

# GRUPO DE COSMOLOGIA E GRAVITAÇÃO

Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas – CBPF  
Laboratório de Cosmologia e Física Experimental de Altas Energias–LAFEX  
Rua Dr. Xavier Sigaud, 150  
22290-180 – Rio de Janeiro, RJ

*Projetos e Produção Científica*  
*Agosto – 2000*

## ÍNDICE

1. Apresentação.....	2
2. Composição do Grupo.....	5
3. Linhas de Pesquisa.....	7
4. Produção Científica do Grupo.....	27
4.1. Indicadores de Produção Científica.....	27
4.2. Livros e Capítulos Publicados.....	27
4.3. Artigos Científicos.....	32
4.4. Participação em Eventos Científicos.....	50
4.5. Teses Orientadas.....	57
4.5.1. Teses de Mestrado.....	58
4.5.2. Teses de Doutorado.....	60
5. Intercâmbio Científico.....	62
6. Cooperação Internacional – ICRA.....	65
7. <i>Workshop: “Analog Models in General Relativity”</i> .....	71
8. Escolas de Cosmologia e Gravitação.....	75
9. Algumas Opiniões e Comentários de Cientistas sobre as Atividades do Grupo.....	83
Apêndice – Gráficos de Produção Científica.....	102

## 1. Apresentação

Este relatório tem como objetivo apresentar um pouco do passado, a situação presente e a projeção para o futuro próximo da produção científica do Grupo de Cosmologia e Gravitação, filiado ao LAFEX - Laboratório de Cosmologia e Física Experimental de Altas Energias - do Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF), órgão do MCT.

Começamos por citar algumas das realizações que o Grupo de Cosmologia e Gravitação, desde sua criação, na primeira metade dos anos 70, tem realizado, a saber :

- 32 Teses de Mestrado e 18 Teses de Doutorado foram orientadas por membros do Grupo.
- Publicamos mais de 200 artigos científicos em revistas especializadas com *referee*.
- Apresentamos uma centena de trabalhos em vários Eventos Científicos Internacionais e Nacionais.
- Produzimos 40 capítulos em livros e uma dezena de livros, incluindo os Anais das Escolas de Cosmologia e Gravitação que organizamos, sem interrupção, nos últimos vinte anos.

Veremos mais detalhes deste breve resumo ao longo deste documento. Em particular, iremos explicitar na seção sobre a produção científica o crescente aumento das atividades do Grupo. Para isso, iremos comparar, nas três décadas de nossas atividades, diferentes indicadores desta produção, tais como número de artigos publicados, Teses defendidas, etc.

O Grupo tem mantido um intenso intercâmbio com Institutos e Universidades brasileiras e de outros países, em particular com Argentina, França, Itália, EUA, Espanha, Rússia, Israel e Dinamarca. Recentemente aceitamos o convite de ingressar na rede ICRA (International Center for Relativistic Astrophysics) para, juntamente com dezenas de outros cosmólogos e astrofísicos, trocar conhecimentos e difundir os resultados de nossas pesquisas. Um exemplo deste mecanismo é a realização de *workshops*, tais como o que iremos organizar em outubro de 2000 (conforme seção 7 deste documento). Uma tal atividade se insere na tradição da organização das diferentes Escolas de

Cosmologia e Gravitação. Estas Escolas, evento periódico que o Grupo de Cosmologia e Gravitação organiza a cada 3 anos, foram freqüentadas por jovens cientistas brasileiros e de vários países que, posteriormente, tornaram-se produtores de artigos científicos de alta qualidade. Em particular, no Brasil, devemos citar os Grupos de Cosmologia e Gravitação da UFPb em João Pessoa, o da Universidade de Brasília, o do Instituto de Ciências da Escola Federal de Engenharia de Itajubá, o da Universidade Federal de Juiz de Fora e o grupo da UFRN em Natal que possuem em suas lideranças cientistas que foram formados em nosso Grupo.

As duas últimas décadas testemunharam o enorme crescimento da atividade científica nesta área, graças a uma série de descobertas - tanto no plano teórico quanto no plano prático - geradas principalmente pelo grande sucesso obtido por observações de alcance global. Em particular devemos citar a formidável transformação por que está passando a Cosmologia e a Teoria da Gravitação, com a entrada em funcionamento de uma série de experiências em laboratórios terrestres e no espaço: a nova geração de detetores de ondas gravitacionais por interferometria, os detetores ressonantes de ondas gravitacionais, o Projeto LISA, a medida de *gamma-ray bursts*, a detecção de  $\nu$  de origem cósmica, o telescópio Hubble, as observações cada vez mais precisas envolvendo as anisotropias da radiação de fundo cósmico de 2,7K. Todos estes experimentos constituem-se em testes das teorias cosmológicas sobre o Universo primordial e das forças fundamentais da Natureza. A intensa atuação do Grupo na área da Teoria da Gravitação, Cosmologia e afins se insere nestes avanços.

Finalmente, devemos notar que o objetivo maior da ciência é o de gerar uma representação racional do mundo. Esta atividade ganha dimensão máxima quando tal representação racional se propõe a englobar a Totalidade do que existe - isto é, o Universo considerado como uma estrutura única e solidária. O ramo da ciência que se propõe a analisar esta estrutura única é a Cosmologia. Esta ciência se desenvolve através da aplicação do conhecimento global das Leis Físicas ao Universo como um todo. Portanto, constitui-se ela, na prática, o maior teste de coerência destas leis. Em particular, a Cosmologia assume o caráter de um grande e único laboratório capaz, efetivamente, de testar fenômenos do microcosmos na área de Altas Energias que estão longe de poderem ser testados em

laboratórios terrestres, posto que temperaturas extremamente elevadas, inatingíveis em laboratórios terrestre , poderiam ser alcançadas no Universo primordial. Desse modo o microcosmos (Teoria das Partículas Elementares) e o macrocosmos (Estrutura Global do Universo) estão se fundindo em um único e ambicioso projeto global de pesquisa.

## 2. Composição do Grupo

O Grupo de Cosmologia e Gravitação tem, em sua composição básica, pesquisadores, colaboradores e alunos de Pós-Graduação e Iniciação Científica. Os componentes são listados a seguir. Considerando que as colaborações são situações flutuantes no tempo, estão listadas somente as colaborações que representam interação com o grupo ao longo da última década.

### ♦ Pesquisadores (Instituição-Sede - CBPF):

Dr. MÁRIO NOVELLO

Dr. JOSÉ MARTINS SALIM

Dr. LUIZ ALBERTO REZENDE DE OLIVEIRA

Dr. NELSON PINTO NETO

Dr. BARTOLOMEU DONATILA B. FIGUEIREDO

### ♦ Colaboradores Internos:

Dr. VLADIMIR MOSTEPANENKO (Professor Visitante, LAFEX - CBPF)

Dr. SANTIAGO E. PEREZ BERGLIAFFA (Professor Visitante, LAFEX - CBPF)

Dr. HERMAN MOSQUERA CUESTA (Professor Visitante, LAFEX - CBPF)

Dr. VITÓRIO A. DE LORENCI (Instituto de Ciências, Escola Federal de Engenharia de Itajubá - MG)

Dr. RENATO KLIPPERT (International Center for Relativistic Astrophysics - ICRA - Itália)

Dra. MARTHA CHRISTINA MOTTA DA SILVA

Dr. SÉRGIO E. SANTINI (Pós-Doutorado no CBPF)

Dr. J.BARCELOS NETO (Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ)

Dra. LUCIANE R. DE FREITAS (Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ)

Dra. REGINA CÉLIA ARCURI (Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ)

Dr. ODYLIO D. AGUIAR (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE, São Paulo)

Dr. SÉRGIO L.S. DUQUE

Dr. JÚLIO CÉSAR FABRIS (Universidade Federal do Espírito Santo, ES)

Dr. CARLOS ROMERO (Universidade Federal da Paraíba - UFPb)

Dra. SANDRA L. SAUTÚ

Dr. JOSÉ ACÁCIO DE BARROS (Universidade Federal de Juiz de Fora)

Além destes colaboradores internos, o Grupo mantém interação frequente com os seguintes colaboradores em instituições internacionais:

♦ **Colaboradores (Instituições Internacionais):**

Dr. E. ELBAZ (Universidade de Lyon, França)

Dr. ROLAND TRIAY (Universidade de Marseille, França)

Dr. H.H. FLICHE (Universidade de Marseille, França)

Dr. DIEGO PAVÓN (Universidade de Barcelona, Espanha)

Dr. REMO RUFFINI (International Center for Relativistic Astrophysics - ICRA, Itália)

Dr. JEROME MARTIN (Observatório de Paris – Meudon, França)

Dr. VITALY MELNIKOV (Center of Fundamental Interaction and Metrology, Russia)

Dr. GÉRARD CLEMENT (Institute d'Annecy de Physique de Particules, França)

♦ **Mestrandos e Doutorandos:**

PAULO ISRAEL TRAJTENBERG (Doutorado - Orientador: Nelson Pinto Neto)

RONALDO PENNA NEVES (Doutorado - Orientador: Mário Novello)

CARLA RIBEIRO DA FONSECA (Doutorado - Orientador: Mário Novello)

OTAVIO CESAR CASTELLANI (Doutorado - Orientador: José Martins Salim)

ALEXANDRE DA FONSECA VELASCO (Doutorado - Orientador: Nelson Pinto Neto)

MARTIN MAKLER (Doutorado)

### 3. Linhas de Pesquisa

As principais linhas de pesquisa desenvolvidas pelo Grupo de Cosmologia e Gravitação podem ser, neste contexto, divididas nas seguintes áreas:

- ❖ Relatividade Geral como uma Teoria de Campo e Teorias Alternativas da Gravitação
- ❖ Teoria da Gravitação de Curto Alcance
- ❖ Cosmologia e Gravitação Clássicas
  - O Programa do Universo Eterno
  - Formação de Estruturas no Universo
  - Transição de Fase Anisotrópica
  - Teoria de Perturbações do Campo Gravitacional
  - Energia Gravitacional
  - Modelos de Universos em Rotação
- ❖ Cosmologia e Gravitação Quânticas
  - Interpretação de Bohm - de Broglie da Cosmologia
  - Transição Quântica de Topologia
  - Teoria Quântica de Campos em Espaços Curvos
- ❖ Efeitos Geométricos Associados à Eletrodinâmica Não Linear
- ❖ Gravitação em Espaços de Weyl Integrável
- ❖ Termodinâmica Relativística
- ❖ Soluções *Patológicas* da Relatividade Geral

Devemos notar que as áreas mencionadas acima são interligadas, constituindo-se, na verdade, em um único e abrangente programa de pesquisas. Procederemos, a seguir, a uma explicação resumida do trabalho que tem sido efetuado pelo grupo em cada uma das diferentes linhas de pesquisa.

- ❖ **Relatividade Geral como uma Teoria de Campo e Teorias Alternativas da Gravitação**



Esta linha de pesquisa engloba um programa de exame da Teoria da Gravitação. A idéia principal pode ser descrita da seguinte maneira: no começo da década de 60, Feynmann mostrou como é possível descrever a totalidade das propriedades da Teoria da Relatividade Geral de Einstein sem fazer apelo direto à sua representação geométrica, mas sim utilizando a linguagem convencional da Teoria do Campo. Vários autores, a partir de então, passaram a examinar esta formulação de campo da Gravitação e desenvolveram uma sistemática de exame das suas propriedades clássica e quântica. Como exemplo, podemos citar o trabalho de Deser de 1970 e, recentemente, a revisão deste trabalho feita por Grischuck, Petrov e Popova em 1984.

A importância desta formulação de campo da Teoria da Relatividade Geral teve, entre outros, o grande mérito de exibir algumas hipóteses que se encontravam subjacentes à formulação geométrica de Einstein da Teoria da Relatividade Geral. Dentre estas hipóteses, é particularmente importante a questão do *Princípio da Equivalência*. De uma maneira simplista, podemos sintetizar este princípio como sendo a formulação de que toda forma de matéria e radiação (por exemplo os fótons) interagem de um mesmo modo universal com a gravitação. A precisão desta universalidade, no que diz respeito à interação entre a matéria e a gravitação, é de uma parte em  $10^{11}$  (se adotarmos uma postura conservadora em relação a esta questão). Entretanto, não existe uma experiência direta que envolva a interação entre a energia gravitacional e a Gravitação. Na Teoria da Relatividade Geral, uma hipótese é feita: a de que **a interação da Gravitação com ela própria segue o mesmo padrão de comportamento que a interação entre a matéria e a Gravitação**. O grande mérito da formulação de Feynmann e Deser da Teoria da Relatividade Geral foi precisamente o de explicitar esta hipótese, que estende o Princípio da Equivalência além do limite observável. A partir da compreensão do exato momento, na teoria de Einstein, em que esta hipótese complementar foi introduzida, tornou-se possível examinar uma proposta alternativa competitiva com a Teoria da Relatividade Geral formulada por Einstein. Esta proposta foi a base para a elaboração de um novo cenário para as forças gravitacionais. Neste cenário foi possível exibir as diferenças entre esta teoria alternativa e a proposta da Relatividade Geral. A principal distinção entre estas duas teorias consiste nas diferentes previsões que fazem sobre a velocidade de propagação das ondas gravitacionais. Considerando que há fortes indícios, na

comunidade científica internacional, de que em breve poderemos observar estas ondas gravitacionais, parece-nos ser este o bom momento de – seguindo a tradição científica – fazermos as previsões teóricas possíveis com relação ao modo e às características de propagação da radiação gravitacional.

Assim sendo, o nosso plano de trabalho abrange as seguintes etapas:

1. Elaborar propriedades e soluções da nova teoria da gravitação, principalmente envolvendo fontes compactas e cosmológicas.
2. Obter sua Formulação Hamiltoniana.
3. Realizar a Quantização Canônica.
4. Analisar a questão da energia gravitacional e seus desdobramentos.
5. Analisar a fundo o problema específico das ondas gravitacionais, fazendo previsões específicas a serem futuramente testadas pela observação desta últimas.

