



AGÊNCIA BRASILEIRA DA INOVAÇÃO

MISSÃO

Promover o desenvolvimento econômico e social do Brasil por meio do fomento público à Ciência, Tecnologia e Inovação em empresas, universidades, institutos tecnológicos e outras instituições públicas ou privadas.



VISÃO DE FUTURO

Transformar o Brasil por meio da Inovação.

www.finep.gov.br



RELATÓRIO TÉCNICO

Convênio 01.07.0454.00

ACIT – DCIT1

ÍNDICE

| | |
|---|-----------|
| 1. INFORMAÇÕES DO RELATÓRIO: | 4 |
| 2. IDENTIFICAÇÃO | 4 |
| 2.1. PROJETO E SUBPROJETOS | 4 |
| 2.2. COORDENAÇÃO GERAL | 4 |
| 2.3. INSTITUIÇÕES | 4 |
| 3. DESCRIÇÃO DO PROJETO: | 5 |
| 3.1. OBJETIVO GERAL DO PROJETO: | 5 |
| 3.2. RESULTADOS ESPERADOS: | 5 |
| 4. DESENVOLVIMENTO DO PROJETO: | 6 |
| 4.1. PLANO DE METAS..... | 6 |
| 4.2. DESCRIÇÃO: | 6 |
| 5. RESULTADOS: | 7 |
| 5.1. PRODUÇÃO CIENTÍFICA | 8 |
| 5.2. PRODUÇÃO TECNOLÓGICA | 11 |
| 5.3. SERVIÇOS | 12 |
| 5.4. DIFUSÃO..... | 12 |
| 5.5. OUTROS..... | 12 |
| 6. INFRAESTRUTURA: | 13 |
| 6.1. OBRAS, SERVIÇOS E EQUIPAMENTOS | 13 |
| 6.2. OBSERVAÇÕES: | 13 |
| 7. EQUIPE TÉCNICA: | 13 |
| 7.1. CAPACITAÇÃO:..... | 13 |
| 7.2. ALTERAÇÕES..... | 14 |
| 7.3. COMPOSIÇÃO DA EQUIPE EXECUTORA: | 15 |
| 7.4. BOLSISTAS | 16 |
| 8. PARCERIAS INSTITUCIONAIS | 16 |
| 9. FONTES | 17 |
| 9.1. NOVAS FONTES | 17 |
| 9.2. CONTRAPARTIDA..... | 17 |
| 10. TRANSFERÊNCIA DE TECNOLOGIA | 18 |
| 11. IMPACTOS | 18 |
| 12. DIFICULDADES | 18 |
| 13. CONCLUSÕES, RECOMENDAÇÕES, PERSPECTIVAS E COMENTÁRIOS | 19 |
| 14. IDENTIFICAÇÃO DOS ANEXOS | 19 |
| 15. ASSINATURA | 19 |
| 16. ANEXO A – PLANO DE METAS | 20 |
| 17. ANEXO B – PLANILHA DE BOLSAS | 28 |

| | | |
|------------|---|-----------|
| 18. | ANEXO C – PLANILHAS DE OBRAS, SERVIÇOS E EQUIPAMENTOS..... | 29 |
| | C.1 - BENS E SERVIÇOS | 29 |
| | C.2 - OBRAS E INSTALAÇÕES..... | 30 |

1. INFORMAÇÕES DO RELATÓRIO:

Informar se o relatório é parcial ou final e o período de abrangência do relatório. Se parcial, informar, ainda, a ordem (se é o primeiro, segundo etc.). Se for final, o período de abrangência deverá ser da contratação ao final do prazo de execução.

| | | | |
|---|--|------|-------------------|
| Tipo de Relatório: | <input checked="" type="checkbox"/> Final ou <input type="checkbox"/> Parcial: _____ | | |
| Período de abrangência do Relatório: | | | |
| De: | 06/11/2007 | Até: | 06/11/2013 |

2. IDENTIFICAÇÃO

Identificar o projeto, as Instituições envolvidas e Coordenador.

2.1. Projeto e Subprojetos

| Título do Projeto: | Sigla | Valor |
|---------------------------|-----------------|----------------|
| NEUTRINOS ANGRA | NEUTRINO | R\$ 942.843,60 |

| Título dos Subprojetos | Sigla | Executor(es) | Valor |
|-------------------------------|--------------|---------------------|--------------|
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

2.2. Coordenação Geral

| Nome | CPF | Telefone | e-mail |
|-----------------------------|----------------|-----------------------|----------------|
| JOÃO CARLOS COSTA DOS ANJOS | 533.334.977-00 | (21) 3504-9180 / 9181 | janjos@cbpf.br |

2.3. Instituições

| Conveniente | Sigla |
|---|--------------|
| FUNDAÇÃO DE APOIO AO DESENVOLVIMENTO DA COMPUTAÇÃO CIENTÍFICA | FACC |

| Executor | Sigla |
|--|--------------|
| CENTRO BRASILEIRO DE PESQUISAS FÍSICAS | CBPF |

| Co-Executores | Sigla |
|----------------------|--------------|
| | |
| | |
| | |

| Intervenientes | Sigla |
|-----------------------|--------------|
| | |

| | |
|--|--|
| | |
| | |

3. DESCRIÇÃO DO PROJETO:

Transcrever informações do Plano de Trabalho aprovado.

3.1. Objetivo Geral do Projeto:

Neste projeto, é proposta uma aplicação pioneira da física de neutrinos para o monitoramento de reatores nucleares. O projeto está baseado no desenvolvimento de um sistema de detecção de neutrinos no complexo nuclear de Angra dos Reis, visando:

- i) monitorar com precisão da ordem de 1% a potência térmica gerada pelo reator através da taxa de neutrinos observados no detector;
- ii) determinar a composição isotópica do combustível nuclear através da espectroscopia de neutrinos;
- iii) caracterizar o desempenho do detector que servirá para subsidiar projeto internacional visando medida do ângulo de mistura quântico θ_{13} , parâmetro intrínseco do fenômeno de oscilação de neutrinos.

O princípio básico do monitoramento se deve à relação linear entre a potência térmica instantânea gerada pelo reator e a taxa de eventos de neutrinos registrados pelo detector. Já a determinação da composição isotópica é baseada na possibilidade de detectar modificações no espectro de energia dos antineutrinos durante a queima de combustível, que altera gradualmente as frações dos isótopos da composição. O detector servirá também como protótipo para projeto de um mais sofisticado para medida de propriedades fundamentais da Física de neutrinos.

3.2. Resultados Esperados:

O problema de salvaguardas nucleares é um dos tópicos mais relevantes para a ampliação da participação de reatores nucleares na matriz energética mundial. Por isso é um tema prioritário na agenda de pesquisa da Agência Internacional de Energia Atômica.

Neste projeto, é proposta uma aplicação pioneira da física de neutrinos para o monitoramento de reatores nucleares.

Atualmente, informações detalhadas da composição do combustível nuclear após o início da atividade do reator, são obtidas por simulações computacionais alimentadas com parâmetros das condições iniciais e da história térmica do reator. A obtenção de resultados confiáveis, a partir desse método, depende fortemente de cooperação irrestrita do operador do reator, além de apresentar óbvias possibilidades de desvio não declarado de parte ou de todo combustível nuclear.

Trabalhos recentes demonstraram a viabilidade em usar a emissão de neutrinos como indicador em tempo real da atividade de reatores nucleares. Monitores desse tipo já foram testados e um deles está em operação na usina de San Onofre, USA [N.S.Bowden, J.Batteux, A.Bernstein et al., "First Results from a Nuclear Reactor Monitoring Antineutrino Detector", unpublised. Contact person: N.S.Bowden (nbowden@sandia.gov) e A.Bernstein, "Nuclear reactor safeguards and monitoring with anti-neutrino detectors". e-Print Archive: nucl-ex/0108001].

