estrato deve ser previamente orientado. Como vínculo para orientar os estratos, utilizou-se o mergulho regional das camadas, obtido em cada posição de poço a partir dos mapas

de contorno estrutural do Calcário Trairí. Devido ao fato do número de falhas presentes nos testemunhos do Calcário Trairí ser pequeno, a análise estrutural foi realizada em todos os testemunhos do Campo de Xaréu. Como hipótese geológica de trabalho, admitiu-se que todas as falhas foram formadas como resultado da separação da América do Sul e África, no contexto de formação de uma falha transcorrente dextrógira regional. Nesse contexto, falhas secundárias são principalmente dos tipos “T” e “R” de acordo com a classificação de Riedel. Foram analisados 263,5 m de testemunhos. Os mergulhos dos estratos variam de 0° a 8°, sendo que o valor mais freqüente é igual a 2°. Este resultado foi interpretado como um indício de que a deformação no Campo de Xaréu foi principalmente de natureza rúptil. As direções preferenciais de direção das falhas analisadas são NW e NE. Essas falhas possuem mergulho alto, em geral entre 70° e 90°. Sugere-se que as pernas horizontais do poço sejam orientadas para NW e NE, de modo a aumentar a probabilidade das pernas interceptarem o maior número possível de fraturas e falhas abertas.

### **Dissertação 32**

**Título: MODELAGEM E DESENVOLVIMENTO DE UM BANCO DE DADOS GEOGRÁFICOS: APLICAÇÃO À ELABORAÇÃO DE MAPAS DE SENSIBILIDADE AMBIENTAL AO DERRAMAMENTO DE ÓLEO NA ÁREA COSTEIRA ENTRE GALINHOS E SÃO BENTO DO NORTE (RN). 87 P.**

Autora: **Angélica Félix de Castro**

Orientadora: Dra. Helenice Vital (PPGG/UFRN)

Data da defesa: 06/09/2002

Banca Examinadora:

Dra. Helenice Vital (PPGG/UFRN)

Co-Orientador: Dr. Dário José Aloise (DIMAP/UFRN)

Dr. Ana Carolina Salgado (CIn/UFPE)

Dr. Venerando Eustáquio Amaro (PPGG/UFRN)

**Área de concentração:** Geodinâmica

Linha de pesquisa: Geologia Ambiental

## Resumo

As áreas entre as praias de Galinhos e São Bento do Norte, localizadas na região costeira do litoral setentrional do Estado do Rio Grande do Norte, caracterizam-se por sofrer constantes processos de transporte litorâneo e eólico, ocasionando erosão, alterações no balanço de sedimentos e modificações na linha de costa. Além desses fatores naturais, a interferência antrópica é ampla nas redondezas, visto a proximidade ao Pólo Petrolífero de Guamaré, o maior produtor terrestre de petróleo do Brasil. Diante de todas essas características, nasceram os projetos MAMBMARE e MARPETRO, com o objetivo de realizar o monitoramento geoambiental de áreas costeiras da porção norte do RN. Pelo fato de existirem vários tipos de dados desta área de estudo, tais como dados geológicos e geofísicos multitemporais, dados hidrodinâmicos, produtos de sensoriamento remoto, mapas temáticos multitemporais, entre outros, é de extrema importância a elaboração de um Banco de Dados Geográficos (BDG), um dos principais componentes dos Sistemas de Informações Geográficas (SIGs), para armazenar toda essa quantidade de informação, permitindo o acesso a pesquisadores e usuários interessados. A primeira parte desse trabalho consistiu em elaborar e desenvolver um BDG a fim de armazenar todos os dados da área existente entre os municípios de Galinhos e São Bento do Norte. A intenção foi utilizar a potencialidade do SIG como ferramenta importante no apoio às tomadas de decisões no monitoramento ambiental desta região, alvo de ampla exploração da indústria petrolífera, salineira e de carcinocultura. Os dados coletados e armazenados na forma de uma biblioteca virtual tendem a auxiliar nas tomadas de decisões a partir dos resultados apresentados sob a forma de mapas temáticos digitais, tabelas e relatórios, úteis como fonte de dados no planejamento preventivo e na definição das linhas de pesquisas futuras que serão desenvolvidas nesta região, tanto no contexto regional como no contexto local. A segunda etapa deste trabalho consistiu em elaborar, a partir dos dados

previamente armazenados no BDG, Mapas de Sensibilidade Ambiental ao Derramamento de Óleo. Esses mapas, baseados nas Cartas de Sensibilidade Ambiental ao Derramamento de Óleo, desenvolvidas pelo Ministério do Meio Ambiente, são produtos cartográficos que fornecem informações necessárias à tomada de decisão caso ocorra um derramamento de óleo na área de estudo. Eles exibem os locais mais sensíveis na presença do óleo, através de dados básicos (tais como geologia, geomorfologia, oceanografia, social, econômica, biológica) que informam todo o comportamento do ambiente. Alguns parâmetros, como dados hidrodinâmicos, dados de amostragem, tipo de litoral, declividade da face de praia, tipos de recursos em risco (ambiental, econômico, humano ou cultural) e uso e ocupação da área são alguns dos tipos de informações básicas essenciais na elaboração dos mapas de sensibilidade. Dessa forma, utilizando os dados necessários, foi possível desenvolver mapas de sensibilidade da área de estudo em datas diferentes (junho/2000 e dezembro/2000) e perceber que havia uma diferença no índice de sensibilidade nessas datas. A área no mês de dezembro apresentou-se bem mais sensível ao óleo do que no mês de junho, pois o mês de junho apresentou dados hidrodinâmicos (energia das ondas e da energia de maré) que realizariam a limpeza natural mais rápido. O uso dos SIGs na confecção dos mapas de sensibilidade mostrou ser uma ferramenta poderosa, visto que foi possível manipular dados geográficos de maneira mais precisa e confeccionar mapas mais exatos e com um nível maior de detalhamento da área de estudo. Esta apresentou um grau de sensibilidade ambiental médio ao longo da costa e alto nas áreas de manguezais e é relativamente vulnerável a um derramamento de petróleo, no caso de ser afetada diretamente.

### **Dissertação 33**

Título: **AS DUNAS EÓLICAS DE NATAL (RN): DATAÇÃO E EVOLUÇÃO. 112 P.**

Autora: **Elisângela Alves de Jesus Silva**

Orientador: Dr. Francisco Pinheiro Lima Filho (PPGG/UFRN)

Data da defesa: 29/11/2003

Banca Examinadora:

Dr. Francisco Pinheiro Lima Filho (PPGG/UFRN)

Dra. Loreci Gislaine de Oliveira Lehugeur (DG/UFC)

Dr. Ricardo Farias do Amaral (PPGG/UFRN)

**Área de concentração:** Geodinâmica

Linha de pesquisa: Geologia Sedimentar e Marinha

## **Resumo**

Este trabalho tem como principal objetivo apresentar um conjunto de informações para que se possa complementar o conhecimento sedimentológico sobre os diversos sistemas eólicos existentes na porção centro-sul da cidade de Natal (RN), a partir da identificação de unidades eólicas existentes, da datação absoluta de sedimentos eólicos, da análise de perfis geofísicos de Radar Penetrante no Solo (GPR), bem como da identificação qualitativa de alguns tipos de uso e ocupação do solo na referida área. Através de uma análise fotointerpretativa, elaborou-se um mapa com separação entre unidades geológicas eólicas de características deposicionais e erosivas, de forma que foram identificadas seis unidades principais: unidade I – *blowouts* (BW), Unidade II - campo de dunas ativas (DA), unidade III - campo de dunas fixas por vegetação (DF), unidade IV - campo de dunas parabólicas (DP), unidade V - campo de dunas parabólicas avermelhadas (DV) e unidade VI - superfície de dunas arrasadas (SD). Para a datação de sedimentos eólicos utilizou-se o método da termoluminescência (TL) em oito amostras situadas nas unidades I, III, IV e V. Dentre os resultados obtidos, o maior número de amostras coletadas e com idades mais próximas e equivalentes entre si foram aquelas localizadas na unidade IV, com valores predominantes datando cerca de 15.000 anos. Dois perfis de GPR foram levantados em trechos do Parque das Dunas, próximo ao Centro de Convenções de Natal. Os resultados obtidos mostraram migração de uma nova geração de duna sobre outra mais antiga, o contato geológico com a Formação Barreiras (FB) e linhas de re-

apresentação de nível do lençol freático presente no interior da duna. Em um estudo qualitativo sobre aspectos de uso e ocupação do solo realizado sobre campos de dunas da área estudada, identificaram-se alguns tipos de uso e ocupação, sendo os principais: a construção de imóveis residenciais e/ou comerciais, cortes em dunas para a construção de vias de acesso e deposição de lixo sobre esses campos.

### **Dissertação 34**

Título: **APLICAÇÃO DE SENSORIAMENTO REMOTO E SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA NA DETERMINAÇÃO DA VULNERABILIDADE NATURAL E AMBIENTAL DO MUNICÍPIO DE GUAMARÉ (RN): SIMULAÇÃO DE RISCO ÀS ATIVIDADES DA INDÚSTRIA PETROLÍFERA. 232 P.**

Autor: **Alfredo Marcelo Grégio**

Orientador: Dr. Venerando Eustáquio Amaro (PPGG/UFRN)

Co-Orientadora: Dra. Helenice Vital (PPGG/UFRN)

Data da defesa: 28/03/2003

Banca Examinadora:

Dr. Venerando Eustáquio Amaro (PPGG/UFRN)

Dr. Antonio Conceição Paranhos Filhos (CCET/UFMS)

Dra. Helenice Vital (PPGG/UFRN)

**Área de concentração:** Geodinâmica

Linha de pesquisa: Geologia e Geofísica Aplicadas

### **Resumo**

As atividades referentes a esse trabalho foram desenvolvidas dentro do âmbito dos Projetos MARPETRO (FINEP / PETROBRÁS / CTPETRO), IDEMA e PETRORISCO. O Estado do Rio Grande do Norte possui duas zonas ambientais distintas, a terrestre e a marítima, que se caracterizam como zonas homogêneas em relação aos recursos naturais. Nestes cenários está inserido o Município de Guamaré, localizado no litoral norte, que apresenta ampla exploração petrolífera e salineira, com grande expansão da carcinicultura. Este trabalho tem por objetivo geral identificar, mapear e interpretar a evolução do uso e ocupação do solo e a vulnerabilidade ambiental do município de Guamaré, tendo como base o uso de uma

metodologia para a interpretação multitemporal de imagens de sensores remotos e reconhecimento de campo, integrados em ambiente Sistema de Informação Geográfica (SIG). Foi realizado um ensaio preliminar sobre a vulnerabilidade do entorno a acidentes nas instalações e dutos do Pólo Petrolífero de Guamaré. O período de 1996 a 2001 verificou uma alteração mais significativa no uso e ocupação do solo provocado pelo aparecimento de classes antes não existentes (carcinicultura, açude e assentamento) e pela redução drástica das áreas de salinas. Nos anos analisados, o surgimento da atividade da criação de camarão no município não afetou significativamente o sistema manguezal, já que houve o aproveitamento das antigas salinas. Provavelmente o manguezal já sofreu esse impacto em épocas anteriores quando da instalação das salinas. Em termos de uso e ocupação do solo, a presença do Pólo Petrolífero de Guamaré não demonstrou influência direta sobre a dinâmica municipal. A economia local parece ser mais afetada por variáveis macroeconômicas (estaduais e federais), apesar dos *royalties* pagos pela Petrobrás à prefeitura municipal. Em relação à evolução da linha de costa, durante o período de 1989 a 1998, a contribuição dos processos de acreção e erosão foi equitativa (49,9 % e 50,1 %, respectivamente); no período de 1998 a 2000, o processo de acreção foi de significativa importância contribuindo com 91,2 % da área afetada pelos processos e, no período de 2000 a 2001, aconteceu uma inversão da contribuição dos processos, prevalecendo o da erosão com 78,1 %. Verificou-se que 96,77 % da área do município está classificada dentro das categorias de vulnerabilidade ambiental muito baixa, baixa e média. As áreas que compreendem as atividades de carcinicultura contribuem com 93,84 % do total da categoria muito alta de vulnerabilidade. Dos cruzamentos testados para a confecção de mapas de vulnerabilidade a diferentes acidentes, para o entorno das instalações da indústria petrolífera, as áreas que foram mais destacadas e merecem especial atenção são: Pólo Petrolífero de Guamaré, lagoas de Cajarana e de Baixo, de atividades de

carcinicultura próxima do Pólo, Assentamento de Baixo e todas as áreas dentro do limite de 200 m a cada lado das pistas de dutos. O trabalho deixou explícito que as atividades antrópicas participam ativamente no município de Guamaré, não apenas nos seus aspectos econômicos e culturais, mas também impregnando suas marcas na paisagem local.

### **Dissertação 35**

Título: **CARACTERIZAÇÃO DA GEOMETRIA DE DEPÓSITOS SEDIMENTARES NA BORDA SUDOESTE DA BACIA POTIGUAR. 81 P.**

Autor: **Yoe Alain Reys Perez**

Orientador: Dr. Francisco Pinheiro Lima Filho (PPGG/UFRN)

Data da defesa: 31/03/2003

Banca Examinadora:

Dr. Francisco Pinheiro Lima Filho (PPGG/UFRN)

Dr. Jorge Luis Porsani (IAG/USP)

Dra. Valeria Centurion Cordoba (PPGG/UFRN)

**Área de concentração:** Geodinâmica

Linha de pesquisa: Geologia Sedimentar e Marinha

### **Resumo**

Com o presente trabalho foi analisado o potencial de uso de diversas técnicas com o objetivo de identificar geometrias deposicionais e subsidiar os estudos de reconstrução paleogeográfica da borda sudoeste da Bacia Potiguar. Para tanto, foram identificadas três áreas e selecionados alguns afloramentos para estudos integrados de geologia, geofísica e geoquímica. As principais técnicas utilizadas foram: análises de fácies; sensoriamento remoto; perfis geofísicos com GPR; levantamentos de perfis de raios gama em afloramentos; estudos petrográficos com microscopia ótica e com o microscópio eletrônico de varredura e análise isotópica de carbono e oxigênio nas tufas carbonáticas. Esta abordagem metodológica se mostrou eficiente no que tange ao uso do método de análise de fácies para identificação de geometrias 2D. Os perfis de GPR realizados em Quixeré imagearam alguns importantes refletores de interesse geológico,

permitindo identificar as geometrias deposicionais das tufas e suas relações de contato com as rochas abaixo. Entretanto, o GPR não mostrou suficiente contraste para a identificação de refletores de interesse geológico nos afloramentos Apodi e Olho d' Água da Bica. Os perfis de raios gama também apresentaram uma boa resposta, justificando seu uso na identificação de geometria 1D e 2D. A análise isotópica de carbono e oxigênio permitiu uma primeira compreensão das condições paleoambientais de depósitos de tufas. Ressalta-se o excelente resultado obtido com o GPR na identificação das geometrias deposicionais das tufas e suas relações de contato com as rochas abaixo. A análise do campo de tensão destas rochas mostrou uma direção vertical de maior esforço ( $\sigma_1$ ) de deformação, cuja origem foi associada à ação gravitacional.

### **Dissertação 36**

Título: **MODELAMENTO HIDRODINÂMICO E CARACTERIZAÇÃO MORFO-SEDIMENTAR DO ESTUÁRIO POTENGI E ÁREAS ADJACENTES: IMPLICAÇÕES NA MIGRAÇÃO DE DERRAMES DE HIDROCARBONETOS. 144 P.**

Autor: **Eugênio Pires Frazão**

Orientadora: Dra. Helenice Vital (PPGG/UFRN)

Data da defesa: 19/05/2003

Banca Examinadora:

Dra. Helenice Vital (PPGG/UFRN)

Dr. Alberto Garcia de Figueiredo Júnior (LAGEMAR/UFF)

Dr. Venerando Eustáquio Amaro (PPGG/UFRN)

**Área de concentração:** Geodinâmica

Linha de pesquisa: Geologia Ambiental

### **Resumo**

O presente trabalho teve como objetivo o mapeamento de sensibilidade ambiental ao derramamento de óleo no estuário Potengi (RN) e litoral adjacente, através de dados de sensoriamento remoto, coleta, tratamento e integração de dados geomorfológicos, oceanográficos (temperatura, salinidade, densidade, intensidade e direção das correntes), meteorológicos

(velocidade e direção dos ventos), e sísmico de alta resolução (batimetria e sonografia). O estuário do rio Potengi situa-se no litoral oriental do Estado do Rio Grande do Norte, estando inserido no contexto geológico da bacia costeira Pernambuco - Paraíba e ocupando uma extensão de 18 km; abriga a zona portuária de natal e um terminal petrolífero, concentrando desta forma importantes operações de transporte de petróleo, passíveis de derrames acidentais. Sob o ponto de vista oceanográfico, o estuário Potengi caracteriza-se pela ausência de estratificação térmica marcante. Dois sistemas principais de ventos são responsáveis pela formação dos conjuntos de ondas incidentes na área. A maré dinâmica apresenta no Porto de Natal amplitude média em sizígia e quadratura, em torno de 2,8 m e 2,0 m, respectivamente. O mecanismo de intrusão da maré salina foi definido através da salinidade, que é o parâmetro principal para a identificação deste mecanismo. Importantes variações dos valores médios de salinidade (36,32 psu), temperatura (28,11° C) e densidade (22,96 kg/m<sup>3</sup>) nas águas estuarinas apresentaram características de regiões de baixas latitudes. A temperatura das águas acompanha as variações de temperatura do ar, na região, com expressivas amplitudes diárias. Neste trabalho, o reconhecimento da morfologia de fundo deste estuário, através da análise batimétrica e sonográfica, objetivou avaliar a influência das correntes superficiais e de fundo na modelagem do leito. Neste sentido, o emprego do sonar de varredura lateral revelou-se de grande utilidade na identificação da morfologia do leito e sua relação com a ação predominante das correntes de marés no estuário Potengi. Além disso, demonstrou como os sonogramas podem servir de base para a comparação das diferentes formas resultantes das variações hidrodinâmicas locais. Os sedimentos holocênicos, que preenchem o canal estuarino, são predominantemente arenosos, variando de selecionados a bem selecionados, por vezes siltosos. A sedimentação é controlada pelas condições hidrodinâmicas do ambiente, sendo reconhecidas duas fácies texturais importantes: lamosa e

arenosa. A distribuição destas fácies texturais aparentemente oscila em função da periodicidade das marés e intensidade das correntes. Todos os dados acima mencionados foram integrados em um sistema de informação geográfica (SIG), a partir do qual foi gerado o Mapa de Sensibilidade Ambiental a derrames de óleo com Índices de Sensibilidade do Litoral (ISL) para o estuário Potengi. A análise integrada desses dados é essencial para planos de contingência ao derramamento de óleo, visando a redução das conseqüências ambientais do vazamento, e tornar eficientes os esforços de contenção e limpeza / remoção no Porto de Natal. Esta pesquisa vem corroborar para o aumento do conhecimento do meio estuarino e contribuir para um melhor gerenciamento do binômio meio ambiente / cargas poluidoras.

### **Dissertação 37**

**Título: ESTRUTURAÇÃO DO GRUPO SERRA GRANDE NA REGIÃO DE SANTANA DO ACARAÚ (CE) E REATIVAÇÃO DO LINEAMENTO SOBRAL - PEDRO SEGUNDO: INTEGRAÇÃO COM DADOS GEOFÍSICOS. 61 P.**

**Autor: Marcelo José de Carvalho**

Orientador: Dr. Fernando Antônio Pessoa Lira Lins (PPGG/UFRN)

Co-Orientador: Dr. Fernando César Alves da Silva (PPGG/UFRN)

Data da defesa: 26/06/2003

Banca Examinadora:

Dr. Fernando Antônio Pessoa Lira Lins (PPGG/UFRN)

Dr. Sérgio Luis Fontes (ON/RJ)

Dr. Emanuel Ferraz Jardim de Sá (PPGG/UFRN)

**Área de concentração:** Geofísica

Linha de pesquisa: Evolução Litosférica e Processos Geodinâmicos

### **Resumo**

A área estudada está localizada geograficamente no noroeste do Estado do Ceará, próxima ao município de Santana do Acaraú. Geologicamente encontra-se inserida no noroeste da Província Borborema junto ao lineamento Sobral-Pedro II, limite entre a Faixa Noroeste do Ceará e

o Domínio Ceará Central. Na região, ocorre um corpo alongado com cerca de 30 quilômetros de extensão de direção NE, sendo delimitado por falhas de cinemática dextrógira, composto por arenitos e arenitos conglomeráticos correlacionados àqueles que compõem a Formação Ipú do Grupo Serra Grande, de idade siluro-devoniana, pertencentes a Bacia do Parnaíba. Dados estruturais indicam que este corpo apresenta-se basculado, sendo que os ângulos junto às bordas variam de altos a moderados. Interpretações prévias sugerem que esta deformação tenha sido causada pela reativação do lineamento Sobral-Pedro II, o qual bordeja a margem oeste do corpo. O tema abordado envolve a aplicação conjunta de métodos geofísicos (método potencial gravimétrico e sísmica de refração rasa) com dados de geologia estrutural para a determinação da geometria deste corpo siliciclástico, e proposição de um modelo para a sua deformação. O mapa de anomalias residuais indica que o corpo estudado é formado por dois *grabens* principais. Esta cobertura sedimentar possui uma espessura da ordem de 500 a 600 metros, sendo esta estimativa feita a partir da análise de modelos gravimétricos bidimensionais. O modelo 3D gravimétrico ressalta a existência de duas regiões de máxima espessura de sedimentos, onde é observada uma boa correlação entre a geometria das isópacas e a distribuição centrípeta do mergulho do acamamento medido nos sedimentos. Duas direções de movimentação dos blocos, uma N-S e outra E-W, são interpretadas a partir do padrão de distribuição das regiões de máxima espessura de sedimentos e alinhamentos das isolinhas.

### **Dissertação 38**

Título: **EVOLUÇÃO ESTRUTURAL E TERMOCRONOLÓGICA MESO-CENOZÓICA DA ZONA DE CISALHAMENTO PORTALEGRE, NORDESTE DO BRASIL. 75 P.**

Autora: **Mirnis Araújo da Nóbrega**

Orientador: Dr. Francisco Hilário Rego Bezerra (PPGG/UFRN)

Co-Orientador: Dr. Jaziel Martins Sá (PPGG/UFRN)

Data da defesa: 16/02/2004

Banca Examinadora:

Dr. Francisco Hilário Rego Bezerra (PPGG/UFRN)

Dr. Júlio César Hadler Neto (IFGW/UNICAMP)

Dr. Jaziel Martins Sá (PPGG/UFRN)

**Área de concentração:** Geodinâmica

Linha de pesquisa: Evolução Litosférica e Processos Geodinâmicos

## Resumo

A Zona de Cisalhamento Portalegre (ZCPa), localizada no oeste dos estados do Rio Grande do Norte e Paraíba (Nordeste do Brasil), representa um importante lineamento de direção NNE, de caráter transcorrente dextrógiro, instalado durante o ciclo Brasileiro (650-500 Ma). A ZCPa foi submetida a uma importante história de tectônica rúptil durante o Mesozóico e o Cenozóico (200 Ma até o presente), cujos indícios de reativações propiciaram a formação das bacias sedimentares interiores de Gangorra, Pau dos Ferros, Coronel João Pessoa, Icozinho e Rio do Peixe. A ZCPa / Falha Portalegre, cuja projeção para norte denomina-se Falha de Carnaubais, esteve atuante na abertura do *graben* Potiguar que culminou na instalação da Bacia Potiguar. Observa-se na região ao longo da ZCPa o desenvolvimento de diferentes padrões de fraturas: (i) zonas de cataclastos sobrepostos aos milonitos; (ii) falhas de borda das bacias de direção preferencial NE/SW, colocando em contato rochas graníticas pré-cambrianas (> 540 Ma) e rochas sedimentares cretáceas (< 140 Ma); (iii) falhas normais que deslocam o acamamento sedimentar das rochas das bacias; e (iv) sistemas de juntas ortogonais sem preenchimento. As amostras foram coletadas em uma área de aproximadamente 1800 km<sup>2</sup>, acompanhando o traço estrutural da zona de cisalhamento / falha. As idades de AFT obtidas das amostras ficaram em um intervalo entre  $86 \pm 13$  e  $376 \pm 57$  Ma, com intervalo de tamanho médio de comprimento de traço de  $10,9 \pm 0,8$  e  $12,9 \pm 1,5$  mm. Todas as amostras foram coletadas em granitos neoproterozóicos (~550 Ma), que estão em contato com a ZCPa / Falha Portalegre. Para amostras da porção leste, tem-se a concentração de idades em 103 Ma, comprimento médio de traços de

12,1 mm, e altitudes médias de 250 m. Para as amostras da porção oeste, têm-se as idades de traços de fissão em 150 Ma, localmente com idades mais antigas de 345 Ma na região da Bacia de Pau dos Ferros, e 220 Ma na Bacia de Coronel João Pessoa. Os modelos de história térmica foram separados para os dois grupos de amostras. As do bloco oeste registram uma história térmica que se inicia no Carbonífero (~325 Ma) ao Permiano (~225 Ma), apontando para um soerguimento gradual deste bloco, com baixa taxa de resfriamento, até o início do Cretáceo (ca. 140 Ma). Para este período, há consistentes registros de um colapso do bloco sugerindo subsidência e alçamento das isothermas até cerca de 90° C no Terciário (há 45 Ma). No final do Terciário até a época recente, foi registrado um soerguimento rápido com erosão acentuada, possivelmente em resposta a processos tectônicos e denudacionais. As amostras do bloco leste, embora apresentem algumas similaridades com relação a processos de resfriamento / aquecimento do bloco oeste, mostram registros que começam no Cretáceo. O bloco leste registra processo de resfriamento no final do Mesozóico (ca. 65 Ma). Ambos os blocos mostram, contudo, uma história evolutiva similar no Terciário, com soerguimento e erosão, embora a taxa de denudação / resfriamento no bloco leste seja mais acentuada, justificada como resposta ao ajustamento da tectônica destes blocos. Estes dados indicam que um importante evento tectônico em 140 Ma ocorreu na região, compartimentando os blocos, com o do oeste “descendo” e o do leste “subindo”. Isto gerou um ambiente propício para a formação de calhas estruturais, as quais evoluíram para as bacias interiores a sul, com instalação do *graben* Potiguar na porção norte. Este evento, interpretado como um processo de rifteamento (rompimento e abertura da crosta terrestre), resultou da atuação de esforços distensionais de direção E-W, compatível com os modelos de evolução correntes na literatura para a área em foco. Já no Terciário, tem-se registro de aquecimento comum nos blocos, podendo ser atribuído aos efeitos de alçamento das isothermas, provocados pelo vulcanismo Macau na região.

## **Dissertação 39**

Título: **ESTUDO INTEGRADO GEOLÓGICO / TECNOLÓGICO DE ROCHAS ORNAMENTAIS: OS GRANITOS FLORES E JACARANDÁ, RN. 75 P.**

Autora: **Soraia Maria Carlos Maia**

Orientador: Dr. Antonio Carlos Galindo (PPGG/UFRN)

Data da defesa: 24/09/2004

Banca Examinadora:

Dr. Antonio Carlos Galindo (PPGG/UFRN)

Dr. Joaquim Raul Torquato (NUTEC/UFC)

Dr. Zorano Sérgio de Souza (PPGG/UFRN)

**Área de concentração:** Geodinâmica

Linha de pesquisa: Evolução Litosférica e Processos Geodinâmicos

### **Resumo**

Este trabalho tem como objetivo um estudo integrado geológico e tecnológico de rochas ornamentais nas áreas de ocorrência dos granitos Flores e Jacarandá, localizadas próximo ao município de Afonso Bezerra, na porção centro-norte do Estado do Rio Grande do Norte. Geologicamente, a área compreende quatro unidades litoestratigráficas: um complexo gnáissico igmatítico (embasamento), formado essencialmente por gnaisses bandados, usualmente milonitizados e com feições migmatíticas diversas; um *augen* gnaiss que ocorre como um corpo alongado e constitui o granito Jacarandá; um pequeno *stock* granítico subcircular (granito Flores), onde dominam rochas de textura fina a fina-média de coloração rosa; por fim, sedimentos aluvionares finos a grossos, formando extensas áreas de planícies aluviais. A caracterização tecnológica dos granitos ornamentais Flores e Jacarandá, realizada por meio de ensaios diversos, teve como objetivo a obtenção de parâmetros petrográficos, físicos e mecânicos que permitiram a qualificação dessas rochas. Estes ensaios foram executados segundo procedimentos normatizados por entidades brasileiras (ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas) e estrangeiras (ASTM – *American Society for Testing and Materials*). A análise petrográfica mostrou que as rochas são granitos senso estrito, com quartzo e feldspatos somando

em média 85-90% modal. O granito Flores é a rocha mais félsica com teor de máficos em torno de 10%, e de composição monzogranítica. O granito Jacarandá é um *augen* gnaisse de composição sienogranítica com máficos em torno de 15% modal. Os vários ensaios tecnológicos realizados (alterabilidade, índices físicos, velocidade de propagação de ondas ultra-sônicas, compressão uniaxial, resistência à flexão, desgaste Amsler e resistência ao congelamento e degelo) mostram parâmetros e valores similares para ambos os granitos estudados e encontram-se dentro dos especificados em normas nacionais e internacionais para rochas silicáticas de uso ornamental. Da mesma forma, quando comparados com outros granitos ornamentais estudados no Brasil, os parâmetros e valores aqui encontrados mostram-se similares. A análise do conjunto de resultados dos ensaios realizados mostra que tanto o granito Flores quanto o Jacarandá são rochas de boa qualidade tecnológica, e que se prestam muito bem para uso como material de revestimento interno e externo em edificações.

#### **Dissertação 40**

Título: **ANÁLISE MULTITEMPORAL DOS ELEMENTOS GEOAMBIENTAIS DA REGIÃO DA PONTA DO TUBARÃO, ÁREA DE INFLUÊNCIA DOS CAMPOS PETROLÍFEROS DE MACAU E SERRA, MUNICÍPIO DE MACAU (RN). 112 P.**

Autor: **Michael Vandsteen Silva Souto**

Orientador: Dr. Venerando Eustáquio Amaro (PPGG/UFRN)

Co-Orientadora: Dra. Helenice Vital (PPGG/UFRN)

Data da defesa: 01/10/2004

Banca Examinadora:

Dr. Venerando Eustáquio Amaro (PPGG/UFRN)

Dra. Odete Fátima Machado da Silveira (IEPA/PA)

Dra. Helenice Vital (PPGG/UFRN)

**Área de concentração:** Geodinâmica

Linha de pesquisa: Geologia Ambiental

## **Resumo**

A área de estudo está inserida na região da Ponta de Tubarão, município de Macau, litoral setentrional do Estado do Rio Grande do Norte, composta por rochas sedimentares e sedimentos de idades terciária e quaternária. Essa região é caracterizada pela intensa ação de processos erosivos costeiros, ocasionando a instabilidade morfológica em boa parte da área, além da interferência de atividades antrópicas, destacando-se o Pólo Industrial Petrolífero, salineiro e de carcinicultura. Isso justifica a integração de estudos científicos multidisciplinares e multitemporais detalhados, proposto neste trabalho, visando avaliar o comportamento evolutivo desse ambiente costeiro por meio da caracterização dos elementos geoambientais e identificação de áreas de proteção e recuperação, principalmente aquelas que sofrem intervenção sócioeconômica. O objetivo principal foi o monitoramento costeiro a partir da utilização de técnicas de geoprocessamento para elaboração de mapas temáticos que possibilitem o levantamento de áreas de risco e de áreas de proteção ambiental quanto ao derramamento de óleo. Teve como base o uso de uma metodologia para a interpretação multitemporal de imagens de sensores remotos e reconhecimento de campo, integrados em ambiente de Sistema de Informação Geográfica (SIG). Por meio dessa metodologia foram elaborados os mapas Geológico, Geomorfológico, de Vegetação, Pedológico e de Uso e Ocupação do Solo para a área, que foram posteriormente integrados no SIG, permitindo a elaboração dos mapas de Vulnerabilidade Natural e Vulnerabilidade Ambiental. Ambos os mapas foram classificados de acordo com os graus de vulnerabilidade levantados como sendo: muito baixo, baixo, médio, alto e muito alto. Além desses mapas, o SIG permitiu a análise da evolução da linha de costa para 10 datas distintas, utilizando-se com base imagens Landsat 5 TM e 7 ETM+ e imagens SPOT-HRVIR. Essa análise possibilitou o acompanhamento da evolução da morfodinâmica costeira, onde os resultados foram representados por

áreas de erosão e acreção (ou deposição) dos sedimentos, apontando áreas críticas ocupadas pela indústria petrolífera (campos Macau e Serra) que estão sendo atingidas pelo forte processo erosivo na região. O SIG também permitiu elaborar o Mapa de Sensibilidade Ambiental ao Derreamento de Óleo (mapa SAO) em escala operacional (1:10.000), de acordo com as normas criadas pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA 2002), que determina a classificação do Índice de sensibilidade do litoral (ISL). O Mapa SAO em escala operacional teve como base o mosaico de imagens IKONOS, que resultou na confecção do mapa em escala 1:10.000. Neste, ISL é representado segundo duas marés da região (preamar e baixamar), na qual foram reconhecidos cinco índices de sensibilidade (3, 4, 7, 9, 10) para o ISL na baixamar. Já o ISL de preamar mostra índices de sensibilidade aumentados para sete (3, 4, 5, 7, 8, 9, 10) na mesma área. Todas essas informações são necessárias à tomada de decisões para contenção do óleo e seus derivados, caso haja derramamento na área em questão. A aplicação das referidas técnicas possibilita aperfeiçoar e implantar novas atividades socioeconômicas, gerando menor impacto ambiental e resguardando áreas de proteção ambiental. Deste modo, beneficia investidores com melhor produtividade e segurança na seleção de áreas para exploração e a comunidade local com a preservação da fauna e flora, de onde retiram o sustento.

#### **Dissertação 41**

Título: **APLICAÇÃO DO SENSORIAMENTO REMOTO E DO SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS NA DETECÇÃO DE MANCHAS DE ÓLEO NA REGIÃO DO PÓLO DE GUAMARÉ (RN). 74 P.**

Autora: **Renata Costa Leite de Albuquerque**

Orientador: Dr. Venerando Eustáquio Amaro (PPGG/UFRN)

Co-Orientadora: Dra. Helenice Vital (PPGG/UFRN)

Data da defesa: 14/10/2004

Banca Examinadora:

Dr. Venerando Eustáquio Amaro (PPGG/UFRN)

Dra. Fátima Nelsizeuma Sombra de Medeiros (DG/UFC)

Dra. Helenice Vital (PPGG/UFRN)

**Área de concentração:** Geodinâmica

Linha de pesquisa: Geologia e Geofísica do Petróleo

## **Resumo**

Este trabalho objetiva estabelecer uma metodologia para monitorar o derramamento de óleo no mar na área de exploração submersa do Pólo de Guamaré, Estado do Rio Grande do Norte, utilizando imagens orbitais de radares de abertura sintética (SAR) integradas aos produtos meteo-oceanográficos. A aplicação do modelo metodológico foi composto pelas seguintes etapas: (1) criação de um mapa base da área de exploração; (2) processamento de imagens NOAA/AVHRR e ERS-2 para geração de produtos meteo-oceanográficos; (3) processamento de imagens RADARSAT-1 para monitoramento de manchas de óleo; (4) integração da imagem RADARSAT-1 com os produtos de imagens NOAA/AVHRR e ERS-2; e (5) estruturação de um banco de dados. A integração da imagem RADARSAT-1 da Bacia Potiguar do dia 21.05.99 com o mapa base da área de exploração do Pólo de Guamaré foi utilizada com sucesso na detecção da provável mancha de óleo encontrada próxima a saída do emissário submarino na área de exploração do Pólo de Guamaré. Para subsidiar a integração da imagem RADARSAT-1 com os produtos de imagens NOAA/AVHRR e ERS-2, desenvolveu-se uma metodologia para classificação de manchas de óleo identificadas em imagens RADARSAT-1. Nesta metodologia, foram testados os seguintes algoritmos de classificação não-supervisionada: *K-means*, *Fuzzy K-means* e *Isodata*, que são parte integrante do *software* PCI *Geomatics*, o qual foi utilizado para filtragem das imagens RADARSAT-1. Para a avaliação dos resultados, as manchas de óleo submetidas à classificação não-supervisionada foram comparadas aos resultados do classificador textural por semivariograma (STC), o qual foi desenvolvido especificamente para esta finalidade e requer a utilização do *software* PCI *Geomatics* para efetuar parte do processamento de ima-

gens RADARSAT-1. Por fim, os resultados das classificações foram analisados através de análise visual, cálculo de proporcionalidade de grandezas e análise estatística. Dentre os três algoritmos de classificação testados nenhuma das análises efetuadas apresentou significativas alterações em relação às manchas classificadas pelo STC. Os procedimentos adotados demonstraram que a metodologia aqui descrita poderá ser aplicada com sucesso, utilizando os classificadores não supervisionados testados, o que acarretaria diminuição de tempo no processo de identificação e classificação de manchas de óleo, em comparação à utilização do classificador STC.

#### **Dissertação 42**

Título: **MAPEAMENTO DIGITAL DE ANÁLOGOS A RESERVATÓRIOS PETROLÍFEROS: EXEMPLO PARA DEPÓSITOS FLUVIAIS DA UNIDADE AÇU-3 - BACIA POTIGUAR. 118 P.**

Autor: **Leonardo Menezes**

Orientador: Dr. Francisco Pinheiro Lima Filho (PPGG/UFRN)

Data da defesa: 30/11/2004

Banca Examinadora:

Dr. Francisco Pinheiro Lima Filho (PPGG/UFRN)

Dr. Ciro Jorge Appi (CENPES/PETROBRAS)

Dra. Valéria Centurion Córdoba (PPGG/UFRN)

**Área de concentração:** Geodinâmica

Linha de pesquisa: Geologia Sedimentar e Marinha

#### **Resumo**

Neste trabalho são apresentados os resultados do mapeamento digital de análogos a reservatórios petrolíferos fluviais da Formação Açú. Com base no reconhecimento regional na borda da Bacia Potiguar, foi selecionada uma área de 150 km<sup>2</sup> a oeste da cidade de Açú, onde foram escolhidos os afloramentos para o mapeamento digital. A partir de dados de campo e de sensores remotos, foi montada a arquitetura deposicional para os depósitos fluviais, onde foi interpretado um sistema fluvial deposicional para os depósitos fluviais, em um sistema meandrante de granulometria grossa. Foram, então, individualizados três ciclos fluviais,

separados por superfícies limitantes de 5ª ordem. Tais ciclos são predominantemente arenosos, com granodecrescência ascendente, culminando em depósitos de planície de inundação. Internamente aos níveis arenosos de preenchimento de canal, foram caracterizados ciclos menores, normalmente incompletos, formados por corpos predominantemente arenosos, amalgamados e limitados por superfícies de 4ª ordem. Na área mapeada, foi escolhido um afloramento com grande exposição em corte, representado por típicos depósitos de preenchimento de canal. Neste afloramento, foi realizado o mapeamento digital, empregando diferentes técnicas e ferramentas, integrando dados sedimentológicos, altimétricos (Estação Total, GPS), LIDAR (*Light Detection and Ranging*), fотомосаicos digitais de alta resolução e de geometria interna (*Ground Penetrating Radar*). A integração, interpretação e visualização dos dados foi realizada no programa GoCad®. Devido à ausência de refletores nos radarogramas, o produto final no mapeamento digital do afloramento foi o modelo fotorealístico de parte da escarpa do afloramento. Foi modelada também parte de uma barra de acreção oblíqua, segundo uma malha de GPR de 200x200 m no aluvião do Rio Açu, suposto análogo recente. Com os dados da geometria interna foi montada a arquitetura sedimentar tridimensional, onde foram caracterizados um depósito em lençol e várias hierarquias de canais meandrantés. Por fim, foram realizadas simulações da geometria e arquitetura sedimentar de um reservatório fluvial da Bacia Potiguar com o programa PetBool, objetivando avaliar o desempenho deste *software* em simulações com grande número de poços condicionantes. Foram gerados no total 45 simulações. O tempo gasto e o número de canais gerados nestas aumentaram em função da quantidade de poços condicionantes. Detectou-se a deformação dos meandros a partir da mudança das dimensões do domínio simulado, considerada como devida à relação direta entre o domínio simulado e o comprimento do meandro.

## **Dissertação 43**

**Título: INTERPRETAÇÃO CONJUNTA DE DADOS DE GPR E MEDIDAS *IN SITU* DE PERMEABILIDADE: UM CASO DE ESTUDO EM UM ANÁLOGO DE RESERVATÓRIO SILICICLÁSTICO FALHADO NA BACIA DO TUCANO, NE DO BRASIL. 106 P.**

**Autor: Hugo César Brandão de Miranda**

Orientador: Dr. Walter Eugênio de Medeiros (PPGG/UFRN)

Co-Orientador: Dr. Renato Marcos Darros de Matos (PPGG/UFRN)

Data da defesa: 08/12/2004

Banca Examinadora:

Dr. Walter Eugênio de Medeiros (PPGG/UFRN)

Dr. Olivar Antônio Lima de Lima (CPGG/UFBA)

Dr. Fernando César Alves da Silva (PPGG/UFRN)

**Área de concentração:** Geofísica

Linha de pesquisa: Geologia e Geofísica Aplicadas

### **Resumo**

O presente trabalho apresenta a utilização integrada de técnicas geofísicas para investigar a distribuição espacial de falhas e bandas de deformação (BDs) em afloramentos análogos de reservatórios siliciclásticos na Bacia do Tucano no Estado da Bahia, nordeste do Brasil. Foram utilizadas as ferramentas geofísicas de Radar Penetrante no Solo (GPR) e minipermeâmetro, em estudos integrados com a geologia estrutural, com o intuito de analisar o impacto causado pelas BDs nas condições permo-porosas da rocha. Os dados de GPR foram processados utilizando uma parametrização adequada para realçar descontinuidades nas camadas sedimentares. Esta parametrização possibilitou a detecção, em subsuperfície, das BDs que apresentam rejeitos maiores que 10 cm. Uma boa correlação foi verificada entre as BDs detectadas pelo GPR e BDs identificadas em superfície usando fotos aéreas de pequeno formato e mapas estruturais de detalhe da área investigada. Após adaptações no minipermeâmetro, que possibilitaram melhor precisão nas medidas, foram testadas duas metodologias de medição de permeabilidade: *in situ* e em amostras ou testemunhos. A metodologia que forneceu melhor resultado foi a primeira,

que consiste de raspagem do afloramento seguida da medição nos locais raspados. Os perfis de permeabilidade obtidos permitiram caracterizar a transição entre BDs e rocha sã; variações de até três ordens de grandeza foram verificadas. Também foram identificados nos perfis de permeabilidade padrões aproximadamente periódicos, associados com diminuições granulométricas e texturais em algumas fácies sedimentares, possivelmente ligados a ciclos deposicionais. A interpretação conjunta dos dados geológicos, geofísicos e de poços rasos, proporcionou a identificação, em subsuperfície, de um aumento do número de BDs e uma diminuição granulométrica, a partir de 8 m de profundidade. Esta mudança está associada com uma brusca diminuição da permeabilidade a partir desta profundidade, que foi confirmada em medições realizadas em testemunhos extraídos de poços. Os resultados obtidos mostraram que as seções de GPR, além de proporcionarem imagens de alta resolução, detectando estruturas decacentimétricas, também apresentaram correlação com os dados de permeabilidade. Potencialmente, o GPR pode ser usado na composição de leis de escala, servindo de ligação entre dados de afloramento e dados sísmicos convencionais, auxiliando no entendimento do impacto de falhas, fraturas e BDs nas condições permo-porosas de um reservatório de petróleo.

#### **Dissertação 44**

**Título: INTERPRETAÇÃO DE DADOS DE GPR COM BASE NA HIERARQUIZAÇÃO DE SUPERFÍCIES LIMITANTES E NA ADAPTAÇÃO DE CRITÉRIOS SISMOESTRATIGRÁFICOS. 67 P.**

**Autor: Peryclys Raynyere de Oliveira Andrade**

**Orientador: Dr. Walter Eugênio de Medeiros (PPGG/UFRN)**

**Data da defesa: 17/06/2005**

**Banca Examinadora:**

**Dr. Walter Eugênio de Medeiros (PPGG/UFRN)**

**Dr. Paulo Johann (PETROBRAS)**

**Dra. Valéria Centurion Córdoba (PPGG/UFRN)**

**Área de concentração: Geofísica**

**Linha de pesquisa: Geologia e Geofísica Aplicadas**

## Resumo

O Radar Penetrante no Solo (*Ground Penetrating Radar* – GPR) tem sido utilizado para mapear em detalhe depósitos sedimentares devido à sua alta resolução. Pelo fato de que os métodos GPR e Sísmico têm princípios de formação de imagens muito semelhantes, o modelo clássico de interpretação sísmica, baseado na sismoestratigrafia, tem sido tentativamente utilizado para interpretar dados de GPR. Não obstante os grandes avanços já realizados em contextos particulares, as adaptações propostas das ferramentas e conceitos da sismoestratigrafia, para o GPR, ainda são inadequadas. Isto acontece basicamente porque as interpretações atribuídas aos padrões de terminação, extraídos da sismoestratigrafia convencional, não representam o registro geológico na escala de operação do GPR. O problema conceitual reside, pois, em propor um método de interpretação que permita não só relacionar produto e processo sedimentar, na escala do GPR, mas também identificar ou propor ambientes deposicionais e correlacionar estes resultados com os blocos construtores da estratigrafia de seqüências. O objetivo desse trabalho é propor uma metodologia de interpretação de dados de GPR capaz de realizar esta tarefa, pelo menos no contexto de depósitos siliciclásticos. Para este fim, propõe-se uma interpretação de dados de GPR, baseada na adaptação de termos e conceitos herdados da sismoestratigrafia, em conjunto com uma metodologia de hierarquização de superfícies limitantes. Como consequência direta desta combinação, a interpretação dos dados de GPR pode ser associada às fácies sedimentares, dentro de um contexto genético, possibilitando assim: (i) individualizar as radarfácies e correlacioná-las às fácies sedimentares, com base em modelos de fácies sedimentares; (ii) caracterizar um determinado sistema deposicional e, principalmente, (iii) determinar seu arcabouço estratigráfico, mostrando como ele evoluiu no tempo geológico. Para exemplificar a utilização desta metodologia de interpretação foram utilizados os dados de GPR adquiridos na área de Ga-

los, que faz parte do *spit* de Galinhos, localizado no Estado do Rio Grande do Norte. Este *spit* apresenta grande variedade lateral de fácies sedimentares e contém registros sedimentares que são sensíveis às variações de frequência mais alta do nível relativo do mar (ciclos de 4<sup>a</sup> a 6<sup>a</sup> ordens). O processo de interpretação constou das seguintes fases: (i) estabelecimento de uma sucessão vertical de fácies, (ii) caracterização dos produtos sedimentares (radarfácies), (ii) atribuição de processos sedimentares dentro de um cunho genético, e finalmente (iv) estabelecimento de um modelo evolutivo para o *spit* de Galinhos. O modelo propõe que este *spit* constitui um sistema do tipo Ilhas Barreiras que é materializado, da base para o topo, por fácies de estreito de maré, planície de maré, praial e eólica (dunas). A fácies de estreito de maré, na base, é representada por barras de acreção lateral que preencheram os estreitos de maré. Estes depósitos são truncados lateralmente pela fácies de planície de maré. Na zona de intermaré antiga, a fácies de intermaré encontra-se sobreposta pela fácies de praia, marcando assim um avanço relativo da linha de costa. Por fim, no topo da coluna estratigráfica, estão depositadas dunas eólicas, denotando o recuo da linha de costa e conseqüente exposição aérea.

#### **Dissertação 45**

**Título: SISTEMAS DE DUNAS DO PARQUE DAS DUNAS E BARREIRA DO INFERNO / NATAL (RN): LEVANTAMENTO GEOLÓGICO/GEOFÍSICO, ELABORAÇÃO DO MODELO DETERMINÍSTICO E AVALIAÇÃO DA VULNERABILIDADE / SUSCEPTIBILIDADE FRENTE ÀS PRESSÕES ANTRÓPICAS. 186 P.**

Autora: **Paola Fracasso**

Orientador: Dr. Francisco Pinheiro Lima Filho (PPGG/UFRN)

Co-Orientador: Dr. João Manuel Alveirinho Dias (FCM, Universidade de Algarve)

Data da defesa: 30/06/2005

Banca Examinadora:

Dr. Francisco Pinheiro Lima Filho (PPGG/UFRN)

Dr. Antônio Henrique da Fontoura Klein (CTTMar/UNIVALI)

Dra. Helenice Vital (PPGG/UFRN)

**Área de concentração:** Geodinâmica

Linha de pesquisa: Geologia Sedimentar e Marinha

## **Resumo**

O presente trabalho foi realizado no Sistema de Dunas do Parque das Dunas e Barreira do Inferno, localizados, respectivamente, nos municípios de Natal e Parnamirim, Estado do Rio Grande do Norte. Teve como objetivo elaborar um modelo determinístico em uma feição erosional, denominada de ruptura de deflação, situada no Parque das Dunas, com base em interpretações geofísicas de linhas obtidas com GPR (Radar de Penetração no Solo) e de levantamento plani-altimétrico da superfície topográfica do terreno. Foram também realizadas análises de vulnerabilidade / suscetibilidade destes sistemas dunares frente às pressões antrópicas. Para a elaboração do modelo, foi necessário a aquisição das geometrias internas e externas da ruptura de deflação. As geometrias internas foram obtidas com GPR, observando-se o controle altimétrico para correção topográfica dos radargramas ou linhas de GPR. As superfícies externas foram adquiridas a partir de levantamentos plani-altimétricos de precisão com GPS geodésico. Estas superfícies foram superpostas a imagens Ikonos para geração do Modelo Digital de Terreno (MDT) de alta precisão. Foram levantadas, no total, dezesseis linhas de GPR, sendo oito para cada localidade, perfazendo dezesseis linhas de GPR, totalizando 1.161,4 m para a ruptura de deflação do Parque das Dunas e 3.735,27 m para a ruptura da Barreira do Inferno. Os levantamentos foram realizados com antena de 200 MHz, com exceção das linhas 7 e 8 da Barreira do Inferno, para as quais foram utilizadas antenas de 100 MHz. Os dados obtidos foram processados e interpretados, sendo possível identificar superfícies limitantes de primeira, segunda e terceira ordem. A superfície limitante de primeira ordem está relacionada ao contato das rochas do Grupo Barreiras com os depósitos eólicos. Estes últimos foram divididos em dois grupos, os quais estão relacionados à geometria dos estratos e do mer-

gulho de suas estratificações (ângulo de refletores). O Grupo 1 apresenta estratos de geometria sigmoidal e irregular, envolvendo corpos com refletores apresentando mergulhos variando de 20 a 28 graus para a ruptura de deflação no Parque das Dunas e de 22 a 29 graus para a ruptura de deflação na Barreira do Inferno. Frequentemente, está limitado na base pela superfície de primeira ordem e no topo pela superfície de segunda ordem. O Grupo 2 apresenta estratos de geometrias acanaladas, em cunha ou lenticular, limitado na base pela superfície de segunda ordem, onde os depósitos correspondentes mostram refletores mais aplainados ou com mergulho de baixo ângulo. Os modelos determinísticos e digital de terreno (MDT) foram gerados a partir da integração e interpretação de dados 2D disponibilizados espacialmente com o *software* GoCad 2.0.8\*. No MDT, foi possível identificar, para ambas as localidades, rupturas de deflação do tipo “corredor” e no modelo determinístico foi possível evidenciar as superfícies limitantes de primeira e segunda ordem. Em relação à vulnerabilidade / suscetibilidade do sistema de dunas frente às pressões antrópicas, foi aplicada uma nova metodologia que leva em conta, além das pressões antrópicas, o abastecimento e atividade sedimentar. Deste modo, ambas as localidades enquadram-se dentro do estágio de equilíbrio frente às pressões antrópicas, sendo o Parque das Dunas caracterizado como um campo dunar relíquia e a Barreira do Inferno, como um campo dunar palimpséstico. Para a caracterização ambiental dos sistemas de dunas estudados, também foram confeccionados dois mapas temáticos com o *software* ArcGis 8.3 e seus respectivos bancos de dados.