O último modelo por nós criado apareceu na referência *M.Novello, L.R.de Freitas e V.A.De Lorenci, Annals of Physics 254, 83, 1997*. A partir de então continuou-se sistematicamente a examinar as propriedades desta nova teoria e a compará-la com a observação. Mostrou-se que os chamados parâmetros PPN obtidos nessa teoria coincidem com os obtidos na Relatividade Geral e estão em bom acordo com as observações. De fato, as distinções entre estas duas teorias aparecem para campos fortes e, principalmente, na velocidade das ondas gravitacionais. Assim, estudamos as propriedades da propagação destas ondas para exibir suas diferenças em relação à Teoria da Relatividade Geral. Dando continuidade a este exame, pretende-se analisar uma das questões mais cruciais nesta comparação entre as duas teorias, mostrando-se que a nova teoria obtida para a Gravitação (denominada Teoria NDL) é, de fato, capaz de resolver o problema da emissão de radiação gravitacional por um pulsar binário, com o mesmo grau de acurácia da Teoria da Relatividade Geral. Para tanto, pretende-se examinar - na aproximação Pós-Newtoniana - como a fórmula do quadrupolo pode ser obtida e, posteriormente, comparada com a TRG.

A detecção das ondas gravitacionais tornou-se, ao longo deste final do século XX, um dos mais atraentes e fascinantes desafios para os físicos. Segundo a teoria da Relatividade Geral, as

descontinuidades de campo gravitacional deveriam se propagar com a mesma velocidade das ondas eletromagnéticas. Esta propriedade seria muito bem-vinda, posto que a sua confirmação traria um apoio substancial à estrutura causal do mundo que é produzida pela teoria eletromagnética. Ademais, a unidade geométrica do mundo estaria, desta forma, consolidada. Entretanto, a teoria NDL é capaz de explicar todos os processos gravitacionais – competindo, desta forma, com a Relatividade Geral. Esta teoria se distingue da Relatividade Geral precisamente no tocante à sua previsão relativa à velocidade das ondas gravitacionais. As consequências teóricas destas diferenças quanto à velocidade das ondas gravitacionais vêm sendo estudadas, aguardando-se que a observação venha a decidir, definitivamente, esta questão.

#### ❖ **Teoria da Gravitação de Curto Alcance**

Esta linha de pesquisa, que vem sendo desenvolvida com colaboradores franceses da Universidade de Lyon, está relacionada à possível modificação da interação gravitacional a curto alcance. A existência deste comportamento distinto teria, entre outras consequências, o estabelecimento de um programa de unificação, graças ao surgimento de campos de spin-2 massivos que intermediariam forças de tipo Fermi gravitacionais a curto alcance. Esta teoria vem sendo desenvolvida com o propósito de examinar-se as propriedades e modificações que ela induz sobre processos observáveis em laboratórios terrestres e no espaço exterior - localizadamente no interior de estrelas ou em regiões cósmicas densas, nas altas temperaturas do Universo primordial. Como um subproduto desta investigação mostrou-se como a constante cosmológica pode realizar a descrição da teoria da gravitação em termos de variáveis *bootstrap*.

Por outro lado, desenvolvemos também a teoria de campos de spin 2 usando as variáveis de Fierz  $A_{\alpha\beta\mu}$ , ao invés de utilizarmos as tradicionais componentes simétricas  $\varphi_{\mu\nu}$  (conforme o trabalho de *M.Novello, N.P.Neto, Luciane R.de Freitas e N.F.Svaiter, Fortschritte der Physik 39, 8, 1991*). Foram examinados não somente os aspectos formais clássicos associados a esta abordagem (como Lagrangianas, Hamiltonianos, dinâmicas associadas, leis de conservação, etc), bem como as correspondentes formulações quânticas. Conseguimos demonstrar que esta sugestão feita por Fierz há

várias décadas atrás pode, de fato, ser implementada, gerando uma teoria de campos de spin 2 coerente e útil na descrição de processos envolvendo mais de um campo. Como subproduto desta linha de pesquisa, examinamos mecanismos de geração de processos não-lineares, construindo modelos para teorias de auto-interação nesta formulação. Particularmente relevante aqui é a teoria obtida através do exame das propagações de distúrbios localizados na produção de ondas excepcionais e a correspondente Teoria de Lagrangianas excepcionais.

#### ❖ Cosmologia e Gravitação Clássicas

O problema da singularidade transformou-se, ao longo da década de 70, na grande questão da Cosmologia. A hipótese da existência de uma tal singularidade, há um tempo finito de nossa época, possuía uma consequência desagradável: a de que não seria possível conhecermos os dados iniciais do Universo. Isto limitaria a possibilidade de obter-se uma descrição cosmológica completa. Uma questão similar ocorre também com respeito a estruturas localizadas (como, por exemplo, a estrutura a que comumente nos referimos como "*buraco negro*").

Em um primeiro momento, a existência de uma singularidade primordial foi considerada como um dado definitivo, graças ao elevado *status* adquirido por uma série de teoremas. Estes últimos, demonstrados no âmbito da Relatividade Geral, pareciam mostrar a impossibilidade da Física Clássica em produzir configurações gravitacionais não-singulares. Esta foi a principal razão para que os aspectos quânticos em Cosmologia passassem a ser mais cuidadosamente examinados. Entretanto, ao longo dos anos 80, diferentes abordagens – concebidas em áreas como Termodinâmica fora do equilíbrio ou outras abordagens envolvendo formas diferentes de acoplamento de campos de matéria com a gravitação – produziram alternativas eficazes para a solução deste problema, ao gerarem soluções cosmológicas não-singulares. Estes resultados deram origem a uma nova e profunda linha de investigação das propriedades do Universo em sua fase extremamente condensada mas não-singular.

A compatibilização entre a alta taxa de isotropia inferida da detecção da radiação térmica de 2,7K (observada desde 1964) e a causalidade em um Universo de tipo Friedmann, com seção espacial

homogênea (o qual seria o modelo de geometria correntemente aceito para descrever o Universo) constitui-se em uma tarefa difícil. Nos anos 70, a Escola Russa (representada por Lifshitz, Khalatnikov, Belinski, e outros) deu início a um programa de ataque direto a esta questão. Embora tenham realizado várias e importantes contribuições, não foram estas suficientes para resolver completamente a questão. Na década de 80, a proposta de um modelo de Universo inflacionário surgiu como um substituto ao programa russo. Não obstante uma quantidade notável de publicações e malgrado o otimismo inicial, esta proposta continua incompleta nos seus fundamentos básicos e na sua tentativa de compatibilizar modelos isotrópicos do tipo Friedmann com dados observacionais e com a causalidade. As características de uma possível fase anisotrópica inicial do Universo vêm sendo examinadas e mecanismos de isotropização continuam a ser investigados.

- **O Programa do Universo Eterno**

Durante a década de 80, o Grupo de Cosmologia e Gravitação desenvolveu um trabalho de análise de questões cosmológicas, partindo da consideração de que os processos gravitacionais são descritos por modificações na estrutura métrica do espaço-tempo, conforme a Teoria da Relatividade Geral proposta por Albert Einstein. Além disto, partimos do pressuposto que as observações astronômicas permitem associar ao nosso Universo uma geometria evolutiva (tipo Friedmann-Robertson-Walker) que é espacialmente homogênea e isotrópica sem singularidade. Este programa de trabalho foi por nós denominado de *Programa do Universo Eterno*. A origem deste programa está na proposta de não aceitar-se o chamado Princípio da Equivalência como um gerador de leis físicas (ver *M. Novello e J.M. Salim, Physical Review D 20, 377, 1979*). Como uma consequência direta deste pressuposto inicial, processos de interação direta entre os campos da física e a curvatura do espaço-tempo tornam-se possíveis e devem se constituir em modos normais de acoplamento de campos. O Programa do Universo Eterno foi descrito em várias publicações do grupo; entretanto, ele é particularmente analisado em dois livros:

- ***Cosmos et Contexte*** (Mário Novello, Ed. Masson, Paris, 1987)
- ***The Program of an Eternal Universe*** (Mário Novello in *Vth Brazilian School of Cosmology and Gravitation*, World Scientific, Singapura, 1987)

Em um universo conformalmente plano (como a observação leva a crer ser o nosso - pelo menos em sua fase atual), o tipo de interação por nós examinado entre os campos gravitacional e eletromagnético, determinada pela Lagrangiana de interação  $R F_{\mu\nu} F^{\mu\nu}$ , é capaz de explicar a observação do fenômeno do desvio para o vermelho da radiação (como no caso do acoplamento mínimo) através do exame da propagação dos fótons via geodésicas nulas. A principal novidade desta abordagem está associada à questão do equilíbrio termodinâmico do gás de fótons - em particular à não conservação do número total de fótons do universo (ver, por exemplo, o trabalho de *M.Novello, L.A.R.Oliveira e J.M.Salim, Classical and Quantum Gravity 7, 51, 1990*). Ao examinarmos esta questão, fomos levados a rediscutir a identificação da observação da radiação cósmica de fundo. Como uma consequência natural deste trabalho, iniciamos a análise dos efeitos do processo de criação de fótons por um universo em expansão em um modelo cosmológico não-singular. A análise termodinâmica deste fenômeno é um dos temas de nossa investigação.

A descrição do comportamento do fluido galático em regiões com altíssima intensidade do campo gravitacional levou-nos, através do exame das suas propriedades termodinâmicas, a descobrir um novo fenômeno: a possibilidade de transição da fase devido a processos de auto-interação gravitacional. Estes processos poderiam constituir-se na base de um modelo que explicasse a alta taxa de isotropia espacial observada (ver *M.Novello e S.L.S.Duque, Physical Review D 47, 8, 3165, 1990*).

- **Formação de Estruturas no Universo**

Uma das questões mais complexas que a comunidade dos físicos e astrônomos tem enfrentado é a da compatibilidade entre um modelo ideal do tipo Friedmann (possuindo uma seção espacial homogênea) com as observações astronômicas que apontam a existência de diferentes escalas de heterogeneidades no Universo. Alguns modelos para a formação das estruturas nele observadas - galáxias, aglomerados de galáxias - requerem a ocorrência de pequenas perturbações em uma fase dita *primordial* do Universo, onde a estrutura geométrica deste é controlada quer por radiação em equilíbrio térmico, quer por matéria dita exótica. Isto ocorre, por exemplo, no chamado modelo

inflacionário. Em um tal modelo, as pequenas perturbações iniciais são amplificadas graças à instabilidade gravitacional, gerando assim as estruturas hoje observadas no Universo. Estas alterações iniciais seriam determinadas – de acordo com diferentes modelos – pela física de interações de curto alcance a altas energias. Deste modo, estabelece-se um forte compromisso entre a Teoria Quântica de Campos e a Física de Altas Energias de um lado e a Teoria da Gravitação por outro. Nas duas últimas décadas houve um grande avanço na obtenção de dados astronômicos extra-galáticos, obtidos com uma boa precisão. A análise da produção destas estruturas, a partir dos dados iniciais fornecidos pelas perturbações ganhou, portanto, um enorme impulso. Como consequência, fenômenos de altas energias – bem como as teorias que os descrevem – passaram a ser investigados com maior rigor e consequência científica.

- **Transição de Fase Anisotrópica**

O estudo das flutuações iniciais – em um universo primordial anisotrópico – que, possivelmente, teriam dado origem às inhomogeneidades (galáxias, conjuntos de galáxias) observadas atualmente no universo também é parte integrante desta linha de pesquisa. A análise da evolução destas flutuações, bem como o estudo de possíveis mecanismos de isotropização deste universo primordial anisotrópico, foi feita utilizando-se mecanismos de transição de fase.

Um especial destaque merece o exame do Universo Anisotrópico Primordial que vem sendo desenvolvido por Luciane R. Freitas e M. Novello (*M. Novello e Luciane R. de Freitas, International Journal of Modern Physics A 13, 3, 1998*). Baseado em um processo de transição de fase estabelecido pelo grupo (*S.L.S. Duque e M. Novello, Physica A 168, 1073, 1990 - M. Novello, S.L.S. Duque, R. Triay e H.H. Fliche, Physical Review D 47, 8, 3165, 1993*), examinamos a possibilidade de associar o sistema de galáxias e aglomerado de galáxias observado a perturbações que teriam ocorrido naquela fase anisotrópica inicial.

- **Teoria de Perturbações do Campo Gravitacional**

A teoria de perturbações do campo gravitacional constitui-se no exame da estabilidade dos modelos cosmológicos homogêneos e isotrópicos, de tipo Friedmann-Robertson-Walker (FRW), por meio do

exame de perturbações genéricas. A principal novidade deste programa de pesquisas é o uso das equações Quase-Maxwellianas – as quais já tinham sido utilizadas por nosso grupo há mais de uma década (ver, por exemplo, os trabalhos *M.Novello e J.M.Salim, Fundamentals of Cosmic Physics* **8**, 201, 1983 e a Tese de Doutorado de J.M.Salim, "*Equações Quase-Maxwellianas da Gravitação: Aplicação ao Universo de Friedmann - CBPF, 1982*). Nos últimos anos, as dificuldades encontradas pelas técnicas convencionais de perturbação – principalmente aquelas envolvendo perturbações dependentes de *gauge* – tornaram o método das equações Quase-Maxwellianas extremamente atual e de simples interpretação, já que trabalha-se aqui apenas com quantidades fisicamente observáveis. Este formalismo torna possível a obtenção de um sistema hamiltoniano de variáveis, fornecendo assim uma descrição compacta para o tratamento das perturbações (conforme a série de artigos: *M.Novello, J.M.Salim, M.C.Motta da Silva, S.E.Jorás e R.Klippert, Physical Review* **D 51**, 2, 450, 1995 - *M.Novello, J.M.Salim, M.C.Motta da Silva, S.E.Jorás e R.Klippert, Physical Review* **D 52**, 2 750, 1995 - *M.Novello, J.M.Salim, M.C.Motta da Silva e R.Klippert, Physical Review* **D 54**, 4, 2578, 1996). Uma análise quântica desta perturbações foi também efetuada, fornecendo uma série de interessantes resultados, no trabalho de *M.Novello, J.M.Salim, M.C.Motta da Silva e R.Klippert, Physical Review* **D 54**, 10, 1996. O exame das relações entre os resultados assim obtidos e as observações está em andamento, com o projeto Experiência COBE. Uma outra linha de pesquisa, derivada desta, é a aplicação do método *gauge*-independente de tratamento das perturbações a modelos cosmológicos anisotrópicos. A análise para modelos de Bianchi-I e de Gödel já foi implementada (conforme trabalho de *M.Novello, J.M.Salim, M.C.Motta da Silva e R.Klippert, Physical Review* **D 61**, 124025-1 - 124025-19, 2000 e *R.Klippert, Tese de Doutorado, CBPF, 1998*, respectivamente). Uma análise para modelos com rotação (usando o modelo de Gödel como paradigma) está, correntemente, em andamento.