Adicionalmente, alguns trabalhos teóricos recentes discutem que um detector preciso poderia medir a energia e reconstruir a forma do espectro dos antineutrinos com detalhes suficientes para determinar as contribuições de cada isótopo presente no combustível e a potência térmica instantânea com precisão percentual de algumas unidades.

É de se mencionar também, que este projeto tem como outro produto adicional o domínio pela comunidade científica nacional de técnicas especiais empregadas na detecção de neutrinos até agora inexistentes no País. Como exemplo, citamos a fabricação de cintilador líquido dopado com gadolínio, material absorvedor de nêutrons que também é amplamente usado em outras aplicações nucleares e médicas que requerem a detecção de nêutrons.

A disponibilidade do reator nuclear Angra II de 4GW de potência, equivalente a 10^{20} fissões por segundo, permite obter em um detector com apenas 1 m³ de material sensível, uma taxa de milhares de eventos de neutrinos por dia, possibilitando inserir o Brasil, de forma atuante e competitiva, nesta área de fronteira da Física e desenvolver uma tecnologia de salvaguardas extremamente avançada, no cenário internacional, demonstrando claramente o compromisso do Estado Brasileiro com a utilização pacífica da Energia Nuclear.

Além disso, uma colaboração internacional está sendo formada com o experimento Double Chooz, na França, que já detém o domínio das tecnologia do cintilador líquido que será empregado em Angra. Esta associação permitirá trazer para o Brasil um desenvolvimento tecnológico importante. Em contrapartida, o Brasil contribuirá com a eletrônica de detecção de múons que está sendo desenvolvida em Angra.

4. DESENVOLVIMENTO DO PROJETO:

4.1. Plano de Metas

Preencher o Plano de Metas do Anexo A.

4.2. Descrição:

Informar, resumidamente, o desenvolvimento do projeto, descrevendo o andamento de cada meta física, incluindo a metodologia e testes realizados, incluindo os avanços científicos e tecnológicos considerados relevantes.

No período de vigência do projeto – 11/2007 a 11/2013 – seis das sete metas previstas foram concluídas e a última se encontra em fase de execução.

1 – O laboratório de neutrinos foi implantado junto ao reator Angra II e está operacional.

2 – A linha de transmissão de dados entre o laboratório de neutrinos em Angra e o CBPF foi implantada e se encontra operacional.

3 – Foi feita a medida do ruído cosmogênico no laboratório: além da medida do fluxo de múon inicialmente prevista também fizemos a medida do fluxo da radiação eletromagnética local com a utilização de um detector de Germânio. O conhecimento do ruído de fundo local possibilitará, como veremos, a instalação de outros tipos de detectores no laboratório.

4 – Não foi necessária a prospecção do terreno, pois a Eletronuclear nos cedeu um local mais próximo ao reator Angra II do que o inicialmente previsto, o que quadruplicará a taxa de

neutrinos incidentes no detector. Isto acarretou também uma mudança no tipo de detector para nos adequarmos às exigências de segurança da Eletronuclear. Assim o detector com cintilador líquido inicialmente previsto foi substituído por um detector do tipo Cherenkov.

5 – O detector de três volumes foi projetado e construído e se encontra em fase de testes e integração com a eletrônica de front-end e o sistema de aquisição de dados.

6 – Foi projetado e desenvolvido um protótipo do sistema de aquisição de dados. Após vários testes o design final foi aprovado e os módulos de aquisição de dados foram encomendados a uma indústria brasileira com a qual fizemos uma parceria. Finalmente os módulos foram construídos e após entrega foram testados no CBPF. Atualmente parte deles foi instalada, como previsto, no experimento Double Chooz, na França – como parte da contribuição brasileira – e a outra parte está em testes no CBPF, sendo utilizada na aquisição de dados do experimento Angra.

7 – A última meta – instalação do detector em Angra – se encontra em execução. Houve um atraso devido, entre outros fatores, a morte do responsável pela instalação em Angra, Dr. Ademarlaudo Barbosa. No momento os detectores estão sendo testados e integrados no CBPF para acelerar os procedimentos de instalação em Angra, prevista para o primeiro semestre de 2015. O Dr. Iuri Pepe, da UFBA substituiu o Dr. Ademarlaudo Barbosa na tarefa de montagem e instalação do detector.

No tocante ao orçamento, 100% das metas foram executadas com a compra de contêiner, dos sensores (fotomultiplicadoras), fontes de tensão, módulos eletrônicos comerciais, componentes para a fabricação da eletrônica de aquisição de dados e equipamentos de computação.

5. RESULTADOS:

Informar os resultados efetivamente alcançados pelo desenvolvimento do projeto, relacionando-os àqueles esperados.

- Um laboratório de neutrinos está montado e operacional na central nuclear de Angra possibilitando o desenvolvimento de novas técnicas de detecção destas partículas.
- Detectores de neutrinos foram projetados, desenvolvidos e construídos pela primeira vez no Brasil.
- Foi projetada, desenvolvida e construída no Brasil toda a eletrônica de *front-end* para amplificação e condicionamento (*shaping*) de sinal eletrônico (PMTs do experimento) criando expertise na área.
- Foi projetada, desenvolvida e construída a eletrônica de aquisição de dados, contribuindo para o desenvolvimento da instrumentação científica no país.
- Foi criado *know how* para técnicas de simulação de desempenho do detector (GEANT4).
- Foi criada uma Colaboração Nacional envolvendo oito Instituições de Pesquisa e Ensino: CBPF, UNICAMP, UFABC, PUC-Rio, UFBA, UFJF, UNIFAL e UEFS, estimulando parcerias.
- Houve uma importante contribuição à formação de Recursos Humanos com a participação no projeto de estudantes de Iniciação Científica, Mestrado e Doutorado. Foram realizadas 13 dissertações de Mestrado associadas ao projeto. Outras 4 teses estão em andamento.
- Foram publicadas mais de 20 Notas Técnicas e o projeto foi apresentado e discutido em diversos Workshops e Conferências Nacionais e Internacionais aumentando a visibilidade da ciência brasileira a nível internacional.
- Graças ao projeto Angra foi assinado um acordo entre a CNEN/Brasil e o DOE/USA para

estudo conjunto do potencial da técnica de detectores de neutrinos para uso em salvaguardas.

- O Brasil passou a fazer parte de Painel de especialistas da AIEA que estuda o potencial de detectores de Neutrinos para uso em salvaguardas nucleares.
- A implantação de um laboratório de neutrinos no Brasil junto ao reator Angra II possibilitou a criação de novas parcerias internacionais como o experimento CONNIE, com o Fermilab (USA), UNAM(Mexico), Univ Zurich(Suíça), Univ del Sur (Argentina), Univ. Assunção (Paraguai) que está sendo montado no laboratório em Angra e que investiga a possibilidade de uso de CCDs como detectores de neutrinos.

5.1. Produção Científica

Listar títulos de artigos publicados em periódicos, comunicações em congresso, dissertações e teses, capítulos em livros, manuais e registro de propriedade intelectual junto aos órgãos oficiais e outros (referências bibliografia e citações, conforme normas da ABNT: NBR 6023:2000 e NBR 10520:2002).