#### **Dissertação 46**

**Título: CARACTERIZAÇÃO MACRO, MESO E MICROSCÓPICA DAS ESTRUTURAS FRÁGEIS DO CORPO ARENÍTICO CONGLOMERÁTICO DA REGIÃO DE SANTANA DO AÇARAÚ (CE) E SEU EMBASAMENTO CIRCUNDANTE. 144 P.**

**Autor: Júlio Alexandre Almeida de Carvalho**

Orientador: Dr. Fernando César Alves da Silva (PPGG/UFRN)

Co-Orientador: Dr. Fernando Antônio Pessoa Lira Lins (PPGG/UFRN)

Data da defesa: 01/07/2005

Banca Examinadora:

Dr. Fernando César Alves da Silva (PPGG/UFRN)

Dr. Nivaldo Destro (CENPES/PETROBRAS)

Dr. Fernando Antônio Pessoa Lira Lins (PPGG/UFRN)

**Área de concentração:** Geodinâmica

Linha de pesquisa: Evolução Litosférica e Processos Geodinâmicos

## **Resumo**

Grande parte dos prospectos e reservatórios de petróleo tem o seu arcabouço estrutural como um fator de grande importância. A geometria, interconectividade e densidade dos elementos da tectônica frágil (exs. falhas, fraturas), têm grande influência no caráter permo-poroso do meio e, por conseguinte, no fluxo de fluidos. Tendo em vista as dificuldades encontradas para a caracterização da deformação frágil, unicamente com dados de subsuperfície, vários estudos estão sendo direcionados ao detalhamento das porções emersas das bacias e de seus substratos em busca de análogos da deformação. Na região de Santana do Acaraú, aflora um corpo arenítico conglomerático (CAC) cuja geometria é controlada por falhas, principalmente de direção NE, interpretadas como decorrentes da reativação do Lineamento Sobral Pedro II (LSP-II). A fim de caracterizar a deformação frágil em diferentes escalas, foram estudados os atributos do fraturamento, tais como orientação, densidade, cinemática, abertura, através de *scanlines* em imagens de satélite, afloramentos e seções delgadas. O estudo das imagens de satélite mostrou que as macroestruturas da área apresentam três direções preferenciais sendo elas N-S, NE-SW e E-W. As direções N-S e E-W são compatíveis com movimento de blocos observados por estudos gravimétricos. O estudo do CAC mostrou que ele apresenta uma estrutura sinformal alongada na direção NE-SW, fruto de uma tectônica transpressional dextrógira desenvolvida enquanto o corpo ainda não estava completamente litificado. Foi evidenciada a existência de duas outras fases de reativação, ocorridas quando o CAC já se encon-

trava totalmente litificado. A tectônica frágil compartimentou o CAC em blocos, cujo basculamento gera variações na orientação de alguns de seus elementos ( $S_0$ , por exemplo). Com base na variação da orientação de  $S_0$ , o CAC pode ser subdividido em vários domínios. Do ponto de vista da orientação do fraturamento / falhamento, os estudos em meso e micro-escala mostraram que as rochas do embasamento do CAC possuem um padrão de lineamentos basicamente bimodal (NE e NW), enquanto no CAC observou-se que, embora haja uma distribuição do fraturamento em varias direções em todos os domínios, a concentração ao longo de duas direções específicas nos domínios que apresentam as mesmas orientações de  $S_0$  é marcante, característica e distinta. Os diversos domínios são agrupados em três conjuntos, onde aquele com  $S_0$  praticamente NW mostra um fraturamento principal com direção NE e um secundário NW, enquanto que o conjunto apresentando  $S_0$  com direção NE revela maior concentração dos lineamentos ao longo de direções NW e secundariamente na direção NE. No conjunto de domínios com  $S_0$  N-S, a direção principal de fraturamento é NE e a secundário, NW. Outros atributos do fraturamento, tais como seu comprimento, foram também analisados e comparados em diversas escalas, buscando verificar se existia uma relação de *upscale*. O desenvolvimento de um modelo digital de terreno com as estruturas frágeis superpostas propiciou uma visão tridimensional da região estudada. O entendimento da deformação frágil que atingiu o corpo arenítico - conglomerático (CAC) da região de Santana do Acaraú e seu substrato reveste-se de importância pela presença de reservatórios fraturados nas bacias da margem equatorial brasileira (campo de Xaréu na Bacia do Ceará, por exemplo), cujos dados podem ser confrontados com os de superfície.

#### **Dissertação 47**

Título: **INCORPORAÇÃO DO VÍNCULO DE SUAVIDADE NO AJUSTE DE HISTÓRICO DE RESERVATÓRIOS DE PETRÓLEO. 82 P.**

Autor: **Flávio Lemos de Santana**

Orientador: Dr. Aderson Farias do Nascimento (PPGG/UFRN)

Co-Orientador: Dr. Walter Eugênio de Medeiros (PPGG/UFRN)

Data da defesa: 17/07/2005

Banca Examinadora:

Dr. Aderson Farias do Nascimento (PPGG/UFRN)

Dr. Denis José Schiozer (DEP/UNICAMP)

Dr. Mário Koechi Takeya (PPGG/UFRN)

**Área de concentração:** Geofísica

Linha de pesquisa: Geologia e Geofísica Aplicadas

## **Resumo**

O processo de ajuste de histórico de produção em um reservatório de petróleo é de fundamental importância para que se possa obter uma caracterização dos parâmetros do reservatório (estáticos e dinâmicos) que implique em uma previsão de produção mais acurada. Através deste processo pode-se encontrar parâmetros para um modelo de reservatório que sejam capazes de reproduzir o comportamento do reservatório real. Assim, esse modelo de reservatório pode ser utilizado em previsões de produção e no auxílio ao gerenciamento do campo de óleo/gás. No processo de ajuste de histórico, os parâmetros do modelo do reservatório são modificados e para cada modelo com o novo conjunto de parâmetros uma simulação de fluxo é realizada para que se possa avaliar se este conjunto reproduz ou não as curvas de produção de um reservatório real. O reservatório é ajustado quando as discrepâncias entre as previsões do modelo de reservatório e a do reservatório real são abaixo de certa tolerância. Determinar um modelo de reservatório por meio do processo de ajuste de histórico requer a minimização de uma função objetivo (diferença entre a produção observada e simulada) em um espaço de parâmetros que em geral possui muitos mínimos, ou seja, mais de um modelo de reservatório ajusta as observações. No sentido da não-unicidade da solução, o problema inverso associado ao processo de ajuste de histórico é mal-posto. A fim de reduzir esta ambigüidade e regularizar o problema, é necessária

a incorporação de informações a priori e de vínculos nos parâmetros do reservatório a serem determinados. Neste trabalho, a regularização do problema inverso associado ao ajuste de histórico foi realizada por meio da introdução de um vínculo de suavidade nos parâmetros porosidade e permeabilidade de um reservatório. Esse vínculo possui o viés geológico de que os valores de porosidade e permeabilidade variam suavemente ao longo do reservatório. Nesse sentido, é necessário encontrar um valor do peso deste vínculo, na função objetivo, que estabilize o problema e ainda introduza nos parâmetros do modelo de reservatório o menor viés geológico possível. Utilizou-se um método de busca seqüencial chamado COMPLEX para encontrar o modelo de reservatório que melhor reproduz as observações do modelo semi-sintético. Este método tem a vantagem de não utilizar o cálculo de derivadas na busca do mínimo da função objetivo que foi definida. Neste trabalho, é mostrado que a introdução judiciosa do vínculo de suavidade na formulação objetiva reduz a ambigüidade associada com o problema inverso do ajuste de histórico e introduz um viés mínimo nas estimativas de permeabilidade e porosidade do modelo de reservatório semi-sintético.

#### **Dissertação 48**

Título: **ESTUDO DA DINÂMICA COSTEIRA DA REGIÃO DA FOZ DO RIO PIRANHAS - AÇU PARA GERAÇÃO DE MAPAS DE SENSIBILIDADE DO LITORAL AO DERRAMAMENTO DE ÓLEO. 149 P.**

Autora: **Liliane Cristina de Albuquerque Mafra**

Orientador: Dr. Venerando Eustáquio Amaro (PPGG/UFRN)

Data da defesa: 05/08/2005

Banca Examinadora:

Dr. Venerando Eustáquio Amaro (PPGG/UFRN)

Dr. Ramiro Gustavo Valera Camacho (PRODEMA/UERN)

Dra. Helenice Vital (PPGG/UFRN)

**Área de concentração:** Geodinâmica

Linha de pesquisa: Geologia Sedimentar e Marinha

## Resumo

A área de estudo localiza-se na porção setentrional do Estado do Rio Grande do Norte, na região da foz do Rio Piranhas – Açú, compreendendo parte dos municípios de Porto do Mangue e Areia Branca. Trata-se de uma região de alta instabilidade morfológica, devido à ação de processos costeiros, além da intensa ação antrópica, principalmente da indústria petrolífera, salinas e tanques de carcinicultura. Para a realização deste trabalho, usou-se como base cartográfica imagens Landsat 5 TM e Landsat 7 ETM+ em quatro datas distintas. Nestas imagens foram aplicadas técnicas de processamento digital na elaboração de mapas temáticos dos recursos naturais existentes na área, visando a análise e caracterização geológica, geomorfológica e das formas de uso e ocupação do solo. Desta maneira, foi possível avaliar a evolução temporal da área, identificando as áreas de alta sensibilidade ambiental. O presente estudo teve como estratégia o uso de uma metodologia para a interpretação multitemporal de imagens de sensores remotos, aéreos e orbitais, e reconhecimento em campo, integrados em ambiente de Sistema de Informações Geográficas. Estas atividades permitiram elaborar Mapas de Sensibilidade do Litoral ao Derramamento de Óleo para a área, com base nos Índices de Sensibilidade do Litoral (ISL). Considerando-se a sazonalidade local, foram confeccionados mapas para datas distintas, de modo a representar os meses de inverno (julho de 2003) quando há sensibilidade mais baixa em comparação ao verão (dezembro de 2003). Para estes últimos, a maior sensibilidade se deve aos fatores hidrodinâmicos, os quais sugerem menor capacidade de limpeza natural do óleo e seus derivados em caso de derramamento. Os dados coletados e as informações geradas representam uma importante base de dados necessários a tomada de decisões para os casos de contenção de óleo e de seus derivados, derramados em áreas costeiras, baseados nas características das diferentes unidades geoambientais e seus respectivos ISLs.

## **Dissertação 49**

Título: **MAPEAMENTO DA ZONA COSTEIRA PROTEGIDA POR ARENITOS DE PRAIA (BEACHROCKS) EM NÍSIA FLORESTA - RN. 92 P.**

Autor: **Antonio Vicente Ferreira Júnior**

Orientador: Dr. Ricardo Farias do Amaral (PPGG/UFRN)

Co-Orientador: Dr. Francisco Hilário Rego Bezerra (PPGG/UFRN)

Data da defesa: 29/08/2005

Banca Examinadora:

Dr. Ricardo Farias do Amaral (PPGG/UFRN)

Dr. Antônio Jeovah de Andrade Meireles (DG/UFC)

Dr. Francisco Hilário Rego Bezerra (PPGG/UFRN)

**Área de concentração:** Geodinâmica

Linha de pesquisa: Geologia e Geofísica Aplicadas

### **Resumo**

O enfoque deste trabalho é o mapeamento detalhado da zona costeira do litoral sul do Estado do Rio Grande do Norte, com ênfase nos corpos de arenitos de praia e nas feições do meio físico a eles associadas. O mapeamento dos arenitos de praia e das feições litorâneas adjacentes justifica-se, dentre outros aspectos, pelo fato de que os arenitos de praia constituem um importante agente de proteção contra a erosão marinha. Eles dissipam a energia das ondas e possibilitam o aprisionamento de sedimentos no estirâncio. Na área estudada, constituem-se de faixas descontínuas, paralelas à linha de costa, apresentando-se emersos em alguns locais, mesmo durante as marés mais altas, quando ficam totalmente submersos ou parcialmente soterrados por sedimentos litorâneos. Esses arenitos compõem a paisagem de boa parte do litoral estudado e são responsáveis pela dissipação parcial da energia das ondas sobre a costa. A metodologia utilizada no presente trabalho constou de diferentes técnicas, como o uso de fotografias aéreas de pequeno formato (FAPEFs), aquisição de dados de sistema de posicionamento global (GPS) e, posteriormente, elaboração de mapas temáticos e de modelos digitais de terreno (MDTs). Os resultados obtidos no mapeamento de uso e ocupação do

solo demonstram a existência de forte pressão humana na zona costeira (lotes edificadas e não edificadas), abrangendo 54,7% de áreas ocupadas. Essa pressão tem levado a riscos de degradação devido à expansão inconseqüente de loteamentos e empreendimentos turísticos. O MDT apresentou-se como um excelente recurso, tanto visual como funcional, sendo possível visualizar vários ângulos e representar em três dimensões o relevo da área em estudo, bem como identificar as feições presentes na zona costeira. Dada a importância dos corpos de arenito de praia como um agente de proteção contra a erosão costeira, foram delimitadas faces nos arenitos com base em critérios geométricos, classificando-os em face central, face externa, face interna, quebras ou barretas, e incisões basais. Estes dois últimos estão associados à erosão e solapamento na base dos corpos. Dados de campo indicam claramente que o processo mais importante no fraturamento dos corpos está associado a mecanismos relacionados à gravidade, sendo as juntas formadas por processos de deslizamento gravitacional. Finalmente, o mapeamento da zona costeira a partir de fotografias aéreas de pequeno formato permitiu a identificação dos elementos que compõem a faixa de praia, por realizar com maior nível de detalhamento e por apresentar um melhor monitoramento da dinâmica da zona costeira.

### **Dissertação 50**

**Título: DOBRAMENTOS DISTENSIONAIS E A GEOMETRIA DA FALHA DE BAIXA GRANDE, GRABEN DE UMBUZEIRO, BACIA POTIGUAR (RN). 145 P.**

**Autor: Rodrigo Malheiros Pontes**

Orientador: Dr. Renato Darros Barros de Matos (PPGG/UFRN)

Co-Orientadora: Dra. Valéria Centurion Córdoba (PPGG/UFRN)

Data da defesa: 10/10/2005

Banca Examinadora:

Dr. Renato Darros Barros de Matos (PPGG/UFRN)

Dr. Luciano Portugal Magnavita (PETROBRAS)

Dra. Helenice Vital (PPGG/UFRN)

Dra. Valéria Centurion Córdoba (PPGG/UFRN)

**Área de concentração:** Geodinâmica

Linha de pesquisa: Evolução Litosférica e Processos Geodinâmicos

**Resumo**

Apesar do significativo estudo e exploração da Bacia Potiguar, extremo-leste da margem equatorial brasileira, pela indústria do petróleo, a bacia ainda permite uma interessante discussão acerca de sua origem e dos mecanismos de trapeamento de hidrocarbonetos associados. O mapeamento e interpretação de dados de sísmica de reflexão 3D da Falha de Baixa Grande, porção SW do *graben* de Umbuzeiro, aponta como responsável pela definição da arquitetura desta porção da bacia um processo de formacional, essencialmente, distensional. A geometria da Falha de Baixa Grande é a principal condição de contorno da deformação dos estratos sedimentares da fase sin-rifte da bacia. O desenvolvimento de geometrias do tipo piso - rampa é responsável pela formação de importantes dobramentos distensionais anticlinais, muitos deles portadores de hidrocarbonetos neste segmento da bacia. A predominante deformação distensional na área de estudo, marcada pelo desenvolvimento de falhas normais, associada a estruturas indicativas de obliquidade, sugere variações no regime distensional formador da Bacia Potiguar através de processos multifásicos. A variação nas direções estruturais ao longo da evolução da bacia permite a geração de zonas de comportamento local transtrativo e transpressivo, resultando no desenvolvimento do complexo padrão de formacional impresso nos estratos da fase sin-rifte da Bacia Potiguar. Análises sismoestratigráficas e de dados de poços indicam que a Falha de Baixa Grande atuou como falha lítrica de crescimento nos primeiros episódios de sedimentação da bacia. A criação de uma rampa de revezamento entre as Falhas de Baixa Grande e Carnaubais foi, provavelmente, responsável pelo equilíbrio entre as taxas de subsidência e aporte sedimentar, inibindo o funcionamento da falha como falha de crescimento. A análise de sismoseqüências permite, por fim, concluir que

a geração dos dobramentos distensionais é diacrônica, podendo estes ser sin- a pós-deposicionais.

### **Dissertação 51**

Título: **CARACTERIZAÇÃO GEOMORFOLÓGICA E PALEOGRÁFICA DA PLATAFORMA CONTINENTAL ADJACENTE AO RIO APODI - MOSSORÓ, RN / BRASIL. 74 P.**

Autora: **Samia Freire Lima**

Orientadora: Dra. Helenice Vital (PPGG/UFRN)

Data da defesa: 15/03/2006

Banca Examinadora:

Dra. Helenice Vital (PPGG/UFRN)

Dra. Valéria Centurion Córdoba (PPGG/UFRN)

Dr. Valdir Amaral Vaz Manso (CTG/UFPE)

Dr. George Satander Sá Freire (DG/UFC)

**Área de concentração:** Geodinâmica

Linha de pesquisa: Geologia Sedimentar e Marinha

### **Resumo**

As bacias marginais brasileiras têm um grande potencial gerador e acumulador de petróleo, em geral associados a um sistema de vales incisos que são desenvolvidos em resposta a queda do nível do mar. Esses sistemas estão diretamente relacionados com atividades econômicas desenvolvidas em regiões costeiras, como portos para indústria petrolífera, salineira, pesqueira e atividades recreativas para uma significativa fração da população mundial. Esta Dissertação apresenta a caracterização geomorfológica e paleogeográfica da plataforma continental brasileira adjacente à foz do rio Apodi - Mossoró (RN), através do uso integrado de imagens de satélite e geofísica de alta resolução (batimetria, sísmica e sonar de varredura lateral). Essa região está localizada na Bacia Potiguar, na margem equatorial Atlântica. A partir dos dados batimétricos, foi confeccionado e aferido um modelo digital de terreno (MDT) e desenvolvida uma análise geomorfológica detalhada, que integrada aos dados hidrodinâmicos proporcionou uma melhor compreensão dos fatores oceanográficos

ficos atuantes na área, de forma a entender a resposta geomorfológica dessa região afogada pela rápida subida do nível do mar no Holoceno. A principal feição identificada foi um canal submerso na plataforma interna, provavelmente relacionado com o sistema de vales incisos formados durante o rebaixamento do nível do mar no Pleistoceno. O canal tem duas direções principais (NW-SE e NE-SW), aparentemente controladas pelas estruturas tectônicas da Bacia Potiguar. A margem oeste do canal é relativamente soerguida em relação à margem leste. Este soerguimento é aqui relacionado à presença do Alto de Icapuí a oeste da área. Recifes e dunas submersas também estão presentes na área. Os recifes, relacionados a estruturas reliquiárias submersas como rochas de praia, podem indicar antigas linhas de costa posicionadas durante a subida do nível do mar. Com base nos dados sísmicos, foi possível identificar uma descontinuidade presente em toda a área interpretada como o limite Pleistoceno superior / Holoceno inferior, bem como sismofácies referentes a diferentes padrões de preenchimento e sedimentação do canal submerso e da plataforma durante a subida do nível do mar no Holoceno.

## **Dissertação 52**

**Título: ANÁLISE E CARACTERIZAÇÃO DA DINÂMICA DA FOZ DO RIO APODI, REGIÃO DE AREIA BRANCA (RN), COM BASE NA CARTOGRAFIA TEMÁTICA MULTITEMPORAL DE PRODUTOS DE SENSORES REMOTOS. 147 P.**

**Autor: Armando Bezerra de Araújo**

Orientador: Dr. Venerando Eustáquio Amaro (PPGG/UFRN)

Data da defesa: 30/03/2006

Banca Examinadora:

Dr. Venerando Eustáquio Amaro (PPGG/UFRN)

Dra. Tereza Cristina Medeiros de Araújo (CTG/UFPE)

Dra. Helenice Vital (PPGG/UFRN)

**Área de concentração:** Geodinâmica

Linha de pesquisa: Geologia Sedimentar e Marinha

## Resumo

A área estudada se localiza na porção costeira do litoral setentrional do Estado do Rio Grande do Norte, mais precisamente numa zona à oeste do rio Apodi - Mossoró, englobando os municípios de Tibau, Grossos e parte de Mossoró. Geologicamente, esta área é constituída por litotipos da Bacia Potiguar, representados por sedimentos cretáceos, terciários e quaternários. É caracterizada pela intensa ação de processos costeiros (transporte litorâneo e eólico, erosão generalizada, alterações no balanço de sedimentos e modificações na linha de costa) responsáveis por sua instabilidade morfológica, além da interferência antrópica, destacando-se a presença da indústria petrolífera nas proximidades de Mossoró. Pode-se ainda citar a exploração salineira e a forte tendência de expansão da carcinicultura. Este trabalho objetivou o monitoramento geoambiental multitemporal da região, por meio do reconhecimento de feições de campo e da análise de imagens de sensores orbitais de diferentes datas nas últimas quatro décadas. Esta análise se deu através de técnicas de processamento digital de imagens, as quais subsidiaram, em um SIG, a elaboração de mapas temáticos dos recursos naturais (geologia, geomorfologia, e uso e ocupação do solo) e de sensibilidade ambiental ao derramamento do óleo, principal objetivo deste trabalho. Tais técnicas constituem importantes ferramentas ao monitoramento e gerenciamento ambiental, denotando tendências de crescimento antrópico e natural. Elas possibilitam o planejamento adequado para o desenvolvimento da região, onde medidas poderão ser apontadas para minimizar possíveis impactos ambientais causados por interferências antrópicas na região, principalmente àquelas relacionadas às atividades industriais, sobretudo ligadas à indústria do petróleo. Estudos dessa natureza são de vital importância na análise e gerenciamento ordenado do uso e ocupação dos terrenos costeiros.

## **Dissertação 53**

Título: **MAPEAMENTO DE RECIFES NO RIO GRANDE DO NORTE: TOUROS A MACAU (RN). 66 P.**

Autor: **Claude Luiz Aguilar dos Santos**

Orientador: Dra. Helenice Vital (PPGG/UFRN)

Data da defesa: 30/03/2006

Banca Examinadora:

Dra. Helenice Vital (PPGG/UFRN)

Dr. Ruy Kenji Papa de Kikuchi (DG/UFBA)

Dr. Venerando Eustáquio Amaro (PPGG/UFRN)

**Área de concentração:** Geodinâmica

Linha de pesquisa: Geologia Sedimentar e Marinha

### **Resumo**

Estudos na plataforma continental brasileira entre Touros e Macau - RN (NE do Brasil) foram realizados com o objetivo de mapear construções carbonáticas, inorgânicas e recifais, utilizando técnicas de sensoriamento remoto, filmagem submarina, levantamento batimétrico e mergulho *in situ*. Três aspectos são abordados: (1) caracterização da fauna de corais; (2) classificação; e (3) distribuição das principais construções carbonáticas desta costa norte riograndense. Os resultados obtidos mostram que os ambientes recifais ocorrem predominantemente na plataforma interna da região de Touros (recifes de Sioba, Cação, Rio do Fogo e Maracajaú), litoral oriental. Estes recifes se aglomeram em conjuntos de cômoros e canteiros e essas aglomerações tomam geralmente orientação NW-SE, paralelos à linha de costa. Construções carbonáticas inorgânicas, onde a presença de corais é inexpressiva, ocorrem a uma profundidade média de 25 m (entre as isóbatas de 20 e 30 m), ao longo de toda a área estudada, sendo classificados como bancos areníticos. Outras construções inorgânicas, embora de menor extensão e menor altura, foram mapeadas a profundidades em torno de 10 m. Podem ser relacionadas a uma linha de costa pretérita. Entretanto, a unidade litoestratigráfica correspondente a

esses bancos não foi definida. O mapeamento das construções carbonáticas (e em especial dos recifes) desenvolvido neste trabalho se constitui em uma contribuição ao levantamento de dados sobre ocorrência de corais na costa do Rio Grande do Norte.

#### **Dissertação 54**

Título: **TÉCNICAS DE AQUISIÇÃO DE DADOS GEOLÓGICOS COM TECNOLOGIA LIDAR. 89 P.**

Autor: **Ronaldo Cavalcante Freire**

Orientador: Dr. Francisco Pinheiro Lima Filho (PPGG/UFRN)

Data da defesa: 16/06/2006

Banca Examinadora:

Dr. Francisco Pinheiro Lima Filho (PPGG/UFRN)

Dr. Ricardo Farias do Amaral (PPGG/UFRN)

Dr. Cláudio Pires Florêncio (PETROBRAS/UN-RNCE)

**Área de concentração:** Geodinâmica

Linha de pesquisa: Geologia e Geofísica Aplicadas

#### **Resumo**

Esta Dissertação apresenta os resultados obtidos de aquisições de campo com modernas técnicas de mapeamento digital de afloramentos e de modelagem tridimensional, como a emergente tecnologia LIDAR (*Light Detection and Ranging*) e o GPR (*Ground Penetrating Radar*). O afloramento escolhido localiza-se na borda sudeste da Bacia do Parnaíba, situado no Parque Nacional da Serra das Confusões, Estado do Piauí. O objetivo principal deste trabalho é apresentar e avaliar as técnicas de aquisição de dados geológicos com a tecnologia LIDAR, além da construção de um modelo determinístico 3D no *software* GoCAD, integrando os dados de superfície do *Laser Scanner* e os dados de subsuperfície do GPR. Foram descritas cinco técnicas de aquisição de dados geológicos com o *Laser Scanner*: (a) sistema de alvos; (b) sistema de nuvens de pontos; (c) sistema de pontos topográficos; (d) única cena ou cena isolada; e (e) sistemas alternativos. A metodologia foi compartimentada em quatro etapas:

seleção do afloramento, aquisição de superfície com a tecnologia LIDAR, aquisição de subsuperfície com o GPR, integração dos dados e modelagem 3D. Além da aquisição na Bacia do Parnaíba, foi realizada outra com a tecnologia LIDAR nas instalações da empresa Millennium Lyondell, no Estado da Paraíba, com objetivo de exemplificar para o meio geocientífico outras aplicações dessa tecnologia. As aquisições dos dados de superfície (LIDAR) foram realizadas com o equipamento modelo HDS 3000 da Leica Geosystem, com auxílio de uma Estação Total modelo 3305 DR da marca Trimble para posicionar as estações de trabalho do *Laser Scanner*. O GPS Geodésico (RTK Topcon) foi utilizado em conjunto com o *Laser Scanner* para georreferenciamento dos dados. O GPR foi realizado com o equipamento RAMAC da Mala Geoscience. Foram levantados perfis com as antenas de 100 MHz e de 200 MHz, com aquisição no modo passo a passo, empilhamento de 256 vezes, espaçamento de 20 cm e número de amostragem de 512. A modelagem tridimensional dos dados foi realizada utilizando-se dois *softwares* específicos para ambientes 3D: Cyclone 5.2 e GoCAD 2.1. No GoCAD foram integrados os dados do *Laser Scanner*, Estação Total e do GPR, e construído o modelo determinístico 3D do afloramento.

### **Dissertação 55**

Título: **CONDUTIVIDADE TÉRMICA DE ROCHAS: UMA APLICAÇÃO PARA GRANITOS ORNAMENTAIS. 91 P.**

Autor: **Edgar Romeo Herrera de Figueiredo**

Orientador: Dr. Antonio Carlos Galindo (PPGG/UFRN)

Data da defesa: 24/08/2006

Banca Examinadora:

Dr. Antonio Carlos Galindo (PPGG/UFRN)

Dr. Adejardo Francisco da Silva Filho (CTG/UFPE)

Dr. Fernando Antônio Pessoa Lira Lins (PPGG/UFRN)

**Área de concentração:** Geodinâmica

Linha de pesquisa: Geologia e Geofísica Aplicadas

## Resumo

Esta Dissertação aborda o tema condutividade térmica de rochas e sua correlação com aspectos petrográficos, texturais e geoquímicos, principalmente em rochas graníticas. O intuito é demonstrar as relações destas variáveis tentando elucidar o comportamento do efeito térmico nas rochas. Os resultados poderão ser úteis em diversas aplicações, por exemplo, no entendimento e aferição de resultados de fluxo térmico regional, na predição do comportamento térmico de rochas baseados na avaliação macroscópica (textura e mineralogia) no segmento de construção civil. Objetiva, portanto, fornecer informações mais precisas no que diz respeito ao refinamento de dados sobre propriedades térmicas, enfatizando a condutividade térmica de materiais rochosos e especialmente na indústria de rochas ornamentais. Com isto, pretende-se abrir uma discussão sobre a utilização destas variáveis como novo parâmetro tecnológico diretamente relacionado ao conforto térmico. Os dados de condutividade térmica foram obtidos a partir de um equipamento medidor de propriedades térmicas da marca Anter Corporation, modelo Quickline™ -30. As medidas foram realizadas a temperaturas variando entre 25 e 38°C em amostras com 2 cm de espessura e área com pelo menos 6 cm de diâmetro. Quanto aos dados petrográficos, os resultados demonstraram haver boas correlações com o conteúdo de quartzo e de minerais máficos. A correlação linear entre a mineralogia e a condutividade térmica revelou uma relação positiva da condutividade térmica com a percentagem de quartzo, e diminuição com o aumento de minerais máficos. Já os feldspatos (K-feldspato e plagioclásio) mostram dispersão. A influência do quartzo fica mais evidente quando são comparados os conjuntos de amostras com >20% e <20%. O primeiro conjunto (sienogranitos, monzogranitos, granodioritos) exibe em sua grande maioria valores de condutividade acima de 2,5 W/mK, enquanto o segundo grupo (sienitos, monzonitos, gabros, dioritos) tem condutividade térmica média abaixo de 2,5 W/mK.

Modalmente, as rochas analisadas plotam como álcali-feldspato granito a tonalito e de sienitóide a gabro e diorito no clássico diagrama QAP. Quanto às texturas, verificou-se que os litotipos considerados grossos / porfiríticos em geral mostraram melhores correlações quando comparados aos litotipos de textura fina / média. No caso do quartzo, os litotipos grossos / porfiríticos revelam maior fator de correlação, quando comparados aos finos / médios. Não há correlação previsível quanto aos feldspatos (K-feldspato e plagioclásio). No caso dos minerais máficos, tanto os tipos grossos/porfiríticos quanto os finos/médios mostraram correlações negativas, sendo os menores fatores de correlação obtidos em relação ao quartzo. A correlação dos dados de condutividade térmica com os de geoquímica confirmou, em grande parte, os resultados de mineralogia. Observou-se que a correlação, quando existe, é linear. Este comportamento foi verificado principalmente com o  $\text{SiO}_2$ . Neste caso, nota-se uma correlação similar à observada com o quartzo, ou seja, aumento da condutividade térmica com incremento de  $\text{SiO}_2$ . Outro aspecto observado é que rochas básicas a intermediárias apresentaram valores sempre inferiores a 2,5 W/mK, comportamento similar ao observado em rochas com quartzo <20%. Já as rochas ácidas apresentaram valores acima de 2,5 W/mK, comportamento similar ao observado em rochas com quartzo >20% (graníticas). Nos demais casos, os fatores de correlação são sempre baixos apresentando comportamento inverso, sendo observado para  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ , e  $\text{TiO}_2$ . Quanto ao  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{K}_2\text{O}$  e  $\text{Na}_2\text{O}$ , os resultados não são conclusivos. O conhecimento das propriedades térmicas em especial a condutividade térmica e sua aplicação na construção civil mostrou-se bastante satisfatória, pois envolve tanto aspectos tecnológicos quanto aspectos do conforto térmico favorecendo em todos os casos resultados rápidos, baratos e precisos. A relação da condutividade térmica com a dilatação térmica linear também mostrou resultados satisfatórios em especial quando fica demonstrado o papel do quartzo como fase comum e determi-

nante entre as duas variáveis. O estudo da condutividade térmica, aliada a densidade dos materiais rochosos, poderá servir como ferramenta adicional na escolha de materiais quando se levar em consideração aspectos do cálculo estrutural e do conforto térmico, pois no caso das rochas ornamentais há uma pequena variação da densidade em detrimento da variação considerável da condutividade térmica.

### **Dissertação 56**

Título: **SISTEMAS ORBITAIS E AÉREOS APLICADOS À ANÁLISE MULTI-ESCALA NA BORDA SUDESTE DA BACIA DO PARNAÍBA. 115 P.**

Autora: **Ana Paula Justo**

Orientador: Dr. Francisco Hilário Rego Bezerra (PPGG/UFRN)

Data da defesa: 25/08/2006

Banca Examinadora:

Dr. Francisco Hilário Rego Bezerra (PPGG/UFRN)

Dr. Cláudio Limeira Mello (IG/UFRJ)

Dr. Venerando Eustáquio Amaro (PPGG/UFRN)

**Área de concentração:** Geodinâmica

Linha de pesquisa: Geologia Sedimentar e Marinha

### **Resumo**

A atividade tectônica atuante na borda sudeste da Bacia do Parnaíba resultou em ampla gama de estruturas rúpteis que afetaram rochas sedimentares siliciclásticas. Esta atividade tectônica e as falhas, juntas e dobras são pouco conhecidas. Os principais objetivos deste estudo foram: (1) identificar lineamentos através de sistemas de sensores remotos; (2) checar como a interpretação com base nestes sistemas em diversas escalas influencia a identificação de lineamentos; e (3) contribuir para o conhecimento da tectônica rúptil na borda sudeste da Bacia do Parnaíba. A integração de sistemas orbitais e aéreos permitiu a identificação, classificação e quantificação multi-escala de lineamentos. Mapas de lineamentos foram elaborados nas seguintes escalas: 1:200.000 (radar da SRTM

- *Shuttle Radar Topographic Mission*), 1:50.000 (satélite Landsat 7 ETM+), 1:10.000 (fotografias aéreas) e 1:5.000 (satélite Quickbird). A classificação das feições com significado estrutural possibilitou a determinação de quatro conjuntos estruturais: NW, NS, NE, E-W. Eles geralmente foram identificados em todos os sistemas de sensores remotos. O conjunto NE não foi facilmente identificado nas fotografias aéreas. Este conjunto, bem como o NW, foram visualizados mais nitidamente nas imagens dos sistemas de média resolução (SRTM e Landsat 7 ETM+). Os conjuntos NS e E-W foram melhor identificados nos produtos de sensores de alta resolução (fotografias aéreas e satélite Quickbird). O significado estrutural dos lineamentos foi estabelecido após o trabalho de campo. O conjunto NE está associado a falhas normais e transcorrentes, inclusive bandas de deformação. Estas são as estruturas mais antigas identificadas na região e são relacionadas à reativação de estruturas do embasamento pré-cambriano. O conjunto NW representa falhas transcorrentes e normais subordinadas. A dispersão deste conjunto sugere uma origem mais recente que as estruturas inseridas no conjunto NE. O conjunto NW pode estar relacionado ao lineamento Picos - Santa Inês. Os conjuntos NS e E-W correspondem a juntas de grande porte (comprimentos de 100 m a 5 km). As relações de truncamento entre estes sistemas de juntas indicam que o conjunto E-W é mais antigo que o N-S. A metodologia desenvolvida pelo presente trabalho é uma ferramenta excelente para o entendimento das estruturas regionais e locais na Bacia do Parnaíba. Isto auxilia na escolha do sistema de sensor remoto mais indicado para identificar feições rúpteis em uma bacia sedimentar pouco conhecida.

### **Dissertação 57**

Título: **CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA, GEOQUÍMICA E GEOCRONOLÓGICA DA SUÍTE PLUTÔNICA NEOPROTEROZÓICA DA REGIÃO DE SERRINHA, PORÇÃO CENTRO-LESTE DO MACIÇO SÃO JOSÉ DE CAMPESTRE, SUDESTE DO RN. 175 P.**

Autor: **Luiz Gustavo da Silveira Dias**

Orientador: Dr. Antonio Carlos Galindo (PPGG/UFRN)

Co-Orientador: Dr. Zorano Sérgio de Souza (PPGG/UFRN)

Data da defesa: 31/08/2006

Banca Examinadora:

Dr. Antonio Carlos Galindo (PPGG/UFRN)

Dr. Elton Luiz Dantas (IG/UnB)

Dr. Fernando César Alves da Silva (PPGG/UFRN)

**Área de concentração:** Geodinâmica

Linha de pesquisa: Evolução Litosférica e Processos Geodinâmicos

## Resumo

A suíte plutônica da região de Serrinha, localizada no extremo nordeste da Província Borborema (NE do Brasil), caracteriza-se por um volumoso e diversificado magmatismo de idade neoproterozóica, intrusivo no substrato gnáissico-migmatítico, de idade arqueana a paleoproterozóica, do Maciço São José de Campestre. Relações de campo e dados petrográficos e geoquímicos permitiram individualizar os diferentes tipos litológicos desta suíte plutônica, que são representados por enclaves intermediários a máficos, rochas dioríticas porfiríticas, granitóides porfiríticos, granodioritos porfiríticos, granitos microporfiríticos e diques / *sheets* de microgranitos. Os enclaves intermediários a máficos ocorrem, principalmente associados aos granitóides porfiríticos, exibindo feições de mistura. Os dioritos porfiríticos ocorrem como corpos isolados, associados com enclaves intermediários a máficos, e localmente como enclaves nos granitos porfiríticos. Os granodioritos representam uma fácies típica de mistura entre um magma intermediário a máfico, diorítico, e outro ácido, granítico. Os granitos microporfiríticos apresentam-se como pequenos corpos isolados, geralmente deformados. Os diques e *sheets* micrograníticas são tardios na seqüência magmática da área estudada, com relações intrusivas nas demais unidades magmáticas. Uma idade U-Pb em zircão de  $576 \pm 3$  Ma foi obtida para o granito Serrinha, que ocorre controlado por uma zona de cisalhamento de direção geral E-W (Zona de Cisalhamento Rio Jacu). Tendo em vista o caráter sintectônico desse plúton, essa idade

marca a sua colocação e o pico da deformação  $D_3$  associada. Este evento é responsável pela atual arquitetura estrutural da área mapeada, com geração da tectônica transcorrente / distensional impressa nas zonas de cisalhamento que controlam o alojamento dos plútons neoproterozóicos. Os granitóides porfiríticos apresentam composição predominantemente monzogranítica, com características transicionais entre peraluminosos e metaluminosos, tipicamente de afinidade subalcalina (cálcio-alkalina de alto K). Os enclaves intermediários a máficos variam de quartzo dioritos a tonalitos / granodioritos, com textura fanerítica fina a média. São rochas metaluminosas de afinidade shoshonítica. As rochas dioríticas porfiríticas são principalmente quartzo monzodioritos com textura inequigranular porfirítica, com predomínio de fenocristais de plagioclásio imersos numa matriz composta por biotita e piroxênios. São rochas metaluminosas, de afinidade subalcalina máfica. Os granitos microporfiríticos são essencialmente monzogranitos de textura fina a média, inequigranular, e os diques e *sheets* de microgranitos apresentam composição variando de monzogranitos a sienogranitos, com textura fina, equigranular. Apesar da pouca quantidade de dados, essas rochas apresentam características de afinidade geoquímica com a série cálcio-alkalina de alto K. O diversificado magmatismo ocorrendo em uma superfície relativamente pequena, associado a zonas de cisalhamento, apontam dimensões litosféricas para essas estruturas, com extração de magmas a partir de diferentes níveis da crosta e do manto superior. As características geológicas, geoquímicas e geocronológicas da suíte plutônica neoproterozóica da região de Serriinha sugerem um contexto geodinâmico pós-colisional para a colocação dos corpos estudados ao final da orogênese neoproterozóica. Dados termobarométricos apontam condições P-T da ordem de 5-6 kbar (Al em anfibólio) e 730-740°C (par plagioclásio-anfibólio) para a colocação dos granitóides porfiríticos e enclaves intermediários a máficos associados.

## **Dissertação 58**

Título: **SISTEMA INTEGRADO PARA TOMADA DE DECISÃO ESPACIAL EM SITUAÇÕES DE DERRAMAMENTO DE ÓLEO NO LITORAL NORTE DO ESTADO DO RN. 83 P.**

Autor: **Clenúbio Feitosa de Souza**

Orientador: Dr. Venerando Eustáquio Amaro (PPGG/UFRN)

Data da defesa: 09/10/2006

Banca Examinadora:

Dr. Venerando Eustáquio Amaro (PPGG/UFRN)

Dra. Valéria Gonçalves Soares (DI/UFPB)

Dra. Helenice Vital (PPGG/UFRN)

**Área de concentração:** Geodinâmica

Linha de pesquisa: Geologia Ambiental

### **Resumo**

O litoral sententrional do Estado do Rio Grande do Norte apresenta áreas da Bacia Potiguar com intensa atividade da indústria petrolífera. Com a finalidade de prevenir e minimizar os riscos de acidentes com óleo se faz necessário compreender a vulnerabilidade natural, mapear os recursos naturais e monitorar os derrames de óleo. O uso de ferramentas computacionais para o monitoramento ambiental possibilita uma melhor análise e tomada de decisão no planejamento de políticas de conservação ambiental. A presente Dissertação apresenta uma metodologia de trabalho para o monitoramento de impactos ambientais, com o propósito de avaliar e proteger as regiões sensíveis ao contato do óleo. A metodologia consiste em desenvolver e implantar um sistema integrado, constituindo um Sistema de Apoio à Decisão Espacial (SADE). O SADE apresenta uma infra-estrutura computacional composta pelo SWIGG (Sistema Web de Informações Geográficas e Geoambientais), o AutoMSA (Automatizador de Mapas de Sensibilidade Ambiental para derramamentos de Óleo) e o Sistema BAsE de Hidrodinâmica Ambiental (SisBAHIA - um Sistema de Modelagem e Simulação Numérica- SMSN). Em um cenário de derramamento de óleo ocorrido próximo às áreas costeiras do litoral norte do Estado do RN, a integração destes sistemas disponibilizará aos agentes

responsáveis pelo gerenciamento dos danos ambientais um sistema de suporte a tomada de decisão espacial.

### **Dissertação 59**

Título: **EVOLUÇÃO TERMOCRONOLÓGICA DO SISTEMA DE FALHAS SENADOR POMPEU - CE. 56 P.**

Autor: **Antonio Sânzio Ávila Cavalcante**

Orientador: Dr. Jaziel Martins Sá (PPGG/UFRN)

Data da defesa: 27/11/2006

Banca Examinadora:

Dr. Jaziel Martins Sá (PPGG/UFRN)

Dr. Pedro José Iunes (IFGW/UNICAMP)

Dr. Francisco Hilário Rego Bezerra (PPGG/UFRN)

**Área de concentração:** Geodinâmica

Linha de pesquisa: Evolução Litosférica e Processos Geodinâmicos

### **Resumo**

A região da Zona de Cisalhamento Senador Pompeu (ZCSP), no domínio tectônico setentrional da Província Borborema (PB), têm sua história mais recente relacionada principalmente ao evento de formação do Oceano Atlântico Sul no fim do Jurássico. Diversos modelos geológicos têm discutido a existência de eixos de arqueamento crustal, tanto em escala local como na escala do núcleo nordestino, relacionados às principais direções tectônicas regionais. A identificação e a correlação entre estas superfícies, tectonicamente reorganizadas em diversos níveis topográficos, é dificultada em razão do adiantado processo de desmonte a que foram submetidas. Além disto, a distribuição dos registros sedimentares é complexa e há uma carência de registros bio-estratigráficos em depósitos continentais. A metodologia de análise por traços de fissão em apatita na região da ZCSP buscou um melhor entendimento dos mecanismos e o aperfeiçoamento dos modelos de evolução morfotectônica elaborados para a área em foco. Com este fim, foram modeladas a idade e a história térmica de 11 amostras de apatita, coletadas em ambos os lados desta

zona de cisalhamento, estabelecendo-se a correlação com os resultados obtidos por outros estudos termocronológicos realizados na PB. De acordo com o modelo termal obtido nesta pesquisa, a região da PB se desenvolveu em dois episódios distintos de resfriamento, intercalados por um período de relativa estabilidade. O primeiro episódio ocorreu entre 130 e 90 Ma, tendo iniciado quando as amostras cruzaram pela última vez a isoterma de 120°C, tendo encerrado em 70°C. O segundo momento do processo de resfriamento foi iniciado aproximadamente há 30 Ma, quando a temperatura era de 90°C, tendo se estendido até o equilíbrio com as temperaturas atuais da superfície em 30°C. Os fundamentos desta interpretação são obtidos principalmente por estudos comparativos entre resultados de análises termocronológicas e de estudos geológicos realizados por outros autores na PB. Deste modo, as interpretações aqui esboçadas são coerentes com evidências de soerguimento para a Zona de Cisalhamento Portalegre e da porção de topo da Bacia do Araripe (seqüência albiana-cenomaniana), onde se evidenciou soerguimento há cerca de 100 Ma. Estas idades são compatíveis com o modelo termal da ZCSP. Estes dois períodos da história térmica da PB estão integralmente registrados nas amostras de apatita de apenas um dos grupos de idades de traços de fissão, compreendendo as idades mais antigas. Este fato foi atribuído a um aquecimento anterior a 75 Ma, que pode ter obliterado o registro nestas amostras do primeiro momento da evolução do relevo da PB. A reativação de estruturas NNE-SSW e E-W pode ter criado as condições ideais para este aquecimento e elevação dos gradientes geotérmicos locais. O equilíbrio entre as temperaturas das apatitas deste grupo com as condições geotérmicas regionais ocorreu por volta de 50 Ma, situação em que as amostras dos dois grupos de idade seguiram evolução similar até as temperaturas atuais de superfície.

## Dissertação 60

Título: **CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA TRIDIMENSIONAL E MONITORAMENTO DE DUNAS NO LITORAL ORIENTAL DO RIO GRANDE DO NORTE. 95 P.**

Autora: **Verônica Dantas de Araújo**

Orientadora: Dra. Valéria Centurion Córdoba (PPGG/UFRN)

Co-Orientador: Dr. Francisco Pinheiro Lima Filho (PPGG/UFRN)

Data da defesa: 22/12/2006

Banca Examinadora:

Dra. Valéria Centurion Córdoba (PPGG/UFRN)

Dr. Cláudio Pires Florêncio (PETROBRAS/UN-RNCE)

Dr. Francisco Pinheiro Lima Filho (PPGG/UFRN)

**Área de concentração:** Geodinâmica

Linha de pesquisa: Geologia Sedimentar e Marinha

### Resumo

Este trabalho apresenta os resultados geológicos e geofísicos obtidos em um campo de dunas situados no litoral oriental do Rio Grande do Norte e teve como objetivo definir as geometrias deposicionais dos corpos eólicos para posterior aplicação na modelagem geológica de campos produtores de óleo e gás de origem eólica. A pesquisa foi realizada em uma região de *blowouts*, situada no município de Nísia Floresta (RN), onde foi possível definir a superfície externa com o uso do GPS geodésico e a estruturação interna utilizando o GPR (*Ground Penetrating Radar*). Estes dados foram integrados no *software* de modelagem geológica GoCad, permitindo a visualização tridimensional e interpretação dos depósitos estudados. O levantamento de perfis geofísicos permitiu a investigação da geometria interna dos depósitos, nos quais foi possível reconhecer superfícies limitantes de 1ª ordem (superfície deposicional que separa os depósitos eólicos de rochas da Formação Barreiras), 2ª ordem (superfície que separa diferentes pulsos de sedimentação eólica) e 3ª ordem (superfícies de reativação). A classificação destas superfícies foi baseada e modificada de propostas da literatura. Foram ainda definidas quatro radarfácies, com base na forma e terminação dos refletores: Radarfácies 1, repre-

sentada por refletores progradantes, os quais se relacionam aos *foresets* das acumulações eólicas; Radarfácies 2, que é constituída por refletores plano-paralelos, os quais são atribuídos a lençóis de areia; Radarfácies 3, que também compreende refletores plano-paralelos, porém, neste caso, correspondem a depósitos de retrabalhamento da crista da duna de *blowout* e Radarfácies 4, refletores montiformes, os quais representam montículos de areia vegetados ou artificios enterrados em subsuperfície. Os métodos GPR e GPS também foram empregados enfocando o monitoramento de dunas costeiras susceptíveis à ação antrópica na praia de Búzios, onde construções ao longo da região de *blowouts* e a prática intensiva de turismo estão modificando o desenvolvimento natural destas acumulações eólicas, podendo gerar impactos ambientais negativos para a zona costeira. Dados obtidos numa área situada no Parque das Dunas (unidade de conservação ambiental) foram utilizados para comparação com as informações adquiridas em Búzios. Há uma tendência maior de erosão na área de Búzios, notadamente no corredor do *blowout* e na duna de *blowout*.

### **Dissertação 61**

Título: **A LIQUEFAÇÃO EM SEDIMENTOS ALUVIONARES QUATERNÁRIOS NO VALE DO RIO AÇU (RN). 69 P.**

Autora: **Elissandra Nascimento de Moura Lima**

Orientador: Dr. Francisco Hilário Rego Bezerra (PPGG/UFRN)

Data da defesa: 16/03/2007

Banca Examinadora:

Dr. Francisco Hilário Rego Bezerra (PPGG/UFRN)

Dr. Cláudio Riccomini (IG/USP)

Dr. Francisco Pinheiro Lima Filho (PPGG/UFRN)

**Área de concentração:** Geodinâmica

Linha de pesquisa: Geologia Sedimentar e Marinha

### **Resumo**

A liquefação tem sido vista como um dos mais importantes resultados de deformação em sedimento. É o processo pelo qual sedimentos

saturados em água se comportam como um líquido em consequência do aumento na pressão entre os poros do sedimento. A liquefação pode causar a desestabilização e rachaduras de edifícios, colapso do solo e outros danos que podem afetar a segurança pública. Foi investigada liquefação em sedimentos aluvionares pleistocênicos recentes ao longo do vale do Açu, parte central da Bacia Potiguar, Estado do Rio Grande do Norte. Foram realizados mapeamento geológico, análise de fácies, análise granulométrica, investigação por *Ground Penetrating Radar* (GPR) e datação por luminescência, para elucidar questões como o posicionamento estratigráfico das feições de liquefação, sua geometria externa e interna, idade, bem como sua origem. Os depósitos sedimentares são compostos principalmente por cascalho e areia grossa depositados em canais fluviais. Cada ciclo do canal é composto geralmente por camadas que apresentam granodecrescência ascendente, variando desde cascalho na base a silte-argila no topo do ciclo. As feições de liquefação ocorrem nos conglomerados e são reconhecidas geralmente na forma de diques, pilares e bolsões, que podem ocorrer conjuntamente como uma única estrutura. Representam o colapso dos clastos em uma matriz siltico-arenosa depois do escape ascendente do fluxo causado pelo aumento na pressão de fluido. A análise da atitude dos clastos com fração granulométrica superior a de seixos indica que estes rotacionaram seu maior eixo para vertical enquanto migravam para o centro da estrutura. Trincheiras e dados de GPR indicaram também que as estruturas de liquefação apresentam feições na forma de bolsões em secção vertical e formas alongadas em planta. As evidências encontradas sugerem que as estruturas de liquefação no vale do rio Açu foram causadas por paleossismos. Entretanto uma origem não-sísmica não pode ser descartada para algumas das estruturas em questão. As estruturas descritas no atual estudo já haviam sido identificadas no registro geológico quaternário do Brasil.

## **Dissertação 62**

Título: **ANISOTROPIA SÍSMICA CRUSTAL NA REGIÃO DE CASCAVEL (CE). 42 P.**

Autor: **Sandro Giovanni de Farias Alves Gomes**

Orientador: Dr. Aderson Farias do Nascimento (PPGG/UFRN)

Data da defesa: 30/03/2007

Banca Examinadora:

Dr. Aderson Farias do Nascimento (PPGG/UFRN)

Dr. Marcelo Sousa de Assumpção (IAG/USP)

Dr. Francisco Hilário Rego Bezerra (PPGG/UFRN)

**Área de concentração:** Geofísica

Linha de pesquisa: Evolução Litosférica e Processos Geodinâmicos

### **Resumo**

Este trabalho apresenta um estudo sobre a anisotropia sísmica crustal na região de Cascavel (CE). Para tal análise, foram utilizados os dados cedidos pelo Laboratório Sismológico da UFRN, coletados durante o período de 29 de setembro de 1997 a 5 de março de 1998, através de uma rede sismográfica digital de três componentes, composta por seis estações. Frequentemente, a causa da anisotropia sísmica crustal em inúmeras regiões do mundo é interpretada como sendo efeito do alinhamento de poros e microfraturas saturados por fluidos, induzido pelo regime de esforço atual (EDA). Recentemente, pesquisas realizadas na região Nordeste do Brasil apresentaram uma interpretação cujos resultados para as observações da anisotropia crustal apontaram uma consistência das direções de polarização da onda S mais rápida (onda S1), com a petrotrama dúctil pré-cambriana. Para o mapeamento dos lineamentos pré-cambrianos na região, usamos os resultados obtidos da assinatura magnética da área, já que a mesma é coberta por sedimentos (de até 50m de espessura), tornando difícil o mapeamento desses alinhamentos em campo. Observações de direções de polarização da onda S mais rápida obtidas por esta Dissertação, em quatro estações sismográficas, para a região de Cascavel, mostram consistência com o mecanismo da EDA para duas estações. Para

as outras duas estações sismográficas restantes, a anisotropia observada pode ter duas interpretações: (i) rotação de 90° na direção de polarização da onda S1, uma vez que os raios sísmicos percorreriam trajetórias ao longo da zona de falha, e de a mesma estar sobre uma pressão de poro alta e (ii) a anisotropia observada concordaria com a petrotrama dúctil pré-cambriana.