Uma outra linha de pesquisa diretamente relacionada a esta é a Teoria Quântica das Perturbações Cosmológicas, onde buscamos quantizar os resultados obtidos previamente para o modelo de Friedmann-Robertson-Walker. Um primeiro resultado apareceu através da exibição (nas ondas gravitacionais) de estados *squeezed*, em conformidade com outros autores (*M.Novello, J.M.Salim,*



*M.C.Motta da Silva e R.Klippert. Physical Review D 54, 4, 2578, 1996*). Pretende-se, agora, aproveitar este tratamento para examinar também estados *squeezed* para o Eletromagnetismo via acoplamento não mínimo com a Gravitação, principalmente em um cenário de universo em expansão.

- **Energia Gravitacional**

Tem-se procurado estender definições de energia gravitacional válidas para espaços assintoticamente planos para espaços com estruturas assintóticas mais gerais. Nelson Pinto Neto, I.D.Souares e Ronaldo Rodrigues da Silva estenderam com sucesso estas definições para espaços assintoticamente anti-de Sitter. Nelson Pinto Neto e Paulo Israel Trajtenberg procuram generalizá-las para espaços abertos que representem sistemas compactos gravitacionais que sejam assintoticamente Friedmann-Robertson-Walker.

- **Modelos de Universos em Rotação**

Esta direção de pesquisa considera modelos de universos com rotação. A partir dos trabalhos originais de K.Gödel examinamos os movimentos livres possíveis nesta geometria (*M.Novello, I.D.Souares e J.Tiomno, Physical Review D 27,4, 779, 1983*), bem como os processos de confinamento que impedem a formação de um sistema Gaussiano global nesta geometria. Em seguida, o estudo de sistemas Gaussianos localizados foi empreendido (*M.Novello, N.F.Svaiter e M.E.X.Guimarães, General Relativity and Gravitation 25, 2, 1993*) e um modo de permitir a corpos materiais se propagarem em curvas do tipo tempo fechadas foi estabelecido (*M.Novello, N.F.Svaiter e M.E.X.Guimarães, Modern Physics Letters A 7, 5, 1992*). Como consequência deste estudo, empreendemos a construção teórica de uma cápsula de proteção causal (*M.Novello e M.C.Motta da Silva, Physical Review D 49, 2, 825, 1994 - M.Novello e M.C.Motta da Silva, Physical Review D 48, 10, 5017, 1993*). Esta abordagem teve como objetivo produzir um modelo de universo que admite em seu interior uma região limitada, a qual seria identificada com uma parte do universo de Gödel. Do mesmo modo, uma pequena modificação deste esquema anterior produziria soluções que podem ser transformadas em estruturas com propriedades típicas de um *wormhole*.

### ❖ Cosmologia e Gravitação Quânticas

A Cosmologia primordial constituía, há algumas décadas, um campo extremamente especulativo. Esta situação mudou radicalmente nos últimos anos. A abundância de elementos químicos leves permite testar os modelos cosmológicos até aproximadamente  $t \approx 10^{-4}$  s. Por outro lado, a análise da anisotropia na radiação cósmica de fundo pode nos dar acesso observacional a épocas muito remotas, visto que ela permitiria obter informações sobre os processos químicos responsáveis pelas flutuações que originaram posteriormente as estruturas em larga escala.

Entretanto, existem, ainda assim, falhas fundamentais no modelo cosmológico padrão que requerem estudos das teorias fundamentais nos primeiros instantes da história do Universo. São elas basicamente:

- A existência de uma singularidade inicial;
- As condições iniciais do Universo.

Para tratar estes problemas, torna-se necessário formular um modelo aplicável ao Universo em seus primeiros instantes. Em particular, é preciso determinar se seria possível obter um cenário coerente a partir de um programa de quantização da Gravitação aplicado à Cosmologia, disciplina que ganhou o nome de Cosmologia Quântica. No entanto, a interpretação usual da Mecânica Quântica pressupõe a divisão do mundo em um domínio quântico e um domínio clássico. É nesse último onde se dá o colapso da função de onda através das medidas clássicas, onde as potencialidades quânticas se tornam fatos concretos. Ora, se o sistema quântico é o próprio universo e tudo o que nele está contido, não há lugar para um domínio clássico e, obviamente, a interpretação usual cai por terra. Portanto, para que uma Cosmologia Quântica faça sentido, é imperativo formular interpretações alternativas para a Mecânica Quântica. O objetivo é dar um significado físico às soluções do análogo à equação de Schrödinger para a Cosmologia (a equação de Wheeler-DeWitt) e, assim, verificar se as singularidades cosmológicas são eliminadas por processo quânticos, extrair informações sobre as condições iniciais do Universo e comparar o espectro de perturbações de densidade obtido com os dados cada vez mais precisos das observações astrofísicas.

Existem também outras dificuldades técnicas a serem superadas. Em primeiro lugar, a equação de Wheeler-DeWitt é uma equação funcional, definida no espaço de todas as geometrias espaciais possíveis, denominado de *superespaço*, e para a qual não se conhece nenhuma solução exata até o momento. Isto nos leva a restringir o número de graus de liberdade, deixando livre apenas um número finito e restrito deles. Tecnicamente, isto implica em se limitar ao *mini-superespaço*. Por outro lado, o termo que representa a liberdade de reparametrização temporal, a função lapso, revela-se um multiplicador de Lagrange do Hamiltoniano, impondo que este seja, na linguagem de Dirac, fracamente zero. Conseqüentemente, no processo de quantização, a variável tempo deixa de existir, pelo menos de forma explícita. É possível que ela possa continuar a estar presente no formalismo, mas escondida em uma das variáveis dinâmicas, ou em quantidades a elas relacionadas.

- **Interpretação de Bohm - de Broglie da Cosmologia**

Esta é uma interpretação alternativa à interpretação de Copenhague da Mecânica Quântica, que pode se adequar perfeitamente à Cosmologia Quântica. Nela não há necessidade de uma divisão do mundo em um domínio quântico e um domínio clássico por se tratar de uma teoria ontológica da matéria: os fatos concretos existem *ab initio*. Os efeitos quânticos são gerados por um novo potencial não local, chamado de *potencial quântico*, que decorre naturalmente da equação de Schrödinger (ou da equação de Wheeler-DeWitt, no caso da Cosmologia Quântica).

Com relação aos modelos de mini-superespaço, em trabalhos de Nelson Pinto Neto, José Acácio de Barros, Júlio César Fabris, Roberto Colistete Jr., Alexandre da Fonseca Velasco e Marco Antonio Sagioro-Leal, verificou-se a existência de modelos quânticos sem singularidade que se contraem até um mínimo e depois se expandem novamente da maneira clássica padrão. O potencial quântico evita a singularidade e cria uma fase inflacionária. Estes modelos têm como fonte de curvatura fluidos de radiação ou um campo escalar livre. Está-se estudando a evolução de perturbações cosmológicas de origem quântica nestes cenários e suas consequências sobre a radiação de fundo cósmica. Também foi verificado que o potencial quântico pode gerar fases isotrópicas em modelos cosmológicos anisotrópicos e ser um mecanismo alternativo à inflação para a isotropização do Universo. Verificou-

se ainda que a Cosmologia Quântica dos modelos homogêneos (mini-superespaço), segundo esta interpretação, não apresenta problemas de ambigüidade na escolha da variável que fará o papel do tempo: qualquer escolha fornece o mesmo resultado físico. No entanto, em trabalho de Nelson Pinto Neto com Eduardo Sérgio Santini, foi demonstrado que este resultado não é mais válido para os modelos não-homogêneos gerais (no superespaço completo), ou seja, a existência do potencial quântico quebra uma das simetrias básicas da TRG clássica, a unidade do espaço-tempo, gerando direções privilegiadas. O grupo de simetria destes espaços-tempos quânticos gerais não é mais o grupo de transformações gerais de coordenadas, mas um grupo mais restrito.

- **Transição Quântica de Topologia**

No cenário da Gravitação Quântica uma série de novas questões podem ser tratadas, como por exemplo, a possibilidade de transições quânticas de topologia. Como se sabe, transições clássicas de topologia são inconsistentes com os princípios de causalidade e de finitude do campo. Pretende-se, então, exibir exemplos concretos de transição quântica de topologia, que poderiam ter ocorrido no universo primordial, bem como examinar a possibilidade de flutuação quântica de topologia em famílias de buracos negros.

Nelson Pinto Neto, Jérôme Martin, Vitório A. De Lorenci e I.D.Soaes vêm estudando transições quânticas de topologia no Universo, tendo inclusive calculado funções de Green aproximadas que descrevem este tipo de transição e obtendo regras de seleção.

- **Teoria Quântica de Campos em Espaços Curvos**

A teoria quântica de campos em espaços curvos trata do estudo e da formulação da teoria de campos em variedades incompletas (variedades com horizonte de eventos e de coordenadas) e sua relação com o chamado Efeito Fulling-Unruh-Hawking. Dentro deste plano geral, as seguintes linhas de pesquisa são importantes para o grupo:

- Estudo dos 10 sistemas de coordenadas que, no espaço-tempo bidimensional, induzem a separabilidade na equação de Klein-Gordon.
- Teoria Quântica de Campos em referencial não-inercial.
- Regularização do tensor de energia-momentum da matéria.
- Efeito Casimir e outros efeitos quânticos do vácuo na cosmologia primordial

Neste último ponto, os objetivos principais podem ser listados como segue abaixo:

- 1) Investigar o problema do estado de vácuo inicial do Universo e encontrar conjuntos de vácuos preferenciais com comportamentos não-singulares do tensor energia-momentum de uma teoria quântica de campos no momento inicial.
- 2) Calcular o tensor energia-momentum completo do vácuo de uma teoria quântica de campos, no estado de vácuo preferencial, e determinar o efeito de *back-reaction* da densidade de energia e pressão de vácuo na expansão cosmológica.
- 3) Examinar a densidade de energia de Casimir do vácuo em espaços-tempos com topologia não-trivial, incluindo espaços-tempos de múltiplas cordas-cósmicas, e comparar os resultados obtidos com a energia do vácuo devido ao efeito de criação de partículas e polarização de vácuo em configurações geométricas não triviais e sua possível utilização na formação de *wormholes*.
- 4) Criar um cenário cosmológico no qual a transição entre os estágios inflacionário e de Friedmann de evolução do Universo sejam governados pelos efeitos do vácuo quântico de uma teoria de campos através das equações de Einstein.
- 5) Examinar em detalhes a radiação Hawking de buracos negros e verificar até que ponto na sua evolução as hipóteses necessárias para deduzi-la permanecem válidas.

❖ **Efeitos Geométricos Associados à Eletrodinâmica Não Linear**

Em uma comunicação recente (*M.Novello, V.A.De Lorenci, J.M.Salim e R.Klippert, Physical Review D 61, 045001, 2000*), mostramos que processos não lineares no Eletromagnetismo possuem uma propriedade notável, a saber: *as discontinuidades de campo em uma teoria não linear se propagam como se a geometria do espaço-tempo se modificasse, não sendo mais de tipo Minkowski,*

mas de um outro tipo (que chamaremos de geometria efetiva), dependente do campo eletromagnético do **background**. Deve-se enfatizar aqui que esta nova geometria não tem relação com nenhum processo gravitacional: trata-se de um puro processo eletromagnético. A semelhança da descrição dos fótons nestes processos não lineares com a Gravitação sugere a existência de sistemas puramente eletromagnéticos semelhantes a sistemas gravitacionais. Alguns resultados notáveis já foram obtidos. Dentre eles, podemos citar a possibilidade de uma geometria efetiva que apresenta um comportamento confinante para o fóton. Um tal sistema poderia ser chamado de **buraco negro eletromagnético**. Foi possível também gerar uma geometria efetiva que possui as características de um *wormhole* gravitacional para fótons (F.Baldovin, M.Novello, S.E.P.Bergliaffa e J.Salim, 2000). Nesta direção, estuda-se a possibilidade de obter análogos de outros sistemas gravitacionais.

O fato de que as teorias eletromagnéticas não lineares no vácuo podem ser interpretadas como teorias não lineares em presença de um meio sugere que os sistemas mencionados acima poderiam ser obtidos em laboratório, usando meios materiais. Em particular, a possibilidade de gerar no laboratório um buraco negro está sendo analisada.

Devemos ressaltar que a idéia da geometria efetiva é ainda válida no caso de um *background* curvo gerado por um campo eletromagnético não linear. Consta-se novamente que os fótons não seguem geodésicas de métricas de fundo, mas sim de uma métrica efetiva. Usando a geometria efetiva associada a um assim chamado **buraco negro não singular**, mostramos que o buraco negro tem singularidades somente percebidas pelos fótons (M.Novello, S.E.P.Bergliaffa e J.M.Salim, 2000).