Notas Técnicas (<http://lsd.cbpf.br/neutrinos/>):

AngraNote 001:

Preliminary simulation study of the front-end electronics for the central detector PMTs

AngraNote 002:

Front-end electronics integration for the Angra Project central detector

AngraNote 003:

Test Setup to Measure Gains of the Angra Photomultipliers Using the Single Photoelectron Technique

AngraNote 004:

Measurements of Signals from Muons Crossing the Hamamatsu R5912 PMT Enclosure Vertically and Horizontally

AngraNote 005:

Experimental Setups for the determination of liquid scintillator properties

AngraNote 006:

Basic mixing and purification of liquid scintillators

AngraNote 007:

Water Cerenkov muon detector near the Angra-II reactor core: the hardware.

AngraNote 008:

Instalação e Configuração do Geant4

AngraNote 009:

Montecarlo simulation to get nuclear composition using neutrino spectrum analysis

AngraNote 010:

Water Cerenkov muon detector near the Angra-II reactor core : the software

AngraNote 011:

Fonte de Alta Tensão Positiva para PMTs

AngraNote 012:

Data Acquisition System for the Angra Project

AngraNote 013:

Cosmogenic Muon Background in the Angra Detector

AngraNote 014:

Estudo comparativo de fontes de alta-tensão para o detector no Detector de Antineutrinos de Angra

AngraNote 015:

Estudo do Ruído de Fundo (Background) de Neutrons e Muons no Detector de Antineutrinos de Angra

AngraNote 016:

Simulação de Eventos e Estudo de Critérios de Seleção para a Sep. Sinal/Ruído no Exp. Neutrinos Angra
AngraNote 017:

Simulation results for light propagation in the central detector: 2-dimensional case

AngraNote 018:

Um estudo da taxa de eventos casuais no detector central.

AngraNote 019:

Simulation results for light propagation in the central detector: 3-dimensional case

AngraNote 020:

Sobre as Doses de Exposição a Nêutrons Gerados de Fontes de ^{252}Cf

Angra Note 021:

Estudo do impacto de filtros digitais aplicados ao sinal de saída do circuito de front-end do Projeto Neutrinos-Angra

Comunicações em Congresso selecionadas:

1. Complete Simulation of the Angra Neutrino Project
Poster Session, ID-87
XXVI International Conference on Neutrino Physics and Astrophysics
Boston, USA, 2-7 de junho de 2014
2. Reactor Neutrinos: Experiments Angra and Double Chooz
Apresentação oral a convite
Taller Temático de Vinculación Física y Astrofísica de Altas Energías
Guanajuato, México, 23 a 28 de janeiro de 2014
3. The simulation of the Angra Neutrino Detector.
Apresentação oral – invited talk 19/09/2013
XXIV Workshop on Weak Interactions and Neutrinos – WIN-2013
Natal, Rio Grande do Norte, 16-21 de setembro de 2013
4. Measurement of Background at the Angra Neutrino Laboratory
Poster Session – 16/09/2013
XXIV Workshop on Weak Interactions and Neutrinos – WIN-2013
Natal, Rio Grande do Norte, 16-21 de setembro de 2013
5. Current Status of the Angra Project: monitoring nuclear reactors with antineutrinos
XXXIV Encontro Nacional de Partículas e Campos – apresentação oral
Passa Quatro, MG, 27 de agosto de 2013
6. Current status of the Neutrinos Angra Project
IX Simpósio Latino Americano de Física, SILAFEA-2012 – apresentação oral
Memorial da América Latina, São Paulo, SP, 10-14 de dezembro de 2012
7. Monitoring Nuclear Reactors with Antineutrino Detectors: the ANGRA Project.
Apresentação oral – invited talk 04/10/2012
Workshop on Applied Antineutrino Physics 2012 – AAP-2012
Universidade do Havaí, Honolulu, 4 de outubro de 2012
8. Monitoring Nuclear Reactors with Antineutrino Detectors: The Angra Project.
J.C.Anjos on behalf of the Angra Neutrino Collaboration – Neutrino-2012 Conference
DOI: 10.1016/j.nuclphysbps.2012.10.012; Conference: C10-06-14 Proceedings
Nuclear Physics B (Proc. Suppl.) 229-232 (2012) 571

9. Current status of the ANGRA project: monitoring nuclear reactors with antineutrinos detectors.
XXXIII Encontro Nacional de Partículas e Campos – apresentação oral
Passa Quatro, MG, 28 de agosto de 2012
10. Current Status of the Angra Experiment
The Dark Side of the Universe 2012 – apresentação oral
Buzios, RJ, 13 de junho de 2012
11. Current Status of the Construction of the ANGRA Antineutrino Detector.
Apresentação oral – invited talk 16/09/2011
Workshop on Applied Antineutrino Physics 2011 – AAP-2011
Vienna University of Technology, 15-16 de setembro de 2011
12. Current Status of the Construction of the ANGRA Antineutrino Detector
XXXII Encontro Nacional de Partículas e Campos – apres. oral
Foz do Iguaçu, 07 de junho de 2011
13. Measurement of the Muon Background at the Angra Neutrino Laboratory
XXXII Encontro Nacional de Partículas e Campos - poster
Foz do Iguaçu, 07-10 de junho de 2011
14. Study of the signal/background ratio in the Angra Neutrino detector
XXXII Encontro Nacional de Partículas e Campos - poster
Foz do Iguaçu, 07-10 de junho de 2011
15. Monitoring nuclear reactors with antineutrino detectors: the ANGRA Project.
Poster IAEA-CN-184/7
Symposium on International Safeguards: Preparing for Future Verification Challenges
International Atomic Energy Agency – IAEA
Vienna International Center, Viena, Áustria 1-5 de novembro 2010
16. Monitoring nuclear reactors with antineutrino detectors: the Angra Project.
J.C. Anjos for the Angra Collaboration – poster 126
Neutrino 2010 - XXIV International Conference on Neutrino Physics and Astrophysics
Megaron International Conference Centre, Atenas, 14 a 19 de Junho de 2010
17. The Angra Project: Monitoring Nuclear Reactors with Antineutrino Detectors.
[J.C. Anjos](#), [A.F. Barbosa](#), ([Rio de Janeiro, CBPF](#)), [T.J.C. Bezerra](#), ([Campinas State U.](#)), [P. Chimenti](#), ([ABC Federal U.](#)), [L.F.G. Gonzalez](#), [E. Kemp](#), ([Campinas State U.](#)), [M.A. Leigui de Oliveira](#), ([ABC Federal U.](#)), [H.P. Lima, Jr.](#), ([Rio de Janeiro, CBPF](#)), [R.M. Lima](#), ([ABC Federal U.](#)), [H. Nunokawa](#), ([Rio de Janeiro, Pont. U. Catol.](#)). Jul 2009. 4pp.
Presented at 11th International Workshop on Neutrino Factories, Superbeams and Betabeams: NuFact09, Chicago, Illinois, 20-25 Jul 2009.
Published in [AIP Conf.Proc.1222:427-430,2010](#).
18. The Angra Neutrino Project: Precise measurement of $\theta(13)$ and safeguards applications of neutrino detectors. Angra Collaboration ([E. Casimiro et al.](#)). 2009. 4pp.
Published in [AIP Conf.Proc.1116:251-254,2009](#).
19. The Angra Project: antineutrino detectors for safeguards applications.
J.C. Anjos and E. Kemp for the Angra Collaboration – poster session
Neutrino Champagne: LowNu2009 Workshop
Palais des Congrès de Reims, França, 19-21 de outubro de 2009