### **Dissertação 63**

Título: **ANÁLISES ESTRATIGRÁFICA E ESTRUTURAL DA SEÇÃO RIFTE (VALANGINIANO AO BARREMIANO) NA ÁREA DO LEVANTAMENTO SÍSMICO 3D DE BAIXO VERMELHO, BACIA POTIGUAR EMERSA. 153 P.**

Autora: **Katiane dos Santos Salviano**

Orientadora: Dra. Valéria Centurion Córdoba (PPGG/UFRN)

Co-Orientador: Dr. Renato Marcos Darros de Matos (Quantra Petróleo)

Data da defesa: 30/03/2007

Banca Examinadora:

Dra. Valéria Centurion Córdoba (PPGG/UFRN)

Dr. Renato Marcos Darros de Matos (Quantra Petróleo)

Dra. Débora do Carmo Sousa (DG/UFRN)

**Área de concentração:** Geodinâmica

Linha de pesquisa: Geologia Sedimentar e Marinha

### **Resumo**

A área de Baixo Vermelho, localizada na porção norte do *graben* de Umbuzeiro (Bacia Potiguar emersa), representa um exemplo típico de uma bacia do tipo rifte, caracterizada, em subsuperfície, pela seqüência sedimentar rifte, correlata à Formação Pendência (Valanginiano - Barremiano), e pelo Sistema de Falhas de Carnaubais. Dentro deste contexto, duas abordagens principais nortearam o estudo, a estratigráfica e a estrutural, em que se lançou mão da interpretação do volume sísmico 3D de Baixo Vermelho e de oito poços exploratórios da área e adjacências. A análise estratigráfica do intervalo do Valanginiano ao Barremiano foi realizada em duas fases distintas, 1D e 2D, nas quais foram adaptados os

conceitos básicos da estratigrafia de seqüências. Nestas fases, a análise individual de cada poço e a correlação entre os mesmos permitiu reconhecer as principais litofácies presentes, interpretar os sistemas deposicionais vigentes e identificar as unidades genéticas e as superfícies-chave de caráter cronoestratigráfico. As litofácies analisadas constituem, predominantemente, conglomerados, arenitos, siltitos e folhelhos, ocorrendo, ainda, de forma subordinada, rochas carbonáticas e margas. Com base nas associações destas litofácies foram interpretados os sistemas deposicionais de leque aluvial, flúvio-deltáico e lacustre. O sistema de leque aluvial é composto, principalmente, por depósitos conglomeráticos, os quais se desenvolveram, principalmente, na porção sul da área, estando diretamente associados ao Sistema de Falhas de Carnaubais. O sistema flúvio-deltáico, por sua vez, foi desencadeado, preferencialmente, na porção noroeste da área, na margem flexural, sendo caracterizado por arenitos grossos a finos intercalados a folhelhos e siltitos. Em contrapartida, o sistema lacustre, o mais dominante na área investigada, é formado principalmente por folhelhos que ocorrem, por vezes, intercalados a delgadas camadas de arenitos finos a muito finos, interpretados como depósitos turbidíticos. As unidades da estratigrafia de seqüências reconhecidas nos poços estão representadas pelos conjuntos de parasseqüências, tratos de sistemas e seqüências deposicionais. Os conjuntos de parasseqüências, ora progradacionais, ora retrogradacionais, foram agrupados e relacionados aos tratos de sistemas. A predominância dos conjuntos de parasseqüências progradacionais (trama geral com engrossamento textural para o topo) caracteriza o Trato de Sistemas Regressivo, ao passo que a ocorrência, com maior freqüência, dos conjuntos de parasseqüências retrogradacionais (trama geral com afinamento textural para o topo) representam o Trato de Sistemas Transgressivo. Na análise sismoestratigráfica, as litofácies descritas nos poços foram relacionadas às sismo fácies caótica, progradacional e paralela / subparalela, as quais se associam, freqüente-

mente, aos sistemas de leques aluviais, flúvio-deltáico e lacustre, respectivamente. Nesta análise foram mapeados quinze horizontes sísmicos que correspondem aos limites de seqüências deposicionais e às superfícies de inundação máxima, que separam o trato de sistemas transgressivo do regressivo. O reconhecimento de ciclos transgressivo-regressivo permitiu identificar nove seqüências deposicionais, possivelmente de 3ª ordem, relacionadas a ciclos tectono-sedimentares. A análise estrutural, por sua vez, foi realizada no volume sísmico de Baixo Vermelho, que mostra, com clareza, a complexidade estrutural impressa na área, relacionada, principalmente, ao Sistema de Falhas de Carnaubais, que atua como um importante sistema de falhas de borda de rifte. Este sistema de falhas é caracterizado por um arranjo principal de falhas normais NE-SW, em que a Falha de Carnaubais representa a expressão máxima destes lineamentos. A Falha de Carnaubais corresponde a uma falha com geometria tipicamente lítrica, direcionada segundo a direção geral N70°E, mergulhando para noroeste. Apresenta-se, ao longo de todo o volume sísmico, com variações em sua superfície, as quais condicionaram, em seus estágios evolutivos, a formação de inúmeras feições estruturais, que são comumente identificadas na Formação Pendência. Nesta unidade, parte das feições está relacionada à formação de dobramentos longitudinais (estrutura do tipo *rollover* e dobramentos distensionais associados), decorrentes do deslocamento do plano da falha principal, propiciando variações na geometria e espessura dos estratos adjacentes, os quais foram depositados sincronicamente. Outras feições estruturais estão relacionadas a falhamentos secundários, tanto sintéticos quanto antitéticos à Falha de Carnaubais. De uma maneira geral, estas falhas têm continuidade lateral limitada, com formato planar a lítrico e, aparentemente, desempenham o papel de acomodação da deformação distensional imposta na área. Assim, a interação entre as análises stratigráfica e estrutural, alicerçadas pela excelente qualidade dos dados utilizados, permitiu obter um melhor

entendimento sobre a evolução tectono-sedimentar do intervalo Valanginiano ao Barremiano (Formação Pendência) na área de estudo.

#### **Dissertação 64**

Título: **ISÓTOPOS DE ND NA PROVENIÊNCIA DE ROCHAS E SEDIMENTOS DA BACIA POTIGUAR, NE DO BRASIL. 61 P.**

Autora: **Miriam Tiyoka da Silva Maruoka**

Orientadora: Dra. Helenice Vital (PPGG/UFRN)

Data da defesa: 04/05/2007

Banca Examinadora:

Dra. Helenice Vital (PPGG/UFRN)

Dr. Elton Luiz Dantas (IG/UnB)

Dra. Maria Helena de Freitas Macedo (PPGG/UFRN)

**Área de concentração:** Geodinâmica

Linha de pesquisa: Geologia Sedimentar e Marinha

#### **Resumo**

Análises isotópicas Sm-Nd em rochas mesozóicas e cenozóicas da Bacia Potiguar, incluindo sedimentos terrígenos e carbonáticos que aportam do rio Piranhas - Açú, foram realizadas objetivando a caracterização de suas assinaturas isotópicas e identificação de suas áreas fonte. As assinaturas isotópicas Sm-Nd das rochas apresentaram idades modelo ( $T_{DM}$ ) variando de 2,88 a 2,19 Ga, indicando fontes, principalmente, paleoproterozóicas e arqueanas do embasamento. Os sedimentos terrígenos plataformais apresentaram idades modelo ( $T_{DM}$ ) de 2,31 Ga e 2,26 Ga, coletados, respectivamente, nas profundidades de 10-17,5 cm e 0-5 cm. Apesar do número pequeno de amostras, a pequena variação na idade indica homogeneização dos sedimentos, talvez devido a forte influência do embasamento como fonte de material para a plataforma. As assinaturas isotópicas Sm-Nd dos sedimentos carbonáticos plataformais apresentaram idades modelo ( $T_{DM}$ ) variando de 2,61 a 2,09 Ga, indicando fontes do embasamento arqueano a paleoproterozóico. Estes resultados indicam ainda que os sedimentos terrígenos presentes na plataforma em estudo

são ou foram trazidos principalmente pelo rio Açu, ou outros rios menores da porção setentrional do Rio Grande do Norte. A deriva litorânea aparentemente não tem competência para arrastar sedimentos da porção oriental para a setentrional, tendo em vista que os valores  $\varepsilon_{Nd}$  registrados não são compatíveis com as rochas da porção oriental.

### **Dissertação 65**

**Título: ESTUDO INTEGRADO DE ANÁLOGO A RESERVATÓRIOS PETROLÍFEROS FLUVIAIS: CARACTERIZAÇÃO, PARAMETRIZAÇÃO E MODELAGEM TRIDIMENSIONAL DE DEPÓSITOS RECENTES DO RIO AÇU (RIO GRANDE DO NORTE / BRASIL). 99 P.**

**Autor: Daniel Siqueira de Gauw**

Orientador: Dr. Francisco Pinheiro Lima Filho (PPGG/UFRN)

Data da defesa: 17/08/2007

Banca Examinadora:

Dr. Francisco Pinheiro Lima Filho (PPGG/UFRN)

Dr. Wilson Luiz Lanzarini (CENPES/PETROBRAS)

Dra. Valéria Centurion Córdoba (PPGG/UFRN)

**Área de concentração:** Geodinâmica

Linha de pesquisa: Geologia Sedimentar e Marinha

### **Resumo**

Esta Dissertação engloba o estudo integrado de análogo recente aos reservatórios petrolíferos fluviais da formação Açu (Unidade Açu-3). O análogo estudado é o Rio Açu, em um segmento localizado próximo à cidade homônima no Estado do Rio Grande do Norte, Brasil. Foi desenvolvida uma nova metodologia para a parametrização dos corpos sedimentares (canais fluviais) com base em perfis GPR (utilizando antenas com frequência central de 200, 100 e 50 MHz). Os principais parâmetros obtidos foram largura e espessura. Na parametrização, foram utilizadas ainda ortofotocartas para o cálculo dos parâmetros de sinuosidade e entrelaçamento dos canais. Estas informações estão incluídas em um banco de dados que tem como finalidade principal a de servir como dado de entrada na modelagem geológica de reservatórios fluviais. Foi realizada,

também, a caracterização arquitetural deste depósito com base na descrição de trincheiras, interpretação de perfis GPR e estudo de exposições naturais do depósito para o reconhecimento e descrição das fácies e suas associações, além dos elementos arquiteturais e superfícies limitantes. Por último, foi realizada a modelagem tridimensional do análogo no *software* PETRELT<sup>M</sup>, com base na associação de todos os dados obtidos neste trabalho com dados reais de poços de um reservatório ao qual o rio Açu é aqui adotado como análogo, utilizando os algoritmos “krigagem simples” (determinístico), “SIS” e “booleano” (ambos estocásticos) para a modelagem de fácies, e o algoritmo estocástico “SGS” para modelagem de porosidades.

### **Dissertação 66**

Título: **ANÁLISE DO PROCESSO DA EROÇÃO COSTEIRA NA REGIÃO DE TIBAU DO SUL (RN). 130 P.**

Autor: **Guilherme Cherem Schwarz Pierri**

Orientador: Dr. Ricardo Farias do Amaral (PPGG/UFRN)

Co-Orientador: Dr. Antônio Henrique da Fontoura Klein (CTTMar-UNIVALI)

Data da defesa: 25/01/2008

Banca Examinadora:

Dr. Ricardo Farias do Amaral (PPGG/UFRN)

Dr. Luiz Liberato Cavalcanti de Albuquerque Tabajara (IG/UFRGS)

Dra. Helenice Vittal (PPGG/UFRN)

**Área de concentração:** Geodinâmica

Linha de pesquisa: Geologia Ambiental

### **Resumo**

A área da pesquisa localiza-se no município de Tibau do Sul, situado na costa leste do Estado do Rio Grande do Norte, cerca de 80 km a sul da capital Natal. O turismo representa a principal atividade geradora de renda e a praia de Pipa, a mais conhecida do município, recebe anualmente um grande fluxo de turistas nacionais e estrangeiros. Alguns estudos recentes relatam a ocorrência de erosão costeira em pontos desta

região litorânea. Deste modo, o objetivo principal da pesquisa é a análise da erosão costeira existente através de duas metodologias: mapeamento geoambiental e morfodinâmica praial. O mapeamento geoambiental foi realizado a partir de fotografias aéreas oblíquas e visitas a campo, onde se buscou realizar primeiramente o mapeamento geomorfológico, com o objetivo de analisar feições que sugerem áreas susceptíveis à erosão, como zonas sem proteção natural de dunas, terraços marinhos, ou arenitos (de praia e ferruginosos), áreas com presença de ravinamentos e trechos onde as falésias encontravam-se vivas, ou seja, representando o início do perfil praial, em contato direto com a ação do mar. No estudo morfodinâmico buscou-se realizar o levantamento das características físicas e morfológicas, a análise granulométrica dos sedimentos das praias e por fim a análise dos parâmetros morfodinâmicos para gerar uma tabela de risco à erosão por setor praial. Os parâmetros morfodinâmicos foram definidos levando em consideração diferentes padrões de dinamismo em praias com características favoráveis e desfavoráveis a perfis erosivos. Os mapas indicaram diferentes níveis de risco para os segmentos das praias analisadas, sugerindo risco à erosão baixo e baixo a moderado apenas nos setores norte e noroeste das praias do Madeiro e Curral, e níveis de risco moderado a alto nos setores sul e sudeste destas praias. A praia de Pipa apresentou níveis de risco de erosão moderado e moderado a alto nas extremidades e alto na porção central. O estudo do ambiente costeiro, de sua evolução morfológica, e de áreas com problemas de erosão é de fundamental importância para auxiliar políticas de gerenciamento costeiro, dando subsídios para o planejamento das atividades desenvolvidas nestas regiões.

### **Dissertação 67**

**Título: USO DO GPR NA GERAÇÃO DE MODELOS ESTÁTICOS 3D PARA O PLANEJAMENTO DE LAVRA DE MINERAIS PESADOS DEPOSITADOS EM DUNAS EÓLICAS.**

**79 P.**

**Autor: Anderson de Medeiros Souza**

**Orientador: Dr. Francisco Pinheiro Lima Filho (PPGG/UFRN)**

Data da defesa: 29/02/2008

Banca Examinadora:

Dr. Francisco Pinheiro Lima Filho (PPGG/UFRN)

Dr. Cláudio Pires Florêncio (PETROBRAS/UN-RNCE)

Dra. Valéria Centurion Córdoba (PPGG/UFRN)

**Área de concentração:** Geodinâmica

Linha de pesquisa: Geologia e Geofísica Aplicadas

## **Resumo**

Este projeto foi desenvolvido como forma de uma parceria entre o Laboratório de Análises Estratigráficas do Departamento de Geologia da UFRN e a empresa Millennium Inorganic Chemicals Mineração Ltda. Esta mina localiza-se no extremo norte do litoral paraibano, no município de Mataraca, tendo como principal produto prospectado minerais pesados como ilmenita, rutilo e zircão presentes nas areias das dunas. Tais dunas, predominantemente inativas, repousam sobre a porção superior das rochas siliciclásticas da Formação Barreiras. A mineração se dá através do uso de uma draga que fica emersa em um lago artificial sobre as dunas. A draga retira a areia das dunas do fundo do lago (após o desmonte das bordas do lago com jatos de água) e encaminha para a planta de concentração, através de tubulações onde os minerais são então separados. O presente trabalho consistiu na aquisição das geometrias externa e interna das dunas, de forma que ao final se pudesse montar um modelo estático 3D destes depósitos sedimentares, com ênfase no comportamento do topo estrutural das rochas da Formação Barreiras (limite inferior da jazida). O conhecimento detalhado desta superfície é de fundamental importância na fase do planejamento da lavra pela empresa, visto que um erro de cálculo pode fazer com que a draga trabalhe próximo demais deste limite, correndo o risco de que fragmentos possam causar obstrução na draga gerando um prejuízo financeiro tanto no reparo do equipamento como pelos dias parados de produção. Durante as etapas de campo (realizadas nos anos de 2006 e 2007) foram utilizadas técnicas de levantamen-

tos topográficos com Estação Total e GPS Geodésico bem como aquisições geofísicas rasas com GPR (*Ground Penetrating Radar*). Foram adquiridos aproximadamente 10,5 km de topografia e 10 km de perfis GPR. O GPS geodésico foi utilizado para o georreferenciamento dos dados e levantamento topográfico de uma linha transversal com 630 m de extensão na etapa de 2007. O GPR mostrou-se um método confiável, ecologicamente limpo, de rápida aquisição e com um baixo custo em relação a métodos tradicionais como sondagens. A principal vantagem do uso deste equipamento é obter uma informação contínua da superfície superior da Formação Barreiras. Os modelos estáticos 3D foram elaborados a partir dos dados obtidos utilizando-se dois *softwares* específicos para ambientes 3D: GoCAD 2.0.8 e o Datamine. A visualização em ambiente 3D permite uma melhor compreensão do comportamento da superfície da Formação Barreiras bem como possibilita a execução de diversos tipos de medições, favorecendo assim uma melhor cubagem da jazida e permitindo que os procedimentos utilizados para extração mineral sejam utilizados com maior segurança.

### **Dissertação 68**

Título: **A UTILIZAÇÃO DA MODELAGEM FÍSICA NO ESTUDO DO DESENVOLVIMENTO, GEOMETRIA E CINEMÁTICA DE FALHAS DISTENSIONAIS. 127 P.**

Autora: **Rafaela Andrauss Portugal**

Orientador: Dr. Fernando César Alves da Silva (PPGG/UFRN)

Co-Orientador: Dr. Alex Francisco Antunes (PPGG/UFRN)

Data da defesa: 31/03/2008

Banca Examinadora:

Dr. Fernando César Alves da Silva (PPGG/UFRN)

Dra. Caroline Janette Souza Gomes (DEGEO/UFOP)

Dr. Alex Francisco Antunes (PPGG/UFRN)

**Área de concentração:** Geodinâmica

Linha de pesquisa: Evolução Litosférica e Processos Geodinâmicos

### **Resumo**

As bacias do tipo rifte se tornaram o foco de muitas pesquisas, in-

tensificadas nas últimas décadas, não apenas por sua ampla distribuição global e grande versatilidade em termos de ambiência geotectônica, mas também por sua importância econômica na indústria de exploração de hidrocarbonetos. Neste contexto, a utilização do aparato tipo caixa-de-areia se tomou uma ferramenta potencial para simular a deformação distensional em bacias sedimentares e vem agregando conhecimento e informação acerca das características das estruturas desenvolvidas nestes ambientes. No presente trabalho, a técnica da modelagem física, realizada em aparato do tipo caixa-de-areia, foi utilizada para estudar a nucleação e desenvolvimento das falhas durante a simulação de rifteamentos oblíquos e ortogonais. Os experimentos distensionais foram construídos de modo a induzir a deformação homogênea, localizada (séries I e II) e distribuída (série III), em um pacote “rochoso” simulado, principalmente, por camadas de areia. As estruturas presentes nos modelos estudados são influenciadas por três variáveis principais: a obliquidade de distensão (ângulo agudo entre a direção de distensão e o eixo do rifte), o mergulho da descontinuidade prévia (aqui denominada falha mestra = FM) e a mudança na geometria do substrato. Os modelos foram agrupados em três conjuntos experimentais caracterizados por: (1) série I: experimentos de rifteamento ortogonal e oblíquo que testam a influência de uma trama pretérita (FM) no desenvolvimento do rifte; (2) série II: experimentos de rifteamento ortogonal e oblíquo sem a influência de tramas pretéritas; e (3) série III: experimentos de rifteamento oblíquo focando a deformação distribuída em seqüências homogêneas (somente areia) e heterogêneas (areia + microesferas de vidro). Uma observação geral e comum a todos os modelos é que as falhas nucleadas são inicialmente segmentadas, desenvolvendo traços alongados decorrentes da propagação e interação dos segmentos. As falhas observadas têm caráter predominantemente normal, mas a contribuição de um componente direcional é mapeada nos modelos oblíquos. Os modelos da série III apresentaram um número muito maior

de falhas desenvolvidas como fruto da deformação distribuída, além de apresentarem geometria escalonada mais freqüente. De forma geral, grande parte dos segmentos de falhas se desenvolve paralelamente à direção da descontinuidade induzida que condiciona a direção do eixo do rifte nos modelos das três séries estudadas, embora segmentos oblíquos (variando  $\pm 20^\circ$ ) também ocorram. As falhas normais são nucleadas com ângulos de mergulhos moderado a alto e freqüentemente são rotacionadas ao longo da deformação. O desenvolvimento de falhas mais tardias, que ocorre preferencialmente na porção intra-rifte, concentra e acomoda a deformação, e além de apresentarem ângulo de mergulho maior que as anteriores, também tendem a rotacioná-las. As falhas de borda dos riftes apresentam comportamentos distintos, com as falhas da borda leste mantendo-se ativas e exibindo maior rotação, enquanto que as falhas da borda oeste apresentam pouco aumento do rejeito e tendem à estabilidade durante a progressão da deformação. A largura da zona de rifteamento ( $w$ ) apresenta uma relação de dependência com as variáveis condicionantes dos modelos: quanto maior o mergulho de FM menor será o valor de  $w$ , quanto mais oblíqua a distensão menor será o  $w$ , e finalmente,  $w$  é muito menor nos experimentos cuja deformação é localizada (séries I e II) quando comparado àqueles cuja deformação é distribuída (série III). Estruturas mais discretas, tipo zonas de transferência (conjugadas e divergentes), são observadas nos modelos oblíquos das séries II e III, interpretadas como o produto da interação entre as extremidades de falhas de mergulho opostos. O desenvolvimento, geometria e cinemática das falhas distensionais, e seus parâmetros intrínsecos discutidos ao longo deste trabalho, influenciam direta ou indiretamente no desenvolvimento de condutos, barreiras e armadilhas ao fluxo de fluidos, e podem ter impacto considerável na exploração econômica de bacias sedimentares. Sendo assim, a modelagem física de análogos, abordando os aspectos pertinentes que influenciam no arcabouço estrutural de bacias com

potencial econômico é uma ferramenta que pode ser amplamente empregada no auxílio ao entendimento da distribuição espaço-temporal de falhamentos e impactar diretamente na exploração / exploração de hidrocarbonetos, por exemplo.

### **Dissertação 69**

Título: **MONITORAMENTO E MODELAGEM TRIDIMENSIONAL DE HOTSPOTS EROSIONAIS EM ÁREAS SOB ATUAÇÃO DA INDÚSTRIA PETROLÍFERA - BACIA POTIGUAR / RN. 121 P.**

Autor: **José Saraiva Plácido Júnior**

Orientadora: Dra. Helenice Vital (PPGG/UFRN)

Data da defesa: 30/04/2008

Banca Examinadora:

Dra. Helenice Vital (PPGG/UFRN)

Dr. Luciano Henrique de Oliveira Caldas (PETROBRAS/UN-RNCE)

Dr. Fernando Antônio Pessoa Lira Lins (PPGG/UFRN)

**Área de concentração:** Geodinâmica

Linha de pesquisa: Geologia Sedimentar e Marinha

### **Resumo**

*Hotspots* erosionais compreendem pontos de erosão costeira que periodicamente apresentam taxas de erosão significativamente mais acentuada que suas áreas adjacentes, exigindo um monitoramento contínuo. Os campos petrolíferos Macau e Serra encontram-se inseridos neste tipo de ambiente e, neste sentido, o trabalho aqui desenvolvido teve como principal objetivo o monitoramento de detalhe de dois pontos de erosão costeira localizados nos campos acima citados. A área 1, denominada Macau 5, compreende as imediações do poço Macau 5, localizado no Campo Macau, enquanto a área 2, denominada de Canal do Arrombado, compreende a área de um canal de maré aberto em maio de 2006 e localizado no Campo Serra. O monitoramento consistiu em levantamentos plani-altimétricos em duas áreas alvo e a implantação de sensores hidrodinâmicos fixos no canal de maré da área 2, durante o período de maio de

2006 a outubro de 2007, onde foi confeccionado um total de 13 mapas para a área 1 e 14 mapas para a área 2, tornando possível analisar o transporte e volume de sedimentos erodidos e/ou depositados, assim como avaliar a variação morfodinâmica em ambas as áreas. A nova metodologia de monitoramento aplicada neste trabalho permitiu uma melhor análise do local a ser estudado, pois torna possível a visualização de toda a área ao redor do alvo da pesquisa, em três dimensões e em 360 graus, além da possibilidade de exportar estes dados em formato 3D para os principais *softwares* especializados e utilizados atualmente pela indústria petrolífera, facilitando a integração de dados tanto no meio industrial como no científico. Este tipo de estudo vem atender a exigência do conhecimento detalhado da interação terra-mar em áreas de alta vulnerabilidade pela presença de atividades industrial ou extrativa. Adicionalmente, este tipo de informação é importante para o aprimoramento dos modelos evolutivos da zona costeira, que permitam orientar ações de gestão e monitoramento futuros.

### **Dissertação 70**

Título: **ESTIMATIVA DE ESPESSURA CRUSTAL NA PROVÍNCIA BORBOREMA (NE / BRASIL) ATRAVÉS DE FUNÇÃO DO RECEPTOR. 61 P.**

Autora: **Maria Fernanda Novo Barbosa**

Orientador: Dr. Aderson Farias do Nascimento (PPGG/UFRN)

Co-Orientador: Dr. Joaquim Mendes Ferreira (PPGG/UFRN)

Data da defesa: 13/06/2008

Banca Examinadora:

Dr. Aderson Farias do Nascimento (PPGG/UFRN)

Dr. George Sand Leão Araújo França (OS/UnB)

Dr. Walter Eugênio de Medeiros (PPGG/UFRN)

**Área de concentração:** Geofísica

Linha de pesquisa: Geologia e Geofísica Aplicadas

### **Resumo**

A estimativa da espessura da crosta terrestre e a razão " $V_p/V_s$ " são

essenciais para o detalhamento de estruturas e feições geológicas, além de corroborarem para o entendimento da evolução tectônica regional. Neste trabalho, utiliza-se o método da função do receptor com eventos telessísmicos que incidem sob uma estação sismográfica com um ângulo próximo da vertical. É necessário o isolamento de informações das estruturas próximas ao receptor, eliminando informações relacionadas à resposta do instrumento, e ao mecanismo da fonte. O sismograma sintético obtido após uma deconvolução entre as componentes horizontais possui um pico maior referente à onda P, seguido por picos menores da onda Ps e múltiplas. A onda Ps é considerada como onda P convertida em onda S refratada na descontinuidade Moho. Para o cálculo das estimativas de espessura crustal e razões  $V_p/V_s$  utilizou-se o procedimento HK-Stacking referido na literatura. Esse método trabalha com o empilhamento das funções do receptor. As melhores estimativas de espessura crustal e razão  $V_p/V_s$  são encontradas quando as três fases P, Ps e primeira múltipla são empilhadas coerentemente. Foram utilizadas cinco estações sismográficas banda-larga distribuídas estrategicamente pela Província Borborema, nordeste do Brasil. As estimativas de espessura crustal e razão  $V_p/V_s$  são consistentes com o modelo atual da interface crosta-manto usados pela gravimetria. Foi identificado um espessamento crustal na porção NW da província, próximo de Sobral (CE), na borda leste da Bacia do Parnaíba. Em direção a porção centro-norte da Província Borborema é evidente um afinamento crustal, coincidente com a feição geológica que consiste de um alinhamento de bacias sedimentares conhecido como a trama estrutural Cariris - Potiguar. Na porção NE, nas regiões de Solânea (PB) e Agrestina (PE), ocorre um espessamento crustal e aumento da razão  $V_p/V_s$  sugerindo presença de rochas mais máficas na crosta inferior, consistente com a hipótese de *underplating* na região.

## **Dissertação 71**

Título: **CARACTERIZAÇÃO DOS SEDIMENTOS SUPERFICIAIS DE FUNDO DO COMPLEXO RECIFAL DE MARACAJÁ (RN) - BRASIL. 84 P.**

Autor: **Eduardo Vitarelli de Queiroz**

Orientador: Dr. Ricardo Farias do Amaral (PPGG/UFRN)

Data da defesa: 15/12/2008

Banca Examinadora:

Dr. Ricardo Farias do Amaral (PPGG/UFRN)

Dr. Antônio Henrique da Fontoura Klein (CTTmar/UNIVALI)

Dra. Helenice Vital (PPGG/UFRN)

**Área de concentração:** Geodinâmica

Linha de pesquisa: Geologia Sedimentar e Marinha

### **Resumo**

O estudo realizado teve como principal objetivo analisar as características dos sedimentos superficiais de fundo, atuantes localmente, no complexo recifal de Maracajaú e no canal de São Roque, sob diferentes aspectos: composição biogênica, concentração de carbonato de cálcio e granulometria do sedimento. Os resultados apresentaram as variações no sedimento superficial do fundo marinho quanto à biofácies, análise granulométrica, classificação faciológica e classificação de rodólitos. Observaram-se claramente diferentes padrões sedimentológicos existentes nos recifes e no canal localizado entre os recifes e a costa, refletido em todos os parâmetros levantados, revelando um ambiente carbonático, com predomínio de algas calcárias, associadas a um substrato inconsolidado com granulação grossa. Enfatiza-se a contribuição das algas calcárias na produção de sedimentos carbonáticos, com alguma influência de foraminíferos próximos à costa. A distribuição granulométrica apresentou resultados importantes na classificação dos sedimentos. Os sedimentos de tamanho médio se restringiram no canal numa área protegida pelos recifes, enquanto que o sedimento com granulação grossa se distribuiu no restante da área, cobrindo parte da crista e toda região frontal do recife, além de uma região mais ao sul do canal. Rodólitos elípticos se distribuem

em quase toda área, excluindo apenas uma região ao sul do canal e protegido pelos recifes com predomínio de rodólitos discoidais. O predomínio de rodólitos elípticos com pouca ou nenhuma ramificação permite inferir um ambiente de alta energia hidrodinâmica, e a presença de rodólitos discoidais exclusivamente nos pontos ao norte do canal de São Roque e protegidos pelos recifes possivelmente delimita uma área de menor hidrodinâmica. O presente trabalho constitui mais uma contribuição para o entendimento das características sedimentológicas atuantes localmente nos ambientes recifais, em especial os Parrachos de Maracajaú, em virtude de seu complexo ecossistema composto por uma diversidade de fauna e flora, ainda pouco estudadas no Brasil, contrapondo ao crescimento acelerado de extrações e usufrutos dos recursos naturais causando impactos muitas vezes irreversíveis ao meio ambiente.

## **Dissertação 72**

**Título: AQUISIÇÃO, PROCESSAMENTO E ANÁLISE DE DADOS SÍSMICOS DE ALTA RESOLUÇÃO NA PLATAFORMA CONTINENTAL DO RIO GRANDE DO NORTE: VALE INCISO DO RIO AÇU. 106 P.**

**Autor: Moab Praxedes Gomes**

Orientadora: Dra. Helenice Vital (PPGG/UFRN)

Co-Orientador: Dr. José Wilson de Paiva Macedo (PPGG/UFRN)

Data da defesa: 26/02/2009

Banca Examinadora:

Dra. Helenice Vital (PPGG/UFRN)

Dr. Pedro Xavier Neto (PETROBRAS/UN-RNCE)

Dr. José Wilson de Paiva Macedo (DFTE/UFRN)

**Área de concentração:** Geodinâmica

Linha de pesquisa: Geologia e Geofísica Aplicadas

## **Resumo**

Sobre a plataforma continental a norte do Estado do Rio Grande do Norte (NE do Brasil), está localizado um paleovale submerso durante o último glacial, que marca a continuação do rio mais importante desta

área: o rio Açu. Apesar do elevado nível de atividades de exploração da indústria petrolífera nessa região, existe pouca informação sobre sua estratigrafia rasa, situada acima do Néogeno. Visando suprir esta lacuna, realizou-se o levantamento sísmico de alta resolução com o perfilador de subfundo X-Star (*chirp*), análise e processamento dos dados levantados e o reconhecimento da paleogeomorfologia da principal feição da área de estudo: o vale inciso do rio Açu. A aquisição dos dados sísmicos de alta resolução foi realizada como apoio do Laboratório de Geologia e Geofísica Marinha e Monitoramento Ambiental (GGEMMA/UFRN), como parte do projeto SISPLAT. A aquisição dos dados geofísicos deu-se ao longo de seções longitudinais e transversais ao paleovale do rio Açu, que posteriormente foram submetidos ao processamento, até então pouco utilizado e/ou pouco abordado na literatura, o qual forneceu um resultado com qualidade muito superior ao dado bruto. Assim, o fluxo proposto para os dados foi desenvolvido e aplicado aos dados de X-Star (sensor acústico) utilizando os recursos disponíveis do programa ReflexW 4.5. A arquitetura da superfície fluvial foi reproduzida a partir da integração de dados batimétricos (pré-existentes) e imagens LandSat 7, gerando um modelo digital do terreno para visualização tridimensional (3D), o qual foi utilizado para se fazer análises geométricas e correlacioná-las com a morfologia em subsuperfície. Os resultados compõem as seções sísmicas que se estendem sobre a região do vale inciso do rio Açu estendendo-se até a plataforma continental. Deste modo, foram obtidos padrões de identificação e quantificação de aspectos geométricos, tais como profundidade, espessura, superfícies limítrofes e unidades sismoestratigráficas. Estes parâmetros permitem descrever os elementos estruturais que controlam a paleomorfologia, que influencia variações do nível do mar e do regime fluvial do antigo rio Açu. A interpretação da evolução desse vale inciso aporta informações que permitem descrições e interpretações mais precisas e fornecem subsídios para a compreensão de análogos de reservatórios.

## **Dissertação 73**

Título: **ESTRATIGRAFIA DE SEQÜÊNCIAS DO INTERVALO APTIANO AO ALBIANO NA BACIA DO ARARIPE, NE DO BRASIL. 102 P.**

Autor: **Fábio Enrique Malagón Rojas**

Orientadora: Dra. Valéria Centurion Córdoba (PPGG/UFRN)

Data da defesa: 27/02/2009

Banca Examinadora:

Dra. Valéria Centurion Córdoba (PPGG/UFRN)

Dr. Virgínio Henrique Neumann (CTG/UFPE)

Dr. Francisco Pinheiro Lima Filho (PPGG/UFRN)

**Área de concentração:** Geodinâmica

Linha de pesquisa: Geologia Sedimentar e Marinha

### **Resumo**

O presente trabalho tem como objetivo principal realizar uma análise estratigráfica detalhada do intervalo Aptiano ao Albiano na parte leste da Bacia do Araripe, NE do Brasil, o qual corresponde litoestratigraficamente às formações Rio da Batateira, Crato, Ipubí e Romualdo. A análise estratigráfica envolveu três etapas distintas (1D, 2D, 3D), nas quais foram adaptados os conceitos da estratigrafia de seqüências, visando elaborar um arcabouço de caráter cronoestratigráfico para a porção estudada da bacia. Tal estudo contou com uma base de dados integrada por informação de campo e de poços pertencentes ao projeto Santana, realizado pelo Ministério de Minas e Energia- DNPM- CPRM nos anos de 1977 e 1978. A análise 1D, por meio da análise individual de cada afloramento e poço, permitiu o reconhecimento de 13 fácies sedimentares, individualizadas com base principalmente nas litologias predominantes e nas estruturas sedimentares. Tais fácies são representadas litologicamente por conglomerados, arenitos, pelitos, calcários, margas e evaporitos. As mesmas se associam de forma a caracterizar diferentes sistemas deposicionais, que integram desde o ambiente continental (sistemas fluvial e lacustre), ambiente parálico (sistemas deltáico e lagunar) até o ambiente marinho (sistema plataformal). O primeiro deles, o sistema fluvial, foi dividido

em dois subtipos: o *sistema fluvial meandrante*, caracterizado por depósitos de preenchimento de canal e depósitos de planície de inundação, e o *sistema fluvial entrelaçado*, formado principalmente por depósitos de preenchimento de canal; as fácies deste sistema se associam verticalmente segundo ciclos de afinamento textural para o topo (padrão em sino nos perfis geofísicos). O sistema lacustre, relacionado principalmente aos litotipos da Formação Crato, apresenta uma boa distribuição na bacia, sendo composto por depósitos de pelitos verdes e calcários laminados. O sistema deltáico, representado por depósitos de *prodelta* e de *frente deltáica*, os quais se dispõem verticalmente em ciclos com granocrescência para o topo (padrão em sino invertido nos perfis geofísicos). O sistema lagunar caracteriza-se pela presença de depósitos de anidrita e gipsita, além dos depósitos de pelitos negros com restos vegetais, os quais não contêm uma fauna tipicamente marinha. O sistema de plataforma marinha é composto por sucessões de pelitos pretos e cinza com faunas fósseis de dinoflagelados (gêneros *Spiniferites Mantell*, *Subtilisphaera Jain* e *Subtilisphaera Millipied*), típicas deste tipo de sistema deposicional. As fácies sedimentares descritas se arranjam verticalmente de forma a compor ciclos com padrões de empilhamento progradacional, os quais formam ciclos com engrossamento textural para o topo, e retrogradacional, representados por ciclos com afinamento textural para o topo. Com base nestes ciclos, em seus padrões de empilhamento e na mudança vertical entre estes padrões, foram reconhecidos os tratos de sistemas e as seqüências deposicionais. Os tratos de sistemas de nível baixo e o de nível alto são compostos por ciclos com padrão de empilhamento progradacional; o trato de sistemas transgressivo, por sua vez, é formado por ciclos com padrão de empilhamento retrogradacional. A análise estratigráfica 2D foi elaborada por meio da realização de duas seções estratigráficas. Para a escolha do *datum* foi privilegiada a superfície de máxima inundação mais basal, interna à seqüência 1. A elaboração destas seções possi-

bilitou compreender o comportamento de seis seqüências deposicionais ao longo da área de estudo, as quais foram interpretadas como ciclos de segunda ordem ou superciclos (ciclos com durações entre 3 e 10 Ma). A seqüência 1, mais antiga dentre as seis identificadas, é composta pelos tratos de sistemas de nível baixo, transgressivo e de nível alto. Os dois primeiros tratos são formados exclusivamente pelos depósitos fluviais da Formação Rio da Batateira, ao passo que o terceiro inclui depósitos deltáicos e lacustres da Formação Crato. As seqüências 2 e 3 são formadas pelos tratos de sistemas transgressivo (TST; fase de expansão do lago) e de nível alto (TSNA; fase retração do lago). Os TSTs destas seqüências são formados por depósitos lacustres, ao passo que os TSNAs contêm depósitos deltáicos, indicando assim condições de alta taxa de suprimento sedimentar na época da deposição deste. A seqüência 4 é formada pelos tratos de sistemas de nível baixo (TSNA), transgressivo e de nível alto. O TSNB registra uma queda importante do nível base do lago; este trato se desenvolveu em condições de baixa razão entre a taxa de criação de espaço de acomodação e a taxa de influxo sedimentar. O TST marca a terceira fase de expansão do sistema lacustre na seção pós-rifte da bacia; o sistema lacustre implantado no trato anterior inicia uma fase de retração em condições em que a taxa de aporte sedimentar passa a suplantar a de criação de espaço de acomodação. A seqüência 5 desenvolveu-se em duas fases distintas. A primeira relaciona-se com a última etapa de expansão do lago, (TST), trato basal desta seqüência. Nesta fase, o nível base do lago subiu consideravelmente. A segunda fase, relacionada ao TSNA, indica o final do domínio lacustre na Bacia do Araripe e a mudança para sistemas lagunares e de planície de maré, com grande desenvolvimento das porções de supramaré. Estes sistemas eram formados por lagunas restritas, com lâmina de água rasa, e com conexão intermitente com o mar. Esta foi a fase em que a Bacia do Araripe registrou as mais severas condições de aridez de todo intervalo estudado, Aptiano ao Albiano, condições estas que

propiciaram a formação de depósitos evaporíticos. A seqüência 6 iniciou sua deposição após uma queda significativa do incipiente mar (TSNB). Esta seqüência é, indubitavelmente, a que contém os depósitos que comprovam a efetiva entrada do mar na Bacia do Araripe. O TST, trato final desta seqüência, representa o momento em que o nível do mar atingiu o seu máximo durante todo o intervalo Aptiano ao Albiano. A análise estratigráfica do intervalo Aptiano ao Albiano permitiu compreender que o controle principal no desenvolvimento das seqüências deposicionais reconhecidas na Bacia do Araripe foram às variações do nível de base local, as quais são controladas, por sua vez, pelas mudanças climáticas.

#### **Dissertação 74**

Título: **ESTUDO DA ATIVIDADE SÍSMICA EM SÃO CAETANO ( PE) EM 2007. 81 P.**

Autor: **Heleno Carlos de Lima Neto**

Orientador: Dr. Joaquim Mendes Ferreira (PPGG/UFRN)

Co-Orientador: Dr. Aderson Farias do Nascimento (PPGG/UFRN)

Data da defesa: 06/03/2009

Banca Examinadora:

Dr. Joaquim Mendes Ferreira (PPGG/UFRN)

Dr. George Sand Leão Araújo de França (OS/UnB)

Dr. Francisco Hilário Rego Bezerra (PPGG/UFRN)

**Área de concentração:** Geodinâmica

Linha de pesquisa: Evolução Litosférica e Processos Geodinâmicos

#### **Resumo**

Nesta Dissertação, foi estudada a atividade sísmica no município de São Caetano, Estado de Pernambuco, Nordeste brasileiro, localizado próximo ao Lineamento Pernambuco. O Lineamento Pernambuco é uma zona de cisalhamento neoproterozóica de escala continental que deforma a Província Borborema. A sismicidade estudada ocorreu numa ramificação para nordeste do Lineamento Pernambuco. A atividade sísmica em São Caetano iniciou em 2006 e no dia 20/05/2007 ocorreu, neste município, um sismo de magnitude 4,0  $m_b$ . Este é o sismo de maior magni-

tude que ocorreu no Estado de Pernambuco. Este trabalho é decorrente da análise de dados coletados durante o período de monitoramento na região que foi de 01/02/2007 até 21/07/2007. Nesse monitoramento, foram utilizadas de seis até nove estações sismográficas digitais. Os dados coletados por essas estações foram analisados, objetivando a determinação dos hipocentros e do mecanismo focal composto. Foram utilizados 214 sismos, registrados em pelo menos três estações. Na determinação hipocentral, foi utilizado o programa HYPO71, assumindo-se um modelo de semi-espaco, com os parâmetros: velocidade da onda P ( $V_p$ ) e razão  $V_p/V_s$ , respectivamente, 5,90 km/s e 1,70. Os hipocentros dos sismos ocorridos na região deste estudo acompanham uma ramificação para nordeste do Lineamento Pernambuco e possui aproximadamente 4 km de extensão e profundidade variando entre 2 e 8 km. O mecanismo focal composto foi feito para um conjunto de 14 sismos selecionados. Inicialmente, tentou-se encontrar a solução do plano de falha considerando apenas a distribuição de polaridades por meio do programa FPFIT. Os resultados foram:  $43^\circ \pm 15^\circ$  para o azimute,  $59^\circ \pm 9^\circ$  para o mergulho e  $-142^\circ \pm 15^\circ$  para a obliquidade. Procedeu-se também ao ajuste do plano usando a distribuição hipocentral. Os resultados obtidos foram:  $58^\circ$  para o azimute,  $55^\circ$  para o mergulho. O valor da obliquidade foi fixado em  $-155^\circ$ . Este resultado indica um mecanismo de uma falha transcorrente dextrógira com uma componente normal. Esta Dissertação mostra, mais uma vez, que existe uma boa correlação entre a sismicidade e falhas mapeadas na região próxima ao Lineamento Pernambuco e suas ramificações para nordeste.

### **Dissertação 75**

Título: **PARÂMETROS DE FONTE DE MICROTERREMOTOS EM CASCAVEL (CE). 93 P.**

Autor: **Irenaldo Pessoa Cândido Júnior**

Orientador: Dr. Aderson Farias do Nascimento (PPGG/UFRN)

Co-Orientador: Dr. Joaquim Mendes Ferreira (PPGG/UFRN)

Data da defesa: 17/04/2009

Banca Examinadora:

Dr. Aderson Farias do Nascimento (PPGG/UFRN)

Dr. Andrés Reinaldo Rodrigues Papa (ON/RJ)

Dr. Walter Eugênio de Medeiros (PPGG/UFRN)

**Área de concentração:** Geofísica

Linha de pesquisa: Geologia e Geofísica Aplicadas

## Resumo

Nesta Dissertação, foi estudada a característica de ruptura dos sismos da cidade de Cascavel (CE), Nordeste Brasileiro. Localizada na borda da Bacia Potiguar, a cidade de Cascavel é uma das áreas intraplaca mais sismicamente ativas do Brasil. Neste município, no dia 20 de novembro de 1980, ocorreu o maior sismo de que se tem notícia no Nordeste, com magnitude igual a  $5,2 m_b$ . A partir de 1989, essa região tem sido estudada instrumentalmente, sendo realizadas diversas campanhas com redes sismográficas. Desde o início do monitoramento até abril de 2008, foram registrados mais de 55.000 eventos. Com os dados coletados por uma rede de seis estações digitais triaxiais em uma campanha efetuada entre 29 de setembro de 1997 e 5 de março de 1998, foi realizado um estudo para determinar os parâmetros de fonte, ajustando-se os espectros de deslocamento de cada sismo no domínio da frequência. A partir dos ajustes dos espectros de deslocamento, foi possível obter os valores da frequência de corte ( $f_c$ ) e da amplitude de longo período ( $\Omega_{00}$ ). Os parâmetros foram determinados a partir dos modelos de fonte propostos na literatura para 21 sismos ( $0,7 \leq m_b \leq 2,1$ ), obtendo-se as estimativas do raio da fonte ( $r$ ), momento sísmico ( $M_0$ ), *stress drop* estático ( $D\sigma$ ), *stress* aparente ( $s_a$ ), energia sísmica irradiada ( $E_s$ ) e magnitude do momento ( $M_w$ ) de cada evento. Foi observado que o *stress drop* e a razão entre a energia irradiada e o momento sísmico (*stress* aparente) aumentam com o incremento do momento e, conseqüentemente, com o valor da magnitude para a escala investigada. Parece haver uma quebra na relação de escala para sismos com magnitudes menores que três ( $M_w < 3,0$ ), o que implica em um processo de ruptura diferente para terremotos grandes e pequenos. Caso esta hipótese seja válida, os sismos ana-

lisados neste trabalho não são auto-similares. Assim, os eventos maiores tendem a irradiar mais energia por unidade de área que os menores.

## **Dissertação 76**

Título: **CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA E SEDIMENTOLÓGICA DA PLATAFORMA CONTINENTAL BRASILEIRA ADJACENTE AOS MUNICÍPIOS DE FORTIM, ARACATI E ICAPUÍ (CE). 112 P.**

Autora: **Patrícia Reis Alencar Oliveira**

Orientadora: Dra. Helenice Vital (PPGG/UFRN)

Co-Orientador: Dr. George Satander Sá freire (DG/UFC)

Data da defesa: 15/05/2009

Banca Examinadora:

Dra. Helenice Vital (PPGG/UFRN)

Dr. George Satander Sá freire (DG/UFC)

Dr. Werner Farkatt Tabosa (DG/UFRN)

**Área de concentração:** Geodinâmica

Linha de pesquisa: Geologia Sedimentar e Marinha

## **Resumo**

A área em estudo compreende a Plataforma Continental Cearense, inserida no contexto tectônico e sedimentar da Bacia Potiguar, porção submersa. A região foi submetida a esforços extensionais durante o Cretáceo inferior, associados ao início do rifteamento que resultou na separação das placas sul-americana e africana. O trabalho pretende contribuir para um maior conhecimento das características sedimentológicas e geomorfológicas da plataforma continental adjacente aos municípios de Fortim, Aracati e Icapuí (CE). Foram realizados coleta, interpretação e integração de dados do sonar de varredura lateral, imagem de satélite, batimetria e amostras de sedimentos superficiais. Inferências quanto ao material em suspensão e deriva litorânea foram obtidas a partir do processamento digital de imagens (PDI), enquanto a caracterização das feições do fundo marinho (dunas longitudinais, dunas transversais e dunas obliquas, bancos de sedimentos bioclásticos, paleocanais submersos, leito plano e

fundo rochoso) foi obtida por meio de integração de dados batimétricos sonográficos e PDI. Quanto à sedimentologia, com base na composição e textura, foram identificadas seis fácies sedimentares, abrangendo uma área total de 2.509,13 km<sup>2</sup>, a saber: areias bioclásticas, areias siliciclásticas, areias biosiliciclásticas, areia cascalhosa bioclástica, areia cascalhosa biosiliciclástica e areias cascalhosas silicibioclásticas, além de rochas praias e fundo rochoso. A integração entre os dados batimétricos, PDI, sonográficos e sedimentológicos mostrou-se apropriada para a caracterização morfológica e sedimentológica da plataforma continental da área em estudo. Isto permitiu avançar no conhecimento da plataforma continental Cearense, região de interesse para a indústria do petróleo tanto no ponto de vista da exploração e exploração de hidrocarbonetos, como também ambiental.

### **Dissertação 77**

Título: **PETROLOGIA DO PLÚTON GRANÍTICO SERRA VERDE, PORÇÃO LESTE DO DOMÍNIO SERIDÓ. 66 P.**

Autora: **Lindaray Sousa da Costa**

Orientador: Dr. Antonio Carlos Galindo (PPGG/UFRN)

Data da defesa: 19/06/2009

Banca Examinadora:

Dr. Antonio Carlos Galindo (PPGG/UFRN)

Dr. Gorki Mariano (CTG/UFPE)

Dr. Fernando César Alves da Silva (PPGG/UFRN)

**Área de concentração:** Geodinâmica

Linha de pesquisa: Evolução Litosférica e Processos Geodinâmicos

### **Resumo**

A área estudada situa-se na porção centro-leste da Faixa Seridó (Estado do RN), na interface dos metassedimentos do Grupo Seridó e as rochas do embasamento cristalino do Complexo Caicó. Dados petrográficos e geoquímicos permitem definir os aspectos relativos à gênese e evolução do(s) magma(s) do plúton Serra Verde, que constitui o alvo deste trabalho.

O plúton Serra Verde constitui um *stock* com área aflorante de aproximadamente 25 km<sup>2</sup>, intrusivo na seqüência metassedimentar e nos gnaisses do embasamento. Este plúton corresponde a uma intrusão sintectônica ao evento brasileiro, alongada na direção NE, com geometria *en cornue*. Trata-se de um monzogranito cuja assembléia mineral dominante é composta por K-feldspato, plagioclásio e quartzo, que usualmente somam mais de 85% modal. Tem como máfico principal a biotita, enquanto que anfibólio, titanita, epídoto, opacos, alanita, zircão e apatita são os acessórios. Apresenta ainda uma paragênese tardi-magmática constituída de clorita, epídoto granular, carbonato e muscovita, desenvolvida a partir da atuação de fluídos tardios ricos em CO<sub>2</sub> e H<sub>2</sub>O. Quimicamente, as rochas do plúton Serra Verde podem ser classificadas como metaluminosas, de filiação cálcio-alcalina, por vezes com características de associações trondhjemiticas, com altos teores de Na<sub>2</sub>O (>4,5%), Sr (>400 ppm) e Ba (>800 ppm), e baixos teores de K<sub>2</sub>O (≤3,0%), MgO (<1,0%), TiO<sub>2</sub> (<0,5%), Rb (<90 ppm), Y (≤16 ppm) e Zr (≤13 ppm). Evidências micropetrográficas (assembléias minerais e microtexturais) indicam que a evolução do magma ocorreu em condições de  $fO_2$  moderadas a elevadas, acima do tampão FMQ. Dados termobarométricos obtidos através da geoquímica de elementos menores, traços e dados normativos CIPW sugerem uma pressão final de cristalização para as amostras do plúton Serra Verde em torno de 3 a 5 kbar, temperatura do *liquidus* em torno de 800°C, e temperatura do *solidus* em torno 680 a 660°C. Estes dados são compatíveis com os observados por diversos autores em granitóides neoproterozóicos do Domínio Seridó. Os dados obtidos sugerem que o processo dominante na evolução do magma do granito Serra Verde seria a cristalização fracionada, sendo ortognaisses quartzo dioríticos a tonalíticos do complexo de embasamento os prováveis candidatos para sua fonte.

## **Dissertação 78**

**Título: USO DE GPR NA CARACTERIZAÇÃO DA PLUMA DE CONTAMINAÇÃO POR UM POSTO DE COMBUSTÍVEL NA PRAIA DE BÚZIOS (RN). 49 P.**

**Autora: Ana Cristiane Paulino de Sousa**

Orientador: Dr. Francisco Pinheiro Lima Filho (PPGG/UFRN)

Data da defesa: 30/06/2009

Banca Examinadora:

Dr. Francisco Pinheiro Lima Filho (PPGG/UFRN)

Dr. José Antônio Beltrão Sabadia (DG/UFC)

Dr. Ricardo Farias do Amaral (PPGG/UFRN)

**Área de concentração:** Geodinâmica

Linha de pesquisa: Geologia e Geofísica Aplicadas

### **Resumo**

A presente Dissertação corresponde a aplicação da metodologia geofísica, utilizando para isto o *Ground Penetrating Radar* (GPR), com o objetivo de obter um imageamento em subsuperfície de uma pluma de contaminação ocasionada por um posto de revenda de combustível que se encontra desativado. Este posto está localizado na praia de Búzios, litoral sul do Estado do Rio Grande do Norte, dentro de uma área de proteção ambiental, denominada Bonfim - Guaraíra. O presente estudo foi realizado a partir da descoberta da contaminação por hidrocarboneto obtido através de sondagem realizada para captação de água subterrânea por moradores que residem próximo ao local. Foram levantadas 15 linhas de sondagem geofísica, totalizando 775,48 metros de levantamento e instalados 4 piezômetros, para confirmação da contaminação e elaboração de um mapa potencimétrico que auxiliou na indicação do sentido do fluxo subterrâneo local, mostrando assim o sentido de movimentação da pluma de contaminação. A partir do processamento das linhas de GPR, foi possível identificar duas prováveis fases de contaminação, denominadas de fase absorvida e fase dissolvida.