#### ❖ Gravitação em Espaços de Weyl Integrável

Processos físicos que ocorrem em campos gravitacionais muito intensos têm despertado grande interesse nos últimos anos. Muitos dos modelos teóricos construídos para descrever tais processos, e que tomam a Relatividade Geral como a teoria da Gravitação padrão, deparam-se com o problema do aparecimento de singularidades inevitáveis. É bem conhecido o fato de que a descrição clássica proporcionada pela Relatividade Geral (RG) deixa de ser válida quando curvaturas do espaço-tempo

muito grandes estão presentes (V.P.Frolov, M.A.Markov, e V.F.Mukhanov, *Physical Review D* **41**, 383, 1990). Na tentativa de eliminar essas dificuldades, modificações da Relatividade Geral têm sido propostas, em particular as teorias de cordas e as teorias multidimensionais de Kaluza-Klein. Essas teorias dão origem à teoria de campo do Dilaton, onde a intensidade do campo escalar neutro determina o valor das constantes de acoplamento na teoria efetiva a quatro dimensões. Essa teoria foi estabelecida, para o caso em que a interação eletromagnética está presente, como o limite da teoria de cordas para baixas energias (D.Garfinkle, G.T.Horowitz e A.Stromoinger, *Physical Review D* **43**, 3140, 1991; G.W.Gibbons e K.Maeda, *Nuclear Physics B* **298**, 741, 1988; J.H.Horne e G.T.Horowitz, *Physical Review D* **46**, 1340, 1992) ou como resultado de redução dimensional de teorias multidimensionais de Kaluza-Klein (R.Sorkin, *Physical Review Letters* **51**, 87, 1983; D.Gross e M.J.Perry, *Nuclear Physics B* **226**, 29, 1983). Posteriormente, a teoria do Dilaton foi estendida para o caso em que um outro campo escalar, representando a matéria em interação com a Gravitação, está presente (Z.Tao e X.Xue, *Physical Review D* **45**, 1878, 1992).

A presença do Dilaton pode ser entendida como um retrocesso na estrutura formal da Relatividade Geral, na medida em que ela suprime um dos mais belos resultados desta teoria: a geometrização da interação gravitacional. Essa dificuldade pode ser superada se a estrutura Riemanniana do espaço-tempo utilizada pela Relatividade Geral for generalizada. Gostaríamos de ressaltar, no entanto, que essa generalização não é um artifício arbitrário, introduzido para geometrizar o campo de Dilaton. Na verdade, ela decorre de uma motivação diferente e independente introduzida por Ehlers *et al.* (J.Ehlers, F.Pirani e A.Schild, *General Relativity*, Ed. L.O'Raifeartaigh, Oxford, Clarendon, 1982). Esses autores fizeram uma formulação axiomática para determinar a estrutura do espaço-tempo: partindo de elementos simples como partículas em queda livre e raios luminosos, a estrutura univocamente obtida foi a geometria de Weyl integrável. Essa geometria difere da geometria de Riemann ao permitir a variação dos comprimentos pela mudança da posição onde esses são determinados. O campo escalar (Dilaton) aparece, nesse caso, como uma consequência natural dos axiomas utilizados e é incorporado na afinidade da nova geometria. Sua natureza puramente geométrica é assim assegurada. Utilizando essa representação para o espaço-tempo, construímos uma

teoria da Gravitação onde a interação gravitacional é completamente geometrizada (*M.Novello, L.A.R.Oliveira, J.M.Salim e E.Elbaz, International Journal of Modern Physics D 1, 641, 1993; J.M.Salim e S.L.Sautú, Classical and Quantum Gravity 13, 353, 1996*). A presença do campo escalar modifica os fenômenos gravitacionais de larga escala. Por esse motivo foi necessário um reestudo das configurações gravitacionais típicas como: configurações esférico-simétricas neutras e carregadas (*J.M.Salim e S.L.Sautú, Classical and Quantum Gravity 15, 203, 1998*), modelos cosmológicos homogêneos e isotrópicos (*H.P.Oliveira, J.M.Salim e S.L.Sautú, Classical and Quantum Gravity 14, 2833, 1998*), bem como soluções anisotrópicas na presença de campos magnéticos (*J.M.Salim, S.L.Sautú e R.Martins, Classical and Quantum Gravity 15, 1521, 1998*). Em muitas das soluções encontradas, o campo de Dilaton permitiu eliminar a singularidade presente nas soluções correspondentes da Relatividade Geral, bem como permitiu o aparecimento natural de períodos inflacionários nas soluções cosmológicas (*J.C.Fabris, J.M.Salim e S.L.Sautú, Modern Physics Letters A 13, 953, 1998*).

A seguir, iremos estudar as modificações decorrentes da presença do campo escalar geométrico na radiação de fundo, especialmente na determinação da polarização da mesma (*M.Zaldarriaga e D.D.Harari, Physical Review D 52, 3276, 1995*). Para isso, estabeleceremos um tratamento analítico para descrever a polarização da radiação cósmica de microondas que leve em conta a interação com o Dilaton. Além disso, estenderemos esse estudo para descrever a rotação de Faraday adicional decorrente da interação com o Dilaton. Aplicaremos o formalismo desenvolvido no estudo da radiação cósmica de microondas (*M.Giovannini, Physical Review D 56, 3198, 1997*) e no estudo da rotação de Faraday gravitacional na presença do Dilaton em espaços-tempos estacionários (*M.Nouri-Zonoz, Physical Review D 60, 024013-1, 1999*).

Futuramente, pretendemos construir modelos cosmológicos com a soluções obtidas (*J.C.Fabris, J.M.Salim e S.L.Sautú, Modern Physics Letters A 13, 953, 1998*), comparar esses modelos com os dados observacionais, estudar a estabilidade dos modelos cosmológicos obtidos e o problema da formação de estruturas nesses modelos. Ainda em Cosmologia, iremos investigar modelos



anisotrópicos e possíveis mecanismos de isotropização na presença de campo de Dilaton ou induzidos por este. Em particular queremos estudar a produção de partículas induzida pelo Dilaton e verificar se ela auxilia no processo de isotropização do modelo.

#### ❖ **Termodinâmica Relativística**

A Termodinâmica Relativística busca descrever processos físicos tomando em conta suas variáveis macroscópicas e podendo envolver dissipação de energia. Na representação relativística destes sistemas físicos macroscópicos distinguem-se dois tipos de variáveis: as **universais** ( $T_{\mu\nu}$ ), que descrevem a densidade de energia e o momento do sistema, e as **específicas**, que determinam os componentes do sistema. A dinâmica das variáveis específicas e dos diferentes fluxos (além dos de energia e momento) é determinada pelas equações fenomenológicas da Termodinâmica Relativística Causal. Esta linha de pesquisa tem dois ramos básicos. O primeiro deles envolve a obtenção das equações relativísticas de um fluido simples, submetido a processos dissipativos e com ênfase na formulação de Landau – a qual é ainda pouco conhecida na Literatura. O processo de expansão (contração) de modelos cosmológicos homogêneos e isotrópicos (modelo de Friedmann-Robertson-Walker) como um processo fora do equilíbrio foi estudado a seguir. Em particular pretendeu-se verificar a eficiência da dissipação como um mecanismo capaz de evitar a singularidade presente em métricas de tipo Friedmann-Robertson-Walker. A seguir, pretende-se estender o formalismo já desenvolvido para incluir fluidos de várias componentes e fluidos dotados de estrutura interna (spin). Neste último caso, já obtivemos as consequências do acoplamento do spin com o campo gravitacional, bem como algumas aplicações à Cosmologia e métricas conformalmente planas. O segundo ramo de trabalho, derivado desta linha de pesquisa, realiza um estudo sistemático de sistemas físicos relativísticos (com matéria ponderável) em interação com o campo eletromagnético. Posteriormente, pretende-se estudar as modificações que a teoria apresenta quando o campo magnético é acoplado diretamente à curvatura do espaço-tempo. Finalmente, como uma consequência deste programa de pesquisas, pretende-se investigar sistemas macroscópicos em interação com o campo gravitacional, visando compreender-se a natureza da influência deste último

nas propriedades termodinâmicas dos sistemas estudados. Este estudo compreende, também, a análise e cálculo de flutuações e estabilidade dos modelos cosmológicos considerados.

#### ❖ Soluções Patológicas da Relatividade Geral

Um tipo de solução de algumas teorias da Gravitação que apresenta características incomuns são os "buracos de minhoca" (*wormholes*). Estes podem ser entendidos como túneis que unem dois universos ou dois pontos distantes no mesmo universo. Uma das características mais notáveis dos *wormholes* é que eles permitem a formação de curvas tipo tempo fechadas. Uma outra característica importante deste tipo de espaços-tempos é que eles precisam de matéria que viola as condições de energia como fonte. As duas características podem parecer pouco realistas, mas não há leis na Física que as proibam. Conseqüentemente, é interessante estudar se os *wormholes* existem ou não na natureza, através das consequências observacionais de sua existência. Esta idéia foi adotada em *S.P.Bergliaffa e K.Hibberd (2000)*, onde estudamos a propagação das ondas eletromagnéticas em um *wormhole* estático com simetria esférica. Qualquer ressonância no coeficiente de transmissão das ondas passando através da garganta do *wormhole* seria visto como linhas de absorção, as quais forneceriam informação sobre o tamanho desta garganta. Embora, neste caso simples, não tenhamos descoberto ressonâncias, foi ele de grande ajuda como preparação para a análise de casos mais importantes do ponto de vista da Astrofísica.

Uma das configurações que poderia ter relevância em Astrofísica é a do *wormhole* em rotação. Embora esta caso tenha sido estudado anteriormente, a atenção foi centrada apenas na geometria do problema. Numa comunicação recente (*S.P.Bergliaffa e K.Hibberd, gr-qc/0006041*) mostramos que, embora possam existir *wormholes* em rotação com um fluido perfeito como fonte, na maioria dos casos é preciso um fluido mais complicado (por exemplo, com *stress* anisotrópico ou fluxo de calor).

O problema central (ainda não resolvido) está relacionado à descrição da matéria que gera o *wormhole*. Essa matéria está sujeita a algumas restrições. Não obstante, tais restrições não são suficientes para determinar univocamente o tensor de energia-momento e, então, os *wormholes* estão longe de ser soluções únicas das equações de Einstein. Trataremos de restringir o conteúdo de matéria

tanto quanto seja possível, usando resultados da Teoria Quântica de Campos em espaços curvos. Em particular, tentaremos aplicar a idéia de restrições na densidade de energia negativa usando desigualdades quânticas no caso de um *wormhole* genérico. Restringindo ao máximo as propriedades da matéria, será possível enunciar consequências observacionais mais específicas de existência destes objetos.

## 4. Produção Científica do Grupo

Apresentamos nesta seção a produção científica total dos membros do Grupo de Cosmologia e Gravitação. Esta produção foi separada por tipo e, ao final deste documento, exibimos gráficos que auxiliam na melhor visualização desta produção. Apresentamos, primeiramente, os totais dos indicadores de produção científica do grupo.

### 4.1. Indicadores de Produção Científica

TIPO DE PRODUÇÃO	DÉCADAS		
	1969-1980	1981-1990	1991-2000
Livros e capítulos em livros	03	08	38
Artigos científicos publicados em revistas com <i>referee</i>	33	46	144
Trabalhos apresentados em eventos científicos	04	31	64
Teses orientadas (MESTRADO)	06	13	13
Teses orientadas (DOUTORADO)	02	06	10

### 4.2. Livros e Capítulos Publicados

Listamos, abaixo, os livros (e os capítulos publicados em *proceedings* e coletâneas) de autoria dos componentes do grupo, em ordem cronológica.

- 1) M.Novello. *No Caminho da Geometrização do Eletromagnetismo*. Publicado em **II Escola de Cosmologia e Gravitação do CBPF - Volume I**. Ed. Mário Novello. J.Sasson & Cia. Ltda., Rio de Janeiro, 1980.
- 2) M. Novello, *Stokesian Fluids and Cosmology*. Publicado em **Nukleonica, vol. 25 (1980)**. Número especial dedicado à memória de B. Kuchowicz.
- 3) M.Novello. *Cosmologia Relativista*. Publicado em **II Escola de Cosmologia e Gravitação do CBPF - Volume I**. Ed. Mário Novello. J.Sasson & Cia. Ltda., Rio de Janeiro, 1980.
- 4) M.Novello e L.M.C.S.Rodrigues. *Bifurcation in the Early Cosmos*. Publicado em **Proceedings of the Third Marcel Grossmann Meeting on General Relativity**. Science Press and North-Holland Publishing Company, Shanghai, 1983.
- 5) M.Novello e H.Heintzman. *Towards the Unification of Gravity and Electro-Weak Interactions*. Publicado em **Proceedings of the Fourth Marcel Grossmann Meeting on General Relativity**. Elsevier Science Publishers B.V., Roma, 1986.
- 6) M.Novello, ***Cosmos et Contexte***. Ed. Masson, Paris, 1987.
- 7) M.Novello. *The Program of an Eternal Universe*. Publicado em **Vth Brazilian School of Cosmology and Gravitation**. Editor: M.Novello. Ed. World Scientific, Singapura, 1987.
- 8) M.Novello. *Variáveis de Fierz e a Quantização da Gravitação*. Publicado em **Vth Brazilian School of Cosmology and Gravitation**. Editor: M.Novello. Ed. World Scientific, Singapura, 1987.
- 9) M.Novello, J.M.Salim e H.Heintzman. *Perturbations of the Friedmann Universe*. Publicado em **Leite Lopes Festschrift**. Editores: N.Fleury, S.Joffily, J.A.Martins Simões e A.Troper. Ed. World Scientific, Singapura, 1988.
- 10) M.Novello, ***Cosmos e Contexto***. Ed. Forense Universitária, Rio de Janeiro, 1989.
- 11) M.Novello, *Fundamentos da Cosmologia*. Publicado em **Particles and Fields**. Ed. Sociedade Brasileira de Física, São Paulo, 1990.
- 12) M.Novello. *Dynamical Eternal Universe Scenario*. Publicado em **Frontier Physics - Essays in Honour of Jayme Tiomno**. Ed. World Scientific, Singapura, 1991.