20. Experimento Angra: monitorando reatores nucleares com detectores de antineutrinos
J.C. Anjos – apresentação oral, sessão paralela 17/09/09
XXX Encontro Nacional de Física de Partículas e Campos
Passa Quatro, MG, 15-17 de setembro de 2009
21. The Angra Project: monitoring nuclear reactors with antineutrino detectors.
J.C. Anjos for the Angra Collaboration – poster session
NuFact09 – 11th Intern. Workshop on Neutrino Factories, Superbeams and Beta Beams
Illinois Institute of Technology, USA, 20-25 de Julho de 2009
22. Angra Neutrino Project: Present Status.
Apresentação oral – invited talk 19/03/09
Workshop on Applied Antineutrino Physics 2009 – AAP-2009
Angra dos Reis, 19-20 de março de 2009
23. The ANGRA Neutrino Experiment – apresentação oral – 20/01/09
VII Latin American Symposium on High Energy Physics - VII SILAFEA.
Instituto Balseiro, San Carlos de Bariloche, Argentina, 14-21 de janeiro de 2009.
24. The ANGRA Neutrino Project: safeguards applications
Workshop HEP-RIO 2008, Hotel Porto Bay – apresentação oral
Rio de Janeiro, 12 de dezembro de 2008
25. The ANGRA Project.
Antineutrino Workshop, IAEA – Agência Internacional de Energia Atômica,
IAEA – Agência Internacional de Energia Atômica – invited talk
Viena, Austria, 28-30 de outubro 2008
26. The Angra Neutrino Project: precise measurement of theta(13) and
safeguards applications of neutrino detectors.
E. Casimiro (Univ. Guanajuato & CBPF), J.C. Anjos (CBPF) – apresentação oral
XIII Mexican School of Particle Physics
San Carlos, Sonora, Mexico, 2-11 de outubro de 2008
27. Cosmic muon background and reactor neutrino detectors: The Angra experiment.
[E. Casimiro \(Zacatecas U. & Rio de Janeiro, CBPF\)](#) , [J.C. Anjos \(Rio de Janeiro, CBPF\)](#) . 2008. 6pp.
30th International Cosmic Ray Conference – ICRC 2007
[J.Phys.Conf.Ser.116:012003,2008.](#)

5.2. Produção Tecnológica

Informar o desenvolvimento de produtos, protótipos, processos e metodologias, registro de patentes. Informar a existência de interessados na fabricação do produto.

Foram projetados, construídos e testados os seguintes protótipos de eletrônica, que fazem parte do sistema de aquisição de dados do experimento:

- (i) um circuito pré-amplificador de carga (integrador),
- (ii) um módulo pré-amplificador rápido de tensão com 8 canais
- (iii) um módulo (SPRO) para aquisição de dados em alta velocidade com 2 canais de

conversão analógico-digital e 8 canais de conversão tempo-digital, e (iv) um módulo (NDAQ) para aquisição de dados de alta velocidade com 8 canais de conversão analógico-digital, 8 canais de conversão tempo-digital e comunicação VME, USB e CAN.

Todos estes projetos foram realizados em parceria com empresas de tecnologia de circuito impresso, foram testados e aprovados em laboratório. Um processo de pedido de patente será iniciado para o módulo NDAQ, visto que este incorpora características de inovação tecnológica, quando comparado com soluções comerciais. Alguns destes projetos estão descritos nas Notas Técnicas anexadas a este relatório.

5.3. Serviços

Especificar a prestação de serviços especializados decorrentes de análises, ensaios técnicos, levantamentos, estudos, assessorias e as perspectivas de atuação neste segmento, incluindo a geração de receitas, formas de pagamento e aplicação destes recursos no projeto.

Encomenda pela UFABC e pela UNICAMP de módulos eletrônicos desenvolvidos para o projeto Neutrinos Angra pelo Laboratório de Sistemas de Detecção do CBPF

5.4. Difusão

Citar a realização de eventos e a produção de materiais de divulgação e extensão, especificando sua contribuição para o conhecimento pela comunidade em geral do conteúdo do trabalho desenvolvido.

Reportagens na Imprensa e em revistas de divulgação científica (textos na íntegra anexados a este relatório):

- O caso dos neutrinos desaparecidos – Folha de São Paulo, caderno Mais, 20-02-2005
- Brasil constrói “espião atômico” até 2010 – Folha de São Paulo, 28-03-2007
- Espião Atômico brasileiro entra em operação em 2010 – Revista Brasil Nuclear, Julho de 2007
- Vem aí o Projeto Neutrinos Angra – Jornal da Ciência, Março de 2007.
- O Brasil engata na Física de Neutrinos – Ciência Hoje Notícias – 31/01/2011
- Neutrinos roubam a cena mais uma vez – Ciência Hoje Notícias – 29/11/2011
- A hora e a vez da Partícula Fantasma – UNESP Ciência – Março 2013

5.5. Outros

Mencionar outros resultados alcançados pelo projeto que porventura não se enquadrem nas classificações anteriores.

(Resoluções do painel de especialistas e Acordo de cooperação CNEN-DOE anexados a este relatório)

- Participação do Brasil no Painel de Especialistas “Ad Hoc Expert Advisory Working Group on the Use of Antineutrino Detection and Monitoring for Safeguards Purposes”, IAEA

Headquarters, Vienna, Austria, 14 de setembro de 2011

- Assinatura de “Action Sheet” dentro do Acordo de Cooperação CNEN-DOE para estudo de utilização da técnica de antineutrinos para Monitoramento de reatores nucleares, março 2012.
- Criação de Colaboração Internacional para realização do experimento CONNIE (Coherent Neutrino Nucleus Interaction Experiment) no laboratório de neutrinos em Angra, criado graças ao apoio da FINEP.

6. INFRAESTRUTURA:

6.1. Obras, serviços e equipamentos

Preencher as planilhas de obras, serviços e equipamentos no Anexo C.

6.2. Observações:

Descrever as obras e/ou melhorias realizadas, observando a Resolução CONFEA nº 425 de 18 de dezembro de 1998 (Anotação de Responsabilidade Técnica- ART), bem como material permanente e principais equipamentos (nacional e importado) adquiridos, relacionando-os com as atividades já desenvolvidas ou por desenvolver.

- Foram adquiridos 44 fotosensores (fotomultiplicadoras) que são a parte sensível do detector.
- Foi adquirida fonte de alta tensão HV para alimentar as fotomultiplicadoras (PMTs).
- Foram adquiridos tanques (vasos) para blindagem e para acomodar o detector central
- Foram adquiridos contêineres e instalados junto ao reator Angra II e que estão servindo de laboratório de neutrinos.
- Foi adquirido equipamento de informática para o sistema de aquisição de dados
- Foram adquiridas placas de circuito impresso para o sistema de aquisição de dados

7. EQUIPE TÉCNICA:

7.1. Capacitação:

Discriminar os resultados das atividades voltadas à capacitação da equipe executora, bem como daquelas dirigidas a profissionais ou instituições externas ao projeto, relacionando cursos, treinamentos, formação de mestres e doutores, orientação de teses etc.