## **Dissertação 79**

Título: **ARQUITETURA, LITOFÁCIES E EVOLUÇÃO TECTONO-ESTRATIGRÁFICA DA BACIA DO RIO DO PEIXE. 106 P.**

Autor: **Ajosenildo Nunes da Silva**

Orientador: Dr. Emanuel Ferraz Jardim de Sá (PPGG/UFRN)

Data da defesa: 04/09/2009

Banca Examinadora:

Dr. Emanuel Ferraz Jardim de Sá (PPGG/UFRN)

Dra. Liliane Rabêlo Cruz (PETROBRAS/UN-RNCE)

Dr. Fernando César Alves da Silva (PPGG/UFRN)

**Área de concentração:** Geodinâmica

Linha de pesquisa: Geologia Sedimentar e Marinha

### **Resumo**

A Bacia do Rio do Peixe está situada no limite dos estados da Paraíba e do Ceará, imediatamente a norte do Lineamento Patos, com área de aproximadamente 1.315 km<sup>2</sup>. Esta é uma das principais bacias de idade eocretácea no interior do Nordeste do Brasil, associadas ao rifteamento que moldou a atual margem continental. A bacia pode ser dividida em quatro sub-bacias, as quais correspondem aos semi-*grabens* de Pombal, Sousa, Brejo das Freiras e Icozinho. Esta Dissertação foi baseada em análises e interpretações de produtos de sensores remotos, levantamentos estratigráficos e dados estruturais de terreno, além de linhas sísmicas e dados gravimétricos. Trabalhos de campo detalharam a caracterização faciológica das três formações previamente distinguidas na bacia, Antenor Navarro, Sousa e Rio Piranhas. Ao contrário do empilhamento estratigráfico clássico, vertical, as relações de campo e a análise sismoestratigráfica evidenciaram as interdigitações e equivalência lateral entre essas unidades. Do ponto de vista bio/cronoestratigráfico e tectônico, as mesmas se correlacionam com a tectonossequência rifte neocomiana. A Formação Antenor Navarro repousa em não conformidade sobre o embasamento cristalino e compreende litofácies originadas por um sistema fluvial entrelaçado, dominado por arenitos de granulometria

grossa a conglomeráticos, imaturos, e conglomerados polimíticos na base. As exposições desta formação ocorrem em todos os semi-*grabens*, ao longo de suas margens flexurais. Dados de paleocorrente indicam deposição a partir de áreas fontes no embasamento, a norte/NW, ou a partir de rampas direcionais. A Formação Sousa é composta por arenitos de granulometria fina, siltitos e folhelhos avermelhados e localmente cinza esverdeados, laminados, com presença de marcas onduladas, gretas de contração e, por vezes, níveis carbonáticos. Esta formação denota a influência predominante de um sistema fluvial, com inferência (sismoestratigráfica) de fácies lacustre em subsuperfície. A sua distribuição abrange principalmente a parte central dos semi-*grabens* de Sousa e de Brejo das Freiras, que constituem os principais depocentros da bacia. A análise das paleocorrentes mostra que o transporte dos sedimentos também ocorreu de norte/NW para sul/SE. A Formação Rio Piranhas é composta por arenitos arcossianos de granulometria grossa, com intercalações de brechas e conglomerados polimíticos, depositados por sistemas de leques aluviais. As exposições desta formação ocorrem principalmente nas margens falhadas dos semi-*grabens*, sendo mais restritas na sub-bacia de Icozinho. As paleocorrentes orientam-se predominantemente no sentido de norte/NW para sul/SE, ou em disposição axial acompanhando paleoescarpas de direção NE/SW. Nos diferentes compartimentos da bacia, esta unidade interdiga-se com as formações Sousa e Antenor Navarro, ratificando a deposição sintectônica do conjunto. A análise estrutural da Bacia do Rio do Peixe, também baseada em dados de campo e interpretação de seções sísmicas, mostra que as principais falhas representam a reativação frágil de zonas de cisalhamento pré-cambrianas. Tais falhas, normais ou de rejeito oblíquo (normal sinistrógrafa para a direção E-W), delimitam os semi-*grabens* e compartimentos internos. O levantamento de dados estruturais permitiu detalhar a cinemática dessas falhas e inferir eixos de deformação e o regime de esforços atuantes na evolução da bacia. O

levantamento sísmico 2D realizado nos semi-*grabens* de Brejo das Freiras e de Sousa possibilitou a visualização da geometria em cunha dos refletores, que apresentam basculamento para sul/SE, controlado pelas falhas de borda. O arranjo interno dos refletores evidencia a atuação sin-deposicional (até sin-litificação) dos falhamentos, como, por exemplo, o espessamento de camadas e o recobrimento de degraus por estratos mais jovens. São observadas a presença de sinclinais e anticlinais geradas pela combinação do basculamento com a geometria lítrica, os degraus e o arrasto das falhas. O degrau de Santa Helena perfaz o seu limite sul como uma rampa de revezamento e também se articula com o semi-*graben* de Sousa. A falha de São Gonçalo, com orientação E-W e mergulho para norte, define o limite sul do semi-*graben* de Sousa. Internamente a este segundo semi-*graben* foram identificados dois depocentros limitados por uma falha normal com direção NE-SW e mergulho para NW, adjacente a um alto interno no qual ocorrem indícios de óleo. O principal depocentro, a NW dessa falha, deve atingir 2,0 km de profundidade.

### **Dissertação 80**

**Título: ARQUITETURA DEPOSICIONAL E EVOLUÇÃO TECTONO-ESTRATIGRÁFICA DAS SEQÜÊNCIAS PRÉ-RIFTE E RIFTE, NA PORÇÃO CENTRAL DO VALE DO CARIRI, BACIA DO ARARIPE, NE DO BRASIL. 107 P.**

**Autor: Hugo Roberto Caycedo Garcia**

Orientadora: Dra. Valéria Centurion Córdoba (PPGG/UFRN)

Co-Orientador: Dr. Emanuel Ferraz Jardim de Sá (PPGG/UFRN).

Data da defesa: 29/09/2009

Banca Examinadora:

Dra. Valeria Centurion Cordoba (PPGG/UFRN)

Dr. Cláudio Pires Florêncio (PETROBRAS/UN-RNCE)

Dr. Alex Francisco Antunes (PPGG/UFRN)

**Área de concentração:** Geodinâmica

Linha de pesquisa: Geologia Sedimentar e Marinha

## Resumo

Uma complexa história deposicional, relacionada ao rifteamento do Atlântico, caracteriza a evolução geológica durante o final do Jurássico e o início do Neocomiano na Bacia do Araripe, NE do Brasil. Com base na integração de dados de afloramentos, seções sísmicas e sensores remotos, apresenta-se neste trabalho um novo modelo de evolução tectono-estratigráfica para a seção que compreende os andares Dom João, Rio da Serra e Aratu (formações Brejo Santo, Missão Velha e Abaiara). Na seção estudada foram descritas dez fácies sedimentares que associadas geneticamente constituem nove elementos arquiteturais, que integram sistemas deposicionais de origem fluvial, eólica e deltáica. Com base na relação entre as taxas de acomodação e aporte sedimentar (relação A/S) foi possível associar estes sistemas deposicionais aos tratos de sistemas de alta e baixa acomodação. Estes tratos de sistemas integram duas tectonosseqüências, as quais estão separadas por discordâncias regionais. A tectonosseqüência I é composta pelos litotipos da Formação Brejo Santo e se relaciona ao estágio pré-rifte, sendo limitada na base pela discordância paleozóica. Tal unidade é formada apenas pelo trato de sistemas de alta acomodação, caracterizado por uma sucessão de níveis pelíticos intercalados a arenitos e calcários, originados a partir de uma ampla planície fluvial distal, desenvolvida em condições de clima árido. A tectonosseqüência II, separada da seqüência sotoposta por uma discordância erosiva, relaciona-se ao estágio rifte, sendo composta pelos litotipos das formações Missão Velha e Abaiara. Mudanças no estilo deposicional que refletem variações na relação A/S, além da presença de bandas de deformação hidrolásticas, permitiram compartimentar tal tectonosseqüência em duas seqüências internas: seqüência IIA, associada à porção inferior da Formação Missão Velha, e seqüência IIB, formada pela seção superior da Formação Missão Velha e pela Formação Abaiara. A seqüência IIA, caracterizada somente pelo trato de sistemas de baixa acomodação, é

composta por arenitos com estratificações cruzadas intercalados a pelitos interpretados como depósitos de um sistema fluvial meandrante grosso. A seqüência IIB, acima, é mais complexa, sendo formada pelos tratos de sistemas de baixa acomodação, basal, e de alta acomodação, superior, separados por uma superfície de expansão. O trato de sistemas basal, relacionado à porção superior da Formação Missão Velha, é composto por uma série de canais amalgamados, separados por superfícies de erosão, interpretados como depósitos de um cinturão de canais entrelaçados. O trato de sistemas de alta acomodação, correlacionado à Formação Abaíra, é marcado por um aumento significativo na relação A/S, que propiciou a progradação de um sistema de deltas de rios entrelaçados, com influência eólica. No que tange à evolução tectônica, o estudo estratigráfico aqui efetuado trouxe à tona que a tectonosseqüência rifte na Bacia do Araripe desenvolveu-se segundo duas fases distintas: uma fase de início do rifte, relacionada à seqüência IIA, seguida de uma fase de deformação sin-deposicional, representada pela seqüência IIB. A primeira fase não foi condicionada pelo desenvolvimento de grandes falhamentos e, sim, por uma diminuição abrupta e contínua do espaço de acomodação que propiciou uma mudança nos padrões deposicionais, estabelecendo assim uma nova arquitetura deposicional. Por sua vez, a fase de deformação sin-deposicional, subsequente, tornou possível a geração de espaço de acomodação suficiente para a preservação de depósitos flúvio-lacustres depositados anteriormente e condicionou a progradação de um sistema de deltas de rios entrelaçados.

### **Dissertação 81**

Título: **CARACTERIZAÇÃO DE PROCESSOS MORFODINÂMICOS E HIDRODINÂMICOS DO CINTURÃO MERIDIONAL DA RESERVA BIOLÓGICA DO LAGO PIRITUBA, AMAPÁ. 275 P.**

Autora: **Maria de Fátima Alves de Matos**

Orientador: Dr. Venerando Eustáquio Amaro (PPGG/UFRN)

Co-orientador: Dr. Luis Roberto Takiyama (CPA/IEPA)

Data da defesa: 02/10/2009

Banca Examinadora:

Dr. Venerando Eustáquio Amaro (PPGG/UFRN)

Dr. Luis Roberto Takiyama (CPAQ/IEPA)

Dra. Helenice Vital (PPGG/UFRN)

**Área de concentração:** Geodinâmica

Linha de pesquisa: Geologia Sedimentar e Marinha

## **Resumo**

O Estado do Amapá abrange um importante sistema lacustre natural, conhecido como “A Região dos Lagos do Amapá”. A maioria desses lagos está concentrada na parte sul da planície costeira do Amapá. É uma região altamente influenciada pelas descargas do rio Amazonas, este considerado o maior em descarga líquida, com cerca de 209.000 m<sup>3</sup>/s e 6.108 ton/dia de aporte de sedimentos ao oceano. Esta região também é fortemente influenciada da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e Oscilação Sul-El Nino (OSEN ou ENSO) que atuam principalmente sobre precipitação, nebulosidade, hidrologia dos rios locais e marés. Nesta região, localizam-se os principais cinturões lacustres do Amapá: Cinturão Lacustre Ocidental, Cinturão Lacustre Oriental e Cinturão Lacustre Meridional. Este último é formado pelos Lagos dos Botos, Lago Comprido de Cima, Lago da Bacia, Lago Lodão, Lago dos Ventos, Lago Mutuco e o Lago Comprido de Baixo. São poucos conhecidos do ponto de vista da hidrodinâmica e morfodinâmica e correm o risco de ter seu funcionamento natural alterado, antes mesmo de serem estudados. Fatores como a redução do volume de área, eutrofização por vegetação aquática, antropização, alterações na hidrodinâmica (vazão), são fatores já evidenciados e podem contribuir significativamente para o desaparecimento do Cinturão Lacustre Meridional. Este cinturão está dentro dos limites da Reserva Biológica do Lago Piratuba, criada em 1980, cuja finalidade é de conservação e de proteção integral. Este trabalho teve como objetivo principal caracterizar os processos morfodinâmicos e hidrodinâmicos, visando entender o fun-

cionamento geoambiental do Cinturão Lacustre Meridional, desde o Lago Comprido de Baixo até o Lago dos Ventos, incluindo o Igarapé do Tabaco. Como técnicas metodológicas, citam-se a aquisição de dados de descarga líquida, marés, batimetria e a interpretação multitemporal de imagens de sensores remotos, integrados em ambiente de Sistema de Informação Geográfica (SIG). Foram estimados valores máximos das velocidades do fluxo e vazões do Lago Mutuco e Igarapé Tabaco: 1,173 m/s, 1,685 e 1,684 m/s (período chuvoso) e 0,692 m/s, 0,626 m/s e 0,722 m/s (período seco); as máximas vazões em 289 m<sup>3</sup>/s, 297 m<sup>3</sup>/s e 379 m<sup>3</sup>/s (período chuvoso) e 41 m<sup>3</sup>/s, 79 m<sup>3</sup>/s e 105 m<sup>3</sup>/s (período seco), respectivamente. A partir da interpretação das imagens de satélites, foram elaborados mapas de análise multitemporal da evolução dos Lagos e Igarapé Tabaco de 1972 a 2008, e foram classificados de acordo com o grau de balanço de área (km<sup>2</sup> e m<sup>2</sup>) em áreas estáveis, áreas eutrofizadas, de ganho e erodidas. Os resultados mostram que os três lagos estudados e o Igarapé Tabaco possuem dinâmicas diferentes. De 1972 até 1999, os lagos sofreram poucas variações de áreas eutrofizadas, de ganho e estáveis. No período de 1999 até 2008, a dinâmica mudou completamente e os lagos tendem a reduzir consideravelmente sua área útil, com os lagos dos Ventos e Comprido de Baixo sendo os mais afetados pela presença e ocupação das margens pelas macrófitas aquáticas. Entre 1972 a 1999, o Lago dos Ventos teve uma redução de área de 53.0401,1 m<sup>2</sup>, de 1999 para 2008, com redução de mais 2.038.595,3 m<sup>2</sup>, equivalente a mais de 50% de área reduzida em 36 anos. O Lago Comprido de Baixo teve uma dinâmica diferente de balanço de área de 1972 a 1999, com aumento significativo nesse período de 2.634.011,8 m<sup>2</sup> em 1972 para 1999, obtendo um ganho de 365.512,9 m<sup>2</sup>, aumentando para 2.999.524,7 m<sup>2</sup>. De 1999 para 2008, sua área total foi reduzida em 1.225.492,0 m<sup>2</sup>, o equivalente a aproximadamente 60% de área ocupada pelas macrófitas aquáticas. Esses estudos buscaram entender os processos morfodinâmicos e hidrodinâmicos ocorrentes na região dos

Lagos e Igarapé Tabaco, com vista a contribuir na elucidação dos processos que ocasionam e/ou favorecem as modificações geoambientais na região. Todas essas informações são fundamentais para as tomadas de decisões de gestão da área, definição posterior de parâmetros para monitoramento ambiental e contribuição para a elaboração do plano de manejo da Reserva Biológica do Lago Piratuba.

## **Dissertação 82**

Título: **GEOPROCESSAMENTO DE DADOS METEO-OCEANOGRÁFICOS (COR E TEMPERATURA DA SUPERFÍCIE DO MAR) APLICADO AO MONITORAMENTO AMBIENTAL NA COSTA SETENTRIONAL DO RIO GRANDE DO NORTE. 105 P.**

Autor: **Anderson Targino Silva Ferreira**

Orientador: Dr. Venerando Eustáquio Amaro (PPGG/UFRN)

Co-Orientador: Dr. Milton Kampel (INPE/São José dos Campos)

Data da defesa: 14/10/2009

Banca Examinadora:

Dr. Venerando Eustáquio Amaro (PPGG/UFRN)

Dr. Milton Kampel (INPE/São José dos Campos)

Dra. Helenice Vital (PPGG/UFRN)

**Área de concentração:** Geodinâmica

Linha de pesquisa: Geologia Ambiental

## **Resumo**

O sensoriamento remoto orbital tem sido utilizado como ferramenta vantajosa na melhoria do conhecimento sobre os aspectos hidrodinâmicos e oceanográficos na porção norte da plataforma continental do Estado do Rio Grande do Norte, região *offshore* da Bacia Potiguar. Aspectos como a cobertura geográfica e resoluções temporal e espacial, somados a uma metodologia consistente garantem uma substancial vantagem e economia em relação aos métodos tradicionais de coletas de dados *in situ*. Em apoio às coletas sistemáticas referentes à campanha de caracterização e monitoramento ambiental da Bacia Potiguar, realizada em maio de 2004, foram obtidas imagens do sensor *Moderate Resolution Imaging*

*Spectroradiometer* (MODIS) instalado a bordo do satélite AQUA da NASA. Foram geradas imagens de material particulado em suspensão e valores de radiâncias normalizadas para o cálculo de concentrações do material particulado em suspensão (MPS), clorofila-a e temperatura da superfície do mar (TSM). Estes dados foram utilizados para comparações estatísticas entre medidas *in situ* e estimativas por satélite buscando validar algoritmos globais ou desenvolver uma abordagem regional empiricamente. As imagens AQUA-MODIS permitiram a comparação bidimensional simultânea da qualidade da água (material particulado em suspensão), da biomassa fitoplanctônica (clorofila-a) e variabilidade física (temperatura). Para as imagens de material particulado em suspensão, os modelos gerados apresentaram uma boa correlação em relação aos dados de campo, permitindo uma análise quantitativa e qualitativa dessas imagens. As imagens de clorofila-a apresentaram correlação consistente com os valores das concentrações *in situ*. Os algoritmos ajustados para essas imagens obtiveram um coeficiente de correlação razoavelmente bom em relação aos dados de campo, tendo em vista que o sensor pode ter influência de toda a coluna d'água e não apenas da superfície. Esse fato levou a um ajuste entre os dados de clorofila-a da integração das médias dos intervalos de coleta de toda a coluna água até o nível da primeira profundidade óptica, em relação aos dados gerados das imagens. Tal método resultou em valores mais altos de concentração de clorofila para maiores profundidades, devido ao fato de se estar integrando mais clorofila na coluna d'água. Desta maneira, pode-se representar a biomassa disponível na coluna d'água. As imagens TSM e as medidas de TSM *in situ* mostraram uma diferença média  $v\Delta T$  ( $TSM_{insitu} - TSM_{sat}$ ) em torno de  $-0,14$  °C, considerada baixa, tornando os resultados muito bons. A integração de imagens de sedimentos em suspensão, de clorofila-a e de temperatura da superfície do mar possibilitaram o reconhecimento de algumas das principais formas de fundo da plataforma continental. As principais feições destacadas

foram os canyons submersos dos rios Apodi e Açú, algumas das linhas de *beachrocks* e recifes, altos estruturais e a quebra da plataforma continental, que ocorre a profundidades em torno de 60 m. Os resultados confirmam o alto potencial de uso das imagens AQUA-MODIS no monitoramento ambiental de áreas oceânicas devido à facilidade na detecção do campo bidimensional material em suspensão na superfície do mar, de temperatura e da concentração de clorofila-a.

### **Dissertação 83**

**Título: A EROSÃO COSTEIRA E SUA INFLUÊNCIA SOBRE A ATIVIDADE PETROLÍFERA: ALTERNATIVAS SUSTENTÁVEIS NA MITIGAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS.**

**182 P.**

Autora: **Miriam Cunha do Nascimento**

Orientador: Dr. Venerando Eustáquio Amaro (PPGG/UFRN)

Co-orientadora: Dra. Heloísa Vargas Borges (CENPES/PETROBRAS)

Co-orientadora: Dra. Helenice Vital (PPGG/UFRN)

Data da defesa: 19/10/2009

Banca Examinadora:

Dr. Venerando Eustáquio Amaro (PPGG/UFRN)

Dr. Marcus Polette (CTTMar/UNIVALI)

Dr. Luciano Henrique de Oliveira Caldas (PETROBRAS/UN-RNCE)

Dra. Helenice Vital (PPGG/UFRN)

**Área de concentração:** Geodinâmica

Linha de pesquisa: Geologia Ambiental

### **Resumo**

A área de estudo está inserida no litoral setentrional do Rio Grande do Norte, extremo NE do Brasil, apresentando ambientes de alta sensibilidade ambiental, tendo como principal característica na geomorfologia do litoral as ilhas barreiras, ambientes frágeis e efêmeros, circundado por atividades antrópicas como os campos petrolíferos, a atividade salineira, de carcinicultura e áreas urbanas. A região é caracterizada por processos hidrodinâmicos de alta energia responsáveis pela intensa ação da dinâmica costeira. O estudo foi realizado tendo como base dados entre 1954

e 2007 obtidos com o uso de sensores orbitais ópticos: Landsat, CBERS, Ikonos e fotografias aéreas, validadas por fotografias aéreas de pequeno formato, adquiridas ao longo dos anos. Com todos os dados integrados em ambiente SIG, foram atualizados os mapas Geológico, Geomorfológico, Vegetação, Pedológico, de Uso e Ocupação do Solo do BDAG e confeccionados mapas multitemporais, apontando como resultado o mapeamento das áreas de acreção e de erosão de sedimentos, caracterizando o processo de erosão como crítico na área do estudo. As alterações morfológicas de maior magnitude observadas estão relacionadas à modificação no padrão anual de ventos, destacando-se as brisas marinhas e terrestres na circulação diária, com migração dos *spits* e das ilhas barreiras dominadas por maré. Estas condições levam a abertura e fechamento de canais de maré, em especial do canal paralelo à linha de costa, próximo aos campos petrolíferos, proporcionando uma redução significativa de aporte de sedimento na zona costeira, devido à indisponibilidade de espaço natural para o retrabalhamento do sedimento. Estes fatores combinados contribuem para a baixa resiliência que tende a ser crescente na área dos campos de Serra e Macau. Dentro deste cenário, foi realizado um levantamento minucioso buscando alternativas tecnológicas de restauração costeira. Enfim, por se tratar de ambientes predominantemente de ilhas barreiras, foi mapeada uma área piloto, onde é sugerida a instalação do projeto de restauração dos ecossistemas de manguezais, combinada com restauração ecológica de engordamento de praia, buscando minimizar o efeito do canal paralelo à linha de costa, corroborando para a estabilização do canal noroeste como o canal preferencial. Espera-se com esta estratégia metodológica contribuir para a restauração de ambientes costeiros e o convívio da atividade com a problemática da erosão costeira.

## **Dissertação 84**

Título: **ESTUDO COMPARATIVO DE ABORDAGENS DE INVERSÃO DO FATOR DE QUALIDADE Q. 8o P.**

Autor: **Bonnie Ives Castro Nunes**

Orientador: Dr. Aderson Farias do Nascimento (PPGG/UFRN)

Co-Orientador: Dr. José Antonio de Moraes Moreiras (PPGG/UFRN)

Data da defesa: 28/01/2010

Banca Examinadora:

Dr. Aderson Farias do Nascimento (PPGG/UFRN)

Dr. Milton José Porsani (DGGA/UFBA)

Dr. José Antonio de Moraes Moreira (PPGG/UFRN)

Dr. Walter Eugênio de Medeiros (PPGG/UFRN)

**Área de concentração:** Geofísica

Linha de pesquisa: Evolução Litosférica e Processos Geodinâmicos

### **Resumo**

Os estudos da dispersão e da atenuação das ondas sísmicas têm se tornado uma ferramenta importante na discriminação das litologias e conteúdo de fluidos em reservatórios de hidrocarbonetos. Os processos associados à atenuação são complexos e sintetizados em uma única descrição quantitativa chamada fator de qualidade (Q). A presente dissertação tem o objetivo de comparar diferentes aproximações para a determinação de Q e é dividido em duas partes. Primeiramente, fez-se um teste de desempenho e robustez de três métodos diferentes para a determinação de Q no domínio da frequência. São eles: deslocamento de pico, deslocamento de centróide e razão espectral. Todos os testes foram feitos em um modelo de três camadas. O conjunto de testes aqui realizados consistiu em variar a espessura da camada, o fator Q e a inclinação das camadas para a propagação dos pulsos com frequências centrais de 30, 40 e 60 Hz. Deste modo, foi possível determinar que o método do deslocamento de centróide produziu os resultados mais robustos para todo o conjunto de testes. Em segundo lugar, foram invertidos os valores de Q utilizando os métodos de deslocamento de pico e de centróide por meio de um algorit-

mo de busca seqüencial. Neste caso, o método de centróide também produziu resultados mais robustos que o método de deslocamento de picos, apesar de ter uma convergência mais lenta.

### **Dissertação 85**

Título: **CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA E SEDIMENTAR DO TALUDE CONTINENTAL (FOZ DO AMAZONAS). 106 P.**

Autora: **Danielle Cristina Costa Souza**

Orientadora: Dra. Helenice Vital (PPGG/UFRN)

Co-Orientadora: Dra. Odete Fátima Machado da Silveira (IG/UFPA).

Data da defesa: 23/02/2010

Banca Examinadora:

Dra. Helenice Vital (PPGG/UFRN)

Dra. Odete Fátima Machado da Silveira (IG/UFPA)

Dr. Werner Farkatt Tabosa (PPGG/UFRN)

**Área de concentração:** Geodinâmica

Linha de pesquisa: Geologia Sedimentar e Marinha

### **Resumo**

A plataforma Amazônica é um dos ambientes sedimentares mais interessantes do mundo. Entretanto, apesar do elevado interesse sobre esta plataforma existem poucas informações sobre sua caracterização morfo-sedimentar. Visando minimizar essa lacuna, o presente trabalho realizou coletas sedimentológicas pontuais, seguido da aquisição sísmica em uma área da plataforma continental externa, em frente à foz do Amazonas. Os estudos realizados indicaram a predominância de areia média. Teores de carbonato apresentaram valores acima de 75% na plataforma externa. Os principais organismos encontrados foram foraminíferos e moluscos. O teor de matéria orgânica, por sua vez, apresentou maiores concentrações em direção a costa, diminuindo em direção a plataforma externa. Três fácies principais foram observadas na área alvo: (1) fácies lamosa, observada em direção a costa e nas proximidades da desembocadura dos rios Amazonas e Pará; (2) fácies arenosa, localizada predominante na plata-

forma intermediária; e (3) fácies biodetrítica, presente na plataforma externa, composta principalmente por clastos de foraminíferos, moluscos e algas calcárias. Os perfis sísmicos não mostraram resultados satisfatórios em virtude da baixa penetração. No entanto através da superfície sísmica destes registros, foi possível diferenciar a morfologia do fundo marinho em irregular (grupo A) e plana (grupo B), onde o fundo marinho irregular foi relacionado à presença de dunas submersas. Vales, *canyons* e escarpas também foram identificados.

### **Dissertação 86**

Título: **APLICAÇÃO DE SOFTWARES LIVRES NO PROCESSAMENTO DE DADOS SÍSMICOS. 58 P.**

Autor: **Marcelo Ferreira de Araújo**

Orientadora: Dra. Helenice Vital (PPGG/UFRN)

Data da defesa: 23/02/2010

Banca Examinadora:

Dra. Helenice Vital (PPGG/UFRN)

Dr. Luiz Antonio Pereira de Souza (IPT/SP)

Dr. Josibel Gomes de Oliveira Júnior (PPGG/UFRN)

**Área de concentração:** Geofísica

Linha de pesquisa: Geologia e Geofísica Aplicadas

### **Resumo**

A crescente utilização de métodos de sísmica rasa de alta resolução para investigações de problemas geológicos impulsionou o desenvolvimento de técnicas, fluxos e algoritmos computacionais. Até pouco tempo atrás, não se utilizavam técnicas de tratamento desses dados. A interpretação dos mesmos era feita da forma tal como eram adquiridos. Visando facilitar e contribuir para o aperfeiçoamento dessas práticas adotadas, desenvolveu-se uma aplicação gráfica livre e de codificação aberta, denominada *OpenSeismic* que tem como base o *software* livre *Seismic Unix*, bastante utilizado no tratamento dos dados da sísmica convencional, empregados na exploração de reservatórios de hidrocarbonetos. Os dados

utilizados para validar a iniciativa foram obtidos por sísmica marinha de alta resolução, adquiridos pelo Laboratório de Geologia e Geofísica Marinha e Monitoramento Ambiental (GGEMMA) da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN) para o Projeto SISPLAT, tendo como localização a região do paleovale do rio Açu. Esses dados foram submetidos ao fluxo de processamento desenvolvido por membros do GGEMMA, utilizando os *softwares* livres *OpenSeismic*, *Seismic Unix* e o *software* comercial *ProMAX*, onde, apesar das suas particularidades, pode-se observar resultados equivalentes.

### **Dissertação 87**

**Título: O GRABEN DE PALESTINA: CONTRIBUIÇÃO À ESTRATIGRAFIA E ESTRUTURA DO ESTÁGIO RIFTE NA BACIA DO ARARIPE, NORDESTE DO BRASIL. 102 P.**

Autora: **Fátima Maria Canelas Cardoso**

Orientador: Dr. Emanuel Ferraz Jardim de Sá (PPGG/UFRN)

Co-Orientadora: Dra. Valéria Centurion Córdoba (PPGG/UFRN)

Data da defesa: 23/02/2010

Banca Examinadora:

Dr. Emanuel Ferraz Jardim de Sá (PPGG/UFRN)

Dra. Liliane Rabêlo Cruz (PETROBRAS/UN-RNCE)

Dra. Débora do Carmo Sousa (PPGG/UFRN)

**Área de concentração:** Geodinâmica

Linha de pesquisa: Geologia e Geofísica do Petróleo

### **Resumo**

O *graben* de Palestina compõe o conjunto de depocentros com orientação NE-SW a ENE da Bacia do Araripe. Esta bacia foi implantada nos terrenos pré-cambrianos da Zona Transversal da Província Borborema, imediatamente a sul do Lineamento Patos. A mesma faz parte da província das bacias interiores do Nordeste, relacionadas à fragmentação do supercontinente Gondwana e abertura do Atlântico Sul. O *graben* de Palestina apresenta orientação NE-SW e uma geometria assimétrica, condicionada pela orientação NW dos esforços de estiramento crustal eocre-

táceo. As suas bordas apresentam comportamento distinto. A borda SE constitui uma margem flexural, caracterizada pelo contato em não conformidade da Formação Mauriti (de idade eopaleozóica, unidade basal da bacia) com o embasamento cristalino, sendo, todavia, afetada por falhas de rejeito moderado. Já a borda NW é contínua e retilínea, marcada por falhas com rejeito significativo, que controlam o basculamento das camadas para NW. Nesse sentido, a Formação Mauriti é capeada pelas formações Brejo Santo, Missão Velha (que também ocorrem no *horst* de Brejo Santo - Mauriti, a NW da borda falhada) e Abaiara, esta última restrita ao *graben*. A interpretação dos dados gravimétricos e de uma linha sísmica indica que a falha principal tem rejeito variável, definindo duas porções mais profundas no *graben*, nas quais a coluna sedimentar pode atingir espessuras de até 2 km. Em relação à estratigrafia na Bacia do Araripe, na área de estudo, o pacote sedimentar agrupa três tectonossequências distintas. A tectonossequência da sinéclise paleozóica é composta pela Formação Mauriti, depositada por um sistema fluvial entrelaçado. Segue-se a tectonossequência jurássica, cujo contexto tectônico ainda é discutível (início do rifte neocomiano ou sinéclise pré-rifte?), sendo representada pela Formação Brejo Santo, originada numa planície de inundação distal de canais fluviais efêmeros. A tectonossequência rifte, de idade neocomiana, inclui a Formação Missão Velha, cuja seção inferior representa um sistema fluvial entrelaçado a meandrante grosso, sendo interpretada como o trato de sistema tectônico de início do rifte. A seção superior da Formação Missão Velha é separada da precedente por uma importante discordância. Este intervalo inferior foi originado por um sistema fluvial entrelaçado, sendo capeado pela Formação Abaiara, originada por um sistema deltáico alimentado por um sistema fluvial meandrante. Ambos correspondem ao trato de sistemas tectônico de clímax do rifte. Na área são distinguidas falhas NE normais a oblíquas, associadas a falhas NW que constituem estruturas de transferência, e falhas com direções variando

de ENE a EW, estas com predomínio de rejeitos direcionais. Os sistemas NE e E-W exibem evidente paralelismo com estruturas do embasamento (em especial, zonas de cisalhamento), que devem ter sido reativadas quando do rifteamento eocretáceo. As falhas com orientação próxima de E-W apresentam componente direcional dominante, sinistrógira, caracteristicamente presente nos segmentos reativados do lineamento Patos e estruturas satélites. Componentes direcionais dextrógiros, em geral subordinados, mas localmente também expressivos, ocorrem nas falhas cujas direções variam entre NNW a NE. No contexto descrito para o *graben* de Palestina, os modelos clássicos em distensão ortogonal ou *pull-apart* merecem ressalvas quando de sua aplicação. O *graben* de Palestina não está limitado, nas suas extremidades, por zonas transcorrentes E-W (como deveria ser o caso no modelo *pull-apart*), o que sugere para o mesmo um modelo próximo ao estilo clássico de abertura ortogonal, ao passo que outros depocentros vizinhos, de mesma idade (como o semi-*graben* de Abaiara - Jenipapeiro), exibem um estilo transtraccional. Tais diferenças são controladas pela trama estrutural subjacente do embasamento.

### **Dissertação 88**

Título: **ANÁLISE DA DEFORMAÇÃO PÓS-RIFTE NA BACIA DO ARARIPE, NORDESTE DO BRASIL. 88 P.**

Autora: **Camila de Almeida**

Orientador: Dr. Alex Francisco Antunes (PPGG/UFRN)

Data da defesa: 24/02/2010

Banca Examinadora:

Dr. Alex Francisco Antunes (PPGG/UFRN)

Dr. Roberto Vizeu Lima Pinheiro (CG/UFPA)

Dra. Valéria Centurion Córdoba (PPGG/UFPA)

**Área de concentração:** Geodinâmica

Linha de pesquisa: Geologia e Geofísica do Aplicado

### **Resumo**

A Bacia do Araripe está inserida sobre os terrenos pré-cambrianos da

Província Borborema, fazendo parte das bacias interiores do Nordeste do Brasil. Sua origem está relacionada à fragmentação do supercontinente Gondwana e conseqüente abertura do Atlântico Sul durante o Cretáceo inferior. Apresenta um preenchimento sedimentar que abrange quatro estágios distintos de sua evolução, englobando as tectonosseqüências de sinéclise paleozóica, pré- rifte, rifte e pós-rifte. O objeto de estudo deste trabalho compreende a seção pós-rifte da bacia, focando os estilos de- formacionais que afetam os evaporitos do Membro Ipubi da Formação Santana, constituída por camadas de gipsita e anidrita intercaladas com folhelho, de ocorrência abrangente em toda a Bacia do Araripe. Na parte norte da bacia, nas proximidades de Nova Olinda - Santana do Cariri, os evaporitos são afetados por uma deformação essencialmente frágil, tipificada por fraturas preenchidas por gipsita fibrosa, recortando camadas de gipsita e anidrita geralmente maciças. Na região são observados veios com orientações e mergulhos bastante variados, distribuindo-se segundo três populações principais: (i) uma com direção dominante NW-SE, com mergulhos suaves a moderados essencialmente para NE, geralmente preenchidos por gipsita cujas fibras dispõem-se ortogonalmente às paredes dos veios; (ii) veios NE-SW com mergulhos moderados para SE, contendo fibras de crescimento subhorizontais; e (iii) veios N-S, com mergulhos suaves para E-W, cujas fibras encontram-se oblíquas às paredes desses veios. Na região oeste da bacia, nas proximidades de Trindade - Ipubi - Araripina, as camadas de evaporitos são predominantemente constituídas por gipsita / anidrita finamente estratificada, apresentando uma densidade menor de veios. Essas camadas são afetadas por uma deformação peculiar, de caráter mais “dúctil”, tipificada por dobras horizontais, de perfil suave a aberto, com comprimento de onda de várias dezenas de metros, não raro apresentando charneiras com duplo caimento, com orientações NWSE ou NE-SW, constituindo feições dômicas. Em detalhe, as lâminas de gipsita / anidrita também são afetadas por dobras de escala métrica a decimétrica,

em geral de perfil fechado a apertado, muitas vezes apresentando estilo em *kink* (não é raro nestes casos ocorrer ruptura da charneira) localmente constituindo dobras em caixa. Os veios (ocorrendo de forma mais rara) apresentam direções principais NE-SW, com mergulhos suaves para SE; as fibras de crescimento dispõem-se paralelamente às paredes dos veios, funcionando como *slickenfibers*. Esta região é marcada pelas falhas que afetam as rochas da Formação Araripina, apresentando direções NW-SE, NE-SW e E-W. De posse da análise dos estilos e da orientação geral das estruturas que afetam a seção pós-rifte na Bacia do Araripe, através do método dos diedros retos, foram obtidas informações importantes quanto à análise cinemática da deformação, possibilitando, assim, definir os sentidos de transporte tectônico predominantes e inferir o estado de paleotensões que governou a instalação das estruturas tectônicas presentes. Deste modo, foi possível definir um regime cinemático regional a partir desta análise, caracterizando a seção pós-rifte por um sistema de compressão NE-SW a ENE-WSW, regime este condizente com o que vem atuando na placa sul-americana desde, pelo menos, o Albiano. Variações locais da pressão de fluidos, somadas (ou não) a variações da sobrecarga sedimentar, definem regimes cinemáticos particulares. Assim, na porção nordeste da bacia, a deformação pós-rifte foi governada por um regime em que  $\sigma_1$  é subhorizontal e apresenta direção NE-SW, e  $\sigma_3$  é subvertical, denotando um regime de “falha inversa”. Já na porção sudoeste da Bacia do Araripe, foi caracterizado um regime de “falha transcorrente”, apresentando  $\sigma_1$  na direção ENE-WSW e  $\sigma_3$  orientado segundo NNW-SSE.

### **Dissertação 89**

Título: **APLICAÇÃO DE MÉTODOS GEOFÍSICOS DE ALTA RESOLUÇÃO ASSOCIADO COM DADOS HIDRODINÂMICOS NO ESTUÁRIO DO RIO AÇU, MACAU (RN). 78 P.**

Autora: **Ana Karolina Rodrigues da Rocha**

Orientadora: Dra. Helenice Vital (PPGG/UFRN)

Data da defesa: 25/02/2010

Banca Examinadora:

Dra. Helenice Vital (PPGG/UFRN)

Dr. José Maria Landim Dominguez (DG/UFBA)

Dr. Venerando Eustáquio Amaro

**Área de concentração:** Geodinâmica

Linha de pesquisa: Geologia Sedimentar e Marinha

## **Resumo**

Estuários são ambientes costeiros de vida efêmera no tempo geológico, derivados do afogamento da linha de costa em função da elevação relativa do nível do mar. Tal sistema parálico se caracteriza por ter duas fontes de sedimentos, a fluvial e a marinha. A área em estudo compreende o estuário do rio Açú, localizado no litoral setentrional do Estado do Rio Grande do Norte, que se encontra em uma região de intensa atividade econômica, principalmente voltada às atividades de exploração de petróleo *onshore* e *offshore*, passíveis de derrames acidentais. Além da atividade petrolífera, são desenvolvidas produções de sal marinho, carcinicultura, agricultura, pesca e turismo, que ao interagir com ecossistemas sensíveis, como no caso dos estuários, podem modificar as condições naturais, tornando-a, assim, uma área susceptível a contaminações sendo essencial o entendimento das variáveis morfodinâmicas que ocorrem nesse ambiente para obtenção de licenciamento ambiental. Informações a respeito do relevo submarino dos estuários são de grande importância para o planejamento da atividade de monitoramento ambiental, evolução e dinâmica costeira, entre outros, possibilitando um fácil gerenciamento de áreas de risco, além de ajudar na criação de mapas temáticos dos principais aspectos da paisagem. Estudos morfodinâmicos foram realizados neste estuário em diferentes períodos sazonais no ano de 2009 a fim de observar e quantificar as mudanças morfológicas ocorridas e correlacioná-las com as forças hidrodinâmicas proveniente da ação fluvial, bem como sua interação com as marés. Desta forma, os trabalhos realizados nesta área possibilitaram o conhecimento da morfologia de fundo através de registros de boa qualidade adquiridos por equipamentos geofísicos de

alta resolução (sonar de varredura lateral e perfilador de corrente por efeito *doppler*). A junção destes dados possibilitou a identificação de diferentes tipos de formas de leito para o período de inverno e verão que antes eram enquadradas em um regime de fluxo inferior e que posteriormente podem ter sido destruídas ou modificadas gerando formas de fundo de regime superior segundo o número de *Froude*, com características diferenciadas devido principalmente à variação da profundidade e ao tipo de material sedimentar que são constituídos, além de outros parâmetros hidrodinâmicos. Estas feições de fundo estão impressas em regiões de canal, bancos arenosos e planícies lamosas que margeiam toda área.

### **Dissertação 90**

Título: **ESTUDO DO POTENCIAL DA TÉCNICA DE NANOSSÍSMICA PARA O MONITORAMENTO DE HIDROFRATURAMENTO EM RESERVATÓRIOS DE HIDROCARBONETOS. 63 P.**

Autora: **Aline Gomes da Silva**

Orientador: Dr. Aderson Farias do Nascimento (PPGG/UFRN)

Data da defesa: 26/02/2010

Banca Examinadora:

Dr. Aderson Farias do Nascimento (PPGG/UFRN)

Dr. Marcelo Sousa de Assumpção (IAG/USP)

Dr. Joaquim Mendes Ferreira (PPGG/UFPA)

**Área de concentração:** Geofísica

Linha de pesquisa: Geologia e Geologia Aplicadas

### **Resumo**

O fraturamento hidráulico consiste em injetar um fluido pressurizado na formação em volta do poço produtor a fim de criar novos caminhos para o hidrocarboneto fluir. A injeção de fluido em reservatório de hidrocarboneto durante o processo de fraturamento hidráulico induz eventos microssísmicos. Medir a eficiência dessa estimulação do reservatório pode ser feita, de forma indireta, identificando os locais afetados através da localização dos microssismos induzidos. Mas hoje isto tem um

custo elevado por que o sistema de aquisição e interpretação de dados no monitoramento sísmico só funciona bem em ambientes onde a razão sinal-ruído é consideravelmente alta, implicando na necessidade de acoplar sensores em poços de observação a uma mesma profundidade do fraturamento. Nesse trabalho, propomos a aplicação de um novo método de registro e localização de microssismos, o método nanossísmico. Este consiste em um monitoramento contínuo no tempo, deixando o usuário distinguir ruídos e eventos sísmicos através da análise do conteúdo espectral do sinal. O programa de análise do método HypoLine permite a localização de eventos sem fases claras de onda P e S. Dessa forma, pode-se identificar e localizar eventos de razão sinal-ruído de até 0 dB. Essa é a principal vantagem do método. Sua aplicação para detectar microssismos induzidos por injeção de fluido pode trazer grande retorno financeiro, caso não se tenha mais a necessidade de acoplar sensores a uma mesma profundidade do fraturamento hidráulico. Neste trabalho, foram realizados testes considerando conhecidos o tempo de origem do sinal e a localização da fonte, a fim de determinar a potencialidade do método para aplicação futura em monitoramento de fraturamento hidráulico. Em um primeiro teste, fontes sísmicas, simuladas com fogos de artifício, foram localizadas a 28 m do sensor e magnitude  $-2.4 \leq M_L \leq 1.6$ . Em um segundo teste, um monitoramento de canhoneios em um poço de petróleo, a fonte foi detectada e localizada a uma distância do sensor de 861 m com magnitude de  $-2.4 M_L$ . Os Dados obtidos nestes testes permitem dizer que o método tem potencial para ser usado em monitoramento de hidrofraturas pela indústria do petróleo.

### **Dissertação 91**

Título: **CARACTERIZAÇÃO MORFODINÂMICA E SEDIMENTOLOGIA DA PLATAFORMA CONTINENTAL RASA NA APA ESTADUAL DOS RECIFES DE CORAIS - RN. 73 P.**

Autor: **Jonas Ricardo dos Santos**

Orientador: Dr. Ricardo Farias do Amaral (PPGG/UFRN)

Data da defesa: 26/02/2010

Banca Examinadora:

Dr. Ricardo Farias do Amaral (PPGG/UFRN)

Dra. Hortência Maria Barboza de Assis (CPRM/Recife)

Dr. José Gustavo Natorf de Abreu (LOG/UNIVALI)

Dr. Francisco Pinheiro Lima Filho (PPGG/UFPA)

**Área de concentração:** Geodinâmica

Linha de pesquisa: Geologia Ambiental

## **Resumo**

O presente trabalho teve por objetivo caracterizar os sedimentos da plataforma continental rasa e realizar o mapeamento das feições visíveis por imagens de satélite, utilizando técnicas de sensoriamento remoto, processamento digital de imagens e análise batimétrica entre Maxaranguape e Touros (RN). A área de estudo está localizada no segmento de transição entre a porção oriental e a setentrional da plataforma continental do Estado do Rio Grande do Norte, Brasil, e está inserida na Área de Proteção Ambiental (APA) dos Recifes de Corais. Um total de 1.186 amostras de sedimento foi coletado usando uma draga do tipo Van Veen e o posicionamento da embarcação foi realizado com o auxílio de um GPS Garmin 520s. Em laboratório, as amostras foram tratadas para realizar a análise granulométrica, concentração do teor de carbonato de cálcio e composição biogênica. Para o mapeamento das feições foram utilizadas as imagens digitais do Landsat 5-TM (órbita 214/064 de 7 de agosto de 2005). Foi utilizada a banda 1 (0,45-1,52  $\mu\text{m}$ ), sendo realizada a correção geométrica, e posteriormente o ajuste do histograma, gerando uma melhor visualização das feições de fundo e os contatos entre os diferentes tipos de fundo. A partir dos resultados obtidos da análise dos sedimentos, verificou-se que os sedimentos da plataforma continental oriental do RN apresentam uma dominância da fácies carbonática e de um fundo areno-cascalhoso em função de a região ser dominada por sedimentos biogênicos, que são constituídos principalmente por algas calcárias. As feições morfológicas de fundo encontradas foram validadas através de dados batimétricos e amostras de sedimentos analisadas. A partir dos resultados

obtidos, uma divisão apropriada para a plataforma em estudo é sugerida, sendo estas regiões subdivididas em zonas bem caracterizadas assim denominadas: (1) turbida, (2) bancos recifais, (3) sedimentos carbonáticos mistos, (4) algas incrustantes, (5) alinhamentos rochosos, (6) campo de dunas submersas e (7) depósito de areias siliciclásticas.

## **Dissertação 92**

Título: **EXPRESSÃO EM SUPERFÍCIE DO SISTEMA DE FALHAS POÇO VERDE - CARAÚBAS, BACIA POTIGUAR. 65 P.**

Autor: **Rafael Duarte Santos**

Orientador: Dr. Francisco Hilário Rego Bezerra (PPGG/UFRN)

Data da defesa: 05/03/2010

Banca Examinadora:

Dr. Francisco Hilário Rego Bezerra (PPGG/UFRN)

Dr. Pedro Xavier Neto (PETROBRAS/UN-RNCE)

Dr. David Lopes de Castro (PPGG/UFRN)

**Área de concentração:** Geodinâmica

Linha de pesquisa: Evolução Litosférica e Processos Geodinâmicos

### **Resumo**

O conhecimento estrutural da porção oeste da Bacia Potiguar ainda é incipiente, principalmente aquele relacionado aos sistemas de falhas NW-SE. Esta Dissertação analisa o sistema de falhas Poço Verde - Caraúbas, onde foi inicialmente individualizado em subsuperfície. As atividades realizadas inerentes a este estudo correspondem à análise de sensoriamento remoto e principalmente à análise geométrica e cinemática da seqüência pós-rifte da bacia. Além disso, o estudo teve como objetivo determinar os campos de tensão que operam na área. Os estudos foram realizados numa superfície de 1.000 km<sup>2</sup>, localizada na porção oeste da Bacia Potiguar, ao longo do sistema de falhas Poço Verde - Caraúbas, Estado do Rio Grande do Norte. As imagens de sensoriamento remoto indicam uma predominância de lineamentos orientados na direção NW-SE, consistente com o sistema de falha em estudo, seguido das direções NE-SW, N-S e E-W. As estruturas tectônicas mapeadas foram analisadas somente em aflora-

mentos da Formação Jandaíra. Elas correspondem a juntas (preenchidas ou não) orientadas em todas as direções, com predominância segundo NW-SE. Também são reportadas falhas normais de direção aproximada N-S e falhas transcorrentes nas direções NW-SE e NE-SW. A análise geodinâmica identificou dois campos de tensões. O primeiro campo (campo 1) é representado por uma compressão N-S horizontal e distensão E-W. Este campo atuou na Bacia Potiguar pelo menos até o Mioceno. O segundo campo (campo 2) é representado por uma compressão horizontal E-W e distensão horizontal N-S. Este é o atual campo de tensões e tem afetado a Bacia Potiguar desde o Plioceno.

### **Dissertação 93**

Título: **DESENVOLVIMENTO DE DOBRAS E FALHAS EM AMBIENTE DISTENSIONAL: APLICAÇÃO DA MODELAGEM FÍSICA. 75 P.**

Autor: **Diogo Fonseca Alves Gaspar**

Orientador: Dr. Fernando César Alves da Silva (PPGG/UFRN)

Data da defesa: 05/03/2010

Banca Examinadora:

Dr. Fernando César Alves da Silva (PPGG/UFRN)

Dr. Júlio César Horta de Almeida (DGRG/UERJ)

Dr. Alex Francisco Antunes (IG/UFBA)

**Área de concentração:** Geodinâmica

Linha de pesquisa: Geologia e Geofísica do Petróleo

### **Resumo**

A modelagem geológica permite analisar, na escala de laboratório, a evolução geométrica e cinemática de estruturas geológicas. A importância do conhecimento destas estruturas adquire maior relevo considerando a sua influência na criação de condutos ou trapas de fluidos tais como hidrocarbonetos ou água. No presente trabalho, simulou-se a formação de dobras e falhas em ambiente tectônico distensional, através de experimentos de modelagem física, utilizando um aparato do tipo “caixa-de-areia”, e *software* de modelagem computacional. A modelagem física de

estruturas desenvolvidas no bloco alto de uma falha lítrica mostrou a formação de zonas axiais ativas e inativas, respectivamente em regiões proximais e distais da falha mestra. Em consonância com a literatura, verificou-se a formação de um anticlinal *rollover* entre as duas zonas axiais. O colapso da crista do anticlinal forma *grabens* delimitados por falhas secundárias, de aspecto curvilinear, perpendiculares à distensão. Junto às falhas secundárias, foi possível registrar o surgimento de algumas dobras transversais, paralelas à distensão, caracterizadas por um sinclinal no teto da falha. Foram observadas, também, dobras de arrasto junto à superfície das falhas. Estas dobras são paralelas à falha mestra e são representadas por anticlinais no piso e sinclinais no teto da falha. Para observar a influência de variações (largura e mergulho) na geometria do piso de uma falha piso-rampa realizaram-se duas séries experimentais, sendo uma com o piso (*flat*) variando tanto em inclinação como em largura e a segunda onde o piso é horizontal, mas conservou-se a variação de largura entre um extremo e o outro da falha. Esses experimentos desenvolveram falhas secundárias, perpendiculares à direção de distensão, que foram agrupadas em três conjuntos: (i) falhas antitéticas com geometria curvilinear, falhas sintéticas, com uma geometria mais retilínea, nucleadas da base para o topo da pilha sedimentar; as falhas normais antitéticas podem rotacionar durante a distensão, passando a apresentar uma cinemática pseudo-inversa; (ii) falhas nucleadas no topo da pilha sedimentar; a propagação dessas falhas é feita pela coalescência de segmentos, às vezes originando rampas de revezamento; (iii) falhas reversas, nucleadas na interface piso-rampa da falha mestra. Comparando os dois modelos, verifica-se que a inclinação do piso favorece uma nucleação diferenciada das falhas nos dois extremos do experimento. Além das falhas, esses dois modelos com falha piso-rampa geraram um par anticlinal / sinclinal de primeira ordem e dobras de arrasto e transversais de segunda ordem. O anticlinal forma-se acima do piso da falha subparalelo ao plano da falha

mestra, enquanto o sinclinal desenvolve-se em porções mais distais à falha mestra. Com base nas variações geométricas destas dobras ao longo da extensão da falha mestra, foi possível definir três domínios estruturais distintos. Usando os modelos físicos como padrão, foi realizada a modelagem computacional de falhas piso-rampa apresentando mudanças geométricas no piso. Foram geradas falhas secundárias antitéticas, sintéticas e reversas de características semelhantes em ambos os modelos. A modelagem computacional gerou duas dobras, um anticlinal na região acima do piso da falha mestra, e um sinclinal mais distal à falha. Com base nas variações geométricas destas dobras, é possível definir três domínios estruturais paralelos à direção da distensão. Esses dados reforçam os resultados obtidos com a modelagem física. A comparação de dados reais de uma falha com geometria piso-rampa da Bacia Potiguar com dados das simulações física e computacional permitiu verificar que em ambos os casos uma variação na arquitetura do piso produz, também, variação na arquitetura do teto da falha.