- 13) E.Elbaz e M.Novello. *Cosmologie*. Ed. Ellipses, Paris, 1992.
- 14) N.Pinto Neto e I.D.Soaes. *Gravitational Energy*. Publicado em *Proceedings of the XIII International Conference on General Relativity and Gravitation*. Córdoba, Argentina, 1993.
- 15) M.Novello e J.M.Salim. *Scalar-Vector Theory and Electrodynamics*. Publicado em *Cesar Lattes, 70 Anos*. 1994.
- 16) M.Novello. *Cosmology and Gravitation*. Publicado em *Proceedings of the VII Brazilian School of Cosmology and Gravitation*. Editor: Mário Novello. Ed. World Scientific, Singapura, 1994.
- 17) M.Novello. *Theoretical Cosmology*. Publicado em *Cosmology and Gravitation*. Editor: Mário Novello. Editions Frontières, Gif-sur-Yvette, 1994.
- 18) M.Novello. *Cosmologia*. Publicado em *Do Átomo Grego à Física das Interações Fundamentais*. 1995.
- 19) M.Novello. *Minimal Closed Set of Observables in the Theory of Cosmological Perturbations*. Publicado em *Cosmology and Gravitation II*. Editor: Mário Novello. Ed. World Scientific, Singapura, 1996.
- 20) N.Pinto Neto. *Quantum Cosmology*. Publicado em *Cosmology and Gravitation II*. Editor: Mário Novello. Ed. World Scientific, Singapura, 1996.
- 21) N.Pinto Neto e J.A.Barros. *The Causal Interpretation of Quantum Mechanics and the Singularity Problem in Quantum Cosmology*. Publicado em *Proceedings of the Second Meeting on Constrained Dynamics and Quantum Gravity*. Volume II. Ed. World Scientific. Singapura, 1996.
- 22) V.M.Mosteapanenko e A.A.Lobashov. *Heisenberg Picture for Quantized Fields Interacting with Nonstationary Electromagnetic or Gravitational Background*. Publicado em *Gravity, Particles and Space-Time*. Editores: P.Pronin e G.Sardanashvily. Ed. World Scientific, Singapura, 1996.
- 23) V.M.Mosteapanenko. *Casimir Effect for the Real Boundaries: Contribution of the Electrical and Mechanical Imperfections*. Publicado em *Quantum Field Theory Under the Influence of External Conditions*. Editor: M.Bordag. Ed. B.G.Teubner Verlagsgesellschaft, Stuttgart, Leipzig, 1996.
- 24) V.M.Mosteapanenko. *Casimir Effect for the Real Boundaries*. Publicado em *Proceedings of the XVII Brazilian National Meeting on Particles and Fields*. FAPESP - SBF. São Paulo, 1996.

- 25) V.M.Mosteapanenko, V.B.Bezerra e C.Romero. *Vacuum Quantum Effects on Nonconformal Scalar Field in the Friedmann Cosmology*. Publicado em ***Proceedings of the XVII Brazilian National Meeting on Particles and Fields***. FAPESP - SBF. São Paulo, 1996.
- 26) V.M.Mosteapanenko, G.L.Klimchitskaya, Ye.P.Krivtsov, C.Romero e A.Ye.Sinelnikov. *New Experiment for Obtaining Stronger Constraints on Hypothetical Particles of Modern Field Theory*. Publicado em ***Proceedings of the XVII Brazilian National Meeting on Particles and Fields***. FAPESP - SBF. São Paulo, 1996.
- 27) V.M.Mosteapanenko e A.A.Lobashov. *Heisenberg Representation for Creation-Annihilation Operators in Nonstationary Background*. Publicado em ***Problems of Fundamental Physics - Proceedings of the 7th Lomonosov Conference on Elementary Particle Physics***. Editor: A.I.Studenikin. International Centre for Advanced Studies. Moscou, 1997.
- 28) M.Novello. ***O Círculo do Tempo: Um Olhar Científico Sobre Viagens Não-Convencionais no Tempo***. Ed. Campus, Rio de Janeiro, 1997.
- 29) V.Mosteapanenko e N.Trunov. ***The Casimir Effect and Its Applications***. Oxford University Press: Oxford, Clarendon Press, 1997.
- 30) V.M.Mosteapanenko, E.R.Bezerra de Mello e G.L.Klimchitskaya. *New Constraints on the Degree-Type Hypothetical Interactions from the Recent Casimir Force Measurement*. Publicado em ***Proceedings of the XVIII Brazilian National Meeting on Particles and Fields***. FAPESP - SBF. São Paulo, 1998.
- 31) V.M.Mosteapanenko e E.R.Bezerra de Mello. *Induced Parity-Violation in the Proca Lagrangian by Coupling with Photons from Maxwell-Chern-Simon Theory*. Publicado em ***Proceedings of the XVIII Brazilian National Meeting on Particles and Fields***. FAPESP - SBF. São Paulo, 1998.
- 32) V.M.Mosteapanenko, V.B.Bezerra e C.Romero. *Quasi-Energy Spectrum of a Nonconformal Scalar Field in an Isotropic Gravitational Background*. Publicado em ***Proceedings of the XVIII Brazilian National Meeting on Particles and Fields***. FAPESP - SBF. São Paulo, 1998.
- 33) V.M.Mosteapanenko. ***Casimir Effect as a Test for Hypothetical Long-Range Interactions***. Publicado em ***Proceedings of the Workshop on Casimir Forces***. Editores: C.-K.Au., P.Milonni, L.Spruch e J.F.Babb. Cambridge, Massachusetts, 1998.

- 34) V.M.Mostepanenko. *The Casimir Effect*. Publicado em ***Physical Encyclopaedia***. Editor: A.M.Prokhorov. Large Russian Encyclopaedia, Moscou, 1998.
- 35) M.Novello. *Non Singular Cosmology*. Publicado em ***Proceedings of the Eighth Marcel Grossmann Meeting on General Relativity***. Volume B. Editores: T.Piran e R.Ruffini. Ed. World Scientific, Singapura, 1999.
- 36) M.Novello. *The Program of the Eternal Universe*. Publicado em ***Proceedings of the Eighth Marcel Grossmann Meeting on General Relativity***. Volume B. Editores: T.Piran e R.Ruffini. Ed. World Scientific, Singapura, 1999.
- 37) V.M.Mostepanenko, M.Bordag, B.Geyer e G.I.Klimchitskaya. *New Measurements of the Casimir Force as a Test for Non-Gravitational Long-Range Interactions*. Publicado em ***Proceedings of the 4th Alexander Friedmann Seminar on Gravitation and Cosmology***. Editores: Yu.N.Gnedin, A.A.Grib, V.M.Mostepanenko e W.A.Rodrigues-Jr. Unicamp, Campinas, 1999.
- 38) V.M.Mostepanenko, M.Bordag, B.Geyer e G.L.Klimchitskaya. *Casimir Effect as a Test for Hypothetical Interactions*. Publicado em ***Proceedings of the 4th Workshop on Quantum Field Theory Under the Influence of External Conditions***. Editor: M.Bordag. Ed. World Scientific, Singapura, 1999.
- 39) V.M.Mostepanenko, J.A.Espichán-Carrillo e A.Maia Jr. *Jacobi Elliptic Solutions of  $\lambda\phi^4$  Theory in a Finite Domain*. Publicado em ***Particles and Fields - Eighth Mexican School***. Oaxaca, México. American Institute of Physics, Melville, New York, 1999.
- 40) V.M.Mostepanenko e J.Lindig. *Particle Creation and Vacuum Polarization of Nonconformal Scalar Field Near the Isotropic Cosmological Singularity*. Publicado em ***Proceedings of the Eighth Marcel Grossmann Meeting on General Relativity***. Volume A. Editores: T.Piran e R.Ruffini. Ed. World Scientific, Singapura, 1999.
- 41) J.A.Barros, N.Pinto Neto e M.A.S.Leal. *The Causal Interpretation of Dust and Radiation Fluids Non-Singular Quantum Cosmologies*. Publicado em ***Proceedings of the Eighth Marcel Grossmann Meeting on General Relativity***. Volume B. Editores: T.Piran e R.Ruffini. Ed. World Scientific, Singapura, 1999.



- 42) J.M.Salim, R.Klippert, M.Novello e M.C.Motta da Silva. *A New Approach to Schwarzschild Perturbations*. Publicado em ***Proceedings of the Eighth Marcel Grossmann Meeting on General Relativity***. Volume A. Editores: T.Piran e R.Ruffini. Ed. World Scientific, Singapura, 1999.
- 43) J.M.Salim, S.L.Sautú e J.C.Fabris. *Inflationary Cosmology in Weyl Integrable Geometry*. Publicado em ***Proceedings of the Eighth Marcel Grossmann Meeting on General Relativity***. Volume A. Editores: T.Piran e R.Ruffini. Ed. World Scientific, Singapura, 1999.
- 44) J.M.Salim, D.Pavón e V.Méndez. *The Cosmic Fluid is Essentially Transparent to Gravitational Radiation*. Publicado em ***Proceedings of the Eighth Marcel Grossmann Meeting on General Relativity***. Volume A. Editores: T.Piran e R.Ruffini. Ed. World Scientific, Singapura, 1999.
- 45) L.A.R.Oliveira. *A Matéria do Céu*. Publicado em Descartes - A Ordem das Razões, A Ordem das Paixões. Organizado por G.C.Branco. NAU Editora, Rio de Janeiro, 1999.
- 46) M.Novello. *A Field Theory of Gravity*. Publicado em ***Cosmology and Gravitation - Proceedings of the IX Brazilian School of Cosmology and Gravitation***. Editor: Mário Novello. Ed. AtlantiSciences, Paris, 2000.
- 47) M.Novello. ***Le Cercle du Temps***. Ed. Atlantica-Seguiet, Paris, 2000.
- 48) V.M.Mostepanenko. *Cosmological Applications of QFT in Curved Spacetimes*. Publicado em ***Cosmology and Gravitation - Proceedings of the IX Brazilian School of Cosmology and Gravitation***. Editor: Mário Novello. Ed. AtlantiSciences, Paris, 2000.
- 49) M.Novello. ***Os Sonhos Atribulados de Maria Luísa***. Jorge Zahar Editor. Rio de Janeiro, 2000.

#### 4.3. Artigos Científicos Publicados por Membros do Grupo

- 1) M.Novello e J.Leite Lopes. *The Role of the Mass in the Theory of Fermions*. Revista Mexicana de Física **18**, 5, 425-435, 1969.
- 2) M.Novello. *Dirac's Equations in a Weyl Space*. Nuovo Cimento, **164A**, 954-960, 1969.
- 3) J.Leite Lopes e M.Novello. *Gauge Transformations and Generalized Multipole Moment Operators*. Revista Mexicana de Física **19**, 229-239, 1970.
- 4) M.Novello. *An Exact Solution of the  $\gamma$ -Equation*. Helvetica Physica Acta **44**, 6, 697-702, 1971.

- 5) M.Novello. *Gravitation as a Consequence of the Self-Interaction of the  $\gamma$  Fields*. Journal of Mathematical Physics **12**, 6, 1039-1041, 1971.
- 6) M.Novello. *The Origin of the Neutrino Mass*. Lettere al Nuovo Cimento **1**, 6, 252-254, 1971.
- 7) M.Novello e P.Rotelli. *The Cosmological Dependence of Weak Interaction*. Journal of Physics **A 5**, 1488-1494, 1972.
- 8) M.Novello e M.Armony. *On the Mass Difference of the Electron and the Muon*. Notas de Física do CBPF, NF-XIX, 3, 97-101, 1972.
- 9) M.Novello. *A New Model of Gravitational Interaction*. Notas de Física do CBPF XX, 4, 111-116, 1973.
- 10) M.Novello. *Weak and Electromagnetic Forces as a Consequence of the Self-Interaction of the  $\gamma$  Field*. Physical Review **D 8**, 8, 2398-2400, 1973.
- 11) M.Novello e Ligia M.C.S.Rodrigues. *Beyond the Cosmological Singularity*. Lettere al Nuovo Cimento **13**, 2, 74-76, 1975.
- 12) I.D.Souares e M.Novello. *Spherically Symmetric Neutrino Radiation Stars*. Physics Letters **55A**, 1, 5-6, 1975.
- 13) M.Novello. *Generalization of Einstein's Theory of Gravity in the Presence of Tensions in Space-Time*. International Atomic Energy Agency, IC/75/61, 1-14, Miramare, Trieste, 1975.
- 14) M.Novello e I.D.Souares. *Neutrino Cosmology*. Physics Letters **56A**, 6, 431-433, 1976.
- 15) M.Novello, C.A.P.Galvão, I.D.Souares e J.M.Salim. *Electric and Magnetic Gravitational Monopoles: the Equation of Motion of Poles*. Journal of Physics **A 9**, 4, 547-554, 1976.
- 16) M.Novello. *Scalar and Massless Vector Fields in Cartan Space*. Physics Letters **59A**, 2, 105-106, 1976.
- 17) M.Novello. *Ghost Basis for Neutrino*. Physics Letters **58A**, 2, 75-76, 1976.
- 18) M.Novello, I.D.Souares e J.M.Salim. *On Jacobi Fields*. General Relativity and Gravitation **8**, 2, 95-102, 1977.
- 19) M.Novello. *Static Inhomogeneous Cosmological Model*. Physics Letters **61 A**, 5, 293-294, 1977.
- 20) M.Novello e I.D.Souares. *Eigenvalue Treatment of Cosmological Models*. Physics Letters **64 A**, 2, 153-154, 1977.