Dissertações de mestrado defendidas:

1. André Gonçalves de Oliveira (CBPF)
2. Aridio Schiappacassa (CBPF)
3. Luis Fernando Gomez Gonzalez (Unicamp)

4. Márcio Gonçalves Nunes (CBPF)
5. Rafael Gonçalves Gama (CBPF)
6. Marcelo Nascimento Souza (IME)
7. Lenilson Moreira Araujo (IME)
8. Ronaldo da Maceno Lima (UFABC)
9. Thiago Junqueira (Unicamp)
10. Wallace Raposo Ferreira (CBPF)
11. Fernando Marcio Barcellos de Sousa (CBPF)
12. Thamys Abrahão (CBPF)
13. José Abritta Costa (UFJF)

Para acessar as dissertações use o link:

<http://lsd.cbpf.br/neutrinos/>

Estudantes de Mestrado ou doutorado em andamento:

Marcelo Nascimento Souza (doutorado CBPF)
Dion Ribeiro (doutorado UFBA)
Lucas M. Santos (mestrado UNICAMP)
Tony Dornelas (Mestrado UFJF)

Estudantes de Iniciação Científica que participaram do projeto:

Thamys Abrahão (UERJ)
Tiago Lima Rodrigues (UERJ)
Valdir Salustino Guimarães (UERJ)
Rodolfo Silva (UERJ)
André Silva de Aguiar (UERJ)
Upiratan Silva Machado (UERJ)
Beatriz Machado Santos (UERJ)
Larissa Maria Soares (UERJ)
Igor Oliveira (IME)
Tiago Alvarenga (UFJF)
Flavia Torres (UFJF)
Tony Dornelas (UFJF)
Philippe Vilaça (UFJF)

Colaboradores e Estagiários:

Aridio Shiappacassa (M.Sc. - CBPF)
Rogério Machado da Silva (M.Sc. - CBPF)
[Rafael Gonçalves Gama](#) (M.Sc. CBPF)
Fernando Marcio Barcellos de Sousa (CBPF)
Guilherme Magalhães (Eng. – CBPF)

7.2. Alterações

Informar sobre as principais alterações ocorridas na equipe e serviços de consultoria porventura utilizados, informando de que forma afetaram a execução do projeto

A principal alteração foi a inclusão de pesquisadores de universidades que se juntaram à Colaboração Neutrinos Angra. Assim foram incluídos:

UFABC: Pietro Chimenti e Marcelo Leigui

UNIFAL: Gustavo Valdiviesso

Agregaram expertise na área de simulação de detectores e interação da radiação com a matéria.

UFJF: Luciano Manhães, Rafael Nóbrega e Augusto Cerqueira

Expertise em eletrônica e processamento de sinais

UFBA: Paulo Cesar Farias e Eduardo Simas Filho

Expertise em eletrônica de *slow control*.

UEFS: Germano Pinto Guedes

Expertise em instrumentação científica e detectores de partículas

PUC-RJ: Hiroshi Nnokawa

Expertise em fenomenologia de neutrinos.

Como é natural num projeto que se estendeu por seis anos, passado o entusiasmo inicial alguns pesquisadores e consultores deixaram o projeto para participar de outras atividades: Ronald Shellard, Renata Funchal, Marcelo Guzzo, Javier Magnin, Orlando Goulart e Artur Vilar. Houve também casos de aposentadoria, Fernando Simão, e mesmo falecimento, Ademarlaudo Barbosa.

7.3. Composição da Equipe Executora:

Apresentar as alterações na Equipe Executora, informando para cada pessoa a que instituição está vinculada, o período de participação no projeto e a função exercida.

| Nome | CPF | Sigla da Instituição | Período de Participação | | Função |
|-----------------------------|----------------|----------------------|-------------------------|------------|---------------|
| | | | De | Até | |
| João Carlos Costa dos Anjos | 533.334.977-00 | CBPF | 06/11/2007 | 06/11/2013 | Coordenador |
| Ademarlaudo Barbosa | 287.319.801-04 | CBPF | 06/11/2007 | 00/00/0000 | Tecnologista |
| Artur Batista Vilar | 057.039.937-84 | CBPF | 06/11/2007 | 00/00/0000 | ApoioTecnico |
| Ernesto Kemp | 054.074.818-80 | UNICAMP | 06/11/2007 | 06/11/2013 | Pesquisador |
| Fernando R. Aranha Simão | 004.214.727-15 | CBPF | 06/11/2007 | 00/00/0000 | Pesquisador |
| Germano Pinto Guedes | 407.961.595-72 | UEFS | 06/11/2007 | 06/11/2013 | ApoioTecnico |
| Hélio da Motta Filho | 480.907.787-04 | CBPF | 06/11/2007 | 06/11/2013 | Pesquisador |
| Herman Pessoa Lima Júnior | 539.639.971-68 | CBPF | 06/11/2007 | 06/11/2013 | Tecnologista |
| Hiroshi Nunokawa | 215.962.498-54 | PUC-RJ | 06/11/2007 | 06/11/2013 | Pesquisador |
| Iuri Muniz Pepe | 328.133.845-34 | UFBA | 06/11/2007 | 06/11/2013 | ApoioTecnico |
| Javier Edgardo Magnin | 052.196.797-08 | CBPF | 06/11/2007 | 01/12/2009 | Pesquisador |
| Marcelo Guzzo | 090.682.388-92 | UNICAMP | 06/11/2007 | 01/12/2009 | Consultor |
| Mário Vaz da Silva Filho | 039.443.877-91 | CBPF | 06/11/2007 | 06/11/2013 | ApoioTecnico |
| Orlando Luis Goulart Peres | 554.340.450-68 | UNICAMP | 06/11/2007 | 01/12/2009 | Consultor |
| Renata Zukanovich Funchal | 000.000.000-00 | USP-SP | 06/11/2007 | 01/12/2009 | Consultor |
| Ricardo M. Osório Galvão | 340.597.848-34 | CBPF | 06/11/2007 | 06/11/2013 | Coord/Diretor |
| Ronald Cintra Shellard | 521.531.858-15 | CBPF | 06/11/2007 | 01/12/2009 | Pesquisador |
| Gustavo Amaral Valdiviesso | 277.242.008-66 | UNIFAL | 01/05/2010 | 06/11/2013 | Pesquisador |

| | | | | | |
|------------------------------|----------------|-------|------------|------------|-------------|
| Eduardo Furtado de Simas | 938.267.455-15 | UFBA | 01/11/2011 | 06/11/2013 | Pesquisador |
| Paulo César M. Abreu Farias | 466.910.575-20 | UFBA | 01/05/2010 | 06/11/2013 | Pesquisador |
| Marcelo A Leigui de Oliveira | 120.818.038-01 | UFABC | 01/05/2010 | 06/11/2013 | Consultor |
| Augusto Santiago Cerqueira | 035.339.197-22 | UFJF | 01/11/2011 | 06/11/2013 | Pesquisador |
| Rafael Antunes Nóbrega | 087.032.587-69 | UFJF | 01/11/2011 | 06/11/2013 | Pesquisador |
| Pietro Chimenti | 233.031.998-33 | UFABC | 01/05/2010 | 06/11/2013 | Pesquisador |
| Luciano M. de Andrade Filho | 081.384.027-92 | UFJF | 01/05/2010 | 06/11/2013 | Pesquisador |

Obs: As alterações na equipe também deverão ser solicitadas formalmente à FINEP em documentação específica.

7.4. Bolsistas

Preencher a Planilha de Bolsas do Anexo B.

8. PARCERIAS INSTITUCIONAIS

Descrever as atividades de articulação institucional mantidas durante a execução do projeto, relacionando os resultados que tenham sido efetivamente desenvolvidos em parceria com instituições de P&D, empresas, órgãos públicos e outros. No caso de participação de instituições co-executoras e/ou empresas intervenientes, descrever as atividades técnicas desenvolvidas, informar os mecanismos gerenciais das parcerias e as possíveis dificuldades encontradas para essa articulação.