#### **Dissertação 94**

Título: **DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA COMPUTACIONAL PARA GERAÇÃO AUTOMÁTICA DE MAPAS DE VULNERABILIDADE COMO FERRAMENTA DE AUXÍLIO ÀS AÇÕES DE PREVENÇÃO AO DERRAMAMENTO DE ÓLEO EM ÁREAS COSTEIRAS. 86 P.**

Autor: **Charles Cesar Magno Freitas**

Orientador: Dr. Venerando Eustáquio Amaro (PPGG/UFRN)

Data da defesa: 14/05/2010

Banca Examinadora:

Dr. Venerando Eustáquio Amaro (PPGG/UFRN)

Dra. Angélica Félix de Castro (UFERSA)

Dra. Helenice Vital (PPGG/UFPA)

**Área de concentração:** Geodinâmica

Linha de pesquisa: Geologia Ambiental

#### **Resumo**

A porção setentrional do Estado do Rio Grande do Norte é caracte-

rizada por intensa dinâmica costeira afetando áreas com ecossistemas de alta sensibilidade ambiental. Nessa região, estão instaladas as principais atividades socioeconômicas do Estado: indústria salineira, carcinicultura, fruticultura e indústria petrolífera. A indústria petrolífera sofre os percalços da ação da dinâmica costeira que acarreta problemas como a erosão e a exposição dos poços e dutos instalados ao longo da faixa de praia. Deste modo, surgiu o ordenamento de tais modificações, na busca do entendimento das mudanças geradoras de agressões ao meio ambiente, em estudos sobre os impactos ambientais com o propósito de detectar e avaliar as áreas com a maior vulnerabilidade às modificações. As áreas costeiras sob influência petrolífera se apresentam altamente vulneráveis e sensíveis em caso de acidentes com derramamento de óleo nas proximidades. Portanto, foi estabelecido o monitoramento geoambiental da região com o objetivo de avaliar toda a evolução costeira da área e verificar a sensibilidade do local diante da presença do óleo. O objetivo desse trabalho foi a implementação de um sistema computacional que atenda as necessidades de inserção e visualização de mapas temáticos para a geração, utilizando técnicas de *Business Intelligence* (BI), de mapas de vulnerabilidade ambiental a partir de informações vetoriais previamente armazenadas no banco de dados. O interesse básico do projeto foi a implementação de um sistema mais escalável que atenda a diversas áreas de estudo e o torne apropriado para geração *on-line* dos mapas de vulnerabilidade, automatizando a metodologia de forma a facilitar a manipulação de dados e agilizar a obtenção de resultados em casos de tomadas de decisões operacionais em tempo real. No desenvolvimento do banco de dados geográficos, foi estabelecido o modelo conceitual dos dados selecionados e o sistema Web foi feito usando o modelo de banco de dados PostgreSQL, sua extensão espacial PostGis, o servidor web Glassfish e o visualizador de mapas em ambiente Web, o GeoServer.

## **Dissertação 95**

Título: **DIAGÊNESE E PROVENIÊNCIA DOS ARENITOS DA TECTONOSSEQUÊNCIA RIFTE DAS BACIAS DO RIO DO PEIXE E DO ARARIPE, NE DO BRASIL. 93 P.**

Autora: **Ana Bárbara Sampaio Costa**

Orientadora: Dra. Valéria Centurion Córdoba (PPGG/UFRN)

Co-orientador: Dr. Emanuel Ferraz Jardim de Sá (PPGG/UFRN)

Data da defesa: 29/07/2010

Banca Examinadora:

Dra. Valéria Centurion Córdoba (PPGG/UFRN)

Dra. Liliane Rabêlo Cruz (PETROBRAS/UN-RNCE)

Dra. Marcela Marques Vieira (DG/UFRN)

**Área de concentração:** Geodinâmica

Linha de pesquisa: Geologia e Geofísica do Petróleo

### **Resumo**

Esta Dissertação apresenta um estudo diagenético e de proveniência dos arenitos que integram a tectonossequência rifte nas bacias do Rio do Peixe e do Araripe. Tais bacias compõem o conjunto das Bacias Interiores do Nordeste brasileiro. As mesmas encontram-se alinhadas segundo o alinhamento Cariri - Potiguar, estando geneticamente relacionadas ao rifteamento eocretáceo. Litoestratigraficamente, o intervalo estudado corresponde às formações Antenor Navarro, Sousa e Rio Piranhas, na Bacia do Rio do Peixe, e às formações Missão Velha e Abaiara, na Bacia do Araripe, estas últimas aflorantes na porção centro-oeste do Vale do Cariri. Visando subsidiar os estudos de diagênese e proveniência, foi realizada uma análise fáciesológica que permitiu identificar nove fácies sedimentares distintas para a Bacia do Rio do Peixe e dez para a Bacia do Araripe, individualizadas consoantes os diferentes tipos litológicos e principais estruturas sedimentares presentes. As associações destas fácies possibilitaram tecer interpretações acerca dos paleoambientes nos quais as mesmas estão inseridas, e suas sucessões verticais permitiram compreender a evolução do cenário deposicional durante o intervalo cronoestratigráfico estudado nestas bacias. Com base nas análises petrográfica e diagenética,

foi possível caracterizar textural e mineralogicamente os arenitos estudados, identificar as fases diagenéticas, bem como tecer interpretações sobre a proveniência dos grãos do arcabouço. O estudo petrográfico permitiu classificar os litotipos estudados, em ambas as bacias, principalmente como quartzarenitos. Tais quartzarenitos, de maneira geral, apresentam arcabouço rico em grãos de quartzo, feldspatos e fragmentos líticos e, em menor percentagem, minerais resistentes (turmalina, titanita, zircão, epidoto). A história diagenética das rochas estudadas mostrou-se bastante complexa, sendo caracterizada por uma grande variedade de fases que se sucederam durante os estágios de eo-, meso- e telodiagênese. De acordo com a formação estudada e as particularidades texturais e composicionais intrínsecas às fácies destas unidades, alguns processos se mostraram mais ou menos atuantes, outros até mesmo ausentes. De forma geral o estágio eodiagenético é marcado pela infiltração mecânica de argilas e início dos processos de compactação mecânica. O estágio mesodiagenético é caracterizado pela continuidade da compactação mecânica e início dos eventos de compactação química, crescimentos secundários de quartzo e de feldspatos, geração de caulinita autigênica, alteração dos grãos do arcabouço para clorita e illita e, por fim, a precipitação de minerais opacos. O estágio telodiagenético, por sua vez, é representado pela oxidação de alguns dos grãos, matriz e cimentos presentes. A análise de proveniência dos arenitos estudados, utilizando-se diagramas ternários, cujos vértices correspondem aos percentuais de quartzo, feldspatos e fragmentos líticos, permitiu identificar que a área-fonte dessas rochas é representada por blocos continentais. Foi possível, também, reconhecer que os arenitos da Formação Antenor Navarro, da Bacia do Rio do Peixe, e a seção superior da Formação Missão Velha, da Bacia do Araripe, apresentam maior maturidade mineralógica e estabilidade química, ao passo que as demais formações contêm rochas que, comparativamente, apresentam mais maturidade mineralógica e estabilidade química. Tais informações

permitiram associar as formações estudadas em cada uma das bacias a fases específicas de evolução do estágio rifte.

### **Dissertação 96**

Título: **VULNERABILIDADE AMBIENTAL DA ZONA COSTEIRA DE PITITINGA, RIO DO FOGO, RIO GRANDE DO NORTE. 99 P.**

Autor: **Eduardo Queiroz de Lima**

Orientador: Dr. Ricardo Farias do Amaral (PPGG/UFRN)

Data da defesa: 30/07/2010

Banca Examinadora:

Dr. Ricardo Farias do Amaral (PPGG/UFRN)

Dr. Antonio Henrique Fontoura Klein (CTTMar/UNIVALI)

Dr. Francisco Hilário Rego Bezerra (PPGG/UFPA)

**Área de concentração:** Geodinâmica

Linha de pesquisa: Geologia Ambiental

### **Resumo**

Este trabalho apresenta um estudo sobre a vulnerabilidade ambiental da região costeira de Pititinga, Rio do Fogo (RN). A erosão costeira da praia de Pititinga foi analisada e considerada como mais um processo que gera vulnerabilidade ambiental na área de estudo, considerando seu meio natural e humano e estabelecendo a relação entre eles para compreender os arranjos que produziram a sua configuração espacial. O meio natural foi expresso por meio de mapas temáticos envolvendo os temas geologia, geomorfologia, vegetação e pedologia, enquanto que o meio antrópico foi expresso pelo mapa de uso e ocupação do solo. A erosão costeira foi cartografada em um mapa de vulnerabilidade à erosão. O procedimento metodológico para gerar os mapas temáticos, os mapas de vulnerabilidade natural e ambiental e da erosão costeira envolveram o levantamento bibliográfico, visitas ao campo com preenchimento de *check-list*, coleta e análise de amostras de sedimentos, técnicas de fotointerpretação, integração das informações em uma base de dados e armazenamento e análise espacial em um ambiente de Sistema de Informações Geográficas (SIG). O mapa

de vulnerabilidade natural apontou para um predomínio de ambientes com vulnerabilidade baixa (29,6%) e média (42,4%), destacando as dunas frontais e móveis como as áreas de maior vulnerabilidade. Já o mapa de vulnerabilidade ambiental, apresenta um predomínio de ambientes com vulnerabilidade baixa (53,8%), estando a vulnerabilidade alta concentrada sobre a vila de Pititinga. A vulnerabilidade à erosão costeira apresentou comportamentos distintos em três trechos ao longo da linha de costa de acordo com as características de cada um. Quando ocorrem dunas frontais e transgressivas, as susceptibilidades são, em geral, média e baixa, respectivamente, e quando da ausência destas, como ocorre na vila de Pititinga, a vulnerabilidade é predominantemente muito alta.

### **Dissertação 97**

Título: **ANÁLISE DE DISPERSÃO DE ONDAS DE SUPERFÍCIE NA PROVÍNCIA BORBOREMA, NORDESTE DO BRASIL. 90 P.**

Autora: **Rosana Maria do Nascimento**

Orientador: Dr. Aderson Farias do Nascimento (PPGG/UFRN)

Co-orientador: Dr. Joaquim Mendes Ferreira (PPGG/UFRN)

Data da defesa: 03/08/2010

Banca Examinadora:

Dr. Aderson Farias do Nascimento (PPGG/UFRN)

Dr. José Eduardo Pereira Soares (IG/UnB)

Dr. José Antonio de Moraes Moreira (PPGG/UFRN)

**Área de concentração:** Geofísica

Linha de pesquisa: Geologia e Geofísica Aplicadas

### **Resumo**

A Província Borborema, Nordeste do Brasil, tem sua estrutura interna investigada por diferentes métodos geofísicos: gravimétricos, magnéticos e sísmicos. Adicionalmente, muitos estudos geológicos foram levados a definir domínios estruturais para a província. Porém, ainda há muitos aspectos em aberto sobre sua evolução. Neste trabalho, foi estudado o comportamento da velocidade da onda S com a profundidade na crosta, usando a característica de dispersão das ondas de superfície. No

método de interestação, a dispersão calculada em cada estação ajuda a estimar a espessura média da crosta na região entre as duas estações. As inversões das curvas de dispersão são feitas usando a dispersão interestação de ondas Rayleigh e Love. Os eventos telessísmicos selecionados são principalmente das bordas das placas sul-americana e africana. O período da coleta de dados ocorreu entre 2007 e 2010. Foram usados 7 eventos com magnitudes acima de 5,0 Mw e até 40 km de profundidade. A pequena quantidade de dados é justificada pelo fato de os eventos estarem a pelo menos 10° do caminho de círculo máximo entre as estações. Foi usado também o conhecimento da profundidade da Moho, resultados de funções do receptor de trabalhos prévios como vínculos na inversão. Mesmo usando diferentes parametrizações de modelos para a inversão, os resultados obtidos mostram perfis médios de velocidade de onda S muito parecidos. Nos pares de estações localizados no domínio Ceará Central da Província Borborema, há intervalos de profundidades para os quais as velocidades de S são muito próximas na região interestação. Na maioria dos resultados, as variações da velocidade da onda S no perfil próximas a Moho dificultam a interpretação dos mesmos a essa profundidade e podem indicar forte variação lateral, coincidindo com a geologia da região, onde existem muitas zonas de cisalhamento. Em particular, o perfil com a Bacia Potiguar no percurso interestação apresenta baixas velocidades na crosta. A integração desses resultados àqueles de estudos gravimétricos e magnetométricos disponíveis na região e também da função do receptor, permitiu obter os primeiros indícios sobre o comportamento da velocidade da onda S com a profundidade na Província Borborema.

### **Dissertação 98**

Título: **ESTUDO DA SISMICIDADE NA REGIÃO DE SOBRAL (CE) EM 2008. 91 P.**

Autor: **Paulo Henrique Sousa de Oliveira**

Orientador: Dr. Joaquim Mendes Ferreira (PPGG/UFRN)

Co-orientador: Dr. Aderson Farias do Nascimento (PPGG/UFRN)

Data da defesa: 03/08/2010

Banca Examinadora:

Dr. Joaquim Mendes Ferreira (PPGG/UFRN)

Dr. José Eduardo Pereira Soares (IG/UnB)

Dr. Francisco Hilário Rego Bezerra (PPGG/UFRN)

**Área de concentração:** Geofísica

Linha de pesquisa: Evolução Litosférica e Processos Geodinâmicos

## **Resumo**

A cidade de Sobral está localizada na porção noroeste do Estado do Ceará, a 250 km de sua capital, Fortaleza. No início de 2008, uma intensa atividade sísmica iniciou-se nas proximidades de Sobral, ocorrendo no dia 21 de maio o evento com a maior magnitude registrada na região ( $4,2 m_b$ ). Todos os eventos desde o início foram registrados pela estação SBRR, localizada na fazenda da EMBRAPA Caprinos, que opera na região desde agosto de 2007. Após o evento de maio de 2008, o monitoramento da sismicidade foi realizado com uma rede sismográfica local, com início de operação no dia 5 de junho de 2008. Inicialmente, esta rede foi constituída de 6 estações sismográficas digitais, sendo depois preenchida com mais 5, totalizando 11 estações digitais, cada uma com 3 componentes. A rede com até 11 estações sismográficas operou entre 6 de junho e 24 de setembro de 2008, detectando cerca de 2.820 sismos, em pelo menos uma estação. No presente trabalho foram analisados os 581 sismos registrados, no mínimo, em três estações, objetivando a determinação de hipocentros, mecanismos focais e contribuir para uma melhor compreensão da sismicidade ocorrida na região noroeste do Ceará. Para a determinação hipocentral, a partir da análise dos 581 eventos registrados pela rede, foram obtidos como parâmetros do modelo de velocidades 1,71 para  $V_p/V_s$  e 6.00 km/s para  $V_p$ , possibilitando encontrar uma zona sísmica ativa com profundidade variando de 1,1 km a 7,8 km e com 6 km de extensão horizontal na direção aproximada E-W. A determinação dos planos de falha e mecanismos focais foi obtida com o auxílio dos programas PLAN e FPFIT,

possibilitando a utilização dos resultados do primeiro para ajudar a melhor definir o mecanismo focal, obtido com o programa FPFIT. Para obter os parâmetros dos planos de falha e mecanismos focais, foi selecionado um conjunto de 24 sismos com melhor precisão hipocentral. Com estes sismos, foi possível construir um mapa detalhado dos seus hipocentros, visando obter auxílio na identificação do tipo de mecanismo focal. Os mecanismos obtidos foram do tipo transcorrente, com movimento dextrógiro. Apesar de a região possuir duas importantes estruturas tectônicas próximas ao local da área estudada, a falha Café - Ipueiras e o lineamento Sobral – Pedro II, não foi possível obter correlação entre a sismicidade encontrada e qualquer uma dessas feições geológicas.

### **Dissertação 99**

Título: **ANÁLISE ESTRUTURAL DA DEFORMAÇÃO CENOZÓICA NA BACIA DE CUMURUXATIBA (BA). 127 P.**

Autor: **Talles Souza Ferreira**

Orientador: Dr. Fernando César Alves da Silva (PPGG/UFRN)

Co-orientador: Dr. Mário Neto Cavalcanti de Araújo (CENPES/PETROBRAS)

Data da defesa: 03/09/2010

Banca Examinadora:

Dr. Fernando César Alves da Silva (PPGG/UFRN)

Dr. Mário Neto Cavalcanti de Araújo (CENPES/PETROBRAS)

Dra. Maria Sílvia Carvalho Barbosa (DEGEO/UFOP)

Dr. Alex Francisco Antunes (PPGG/UFRN)

**Área de concentração:** Geodinâmica

Linha de pesquisa: Evolução Litosférica e Processos Geodinâmicos

### **Resumo**

A Bacia de Cumuruxatiba está localizada no extremo sul da costa do Estado da Bahia, no Nordeste do Brasil. Esta bacia foi formada em ambiente distensional, com rifteamento e posterior fase termal durante o Neocomiano até final do Cretáceo. Durante o Cenozóico ocorreu o magmatismo de Abrolhos na bacia com picos durante o Paleoceno e Eoceno.

Neste período, deu-se uma inversão cinemática na bacia, representada por dobras relacionadas a falhas reversas. Restaurações estruturais regionais de seções sísmicas 2D revelaram que a maior parte da deformação está concentrada no início do Cenozóico, com pico no Eoceno inferior. O período pós-Eoceno é marcado pela diminuição da taxa de deformação até o presente. A modelagem estrutural 3D revelou uma frente de dobras (de orientação E-W variando para NE-SW) acomodando a deformação entre os altos vulcânicos de Royal Charlotte e Sulphur Minerva. Os derrames vulcânicos causaram uma sobrecarga diferencial nas bordas da bacia que serviu de gatilho para atuação da halocinese, como já demonstrado em modelagens físicas na literatura. Conseqüentemente, a deformação tende a ser maior na bordas da bacia. As rochas vulcânicas ocorrem principalmente como estruturas concordantes (*sills*) nos sedimentos sintectônicos revelando uma deposição concomitante à deformação. O estudo dos mapas de isópacas e diagramas com orientação do eixo de deformação revelaram que a maior parte das dobras foi ativada e reativada em diferentes períodos durante o Cenozóico. As dobras apresentam padrões cinemáticos variados ao longo do tempo, refletindo a atuação diferencial dos altos vulcânicos adjacentes. Estas interpretações aliadas a informações sobre os sistemas petrolíferos da bacia são importantes no mapeamento dos prospectos para hidrocarbonetos.

### **Dissertação 100**

**Título: MORFODINÂMICA DE UM CAMPO DE DUNAS EÓLICAS COSTEIRAS NO MUNICÍPIO DE MAXARANGUAPE (RN). 84 P.**

**Autor: Hanyel Pessoa Paiva**

**Orientador: Dr. Ricardo Farias do Amaral (PPGG/UFRN)**

**Data da defesa: 20/01/2011**

**Banca Examinadora:**

**Dr. Ricardo Farias do Amaral (PPGG/UFRN)**

**Dr. Luiz Liberato Cavalcanti de Albuquerque Tabajara (IG/UFRGS)**

**Dr. Francisco Hilário Rego Bezerra (PPGG/UFRN)**

**Área de concentração:** Geodinâmica

Linha de pesquisa: Geologia Ambiental

## **Resumo**

O presente estudo faz a análise de medidas de transporte eólico utilizando coletores de areia (*sand traps*) ao longo de um campo de dunas na praia de Maracajaú, município de Maxaranguape. Estas medidas são utilizadas, então, como parâmetro de movimentação eólica nesta região. Sete visitas a campo foram realizadas entre os meses de setembro de 2009 a setembro de 2010 para obtenção dos dados de 12 coletores postos ao longo do campo de dunas de Maracajaú e dados meteorológicos com a utilização de estação meteorológica portátil. Também foram utilizados dados da estação meteorológica de Maxaranguape correspondente a abril de 2008 até maio de 2010, fornecidos pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) para obter informações sobre a frequência e intensidade dos ventos da região. Os dados foram processados e analisados com o uso de técnicas estatísticas de regressão e correlação para mensurar a deriva eólica do campo de dunas de Maracajaú. A análise dos dados da estação meteorológica de Maxaranguape aponta ventos com direção preferencial de quadrantes SE e SSE para todo o período analisado. Esta mesma estação registrou 78% de ventos com velocidades maiores que 5 m/s, mais de três quartos dos ventos totais, mostrando uma forte capacidade eólica para o transporte de areia. Os cálculos de transporte das areias eólicas mostraram que as coletas de campo realizadas no mês de setembro de 2010, são as que indicam uma maior movimentação eólica de sedimentos no campo de dunas de Maracajaú com  $Q=0,439$  kg/m de areia transportada por hora. Em seguida, com valores decrescentes de transporte eólico, estão as coletas realizadas no mês de fevereiro de 2010, com ventos com capacidade de transporte igual a 0,239 kg por hora; no mês de setembro de 2009 com capacidade de transporte eólico de 0,06334 kg por hora; em outubro de 2009 registrando capacidade de transporte eólico de 0,025 kg por hora;

em dezembro de 2009, com ventos que transportaram 0,0064 kg por hora; e por último, e menos significativas, as coletas ocorridas em março de 2010, onde se registrou uma carga transportada pelo vento de 0,0032 kg por hora. Finalmente, são propostos ajustes na metodologia utilizada.

### **Dissertação 101**

**Título: BEACHROCKS DO RIO GRANDE DO NORTE: CORRELAÇÃO ENTRE OS DEPÓSITOS COSTEIROS E OS DE ZONA COSTA AFORA COM BASE NA FACIOLOGIA, PETROGRAFIA E DIAGÊNESE. 145 P.**

**Autor: Izaak Cabral Neto**

Orientadora: Dra. Valéria Centurion Córdoba (PPGG/UFRN)

Co-Orientadora: Dra. Helenice Vital (PPGG/UFRN)

Data da defesa: 25/02/2011

Banca Examinadora:

Dra. Valéria Centurion Córdoba (PPGG/UFRN)

Dra. Helenice Vital (PPGG/UFRN)

Dr. Luciano Henrique de Oliveira Caldas (PETROBRAS/UO-RNCE)

Dra. Marcela Marques Vieira (DG/UFRN)

**Área de concentração:** Geodinâmica

Linha de pesquisa: Geologia e Geofísica do Petróleo

### **Resumo**

*Beachrocks* são rochas sedimentares formadas pela cimentação de sedimentos praias por carbonato de cálcio (em especial, calcita e/ou aragonita) em zona de estirâncio. A ocorrência dessas rochas é bastante comum em diversas partes do globo, sobretudo em regiões com latitudes inferiores a 40°. O Rio Grande do Norte possui grande quantidade de *beachrocks*, os quais afloram tanto em regiões costeiras quanto em zona costa afora. Os depósitos de *beachrocks* de zona costeira do referido Estado têm sido estudados por diversos autores, os quais abordaram os mais variados temas desde o início do século XX. Por outro lado, os depósitos de zona costa afora, apesar de terem sido estudados por poucos autores, têm ganhado atenção apenas nos últimos anos. Porém, nenhum trabalho até o presente fez algum tipo de estudo comparativo de cunho geológico

entre os corpos de *beachrocks* presentes em ambas as zonas: costeira e costa afora. Sendo assim, a presente Dissertação teve o intuito de correlacionar os corpos de *beachrocks* que afloram em zona costeira aos que estão atualmente dispostos em zona costa afora, próximo a isóbata de 25 m, levando em consideração seus aspectos petrográficos, diagenéticos e sedimentológicos. Para isso, foram percorridos cerca de 260 km de litoral, correspondendo ao trecho entre os municípios de Extremoz e Tibau, em busca de afloramentos de *beachrocks*. Seções colunares foram confeccionadas e amostras coletadas em estações de amostragem representativas da zona costeira, ao passo que da zona costa afora apenas seções delgadas foram analisadas. Trabalhos disponíveis na literatura sobre o tema e área em pauta também foram utilizados. A partir dos dados levantados, observou-se que os *beachrocks* são formados por diferentes camadas ao longo de um perfil vertical. Estas camadas são claramente identificadas em afloramento pela diferença existente na composição, textura e estruturas sedimentares peculiares a cada uma delas. Seções delgadas foram confeccionadas e analisadas a partir de amostras coletadas nas diferentes camadas de diversos afloramentos. Um local foi escolhido como afloramento modelo, o de São Bento do Norte, por apresentar a maior espessura de rocha aflorante (1,9 m). Este tem sido muito bem estudado tanto no corrente trabalho quanto em trabalhos de outros autores. A este foram comparados todos os outros afloramentos analisados. A partir da análise micropetrográfica, foram identificadas 3 microfácies para os *beachrocks* do Rio Grande do Norte: quartzarenítica (< 2,9% de bioclastos), quartzarenítica bioclástica (entre 3 e 9,9% de bioclastos) e bio-quartzarenítica (> 10% de bioclastos). Associando essas microfácies às análises sedimentológicas realizadas, foi possível propor que as microfácies quartzarenítica e bio-quartzarenítica foram depositadas em zona de estirâncio enquanto que a microfácies quartzarenítica bioclástica foi depositada em zona de face litorânea superior. A história diagenética dos *beachrocks* estudados é

marcada por quatro principais processos: compactação mecânica, cimentação, dissolução e geração de porosidade secundária, e oxidação. Dentre esses, o processo de cimentação é o mais importante, sendo caracterizado por precipitação de cimento de calcita rica em Mg sob cinco morfologias: cutículas criptocristalinas, franjas prismáticas isópacas, calcita espática microcristalina, calcita espática equante e agregados pseudo-peloidais. Todas estas morfologias foram formadas durante o estágio de eodiagenese nas zonas freática marinha ativa ou freática meteórica ativa, corroborando assim com a idéia de que *beachrocks* têm sua litificação completa a pequenas profundidades. Associando as análises microfaciológicas às diagenéticas, foi possível sugerir que a sucessão vertical de camadas vista em alguns *beachrocks* costeiros representam registros de variações de mais alta frequência do nível do mar durante o Holoceno. A partir daí, baseando-se em informações obtidas através de curvas de variação do nível do mar relativo no Holoceno para o Rio Grande do Norte, disponíveis na literatura, e na correlação aqui realizada entre os *beachrocks* costeiro e aqueles de zona costa afora, foi possível inferir que estes últimos representam uma antiga linha de costa formada a idades relativas superiores a 7.000 anos A.P.

## **Dissertação 102**

**Título: MODELAGEM GEOLÓGICA E GEOFÍSICA TRIDIMENSIONAL DE RESERVATÓRIOS: EXEMPLO DE UM CAMPO PETROLÍFERO DA BACIA POTIGUAR (NE DO BRASIL). 110 P.**

**Autora: Patrícia Rose de Carvalho Costa**

**Orientador: Dr. Alex Francisco Antunes (PPGG/UFRN)**

**Data da defesa: 25/02/2011**

**Banca Examinadora:**

**Dr. Alex Francisco Antunes (PPGG/UFRN)**

**Dr. Yoe Alain Reyez Pérez (Schlumberger/Natal)**

**Dra. Valéria Centurion Córdoba (PPGG/UFRN)**

**Área de concentração: Geodinâmica**

**Linha de pesquisa: Geologia e Geofísica do Petróleo**

## Resumo

A modelagem geológica de reservatórios, considerada como uma importante etapa para o estudo de campos petrolíferos, consiste em descrever as características dos sistemas permo-porosos portadores de hidrocarbonetos de modo a permitir, dentre outros aspectos: (i) visualizar de modo integrado todos os dados disponíveis; (ii) verificar as necessidades de aquisição de novos dados; (iii) quantificar volumes de hidrocarbonetos; (iv) auxiliar na locação de novos poços, e (v) dar suporte à simulação de fluxos e assim melhor inferir sobre o desempenho dos reservatórios. Neste contexto, o trabalho em epígrafe vem apresentar as várias etapas envolvidas na construção de um modelo geológico tridimensional de reservatórios de um campo petrolífero da Bacia Potiguar. Visando atingir esta meta, as etapas consistiram, primeiramente, da análise dos dados de poços, seguida da análise do dado sísmico e, por fim, da modelagem geológica propriamente dita. Na etapa da análise dos dados de poços, foi realizado o controle de qualidade dos perfis para exclusão de valores espúrios, correlação estratigráfica entre os poços com interpretação de unidades da bacia e de zonas-reservatório de hidrocarbonetos, análises dos dados petrofísicos e de testemunhos, e caracterização de eletrofácies para os reservatórios. Na etapa de análise do dado sísmico, procedeu-se a: amarração dos poços (escala de profundidade) à sísmica (escala de tempo); interpretação sísmica de horizontes regionais; inversão do cubo sísmico para melhoria da qualidade do dado; criação de um modelo de velocidades para conversão dos dados da escala de tempo para a de profundidade; interpretação sísmica dos horizontes de topo e de base das zonas-reservatório, e análise de atributos sísmicos. O trabalho culminou com a construção do modelo estrutural, seguido dos modelos de fácies e petrofísico (porosidade e permeabilidade) e, por fim, com o cálculo de volumes de óleo das zonas-reservatório e com a análise de incerteza acerca dos volumes calculados.

## **Dissertação 103**

Título: **CARACTERIZAÇÃO GEOMORFOLÓGICA DA PLATAFORMA CONTINENTAL DA ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DOS RECIFES DE CORAIS, RIO GRANDE DO NORTE - BRASIL. 100 P.**

Autor: **Lino Pedro de Araújo Filho**

Orientador: Dr. Ricardo Farias do Amaral (PPGG/UFRN)

Data da defesa: 28/02/2011

Banca Examinadora:

Dr. Ricardo Farias do Amaral (PPGG/UFRN)

Dr. João Thadeu de Menezes (UNIVALI)

Dr. Francisco Pinheiro Lima Filho (PPGG/UFRN)

**Área de concentração:** Geodinâmica

Linha de pesquisa: Geologia Sedimentar e Marinha

### **Resumo**

O objetivo deste trabalho é apresentar uma caracterização geomorfológica e a modelagem de dados espaciais na plataforma continental rasa nos limites da Folha Touros (SB-25-V-C-II), com base na análise/interpretação de dados batimétricos e produtos de sensores remotos orbitais. O Estado do Rio Grande do Norte está localizado no Nordeste do Brasil e a área de trabalho situa-se na região de transição entre as porções oriental e setentrional de sua plataforma. Para o desenvolvimento das análises, foram realizados levantamentos batimétricos entre os meses de março e maio de 2009, utilizando-se uma embarcação com 10 metros de comprimento e 0,70 metros de calado, equipada com sistema de posicionamento global e ecossonda (feixe duplo, 200KHz, 14°). A campanha resultou em 44 perfis batimétricos com espaçamento de 1,5 km e extensão média de 30 km. O montante das campanhas foi de 111.200 pontos válidos de profundidade em 1.395,7 km navegados numa área de 1.850 km<sup>2</sup>. Os dados batimétricos foram corrigidos em relação ao nível de maré, calado da embarcação e posteriormente foram inseridos em um sistema de informações geográficas para outros processamentos. Para o desenvolvimento das análises, a partir de produto de sensor remoto orbital, foi utilizada

a banda 1 do Landsat 7/ETM+, de 19 de novembro de 1999. A imagem foi utilizada para visualização e mapeamento de feições submersas. Os resultados obtidos evidenciaram, de forma muito expressiva, a presença de feições geomorfológicas características da região em estudo. Foram observados, a partir da análise da batimetria local e imagem orbital sete tipos de feições geomorfológicas. Os canais podem ser longitudinais (exs. São Roque, Cioba de Dentro, Cioba de Fora) ou perpendiculares à costa (exs. Touros, Pititinga, Barretas). Os altos costeiros, caracterizados como formações recifais, são os altos de Maracajaú, Rio do Fogo e Cioba. As ondulações longitudinais são descritas na literatura como dunas longitudinais. Foi verificada a presença de um campo de dunas transversais. Outra feição observada foi o alto oceânico, um alinhamento rochoso paralelo a costa. Foram identificadas quatro riscas, de norte para sul: do Liso, Gameleira, Zumbi, Pititinga (esta última sendo descrita pela primeira vez). Por fim, um terraço oceânico foi observado na região mais profunda da área de estudo. A interpretação das imagens corroboraram com os resultados *in situ*, sendo possível visualizar e descrever todas as feições existentes na região. A integração das informações obtidas neste trabalho foi fundamental para que todas as feições existentes na área fossem amplamente discutidas e possibilitou avaliar quais métodos geraram melhores resultados para descrever certas feições. A partir dos resultados obtidos foi possível comprovar a existência de feições submersas na plataforma continental rasa do litoral oriental do Rio Grande do Norte. Desta forma, foi possível destacar que: (1) o presente trabalho contribuiu com a disponibilização de novas informações a respeito da área em questão, principalmente no que diz respeito a coleta de dados *in situ* de profundidades; (2) o método de coleta e interpretação dos dados se mostrou eficiente visto que, por meio deste, foi possível visualizar e interpretar as feições presentes na área em estudo; e (3) a interpretação e discussão dos resultados de forma integrada, entre diferentes metodologias, podem fornecer melhores resultados.

## **Dissertação 104**

Título: **PETROLOGIA DO PLÚTON SERRA DA MACAMBIRA, NEOPROTEROZÓICO DA FAIXA SERIDÓ, PROVÍNCIA BORBOREMA (NE DO BRASIL)**. 98 p.

Autor: **Dalton Rosemberg Valentim da Silva**

Orientador: Dr. Zorano Sérgio de Souza (PPGG/UFRN)

Data da defesa: 28/07/2011

Banca Examinadora:

Dr. Zorano Sérgio de Souza (PPGG/UFRN)

Dr. Gorki Mariano (CTG/UFPE)

Dr. Antonio Carlos Galindo (PPGG/UFRN)

**Área de concentração:** Geodinâmica

Linha de pesquisa: Evolução Litosférica e Processos Geodinâmicos

### **Resumo**

O final da orogênese Brasileira / Pan-Africana na Província Borborema, NE do Brasil, é marcado por um volumoso plutonismo. O plúton Serra da Macambira (PSM) constitui um exemplo destes corpos, sendo aqui objeto de caracterização geológica, petrográfica, textural, geoquímica e petrogenética. O PSM localiza-se no Estado do Rio Grande do Norte, sendo intrusivo em ortognaisses paleoproterozóicos (Complexo Caicó) e metassupracrustais neoproterozóicas (Grupo Seridó). As rochas que compõem o plúton foram classificadas segundo suas relações de intrusão / inclusão, mineralogia e textura, na seguinte seqüência relativa: enclaves intermediários (quartzo monzonitos e biotita tonalitos); monzogranitos porfiríticos; sienogranitos e monzogranitos equigranulares; diques graníticos e pegmatíticos tardios. Granitos porfiríticos e enclaves quartzo monzoníticos representam mistura de magmas (*mingling*), formada pela injeção de um magma intermediário em um magma granítico já em cristalização. Ambos são ligeiramente precoces em relação ao granito equigranular. Os enclaves quartzo monzoníticos apresentam microclina, plagioclásio, biotita, hornblenda e pouco quartzo, enquanto os biotita tonalitos são pobres em microclina, ricos em quartzo e não apresentam hornblenda. Os granitos porfiríticos e equigranulares portam bio-

tita e raramente hornblenda, texturas mirmequítica e pertítica, além de plagioclásio zonado, o que indica a relevância da cristalização fracionada na sua evolução. Estes granitos apresentam características geoquímicas similares, com anomalia negativa de Eu, enriquecimento em Elementos Terras Raras (ETR) leves e empobrecimento em ETR pesados, variam entre ligeiramente metaluminosos e ligeiramente peraluminosos e seguem a trajetória evolutiva cálcio-alcálica de alto potássio. Os processos petrogenéticos tiveram início com fusão parcial (27,5%) da crosta continental paleoproterozóica, gerando um líquido ácido hidratado, que incorporou H<sub>2</sub>O dos minerais existentes na fonte, deixando um resíduo granulítico com ortopiroxênio, K-feldspato, plagioclásio (An<sub>40-50</sub>), quartzo, epidoto, magnetita, ilmenita, apatita e zircão. O líquido evoluiu com predominância do processo de cristalização fracionada (10-25%), ocorrendo fracionamento de plagioclásio sódico (An<sub>20</sub>), biotita e hornblenda nas fases iniciais de cristalização. Diques ácidos tardios apresentam textura granofírica, caracterizando cristalização e/ou colocação em condições hipabissais, e padrão de ETR similares aos de granitos tipo A. Texturas ígneas bem preservadas, ausência ou fraca atuação de eventos tectônicos, associação de enclaves intermediários a máficos, e alinhamento de amostras de acordo com séries de diferenciação cálcio-alcálica de alto potássio são encontradas em complexos magmáticos pós-colisionais a pós-orogênicos descritos na literatura. Esta interpretação está em acordo com o comportamento das amostras em diagramas discriminantes de ambientes tectônicos, posicionando o plúton em um contexto tardi-orogênico, eventualmente registrando os episódios finais de colapso da cadeia Brasileira / Pan-Africana na Faixa Seridó.

### **Dissertação 105**

Título: **INTERPRETAÇÃO E ANÁLISE DE ATRIBUTOS DO LEVANTAMENTO SÍSMICO 3D DA ÁREA DO ALTO DE SIRIZINHO (BACIA SERGIPE – ALAGOAS, NORDESTE DO BRASIL). 47 P.**

Autor: **Arthur Victor Medeiros Francelino**

Orientador: Dr. Alex Francisco Antunes (PPGG/UFRN)

Data da defesa: 29/08/2011

Banca Examinadora:

Dr. Alex Francisco Antunes (PPGG/UFRN)

Dr. Antonio Tadeu dos Reis (PPGOCN/UERJ)

Dr. Fernando César Alves da Silva (PPGG/UFRN)

**Área de concentração:** Geodinâmica

Linha de pesquisa: Geologia e Geofísica do Petróleo

## Resumo

A presente Dissertação tem como objetivo principal a interpretação sísmica e análise de atributos sísmicos do Alto de Siririzinho, localizado na sub-bacia de Sergipe (porção sul da Bacia Sergipe - Alagoas). Tal estudo possibilitou um melhor entendimento da estratigrafia e estruturação que o alto experimentou durante o seu desenvolvimento. Em uma primeira análise, foram utilizados dois tipos de filtros, sendo o *dip-steered median filter* com a finalidade de retirar os ruídos aleatórios e aumentar a continuidade lateral das reflexões, e o *fault-enhancement filter* para realçar as descontinuidades das reflexões. Após esta etapa de filtragem, foram aplicados os atributos de similaridade e curvatura para identificar a distribuição das falhas. O uso dos atributos e filtragens colaborou fortemente para a identificação e o realce da continuidade dos falhamentos. Além da aplicação dos atributos típicos (similaridade e curvatura), foram utilizadas técnicas de redes neurais e *fingerprint*, que geram meta-atributos, também com o objetivo de realçar os falhamentos. No entanto, os resultados obtidos não foram satisfatórios. Em etapa subsequente, com a avaliação dos perfis geofísicos e do dado sísmico foi possível realizar a interpretação sismoestrutural e sismoestratigráfica que permitiram o entendimento da distribuição e arranjo das seqüências que capeiam o Alto de Siririzinho, bem como da compreensão de como estas unidades são afetadas pelas principais estruturas da região. O Alto de Siririzinho compreende uma estrutura dômica alongada na direção N-S, capeada por quatro sismosseqüências (informalmente nomeadas, da base para o topo, de seqüências I a IV, além

do topo do embasamento). Foi possível reconhecer falhamentos com orientação principal N-S, que afetam especialmente as seqüências I e II, e falhamentos com orientação NE-SW que atingem as seqüências mais jovens, III e IV. Por fim, com a interpretação dos horizontes sísmicos correspondentes a cada uma dessas seqüências, foi possível definir um melhor entendimento da geometria, deposição e das relações estruturais na área estudada.

### **Dissertação 106**

**Título: DINÂMICA DA PAISAGEM NO LITORAL ORIENTAL DO RIO GRANDE DO NORTE: GEOCARTOGRAFIA E PADRÕES ESPACIAIS DOS CAMPOS DE DUNAS MÓVEIS.**

**101 P**

**Autor: Lucyanno dos Reis Fernandes**

Orientador: Dr. Ricardo Farias do Amaral (PPGG/UFRN)

Data da defesa: 06/10/2011

Banca Examinadora:

Dr. Ricardo Farias do Amaral (PPGG/UFRN)

Dra. Cynthia Romariz Duarte (DG/UFC)

Dr. Eduardo Martins Venticinque (CB/UFRN)

Dr. David Lopes de Castro (PPGG/UFRN)

**Área de concentração:** Geodinâmica

Linha de pesquisa: Geologia Ambiental

### **Resumo**

Esta dissertação apresenta os resultados de uma pesquisa desenvolvida na região costeira entre os municípios de Maxaranguape e Touros, especificamente nos campos de dunas móveis do litoral oriental do Estado do Rio Grande do Norte. Zonas costeiras, ainda que ocupem uma área pequena em relação ao total da superfície terrestre, concentram grande parte da população no mundo. No Rio Grande do Norte, o mosaico da paisagem costeira que compõe os campos de dunas móveis sugere um cenário dinâmico de mudanças nos arranjos espaciais e temporais, com alterações significativas na geometria da cobertura sedimentar superficial. Nesta perspectiva, o presente projeto de pesquisa tem como obje-

tivo cartografar a zona costeira emersa referente ao litoral oriental do Rio Grande do Norte, sob ponto de vista da evolução espaço-temporal dos campos de dunas móveis, por meio de técnicas de geoprocessamento, sendo incluídos sensoriamento remoto, processamento de imagens digitais e Sistemas de Informações Geográficas (SIG). Os resultados implicam na edição das cartas temáticas: mapa geológico; mapa da evolução multitemporal dos campos de dunas móveis; mapa da quantificação das diferenças dos campos de dunas móveis; mapa da evolução temporal no entorno dos campos de dunas móveis para a localidade de Touros, Zumbi e Maracajaú. A dinâmica das transições na paisagem foram superiores a estabilidade dos padrões espaciais de dunas e do seu entorno, de tal forma que os campos de dunas do litoral oriental do Rio Grande do Norte e, principalmente, as dunas móveis de Touros, Zumbi e Maracajaú, apresentaram redução da área de cobertura sedimentar. Por fim, as técnicas e os dados levantados eventualmente podem ser aplicadas ao monitoramento de campos de dunas móveis, visando a conservação e a manutenção dos ecossistemas dunares dispostos ao longo de toda costa do Rio Grande do Norte.

### **Dissertação 107**

Título: **CARACTERIZAÇÃO MULTI-ESCALAR DE BANDAS DE DEFORMAÇÃO NAS TECTONOSEQÜÊNCIAS PALEOZÓICA, PRÉ- E SIN-RIFTE DA BACIA DO ARARIPE - NE DO BRASIL. 78 P**

Autor: **João Marculino de Araújo Netto**

Orientador: Dr. Fernando César Alves da Silva (PPGG/UFRN)

Data da defesa: 21/10/2011

Banca Examinadora:

Dr. Fernando César Alves da Silva (PPGG/UFRN)

Dr. João Batista de Lélis Françolin (HRT Oil & Gas / Rio de Janeiro)

Dr. Emanuel Ferraz Jardim de Sá (PPGG/UFRN)

**Área de concentração:** Geodinâmica

Linha de pesquisa: Geologia e Geofísica do Petróleo

## Resumo

As bandas de deformação são estruturas, desenvolvidas em arenitos porosos, que mostram pequenos rejeitos e não são imageáveis em seções sísmica. As bandas de deformações dos arenitos pré- e sin-rifte da Bacia do Araripe foram estudadas em escalas de afloramento, amostra de mão e seção delgada. Características tais como hierarquia, cinemática e geométrico-espacial, além dos mecanismos deformacionais atuantes durante seu desenvolvimento estrutural, foram estabelecidas. De modo geral, a observação em escala mesoscópica permitiu diferenciar as bandas de deformação em estruturas individuais ou agrupadas dispostas em três conjuntos principais: NNE-SSW dextrógiras; NE-SW normais (por vezes com componente direcional); E-W sinistrógiras; e um conjunto peculiar, de caráter local, subparalelo aos planos de acamamento sedimentar. A caracterização em micro-escala, por sua vez, possibilitou reconhecer o caráter cisalhante e cataclástico dessas estruturas. Através do estudo multi-escalar realizado neste trabalho, verificou-se que as bandas de deformação desenvolveram-se preferencialmente em arenitos em avançado estágio de litificação. Inferiu-se também que a complexidade geométrico-espacial das bandas, aliada à presença de matriz cataclástica, pode dificultar a migração de fluidos em rochas-reservatório, levando à sua compartimentação. Dessa forma, o estudo de bandas de deformação pode subsidiar pesquisas sobre a evolução estrutural de bacias sedimentares, bem como tentar compreender o comportamento hidrodinâmico de reservatórios compartimentados por essas estruturas deformacionais.



## Resumos de Teses

Neste capítulo, são listadas as 29 Teses de Doutorado concluídas no Programa de Pós-Graduação em Geodinâmica e Geofísica da UFRN a partir de dezembro de 2001 até outubro de 2011. Tal como para os concluintes de Mestrado, aqui também se procedeu à uniformização de linguagem e reescrita de alguns termos em inglês para a língua portuguesa sem prejuízo do conteúdo original do trabalho.

### **Tese 1**

**Título: A CINEMÁTICA SUPERPOSTA E AS MINERALIZAÇÕES AURÍFERAS DA FAIXA SERIDÓ: UMA ABORDAGEM MESO E MICROSCÓPICA. 225 P.**

**Autor: Mário Neto Cavalcanti de Araújo**

Orientador: Dr. Fernando César Alves da Silva (PPGG/UFRN)

Co-orientador: Dr. Emanuel Ferraz Jardim de Sá (PPGG/UFRN)

Data da defesa: 14/12/2001

Banca Examinadora:

Dr. Fernando César Alves da Silva (PPGG/UFRN)

Dr. Fernando Flecha Alkmim (DEGEO/UFOP)

Dr. Zorano Sérgio de Souza (PPGG/UFRN)

Dr. Hardy Jost (IG/UnB)

Dr. Jaziel Martins Sá (PPGG/UFRN)

**Área de concentração:** Geodinâmica

**Linha de pesquisa:** Evolução Litosférica e Processos Geodinâmicos

## Resumo

Na Faixa Seridó (NE do Brasil), variações de estilo estrutural, cinemática, regimes metamórficos e mecanismos deformacionais ao longo de milonitos de baixo ângulo, relacionados a uma tectônica compressiva precoce ( $D_2$ ) e zonas de cisalhamento transcorrentes brasileiras ( $D_3$ ) sugerem uma evolução tectônica dada pela superposição entre dois grandes eventos tectonotermiais. *Sheets* de granitóides fortemente milonitizados colocados paralelamente às zonas de cisalhamento tangenciais ( $D_2$ ) são interpretados como corpos sintectônicos alojados durante um regime compressivo de transporte dominante para S-SE que ocorreu por volta de 1,9 Ga. Essas rochas mostram uma orientação preferencial dos eixos-c de quartzo, com máximos concentrados próximos ou em posições intermediárias à direção de estiramento máximo (eixo X do elipsóide de deformação finita). Tal geometria demonstra um estágio de milonitização de alta temperatura (600-650°C), marcado na microestrutura pela deformação dos feldspatos alcalinos e plagioclásios por processos de plasticidade cristalina. Observações refinadas através de microscopia de transmissão eletrônica (MTE) denotam a presença de defeitos lineares livres (*free dislocations*) que evoluem para formar limites de subgrãos, comprovando a presença de deformação plástica através da migração e colapso de defeitos intracristalinos (*dislocation glide* e *dislocation creep*). Extensiva formação de silimanita-quartzo milonitos paralelos a trama milonítica  $S_2/C_2$  também atesta altas temperaturas durante o evento de milonitização  $D_2$ . Tal assinatura microestrutural caracteriza a milonitização  $D_2$  como um evento de alta temperatura e intensa deformação dúctil. Transformações tardias de plagioclásios e feldspatos alcalinos ao longo desses milonitos são relacionadas a processos de resfriamento resultantes da exumação do terreno no final desse evento. Granitóides sintectônicos às zonas de cisalhamento  $D_3$ , que retrabalham as tramas anteriormente descritas, mostram tramas e orientações de eixo-c de quartzo bastante

contrastantes daquelas observadas nos tectonitos  $D_2$ . A geometria das guirlandas de eixo Y ou na direção do eixo Z do elipsóide de deformação finita indica deformação mediante condições de temperaturas médias a baixas e abundância em fluidos (450-500°C). Tais condições são comprovadas microestruturalmente pela observação do comportamento dos plagioclásios e feldspatos alcalinos, que nesses tectonitos acomodam a deformação principalmente através de mecanismos de fraturamento, deformação intracristalina e dissolução por pressão. Observações feitas por microscopia MTE demonstram que o quartzo nessas rochas deforma via colapso de defeitos intracristalinos, enquanto que os feldspatos reagem através de processos de dissolução e subordinada migração de defeitos intracristalinos. Temperaturas de 600°C demonstradas na literatura são obtidas apenas em regiões localizadas ao redor dos plútons graníticos brasileiros. Nessas regiões, as microestruturas  $D_2$  e  $D_3$  são amplamente perturbadas por processos de recristalização estática muito provavelmente em resposta ao aporte de calor proveniente dos corpos graníticos adjacentes. A forte participação de fluidos durante o evento  $D_3$  ativa mecanismos de dissolução por pressão e transferência de massa por difusão que são mais efetivos no interior das zonas de cisalhamento transcorrentes. A extensiva participação de fluidos durante a fase de deformação  $D_3$  é de ampla importância nos processos de remobilização e formação de mineralizações auríferas e de pegmatitos na Faixa Seridó. O estudo de ocorrências nas regiões de Currais Novos e Caicó tem demonstrado que as mineralizações auríferas da Faixa Seridó possuem um controle estrutural mais complexo do que aquele defendido na literatura. Nos micaxistos da Formação Seridó, mais especificamente na mina de ouro de São Francisco, as relações com as estruturas  $D_3$  mostram um controle por cisalhamentos retrometamórficos de alto ângulo, onde os veios mineralizados formam corpos sigmoidais com assimetria consistente com a movimentação dextrógira evidenciada por critérios meso e micros-

cópicos. Na região de Caicó / São Fernando, os cisalhamentos  $D_3$  formam um complexo mosaico delineando uma estrutura do tipo dominó definida por cisalhamentos locais de primeira ordem e orientação NE e cisalhamentos subsidiários NW. Nessa região, são incluídas quatro ocorrências, das quais duas (Simpático e Serra dos Rodrigues) foram alvo de detalhe do ponto de vista estrutural. Na ocorrência de Simpático, os veios mineralizados se colocam tanto ao longo de cisalhamentos retrometamórficos de alto ângulo como também acompanham uma estrutura em semi-flor resultante da abertura em leque para leste da foliação milonítica  $S_3/C_3$ . Esse arranjo permite que na região lateral da estrutura ocorra um retrabalhamento em baixa temperatura de milonitos de baixo ângulo atribuídos ao evento de deformação  $D_2$ . Uma variante desse controle é observada na ocorrência de Serra dos Rodrigues, onde os veios mineralizados passam gradativamente de alto para baixo ângulo, eventualmente acompanhado a foliação  $S_2$  que, neste caso, participou como uma heterogeneidade prévia, aproveitada posteriormente para colocação dos veios mineralizados. Determinações geocronológicas pelo método  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  por aquecimento em patamares foram efetuadas em três ocorrências auríferas: Simpático, Ponta da Serra e Mina São Francisco. Muscovitas e biotitas das mineralizações da Fazenda Simpático e da Mina São Francisco forneceram idades no intervalo de 506-500 Ma. No caso da ocorrência de Ponta da Serra, as idades obtidas foram mais antigas (520-510 Ma). Quanto aos pegmatitos mineralizados em Be-Ta-Li, as biotitas indicam idades mais antigas que àquelas das ocorrências auríferas (535-520 Ma). Esses três intervalos de idade são interpretados como representativos de diferentes incrementos de deformação e mineralização desenvolvidos no final da orogenia brasileira. As idades de 535-520 Ma representam um incremento precoce de deformação, que gerou espaço para a colocação dos pegmatitos. Idades de 520-510 Ma e 506-500 Ma, obtidas nas ocorrências auríferas estudadas representam dois pulsos mineralizantes, um inicial e menos expressivo,

registrado apenas na ocorrência de Ponta da Serra, e um segundo que foi responsável pelas mineralizações de Simpático e São Francisco. Observações meso e microestruturais das estruturas da Faixa Seridó ratificam a interpretação de uma evolução polifásica para essa região. Nesse contexto, nota-se a colocação das mineralizações auríferas e de pegmatitos mineralizados em Be-Ta-Li desenvolvidas durante diferentes incrementos da deformação tardi-brasiliana, com as transcorrências funcionando mediante um regime de deformação dúctil a dúctil-frágil retrabalhando tramas  $D_2$  mais antigas. Portanto, o evento de deformação  $D_3$  exerceu o papel de controlador das mineralizações auríferas da Faixa Seridó, gerando armadilhas estruturais para o alojamento dos veios mineralizados em ouro e amplificando estruturas prévias ( $D_2$ ) como sítios potenciais para o aprisionamento de fluidos mineralizados. Esse último efeito explica a existência de veios mineralizados em atitudes subhorizontais seguindo a foliação  $S_2$ , demonstrando a importância de estruturas  $D_2$  no controle dos corpos de minério da Faixa Seridó.