- 21) M.Novello. *Absorption of Gravitational Waves by an Excited Vacuum Space-Time*. Physics Letters **61 A**, 7, 441-442, 1977.
- 22) M.Novello. *Excitations of the Gravitational Field - I*. Revista Brasileira de Física **8**, 2, 442-460, 1978.
- 23) M.Novello e M.J.Rebouças. *The Stability of a Rotating Universe*. Astrophysical Journal **225**, 719-724, 1978.
- 24) M.Novello. *Galaxy Formation and Vacuum Quantum Fluctuations of the Gravitational Field*. Lettere al Nuovo Cimento **24**, 3, 72-74, 1979.
- 25) M.Novello. *A Note Concerning the Gravitational Indistinguishability of a Neutrino Field and Stokesian Fluids*. Physics Letters **69 A**, 5, 309-310, 1979.
- 26) M.Novello e J.M.Salim. *Nonlinear Photons in the Universe*. Physical Review **D 20**, 2, 377-383, 1979.
- 27) M.Novello e M.J.Rebouças. *Rotating Universe with Successive Causal and Non-Causal Regions*. Physical Review **D 19**, 10, 2850-2852, 1979.
- 28) L.A.R.Oliveira, T.Kodama e F.C.Santos. *Path Integrals for Arbitrary Canonical Transformations*. Nuovo Cimento **58 B**, 2, 251-256, 1980.
- 29) M.Novello e J.B.d'Olival. *Nonlinear Viscous Cosmology*. Acta Physica Polonica **B 11**, 1, 3-13, 1980.
- 30) M.Novello e J.Duarte. *On Dual Properties of Weyl Tensor*. General Relativity and Gravitation **12**, 11, 871-880, 1980.
- 31) M.Novello e R.Araújo. *Qualitative Analysis of Homogeneous Universes*. Physical Review **D 22**, 2, 260-266, 1980.
- 32) M.Novello. *Stokesian Fluids and Cosmology*. Nukleonika **25**, 11-12, 1405-1413, 1980 (Número Especial, dedicado à memória do físico polonês B.Kuchowicz).
- 33) M.Novello. *Algumas Questões Cosmológicas*. Revista Brasileira de Física **10**, 3, 599-642, 1980.
- 34) M.Novello, H.Heintzman e E.Schrfer. *Generation and Propagation of Synchro-Cherenkov Radiation*. Revista Brasileira de Física **11**, 3, 623-628, 1981.

- 35) M.Novello e H.Heintzman. *Pulsar Slow-Down Epochs*. Revista Brasileira de Física **11**, 3, 611-621, 1981.
- 36) M.Novello, A.Santoro e H.Heintzmann. *Is Parity Violation a Cosmological Evolution Effect?* Physics Letters **89 A**, 266, 1982.
- 37) M.Novello. *Cosmic Repulsion*. Physics Letters **90 A**, 7, 347-348, 1982.
- 38) M.Novello e H.Heintzman. *Action Principle for a Hot Plasma in Curved Space-Time*. Physical Review **A 27**, 5, 2671-2681, 1983.
- 39) M.Novello e H.Heintzman. *Weyl Integrable Space-Time: A Model for Our Cosmos*. Physics Letters **98 A**, 1, 10-11, 1983.
- 40) M.Novello e J.M.Salim. *Non Equilibrium Relativistic Cosmology*. Fundamentals of Cosmic Physics **8**, 201-342, 1983.
- 41) M.Novello. *On a New Formulation of the Hamiltonian Theory of Gravity*. Notas de Física do CBPF, NF-045/83, 1-6, 1983.
- 42) M.Novello e L.C.M.S.Rodrigues. *On the Way to a Large Unification Theory*. Notas de Física do CBPF, NF-074/83, 1-7, 1983.
- 43) M.Novello e H.Heintzman. *O Universo Eterno*. Ciência e Sociedade, CBPF, CS-001/83, 1-11, 1983.
- 44) M.Novello, I.D.Souares e J.Tiomno. *Geodesic Motion and Confinement in Gödel's Universe*. Physical Review **D 27**, 4, 779-788, 1983.
- 45) M.Novello e L.C.M.S.Rodrigues. *Bifurcation in the Early Cosmos*. Lettere al Nuovo Cimento **40**, 10, 317-320, 1984.
- 46) M.Novello e H.Heintzman. *An Eternal Universe*. General Relativity and Gravitation **16**, 6, 535-539, 1984.
- 50) M.Novello e J.M.Salim. *Nonlinear Photons in the Universe*. Lettere al Nuovo Cimento **40**, 8, 232, 1984.
- 51) M.Novello, J.M.Salim e E.Ruckert. *Non Linear Photons in the Universe II - The Anisotropic Case*. Lettere al Nuovo Cimento **40**, 8, 232-234, 1984.

- 52) M.Novello e H.Heintzman. *The Hall Effect in a Unipolar Inductor: A Possible Dynamo or Anti-dynamo*. Revista Brasileira de Física **15**, 4, 394-405, 1985.
- 53) M.Novello e H.Heintzman. *A Scheme to Unify Gravity and Electro-Weak Interactions*. Notas de Física do CBPF, NF-058/85, 1-17, 1985.
- 54) M.Novello e L.C.M.S.Rodrigues. *A Unified Model for Gravity and Electroweak Interactions*. Lettere al Nuovo Cimento **43**, 6, 292-296, 1985.
- 55) M.Novello e L.A.R.Oliveira. *Stochastic Behaviour of the de Sitter Universes*. Physics Letters **109** A, 9, 454-456, 1985.
- 56) M.Novello e J.M.Salim. *On the Propagation of Einstein's Equations with Quasi-Maxwellian Equations of Gravity*. Notas de Física do CBPF, NF-021/85, 1-5, 1985.
- 57) M.Novello e H.Heintzman. *Pulsar Procession: A Nod is Not as Good as a Wink!* Revista Brasileira de Física **16**, 3, 413-425, 1986.
- 58) M.Novello e L.A.R.Oliveira. *A Marionette Universe*. Journal of Modern Physics **A 1**, 4, 943-951, 1986.
- 59) M.Novello e L.A.R.Oliveira. *New Feature for an Old Large Number*. Notas de Física do CBPF, NF-020/86, 1-4, 1986.
- 60) M.Novello. *A New Cosmological Scenario*. Notas de Física do CBPF, NF-025/86, 1-9, 1986.
- 61) M.Novello e N.Pinto Neto. *A Modified Theory of Gravity*. Notas de Física do CBPF, NF-002/87, 1-9, 1987.
- 62) M.Novello e Y.Choquet-Bruhat. *Système Conforme Régulier pour les Équations d'Einstein*. Comptes Rendu de L'Academie Des Sciences Serie II - Paris **305**, 155-160, 1987.
- 63) M.Novello e L.A.R.Oliveira. *Nonminimal Interaction of Gravity with Other Physical Fields: An Overview*. Revista Brasileira de Física **17**, 3, 432, 1987.
- 64) M.Novello e C.Romero. *Nonminimal Gravitational Coupling: The Spectrum of Cosmic Solutions*. General Relativity and Gravitation **19**, 10, 1003-1011, 1987.
- 65) M.Novello e A.L.Velloso. *The Connection Between General Observers and the Lanczos Potential*. General Relativity and Gravitation **19**, 12, 1251-1265, 1987.

- 66) N.Pinto Neto, M.Gleiser e R.Holman. *First Order Formalism for Quantum Gravity*. Nuclear Physics **B 294**, 1164-1179, 1987.
- 67) J.M.Salim e H.P.Oliveira. *Non-Equilibrium Friedmann Cosmologies*. Acta Polonica **B 19**, 7, 373, 1988.
- 68) I.Bediaga, M.Gasperini, M.Novello e E.Predazzi. *Geometric Description of Hadronization in Curved Spacetime*. Modern Physics Letters **4 A**, 2, 169-174, 1988.
- 69) M.Novello. *Does There Exist a Gravitational Analogue of the Electro-Weak Unification?* Notas de Física do CBPF, NF-009/89, 1-7, 1989.
- 70) M.Novello e E.Elbaz. *Bootstrap Variables in Einstein's General Relativity (The Role of the Cosmological Constant)*. Notas de Física do CBPF, NF-020/89, 1-5, 1989.
- 71) M.Novello e E.Elbaz. *Quantum Gravity, Classical Geometry: A Coherent Treatment*. Revista Brasileira de Física **19**, 4, 591-597, 1989.
- 72) M.Novello e S.Jorda. *Does There Exist a Cosmological Horizon Problem?* Modern Physics Letters **4 A**, 19, 1809-1813, 1989.
- 73) M.Novello, L.A.R.Oliveira e J.M.Salim. *Is the Number of Photons Conserved in an Expanding Universe?* Classical and Quantum Gravity **6**, 1989.
- 74) M.Novello e E.Elbaz. *A New Short Range Gravitational Force in the Leptonic World?* LYCEN 8911, 1989. Notas de Física do CBPF, NF-022/89, 1989.
- 75) J.M.Salim, J.Torres e H.P.Oliveira. *Viscous Causal Cosmologies*. Acta Physica Polonica **B 21**, 7, 571, 1990.
- 76) M.Novello e S.L.S.Duque. *Gravitationally Self-Induced Phase Transition*. Physica **A 168**, 1073-1081, 1990.
- 77) M.Novello, I.Costa, N.Deruella e N.F.Svaiter. *Quantum Fields in Cosmological Space-Time: A Soluble Example*. Classical and Quantum Gravity **6**, 1893-1907, 1990.
- 78) M.Novello, H.P.Oliveira e J.M.Salim. *Is the Number of Photons Conserved in an Expanding Universe?* Classical and Quantum Gravity **7**, 51-65, 1990.
- 79) B.D.B.Figueiredo, I.D.Soares e J.Tiomno. *On the Detection of Spacetime Vortice and Spacetime Torsion*. Physics Letters **A 145**, 8-9, 477, 1990.

- 80) J.M.Salim e H.P.Oliveira. *Spinning Fluids in General Relativity: A Variational Formulation*. Classical and Quantum Gravity **8**, 1199-1204, 1991.
- 81) F.Caruso, N.Pinto Neto B.F.Svaiter e N.F.Svaiter. *Attractive or Repulsive Nature of the Casimir Force in a D-Dimensional Spacetime*. Physical Review **D 43**, 1300-1306, 1991.
- 82) F.Caruso, N.Pinto Neto B.F.Svaiter e N.F.Svaiter. *On the Scalar Casimir Energies in Spacetime with  $M_p \times T_q$  Structure*. Modern Physics Letters **A 20**, 1855, 1991.
- 83) M.Novello, N.Pinto Neto, Luciane R.de Freitas e N.F.Svaiter. *Quantization of Spin-Two Field in Terms of Fierz Variables: the Linear Case*. Fortschritte der Physik **39**, 8, 1991.
- 84) M.Novello. *Dynamical Eternal Universe Scenario*. Notas de Física do CBPF, NF-011/91, 1-21, 1991.
- 85) M.Novello. *Fundamentos da Cosmologia*. Notas de Física do CBPF, NF-005/91, 1-18, 1991.
- 86) M.Novello, V.M.C.Pereira e N.Pinto Neto. *Non-Minimal Coupling and Quantum Cosmology*. Notas de Física do CBPF, NF-059/91, 1-24, 1991.
- 87) J.M.Salim, M.O.Calvão, H.P.Oliveira e D.Pavón. *Dissipative Cosmology with Decaying Vacuum Energy*. Physical Review **D 45**, 3869, 1992.
- 88) J.M.Salim e M.O.Calvão. *Extended Thermodynamics of Friedmann-Robertson-Walker Models in the Landau-Lifschitz Frame*. Classical and Quantum Gravity **9**, 127-135, 1992.
- 89) M.Novello e E.Elbaz. *Electrodynamics, Gravity and the Corresponding Short-Range Fermi Forces*. Fortschritte der Physik **40**, 8, 651-665, 1992.
- 90) M.Novello e N.Pinto Neto. *Theory of Gravity in Fierz Variables (The Linear Case)*. Fortschritte der Physik **40**, 2, 173-194, 1992.
- 91) M.Novello, N.F.Svaiter e M.E.X.Guimarães. *Backwards Time Travel Induced by Combined Magnetic and Gravitational Fields*. Modern Physics Letters **7**, 5, 381-386, 1992.
- 92) J.M.Salim e H.P.Oliveira. *On the Influence of Spin on Entropy Production in Curved Spacetimes*. Physics Letters **A 170**, 370-372, 1992.
- 93) B.D.B.Figueiredo, I.D.Souares e J.Tiomno. *Gravitational Coupling of Kelin-Gordon and Dirac Particles to Matter Vorticity and Spacetime Torsion*. Classical and Quantum Gravity **9**, 6, 1593-1617, 1992.