Para a execução do projeto foi formada uma Colaboração Nacional da qual participam 8 instituições de pesquisa:

CBPF – Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas:
design do detector, eletrônica de front-end, veto de múons

UNICAMP – Universidade Estadual de Campinas:
simulação de burn-up, sistema de aquisição de dados, veto de múons

UFABC – Universidade Federal do ABC:
simulação do detector em GEANT4 e veto de múons

PUC-Rio – Universidade Católica do Rio de Janeiro:
suporte teórico, física de neutrinos

UFBA – Universidade Federal da Bahia
sistema de monitoramento e controle do experimento, montagem mecânica

UFJF – Universidade Federal de Juiz de Fora:
eletrônica de front-end (amplificadores), tratamento de sinal

UEFS – Universidade Estadual de Feira de Santana:
sistema de monitoramento e controle do experimento, montagem mecânica

UNIFAL – Universidade Federal de Alfenas, Campus Poços de Caldas:
simulação e análise dos dados

CENPRA – Centro de Pesquisas Renato Archer – montagem de componentes em placas PCI
 CADSERVICE – fabricação de placas de circuito impresso e montagem de componentes
 INCOMPLAST – fabricação de peças de polietileno
 CIPLAST – fabricação dos tanques de ferro forrados no interior com polietileno

Cada grupo agrega competências específicas e complementares.
 A inclusão de Universidades fora do eixo Rio-São Paulo contribui para desenvolver a pesquisa nestes centros emergentes e tem dado também um grande impulso ao projeto.

9. FONTES

9.1. Novas Fontes

Informar se o projeto atraiu novas fontes de financiamento/fomento através de órgãos públicos, empresas e outros. Em caso afirmativo, identificar as fontes, informar como os recursos adicionais contribuíram para o desenvolvimento do projeto e se há sobreposição com a Relação de Itens deste Convênio.

| Novas Fontes? | <input checked="" type="checkbox"/> Sim | <input type="checkbox"/> Não |
|---|---|------------------------------|
| Experimentos de neutrinos com o reator de Angra Projeto FAPERJ Temático E-26/110.145/2013 Projeto Física de Neutrinos de Reatores Edital Universal MCT/CNPq 14/2011 processo 485897/2011-3 Valor aprovado: custeio R\$82.500,00; capital R\$28.000,00 Projeto Angra Neutrino – Detecção de Neutrinos no Reator Angra II Edital Universal MCT/CNPq 02/2006 processo 486.106/2006-3 Valor aprovado: custeio R\$8.000,00; capital R\$27.000,00 CNPq/Universal 2008 (Ademarlaudo Barbosa) – R\$32.000,00 CNPq/Universal 2008 (João C. Anjos) – R\$80.265,60 CNPq/Universal 2007 (Herman Pessoa Lima Jr) – R\$16.000,00 Não houve superposição de recursos mas complementação. Foram comprados itens principalmente para melhorar a infraestrutura e equipar o laboratório do CBPF. | | |

9.2. Contrapartida

No caso de contrapartida de instituições co-executoras e/ou intervenientes, informar os montantes efetivamente aportados. Não havendo tais aportes, comentar se houve algum prejuízo para o projeto.

| | | |
|--|---|---|
| Contrapartidas aportadas como previsto? | <input checked="" type="checkbox"/> Sim | <input type="checkbox"/> Não |
| Houve prejuízo ao projeto? | <input type="checkbox"/> Sim | <input checked="" type="checkbox"/> Não |

10. TRANSFERÊNCIA DE TECNOLOGIA

Descrever, se for o caso, a transferência de tecnologia realizada e informar se existem interessados na fabricação do produto.

O principal módulo de aquisição de dados do projeto (NDAQ) oferece recursos e flexibilidades sobre módulos comerciais existentes que podem ser utilizados em diferentes aplicações de física experimental. Pesquisadores e grupos de outras instituições (UFABC, UNICAMP e UFJF) já demonstraram interesse na aquisição deste módulo para outras aplicações.

Não houve até o momento transferência de tecnologia. Há entendimentos com o Núcleo de Inovação Tecnológica (NIT-RIO) para ver a viabilidade de se fazer uma patente..

Interessados na fabricação de produto ou processo ?

Sim

Não

Não Aplicável

11. IMPACTOS

Descrever os impactos (científico, tecnológico, econômico e ambiental) decorrentes da realização do projeto e aqueles esperados a médio e longo prazos, com base nos indicadores selecionados na proposta original.

Se obtivermos sucesso na detecção de neutrinos junto ao reator Angra II isto certamente terá um impacto tecnológico pois abre a possibilidade de monitorar reatores nucleares remotamente e de forma não invasiva.

Por outro lado o interesse de grupos de pesquisa de outros países de fazer parcerias para a utilização do laboratório de neutrinos de Angra para testes de novas tecnologias de detectores de Neutrinos, como o experimento CONNIE, mostra sua importância e impacto internacional.

12. DIFICULDADES

Citar as principais dificuldades de caráter técnico-científico, financeiro, administrativo e gerencial, enfrentadas, ou a enfrentar, durante a realização do projeto e quais as ações corretivas implementadas ou a implementar.

A dificuldade maior foi que tivemos que desenvolver o projeto a partir do zero pois não havia nada no Brasil na área de física experimental de neutrinos. Tudo foi projetado, desenvolvido e construído no Brasil.

Além disso houve dificuldade gerencial, devido a perda de um dos principais colaboradores, que seria responsável pela montagem do detector em Angra.

Houve também a dificuldade de se trabalhar numa usina nuclear, com todas as limitações que isto impõe devido aos controles de acesso e de segurança.

13. CONCLUSÕES, RECOMENDAÇÕES, PERSPECTIVAS E COMENTÁRIOS

Informar as conclusões e, se for o caso, as recomendações do grupo para o avanço da área, com base nos estudos realizados.

Embora esteja sendo concluído com atraso acreditamos que o projeto Neutrinos Angra foi um marco no desenvolvimento de uma expertise nacional na área de física experimental de neutrinos, tendo também contribuído de forma significativa para o desenvolvimento de instrumentação científica no Brasil e para a formação de recursos humanos na área experimental.

O surgimento de novas colaborações com parceiros internacionais para o uso do laboratório demonstra sua competitividade a nível internacional, pois alia uma fonte potente de neutrinos com uma boa infraestrutura local, criada graças ao presente projeto FINEP e a cooperação com a Eletronuclear e com a CNEN.

14. IDENTIFICAÇÃO DOS ANEXOS

Incluir documentos, fotos, tabelas etc. A Instituição deverá encaminhar fotos de obras e instalações concluídas, ou em andamento, no período compreendido por esse Relatório; e os principais equipamentos apoiados, com a placa do logotipo da FINEP, cujo modelo pode ser obtido no site <http://www.finep.gov.br/logomarca.asp>.

Deverão ser enviadas pelo menos duas fotos das placas da obra, sendo uma com o nome da empresa e/ou do engenheiro responsável e outra com o logotipo da FINEP.

Todas as fotos deverão apresentar legenda de identificação, compatível com a relação de itens.

O relatório Final deverá apresentar o relatório de construção (“As Built”) para permitir o acesso a informações confiáveis do que foi construído, conforme determina o Tribunal de Contas da União/TCU.

15. ASSINATURA

Informar o responsável pelo relatório, a data de emissão e assinar.

| | |
|--------------------|-----------------------------|
| Nome: | JOÃO CARLOS COSTA DOS ANJOS |
| Data: | 06 de novembro de 2014 |
| Assinatura: | |

16. ANEXO A – PLANO DE METAS

Informar os meses de início e término previstos e realizados das atividades das Metas Físicas do Plano de Trabalho aprovado. Informar, ainda, sobre a fase de execução das atividades, que devem ser: “Executada”, “Em execução” e “Não iniciada”. Os atrasos devem ser justificados. Caso necessário no campo “Comentários” poderão ser informados os detalhes sobre o desenvolvimento da meta.