## **Tese 2**

**Título: REAVALIAÇÃO E DESENVOLVIMENTO DE UM BANCO DE DADOS GEOGRÁFICOS DE TERRENOS CRISTALINOS, COM ÊNFASE NA NEOTECTÔNICA E SENSORIAMENTO REMOTO. 197 p.**

**Autora: Ana Catarina Fernandes Coriolano**

Orientador: Dr. Emanuel Ferraz Jardim de Sá (PPGG/UFRN)

Co-orientador: Dr. Venerando Eustáquio Amaro (PPGG/UFRN)

Data da defesa: 13/09/2002

Banca Examinadora:

Dr. Emanuel Ferraz Jardim de Sá (PPGG/UFRN)

Dr. Waldir Duarte Costa (CTG/UFPE)

Dr. Adelir José Strieder (CDT/UFPE)

Dr. Venerando Eustáquio Amaro (PPGG/UFRN)

Dr. Fernando César Alves da Silva (PPGG/UFRN)

**Área de concentração:** Geodinâmica

Linha de pesquisa: Geologia e Geofísica Aplicadas

## Resumo

A prospecção hidrogeológica no Nordeste do Brasil e em outros terrenos cristalinos tem sido baseada em conhecimentos de geologia estrutural e regional que, pelo tempo decorrido, demandam reavaliação. Neste tipo de terreno, a percolação e acúmulo de água subterrânea são controlados por fraturas e outros tipos de descontinuidades, tais como foliações e contatos geológicos, que intemperizados adquirem certa porosidade e permeabilidade, permitindo o fluxo e/ou retenção de água. Diversos fatores devem ser considerados no processo de locação de um poço para água, conforme amplamente discutido na literatura. Dentre estes, o tipo de estrutura observada, a geometria do fraturamento (incluindo abertura e conectividade) e seu contexto geológico e cronológico. Neste último sentido, é importante correlacionar o fraturamento com o arcabouço neotectônico conhecido na região. Fraturas orientadas em baixo ângulo (subparalelas) com o eixo de tensão principal são aquelas que tendem a abrir (funcionam atualmente como juntas de distensão) e apresentam, em princípio, maior potencial hídrico; em situação oposta encontram-se as fraturas em forte ângulo com  $\sigma_1$  (corresponderiam a fraturas “fechadas”, com uma componente de compressão). As fraturas diagonais às direções de compressão e distensão são equivalentes às fraturas de cisalhamento e, pela conectividade com planos de segunda ordem, são também importantes em termos de produtividade hídrica. A denudação do terreno também enseja descompressão e uma tendência geral de abertura (inclusive pelo efeito do intemperismo) de fraturas e outras descontinuidades, em orientações quaisquer. Fraturas de baixo ângulo, formadas nesse contexto, são igualmente importantes para definir a conectividade, coleta de água e a recarga dos sistemas aquíferos. De um modo geral, uma componente de abertura (neotectônico ou por descompressão) e os vários modelos de interconexão de fraturas resultam no aumento de sua potencialidade hídrica. Em conjunto com pesquisas em pa-

ralelo, a presente Tese aborda modelos de ocorrência de água subterrânea no cristalino, procurando aperfeiçoar conceitos já estabelecidos (como o modelo riacho-fenda) e enfatizando outras possibilidades, a exemplo do papel de aluviões e paleo-regolitos (o modelo calha elúvio-aluvionar) e de zonas fortemente alteradas (permo-porosas) em subsuperfície, ladeando vários tipos de descontinuidades, em especial fraturas interconectadas (o modelo bolsões de intemperismo). São também discutidos diferentes aspectos metodológicos atualmente utilizados na locação de poços, fazendo uma reavaliação destes procedimentos com vistas a aumentar o índice de acerto nas locações de poços em terrenos cristalinos. Nessa metodologia, foram estudadas áreas selecionadas no interior do Rio Grande do Norte, envolvendo os municípios de Santa Cruz, Santo Antônio, Serinha, Nova Cruz, Montanhas, Lagoa de Pedras e Lagoa Salgada, todos na região oriental do Estado. Além de fazer uma análise neotectônica do fraturamento, esta Tese aborda a validade da utilização de sensoriamento remoto como ferramenta na prospecção de água subterrânea. Foram testadas várias técnicas que pudessem facilitar a detecção e seleção de áreas com maior potencial para o acúmulo de água subterrânea, utilizando imagens Landsat 5-TM, RADARSAT e fotografias aéreas. Assim, foram utilizados filtros que melhor realçaram os lineamentos observados nas imagens, facilitando a sua discriminação e destacassem áreas com maior umidade no terreno, podendo refletir o acúmulo de água em subsuperfície, bem como coberturas sedimentares e aluviões que servem como zonas de recarga. O trabalho partiu de uma análise regional com as imagens orbitais, passando pela análise de fotografias aéreas e estudo estrutural em campo. Esta última envolveu a análise de afloramentos próximos a poços pré-existentes (em um raio de aproximadamente 10 a 100 m), com produtividade distinta, inclusive secos. Ao nível de detalhamento requerido, não foi possível realizar um trabalho estatístico utilizando os dados (fichas) de poços, pela falta de informações específicas requeridas. Todo

este acervo de conhecimentos gerados deve agora passar por uma fase de testes através de locações específicas. O aumento no índice de acertos, assim pretendido, pode então conduzir a uma etapa posterior de consolidação e divulgação da metodologia para empresas e órgãos envolvidos na prospecção de água subterrânea em terrenos cristalinos.

### **Tese 3**

**Título: LITOESTRATIGRAFIA E DEFORMAÇÃO CENOZÓICA NA REGIÃO DE ICAPUÍ, CEARÁ, E IMPLICAÇÕES PARA A ESTRUTURAÇÃO DE CAMPOS DE PETRÓLEO NA BORDA OCIDENTAL DA BACIA POTIGUAR (NE DO BRASIL). 189 P.**

**Autora: Débora do Carmo Sousa**

Orientador: Dr. Emanuel Ferraz Jardim de Sá (PPGG/UFRN)

Co-Orientadora: Dra. Helenice Vital (PPGG/UFRN)

Data da defesa: 14/02/2003

Banca Examinadora:

Dr. Emanuel Ferraz Jardim de Sá (PPGG/UFRN)

Dr. Pedro Victor Zálan (CENPES/PETROBRAS)

Dr. Virgínio Henrique de Miranda Lopes Neumann (CTG/UFPE)

Dr. Fernando César Alves da Silva (PPGG/UFRN)

Dr. Renato Marcos Darros de Matos (PPGG/UFRN)

**Área de concentração:** Geodinâmica

Linha de pesquisa: Evolução litosférica e Processos Geodinâmicos

### **Resumo**

Esta Tese contempla a caracterização sedimentológica / litoestratigráfica e estrutural das rochas sedimentares na porção continental NW da Bacia Potiguar, e que afloram em falésias no setor litorâneo compreendido entre as localidades de Lagoa do Mato e Icapuí, Ceará (NE do Brasil). Os estudos sedimentológicos / estratigráficos das unidades mapeadas, em escala de afloramento, envolveram descrições faciológicas, levantamento de perfis com empilhamento vertical das diferentes camadas, e a construção de seções colunares caracterizando as relações laterais observadas. Ainda foram realizados estudos granulométricos e petrográficos, bem como a identificação das assembléias de minerais pesados. O conjun-

to desses dados permitiu identificar dois grupos de litologias, representados por uma unidade carbonática, que ocorre de forma restrita na base das falésias, e três unidades siliciclásticas, que predominam lateral e verticalmente nas falésias. As rochas carbonáticas, correlacionadas à Formação Jandaíra, do Cretáceo superior, são capeadas pelas rochas siliciclásticas da Formação Barreiras. Esta ocorre em dois contextos estruturais distintos, sob a forma de estratos horizontalizados e não deformados, a situação mais usual, ou como camadas basculadas e afetadas por forte deformação. Foram individualizadas duas litofácies, dispostas verticalmente em contatos normais ou por falhas. A denominada fácies inferior é composta por arenitos síltico-argilosos com estratificação cruzada de baixo ângulo; a fácies superior é caracterizada por arenitos médios a grossos, maciços, com intercalações conglomeráticas. No extremo NW da área ocorre uma segunda unidade, a Formação Tibau (arenitos médios a grossos com intercalações de argilitos), que está lateralmente interdigitada com a Formação Barreiras. Finalmente, no topo das unidades anteriores ocorrem sedimentos eólicos correlacionados à Formação Potengi. A discordância na base desta última unidade (a Formação Potengi) torna-se nítida quando os estratos sotopostos estão basculados e falhados (discordância angular). Para os demais casos, o contato é erosional (discordância estratigráfica). Na área estudada, chamam atenção as feições estruturais identificadas na Formação Barreiras permitindo caracterizar o campo de tensões neocenozóico que gerou falhas e dobras e/ou reativou estruturas mais antigas na seção neocretácica (a paleógena, no setor *offshore* da bacia) subjacente. As feições estruturais identificadas nas rochas da Formação Barreiras permitem distinguir duas situações distintas, caracterizadas por uma deformação principal distensional, entre as localidades de Ponta Grossa e Redonda, e um estilo contracional (sucedido por estruturas distensionais oblíquas), em Vila Nova. No primeiro caso, as feições observadas envolvem falhas distensionais de direção N-S ( $N \pm 20^\circ Az$ ), com

mergulhos de alto a baixo ângulo. Em geral possuem arranjo em dominó ou geometria lítrica com estruturas *rollover* associadas. Este padrão de deformacional pode ser explicado por uma distensão E-W/WNW, contemporânea à deposição da fácies superior da Formação Barreiras, no intervalo Mioceno - Pleistoceno. A pronunciada rotação de blocos e falhas delimitantes, gerando falhas distensionais de baixo ângulo e, localmente, verticalização do acamamento, traduz a forte magnitude deste evento, com estimativas que variam de 40% até 200% de distensão. São frequentes as zonas de descolamento paralelas ao acamamento, que permitem acomodar a intensa deformação observada. As superfícies de descolamento e boa parte das falhas exibem feições mesoscópicas análogas às de zonas de cisalhamento dúctil, com desenvolvimento de superfícies S-C, bandas de cisalhamento, clastos sigmoidais e outras, caracterizando no caso um regime de deformação hidroplástico. As ocorrências localizadas do calcário da Formação Jandaíra são condicionadas por falhas distensionais que exumam a seção pré-Barreiras, incluindo um evento precoce com distensão N-S. Finalmente, são observadas zonas de cisalhamento e falhas distensionais com direção WNW, tardias, explicadas por um evento compatível com o campo de tensões holocênico, neste setor da margem continental. Na região de Vila Nova, próximo a Icapuí, observam-se dobras suaves afetando a fácies inferior da Formação Barreiras, com eixos mergulhando para SSW, planos incipientes de clivagem de dissolução e uma lineação de estiramento de alto *rake*, compondo uma trama S>L. A deposição dos siliciclásticos da fácies superior é controlada por estruturas de *graben pull-apart*, delimitados por falhas e zonas de cisalhamento sinistrogiras normais, com direção N-NE, caracterizando uma inversão estrutural. Os aspectos microestruturais são compatíveis com deformação tectônica em um contexto de soterramento raso do pacote sedimentar. As feições identificadas sugerem altas pressões de fluidos nos poros dos sedimentos, gerando microestruturas de caráter hidroplástico, indicati-

vos da atuação do mecanismo de fluxo granular. Tais estruturas são superpostas por microfraturas e microfalhas (caráter mais frágil), o que denota a passagem para mecanismos de microfraturamento e deslizamento friccional, com a progressiva desidratação e litificação dos sedimentos. A correlação das estruturas observadas em superfície com aquelas presentes em subsuperfície foi realizada a partir de dados geofísicos (*Ground Penetrating Radar* - GPR, sísmica e mapa magnético). Devem ser destacados os lineamentos E-W e NE, observados no mapa magnético e, nas seções sísmicas, os vários exemplos de estruturas em flor positiva, que afetam a base da seção neocretácea; em níveis superiores, também são discerníveis rejeitos / componentes normais, o que seria compatível com a inversão negativa caracterizada em superfície. Tais correlações auxiliaram na proposição de um modelo estrutural compatível com o arcabouço tectônico regional. A deformação neógena - pleistocênica, de grande magnitude, está necessariamente propagada em subsuperfície afetando, neste caso, a seção neocretácea (formações Açú e Jandaíra), hospedeira dos reservatórios de hidrocarbonetos neste setor da Bacia Potiguar. O modelo estrutural proposto foi relacionado à deformação transcorrente / transformante dextrógira da margem equatorial, associada com terminações em transpressão de zonas E-W, ou na interseção destas com zonas NE, a exemplo do lineamento Ponta Grossa - Fazenda Belém (LPGFB, controlado por uma zona de cisalhamento transcorrente, de idade brasiliana). Numa primeira etapa (e possivelmente no Cretáceo superior e Paleógeno), este lineamento funcionou em regime transpressional sinistrógiro (antitético à deformação dextrógira nas zonas E-W), e pode ter gerado as dobras na fácies inferior da Formação Barreiras, bem como as estruturas em flor positiva em subsuperfície. Este estágio foi sucedido (ou foi penecontemporâneo) pelas estruturas distensionais que sugerem uma etapa de movimentação transtraccional (também sinistrógiro) associada a processos de vulcanismo (Macau, Messejana) e domeamento térmico, no in-

tervalo Neógeno - Pleistoceno. Este modelo estrutural tem implicações diretas nas atividades de exploração e de exploração de hidrocarbonetos neste setor da Bacia Potiguar e em sua extensão *offshore*. A estruturação dos reservatórios em subsuperfície (arenitos da Formação Açu, da seqüência pós-rifte) pode estar condicionada (ou pelo menos fortemente influenciada) pela geometria e cinemática da deformação, caracterizada em superfície. Em adição, o evento deformacional registrado na Formação Barreiras tem idade próxima à da janela de maturação e migração de óleo na bacia, estimada entre o Oligoceno e o Mioceno. Desta forma, o cenário estrutural descrito representa um modelo válido para entender as condições de transporte e aprisionamento de hidrocarbonetos, promovendo abertura de espaços, formação e destruição de trapas. Este modelo é potencialmente aplicável à região NW da Bacia Potiguar e a setores com contexto estrutural semelhante, ao longo da margem equatorial atlântica brasileira.

#### **Tese 4**

**Título: GEOLOGIA, GEOCRONOLOGIA, GEOQUÍMICA E PETROGÊNESE DAS ROCHAS ÍGNEAS CRETÁCEAS DA PROVÍNCIA MAGMÁTICA DO CABO E SUAS RELAÇÕES COM AS UNIDADES SEDIMENTARES DA BACIA DE PERNAMBUCO (NE DO BRASIL). 214 P.**

**Autor: Marcos Antonio Leite do Nascimento**

Orientador: Dr. Zorano Sérgio de Souza (PPGG/UFRN)

Co-orientador: Dr. Renato Marcos Darros de Matos (PPGG/UFRN)

Data da defesa: 22/12/2003

Banca Examinadora:

Dr. Zorano Sérgio de Souza (PPGG/UFRN)

Dra. Leila Soares Marques (IAG/USP)

Dr. Mário Ferreira Lima Filho (CTG/UFPE)

Dr. Renato Marcos Darros de Matos (PPGG/UFRN)

Dr. Emanuel Ferraz Jardim de Sá (PPGG/UFRN)

**Área de concentração:** Geodinâmica

Linha de pesquisa: Evolução litosférica e Processos Geodinâmicos

## Resumo

A área pesquisada situa-se em uma estreita faixa de direção NNE no litoral sul do Estado de Pernambuco. Geologicamente, compreende a Baía de Pernambuco (BP), situada entre o lineamento Pernambuco (a norte), o Alto de Maragogi (a sul) e o Terreno Pernambuco - Alagoas (a oeste), os três últimos de idade pré-cambriana. Esta Tese apresenta os resultados obtidos para a Província Magmática do Cabo (PMC), com finalidade de caracterizar as relações geológicas, estratigráficas, geocronológicas, geoquímicas e petrogenéticas de rochas ígneas cretácicas presentes na BP. Esta é composta pelas formações Cabo (fase rifte), basal (conglomerados polimíticos, arenitos, folhelhos), Estiva (calcários, argilitos) e, no topo, Algodois (conglomerados monomíticos, arenitos, folhelhos). A PMC é representada por traquitos, riolitos, piroclásticas (ignimbritos), basaltos / traqui-andesitos, monzonitos e álcali-feldspato granito, os quais ocorrem como diques, derrames, soleiras, lacólitos e *plugs*. Observações de campo e descrição de dados de poços demonstram que grande parte das rochas magmáticas é intrusiva na Formação do Cabo, com algumas ocorrências também sugestivas de contemporaneidade com fácies siliciclásticas desta unidade. Dados geocronológicos, usando as metodologias  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  e traços de fissão em zircão, revelam uma idade de  $102 \pm 1$  Ma para as rochas da PMC. Esta idade representa um evento marcante em toda a província, haja vista a sua detecção em todos os tipos de materiais ígneos datados. Ela é considerada como uma idade mínima (albiana) para o episódio magmático e o pico da fase rifte da BP. As idades  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  são cerca de 10-14 Ma mais jovens do que as idades palinológicas disponíveis para a BP. Geoquimicamente, a PMC pode ser dividida em dois grupos: (i) uma suíte transicional a alcalina, subdividida em basaltos e traqui-andesitos (tipos de textura fina, contendo fenocristais de olivina, clinopiroxênio e plagioclásio), traquitos (textura porfirítica, com fenocristais de sanidina e plagioclásio) e monzonitos; (ii) uma associação vulcano-plutônica alca-

lina, de composição ácida e bastante fracionada, constituída de quatro subconjuntos, um formado por rochas de fluxo piroclástico (ignimbritos), o segundo por riolitos de textura fina a média, ambos com fenocristais de quartzo e sanidina, o terceiro referente ao granito do Cabo, contendo anfibólio alcalino, e riolitos tardios. A distinção entre esses quatro tipos é feita com base essencialmente em aspectos de campo e petrográficos. A coerência dos padrões de elementos terras raras e de anomalias de Eu em cada grupo corroboram a separação dos mesmos. Razões entre elementos compatíveis e incompatíveis e modelamentos geoquímicos sugerem evolução por cristalização fracionada a baixas pressões para os traquitos e demais rochas ácidas, ao passo que basaltos / traqui-andesitos e monzonitos evoluíram por mecanismo de fusão parcial. Dados isotópicos de Sr e Nd revelam duas fontes distintas para a PMC. Para as rochas ácidas, as altas razões isotópicas iniciais de Sr ( $I_{Sr} = 0,7064-1,2295$ ) e epsilon de Nd negativo ( $\epsilon_{Nd} = -0,43$  a  $-3,67$ ) caracterizam uma fonte crustal, com idade meso proterozóica ( $T_{DM} = 1,04-0,92$  Ga). Para as rochas básicas a intermediárias, as baixas razões isotópicas iniciais do Sr ( $I_{Sr} = 0,7031-0,7042$ ) e epsilon de Nd positivo ( $\epsilon_{Nd} = +1,28$  a  $+1,98$ ) indicam uma fonte primordial do tipo manto empobrecido, cujos magmas teriam sido extraídos de um manto neoproterozóico ( $T_{DM} = 0,66-0,61$  Ga). Todavia, o fracionamento dos elementos terras raras leves dessas rochas e modelos quantitativos de fusão parcial requerem um manto lherzolítico com pequenas quantidades de granada (1-3%), porém enriquecido em elementos incompatíveis. Esta aparente incoerência de dados geoquímicos e isótopos de Nd pode ser resolvida admitindo que o agente metassomatizante não apagou as características isotópicas originais dos magmas. Usando as composições químicas dos basaltos e traqui-andesíticos, estimou-se que os respectivos magmas foram gerados por taxas de fusão entre 2 e 5% de uma fonte lherzolítica, a pressões e temperaturas de cerca de 14 kbar e 1269°C. Tais parâmetros físicos são compatíveis com taxas de estiramento litosférico

( $\beta$ ) em torno de 2,5. Em um modelo de estiramento uniforme, este valor de  $\beta$  seria válido para a evolução da bacia como um todo. Porém, em um modelo de estiramento heterogêneo,  $\beta$  seria menor para a porção crustal, em comparação com a porção subcrustal / mantélica. A integração dos dados obtidos sugere a evolução do magmatismo da BP conforme segue: (1º) fusão parcial (2-5%) do manto lherzolítico com pequena quantidade de granada (1-3%), gerando magmas basálticos, traqui-andesíticos e monzoníticos, enriquecidos em elementos incompatíveis, especialmente terras raras leves; (2º) posicionamento destes magmas na base da crosta continental, provocando a fusão parcial (em graus variados e a diferentes profundidades) desta e, assim, originando os magmas ácidos; (3º) concomitante à fase prévia, magmas traquíticos seriam produzidos por fracionamento a partir de um líquido monzonítico; (4º) colocação dos diversos magmas em níveis subsuperficiais (derrames) ou superficiais / hipabissais quase que sincronicamente, em geral intrusivos no pacote de rochas sedimentares da Formação Cabo, marcando o pico (ou final) da fase rifte na BP. A suposta presença de granada na fonte lherzolítica não condiz com as profundidades próximas de 14 kbar para a geração do magma basáltico, obtida por parâmetros químicos. Isto pode ser acomodado admitindo-se o soerguimento astenosférico sob o rifte, o que colocaria material quente (pluma?) oriundo de grande profundidade (granada lherzolito) em níveis subcrustais. A geração de magmas e o subsequente posicionamento de grande volume dos mesmos estariam acoplados ao processo de rifteamento da BP, com controle de falhas de borda (NNE-SSW) e de transferência (NW-SE) como sítios de colocação dos magmas. Com base no fator de estiramento ( $\beta$ ) e no confronto de dados geocronológicos  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  e palinológicos, deduz-se que a fase rifte (sedimentação clástica a pelítica da Formação Cabo e magmatismo básico a ácido) teve uma duração máxima de 10-14 Ma.

## **Tese 5**

Título: **CARACTERIZAÇÃO DA DINÂMICA AMBIENTAL DA REGIÃO COSTEIRA DO MUNICÍPIO DE GALINHOS, LITORAL SETENTRIONAL DO RIO GRANDE DO NORTE. 144 P.**

Autora: **Zuleide Maria Carvalho de Lima**

Orientadora: Dra. Helenice Vital (PPGG/UFRN)

Co-orientador: Dr. Venerando Eustáquio Amaro (PPGG/UFRN)

Data da defesa: 10/03/2004

Banca Examinadora:

Dra. Helenice Vital (PPGG/UFRN)

Dr. Karl Stattegger (UNI/KIEL)

Dr. Luiz José Tomazelli (IG/UFGRS)

Dr. Venerando Eustáquio Amaro (PPGG/UFRN)

Dr. Walter Eugênio de Medeiros (PPGG/UFRN)

**Área de concentração:** Geodinâmica

Linha de pesquisa: Geologia Ambiental

### **Resumo**

Esta Tese, sobre a caracterização da dinâmica ambiental da região costeira do município de Galinhos, litoral setentrional do Rio Grande do Norte, acha-se inserida na área de influência do pólo petrolífero de Guararé, tendo como objetivo geral o entendimento da dinâmica costeira atuante na região de Galinhos, cujos objetivos específicos foram: estudar a variação da linha de costa nas décadas de 1954, 1967, 1988, 1996 e 2000, a partir de produtos de sensoriamento remoto; elucidar a hipótese da região de Galinhos ter sido um antigo sistema de ilhas barreiras, utilizando como ferramenta básica o Radar de Penetração no Solo (GPR); monitorar e caracterizar a dinâmica costeira da área em estudo a partir de dados mensais de perfis praias, análise sedimentológica, dados hidrodinâmicos e informações de caracterização ambiental; este conjunto de dados foi utilizado para alimentar o banco de dados da rede NNE de monitoramento ambiental das áreas sob influência da indústria petrolífera (REDE 05 / FINEP / CNPq / CTPETRO / PETROBRAS). Esta pesquisa se justifica do ponto de vista ambiental por envolver ecossistemas

de alta fragilidade como dunas, praias e manguezais. Do ponto de vista da exploração do petróleo, os sistemas de ilhas barreiras são propícios para reservatórios de hidrocarbonetos e, por conseguinte, alvos importantes para a indústria do petróleo e gás tornando esta região atrativa na comparação com depósitos similares litificados. O estudo da variabilidade na posição da linha de costa no Município de Galinhos (RN) a partir da análise de imagens de sensores remotos possibilitou investigar as mudanças na linha de costa em escala temporal. A utilização de filtros direcionais permitiu enfatizar lineamentos de direção NE e identificar feições submersas, tais como *sandwaves*. A utilização do GPR possibilitou a comprovação da existência de paleocanais, confirmando a hipótese de que o *spit* de Galinhos foi formado a partir de um antigo sistema de ilhas barreiras. Os resultados das análises granulométricas indicaram que no período de verão os sedimentos nos perfis A e B na porção de estirâncio foram classificados como de granulometria areia com cascalho esparso e na antepraia foram constituídos por areia; já no período de inverno, estes mesmos compartimentos morfológicos apresentaram-se com areia com cascalho esparso e areia siltosa respectivamente. No perfil C, tanto no verão como no inverno, os compartimentos de estirâncio e antepraia apresentaram-se predominantemente por areia com cascalho esparso. Os resultados hidrodinâmicos mostraram que as maiores alturas de onda foram registradas no mês de fevereiro (62 cm) e o maior período de 1,0 m/s no mês de maio; o sentido das correntes litorâneas se manteve entre os quadrantes SW e NW, e os ventos provenientes de NE foram predominantes. A análise dos perfis praias demonstrou que no perfil A, embora tenha ocorrido tanto erosão como deposição durante os meses monitorados, a morfologia do referido perfil permaneceu constante. Nos perfis B e C, ocorreram mudanças bruscas na morfologia durante os meses monitorados, tendo sido identificada uma ciclicidade nas feições da zona de estirâncio, ora formando barras arenosas longitudinais, ora formando

berma. Estes resultados evidenciaram, portanto, que estudos desta natureza são de fundamental importância para o zoneamento costeiro, dando subsídios aos órgãos gestores na tomada de decisões quanto à implantação de empreendimentos na região, e para a indústria do petróleo através de geração de informações que subsidiam a implementação de estruturas petrolíferas adequadas ao ambiente estudado.

## **Tese 6**

**Título: EVOLUÇÃO MORFODINÂMICA DA REGIÃO DE INFLUÊNCIA ESTUARINA DO RIO CURIMATAÚ COM ÊNFASE NAS ALTERAÇÕES DO AMBIENTAL DEPOSICIONAL DE MANGUEZAL E A INTEGRAÇÃO DE GEODADOS EM SIG. 150 P.**

**Autor: Flavo Elano Soares de Souza**

Orientador: Dr. Venerando Eustáquio Amaro (PPGG/UFRN)

Co-orientadora: Dra. Helenice Vital (PPGG/UFRN)

Data da defesa: 07/04/2004

Banca Examinadora:

Dr. Venerando Eustáquio Amaro (PPGG/UFRN)

Dr. José Maria Landim Dominguez (DG/UFBA)

Dr. Pedro Walfir Martins e Souza Filho (IG/UFPA)

Dra. Helenice Vital (PPGG/UFRN)

Dr. Carlos Augusto Ramos e Silva (DOL/UFRN)

**Área de concentração:** Geodinâmica

Linha de pesquisa: Geologia Sedimentar e Marinha

## **Resumo**

Os estuários são importantes zonas de investigação da morfodinâmica atual e de fácies deposicionais de história geológica recente. Constituem-se em importantes meios receptores de sedimentos da zona costeira, onde os processos evolutivos ocorrem rapidamente. Por sua vez, são também meios atrativos para o desenvolvimento de atividades antrópicas, que de forma desordenada interferem nos processos atuantes no balanço sedimentar das áreas costeiras. Dentre as intervenções humanas, as alterações do ambiente deposicional de manguezal em áreas estuarinas tropicais vêm merecendo destaque, cujas implicações para o

ambiente estuarino e o costeiro adjacente ainda estão distantes de serem conhecidas. Devido ao interesse da componente sedimentológica na compreensão dos processos associados à evolução dos ambientes estuarinos e costeiros adjacentes, este trabalho objetivou a compreensão dos fenômenos morfodinâmicos costeiros, os quais envolvem a região de influência estuarina do rio Curimataú (RN). Também foram avaliadas no contexto morfodinâmico as implicações decorrentes das alterações do ambiente deposicional de manguezal pela atividade antrópica. O estuário Curimataú, localizado na porção sul do litoral oriental do Rio Grande do Norte, nas últimas décadas tem sido alvo da ocupação avassaladora da carcinicultura em áreas de manguezais, as quais foram implantadas com perspectivas de desenvolvimento a curto e médio prazos. Por sua vez, o estuário em pauta bem como a sua região de influência costeira carece de informações suficientes para subsidiar o planejamento e reordenamento mais eficazes das atividades de seu entorno. Assim, pretendeu-se com este trabalho dar uma contribuição voltada ao uso sustentável dos recursos costeiros dessa região. Uma série de levantamentos utilizando dados de sensoriamento remoto orbital e acústico, bem como de amostragem de sedimentos, foram realizados na calha do estuário. Os resultados obtidos a partir da interpretação de mapas batimétricos, sonográficos e de distribuição de sedimentos possibilitam a setorização do estuário com base em critérios morfossedimentares. A planície de maré estuarina foi dissecada em ambientes de manguezais de intermaré, manguezais de supramaré e apicuns com base na integração de dados de sensores ópticos e de radar seguidos do controle de campo. A costa adjacente que é influenciada pelo estuário Curimataú, foi segmentada de acordo com suas características geomorfológicas, onde cada segmento teve um ponto de observação da morfodinâmica praial, durante o período de janeiro de 2001 a fevereiro de 2002. Uma vez a cada mês foram realizados perfis praias, coletas de sedimentos nas zonas de praia, como medição de parâmetros hidrodinâ-

nicos. Os resultados das observações do ambiente praiial evidenciaram que a área de influência estuarina do Curimataú passa a sofrer taxas de sedimentação negativas, onde em algumas praias já são sentidos os processos erosivos. A caracterização granulométrica dos sedimentos praiiais passa a tender para o aumento de areias finas nos períodos erosivos. A destruição dos ambientes deposicionais de manguezais do estuário Curimataú para construção de fazendas de camarão pode estar proporcionando a diminuição do prisma de maré do estuário, ampliando os efeitos do aumento do nível do mar local, através do menor suprimento de sedimentos para a costa adjacente. Além disso, verificou-se a possibilidade do assoreamento do canal de maré na margem das áreas de manguezais destruídas, onde altíssimas taxas de sedimentação de materiais finos foram estimadas caso estas áreas fossem preservadas.

## **Tese 7**

**Título: CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA-GEOFÍSICA DO MEIO AQUÍFERO FISSURAL: UMA CONTRIBUIÇÃO AOS MODELOS DE FLUXO E ARMAZENAMENTO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA. 154 P.**

**Autor: Carlos César Nascimento da Silva**

Orientador: Dr. Walter Eugênio de Medeiros (PPGG/UFRN)

Co-orientador: Dr. Emanuel Ferraz Jardim de Sá (PPGG/UFRN)

Data da defesa: 09/06/2004

Banca Examinadora:

Dr. Walter Eugênio de Medeiros (PPGG/UFRN)

Dr. Augustinho Rigoti (DG/UFPR)

Dr. Sérgio Luiz Fontes (ON/RJ)

Dr. José Geraldo de Melo (DG/UFRN)

Dr. Emanuel Ferraz Jardim de Sá (PPGG/UFRN)

**Área de concentração:** Geofísica

Linha de pesquisa: Geologia e Geofísica Aplicadas

## **Resumo**

A região Nordeste do Brasil apresenta substrato composto principalmente por rochas cristalinas (em tomo de 60% de sua área). Além disso,

esta região apresenta um clima semi-árido ocasionando secas periódicas. Estas características envolvem a má qualidade da água explorada dos poços existentes na região, associadas a elevados índices de sais dissolvidos. Não obstante, os recursos hídricos subterrâneos nesta região ainda são uma fonte muito importante de água para os consumos humano e animal. Os poços perfurados em rochas cristalinas no Nordeste do Brasil envolvem um índice médio de sucesso quanto aos poços produtivos da ordem de 60%, sendo considerado poço produtivo aquele com vazão superior a  $0,5 \text{ m}^3/\text{h}$ . Este baixo índice revela a falta de conhecimento sobre as verdadeiras condições de fluxo e armazenamento da água subterrânea em rochas cristalinas. Dois modelos de estruturas de fluxo e armazenamento de água subterrânea em terrenos cristalinos para o Nordeste do Brasil têm sido propostos na literatura. O primeiro modelo, tradicionalmente utilizado para local poços desde a década de sessenta, está baseado no controle de drenagens retilíneas por zonas de falhas ou fraturas. Este modelo é referido comumente na literatura hidrogeológica brasileira como o “modelo riacho-fenda”. Com base neste modelo, são enfatizados os locais mais densamente fraturados - particularmente os pontos de interseção de drenagens. Com base no modelo riacho fenda, o trabalho subsequente de campo envolve normalmente a análise geológico-estrutural do terreno. Já o segundo modelo é denominado de “calha elúvio-aluvionar”; este modelo também é descrito na literatura, mas ainda não é incorporado à prática de locação de poços. A estrutura tipo calha baseia-se na hipótese de que drenagens retilíneas também podem ser controladas pela foliação da rocha. Eventualmente, dependendo do grau de intemperismo, uma estrutura pré-existente preenchida por sedimentos (aluvião e regolito) pode ser desenvolvida de modo a armazenar e produzir água. Com base na investigação de diversos estudos de casos, esta Tese apresenta uma análise detalhada dos modelos citados, além de propor um novo. A análise está baseada em uma técnica metodológica integrada que envolveu

levantamentos geofísicos e análise geológica enfatizando a neotectônica. Foram utilizados levantamentos geofísicos terrestres (eletro-resistividade e *Ground Penetrating Radar* - GPR) e aeroportados (magnéticos e eletromagnéticos no domínio da frequência). A análise estrutural enfatizou aspectos da neotectônica. Em geral, foram identificadas fraturas na direção E-W relativamente abertas quando comparadas com as fraturas na direção N-S. Este comportamento é regido pelo campo de tensões neotectônicas do Nordeste do Brasil, o qual é controlado por compressão E-W e distensão N-S. O modelo riacho-fenda é válido onde drenagens são controladas por fraturas. O grau de fraturamento e o intemperismo associado ditam o potencial hidrogeológico da estrutura. Levantamentos de campo enfocando a geologia estrutural revelam que as fraturas subverticais apresentam direções consistentes com as feições frágeis observadas em afloramentos e fotografias aéreas. Levantamentos geofísicos identificam anomalias de condutividade associadas à rede de fraturas que controla a drenagem; nestas anomalias, uma de suas bordas coincide com a drenagem. Um aspecto importante e particular para validar o controle estrutural por fratura é a presença de anomalias de condutividade relativamente profundas que não apresentam continuidade ou propagação para a superfície. A origem da elevada condutividade da anomalia decorre do grau de intemperismo da rocha ou sedimentos (aluvião ou regolito) armazenando a água subterrânea ao longo da rede de fraturas. Levantamentos magnéticos são insensíveis a estas estruturas. Em casos específicos, nos quais a cobertura sedimentar ou o solo são resistivos ( $> 100 \text{ Ohm.m}$ ), o GPR pode ser utilizado para imagear precisamente a rede de fraturamento. Uma limitação principal ao modelo riacho-fenda, revelado por imagens de GPR, está associada ao fato de que fraturas subhorizontais têm um importante papel interconectando as diversas fraturas em subsuperfície e, por sua vez, conectando-as com as zonas de recarga em superfície. Por outro lado, caso as fraturas apresentem um controle secundário da dre-

nagem, o modelo riacho-fenda terá validade limitada. Neste caso, amplas porções da drenagem não coincidem espacialmente com as fraturas e desta forma, os poços locados ao longo da drenagem geralmente são secos. Normalmente, este controle secundário da drenagem somente pode ser identificado a partir de levantamentos geofísicos. O modelo calha elúvio-aluvionar é válido onde drenagens são controladas pela foliação. O grau de intemperismo da foliação dita o potencial hidrogeológico da estrutura. Análises de afloramentos revelam que as direções da foliação e da drenagem são compatíveis entre si e que, caso existam fraturas, a sua direção será diferente da direção da drenagem. Levantamentos geofísicos indicam condutividade elevada que pode resultar da resposta de uma calha de sedimentos e/ou regolito preenchendo os espaços gerados pela forma do relevo e influenciados pelo intemperismo que atua sobre os planos da foliação. Neste caso, levantamentos magnéticos podem identificar a direção da foliação. Um aspecto importante para validar o controle da foliação é a presença de anomalias mostrando porções rasas e profundas que se interconectam. Na presença de coberturas sedimentares expressivas, os controles da drenagem segundo as estruturas tipo riacho-fenda ou calha elúvio-aluvionar podem ser facilmente confundidos na ausência de dados geofísicos. Certamente, este fato pode ser útil para explicar grande parte do índice de insucesso na locação de poços em terrenos cristalinos. Já o modelo de bolsões de intemperismo é proposto para explicar casos nos quais ocorre uma alteração extremamente forte nas rochas cristalinas, gerando uma porosidade intersticial secundária. A água é então armazenada nos poros do regolito de forma semelhante ao que ocorre nas rochas sedimentares. Um possível exemplo para este modelo foi detectado em levantamento geofísico terrestre, no qual uma anomalia de condutividade relativamente profunda foi detectada. A partir do momento em que esta estrutura tenha a capacidade de armazenar água, é necessário conectá-la à superfície para garantir o seu suprimento sazonal. Este modelo pode ser

utilizado para explicar as vazões anômalas, superiores a 50 m<sup>3</sup>/h, que algumas vezes são encontradas em poços perfurados em rochas cristalinas no Nordeste do Brasil.

## **Tese 8**

**Título: EVOLUÇÃO TECTONO-ESTRUTURAL DO CAMPO DE XARÉU (SUB-BACIA DO MUNDAÚ, BACIA DO CEARÁ- NE DO BRASIL): ABORDAGEM MULTIESCALA E PLURI-FERRAMENTAL. 372 P.**

**Autor: Alex Francisco Antunes**

Orientador: Dr. Emanuel Ferraz Jardim de Sá (PPGG/UFRN)

Co-orientador: Dr. Fernando César Alves da Silva (PPGG/UFRN)

Data da defesa: 26/07/2004

Banca Examinadora:

Dr. Emanuel Ferraz Jardim de Sá (PPGG/UFRN)

Dr. Hung Kiang Chang (IGCE/UNESP)

Dr. João Batista de Lellis Françolin (CENPES/PETROBRAS)

Dr. Renato Marcos Darros de Matos (PPGG/UFRN)

Dr. Fernando César Alves da Silva (PPGG/UFRN)

**Área de concentração:** Geodinâmica

Linha de pesquisa: Geologia e Geofísica do Petróleo

## **Resumo**

O Campo de Xaréu, localizado na porção centro-meridional da sub-Bacia de Mundaú (leste da Bacia do Ceará), é caracterizado por um arranjo principal de falhas de direção NW-SE que mergulham, mormente, para NE. As falhas do Campo, dentre as quais se destaca a Falha de Xaréu, estruturam-se segundo um leque lístrico distensional enraizado ao longo de uma superfície de *détachment* que corresponde à Falha de Mundaú, borda SW da sub-bacia homônima. Durante a evolução tectono-estrutural do Campo de Xaréu e da sub-Bacia de Mundaú, a Falha de Mundaú representou um papel determinante no controle da geometria de ambos os compartimentos. A unidade carbonática principal do Campo de Xaréu, normalmente denominada de Membro Trairi (neo-Aptiano a eo-Albiano da Formação Paracuru), detém o maior volume de petróleo no Campo,

que está concentrado em acumulações estruturalmente controladas. O Membro é composto por uma variedade de rochas carbonáticas (calcilitos maciços, acamadados ou laminados, ostracoiditos, calcarenitos e ruditos carbonáticos, todos apresentando variados graus de dolomitização) intercaladas em pacotes espessos de folhelhos negros e margas, além de apresentar, localmente, níveis de conglomerados siliciclásticos, arenitos, siltitos e argilitos. A associação espacial e as relações genéticas entre as unidades carbonáticas e siliciclásticas permitem agrupá-las em três associações de litofácies (planície marginal, rampa e fundo lacustre) que, em conjunto, tiveram sua origem a partir de um sistema lacustre com *sabkha* marginal associada. Estudos estruturais realizados em testemunhos de sondagem que amostram o Membro Trairi no Campo de Xaréu permitiram caracterizar duas gerações de estruturas em escala meso a microscópica: o conjunto referido como  $D_1$  apresenta, em parte, um típico caráter hidroplástico, caracterizado por cisalhamentos intra e interestratais e zonas de cisalhamento obliquas ao acamamento, o que permite inferir que tais estruturas tenham sido formadas ainda em uma etapa precoce da litificação das rochas do Membro Trairi, implicando em uma provável idade eocretácea. Outras estruturas, de igual cinemática, são caracteristicamente frágeis e tardias. Um segundo conjunto de estruturas identificado nos testemunhos, nomeadas  $D_2$  e atribuídas ao Neógeno, apresentam um caráter estritamente frágil, sendo tipificadas por falhas normais e *slickenlines* contendo fibras de argilominerais recristalizados com orientações muito variadas. Embora as falhas presentes no Campo de Xaréu (e, por conseguinte, na sub-Bacia de Mundaú) sejam classicamente referidas como estruturas de rejeito essencialmente normal, a análise cinemática das estruturas meso e microscópicas  $D_1$ , observadas nos testemunhos de sondagem, permitem definir que as falhas apresentam, de fato, deslocamentos oblíquos (normal com uma componente de rejeito lateral dextrógira subordinada), indicando um sentido principal de transporte tectôni-

co para ENE. Estes movimentos oblíquos seriam a resposta à instalação de um contexto transtracional na sub-Bacia de Mundaú, por sua vez reflexo da tectônica transcorrente / transformante de abertura da margem equatorial Atlântica. Do balanceamento de quatro seções estruturais do Campo de Xaréu foi observado que a Falha de Mundaú foi responsável por mais de 50% de todo o estiramento registrado a partir do eo-Aptiano. Entre os estágios iniciais do rifteamento, no eo-Aptiano, e o Recente, a sub-Bacia de Mundaú (e conseqüentemente o Campo de Xaréu) experimentou um estiramento total (fator  $\beta$ ) compreendido entre 1,21 e 1,23, ou seja, a crosta neste segmento da margem equatorial atlântica sofreu uma alongação pouco superior a 20%. A partir de estimativas de sentidos de transporte oblíquos relacionados às falhas, foi possível construir diagramas que permitem determinar fatores de estiramentos relacionados a estes deslocamentos. Utilizando estes diagramas e assumindo o sentido de transporte tectônico predominante para ENE, indicado a partir das estruturas  $D_1$  nos testemunhos, foi possível calcular os fatores de estiramento reais relacionados ao movimento oblíquo das falhas na sub-Bacia de Mundaú, chegando-se, então, a valores compreendidos entre 1,28 e 1,42. Em adição ao estudo tectono-estrutural concentrado no Campo de Xaréu, a interpretação de produtos espaciais de sensores remotos aliada, principalmente, à caracterização de análogos de terreno, localizados em áreas selecionadas ao longo da porção setentrional do Estado do Ceará (margens continentais das bacias do Ceará e Potiguar), complementaram o conhecimento e o entendimento quanto à evolução tectono-estrutural do Campo. Os trabalhos de levantamento de campo foram particularmente eficazes no reconhecimento e mapeamento, em escala de semi-detalle, de várias gerações de estruturas originadas sob regime frágil. Todas as informações obtidas (no Campo de Xaréu e dos dados de sensores remotos e estudo de análogos de terreno) foram interpretadas conjuntamente, culminando com a proposição de um modelo evolutivo para este

segmento da margem equatorial Atlântica em que a área de estudo está encaixada, que também pode ser ampliado para a margem como um todo. Sendo assim, ficou caracterizado que este segmento da margem equatorial experimentou uma deformação em regime transcorrente / transtrativo dextrógiro de direção E-W (considerando a posição atual da placa sul-americana) atuante, pelo menos, a partir do eo-Aptiano, o qual deixou seu registro em diversos afloramentos ao longo da porção setentrional do Estado do Ceará e no próprio Campo de Xaréu. A partir do Albiano, a continuidade deste regime tectônico levou à separação definitiva entre as placas sul-americana e africana, com a formação de litosfera oceânica entre os dois blocos continentais, graças à instalação de dorsais oceânicas e a conseqüente transição de um regime essencialmente transcorrente para um regime transformante ao longo das zonas de fraturas oceânicas E-W, originando assim o Oceano Atlântico Equatorial. Com a separação entre as placas sul-americana e americana já completada e o contínuo distanciamento entre elas, outros mecanismos tectônicos passaram a atuar no decorrer do Cenozóico (embora existam indícios de que o regime tectônico iniciado no Cretáceo tenha continuado até o Neógeno), a exemplo de um regime compressivo E-W operante desde final do Cretáceo (relacionado à expansão do assoalho oceânico ao longo da dorsal meso-atlântica, somada à compressão da cadeia Andina) e de um estado de expansão geral na superfície horizontal devido ao soerguimento termicamente ativado da porção central da Província Borborema, efetivo no Neógeno. A superposição de eventos cenozóicos na placa sul-americana levou à impressão de um quadro tectônico complexo que, aparentemente, influencia na migração e armadilhamento de hidrocarbonetos na Bacia do Ceará.

## **Tese 9**

Título: **EVOLUÇÃO GEODINÂMICA E CONDICIONAMENTO ESTRUTURAL DOS TERRENOS PIANCÓ - ALTO BRÍGIDA E ALTO PAJEÚ, DOMÍNIO DA ZONA TRANSVERSAL, NE DO BRASIL. 191 P.**

Autor: **Vladimir Cruz de Medeiros**

Orientador: Dr. Emanuel Ferraz Jardim de Sá (PPGG/UFRN)

Co-Orientador: Dr. Fernando César Alves da Silva (PPGG/UFRN)

Co-orientador: Dr. Venerando Eustáquio Amaro (PPGG/UFRN)

Data da defesa: 30/09/2004

Banca Examinadora:

Dr. Emanuel Ferraz Jardim de Sá (PPGG/UFRN)

Dr. Elton Luis Dantas (IG/UnB)

Dr. Edilton José dos Santos (CPRM)

Dr. Venerando Eustáquio Amaro (PPGG/UFRN)

Dr. Walter Eugênio de Medeiros (PPGG/UFRN)

**Área de concentração:** Geodinâmica

Linha de pesquisa: Evolução litosférica e Processos Geodinâmicos

## **Resumo**

A presente Tese procurou avançar no conhecimento geológico da região que abrange os terrenos Piancó - Alto Brígida (TPAB) e Alto Pajeú (TAP), no Domínio da Zona Transversal (Província Borborema, NE do Brasil), com o intuito principal de compreender a evolução geodinâmica e o condicionamento estrutural destas unidades. Para atingir este objetivo, além do trabalho de campo e da interpretação de fotografias aéreas tradicionais, foram utilizados outros produtos de sensoriamento remoto (imagens Landsat 7 ETM+, aeroradiométricas, aeromagnéticas e topográficas), análises litogeoquímicas (rocha total) e datações geocronológicas (U-Pb em zircão), além da integração com dados da literatura. Na região, afloram várias unidades geológicas pré-cambrianas, representadas no TAP pelos complexos paleoproterozóicos de Serra Talhada e Afogados da Ingazeira, Complexo Riacho Gravatá (seqüência metavulcanossedimentar de idade esteniana - toniana) e ortognaisses Cariris Velhos (Toniano). No TPAB ocorrem as formações Santana do Garrote (unidade inferior) e Serra do Olho d'Água (unidade superior) do Grupo Cachoeirinha (Neoproterozóico III), além dos ortognaisses de Piancó e paragnaisses de Bom Jesus, estes dois últimos podendo constituir um bloco mais antigo (embasamento?) e um equivalente de alto grau do Grupo Cachoeirinha (ou

Grupo Seridó?), respectivamente. Em ambos os terrenos ainda ocorrem vários corpos de granitóides brasileiros. Os dados aeromagnéticos permitiram estimar a continuidade, em profundidade, das principais zonas de cisalhamento cartografadas na região. As zonas de cisalhamento de Patos, Pernambuco, Boqueirão dos Cochos, Serra do Caboclo, Afogados da Ingazeira / Jabitacá e Congo - Cruzeiro do Nordeste atingem profundidades superiores a 6-16 km. A assinatura aeromagnética de outras zonas de cisalhamento, tais como a de Juru, sugere que tais estruturas correspondem a feições crustais mais rasas. As imagens de satélite (Landsat 7 ETM+) e aerogamaespectrométricas permitiram individualizar unidades geológicas distintas, bem como esboçar a trama estrutural da região. A Zona de Cisalhamento Serra do Caboclo foi caracterizada como o limite / sutura entre o TPAB e TAP, tendo em vista ser uma estrutura marcante / penetrativa que separa unidades geológicas contrastantes, como o Grupo Cachoeirinha (Neoproterozóico III) no TPAB e o Complexo Riacho Gravatá (Esteniano - Toniano) e as metaplutônicas Cariris Velhos, do TAP. Embora mais jovem, o Grupo Cachoeirinha não exibe contatos em não conformidade sobre o Complexo Riacho Gravatá ou ortognaisses Cariris Velhos, indicando que aquelas unidades estavam distanciadas quando da sua deposição. Com relação ao evento Cariris Velhos (*ca.* 1,0 Ga), a presença do mesmo é indicada pelas metavulcânicas do Complexo Riacho Gravatá, *augen* gnaisses e ortognaisses intrusivos, todos com afinidade geoquímica de contextos de arco ou colisional. Todavia, o registro estrutural associado a este evento não foi identificado, o que foi interpretado em função de sua obliteração (constituiriam estruturas de baixo grau / baixo *strain*) pelos eventos subseqüentes. O primeiro evento tectônico ( $D_1$ ) observado nos litotipos de idade Cariris Velhos apresenta cinemática contracional com transporte para NW. Uma datação do Neoproterozóico III, obtida em granitóide tardi- $D_1$ , permite atribuir uma idade do início do brasileiro para este evento deformacional. O segundo evento ( $D_2$ ) ca-

racterizado na região corresponde à tectônica transcorrente Brasileira, a qual é materializada por marcantes zonas de cisalhamento e corpos graníticos associados. Os dados geocronológicos obtidos (U-Pb em zircão) confirmaram a presença do magmatismo Cariris Velhos no âmbito do TAP, bem como a idade neoproterozóica III para o Grupo Cachoerinha (TPAB) e para o evento tectônico  $D_1$ . O TAP (Complexo Riacho Gravatá, *augen* gnaisses e ortognaisses) deve constituir um arco continental (provavelmente acrescido a um microcontinente) formado durante o evento Cariris Velhos (Esteniano - Toniano). Este terreno colidiu com o TPAB no início da orogênese brasileira (deformação tangencial  $D_1$ ), sendo ambos os blocos afetados por retrabalhamento / cisalhamentos transcorrentes (evento  $D_2$ ) até o final do ciclo Brasileiro.