- 94) N.Pinto Neto e J.Fabris. *Double Paramétrisation en Relativité Générale*. Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris **317**, 11, 1383, 1993.
- 95) N.Pinto Neto e A.F.Velasco. *The Search for New Representations of the Wheeler-DeWitt Equation Using the First Order Formalism*. General Relativity and Gravitation **25**, 10, 991, 1993.
- 96) J.M.Salim e I.Waga. *Thermodynamic Constraints on a Time-Dependent Model*. Classical and Quantum Gravity **10**, 1767-1774, 1993.
- 97) J.M.Salim, D.Nunez e H.P.Oliveira. *Dynamics and Collision of Massive Shells in Curved Backgrounds*. Classical and Quantum Gravity **10**, 1117-1126, 1993.
- 98) M.Novello, L.A.R.Oliveira, J.M.Salim e E.Elbaz. *Geometrized Instantons and the Creation of the Universe*. International Journal of Modern Physics **1**, 3, 641-677, 1993.
- 99) B.D.B.Figueiredo e M.Novello. *Solutions to a Spheroidal Wave Equation*. Journal of Mathematical Physics **34**, 7, 3121-3132, 1993.
- 100) M.Novello, S.L.S.Duque, R.Triay e H.H.Fliche. *Phase Transition in Nonlinear Viscous Cosmology*. Physical Review **D 47**, 8, 3165-3168, 1993.
- 101) M.Novello, N.F.Svaiter e M.E.X.Guimarães. *Synchronized Frames for Gödel's Universe*. General Relativity and Gravitation **25**, 2, 137-164, 1993.
- 102) N.Pinto Neto e N.F.Svaiter. *Quantum Fluctuations, Noise and the Quantum Equivalence Principle*. Europhysics Letters **24**, 7-12, 1993.
- 103) M.Novello e M.C.Motta da Silva. *Exact Solution for the Gravitational Field of a String with Non-Zero Cosmological Constant*. Physical Review **D 48**, 10, 5017-5020, 1993.
- 104) N.Pinto Neto e T.Damour. *Antisymmetric Tensor Field Interactions and Neutron Star Models*. Classical and Quantum Gravity **11**, 6, 1565-1573, 1994.
- 105) M.Novello e M.C.Motta da Silva. *Cosmic Spinning String and Causal Protecting Capsules*. Physical Review **D 49**, 2, 825-830, 1994.
- 106) J.M.Salim e H.P.Oliveira. *Modeling the Black Hole Interior*. Classical and Quantum Gravity **11**, 2297-2303, 1994.
- 107) Luciane R.de Freitas, M.Novello e N.Pinto Neto. *Nonlinear Theories of Spin-2 Field in Terms of Fierz Variables*. Journal of Mathematical Physics **35**, 2, 734-747, 1994.



- 108) M.Novello e E.Elbaz. *On the Generation of Electromagnetic Fields in the Universe*. Physics Letters **A 187**, 356-358, 1994.
- 109) M.Novello, L.A.R.Oliveira e J.M.Salim. *Direct Electrogravitational Couplings and the Behaviour of Primordial Large-Scale Magnetic Fields*. Classical and Quantum Gravity, 1994.
- 110) M.Novello e Luciane R.de Freitas. *Fluctuations in a Primordial Anisotropic Era*. 1994.
- 111) M.Novello e E.Elbaz. *Soft Big-Bang Model Induced by Non-Minimal Coupling*. Il Nuovo Cimento **109 B**, 741-745, 1994.
- 112) I.D.Souares e N.Pinto Neto. *The Gravitational Energy in Asymptotically Anti-DeSitter Spacetimes*. Physical Review **D 52**, 10, 5665-5669, 1995.
- 113) M.Novello e S.L.S.Duque. *Non-Local Theory of Gravity*. International Journal of Modern Physics **D 4**, 10, 79-96, 1995.
- 114) M.Novello e V.A.De Lorenci. *Non Linear Non Local Theory of Gravity*. Modern Physics Letters **A 10**, 807-812, 1995.
- 115) M.Novello, J.M.Salim, M.C.Motta da Silva, S.E.Jorás e R.Klippert. *Minimal Closed Set of Observables in the Theory of Cosmological Perturbations*. Physical Review **D 51**, 2, 450-461, 1995.
- 116) M.Novello, J.M.Salim, M.C.Motta da Silva, S.E.Jorás e R.Klippert. *Minimal Closed Set of Observables in the Theory of Cosmological Perturbations II: Vorticity and Gravitational Waves*. Physical Review **D 52**, 2, 730-742, 1995.
- 117) J.M.Salim e H.P.Oliveira. *A Variational Approach to Changed Spinning Fluids in General Relativity*. Physics Letters **A 201**, 381-386, 1995.
- 118) V.R.Gavrilov, V.N.Melnikov e M.Novello. *Exact Solutions in Multidimensional Cosmology with Bulk Viscosity*. Notas de Física do CBPF, NF-036/95, 1995.
- 119) M.Novello, V.M.C.Pereira e N.Pinto Neto. *Nonminimal Coupling and Quantum Cosmology*. International Journal of Modern Physics **4**, 5, 673-684, 1995.
- 120) M.Yu Konstantinov, V.N.Melnikov e M.Novello. *Numerical Investigation of Integrable Weyl Geometry in Multidimensional Cosmology*. International Journal of Modern Physics **D 4**, 3, 339-355, 1995.

- 121) M.Novello, Luciane R.de Freitas e V.A.De Lorenci. *The Static Gravitational Field of a Spherically Symmetric Body*. Notas de Física do CBPF, NF-086/95, 1995.
- 122) M.Novello e Luciane R.de Freitas. *What is the Velocity of Gravitational Waves?* Notas de Física do CBPF, NF-083/95, 1-18, 1995.
- 123) Luciane R.de Freitas, Regina C.Arcuri, J.M.Salim, M.Novello, L.A.R.Oliveira e R.Klippert. *Stochastic Equations for Spin-2 Fields in the Quasi-Maxwellian Formulation*. Physics Letters **A 211**, 1, 1996.
- 124) M.Novello e V.A.De Lorenci. *Non Linear Non Local Theory of Gravity - II*. Gravitation and Cosmology **2**, 1 (5), 501, 1996.
- 125) M.Novello, J.M.Salim, M.C.Motta da Silva e R.Klippert. *Minimal Closed Set of Observables in the Theory of Cosmological Perturbations III: Quantum Treatment*. Physical Review **D 54**, 2578-2588, 1996.
- 126) M.Novello, J.M.Salim, M.C.Motta da Silva e R.Klippert. *Canonical Formulation of Standard Cosmology: Direct Quantum Approach*. Physical Review **D 54**, 6202-6205, 1996.
- 127) M.Novello, V.R.Gavrilov e V.N.Melnikov. *Bulk Viscosity and Entropy Production in Multidimensional Integrable Cosmology*. Gravitation and Cosmology **2**, 4, 325, 1996.
- 128) M.Novello, L.A.R.de Oliveira e J.M.Salim. *Direct Electrogravitational Couplings and the Behaviour of Primordial Large-Scale Magnetic Fields*. Classical and Quantum Gravity **13**, 1089-1097, 1996.
- 129) V.M.Mostepanenko, E.Blagov, G.Klimchitskaya e A.A.Lobashov. *How to Describe AFM Constant Force Surface in Repulsive Mode?* Surf. Sci. **349**, 2, 196-206, 1996.
- 130) V.M.Mostepanenko, V.B.Bezerra e C.Romero. *Vacuum Quantum Effects of Nonconformal Scalar Field in the Radiation Dominated Friedmann Universe*. Gravitation and Cosmology **2**, 3, 203-210, 1996.
- 131) V.M.Mostepanenko, M.Bordag e J.Lindig. *Vacuum Quantum Effects Near an Isotropic Singularity*. Gravitation and Cosmology **2**, 4, 315-318, 1996.
- 132) J.M.Salim e S.L.Sautú. *Gravitational Theory in Weyl Integrable Spacetime*. Classical and Quantum Gravity **13**, 353-360, 1996.

- 133) L. Anchordoqui, G. Birman, S. Perez Bergliaffa, e H. Vucetich, *Variable rest mass in 5 dimensional gravitation faced to experimental data*, Gen. Relat. & Grav. **28**, 6, 701 (1996).
- 134) S. Perez Bergliaffa, G. Romero, e H. Vucetich, *Axiomatic foundations of Quantum Mechanics revisited: the case of Systems*, Int. J. of Theor. Phys. **35**, 1805 (1996).
- 135) G. Romero, J. Combi, L. Anchordoqui, e S. Perez Bergliaffa, *A possible source of extragalactic cosmic rays with arrival energies beyond the GZK cutoff*, Astrop. Physics 5, 279 (1996).
- 136) L. Anchordoqui, S. Perez Bergliaffa e D. Torres, *Brans-Dicke wormholes in nonvacuum spacetime*, Phys. Rev. D 55, 5226 (1997).
- 137) E.Elbaz, M.Novello, J.M.Salim, M.C.Motta da Silva e R.Klippert. *Hamiltonian Formulation of FRW Equations of Cosmology*. General Relativity and Gravitation **29**, 4, 481-487, 1997.
- 138) M.Novello, V.A.De Lorenci e E.Elbaz. *A New Model of Gluon Confinement*. Notas de Física do CBPF, NF-036/97, 1, 1997.
- 139) M.Novello, Luciane R.de Freitas e S.L.S.Duque. *Do Gravitational Waves Travel at Light Velocity?* Annals of Physics **254**, 83108, 1997.
- 140) M.Novello e Luciane R.de Freitas. *Reminiscences of the Primordial Anisotropic Era of Our Universe*. Gravitation and Cosmology **3**, 1, 48-50, 1997.
- 141) M.Novello, Luciane R.de Freitas, Regina C.Arcuri e J.M.Salim. *Reply to the Comment on Stochastic Equations for Spin-2 Fields in Quasi-Maxwellian Formulation*. Physics Letters **A 225**, 364, 1997.
- 142) V.M.Mostepanenko, G.L.Klimchitskaya, C.Romero, Ye.P.Krivtsov e A.Ye.Sinelnikov. *A Proposed Experiment Using a Sphere with an Eccentric Cavity for Hypothetical Long-Range Interactions*. International Journal of Modern Physics **A 12**, 8, 1465-1482, 1997.
- 143) V.M.Mostepanenko, E.V.Blagov, G.L.Klimchitskaya e M.Z.Smirnov. *Calculation of Local Friction Forces in Atomic Force Microscopy of Metal Surfaces*. Rus. Phys. Techn. Phys. (USA), **42**, 2, 243-246, 1997.

- 144) V.M.Mosteapanenko, E.V.Blagov, G.L.Klimchitskaya e A.A.Lobashov. *Modelling of Surfaces of Constant Force Above a Lattice of Closed-Packed Atoms in the Repulsive Mode*. Sov. Phys. Techn. Phys. (USA), **42**, 6, 655- 662, 1997.
- 145) V.M.Mosteapanenko, V.R.Bezerra e C.Romero. *Creation of Nonconformal Particles from Vacuum by a Test Model Isotropic Gravitational Field*. Modern Physics Letters **A 12**, 3, 145-154, 1997.
- 146) V.M.Mosteapanenko, E.V.Blagov e G.L.Klimchitskaya. *Calculation of the Lateral force Components in AFM Contact Mode in Application to the Diagnostic of Point Defects*. Surface Review and Letters **4**, 2, 271-278, 1997.
- 147) V.M.Mosteapanenko, V.B.Bezerra, E.V.Blagov e G.L.Klimchitskaya. *AFM Operating Mode with a Constant Force Projection Onto the Arbitrary Axis*. Surface Review and Letters **4**, 4, 613-620, 1997.
- 148) V.M.Mosteapanenko, M.Bordag e G.T.Gillies. *New Constraints on the Yukawa-Type Hypothetical Interactions from the Recent Casimir Force Measurement*. Physical Review **D 56**, 1, R6-R10, 1997.
- 149) V.M.Mosteapanenko, M.Bordag, J.Lindig e Yu.V.Pavlov. *Vacuum Stress-Energy Tensor of Nonconformal Scalar Field in Quasi-Euclidean Gravitational Background*. International Journal of Modern Physics **D 6**, 4, 449-463, 1997.
- 150) V.M.Mosteapanenko, G.L.Klimchitskaya e E.R.Bezerra de Mello. *Constraints on the Parameters of Degree-Type Hypothetical Forces Following from the New Casimir Force Measurement*. Physics Letters **A 236**, 4, 280-288, 1997.
- 151) J.M.Salim, V.Mendes e D.Pavón. *Absorption of Gravitational Radiation by the Cosmic Fluid*. Classical and Quantum Gravity **14**, 77-85, 1997.
- 152) J.M.Salim, S.L.Sautú e H.P.de Oliveira. *Non-Singular Inflationary Cosmologies in Weyl Integrable Spacetime*. Classical and Quantum Gravity **14**, 2833-2843, 1997.
- 153) J.Acácio e N.Pinto Neto. *Comments on the Quantum Mechanical Approach to a Class of Quantum Cosmological Models*. Classical and Quantum Gravity **14**, 1993-1995, 1997.

- 154) V.A.De Lorenci, J.Martin e N.Pinto Neto. *Topology Change in Canonical Quantum Cosmology*. Physical Review **D 56**, 4, 3329-3340, 1997.
- 155) R.Portugal e S.L.Sautú. *Application of MAPLE to General Relativity*. Computer Physics Communications **105**, 2-3, 233-253, 1997.
- 156) V.M.Mostepanenko, M.Bordag e G.T.Gillies. *New Constraints on the Yukawa-Type Hypothetical Interactions from the Recent Casimir Force Measurement*. Physical Review **D 57**, 2024, 1998.
- 157) N.Pinto Neto e J.A.de Barros. *The Causal Interpretation of Quantum Mechanics and the Singularity Problem and Time Issue in Quantum Cosmology*. International Journal of Modern Physics **D 7**, 2, 201-213, 1998.
- 158) N.Pinto Neto, J.A.de Barros e M.A.Sagioro-Leal. *The Causal Interpretation of Dust and Radiation Fluids Non Singular Quantum Cosmology*. Physics Letters **A 241**, 229-239, 1998.
- 159) N.Pinto Neto, R.Colistete Jr. e J.Fabris. *Singularities and Classical Limit in Quantum Cosmology with Scalar Fields*. Physical Review **D 57**, 8, 4707-4717, 1998.
- 160) M.Novello e Luciane R.de Freitas. *Fluctuations in a Primordial Anisotropic Era*. International Journal of Modern Physics **A 13**, 3, 363-379, 1998.
- 161) M.Novello, V.B.Bezerra e V.M.Mostepanenko. *Vacuum Quantum Effects of Nonconformal Scalar Field in a Non-Singular Cosmological Model*. International Journal of Modern Physics **D 7**, 5, 779, 1998.
- 162) V.M.Mostepanenko, M.Bordag e J.Lindig. *Particle Creation and Vacuum Polarization of Nonconformal Scalar Field Near the Isotropic Cosmological Singularity*. Classical and Quantum Gravity **15**, 3, 581-602, 1998.
- 163) V.M.Mostepanenko, E.V.Blagov e G.L.Klimchitskaya. *The Feasibility to Determine the Vacancy Migration Energy by the Atomic Force Microscopy Data*. Surface Review Letters **5**, 2, 559-567, 1998.
- 164) V.M.Mostepanenko, M.Bordag, B.Geyer e G.L.Klimchitskaya. *Constraints for Hypothetical Interactions from a Recent Demonstration of the Casimir Force and Some Possible Improvements*. Physical Review **D 58**, 7, 075003-1-16, 1998.