Meta Física 1

Descrição da Meta: Instalação de sala experimental em contêiner comercial próximo ao reator

| Atividades | Previsto | | Realizado | | Fase Atual | Previsão de Término |
|--|------------|-------------|------------|-------------|------------|---------------------|
| | Mês Início | Mês Término | Mês Início | Mês Término | | |
| 1- Compra e adequação de contêiner comercial. | 06/11/2007 | 06/02/2008 | 06/11/2007 | 07/10/2008 | Executada | 00/00/0000 |

Comentários

Esta atividade foi concluída com sucesso embora com atraso devido a demora em se obter da Eletronuclear autorização para colocação do contêiner próximo ao reator Angra II. Foto do contêiner instalado pode ser vista no relatório complementar anexo

RELATÓRIO TÉCNICO

Ref.: 5197/06

Convênio: 01.07.0454.00

Meta Física 2

Descrição da Meta: Instalação de linha de transmissão de dados via internet de Angra para o CBPF.

| Atividades | Previsto | | Realizado | | Fase Atual | Previsão de Término |
|--|------------|-------------|------------|-------------|------------|---------------------|
| | Mês Início | Mês Término | Mês Início | Mês Término | | |
| 1 - Compra de material e instalação da conexão | 06/02/2008 | 06/04/2008 | 07/10/2008 | 07/04/2009 | Executada | 00/00/0000 |

Comentários

Esta atividade foi concluída com sucesso embora com atraso devido a demora em se obter da Eletronuclear autorização para colocação do contêiner próximo ao reator Angra II. Houve também demora para a instalação do cabo de fibra ótica que faz a conexão do computador que fica no contêiner com a rede intranet da Eletronuclear. Esta conexão foi feita por técnicos da Eletronuclear, a qual assumiu os custos pertinentes. Atualmente a conexão está operacional para transmissão de dados para o CBPF.

RELATÓRIO TÉCNICO

Ref.: 5197/06

Convênio: 01.07.0454.00

Meta Física 3 (ou 4 na numeração do plano de trabalho original)

Descrição da Meta: Instalação de detector Cherenkov para medida de fluxo de múons

| Atividades | Previsto | | Realizado | | Fase Atual | Previsão de Término |
|-------------------------------------|------------|-------------|------------|-------------|------------|---------------------|
| | Mês Início | Mês Término | Mês Início | Mês Término | | |
| 1 - Compra de material e integração | 06/02/2008 | 06/04/2008 | 07/04/2009 | 07/09/2009 | Executada | 00/00/0000 |

Comentários

Esta atividade foi concluída com sucesso embora com atraso devido a demora em se obter da Eletronuclear autorização para colocação do contêiner próximo ao reator Angra II. O detector Cherenkov foi instalado, tomamos dados e mediu-se o fluxo de múons no local. Após a execução da meta o detector foi desmontado e trazido para o CBPF a fim de possibilitar a preparação do contêiner para a colocação dos detectores de neutrinos.

Adicionalmente levou-se para Angra um detector de Germânio para medir o fluxo da radiação eletromagnética no local. Após a medida o detector de Germânio também foi trazido de volta para o CBPF. O resultado das medidas pode ser visto no relatório complementar.

Desta forma medimos as principais fontes de *background* (ruído de fundo) de origem cosmogênica no local.

Meta Física 4 (ou 5 na numeração do plano de trabalho original)

Descrição da Meta: **Prospecção do terreno e medida de background devido à radioatividade natural.**

| Atividades | Previsto | | Realizado | | Fase Atual | Previsão de Término |
|--|------------|-------------|------------|-------------|-------------------------|---------------------|
| | Mês Início | Mês Término | Mês Início | Mês Término | | |
| 1 - Prospecção do terreno, construção de detector e perfuração de "bore holes" | 06/04/2008 | 06/09/2008 | 00/00/0000 | 00/00/0000 | Não iniciada, cancelada | 00/00/0000 |
| 2 - Medidas de background / radioatividade natural. | 06/04/2008 | 06/09/2008 | 16/01/2009 | 16/06/2009 | Executada | 00/00/0000 |

Comentários

A prospecção do terreno não foi realizada pois o local cedido pela Eletronuclear é na superfície, ao lado da cúpula de concreto que circunda o núcleo do reator. Este local não comporta a construção de laboratório subterrâneo. Embora um detector na superfície esteja sujeito a um ruído de raios cósmicos muito maior e necessite de uma blindagem adicional, por outro lado pode ser colocado a uma distância mais próxima ao núcleo do reator, o que aumenta o fluxo de neutrinos que atravessam o detector. O local inicialmente previsto estava a 66m do reator enquanto que o novo local está a cerca de 33m, quadruplicando o número de eventos esperado em relação ao local anterior.

Para a Agência Internacional de Energia Atômica a colocação de um detector de neutrinos em um contêiner é mais atraente do ponto de vista de salvaguardas por ser mais simples de ser executada. A recomendação da agência é no sentido de se buscar um detector fácil de ser montado (*deployable*) o que vai ao encontro à solução que estamos adotando no momento em comum acordo com a Eletronuclear.

A possibilidade de construção de um laboratório subterrâneo continua sendo investigada. Talvez esta opção venha ser adotada para usinas novas como Angra III, com a previsão de uma sala subterrânea incluída no projeto de construção da usina.

Foram realizadas na UNICAMP medidas da radioatividade natural de rochas e areia colhidas próximo ao reator. (ver relatório complementar anexo)

RELATÓRIO TÉCNICO

Ref.: 5197/06

Convênio: 01.07.0454.00

Meta Física 5 (ou 8 na numeração do plano de trabalho original)

Descrição da Meta: Construção do detector de 3 volumes.

| Atividades | Previsto | | Realizado | | Fase Atual | Previsão de Término |
|--|------------|-------------|------------|-------------|------------|---------------------|
| | Mês Início | Mês Término | Mês Início | Mês Término | | |
| 1-Compra de componentes e construção de detectores | 06/11/2008 | 06/09/2009 | 17/05/2010 | 11/05/2012 | Executada | 00/00/0000 |

Comentários

O projeto teve que ser alterado devido a não autorização da Eletronuclear de se usar cintilador líquido muito próximo ao reator, por questões de segurança já que se trata de material inflamável. O detector foi redimensionando e seguindo recomendações da IAEA optamos por um detector do tipo Cherenkov a água. Esta mudança provocou atraso na construção do detector final e necessidade de extensão do projeto. Foi contratado um projetista para desenho do detector em CAD mecânico. A construção dos vasos do novo detector e das peças de fixação das fotomultiplicadoras foi concluída em maio de 2012. Os detectores foram trazidos para o CBPF para testes em julho de 2012.

RELATÓRIO TÉCNICO

Ref.: 5197/06

Convênio: 01.07.0454.00

Meta Física 6 (ou 9 na numeração do plano de trabalho original)

Descrição da Meta: Desenvolvimento de sistema de aquisição de dados

| Atividades | Previsto | | Realizado | | Fase Atual | Previsão de Término |
|---|------------|-------------|------------|-------------|------------|---------------------|
| | Mês Início | Mês Término | Mês Início | Mês Término | | |
| 1- Desenvolvimento do projeto e construção de protótipo | 06/11/2007 | 06/09/2008 | 01/10/2008 | 13/05/2010 | Executada | 00/00/0000 |
| 2a- Encomenda e produção de módulos eletrônicos | 06/09/2008 | 06/03/2009 | 15/03/2011 | 06/03/2012 | Executada | 00/00/0000 |
| 2b- Encomenda e produção eletrônica de front-end | 06/09/2008 | 06/03/2009 | 06/07/2012 | 06/09/2013 | Executada | 00/00/0000 |

Comentários

Esta atividade foi concluída com sucesso conforme descrito no parágrafo 6.1 do relatório complementar anexo: foram projetados e produzidos três módulos protótipos que foram testados e caracterizados. Foi necessário corrigir alguns erros de menor importância no design inicial e uma nova versão do protótipo foi montada e testada. Um módulo protótipo pode ser visto na figura 2 do anexo.