### **Tese 10**

**Título: DINÂMICA COSTEIRA DA ÁREA MACAU - SERRA, LITORAL SETENTRIONAL DO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE. 102 P.**

**Autor: Marcelo dos Santos Chaves**

Orientadora: Dra. Helenice Vital (PPGG/UFRN)

Data da defesa: 17/10/2005

Banca Examinadora:

Dra. Helenice Vital (PPGG/UFRN)

Dra. Lúcia Maria Mafra Valença (CTG/UFPE)

Dr. Dieter Carl Ernst Heino Muehe (PPGG/UFRJ)

Dr. Venerando Eustáquio Amaro (PPGG/UFRN)

Dra. Zuleide Maria Carvalho Lima (DGeo/UFRN)

**Área de concentração:** Geodinâmica

Linha de pesquisa: Geologia Sedimentar e Marinha

### **Resumo**

Esta Tese contempla a caracterização da dinâmica costeira dos campos petrolíferos de Macau e Serra, localizados no litoral setentrional do Estado do Rio Grande do Norte. Estes campos petrolíferos estão inseridos em uma costa de mesomaré sob a ação da erosão costeira. As instala-

ções do campo Macau foram construídas no início dos anos 80 do século passado a uma distância de aproximadamente 800 m do mar. Atualmente, encontram-se localizadas na linha de costa, sob ataque constante dos processos costeiros (ondas, correntes, marés), que promovem uma intensa variabilidade morfodinâmica. Diversas medidas têm sido aplicadas para proteger esta linha de costa contra a erosão nos poços petrolíferos. Entretanto, estudos de monitoramento não haviam sido efetuados anteriormente. A metodologia utilizada envolveu a utilização de dados de sensoriamento remoto (tratamento digital de imagens orbitais e fotografias aéreas), processos costeiros (ventos, correntes, ondas e marés, inclusive o padrão de circulação local), perfis praias, análises sedimentológicas e geofísicas (batimetria) para caracterização da dinâmica costeira local em diferentes períodos (mensal, ciclo lunar, semestral) em três pontos distintos (P1, P2 e P3). Os resultados deste estudo mostram que enquanto a praia na região da Ponta do Tubarão apresentou-se estável com tendência a deposição, na região de Macau 5 e Barra do Corta - Cachorro ocorreu uma tendência à erosão. Isto é confirmado através da evolução desta linha de costa realizada com base nas imagens Landsat de 2000, 2001, 2002 e 2003 (monitoramento anual). Observa-se também que durante o ciclo lunar de março de 2002 (início do período chuvoso) a área em estudo não apresentou diferenças durante as quatro fases da lua. Entretanto, no ciclo lunar de outubro de 2003 (período seco e ventos fortes), apenas o Perfil 1 não apresentou diferenças significativas. O Perfil 2 apresentou maior deposição na fase de lua cheia e o Perfil 3, uma maior deposição na lua nova, com presença de barras arenosas. Os resultados da hidrodinâmica costeira mostraram que na região da Ponta do Tubarão, devido à proteção exercida pela ilha-barreira, as ondas são atenuadas e as correntes de maré exercem um papel importante no interior da laguna. No período de maré vazante as correntes mostraram uma direção geral para NW, coincidindo com o sentido da deriva litorânea, enquanto no período

de maré enchente ocorre uma inversão no sentido da corrente para E-NE. Na área do Macau 5 e Barra do Corta - Cachorro, que não são abrigadas pela ilha-barreira, os valores de temperatura, condutividade e velocidade da corrente aumentaram com a profundidade e o sentido preferencial das correntes foi para NW, independente da fase de maré. O volume de sedimentos transportados pela deriva litorânea é da ordem de uma centena de metros cúbicos ao dia. A análise mensal dos dados granulométricos indica, no geral, uma grande homogeneidade nos resultados obtidos (acima de 90%), mostrando que não houve modificações no tamanho dos grãos em relação à sazonalidade (período de chuvas e período seco). Nos três perfis monitorados (P1, P2 e P3), tanto a pós-praia quanto o estirâncio foram classificados pela média como areia fina a média. Apenas a antepraia é classificada como areia fina a muito fina. Os grãos são predominantemente esféricos, sub-angulosos a sub-arredondados. Composicionalmente, quartzo é o mineral predominante, podendo ocorrer também micas, feldspatos, fragmentos de rocha e minerais pesados (< 5% cada), bem como componentes bióticos. Quanto a morfodinâmica a área em estudo foi classificada como reflexiva (erosiva) nos meses de outubro a abril e como intermediária (instável) nos meses de maio a setembro, tanto no Perfil 2 (Macau 5), como no Perfil 3 (Barra do Corta - Cachorro). Aplicando o modelamento para uma variação média de maré de sizígia de 3 m, a variação relativa de maré - RTR (*Relative Tide Range*) obtida para as praias da área em estudo esteve na sua maior parte entre 4 e 15, permitindo serem classificadas como praias mistas, denotando a influência das ondas e marés para a região. Na zona submersa próxima à costa, as linhas batimétricas apresentam um alinhamento principal paralelo à linha de costa na porção oeste da área, enquanto que na porção leste mostram uma variação justificada pela complexidade morfológica influenciada pela Ponta do Tubarão. Na baixa-mar, é possível observar os bancos de areia expostos. O entendimento das causas da erosão costeira e o monitoramento

dos processos costeiros obtidos nesta Tese permitiram a quantificação e caracterização das mudanças na linha de costa, essenciais para elaboração de mapas de sensibilidade ambiental ao derramamento de óleo.

### **Tese 11**

**Título: PROCESSAMENTO E INTERPRETAÇÃO DE DADOS 2D E 3D DE GPR: APLICAÇÕES NO IMAGEAMENTO DE FEIÇÕES KÁRSTICAS E ESTRUTURAS DE DISSOLUÇÃO NO CAMPO DE PETRÓLEO DE FAZENDA BELÉM (CE). 176 P.**

**Autor: Pedro Xavier Neto**

Orientador: Dr. Walter Eugênio de Medeiros (PPGG/UFRN)

Data da defesa: 05/05/2006

Banca Examinadora:

Dr. Walter Eugênio de Medeiros (PPGG/UFRN)

Dr. Jessé Carvalho Costa (IG/UFPA)

Dr. Wander Nogueira de Amorim (PETROBRAS/UN-RNCE)

Dr. Aderson Farias do Nascimento (PPGG/UFRN)

Dr. Fernando Antônio Pessoa Lira Lins (PPGG/UFPA)

**Área de concentração:** Geofísica

Linha de pesquisa: Geologia e Geofísica Aplicadas

### **Resumo**

Esta Tese apresenta resultados da pesquisa realizada no campo de petróleo de Fazenda Belém / CE (Bacia Potiguar), com o objetivo de entender os mecanismos de geração de colapsos de terreno associados à existência de um substrato carbonático intensamente fraturado e carstificado da Formação Jandaíra. A principal ferramenta utilizada foi o imageamento do *karst* soterrado com GPR (*Ground Penetrating Radar*). Dois eixos temáticos de pesquisa foram desenvolvidos: um eixo de natureza geofísica, que consistiu no desenvolvimento de metodologias de processamento de dados de GPR, e outro de natureza geológica, que consistiu do estudo do *karst* Jandaíra e dos fatores condicionantes da sua evolução. Este segundo eixo foi fortemente apoiado no estudo de estruturas cársticas aflorantes e na interpretação de radargramas do *karst* soterrado. Um fluxo de processamento adequado para tratar dados de GPR

é proposto a partir da adaptação de um fluxo usual de processamento sísmico. As principais modificações introduzidas estão associadas com diferenças fundamentais existentes entre GPR e Sísmica, notadamente: pior condição de acoplamento entre fonte e solo, fase da *wavelet* (que é mista no GPR), grande nível de ruído (inclusive aéreo), aquisição monocal e maior importância dos efeitos de propagação (principalmente dispersão) na onda eletromagnética. A necessidade de um processamento adequado foi ainda mais premente em Fazenda Belém devido à forte presença de ruído aéreo, por se tratar de uma área industrial, e grande complexidade das feições cársticas soterradas. A etapa chave do fluxo de processamento é a correção dos efeitos de propagação. Em meios dielétricos de perda baixa a moderada, verificou-se que a propagação do pulso de GPR impacta fortemente o seu espectro de amplitude, mas provoca muito pouca alteração no seu espectro de fase. Pôde-se assim corrigir os efeitos da propagação com uma aplicação judiciosa de ganhos e balanceamento espectral. Os ganhos foram utilizados para recuperar a perda de amplitude, e o balanceamento espectral para recuperar as componentes da faixa superior de frequência, que são mais fortemente afetadas pelos efeitos da propagação. Apesar da não estacionaridade do sinal do GPR, o balanceamento espectral promove um aumento de resolução, o que qualifica esta técnica como um bom substituto dos algoritmos de deconvolução, garantindo repetitividade e independência do meio geológico. A carstificação da plataforma carbonática Jandaíra está associada a, pelo menos, três eventos de exposição sub-aérea relacionadas às discordâncias do Turoniano, Santoniano e Campaniano. Em Fazenda Belém, a partir do Mioceno médio, o *karst* Jandaíra foi soterrado por sedimentos siliciclásticos continentais. Este soterramento preencheu parte das cavidades de dissolução e fraturas e, assim, o desenvolvimento do processo de carstificação foi bastante atenuado, em comparação com outros locais da Bacia Potiguar, onde o *karst* Jandaíra está exposto. Nas condições vigentes em Fazenda Belém,

identificou-se que os principais fatores condicionantes do surgimento das dolinas e do colapso de terreno são: (i) existência de uma cobertura inconsolidada espessa o suficiente para encobrir o calcário, porém delgada o suficiente para que o seu volume possa ser acomodado nos espaços vazios dessas estruturas; (ii) ocorrência da interseção de lineamentos estruturais SW-NE e NW-SE, que promovem um aumento localizado da condutividade hidráulica e condicionam a canalização do fluxo hidráulico subterrâneo, facilitando a dissolução dos carbonatos; e (iii) existência de uma barreira hidráulica vertical, associada à unidade Açú-4, que condiciona a circulação da água subterrânea a ser predominantemente lateral. Os colapsos de terreno em Fazenda Belém seguem o seguinte processo de evolução temporal. O fluxo de água se infiltra através da cobertura sedimentar inconsolidada e promove sua mobilização para o espaço vazio das estruturas de dissolução na Formação Jandaíra. Este efeito é iniciado na base da cobertura sedimentar, onde o fluxo aumenta o seu poder de abrasão, devido à mudança brusca do regime laminar para o regime turbulento, ao entrar no *karst*. O material remobilizado vai preenchendo, as cavidades intra-acamamento e geram espaço, de forma remontante, na cobertura sedimentar acima situada, que vai se afinando até o ponto de colapso, quando então ocorrem as dolinas. Este fenômeno é especialmente ativo durante a estação chuvosa, quando o nível estático da água, que normalmente está situado dentro do calcário, pode estar temporariamente localizado dentro da cobertura sedimentar.

## **Tese 12**

Título: **MORFOLOGIA E SEDIMENTOLOGIA DA PLATAFORMA CONTINENTAL BRASILEIRA ADJACENTE A SÃO BENTO DO NORTE E CAIÇARA DO NORTE ( RN), NE - BRASIL. 167 P.**

Autor: **Werner Farkatt Tabosa**

Orientadora: Dra. Helenice Vital (PPGG/UFRN)

Co-Orientador: Dr. Karl Stattegger (UNI/KIEL)

Data da defesa: 26/06/2006

Banca Examinadora:

Dra. Helenice Vital (PPGG/UFRN)

Dr. Pedro Walfir Martins e Souza Filho (IG/UFPA)

Dr. Moacyr Cunha de Araújo Filho (DOcean/UFPE)

Dr. Jorge Eduardo Lins Oliveira (DOL/UFRN)

Dr. Venerando Eustáquio Amaro (PPGG/UFPA)

**Área de concentração:** Geodinâmica

Linha de pesquisa: Geologia Sedimentar e Marinha

## Resumo

Esta Tese teve como principal objetivo a caracterização das diferentes formas de fundo, fácies sedimentológicas e forçantes hidrodinâmicas (ondas, correntes e marés) ao longo da Plataforma Continental Brasileira adjacente a São Bento do Norte e Caiçara do Norte (RN), extremo nordeste da Bacia Potiguar. Para entender a interação entre a morfologia e composição do fundo marinho com as forçantes hidrodinâmicas, foram utilizadas diferentes ferramentas em macro- e meso-escala para imageamento do fundo marinho, tais como o processamento digital de imagens Landsat, batimetria de precisão, sonografia de alta resolução, até micro-escala para identificação dos sedimentos marinhos, tais como microscopia ótica e difração de raios-X, associados à aquisição *in situ* de parâmetros físico-oceanográficos. A aplicação das técnicas de processamento digital de imagem associada a métodos acústicos possibilitou a identificação e quantificação das principais feições submersas nesta região: (i) dunas longitudinais grandes a muito grandes 3D; (ii) dunas transversais grandes a muito grandes 3D; (iii) linhas de recifes a 10, 20 e 30 m de profundidade; (iv) corpo arenoso marinho raso isolado; (v) canal submarino próximo a costa; (vi) delimitação de escarpa correlacionada ao sistema de falhas de Carnaubais e ao Alto de Touros. Diferentes fácies sedimentológicas foram mapeadas ao longo da área. A fácies areia siliciclástica ocorre na plataforma interna, passando transicionalmente para areias silicibioclásticas, biosiliciclásticas e bioclásticas na plataforma média. A presença de casca-

lho bioclástico é registrada na plataforma externa. Os sedimentos finos estão restritos a bolsões próximos à costa e a partir da quebra do talude. Quartzo é o principal constituinte dos sedimentos siliciclásticos. Entre os argilominerais destacam-se a caulinita, ilita e esmectita (nesta ordem de abundância). Nos sedimentos bioclásticos, predominam fósseis das classes *Bivalvia*, *Gastropoda*, *Eurimastoda*, *Polichaeta*, *Crustacea* e *Anthozoa*, além de fragmentos de algas calcárias e de crustáceos. O corpo arenoso marinho raso isolado interfere fortemente na circulação e sedimentação local. Já a área mais rasa entre o corpo arenoso e o continente apresenta correntes principais para norte, com menor dispersão e intensidade (0,23 m/s) e acumula sedimentos. Na área externa ao corpo arenoso, as correntes são predominantes para oeste, com maior dispersão e intensidade (0,45 m/s). O corpo marinho raso isolado impede a movimentação dos sedimentos para oeste, contribuindo negativamente para o balanço sedimentar costeiro e acentuando a erosão em áreas sob atuação da indústria petrolífera. A identificação de elementos geradores do desequilíbrio costeiro e causas da intensa erosão na região constituem-se em importantes subsídios para medidas efetivas de gestão ambiental em áreas de influência direta e indireta da indústria petrolífera, beneficiando diversos municípios do litoral norte do RN.

### **Tese 13**

**Título: ESTUDO COM GPR DE DEPÓSITOS COSTEIROS: CAUSAS DAS REFLEXÕES E EVOLUÇÃO COSTEIRA DO LITORAL SETENTRIONAL DO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE. 115 P.**

**Autor: Josibel Gomes de Oliveira Júnior**

Orientador: Dr. Walter Eugênio de Medeiros (PPGG/UFRN)

Co-orientadora: Dra. Helenice Vital (PPGG/UFRN)

Data da defesa: 28/07/2006

Banca Examinadora:

Dr. Walter Eugênio de Medeiros (PPGG/UFRN)

Dr. Antonio Abel González Carrasquilla (CCET/UENF)

Dr. Adelir José Strieder (CDT/UFPel)

Dr. Aderson Farias do Nascimento (DOL/UFRN)

Dr. Fernando Antônio Pessoa Lira Lins (PPGG/UFGA)

**Área de concentração:** Geofísica

Linha de pesquisa: Geologia e Geofísica Aplicadas

## **Resumo**

Esta Tese apresenta os resultados de uma pesquisa dividida em três estágios. O primeiro e o segundo estágios são baseados principalmente na aplicação do GPR (Radar Penetrante de Solo) para imagear e estudar a evolução de depósitos costeiros. O terceiro estágio consiste em experimentos de laboratório para reconhecer os principais fatores que controlam a permitividade dielétrica em corpos arenosos. No primeiro estágio da pesquisa, uma duna localizada próximo à cidade de São Bento do Norte, região setentrional do Estado Rio Grande do Norte, nordeste brasileiro, foi estudada. O GPR imageou estruturas sedimentares internas de depósitos costeiros, de modo que foi possível reconstruir a história deposicional da área. Inicialmente, sedimentos marinhos foram depositados durante o período final de uma regressão marinha ocorrida durante o Holoceno. Depois de a área ter sido exposta, ocorreu uma primeira fase de deposição eólica diretamente sobre os sedimentos marinhos. Após um hiato deposicional, houve uma segunda fase de deposição eólica, recobrindo todos os estratos anteriores. Baseado na geometria dos *foresets* e em *bounding surfaces*, pode-se interpretar que na segunda fase de deposição eólica a morfologia da duna mudou de barcana para dômica. A primeira fase parece ter sido mais complexa, porém uma mudança similar na morfologia da duna também pode ter acontecido. As mudanças de morfologia parecem ter ocorrido quando a frente de migração da duna foi obstruída por obstáculos topográficos. Nestas situações, os processos deposicionais mudam gradualmente de fluxo de grãos (e, em menor grau, queda de grãos) para fluxo trativo e queda de grãos. Julgando pela similaridade entre a primeira e a segunda fase de deposição eólica, pode-se inferir que os antigos ventos dominantes foram muito semelhantes aos

atuais. Então, é provável que a migração da duna estudada em direção a áreas residenciais seja um processo inteiramente natural. No segundo estágio desta pesquisa, os sedimentos marinhos identificados abaixo da duna foram detalhadamente estudados utilizando perfis de GPR, *vibracore*, fichas de poço e datações. Estes sedimentos foram associados a barreiras holocênicas transgressivas e regressivas. Por não haver grandes rios na área, o processo de construção destas barreiras é diferente dos processos propostos para planícies costeiras holocênicas ao longo da costa leste do Brasil, onde barreiras hidráulicas, causadas por grandes rios, provocam um forte desequilíbrio sedimentar. A interpretação de imagens de GPR, juntamente com dados de *vibracore*, permitiu identificar cinco fácies de radar e quatro seqüências limitantes de radar relacionadas aos depósitos costeiros formados durante o processo de evolução da área. Como resultado, a geometria da barreira costeira foi reconstruída. Baseado na geometria da barreira, idade dos sedimentos, registros estratigráficos e padrões de sedimentação, é proposto um modelo evolutivo para a área estudada. Concomitante à máxima transgressão holocênica, uma barreira transgressiva foi depositada sobre sedimentos lagunares. Nesta fase, a laguna localizada no continente apresentava sua maior extensão. Durante a queda do nível do mar, teve início a formação da barreira regressiva (regressão forçada), induzida pela geometria costeira e deposição de sedimentos eólicos. Ainda durante esse recuo do nível do mar, a face de praia tornou-se mais larga, portanto, mais sujeita a ação dos ventos, e permitiu a formação dos primeiros depósitos eólicos. Estes depósitos foram transportados em direção a pequena enseada, fornecendo suprimento sedimentar para a construção da barreira regressiva. Durante a fase regressiva os canais de maré foram fechados e a laguna tornou-se isolada do mar aberto. A geometria das barreiras regressiva e transgressiva, associada às relações estratigráficas entre os depósitos sedimentares, sugere que o nível do mar mais alto durante o Holoceno, nesta área, não

foi maior que 1,4 m acima do atual nível do mar. Devido a algumas dificuldades em como interpretar reflexões de GPR dentro de corpos arenosos, foi realizada uma série de experimentos controlados em laboratório, utilizando antenas de 400 MHz e 900 MHz, para entender as causas das reflexões das ondas eletromagnéticas. Em geral, velocidades medidas na frequência de 900 MHz foram sistematicamente maiores que as velocidades medidas em 400 MHz. De acordo com modelos teóricos propostos na literatura, observou-se que o principal fator que controla a permitividade dielétrica é o conteúdo de água: maior conteúdo de água, maior permitividade dielétrica e menor a velocidade da onda. Embora com menor grau de influência, comportamento similar foi encontrado nos experimentos envolvendo minerais pesados. Também para a areia seca, o efeito da granulometria é quase irrelevante. Porém, dados de campo sugerem que, para corpos naturais de areia, variações de granulometria, em particular a existência de bimodalidade, podem influenciar indiretamente no coeficiente de reflexão pelo fato de alterar o grau de adsorção da água.

#### **Tese 14**

**Título: VARIAÇÃO ESPACIAL E SAZONAL DE ELEMENTOS MAIORES E TRAÇOS NO ESTUÁRIO DO RIO CURIMATAÚ (RN), ATRAVÉS DE DADOS GEOQUÍMICOS E DE SENSORIAMENTO REMOTO. 166 P.**

**Autora: Adriana Baggio Garlipp**

Orientador: Dr. Venerando Eustáquio Amaro (PPGG/UFRN)

Co-orientador: Dr. Carlos Augusto Ramos e Silva (DOL/UFRN)

Data da defesa: 27/10/2006

Banca Examinadora:

Dr. Venerando Eustáquio Amaro (PPGG/UFRN)

Dra. Mônica Ferreira da Costa (DOcean/UFPE)

Dr. George Satander Sá Freire (DG/UFC)

Dr. Carlos Augusto Ramos e Silva (DOL/UFRN)

Dr. Helenice Vital (PPGG/UFPA)

**Área de concentração:** Geodinâmica

Linha de pesquisa: Geologia Ambiental

## Resumo

O estuário do rio Curimataú localiza-se na porção sul do litoral oriental do Estado do Rio Grande do Norte, apresentando uma das últimas porções de manguezais no Estado. Este ecossistema tem sido fortemente afetado por diversas atividades antropogênicas, como o cultivo de cana-de-açúcar e a carcinicultura, além da urbanização. Trabalhos anteriores neste local revelaram que ostras *Crassostrea rhizophorae* apresentaram concentrações de alguns metais acima dos limites permitidos para consumo, e que talvez a entrada destes metais no estuário estivesse relacionada aos efluentes de carcinicultura. Para uma melhor compreensão da origem destes metais, foram coletadas amostras de sedimento de fundo, testemunhos e material particulado em suspensão para uma caracterização das concentrações de dez elementos maiores e traços (Al, Ba, Cd, Cu, Cr, Fe, Mn, Ni, Pb, Zn), bem como para a determinação dos elementos potencialmente biodisponíveis. Além disso, também foi realizado o cálculo da razão de enriquecimento para cada elemento analisado. A composição mineralógica das amostras de sedimento de fundo e dos testemunhos foi obtida através de difratometria de raios-X. Adicionalmente, dados de sensoriamento remoto orbital foram usados a fim de se detectar e semiquantificar o material particulado em suspensão através da aplicação de um algoritmo logarítmico. As análises geoquímicas das amostras de sedimento de fundo revelaram que os elementos analisados apresentaram concentrações características de um estuário não poluído (Al: 0,25 a 8,76%; Ba: 3,03 a 870 µg/g; Cd: < 0,25 µg/g; Cr: 1,72 a 82,4 µg/g; Cu: 0,12 a 25,3 µg/g; Pb: 0,38 a 23,7 µg/g; Fe: 0,10 a 5,82 %; Mn: 15,1 a 815 µg/g; Ni: 0,14 a 36,1 µg/g; Zn: 1,37 a 113 µg/g). Um padrão de distribuição dos metais foi observado durante a estação seca, com maiores concentrações nas margens, diminuindo em direção ao centro do canal. A concentração dos metais se mostrou bem correlacionada com as respectivas composições mineralógicas das amostras de sedimento, com minerais de argila

predominando nas margens, e quartzo e feldspato mais abundantes no centro do canal. Contudo, este padrão não foi observado durante a estação chuvosa, provavelmente devido ao fluxo de água mais intenso que promoveu o distúrbio dos sedimentos de fundo, com remoção da fração fina das margens. Mas, da mesma forma que observado para a estação seca, nas amostras coletadas durante a estação chuvosa também se encontraram maiores concentrações de metais nas amostras com predomínio de minerais argilosos. Razões de enriquecimento sugestivas de ausência de poluição foram obtidas para a maioria dos elementos analisados, com exceção de Mn. Este apresentou as maiores razões à jusante da atividade de carcinicultura, as quais sugerem poluição significativa neste trecho durante ambas as estações seca e chuvosa. Esta pode ser uma evidência do impacto da carcinicultura no estuário, já que a montante desta atividade a razão de enriquecimento foi baixa. No material particulado em suspensão, as maiores concentrações de metais foram obtidas na porção dominada pelo transporte fluvial para todos os elementos analisados, com exceção do cobre. Os únicos elementos que apresentaram concentrações elevadas, incomuns para ambientes livres de poluição, foram bário (de 5.730 a 8.355  $\mu\text{g/g}$ ) e zinco (de 3.899 a 4.348  $\mu\text{g/g}$ ). Contudo, estas concentrações anormais aparentam não estar relacionadas à carcinicultura ou aos efluentes da cidade de Canguaretama, uma vez que foram encontrados à montante destas atividades. A aplicação do algoritmo logarítmico à imagem LANDSAT foi bem sucedida, embora a imagem adquirida não corresponda exatamente às datas de coleta do material em suspensão. A imagem IKONOS forneceu visões muito detalhadas do estuário, permitindo observar a distribuição do material particulado, com a mistura de fluxos de água distintos na confluência dos rios Cunhaú e Curimataú, sendo que o rio Cunhaú apresenta águas mais turvas e é diretamente afetado pelos efluentes de carcinicultura e dejetos urbanos da cidade de Canguaretama.

## Tese 15

Título: **MAGMATISMO CENOZÓICO DA PORÇÃO CENTRAL DO RIO GRANDE DO NORTE, NE DO BRASIL. 195 P.**

Autor: **Francisco Valdir Silveira**

Orientador: Dr. Zorano Sérgio de Souza (PPGG/UFRN)

Co-orientador: Dr. Antônio Carlos Galindo (PPGG/UFRN)

Data da defesa: 29/11/2006

Banca Examinadora:

Dr. Zorano Sérgio de Souza (PPGG/UFRN)

Dr. Ian McReath (IG/USP)

Dr. Alcides Nóbrega Sial (CTG/UFPE)

Dr. Jaziel Martins Sá (PPGG/UFRN)

Dr. Antonio Carlos Galindo (PPGG/UFRN)

**Área de concentração:** Geodinâmica

Linha de pesquisa: Evolução litosférica e Processos Geodinâmicos

### Resumo

A área de estudo localiza-se na porção central do Estado do Rio Grande do Norte, nos domínios da Faixa Seridó e Bacia Potiguar, extremidade oriental da Província Borborema. O magmatismo intraplaca que ocorre no RN, posicionado durante o Cenozóico de forma tectono-controlada, é caracterizado por pequenos volumes de rochas máficas e ultramáficas, formando parte de uma ampla província tectonomagmática que se estende por todo o NE do Brasil. Dados de campo, sensoriamento remoto, petrográficos, geoquímicos e isotópicos permitiram individualizar três tipos de rochas vulcânicas e subvulcânicas: basaltos, microgabros e xenólitos mantélicos, além do corpo de rochas máficas ultramáficas de Santa Fé. Quimicamente, as rochas basálticas foram classificadas em duas séries de magmas: um grupo moderado a subalcalino, com total de álcalis = 3,2-4,5%, Nb = 18-88 ppm e a razão  $La/Yb_N = 36-87$ , e outro alcalino a fortemente alcalino com total de álcalis = 3,5-5,4%, Nb = 49-113 ppm e a razão  $La/Yb_N = 23-172$ . O primeiro grupo (saturado em sílica) compreende basaltos toleíticos e transicionais (basaltos finos a médios). O segundo

grupo (subsaturado em sílica) é formado por olivina basalto alcalino, basanitos, melanefelinitos e nefelinitos (basaltos médios, porfíricos e por vezes brechados). Os microgabros ocorrem predominantemente como corpos na forma de *plugs* (ex. São João) e diques (ex. Cabugi) cortando diferentes pulsos de magmas. Quimicamente foram classificados como gabros e álcali gabros, diferindo das rochas basálticas por serem mais evoluídas e fracionadas. Petrograficamente, são olivina gabros e augita gabros, contendo apatita e opacos como fases acessórias. As rochas ultramáficas são representadas por xenólitos do manto que ocorrem como fragmentos transportados dentro dos basaltos alcalinos durante sua subida à superfície. Modalmente, são classificados como lherzolitos granulares compostos de olivina, clinopiroxênio e ortopiroxênio, contendo espinélio como fase aluminosa. Seus espectros de terras raras possuem anomalia negativa de Eu e concentrações de ETR menores do que nas outras litologias, além de significativo empobrecimento em ETR pesados. O corpo intrusivo de Santa Fé (NW de Lajes, RN) é composto por uma associação de rochas máficas e ultramáficas (basalto, peridotito, eclogito, piroxenito) contendo olivina, clinopiroxênio, ortopiroxênio e anfibólio subordinado, e como fases acessórias granada rica em piropo, granada eclogítica e/ou piroxenítica, Cr-diopsídio, espinélio e ilmenita. O conjunto foi denominado diatrema de Santa Fé. Amostras de basaltos e microgabros de vários corpos foram analisadas pela técnica da datação  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ , metodologia apropriada para rochas desta natureza. Os resultados obtidos permitiram reavaliar e aperfeiçoar dados K-Ar prévios, mostrando que o vulcanismo em foco representa eventos magmáticos temporalmente distintos, com idades de colocação (extrusão ou intrusão) no intervalo de tempo entre o Eoceno e o Mioceno (53,4-6,4 Ma). Dados termobarométricos obtidos em xenólito de espinélio lherzolito indicam equilíbrio em temperatura entre 747-855°C e pressão entre 28-32 kbar. Resultados geoquímicos aliados a dados termobarométricos também permitiram inferir graus relativos

de fusão parcial variando entre 1-20% para os magmas progenitores das rochas cenozóicas do RN, onde o grau de fusão diminui à medida que os magmas foram se tornando mais subsaturados em sílica ao longo do tempo. Graus variados de fusão parcial parecem ser responsáveis pelas diferenças existentes entre  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$  e  $\text{K}_2\text{O}$  e as concentrações dos elementos traços incompatíveis dentro dos magmas menos diferenciados. Elementos traços e isótopos de Sr e Nd sugerem que os magmas cenozóicos podem ter tido sua origem a partir da fusão parcial de uma fonte heterogênea metassomatizada, dominada por granada peridotito contendo anfibólio a profundidade superior a 92 km. A maioria das explicações para o magmatismo cenozóico na Borborema tem favorecido um modelo envolvendo uma pluma do manto. Todavia, deve ser levado em consideração que, apesar de em pequena escala, eventos extensionais contemporâneos ao magmatismo são registrados em toda região, e neste caso, a quantidade de afinamento litosférico pode ter sido suficiente para ser a causa do magmatismo cenozóico. Significativo número de evidências aponta inconsistências para a presença de uma substancial pluma do manto de raiz profunda, conforme enumeradas a seguir: (1) natureza errática do vulcanismo; (2) falta de progressão das idades entre os centros vulcânicos; (3) pequeno volume de magmatismo intermitente durante o Cenozóico; (4) a presença de xenólitos do manto evidencia temperaturas litosféricas em excesso; (5) falta de evidências geofísicas para uma subida do manto profundo, mas em seu lugar aumentam evidências para material de densidade anômala intracrustal, o qual é coincidente com zona do eixo do rifte do alinhamento Cariri - Potiguar; (6) presença de alto fluxo de calor focalizado, mas insuficiente para uma pluma do manto; (7) falta de províncias de derrames de basaltos. Neste cenário, visa-se de qualquer forma, abrir uma nova luz para explicar o vulcanismo em tela: seria uma consequência de atividades de pluma em ascensão ou magmatismo relacionado à tensões tectônicas de uma margem passiva?

## **Tese 16**

**Título: DETERMINAÇÃO DO FATOR DE QUALIDADE BASEADA NO DESLOCAMENTO DO CENTRÓIDE DE FREQUÊNCIA, INDEPENDENTE DO CAMPO DE VELOCIDADE. 137 P.**

**Autor: José Antonio de Moraes Moreira**

Orientador: Dr. Walter Eugênio de Medeiros (PPGG/UFRN)

Data da defesa: 18/12/2006

Banca Examinadora:

Dr. Wander Eugênio de Medeiros (PPGG/UFRN)

Dr. Jessé Carvalho Costa (IG/UFPA)

Dr. Walter Nogueira de Amorim (PETROBRAS/RJ)

Dr. Aderson Farias do Nascimento (PPGG/UFRN)

Dr. Mário Koechi Takeya (DFTE/UFRN)

**Área de concentração:** Geofísica

Linha de pesquisa: Geologia e Geofísica Aplicadas

### **Resumo**

O presente trabalho apresenta uma abordagem inédita de inversão de fator de qualidade  $Q$ , válida para dados sísmicos e de GPR. Ela é baseada no deslocamento do centróide de frequência e faz uso da transformada  $S$  para monitorar a evolução temporal desse centróide. Desse modo, ela combina vantagens das abordagens correntes de inversão de  $Q$ , dicotomicamente divididas entre abordagens no domínio do tempo e no domínio da frequência. A estimativa de  $Q$  depende apenas da variação da forma do pulso de onda. Desse modo, a abordagem prescinde da modelagem de amplitude e, na pior das hipóteses, quando o valor verdadeiro de  $Q$  é muito alto, ela fornece um limite inferior para este valor verdadeiro. Pelo fato de não requerer o conhecimento da amplitude do pulso, o conhecimento do campo de velocidade é irrelevante, desde que seja válida a seguinte condição: o caminho seguido pelo raio, que é refletido na base de uma dada camada, durante sua passagem pelas camadas superiores, seja o mesmo caminho seguido, nestas mesmas camadas superiores, pelo raio refletido no topo da camada em questão. Esta hipótese de efeito cumulativo, embora só seja rigorosamente válida se as camadas forem horizontais e

o arranjo *for zero-offset*, constitui uma boa aproximação, mesmo quando as camadas não são paralelas e apresentam mergulhos de até 20 graus. A nossa abordagem é robusta à presença de ruídos na faixa de frequência do sinal. Isso representa uma nítida vantagem em relação a outros métodos de estimativa de  $Q$ , que se baseiam na posição em frequência do pico de amplitude. Tais métodos são bem mais sensíveis à presença de ruído. Para operacionalizar a abordagem de inversão, o pulso de referência ou de entrada deve ser conhecido. Este pulso de referência não é necessariamente a assinatura da fonte - ele pode ser um pulso refletido numa interface de referência e identificado no próprio traço.

### **Tese 17**

**Título: CONDICIONAMENTO ESTRUTURAL DAS ZONAS DE CISLHAMENTO DA REGIÃO DE FORQUILHA, DOMÍNIO CEARÁ CENTRAL: UMA ABORDAGEM INTEGRADA DE SENSORIAMENTO REMOTO E GEOLOGIA ESTRUTURAL. 134 P.**

**Autor: Fábio Souza e Silva da Cunha**

Orientador: Dr. Fernando César Alves da Silva (PPGG/UFRN)

Data da defesa: 06/06/2007

Banca Examinadora:

Dr. Fernando César Alves da Silva (PPGG/UFRN)

Dr. Adelar José Strieder (CDT/UFPel)

Dr. Ticiano José Saraiva dos Santos (IG/UNICAMP)

Dr. Zorano Sérgio de Souza (PPGG/UFRN)

Dr. Venerando Eustáquio Amaro (PPGG/UFRN)

**Área de concentração:** Geodinâmica

Linha de pesquisa: Evolução litosférica e Processos Geodinâmicos

### **Resumo**

A região de Forquilha localiza-se no extremo noroeste do Domínio Ceará Central (porção setentrional da Província Borborema) e apresenta um arcabouço litoestratigráfico formado por rochas metaplutônicas paleoproterozóicas, seqüências metasupracrustais e granitóides neoproterozóicos. As rochas metassedimentares do Grupo Ceará ocupam a maior parte da área e são subdivididas em duas unidades distintas: Canindé e

Independência. A unidade Canindé é formada basicamente por biotita paragnaisses e muscovita paragnaisses, envolvendo rochas metabásicas (lentes de anfibólitos). A seqüência Independência abrange paragnaisses granadíferos, intercalados com silimanita-granada-quartzo-muscovita xistos e quartzo-muscovita xistos, quartzitos puros ou com muscovita e, mais raramente, mármore. Foram identificados e caracterizados pelo menos três eventos de deformação dúctil, denominados de  $D_1$ ,  $D_2$  e  $D_3$ . O evento  $D_1$  pode ser interpretado como correspondente a uma tectônica tangencial de baixo ângulo com transporte tectônico para sul. O evento  $D_2$  é caracterizado pelo desenvolvimento de dobras fechadas a isoclinais com eixos aproximadamente N-S. Padrões de superposição de dobras  $F_1$  e  $F_2$  foram verificadas em diversos locais. O terceiro evento ( $D_3$ ), desenvolvido em um regime transpressional, gerou dobras megascópicas com eixos NNE a NE e zonas de cisalhamento transcorrentes. Essas zonas transcorrentes  $D_3$  são denominadas de Zona de Cisalhamento Humberto Monte (ZCHM), Zona de Cisalhamento Poço Cercado (ZCPC) e Zona de Cisalhamento Forquilha (ZCF). O processamento digital de imagens de satélite Landsat 7-ETM+, combinado com dados de campo, demonstrou que essas estruturas penetrativas desenvolveram padrões geomorfológicos positivos e negativos, distribuídos em arranjos lineares e curvilineares com bandamento tonal, associados à trama dúctil das rochas. Diversas composições coloridas foram testadas, sendo que RGB-531 e RGB-752 proporcionaram os melhores resultados para análise de lineamentos correspondentes às principais zonas de cisalhamento. Técnicas de filtragem espacial (filtros 3x3 e 5x5) também foram utilizadas, sobressaindo-se os produtos resultantes da aplicação de filtros Prewitt na banda PC1. A análise integrada dos aspectos morfológicos e texturais presentes nas imagens filtradas, somados às variações de cores assumidas pelas unidades geológicas nas composições coloridas e à sobreposição sobre um modelo digital de elevação, permitiram uma caracterização

em mega-escala da conformação estrutural da área de estudo. Um dos objetivos desse trabalho foi compatibilizar a cinemática das zonas de cisalhamento ZCHM, ZCPC, ZCF, juntamente com a zona de cisalhamento (lineamento) Sobral-Pedro II (ZCSPII), situada na adjacência, a oeste da área estudada. As idades  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  obtidas nesta tese para a ZCSPII e a ZCPC, associadas com outros dados  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  de zonas de cisalhamento do Estado do Ceará, são indicativas de que todas essas zonas estão relacionadas à orogênese Brasileira. Além disso, a orientação geral das estruturas, os sentidos de cisalhamento opostos (sinistrógira na ZCHM e na ZCPC; dextrógira na ZCSPII e na ZCF) e as condições metamórficas semelhantes conduziram à proposta de um modelo evolutivo das zonas de cisalhamento da região de Forquilha a partir do desenvolvimento de zonas de cisalhamento dúcteis conjugadas em uma área de transpressão não-confinada, com uma direção geral de encurtamento WNW-ESE. A geometria e a cinemática do conjunto de estruturas analisadas sugerem que o encurtamento tenha sido amplamente acomodado por extrusão lateral, com menores quantidades de estiramento vertical.

### **Tese 18**

**Título: SISTEMAS COMPUTACIONAIS ESPAÇO-TEMPORAIS PARA A TOMADA DE DECISÃO EM QUESTÕES AMBIENTAIS RELACIONADAS À INDÚSTRIA DO PETRÓLEO E GÁS. 174 P.**

Autora: **Angélica Félix de Castro**

Orientador: Dr. Venerando Eustáquio Amaro (PPGG/UFRN)

Data da defesa: 31/08/2007

Banca Examinadora:

Dr. Venerando Eustáquio Amaro (PPGG/UFRN)

Dr. Cleverson Guizan Silva (CEG/UFF)

Dra. Valéria Gonçalves Soares (CCEN/UFPB)

Dr. Sérgio Viana Fialho (DECA/UFRN)

Dra. Helenice Vital (PPGG/UFRN)

**Área de concentração:** Geodinâmica

Linha de pesquisa: Geologia Ambiental

## **Resumo**

A área entre São Bento do Norte e Macau, no litoral setentrional do Estado do Rio Grande do Norte, caracteriza-se por sofrer constantes processos de transporte litorâneo e eólico que causam alterações no balanço de sedimentos e modificações no traçado da linha de costa. Além desses fatores naturais, a interferência antrópica é ampla nas adjacências, composta por trechos ambientalmente sensíveis, como demonstra a presença do pólo petrolífero de Guamaré (RN), o maior produtor terrestre de petróleo do Brasil, além das atividades da indústria salineira e da carcinicultura. Este contexto socio-econômico-ambiental justifica a elaboração de estratégias de monitoramento ambiental dessa área costeira. No monitoramento ambiental de faixas litorâneas, alvo de impactos antrópicos é imprescindível o emprego de dados multifontes e multitemporais integrados por meio de um banco de dados espaço - temporal que permita o acesso amigável de multiusuários. O objetivo foi utilizar a potencialidade dos sistemas computacionais como ferramentas importantes no subsídio às tomadas de decisões por parte dos gestores do monitoramento ambiental. Os dados coletados e armazenados na forma de uma biblioteca virtual auxiliam nas tomadas de decisões a partir dos resultados relacionados e apresentados em diferentes formatos. Este procedimento amplia o uso dos dados no acompanhamento preventivo, no planejamento de ações futuras e na definição de novas linhas de pesquisas sobre a região, em abordagem multiescala. Outro objetivo desta Tese consistiu no desenvolvimento de um sistema computacional que automatizasse a confecção de mapas de sensibilidade ambiental ao derramamento de óleo, com base nas características que alguns ecossistemas costeiros apresentam de variações temporais na sensibilidade ao óleo. Os mapas gerados deste modo, baseados em metodologia difundida pelo Ministério do Meio Ambiente, fornecem informações mais atualizadas sobre o comportamento do ecossistema, como suporte às operações de contenção em caso de

derramamento de óleo. Alguns parâmetros, como os dados hidrodinâmicos, a declividade da face de praia, tipos de recursos em risco (ambiental, econômico, humano ou cultural) e uso e ocupação da área são alguns dos tipos de informações básicas essenciais dos mapas de sensibilidade e que sofrem alterações temporais. Deste modo, os dois sistemas computacionais desenvolvidos são considerados sistemas de apoio à decisão, pois fornecem subsídios operacionais ao monitoramento ambiental das áreas costeiras, considerando as transformações no comportamento dos elementos costeiros decorrentes das mudanças temporais inerentes da interferência humana e/ou natural do ambiente.

### **Tese 19**

**Título: EVOLUÇÃO DA PAISAGEM DO BAIXO CURSO DO RIO PIRANHAS - ASSU (1988-2024): USO DE AUTÔMATOS CELULARES EM MODELO DINÂMICO ESPACIAL PARA SIMULAÇÕES DE CENÁRIOS FUTUROS. 216 P.**

**Autor: Alfredo Marcelo Grigio**

Orientador: Dr. Venerando Eustáquio Amaro (PPGG/UFRN)

Data da defesa: 29/02/2008

Banca Examinadora:

Dr. Venerando Eustáquio Amaro (PPGG/UFRN)

Dr. Francisco de Assis Mendonça (DGeo/UFPR)

Dr. Antonio Conceição Paranhos Filho (CCET/UFMS)

Dr. Edilson Alves de Carvalho (DGeo/UFRN)

Dra. Helenice Vital (PPGG/UFRN)

**Área de concentração:** Geodinâmica

Linha de pesquisa: Geologia Ambiental

### **Resumo**

O baixo curso do rio Piranhas - Assu, localizado no litoral Norte do Rio Grande do Norte, é de especial interesse como área de estudo, uma vez que, além das atividades de exploração de petróleo e gás, concentra as atividades relacionadas à carcinicultura, ao sal e à fruticultura, fatores que também merecem especial atenção. Assim, o conhecimento do estágio em que se encontra a área de estudo em seu estado ambiental exige dos

pesquisadores estudos e da sociedade conscientização, no sentido de se entender a inter-relação homem e ambiente. Portanto, busca-se conhecer e estudar a dinâmica do uso e ocupação do solo do baixo curso do rio Piranhas - Assu, através de uma análise multitemporal de tempos passados e presente, e realizar projeções futuras através de modelo de simulação. O trabalho é dividido em etapas que compreendem a pesquisa, a análise e interpretação de resultados, e a geração de modelos de simulação, para análise de tendência da paisagem, tornando possível a identificação de indicadores causadores de tais mudanças para o baixo curso do rio Piranhas - Assu. A partir do banco de dados geográficos, foram realizadas as análises exploratórias necessárias aos seguintes itens: evolução do uso e ocupação do solo, vulnerabilidade natural e ambiental, índices de geodiversidade múltipla e preparação dos dados a serem utilizados no modelo de simulação. Posteriormente, procedeu-se à construção do modelo de simulação da paisagem. Na seqüência, realizaram-se às simulações de cenários futuros pela execução do modelo dentro de um ambiente de *software* específico para tal finalidade. Por último, realizaram-se as análises de tendência da paisagem da área de estudo. O baixo curso do rio Piranhas - Assu não apresentou uma intensa dinâmica de mudança da paisagem, já que no período considerado (de 1988 a 2004), a estabilidade das classes mostrou-se superior às suas transformações. As atividades relacionadas com a agricultura e com a pecuária são as que conduzem, principalmente, à dinâmica da paisagem. A produção de camarão marinho e de petróleo também interfere na paisagem, porém em menor proporção. As políticas públicas do INCRA determinaram sobremaneira a dinâmica da paisagem do baixo curso do rio Piranhas - Assu. Em relação à vulnerabilidade natural, o baixo curso do rio Piranhas - Assu apresenta mais áreas vulneráveis que estáveis. Na simulação da paisagem, no primeiro período considerado (2004-2009), houve aumentos e diminuições consideráveis das atividades antrópicas, se comparados aos períodos posteriores (2009-2014,

2014-2019 e 2019-2024). A simulação, em uma análise mais abrangente, mostra que os fatores determinantes para a mobilidade espacial das atividades antrópicas na área em foco estão relacionados à pré-existência de comunidades com vocação agropecuária e à existência de vias de acesso e escoamento. Uma área a ser destacada é a que corresponde às dunas fixas e móveis, localizadas no município de Porto do Mangue. Recomenda-se a transformação dessa área em unidade de conservação.

## **Tese 20**

**Título: CARACTERIZAÇÃO GEOMÉTRICA E PARAMETRIZAÇÃO DE DEPÓSITOS TRANSICIONAIS RECENTES E SUA APLICAÇÃO NA MODELAGEM DE RESERVATÓRIOS PETROLÍFEROS. 126 P.**

**Autor: Yoe Alain Reyes Pérez**

Orientador: Dr. Francisco Pinheiro Lima Filho (PPGG/UFRN)

Data da defesa: 31/03/2008

Banca Examinadora:

Dr. Francisco Pinheiro Lima Filho (PPGG/UFRN)

Dr. Cláudio Pires Florêncio (PETROBAS/UN-RNCE)

Dr. José Antonio Beltrão Sabadia (DG/UFC)

Dr. Walter Eugênio de Medeiros (PPGG/UFRN)

Dr. Francisco Hilário Rego Bezerra (PPGG/UFRN)

**Área de concentração:** Geodinâmica

Linha de pesquisa: Geologia e Geofísica do Petróleo

## **Resumo**

Neste início do século XXI, a Geologia transita por novos caminhos que demandam uma capacidade crescente de trabalhar com informações de naturezas variadas, assim como a aplicação de novas ferramentas. É dentro desse contexto que a caracterização de análogos recentes tem se tornado importante para o entendimento e predição das mudanças laterais na geometria e na distribuição dos corpos e fácies reservatório. No presente trabalho, foi desenvolvida uma metodologia de integração de dados geológicos e geofísicos de depósitos transicionais recentes, em ambiente tridimensional, para serem empregados como subsídio na modela-

gem de reservatórios petrolíferos e estudada a influência dos mesmos no cálculo de volume. Para esta finalidade, foram realizados levantamentos planialtimétricos e de geofísica rasa (GPR) em três áreas da desembocadura do rio Parnaíba (PI-MA). Com as informações obtidas foi possível visualizar a superposição de diferentes gerações de canais estuarinos e realizar a delimitação da geometria do canal através dos parâmetros de largura e espessura. Para a visualização e modelagem tridimensional foram empregados dois dos principais *softwares* de modelagem de reservatórios. Este trabalho foi realizado com os parâmetros coletados e os dados de dois reservatórios. O primeiro foi criado com dados de poços da Bacia Potiguar existentes na literatura e correspondentes a unidade Açu IV. Já no segundo caso foi empregada uma base de dados reais de um modelo da região do mar do norte. Nos procedimentos de modelagem dos reservatórios foram criadas diferentes rotinas de trabalho e gerados cinco casos de estudo com seus respectivos cálculos de volumes. Em seguida, foi realizada uma análise para quantificar as incertezas referentes à modelagem geológica e a influência delas no volume. Esta análise foi orientada a testar a semente geradora e os dados de análogos empregados na construção do modelo.

## **Tese 21**

**Título: A HISTÓRIA DO INTEMPERISMO NA PROVÍNCIA BORBOREMA ORIENTAL, NORDESTE DO BRASIL: IMPLICAÇÕES PALEOCLIMÁTICAS E TECTÔNICAS. 251 P.**

**Autora: Maria da Guia Lima**

**Orientador:** Dr. Paulo Marcos de Paula Vasconcelos (Earth Sciences / Univerity of Queensland)

**Co-orientador:** Dr. Emanuel Ferraz Jardim de Sá (PPGG/UFRN)

**Data da defesa:** 22/07/2008

**Banca Examinadora:**

Dr. Paulo Marcos de Paula Vasconcelos (ES/UQ)

Dra. Sônia Maria Barros de Oliveira (IG/USP)

Dra. Isabela de Oliveira Carmo (CENPES/PETROBRAS)

Dr. Emanuel Ferraz Jardim de Sá (PPGG/UFRN)

Dr. Francisco Hilário Rego Bezerra (PPGG/UFRN)

**Área de concentração:** Geodinâmica

Linha de pesquisa: Evolução litosférica e Processos Geodinâmicos

## **Resumo**

Até recentemente, a geocronologia do intemperismo foi primeiramente baseada em datações por K-Ar e  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  de minerais supergênicos. Recentes avanços em análises por (U-Th)/He de goetitas supergênicas expandiram o número de minerais utilizados e o intervalo de tempo de aplicação da geocronologia do intemperismo. Este trabalho representa o primeiro estudo sistemático, no Brasil, da combinação das metodologias de datação  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  e (U-Th)/He, aplicadas para o conhecimento da história do intemperismo e das idades de formações sedimentares afossilíferas. Para entender o contexto evolutivo do relevo da porção setentrional do Nordeste do Brasil foram identificados, com base nos estudos geológicos e geomorfológicos regionais, diferentes tipos de perfis de intemperismo que ocorrem no interior e na faixa litorânea. Estes perfis foram correlacionados a três domínios geomorfológicos distintos: o Planalto da Borborema, a Depressão Sertaneja e as Planícies e Tabuleiros Costeiros, associados a superfícies de aplainamento características de cada domínio. Baseando-se na estratigrafia e profundidade dos perfis de intemperismo desenvolvidos em cada um dos três domínios geomorfológicos principais, foi possível observar que: (i) os perfis que ocorrem em cotas elevadas no interior do continente, capeando a chamada superfície Borborema, são mais profundos (podendo chegar a 100 m), sendo caracterizados como perfis lateríticos; (ii) nas áreas de elevações mais baixas que constituem a superfície Sertaneja ocorrem perfis mais rasos e incipientes (2-5 m de profundidade); (iii) os perfis de intemperismo que ocorrem na região litorânea são moderadamente desenvolvidos (podendo chegar até 25 m de profundidade), sendo caracterizados principalmente por espessos saprólitos e zonas mosqueadas. Visando colocar limites geocronológicos

na evolução geomorfológica do Nordeste, 29 perfis representando desde a porção elevada da Província Borborema até o litoral, foram estudados através da análise de 248 grãos de óxidos de manganês supergênicos pela geocronologia de  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  por aquecimento gradual a laser. Além disso, 20 perfis de intemperismo foram estudados através da geocronologia de (U-Th)/He e 171 grãos de óxidos/hidróxidos de ferro supergênicos foram datados por este método. Os resultados geocronológicos obtidos para os 248 grãos de óxidos de manganês datados pelo método  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  indicam que os perfis de intemperismo da área estudada registram um história de intemperismo que vai desde o Oligoceno até o Pleistoceno, apresentando idades patamar e patamar forçado que variam de  $31,4 \pm 1,0$  Ma a  $0,8 \pm 0,4$  Ma. A datação dos 171 grãos de goetitas pelo método (U-Th)/He mostraram idades variando de  $43,2 \pm 4,3$  Ma a  $0,8 \pm 0,1$  Ma, registrando uma história de intemperismo desde o Eoceno até o Pleistoceno. Os registros da precipitação de goetitas confirmam as idades dos processos de intemperismo identificados pelos registros de óxidos de manganês. Datações (U-Th)/He foram realizadas em 105 grãos de goetitas provenientes de 8 localidades distintas da Formação Barreiras. Cinco grãos provenientes do cimento dos arenitos da Formação Barreiras, nas localidades de Lagoa Salgada e Rio do Fogo, apresentaram idades de  $17,6 \pm 1,8$  Ma,  $17,3 \pm 1,7$  Ma,  $16,3 \pm 1,6$  Ma,  $16,2 \pm 1,6$  Ma e  $13,6 \pm 1,4$  Ma. Os resultados obtidos para os 69 grãos de goetitas associadas a pisólitos autigênicos, provenientes de 7 localidades distintas, mostraram-se concordantes, apresentando valores que variam de  $17,8 \pm 1,8$  a  $7,5 \pm 0,8$  Ma. Os resultados obtidos para 31 grãos de goetitas provenientes de pisólitos detríticos são compatíveis para as 3 diferentes localidades amostradas (Lagoa Salgada, Praia da Garças e Ponta Grossa), apresentando idades que variam de  $43,2 \pm 4,3$  a  $21,6 \pm 2,2$  Ma. Tais resultados indicam que a idade máxima de deposição dos sedimentos da Formação Barreiras é de aproximadamente 22 Ma. Os resultados  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  obtidos para 15 grãos de óxidos de manganês

associados ao intemperismo da Formação Barreiras, provenientes de 3 localidades distintas, variaram de  $13,1 \pm 0,9$  a  $7,7 \pm 0,4$  Ma, mostrando-se similares às idades das goetitas autigênicas também coletadas nesta formação, porém datadas pelo método (U-Th)/He. A aplicação sistemática dos métodos  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  em óxidos de manganês e (U-Th)/He em goetitas mostra que os sedimentos da Formação Barreiras já estavam depositados há aproximadamente 17 Ma e que os processos de intemperismo perduraram até pelo menos 7 Ma atrás, indicando um período de provável clima quente e úmido para a região. As idades obtidas para os óxidos de manganês associados aos basaltos cenozóicos da Formação Macau, na localidade homônima, também revelam uma história de intemperismo entre aproximadamente 19 e 7 Ma, confirmando condições climáticas quentes e úmidas durante a maior parte do Mioceno. As idades  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  obtidas para os óxidos de manganês relacionados à Formação Serra do Martins variam de  $14,1 \pm 0,4$  a  $10,5 \pm 0,3$  Ma. Já as idades (U-Th)/He obtidas nas amostras de óxidos/hidróxidos de ferro provenientes dos platôs da Formação Serra do Martins variam de  $20,0 \pm 2,0$  a  $5,5 \pm 0,6$  Ma, sugerindo uma idade mínima de 20 Ma para a deposição dos sedimentos desta formação. Os resultados  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  e (U-Th)/He das amostras analisadas neste trabalho mostram correspondência com as interpretações paleoclimáticas baseadas em isótopos estáveis e índices de argilas presentes nos sedimentos do oceano Atlântico, confirmando a adequabilidade do uso da geocronologia do intemperismo na investigação paleoclimática de uma região. Neste trabalho, a datação da Formação Barreiras forneceu informações mais precisas sobre a idade das estruturas frágeis que se encontram associadas à deposição desta formação, nos estados do Rio Grande do Norte e do Ceará. O primeiro evento sindeposicional correlacionável à deposição da Formação Barreiras apresenta uma idade do Mioceno inferior; outro evento também presente na Formação Barreiras, porém relacionado a um estágio de deformação pós-sedimentar, apresenta uma provável ida-

de que varia do final do Mioceno inferior ao Holoceno. Similarmente aos dados da literatura, os resultados obtidos neste trabalho revelam que a profundidade e a complexidade dos perfis de intemperismo refletem a duração da exposição destes perfis às condições intempéricas. Todavia, não foi identificada relação de idade *versus* cota topográfica nos perfis estudados. A profundidade e a estratigrafia de perfis de intemperismo no Nordeste do Brasil, diferentemente do que se observa na região Sudeste, não variam sistematicamente do interior em direção à costa. Na área de trabalho, observações de campo revelam a presença de perfis de intemperismo laterítico antigos, espessos e complexos, preservados nos platôs de alta cota topográfica, e perfis de intemperismo recentes, rasos e incipientes nas regiões dissecadas em volta desses platôs. Estes resultados sugerem que o modelo de retração de escarpas é o mais adequado para explicar a evolução do relevo da região estudada. Entretanto, nas porções mais rebaixadas do relevo, localizadas no domínio das Planícies e Tabuleiros Costeiros, foram obtidas idades relativamente antigas, indicando que processos mais complexos atuaram no modelamento do relevo daquela área.

## **Tese 22**

**Título: ARCABOUÇO GEOFÍSICO, ISOSTASIA E CAUSAS DO MAGMATISMO CENOZÓICO DA PROVÍNCIA BORBOREMA E DE SUA MARGEM CONTINENTAL (NORDESTE DO BRASIL). 411 P.**

**Autor: Roberto Gusmão de Oliveira**

Orientador: Dr. Walter Eugênio de Medeiros (PPGG/UFRN)

Co-orientador: Dr. Emanuel Ferraz Jardim de Sá (PPGG/UFRN)

Data da defesa: 23/07/2008

Banca Examinadora:

Dr. Walter Eugênio de Medeiros (PPGG/UFRN)

Dr. Benjamin Bley de Brito Neves (IG/USP)

Dra. Naomi Ussami (IAG/USP)

Dr. Emanuel Ferraz Jardim de Sá (PPGG/UFRN)

Dr. Fernando Antônio Pessoa Lira Lins (PPGG/UFRN)

**Área de concentração:** Geodinâmica

Linha de pesquisa: Evolução litosférica e Processos Geodinâmicos

## Resumo

A Província Borborema (PB) é um domínio geológico-estrutural localizado no Nordeste do Brasil, limitado a sul pelo cráton do São Francisco, a oeste pela Bacia do Parnaíba e a norte e leste pelas bacias costeiras. Embora bastante estudada por geologia de superfície, a PB ainda apresenta em aberto aspectos importantes de sua evolução, notadamente: (i) a sua compartimentagem tectônica após a orogênese Brasileira; (ii) a arquitetura da margem continental implantada no Cretáceo; (iii) as propriedades elásticas de sua litosfera; e (iv) as causas do magmatismo e do soerguimento no Cenozóico. Nesta Tese, foram empregados dados geofísicos de cobertura regional (elevação, gravimetria, magnetometria, altura geoidal e tomografia), para aportar informações de geologia profunda aos problemas acima colocados. A sutura gerada pela colisão neoproterozóica entre o domínio sul da PB e a placa Sanfranciscana (PSF) é marcada, na Faixa Riacho do Pontal e no oeste da Faixa Sergipana, por uma forte anomalia gravimétrica dipolar, cujo pico positivo corresponde ao alçamento da crosta inferior da PB e o negativo corresponde ao cavalgamento de supracrustais empurradas sobre a PSF. Na região leste da Faixa Sergipana, não há assinaturas gravimétricas que indiquem cavalgamento e flexura de placas, mas a interpretação de truncamentos de assinaturas geofísicas de direção N-S da PSF permite localizar a sutura na margem sul do complexo de arco Marancó, ao longo da zona de cisalhamento Porto da Folha. Por sua vez, o limite colisional do Domínio Ceará da PB com o cráton Oeste-Africano, ao longo da zona de cisalhamento Sobral-Pedro II, é também marcado por uma anomalia gravimétrica dipolar, cujo pico positivo coincide com a zona de cisalhamento Sobral-Pedro II, e o negativo coincide com o arco magmático de Santa Quitéria. A julgar pela expressão geofísica, os limites internos mais importantes da PB são: (i) a zona de cisalhamento Pernambuco Oeste e sua continuação na zona de cisalhamento Congo; (ii) a zona de cisalhamento Patos; e (iii) a zona de cisalhamento

Jaguaribe e sua continuação na zona de cisalhamento Tatajuba. Estes limites dividem a PB em cinco grandes domínios geofísicos-tectônicos: sul (ou externo), transversal, Rio Grande do Norte, Ceará e Médio Coreaú. O domínio sul é marcado por assinaturas geofísicas associadas à colisão da PB com a PSF. O Domínio Transversal teve a sua concepção original de limites modificada porque a parte leste do seu limite sul foi associada com a zona de cisalhamento Congo. O domínio Rio Grande do Norte apresenta a crosta mais magnética da PB, com superposição de fontes pré-cambrianas e fanerozóicas. No domínio Ceará, a zona de cisalhamento Senador Pompeu é o divisor de dois subdomínios: o leste corresponde à Faixa Orós - Jaguaribe e o oeste, ao domínio Ceará Central, onde ocorre uma assinatura gravimétrica interpretada como uma descontinuidade crustal de direção ENE-WSW, que funcionou como um anteparo para as nappes brasileiras, com sentido de deslocamento para sul. O domínio Médio Coreaú apresenta uma anomalia gravimétrica dipolar, cujo pico positivo está associado com rochas granulíticas, e o negativo com rochas supracrustais. A assinatura geofísica do seu limite com o domínio Ceará é evidente, apesar dos sedimentos da Bacia do Parnaíba. A análise conjunta da anomalia ar-livre, admitância ar-livre e estimativas da espessura elástica efetiva ( $T_e$ ) evidenciaram que as margens leste e equatorial possuem propriedades elásticas bastante diferentes: enquanto a primeira tem  $T_e$  entre 10 e 20 km, a segunda tem  $T_e$  em torno ou inferior a 10 km. Essa diferença é devida ao enfraquecimento da litosfera da margem Equatorial produzida pelo magmatismo cenozóico. A margem continental da PB apresenta segmentações que incorporaram heranças das estruturas e dos domínios pré-cambrianos, que se correlacionam com os limites conhecidos das bacias. Descendendo de sul para norte, o limite da separação da Bacia Sergipe - Alagoas em duas sub-bacias coincide com a sutura entre o domínio sul da PB e a PSF; as estimativas de  $T_e$  indicam, concordantemente, que a sub-Bacia Sergipe ( $T_e \sim 20$  km) se instalou em uma litosfera

mais resistente do que a da sub-Bacia Alagoas ( $T_e \sim 10$  km). Adicionalmente, no interior da crosta da sub-Bacia Sergipe ocorre um grande corpo denso (*underplating* ou herança crustal?) que não continua na sub-Bacia Alagoas. A margem da Bacia de Pernambuco ( $15 < T_e < 25$  km) apresenta características diferentes das outras bacias costeiras, porque no platô de Pernambuco há duas anomalias do “efeito de borda”, o que indica a existência no platô de uma crosta continental afinada, contudo ainda relativamente espessa. A Bacia da Paraíba se apresenta bastante uniforme, com  $T_e$  em torno de 15 km, e possui uma crosta inferior relativamente densa, que foi interpretada como uma modificação por *underplating* magmático relacionado com o magmatismo cenozóico. A segmentação da Bacia Potiguar em três partes é corroborada pelas estimativas de  $T_e$ : rifte Potiguar ( $T_e \sim 5$  km), plataforma de Aracati ( $T_e \sim 25$  km) e plataforma de Touros ( $T_e \sim 10$  km). A fragilidade da litosfera na região do rifte Potiguar está associada com fluxo térmico atual alto, e a resistência relativamente maior da plataforma de Touros pode ser devida a uma crosta arqueana. A margem da Bacia do Ceará, no trecho das sub-bacias Mundaú e Icarai, possui anomalia ar-livre uniforme, com  $T_e$  entre 10 e 15 km. A análise da admitância Bouguer revelou que a condição isostática da PB é compatível com um modelo em que ocorrem carregamentos combinados na superfície e na base da crosta, com a carga da base 15 vezes maior que a do topo. Em adição, a PB possui uma crosta inferior anormalmente densa. Estas afirmações são especialmente adequadas para a parte norte da PB porque aí a aderência dos dados observados ao modelo é maior. Para o mesmo modelo isostático e usando a função coerência, estimou-se que a  $T_e$  da PB deve ser inferior a 60 km, embora sua porção norte tenha  $T_e$  de apenas 20 km. A inversão de espessura de crosta, usando o modelo isostático com carga apenas na superfície, indicou que existem na PB duas regiões de espessamento: uma abaixo do Planalto da Borborema (de idade cenozóica) e a outra no domínio Ceará, sob o arco magmático de Santa Quitéria (ves-

tigial do pré-Cambriano). Por outro lado, ocorre um afinamento ao longo do alinhamento Cariri - Potiguar, que representa o registro no interior do continente de um rifteamento cretáceo abortado. A interpretação das anomalias ar-livre de fontes oceânicas levou à proposição de que ocorreu um volumoso magmatismo na área oceânica adjacente à PB, ao contrário da área continental, como indicam as informações de geologia de superfície. A PB apresenta uma expressiva anomalia positiva de geóide, com correlação espacial com o planalto da Borborema e o alinhamento Macau - Queimadas. A integração de dados de tomografia de ondas superficiais e de anomalias residuais de geóide permitiu interpretar que uma convecção em pequena escala (*Edge Driven Convection* - EDC), gerada na interface entre a raiz da litosfera continental fria e o manto quente da área oceânica, pode ter sido a causa do magmatismo cenozóico. O mecanismo de EDC teria causado o arrasto do manto litosférico continental frio para dentro do manto astenosférico quente, ocasionando assim contraste positivo de densidade, que seria uma componente importante da origem da anomalia de geóide. A compatibilidade dos dados gravimétricos da PB com o modelo isostático que combina carregamentos no topo e na base da crosta, e a correlação temporal entre o magmatismo cenozóico e o soerguimento do planalto, permite propor que o soerguimento deste ocorreu por causa do empuxo provocado pela raiz da crosta, produzido por um *underplating* magmático no Cenozóico.

### **Tese 23**

Título: **ESTRUTURAS TECTÔNICAS CENOZÓICAS NA PORÇÃO LESTE DA BACIA POTIGUAR (RN). 104 P.**

Autor: **Francisco César Costa Nogueira**

Orientador: Dr. Francisco Hilário Rego Bezerra (PPGG/UFRN)

Co-orientador: Dr. David Lopes de Castro (PPGG/UFRN)

Data da defesa: 25/08/2008

Banca Examinadora:

Dr. Francisco Hilário Rego Bezerra (PPGG/UFRN)

Dr. Norberto Morales (DG/UNESP)

Dra. Adalene Moreira Silva (IG/UnB)

Dr. Jaziel Martins Sá (PPGG/UFRN)

Dr. Joaquim Mendes Ferreira (PPGG/UFRN)

**Área de concentração:** Geodinâmica

Linha de pesquisa: Evolução litosférica e Processos Geodinâmicos

## **Resumo**

Esta Tese compreende a integração de dados geológicos, geofísicos e sismológicos na porção leste da Bacia Potiguar. A região nordeste está localizada na margem passiva sul-americana, exibindo importantes áreas com registro de atividades neotectônicas. As definições da cronologia dos eventos, da geometria das estruturas geradas por estes eventos e de quais estruturas foram reativadas, são necessárias nesta área. Os objetivos principais desta Tese são: (1) identificar a geometria e cinemática de falhas neotectônicas na faixa leste da Bacia Potiguar; (2) obter a idade dos eventos tectônicos relacionados a estas estruturas e associá-las a paleossismos na região; (3) apresentar modelos evolutivos para explicar a evolução de estruturas neógenas; e (4) investigar a origem dos processos de reativação, principalmente o tipo de feição geológica relacionada a esta reativação. Os principais tipos de dados usados compreendem dados de campo, poços e dados de resistividade, imagens de sensores remotos, cronologia de sedimentos, análises morfotectônica e análises por difratometria de raios X, dados sismológicos e aeromagnéticos. A análise de paleotensões indica que os dois últimos campos de tensões que ocorreram na área de estudo foram: compressão orientada segundo a direção N-S e extensão E-W, a partir do final do Campaniano ao início do Mioceno, e uma compressão orientada na direção E-W e extensão N-S, a partir do Mioceno ao Holoceno. Este campo de tensões reativou falhas de direção NE-SW e NW-SE. Estas falhas exibem cinemática transcorrente dextró-gira, associada com uma componente normal. Neste trabalho foi possível determinar a geometria *en echelon* da Falha Samambaia, que é de ~63 km

de extensão, 13 km de profundidade, orientada para NE-SW, e forte mergulho para NW. As falhas preenchidas por sedimento nas rochas graníticas foram datadas por luminescência opticamente estimulada (LOE) e *single-aliquot regeneration* (SAR), revelando idades de: 9.000-8.000, 15.000-11.000, 24.000-16.000, 45.500-37.000, 67.959-53.609 e 84.000-83.000 anos. A análise da trama dúctil na área de João Câmara indica que a foliação regional está orientada NE-SW (032° - 042° Az), que coincide com a orientação dos epicentros e veios ricos em sílica. O conjunto de evidências aponta para a reativação de estruturas pré-existentes. Os dados paleossismológicos sugerem atividades paleossísmicas maiores que aquelas indicadas durante o curto período de registros histórico e instrumental.

#### **Tese 24**

Título: **CARACTERIZAÇÃO TECTONO-ESTRATIGRÁFICA DA SEQÜÊNCIA TRANSICIONAL NA SUB-BACIA DE SERGIPE. 169 P.**

Autora: **Liliane Rabêlo Cruz**

Orientador: Dr. Emanuel Ferraz Jardim de Sá (PPGG/UFRN)

Co-orientadora: Dr. Valéria Centurion Córdoba (PPGG/UFRN)

Data da defesa: 26/09/2008

Banca Examinadora:

Dr. Emanuel Ferraz Jardim de Sá (PPGG/UFRN)

Dr. Claiton Marlon dos Santos Scherer (IG/UFRGS)

Dr. Gilmar Vital Bueno (PETROBRAS/RJ)

Dra. Valéria Centurion Córdoba (PPGG/UFRN)

Dr. Alex Francisco Antunes (PPGG/UFRN)

**Área de concentração:** Geodinâmica

Linha de pesquisa: Geologia e Geofísica do Petróleo

#### **Resumo**

Esta Tese aborda a evolução tectono-estratigráfica da seqüência transicional na sub-Bacia de Sergipe (porção sul da bacia Sergipe-Alagoas, Nordeste do Brasil), depositada no intervalo que abrange o Alagoas superior. Foram identificadas as superfícies limítrofes e seqüências internas, de maior ordem, bem como as estruturas que a afetaram ou controlaram

as suas deposições. Essa abordagem integrada teve como objetivo caracterizar o contexto geodinâmico e os processos atuantes durante a deposição desta seqüência e sua relação com os estágios tectônicos reconhecidos na evolução das bacias da margem leste Brasileira. O tema da Tese remete a uma problemática amplamente discutida na literatura, envolvendo a passagem entre os estágios rifte e drifte, a expressão e o significado da discordância de *breakup*, a relação entre sedimentação e o tectonismo em ambientes distensionais, bem como os controles dos processos de subsidência neste intervalo de tempo. A análise tectono-estratigráfica da seqüência transicional foi realizada com base em seções sísmicas e perfis de poços, distribuídos ao longo da sub-Bacia de Sergipe (SBSE). Foram executadas seções geossísmicas e análise de sismofácies, perfis e seções estratigráficas, que recobrem os principais compartimentos estruturais desta sub-bacia. A partir desses produtos, foram elaborados modelos deposicionais e da evolução tectono-estratigráfica da seqüência transicional. A análise estrutural demonstra semelhanças no estilo e cinemática da deformação atuante durante a deposição das seqüências rifte e transicional, que apontam para uma continuação dos processos de distensão litosférica ao longo da direção NW (eixo de *strain X*), até o final do neo-Aptiano, quando se encerrou a deposição desta última. Os estágios tardios da distensão / rifteamento estariam marcados por: (i) contínua (embora em pulsos) atividade de falhas ao longo da bacia, controlando a criação do espaço de acomodação nas suas imediações e caracterizando o afinamento da crosta superior; e (ii) deposição em estilo *sag*, quando a seqüência transicional é visualizada numa escala mais ampla, refletindo a componente de estiramento e afinamento dúctil de níveis infra e subcrustais, combinando à crescente importância do regime de subsidência térmica. Além da tectônica rifte nos seus incrementos tardios, a Seqüência Transicional também se encontra afetada pela reativação das falhas de borda na SBSE, durante e após a deposição da Formação Riachuelo (porção inferior

da Seqüência Marinha Transgressiva, de idade albiana). É possível que essa reativação constitua o reflexo (transmissão de tensões ao longo da margem continental em formação) dos processos de rifteamento ainda ativos mais a norte, entre a sub-Bacia de Alagoas e a Bacia Pernambuco - Paraíba. As camadas evaporíticas da seqüência transicional contribuíram para o desenvolvimento de estruturas pós-rifte, relacionadas à halocinese e ao colapso da margem, as quais perturbam os estratos das seqüências marinhas sobrepostas num intervalo que se estende do meso-Albiano ao Maastrichtiano, ou mesmo até o Paleógeno. A análise estratigráfica demonstrou a ocorrência de cinco seqüências deposicionais de maior ordem, cuja sucessão vertical indica um aumento progressivo do nível de base, marcado pela deposição dos sistemas siliciclásticos continentais, que passam para sistemas lagunares - evaporíticos e marinhos restritos, indicando que a seqüência transicional foi depositada num flanco de subida relativa do nível eustático. Num ciclo de 2ª ordem, essa seqüência pode representar a deposição inicial de um trato de sistemas transgressivos, cuja passagem para a seqüência marinha transgressiva também estaria marcada por um afogamento dos sistemas deposicionais. Num ciclo de 3ª ordem, a passagem entre estas seqüências é balizada por uma discordância restrita que lateralmente passa a uma concordância correlativa, mais abrangente. Esta passagem corresponde “discordância de *breakup*”, equivalente à discordância pré-Albiano na SBSE, e contrasta com a maior expressão da discordância pré-Alagoas superior, esta última na base da seqüência transicional e alternativamente referida na literatura como a discordância de *breakup*. Nesta Tese, é adotado conceito de que a discordância pré-Albiano seria o marco da mudança de contexto deposicional e do ambiente tectônico (rifte - drifte) na SBSE, com superfícies equivalentes, mas também diacrônicas, em outras bacias da margem Atlântica. A discordância pré-Alagoas superior teria se formado em respostas à subida da astenosfera (aquecimento sob altas taxas de distensão litosférica) e

pós-data o último pulso importante de falhamentos (a ela sotopostos) e erosão de blocos. Acima dela, o número de falhas ativas e o seu rejeito decresceram significativamente. Em águas profundas a ultraprofundas, os *seaward-dipping reflectors* (SDRs) são capeados em discordância pelos horizontes sísmicos correlatos à seqüência transicional. Essas rochas vulcânicas foram (pelo menos parcialmente) alojadas sobre crosta continental, sendo tentativamente atribuídas à fusão do manto astenosférico em processo de subida e descompressão adiabática. Embora seja uma feição muito importante na SBSE (e possivelmente, em outras bacias), a discordância pré-Alagoas superior não delimita o final do processo de distensão litosférica e o início de criação de assoalho oceânico, haja vista as evidências de estruturas distensionais de escala (pelo menos) crustal, que afetam a seqüência transicional. Considerando todo esse contexto, a deposição da seqüência transicional é melhor posicionada no intervalo tardio do estágio rifte, com a entrada de um mar epicontinental sobre o segmento de crosta ainda em processo de distensão. Ao longo deste segmento, a sedimentação estaria então controlada pela combinação de subsidência térmica e mecânica. Em seqüência, o início de criação de litosfera oceânica conduziu ao declínio do componente de subsidência mecânica, a distensão foi transferida para a cadeia mesoocênica, e a margem continental em formação (e a correspondente seqüência marinha) passou a ser controlada exclusivamente pela componente de subsidência térmica. Conceitos clássicos, dados multidisciplinares e novos modelos arquiteturais e de evolução da crosta podem ser reconciliados e melhor compreendidos sob as linhas discutidas.

## **Tese 25**

Título: **CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA, GEOMORFOLÓGICA E OCEANOGRÁFICA DO SISTEMA PISA SAL, GALINHOS (RN - NORDESTE DO BRASIL), COM ÊNFASE À ERO-**

**SÃO, AO TRANSPORTE E À SEDIMENTAÇÃO. 261 P.**

Autor: **Leão Xavier da Costa Neto**

Orientadora: Dra. Helenice Vital (PPGG/UFRN)

Co-orientador: Dr. Mário Pereira da Silva (DGeof/UFRN)

Data da defesa: 27/02/2009

Banca Examinadora:

Dra. Helenice Vital (PPGG/UFRN)

Dr. Moacyr Cunha de Araújo Filho (DOcean/UFPE)

Dr. Pedro Walfir Martins e Souza Filho (IG/UFPA)

Dr. Mário Pereira da Silva (PPGG/UFRN)

Dr. Zuleide Maria Carvalho Lima (DGeo/UFRN)

**Área de concentração:** Geodinâmica

Linha de pesquisa: Geologia Sedimentar e Marinha

**Resumo**

Este trabalho tem como objetivo estudar o comportamento das características físico-ambientais do sistema Pisa Sal, especificamente, a configuração batimétrica, a caracterização faciológica e a morfologia de fundo; o padrão de circulação das correntes de marés e das propriedades termohalinas; as zonas de erosão e sedimentação; o volume de material erodido e suas relações com a hidrodinâmica; o transporte de sedimentos, a idade dos sedimentos e a taxa de sedimentação. Para isso, foram realizados levantamentos meteorológico, batimétrico, sonográfico, oceanográfico (correntes e propriedades termohalinas), topográfico, amostragem de sedimentos de fundo e suspensão e datação por  $^{14}\text{C}$  e  $^{210}\text{Pb}$ . O sistema Pisa Sal faz parte do complexo estuarino lagunar Galinhos - Guamaré, localizado no litoral setentrional do Estado do Rio Grande do Norte, no município de Galinhos (RN), uma região sob influência da indústria salinera, carcinicultura e indústria petrolífera. As informações meteorológicas definem para região um clima seco com temperatura elevada, precipitação baixa e ventos fortes e constantes que influenciam sobremaneira nas alterações ambientais do sistema. O sistema Pisa Sal apresenta pequenas dimensões (extensão de 8,0 km, largura média de 150 m e profundidade máxima de -4,23 m), perfil longitudinal regular, perfil transversal em V

(montante) e em U (jusante), gradiente horizontal e diferentes formas de leito (fundo plano, marcas de ondas, dunas subaquáticas 2D e 3D, superposição de formas e rochoso). As fácies sedimentares são representadas por sedimentos arenosos e lamosos de composição silicática, com variação na quantidade de grânulo e cascalho biodetríticos. Texturalmente, os sedimentos variam de areia muito grossa a silte. As correntes de marés variam de simétrica a fracamente assimétricas, com maiores velocidades durante as vazantes de sizígia no período de inverno, com direções que refletem a orientação dos canais. Os canais artificiais de despesca / drenagem (CDs) apresentam o mesmo comportamento do canal Pisa Sal, porém com menor intensidade. As propriedades termohalinas classificam o sistema Pisa Sal como um canal de maré com características hipersalinas, comportamento de um estuário inverso (negativo), verticalmente bem misturado, forçado predominantemente pela maré, no qual o processo de difusão turbulenta da maré é responsável pelo transporte de sal canal acima e que provoca a redução da salinidade ao longo do ano. A erosão no canal Pisa Sal e nos CDs está associada à margem côncava dos meandros causadas por fenômenos oceanográficos, climáticos e antrópicos, dentre os quais se destacam: as marés, as correntes de marés, a chuva, o escoamento superficial, o vento, as ondulações, a escavação de canais, a infiltração, a composição e a manutenção de taludes. O transporte de sedimentos de fundo e suspensão é controlado pela variação da velocidade das correntes de marés. O transporte é mais eficiente durante as marés de sizígia e nos ciclos de vazante, causando exportação de sedimentos. A idade dos sedimentos do canal Pisa Sal é de  $1.562 \pm 22$  AP e do canal Volta do Sertão é  $332-432 \pm 25$  anos AP. A taxa de sedimentação nesses dois canais varia de 0,47 e 0,50 cm/ano, respectivamente. As atividades econômicas da indústria salineira, da carcinicultura e da indústria petrolífera associadas aos fenômenos naturais (temperatura do ar e nível de evaporação alto, índice de precipitação baixo, regime de mesomaré, velocidade alta

das correntes de marés e ação dos ventos) são responsáveis pelas alterações ambientais que ocorrem no sistema Pisa Sal.

## **Tese 26**

**Título: ANÁLISE DA EVOLUÇÃO COSTEIRA DO LITORAL SETENTRIONAL DO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE, REGIÃO SOB INFLUÊNCIA DA INDÚSTRIA PETROLÍFERA. 151 P.**

**Autor: Michael Vandesteem Silva Souto**

Orientador: Dr. Venerando Eustáquio Amaro (PPGG/UFRN)

Data da defesa: 16/10/2009

Banca Examinadora:

Dr. Venerando Eustáquio Amaro (PPGG/UFRN)

Dr. Antônio Conceição Paranhos Filho (CCET/UFMS)

Dr. Luciano Henrique de Oliveira Caldas (PETROBRAS/UN-RNCE)

Dra. Ada Cristina Scudelari (LARHISSA/UFRN)

Dra. Helenice Vital (PPGG/UFRN)

**Área de concentração:** Geodinâmica

Linha de pesquisa: Geologia Ambiental

### **Resumo**

O litoral setentrional do Estado do Rio Grande do Norte é caracterizado por fortes mudanças na sua morfologia costeira, ocasionadas por diversos fatores geológicos e climáticos. Nesta região, estão instaladas as principais atividades sócio-econômicas do Estado, destacando a indústria petrolífera, que exerce boa parte de suas atividades na zona costeira estudada. A erosão é o constante problema nesta região, pois afeta toda população local com a destruição de moradias e comércio, inviabilizando o turismo, comprometendo as atividades de subsistência e industriais. O risco maior está relacionado ao dano ambiental que pode ser causado pelo derramamento de óleo nesta região. Para entender o que condiciona estas modificações na morfologia costeira esta Tese se propôs identificar os fatores de escala local, regional e até global que corroboram com a dinâmica costeira para o litoral em questão. Para tal estudo foram utilizados diversos produtos e várias ferramentas para interpretação das condicionantes

do efeito erosivo que predomina como um todo o litoral setentrional do Estado, na tentativa de quantificar e qualificar as causas e efeitos que afetam toda a zona costeira monitorada. O desenvolvimento das atividades está inserido em projetos Rede 05 - PETROMAR (CTPETRO / FINEP / PETROBRAS / CNPq), PETRORISCO, HIDROSEMA, PETROMAR e Rede 05/04 - POTMAR (FNDCT / CTPETRO/ FINEP / CNPq), no âmbito das atividades de características multidisciplinares e interinstitucional em temas que envolvem o monitoramento ambiental e a atividade petrolífera.

### **Tese 27**

Título: **INVERSÃO HIPOCENTRAL UTILIZANDO VÍNCULO DE PROXIMIDADE A EIXO OU PLANO. 148 P.**

Autor: **Flávio Lemos de Santana**

Orientador: Dr. Walter Eugênio de Medeiros (PPGG/UFRN)

Co-orientador: Dr. Aderson Farias do Nascimento (PPGG/UFRN)

Data da defesa: 30/07/2010

Banca Examinadora:

Dr. Walter Eugênio de Medeiros (PPGG/UFRN)

Dr. João Batista Correa da Silva (IG/UFPA)

Dr. Afonso Emídio de Vasconcelos Lopes (IAG/USP)

Dr. Aderson Farias do Nascimento (PPGG/UFRN)

Dr. Roberto Hugo Bielschowsky (DM/UFRN)

Dr. Joaquim Mendes Ferreira (PPGG/UFRN)

**Área de concentração:** Geofísica

Linha de pesquisa: Geologia e Geofísica Aplicadas

### **Resumo**

A inversão hipocentral é um processo que estima as coordenadas e o tempo de origem do hipocentro de um dado terremoto. Em geral, as informações utilizadas para resolver esse problema são o conjunto dos tempos de chegada das ondas sísmicas nas estações sismográficas, além de um modelo de velocidades. Os hipocentros são encontrados minimizando-se uma função objeto que mede as discrepâncias entre os valores dos tempos de chegada gerados pelo modelo direto e os tempos de chegada

observados. Normalmente, a função objeto possui muitos mínimos, ou seja, mais do que uma localização para o hipocentro ajusta as observações dos tempos de chegada de um dado terremoto. Assim, o problema inverso de determinar os hipocentros é mal posto. Para reduzir a ambigüidade e regularizar o problema, neste trabalho desenvolveu-se uma metodologia de inversão hipocentral na qual são utilizados vínculos de proximidade espacial dos hipocentros a planos e eixos. Esses vínculos introduzem no problema o viés geológico de que terremotos ocorrem geralmente ao longo de planos de falhas, podendo esses planos desenvolverem estrias muito bem definidas. Dessa forma, a ambigüidade nas soluções é diminuída porque se reduz o espaço de soluções possíveis para os hipocentros. A norma utilizada para o ajuste dos tempos de chegada foi a norma  $L_1$ . Para o critério de proximidade espacial, foi utilizada a norma  $L_1$  para medir a distancia a planos, e a norma  $L_2$ , para distancia a eixos. Para minimizar a função objeto do problema inverso vinculado, utilizou-se o método de busca direta COMPLEX. Esse método não faz uso do cálculo de derivadas, permitindo assim o uso de funcionais não diferenciáveis, como é o caso. Comparamos a nossa abordagem com uma abordagem normalmente utilizada na literatura (o método HYPO71), empregando tanto dados sintéticos como dados reais. A seqüência de dados reais resulta de um conjunto de terremotos intraplaca, ocorridos no ano de 1987, próximo à cidade de João Câmara, no estado do Rio Grande do Norte. Os resultados, tanto em dados sintéticos como em dados reais, mostram que nossa abordagem melhora consideravelmente a definição dos planos de falha e não produz alguns artefatos introduzidos pelo método HYPO71.

## **Tese 28**

Título: **TECTÔNICA PÓS-RIFTE NA BACIA POTIGUAR. 113 P.**

Autora: **Elissandra Nascimento Moura Lima**

Orientador: Dr. Francisco Hilário Rego Bezerra (PPGG/UFRN)

Co-orientador: Dr. David Lopes de Castro (PPGG/UFRN)

Data da defesa: 08/02/2011

Banca Examinadora:

Dr. Francisco Hilário Rego Bezerra (PPGG/UFRN)

Dr. Francisco Pinheiro Lima (PPGG/UFRN)

Dr. Fernando César Alves da Silva (PPGG/UFRN)

Dra. Dilce de Fátima Rossetti (INPE/São José dos Campos)

Dr. Norberto Morales (IGCE/UNESP)

**Área de concentração:** Geodinâmica

Linha de pesquisa: Evolução Litosférica e Processos Geodinâmicos

## **Resumo**

Os estudos sobre as bacias sedimentares brasileiras se concentram em sua fase rifte, enquanto a fase pós-rifte tem sido considerada um período de pouca atividade. A seqüência pós-rifte da Bacia Potiguar, no extremo nordeste brasileiro, já foi considerada pouco deformada. Contudo, inúmeros trabalhos vêm demonstrando como ela é afetada por importantes sistemas de falhas. A finalidade geral desta Tese é caracterizar a tectônica pós-rifte na Bacia Potiguar. Os objetivos específicos são: distinguir as unidades sedimentares cenozóicas aflorantes e a tectônica associada; evidenciar como o sistema de falhas de Afonso Bezerra deformou rochas aflorantes da Bacia; descrever deformação em sedimentos inconsolidados nos conglomerados dos depósitos aluviais quaternários do rio Açu. Análises de fácies, estudos granulométricos, datação por luminescência, sensoriamento remoto, mapeamento estrutural, geofísica rasa (georadar), análises de paleotensões e petrografia foram realizados. O mapeamento estrutural e as secções de georadar indicaram que os sistemas de falhas de Carnaubais e Afonso Bezerra formaram juntas, falhas silicificadas e não-silicificadas e bandas de deformação, afetando principalmente as formações Açu, Jandaíra e Barreiras. Os dados petrográficos indicam que a forte silicificação deu às falhas um caráter selante. O estudo de paleotensões indica dois campos de tensões afetando a Bacia: o primeiro, com compressão N-S, atuou do neo-Cretáceo ao Mioceno; o

segundo, com compressão E-W, atua do Mioceno ao presente. Constatou-se que o sistema de falhas de Afonso Bezerra foi reativado em períodos pós-campanianos e afeta todas as unidades litoestratigráficas pós-rifte da Bacia Potiguar, inclusive as coberturas quaternárias. O estudo sobre deformação em sedimentos inconsolidados indica que esta é similar na morfologia e no tamanho aos exemplos modernos de estruturas de deformação sísmicamente induzida em sedimentos grossos. Idades por termoluminescência (TL) e luminescência ópticamente estimulada (LOE) indicam que a deposição dos sedimentos e a deformação associada ocorreram pelo menos em seis eventos entre aproximadamente 352 Ka e 9 Ka. Enfim estes estudos demonstram quão recente é a tectônica na Bacia Potiguar.

## **Tese 29**

Título: **AValiação de Impacto Ambiental e Gestão dos Recursos Naturais no Estuário Apodi - Mossoró, Nordeste do Brasil. 172 p.**

Autor: **Mukesh Singh Boori**

Orientador: Dr. Venerando Eustáquio Amaro (PPGG/UFRN)

Data da defesa: 21/07/2011

Banca Examinadora:

Dr. Venerando Eustáquio Amaro (PPGG/UFRN)

Dra. Ada Cristina Scudelari (LARHISSA/UFRN)

Dr. Antonio Conceição Paranhos Filhos (CCET/UFMS)

Dra. Odete Silveira (IG/UFPA)

Dr. Werner Farkatt Tabosa (PPGG/UFRN)

**Área de concentração:** Geodinâmica

Linha de pesquisa: Geologia Ambiental

## **Resumo**

O objetivo deste estudo é investigar a vulnerabilidade eco-ambiental, suas mudanças e suas causas e elaborar um sistema de gestão para a sua aplicação e para a avaliação de riscos no estuário do rio Apodi - Mossoró,

região Nordeste do Brasil. Esta análise está enfocada na interferência nas condições da paisagem e na sua alteração, dos seguintes fatores: a indústria de petróleo e gás; as indústrias de frutas tropicais; as fazendas de camarão; a indústria de sal marinho; a invasão de áreas sensíveis; demanda por terras; degradação da vegetação; assoreamento de rios; enchentes severas; aumento do nível do mar (SLR); dinâmica costeira; topografia baixa e plana; elevado valor ecológico e turístico da região e o rápido crescimento da urbanização. Dados convencionais e de sensoriamento remoto foram analisadas através das técnicas de modelagem usando os *softwares ArcGIS, ER-Mapper, ENVI e ERDAS Imagine*. As imagens digitais foram inicialmente processadas por análise de componentes principais e transformação da fração máxima de ruído. A seguir, todas as bandas foram normalizadas para reduzir os erros causados por bandas de diferentes dimensões. Em seguida foram realizadas em sistema de informações geográficas as análises de detecção de alterações, os modelos de elevação digital, os índices geomórficos e as demais variáveis da área de estudo. A combinação colorida de bandas multiespectrais foi empregada para acompanhar mudanças de uso / ocupação do solo e da cobertura vegetal entre os anos de 1986 a 2009. Essa tarefa também abrangeu a análise de várias informações secundárias, tais como dados de campo, socio-econômicos, ambientais e perspectivas de crescimento. A intenção foi aprimorar a compreensão da vulnerabilidade natural e eco-ambiental e a influência destas na avaliação de riscos, definindo a intensidade, a distribuição e os efeitos sobre os ecossistemas, por meio da identificação de áreas de alta e baixa sensibilidade à inundação devido ao SLR futuro, e as perdas de terras devido à erosão costeira no vale do Apodi - Mossoró, de modo a se estabelecer uma estratégia de uso sustentável da terra. O modelo elaborado integra alguns fatores básicos como a geologia, a geomorfologia, os solos, o uso / cobertura do solo, a cobertura vegetal, a declividade, a topografia e a hidrologia. Os resultados numéricos indicaram que 9,86% do total da

área de estudo estão sob vulnerabilidade muito elevada, 29,12% da área em alta vulnerabilidade, 52,90% da área em vulnerabilidade moderada e 2,23% está na categoria de muito baixa vulnerabilidade. As análises indicam a inundação de 216,1 km<sup>2</sup> e 362,8 km<sup>2</sup> de área para variações de 1m e 10 m, respectivamente, nos níveis do mar. Os setores mais afetados serão as áreas residenciais, industriais e de recreação, os terrenos agrícolas, e ecossistemas de alta sensibilidade ambiental. Os resultados mostraram que as mudanças na vulnerabilidade eco-ambiental têm um impacto significativo no desenvolvimento sustentável do Estado do RN, uma vez que o indicador é uma função da sensibilidade, da exposição e do estado em relação a um nível de dano. O modelo é apresentado como uma ferramenta para auxiliar na indexação da vulnerabilidade, a fim de aperfeiçoar as ações e avaliar as implicações das tomadas de decisões e das políticas quanto à gestão de áreas costeiras e estuarinas. Nesse quadro, aspectos como crescimento populacional, degradação da vegetação, uso / ocupação do solo, grau e tipo de industrialização, SLR e as políticas governamentais para a proteção ambiental foram considerados os principais fatores que afetaram as mudanças eco-ambientais ao longo das três últimas décadas no estuário Apodi - Mossoró.

## Considerações Finais

Ao completar 15 anos, o Programa de Pesquisa e Pós-Graduação em Geodinâmica e Geofísica (PPGG) da UFRN vem se firmando pela objetividade e qualidade de suas Dissertações, Teses e produção científica. Isto certamente tem sido propiciado pela estrutura curricular enxuta (com duas áreas de concentração, Geodinâmica e Geofísica), direcionada aos temas de Dissertações e Teses, o número de projetos de pesquisa apoiados por órgãos de fomento, implicando assim em melhoria e manutenção de equipamentos, laboratórios e *softwares* específicos.

As cinco linhas de pesquisa vigentes a partir de 2007 (Evolução Litosférica e Processos Geodinâmicos, Geologia e Geofísica do Petróleo, Geologia Sedimentar e Marinha, Geologia e Geofísica Aplicadas, Geologia Ambiental) são coerentes com características desta região do Brasil, com enfoque principal em mapeamento de terrenos pré-cambrianos, de bacias fanerozóicas, estudo de recursos minerais, energéticos e hidrogeológicos, reconhecimento geológico e geofísico da plataforma continental, monitoramento ambiental de áreas com intensa atividade industrial, e monitoramento de sismicidade na região.

Apesar de este período ser curto em comparação com universidades tradicionais a nível nacional, o sucesso do PPGG pode ser avaliado pelo destino dos seus egressos, os quais vêm sendo absorvidos por instituições

de ensino superior federais e estaduais e a indústria petrolífera e de mineração. Foram 107 Dissertações defendidas de 1997 a 2011, e 29 Teses de 2001 a 2011, o que indica médias de oito Dissertações e três Teses por ano, respectivamente.

O grande número de projetos coordenados por membros do PPGG, aprovados por instâncias de fomento, também aponta no mesmo sentido. Ao apresentar cerca de dois terços dos trabalhos de conclusão em áreas geográficas ou temáticas voltadas para os estados do Rio Grande do Norte, Ceará e Paraíba, o PPGG serve como indutor na melhoria do conhecimento geológico e geofísico do nordeste brasileiro.

Os próximos passos do PPGG incluem ações tendo como meta a excelência acadêmica. Dentre estas ações, citam-se: divulgação interna e externa; incremento de atividades de cooperação em nível nacional e internacional; aumento no quantitativo e qualitativo de publicações; reforço na Iniciação Científica e captação de alunos; retomada do esforço inicial de implantar / reforçar áreas carentes, incluindo pessoal e infraestrutura laboratorial; estimular a fixação de recém doutores e inserção no Quadro; ampliar a relação com o setor produtivo; fortalecer a interação acadêmica com programas congêneres.

## Referências

JARDIM de Sá, E.F.; MEDEIROS, W.E., Projeto de Implantação de um Programa de Pesquisa e Pós-Graduação em Geodinâmica e Geofísica. Projeto apresentado à Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação da UFRN, Natal, 1995, 156 p.

PROJETO NORDESTE: Proposta de Apoio ao Programa de Pesquisa e Pós-Graduação em Geodinâmica e Geofísica. Núcleo de Pesquisa em Geodinâmica e Geofísica do Centro de Ciências Exatas. Submetido a Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação, UFRN. 1995. 120 p.

PROJETO de Doutorado: Projeto de implantação de Doutorado no Programa de Pós-Graduação em Geodinâmica e Geofísica. Projeto apresentado à Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação da UFRN, Natal, 1998. 128 p.



## Lista de Abreviaturas

|           |   |
|-----------|---|
| ANP       | Agência Nacional do Petróleo  |
| BDAG      | Banco de Dados Ambientais Georreferenciado                                  |
| CAPES     | Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior                 |
| CB/UFRN   | Centro de Biociências da UFRN   |
| CCE/UFRN  | Centro de Ciências Exatas da UFRN   |
| CCEN/UFRN | Centro de Ciências Exatas Naturais da UFRN                                  |
| CCEN/UFPB | Centro de Ciências Exatas e da Natureza da UFPB                             |
| CCET/UFMS | Centro de Ciências Exatas e Tecnologia da UFMS                              |
| CCET/UFRN | Centro de Ciências Exatas e da Terra da UFRN                                |
| CEG/UFF   | Centro de Estudos Gerais da UFF   |
| CENPES    | Centro de Pesquisas e Desenvolvimento Leopoldo Américo Miguez de Mello      |
| CDT/UFPel | Centro de Desenvolvimento Tecnológico / Universidade Federal de Pelotas     |
| CIn/UFPE  | Centro de Informática da UFPE   |
| COFECUB   | Comité Français d'Evaluation de la Coopération Universitaire avec le Brésil |
| CONSEPE   | Conselho Superior de Ensino e Pesquisa                                      |
| CONSUNI   | Conselho Universitário  |
| CNPq      | Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico               |
| CPGG      | Centro de Pesquisa em Geofísica e Geologia (UFBA)                           |
| CPRM      | Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais / Serviço Geológico do Brasil    |

|             |   |
|-------------|---|
| CTG         | Centro de Tecnologia e Geociências (UFPE)   |
| CT-Infra    | Fundo de Infra-Estrutura  |
| CTPETRO     | Fundo Setorial de Petróleo e Gás Natural  |
| CTTMar      | Centro de Ciências Tecnológicas da Terra e do Mar   |
| DAAD        | Integrierte Projekte der Hochschulzusammenarbeit Brasilien<br>-Deutschland - Ausschreibung (Alemanha) |
| DEC/UFRN    | Departamento de Engenharia Civil da UFRN  |
| DECA/UFRN   | Departamento de Engenharia de Computação e Automação  |
| DEGEO       | Departamento de Geologia  |
| DEP         | Departamento de Engenharia de Petróleo da UNICAMP   |
| DFG         | Deutsche Forschungsgemeinschaft e.V. (Alemanha)   |
| DFTE/UFRN   | Departamento de Física Teórica e Experimental da UFRN   |
| DGeo/UFRN   | Departamento de Geografia da UFRN   |
| DGEOC       | Departamento de Geociências (UFPB)  |
| DGRG        | Departamento de Geologia Regional e Geotectônica (UERJ)   |
| DG/UFC      | Departamento de Geologia da UFC   |
| DG/UFRJ     | Departamento de Geologia da UFRJ  |
| DG/UFRN     | Departamento de Geologia da UFRN  |
| DGGA        | Departamento de Geologia e Geofísica Aplicada (UFBA)  |
| DIMAP       | Departamento de Matemática e Informática Aplicada (UFRN)  |
| DIMAT       | Fundação Núcleo de Tecnologia Industrial do Ceará   |
| DNOCS       | Programa de Apoio à Pós-Graduação   |
| DNPM        | Departamento Nacional da Produção Mineral   |
| DOcean/UFPE | Departamento de Oceanografia da UFPE  |
| DOL/UFRN    | Departamento de Oceanografia e Limnologia da UFRN   |
| DM/UFRN     | Departamento de Matemática da UFRN  |
| ECOPETROL   | Empresa Colombiana de Petróleos S.A.  |
| FCM         | Faculdade de Ciências do Mar e do Ambiente da Universidade de<br>Algarve                              |
| FCT         | Fundação para a Ciência e Tecnologia  |
| FINEP       | Financiadora de Estudos e Projetos  |

|               |  |
|---------------|--|
| FNDCT         | Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico                                     |
| GEOPRO        | Laboratório de Geoprocessamento (UFRN)   |
| GGEMMA        | Laboratório de Geologia e Geofísica Marinha e Monitoramento Ambiental                          |
| GPR           | Ground Penetrating Radar   |
| HRT Oil & Gas | Participações em Petróleo S. A.  |
| IAG/USP       | Instituto Astronômico e Geofísico da USP   |
| IDEMA/RN      | Instituto de Desenvolvimento Sustentável e Meio Ambiente do Rio Grande do Norte                |
| IEPA          | Instituto de Pesquisas Científicas e Tecnológicas do Estado do Amapá                           |
| IFGW          | Instituto de Física Gleb Whatagin  |
| IG/UFRJ       | Instituto de Geociências da UFRJ   |
| IG/UnB        | Instituto de Geociências da UnB  |
| IGCE/UNESP    | Instituto de Geociências e Ciências Exatas da UNESP  |
| IGEO/UFBA     | Instituto de Geociências da UFBA   |
| INPE          | Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais  |
| LAE           | Laboratório de Análises Estratigráficas (UFRN)   |
| LAGEMAR       | Laboratório de Geologia Marinha (UFPE)   |
| LARHISSA      | Laboratório de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental da UFRN                                |
| LEEP/UENF     | Laboratório de Engenharia e Exploração de Petróleo / Universidade Estadual do Norte Fluminense |
| LGGP          | Laboratório de Geologia e Geofísica do Petróleo (UFRN)   |
| LIG           | Laboratório Intermediário de Geocronologia (UFRN)  |
| LOG           | Laboratório de Oceanografia Geológica (UNIVALI)  |
| LPA           | Laboratório de Preparação de Amostras (UFRN)   |
| LPGA/UFPR     | Laboratório de Pesquisas em Geofísica Aplicada da UFPR   |
| LPRF          | Laboratório de Propriedades Físicas de Rochas (UFRN)   |
| LS            | Laboratório Sismológico (UFRN)   |
| MMA           | Ministério do Meio Ambiente  |
| MSC/UFRN      | Mestrado em Sistemas de Computação da UFRN   |
| NUTEC         | Núcleo de Tecnologia Industrial do Ceará   |

|            |   |
|------------|---|
| ON/RJ      | Observatório Nacional / Rio de Janeiro  |
| OS/UnB     | Observatório Sismológico da UnB   |
| PADCT      | Programa de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico   |
| PETROBRAS  | Petróleo Brasileiro   |
| PETRORISCO | Rede de Monitoramento Ambiental ao Derramamento de Óleo   |
| PIBIC      | Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica  |
| PPGG       | Programa de Pesquisa e Pós-Graduação em Geodinâmica e Geofísica   |
| PPGOCN     | Programa de Pós-Graduação em Oceanografia (UERJ)  |
| PPPg       | Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação (UFRN)   |
| PRH22      | Programa de Formação em Geologia, Geofísica e Informática no Setor Petróleo & Gás na UFRN - Graduação e Pós-Graduação |
| PRODEMA    | Programa Regional de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente da UERN   |
| TWA        | The Academy of Sciences for the Development World   |
| UEPA       | Universidade do Estado do Pará  |
| UERN       | Universidade do Estado do Rio Grande do Norte   |
| UFAM       | Universidade Federal da Amazônia  |
| UFBA       | Universidade Federal da Bahia   |
| UFC        | Universidade Federal do Ceará   |
| UFERSA     | Universidade Federal Rural do Semi-Árido  |
| UFF        | Universidade Federal Fluminense   |
| UFMA       | Universidade Federal do Maranhão  |
| UFMS       | Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  |
| UFOP       | Universidade Federal de Ouro Preto  |
| UFPA       | Universidade Federal do Pará  |
| UFPB       | Universidade Federal da Paraíba   |
| UFPE       | Universidade Federal de Pernambuco  |
| UFPR       | Universidade Federal do Paraná  |
| UFRGS      | Universidade Federal do Rio Grande do Sul   |
| UFRJ       | Universidade Federal do Rio de Janeiro  |
| UFRN       | Universidade Federal do Rio Grande do Norte   |

|          |   |
|----------|---|
| UFSE     | Universidade Federal de Sergipe                 |
| UFT      | Universidade Federal de Tocantins               |
| UnB      | Universidade de Brasília                        |
| UNESP    | Universidade Estadual Júlio de Mesquita         |
| UNICAMP  | Universidade Estadual de Campinas               |
| UNI/KIEL | Universidade de Kiel                            |
| UNIPAMPA | Universidade Federal do Pampa                   |
| UN-RNCE  | Unidade de Negócios Rio Grande do Norte – Ceará |
| UNISINOS | Universidade do Vale do Rio dos Sinos           |
| UNIVALI  | Universidade do Vale do Itajaí                  |
| USP      | Universidade de São Paulo                       |

## SOBRE O AUTOR

Possui Graduação em Geologia pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (1984), Mestrado em Études Supérieures en Sciences - Université de Rennes I Geosciences (1991), Doutorado em Geologia e Geoquímica pela Universidade Federal do Pará (1994) e pós-doutorados pela Universidade Blaise Pascal (Clermont-Ferrand, França, 1997-1998) e Universidade de Queensland (Brisbane, Austrália, 2005-2006), com missões científicas na China (2009), Patagônia (2010) e Índia (2011). Atualmente é professor Titular do Departamento de Geologia e participa como membro permanente, desde sua criação, do Programa de Pós-Graduação em Geodinâmica e Geofísica (PPGG) da Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Tem experiência em Geologia de Campo, Tectônica do Pré-Cambriano e Petrologia de Rochas Ígneas. As áreas de pesquisa atuais incluem geocronologia e geologia isotópica (Sr, Nd, Pb, Ar) e geoquímica voltados ao entendimento da gênese e evolução de magmas, com vários artigos publicados em periódicos científicos nacionais e internacionais. Tem experiência administrativa como Coordenador do Curso de Graduação em Geologia da UFRN (1999-2002) e do PPGG (2008-2011).

Impresso e Encadernado  
GRÁFICA CAULE DE PAPIRO  
Rua Serra do Mel, 7989, Cidade Satélite  
Natal/RN | 84 - 3218 4626

Este trabalho foi concebido para marcar os quinze anos do Programa de Pós-Graduação em Geodinâmica e Geofísica da Universidade Federal do Rio Grande do Norte. O Programa já formou 107 Mestres e 29 Doutores, que têm sido absorvidos pelo mercado de trabalho e instituições de ensino. Além da formação de recursos humanos, numerosos artigos científicos publicados em periódicos nacionais e internacionais, projetos de pesquisa aprovados por órgãos de fomento e interação com empresas demonstram a consolidação do Programa. O texto inclui informações sobre áreas de concentração e linhas de pesquisa, estrutura curricular, infraestrutura e equipamentos, integração com a graduação, fontes de recursos e bolsas de estudo, intercâmbios, perfil do egresso e resumos de Dissertações e de Teses defendidas até outubro de 2011.

ISBN 978-85-913124-0-5



9 788591 312405

CAPA: Cauce de Papiro



Geologia, Geofísica & Informática no Setor de Petróleo & Gás na UFRN  
ANP-MME-MCT