Após a verificação do protótipo, o módulo final foi desenhado no CBPF, produzido e montado pela empresa CADservice, localizada em Campinas/SP. Tanto o protótipo como o módulo final foram concebidos no CBPF por pesquisadores da equipe executora. O *firmware* e o *software* para controle e leitura dos dados foram desenvolvidos no CBPF e na UNICAMP, tendo sido concluídos em julho de 2012.

Foi necessário também o desenvolvimento de uma eletrônica de *front-end* para preparar o sinal das fotomultiplicadoras para a aquisição (fazer o *shaping* do sinal). Esta tarefa ficou a cargo de um grupo de engenharia elétrica da Universidade de Juiz de Fora (UFJF) que também é membro da colaboração Neutrinos Angra. O grupo projetou e construiu os módulos.

RELATÓRIO TÉCNICO

Ref.: 5197/06

Convênio: 01.07.0454.00

Meta Física 7 (ou 11 na numeração do plano de trabalho original)

Descrição da Meta: Instalação e comissionamento de detectores.

| Atividades | Previsto | | Realizado | | Fase Atual | Previsão de Término |
|---|------------|-------------|------------|-------------|-------------|---------------------|
| | Mês Início | Mês Término | Mês Início | Mês Término | | |
| 1 -Instalação e integração dos detectores. | 06/05/2009 | 06/11/2009 | 01/07/2012 | - | Em execução | 01/05/2015 |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

Comentários

Os vasos dos detectores já foram construídos mas sua instalação na usina nuclear de Angra está atrasada por dois motivos: primeiramente o falecimento em 26 de janeiro de 2012 do Dr. Ademarlaudo Barbosa, especialista em instrumentação científica e responsável pelo design do projeto do detector central em um acidente de carro quando se dirigia a Angra para uma visita técnica. Ele seria também o responsável pela instalação do detector em Angra. Com seu falecimento tivemos que repensar todo o procedimento de instalação.

Quem substituiu Ademarlaudo Barbosa e ficou responsável pela montagem e testes do detector no CBPF e para a posterior instalação em Angra foi o Dr. Iuri Pepe, da Universidade Federal da Bahia. Entretanto a disponibilidade do Dr. Iuri é limitada já que tem uma pesada carga didática na UFBA. Este fato tem contribuído para o atraso na finalização do projeto.

Por outro lado constatamos a dificuldade da equipe de instalação permanecer por muito tempo na usina, pois é necessário ter escolta permanente de um funcionário da Eletronuclear.

Por estas razões decidimos fazer uma primeira montagem do detector no CBPF para definirmos os procedimentos de instalação e também para fazermos os primeiros testes e a calibração dos detectores. Estamos testando também o bom funcionamento do sistema de aquisição de dados. Esta etapa intermediária permitirá reduzir drasticamente o tempo de instalação e comissionamento em Angra. Os vasos dos detectores foram trazidos para o CBPF em julho 2012 e os testes no CBPF já foram iniciados. Um relatório complementar com a descrição de cada atividade desenvolvida está anexado a este relatório. Estão também anexados artigos e notas técnicas publicadas no período. O processo de instalação em Angra do detector Cherenkov está sendo simulado no CBPF e a previsão para término é o primeiro semestre de 2015. Assim a meta de instalação está atualmente em execução.

17. ANEXO B – PLANILHA DE BOLSAS

Relacionar as pessoas que recebem bolsas através do projeto. Identificar o tipo da bolsa e o período de contemplação. Relacionar as atividades desenvolvidas por cada bolsista de acordo com o Plano de Trabalho.

| Bolsista | Tipo | Início | Previsão de Término | Formação Atual | Instituição | Formação em Curso | Instituição | Atividades |
|-----------------|-------------|---------------|----------------------------|-----------------------|--------------------|--------------------------|--------------------|-------------------|
| | | 00/00/0000 | 00/00/0000 | | XXXXX | | XXXXX | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |

Observação: Todos os bolsistas devem estar cadastrados na Plataforma *Lattes*.

17. ANEXO C – PLANILHAS DE OBRAS, SERVIÇOS E EQUIPAMENTOS

Descrever as obras e/ou melhorias realizadas, observando a Resolução CONFEA nº 425 de 18 de dezembro de 1998 (ART), bem como material permanente e principais equipamentos (nacional e importado) adquiridos, relacionando-os com as metas/atividades já desenvolvidas ou a desenvolver.

C.1 - Bens e Serviços

Relacionar abaixo, para **cada rubrica**, os bens e serviços adquiridos com recursos do Convênio, informando a meta física a que correspondem. Preencher a coluna “Situação”, informando [Concluído] [Em Andamento] [Não Iniciado] [Não realizado] [Em licitação]

| Subprojeto/Meta Física | Rubrica | Descrição dos Itens (conforme relação de itens) | Quant | Situação | Conclusão (previsão) |
|--|---------|---|-------|-----------|-------------------------|
| Construção do detector de três volumes | 39a | Serviços para auxílio na instalação e montagem dos detectores. | 01 | Concluído | |
| Construção do detector de três volumes | 52a | Kit de filtragem e purificação de água e lavadora de alta pressão | 01 | Concluído | |
| Construção do detector de três volumes | 52a | Sistema de bombeamento de água | 01 | Concluído | |
| Desenvolvimento do Sistema de Aquisição de Dados | 52a | Placas de circuito impresso | 01 | Concluído | |
| Desenvolvimento do Sistema de Aquisição de Dados | 52a | Equipamentos eletrônicos | 02 | Concluído | |
| Desenvolvimento do Sistema de Aquisição de Dados | 52a | Equipamento de computação | 04 | Concluído | |
| Construção do detector de três volumes | 52a | Conjunto de vasos de aço e material plástico | 01 | Concluído | |
| Instalação de sala exp. em contêiner comercial | 52a | Container/trailer | 02 | Concluído | |
| Desenvolvimento do Sistema de Aquisição de Dados | 52b | Equipamentos eletrônicos | 01 | Concluído | |

C.2 - Obras e Instalações

Relacionar o andamento das obras / serviços de engenharia / instalações, informando a data (mês e ano) prevista para conclusão das etapas ainda não encerradas. A coluna “Fase Atual da Execução” deverá ser preenchida com as seguintes informações: [Não Iniciada] [Em Licitação] [Contratada] [Em Execução] [Concluída] ou [Paralisada].

| Descrição da Obra (conforme relação de itens / por subprojeto) | Etapas | Fase Atual da Execução | Data de Início da Obra | Etapas da Execução da Obra (previsão) | | | |
|---|--|------------------------|------------------------|--|-----------|-----------|-----------|
| | | | | 25% | 50% | 75% | 100% |
| | Terraplenagem | | (mês/ano) | (mês/ano) | (mês/ano) | (mês/ano) | (mês/ano) |
| | Fundação | | (mês/ano) | (mês/ano) | (mês/ano) | (mês/ano) | (mês/ano) |
| | Alvenaria | | (mês/ano) | (mês/ano) | (mês/ano) | (mês/ano) | (mês/ano) |
| | Instalações (elétrica, hidráulica, ar condicionado etc...) | | (mês/ano) | (mês/ano) | (mês/ano) | (mês/ano) | (mês/ano) |
| | Revestimento | | (mês/ano) | (mês/ano) | (mês/ano) | (mês/ano) | (mês/ano) |
| | Cobertura | | (mês/ano) | (mês/ano) | (mês/ano) | (mês/ano) | (mês/ano) |