- 165) V.M.Mostepanenko, E.V.Blagov e G.L.Klimchitskaya. *Impact of Atomic Relaxation on the Breaks of Constant Force Surfaces in AFM*. Surface Science **410**, 2/3, 158-169, 1998.
- 166) V.M.Mostepanenko, V.B.Bezerra e C.Romero. *Hamiltonian Diagonalization for the Nonconformal Scalar Field on an Isotropic Gravitational Background*. International Journal of Modern Physics **D 7**, 2, 249-259, 1998.
- 167) V.M.Mostepanenko, E.V.Blagov e G.L.Klimchitskaya. *Atomic Paths When Scanning of the AFM Tip Above the Close-Packed Surface in Repulsive Mode*. Surface Review Letters **5**, 5, 989-996, 1998.
- 168) J.M.Salim, J.C.Fabris e S.L.Sautú. *Inflationary Cosmological Solutions in Weyl Integrable Geometry*. Modern Physics Letters **A 13**, 2, 953-959, 1998.
- 169) J.M.Salim e S.L.Sautú. *Spherically Symmetric Solutions in Weyl Integrable Spacetime*. Classical and Quantum Gravity **15**, 203-214, 1998.
- 170) B.D.B.Figueiredo. *Gödel-Type Spacetimes and the Motions of Charged Particles*. Classical and Quantum Gravity **15**, 12, 3849-3862, 1998.
- 171) L.Anchoroqui, D.Torres, M.Trobo e S.Perez Bergliaffa. *Evolving Wormhole Geometries*. Physical Review **D 57**, 829, 1998.
- 172) S.Perez Bergliaffa, G.Romero e H.Vucetich. *Axiomatic Pregeometry of Space-Time*. International Journal of Theoretical Physics **37**, 2281, 1998.
- 173) L.Anchoroqui, G.Romero, S.Perez Bergliaffa e J.Combi. *High Energy Protons from PKS1333-33*. Modern Physics Letters **A 13**, 3039, 1998.
- 174) Herman J.Mosquera Cuesta, J.C.N.de Araújo, O.D.Aguiar e J.E.Horvath. *Gravitational Waves from Soft Gamma-Ray Repeaters: Can They Be Detected?* Physical Review Letters **80**, 2988, 1998.
- 175) V.M.Mostepanenko e E.R.Bezerra de Mello. *Induced Parity-Violation Anomaly for the Proca Field in a Three-Dimensional Space-Time*. International Journal of Modern Physics **A 14**, 2, 271-280, 1999.
- 176) N.Pinto Neto, J.A.de Barros e M.A.Sagioro-Leal. *The Causal Interpretation of Conformally Coupled Scalar Field*. Aceito para publicação em General Relativity and Gravitation, 1999.

- 177) N.Pinto Neto e E.S.Santini. *Must Quantum Spacetimes Be Euclidean?* *Physical Review D* **59**, 123517, 1-14, 1999.
- 178) N.Pinto Neto, J.A.de Barros e I.Shapiro. *Quantum Gravity Correction, Evolution of Scalar Field and Inflation.* *Classical and Quantum Gravity* **16**, 1773-1782, 1999.
- 179) J.M.Salim e S.L.Sautú. *Gravitational Collapse in Weyl Integrable Spacetimes.* *Classical and Quantum Gravity* **16**, 3281-3295, 1999.
- 180) M.Novello, V.A.De Lorenci e H.H.Fliche. *Dyadosphere Bending of Light.* *Notas de Física do CBPF, NF-060/99*, 1-8, 1999.
- 181) M.Novello, R.Klippert, V.A.De Lorenci e J.M.Salim. *NonLinear Light Propagation.* *Notas de Física do CBPF*, 1-8, 1999.
- 182) M.Novello, R.Klippert, V.A.De Lorenci e J.M.Salim. *The Radiation Era in String Cosmology.* *Notas de Física do CBPF*, 1999.
- 183) M.Novello, V.A.De Lorenci, L.R. de Freitas e O.D.de Aguiar. *The Velocity of Gravitational Waves.* *Physics Letters A* **254**, 245-250, 1999.
- 184) V.M.Mostepanenko, M.Bordag, B.Geyer e G.L.Klimchitskaya. *Stronger Constraints for Nanometer Scale Yukawa-Type Hypothetical Interactions from the New Measurement of the Casimir Force.* *Physical Review D* **60**, 5, 055004-1-7, 1999.
- 185) V.M.Mostepanenko, E.V.Blagov e G.L.Klimchitskaya. *Using an Atomic Force Microscope in the Surface Modification Regime to Determine the Migration Energy of Surface Defects.* *Rus. Phys. Techn. Phys. (USA)*, **44**, 8, 964-969, 1999.
- 186) V.M.Mostepanenko, E.V.Blagov e G.L.Klimchitskaya. *Description of Force Surfaces in Atomic Force Microscopy with Allowance for the Mobility of the Lattice Atoms.* *Rus. Phys. Techn. Phys. (USA)*, **44**, 8, 970-976, 1999.
- 187) V.M.Mostepanenko, G.L.Klimchitskaya, A.Roy e U.Mohideen. *Complete Roughness and Conductivity Corrections for the Recent Casimir Force Measurement.* *Physical Review A* **60**, 5, 3487-3497, 1999.
- 188) J.C.Fabris, N.Pinto Neto e A.F.Velasco. *Quantum Cosmology in Scalar-Tensor Theories with Non-Minimal Coupling.* *Classical and Quantum Gravity* **16**, 3807, 1999.

- 189) L.Anchordoqui, S.Perez Bergliaffa, M.Trobo e G.Birman. *Cylindrically Symmetric Spinning Brans-Dicke Spacetimes with Closed Timelike Curves*. Modern Physics Letters **A 14**, 1105, 1999.
- 190) S.Perez Bergliaffa e K.Hibberd. *Inhomogeneous Cosmological Solutions and Inflation*. International Journal of Modern Physics **D 705**, 1999.
- 191) H.Elze, Y.Hama, T.Kodama, M.Makler e J.Rafelski. *Variational Formalism for Relativistic Hydrodynamics*. Journal of Physics **G 25**, 1935, 1999.
- 192) M.Novello, J.M.Salim, M.C.Motta da Silva e R.Klippert. *Minimal Closed Set of Observables in the Theory of Cosmological Perturbations IV: The Anisotropic Paradigm*. Physical Review **D 61**, 124025-1 - 124025-19, 2000.
- 193) M.Novello, F.Baldovin, S.E.P.Bergliaffa e J.M.Salim. *A NonGravitational Wormhole*. Notas de Física do CBPF, 1-9, 2000.
- 194) M.Novello, H.J.M.Cuesta, V.A.De Lorenci. *An Astrophysical Test-Bed for the NDL Gravity Theory Using Gravitational-Wave and Neutrino Bursts from Local Supernovae Explosions*. Notas de Física do CNPF, NF-038/00, 1-5, 2000.
- 195) M.Novello, V.A.De Lorenci e H.J.M.Cuesta. *Birefringence of Gravitational Waves*. Notas de Física do CBPF, NF-039/00, 1-5, 2000.
- 196) M.Novello, V.A.De Lorenci, E.Elbaz e J.M.Salim. *Closed Lightlike Curves in Non-Linear Electrodynamics*. Notas de Física do CBPF, 1-8, 2000.
- 197) M.Novello, S.E.P.Bergliaffa, J.M.Salim e V.A.De Lorenci. *Comment on Regular Black Hole in General Relativity Coupled to NonLinear Electrodynamics*. Notas de Física do CBPF, 1-2, 2000.
- 198) M.Novello e Regina C.Arcuri. *Dynamical Boson Condensate in the Non-Linear Spinor Theory*. Notas de Física do CBPF, 1-14, 2000.
- 199) M.Novello, J.M.Salim, V.A.De Lorenci e R.Klippert. *Effective Lagrangian for Electrodynamics and Avoidance of the Singular Origin of the Universe*. Notas de Física do CBPF, 1-14, 2000.
- 200) M.Novello, V.A.De Lorenci, J.M.Salim e R.Klippert. *Geometrical Aspects of Light Propagation in NonLinear Electrodynamics*. Physical Review **D 61**, 4, 1-10, 2000.



- 201) M.Novello, V.A.De Lorenci, H.J.M.Cuesta e R.P.Neves. *How Does Gravity Interact with Gravity?* Notas de Física do CBPF, 1-11, 2000.
- 202) M.Novello, V.A.De Lorenci, R.Klippert e J.M.Salim. *Light Propagation in Non-Linear Electrodynamics.* Notas de Física do CBPF, 17, 2000.
- 203) M.Novello, R.Klippert e J.M.Salim. *On the Self-Consistency of Electrodynamics in the Early Universe.* Notas de Física do CBPF, 1-13, 2000.
- 204) M.Novello, R.Klippert, J.M.Salim e V.A.De Lorenci. *Semiclassical Electrodynamics in the Early Universe.* Notas de Física do CBPF, 1-13, 2000.
- 205) M.Novello, S.E.P.Bergliaffa e J.M.Salim. *Singularities in General Relativity Coupled to NonLinear Electrodynamics.* Notas de Física do CBPF, NF- 035/00, 1-7, 2000. Aceito para publicação em Classical and Quantum Gravity.
- 206) M.Novello, R.Klippert, V.A.DeLorenci e J.M.Salim. *The Radiation Era in Scalar-Tensor Cosmology.* Physics Letters **B 472**, 27-32, 2000.
- 207) V.M.Mostepanenko e G.L.Klmchitskaya. *The Casimir Interaction Atom-Macrobody and Between Two Macrobodies: The Influence of Surface Distortions.* Comm. Modern Physics **1**, 5/6, 285-300, 2000.
- 208) V.M.Mostepanenko, U.Mohideen e G.L.Klimchitskaya. *Casimir and Van der Waals Force Between Two Plates and a Sphere (Lens) Above a Plate Made of Real Metals.* Physical Review **A 61**, 6, 062107-(1-12), 2000.
- 209) V.M.Mostepanenko, V.B.Bezerra e G.L.Klimchitskaya. *Higher Order Conductivity Corrections to the Casimir Force.* Physical Review **A 62**, 1, 014102-(1-4), 2000.
- 210) V.M.Mostepanenko, M.Bordag, B.Geyer e G.L.Klimchitskaya. *New Constraints for Non-Newtonian Gravity in Nanometer Range from the Improved Precision Measurement of the Casimir Force.* Physical Review **D 62**, 1, 011701(R)-(1-5), 2000.
- 211) V.M.Mostepanenko, M.Bordag, B.Geyer e G.L.Klimchitskaya. *Casimir Force at Both Non-Zero Temperature and Finite Conductivity.* Physical Review Letters **85**, 3, 503-506, 2000.

- 212) V.M.Mostepanenko, J.A.Espichán-Carrillo e A.Maia Jr. *Jacobi Elliptic Solutions of  $\lambda\phi^4$  Theory in a Finite Domain*. Aceito para publicação: International Journal of Modern Physics **A**, 2000.
- 213) N.Pinto Neto e R.R.Silva. *Generalized Field Theoretical Approach to General relativity and Conserved Quantities in Anti-de Sitter Spacetimes*. Physical Review **D 61**, 6, 2000.
- 214) N.Pinto Neto e P.I.Trajtenberg. *On the Localizability of Gravitational Energy*. Brazilian Journal of Physics, Brasil, 2000.
- 215) N.Pinto Neto, J.A.Barros e M.A.S.Leal. *The Causal Interpretation of Conformally Coupled Scalar Field*. General Relativity and Gravitation **32**, 15-41, 2000.
- 216) R.Colistete Jr., J.C.Fabris e N.Pinto Neto. *Gaussian Superpositions in Scalar-Tensor Quantum Cosmological Model*. Aceito para publicação: Physical Review **D**.
- 217) Herman J.Mosquera Cuesta, J.C.N.de Araújo, O.D.Aguiar e J.E.Horvath. *Supercritically Accreting Neutron Stars and Gravitational Wave Emmission*. Aceito para publicação em Astronomy and Astrophysics, 2000.
- 218) Herman J.Mosquera Cuesta. *Soft Gamma-Ray Repeaters as Neutron-Star Dwarf Relativistic Binaries*. Aceito para publicação em Astrophysical Journal Letters, 2000.
- 219) Durmucs A.Demir e Herman J.Mosquera Cuesta. *Weak-Scale Hidden Sector and Energy Transport in Fireball Model of Gamma-Ray Bursts*. Aceito para publicação em Physics Letters **B**, 2000.
- 220) L.Anchordoqui, S.Perez Bergliaffa, G.Romero e D.Torres. *Tuneles en el Espacio y en el Tiempo*. Ciencia Hoy, Fevereiro de 2000.
- 221) S.Perez Bergliaffa. *Inhomogeneous Multidimensional Cosmologies*. Modern Physics Letters **A 15**, 531, 2000.
- 222) S.Perez Bergliaffa e K.Hibberd. *Scattering of E.M.Waves in a Wormhole Geometry*. Aceito para publicação em Physical Review **D**, 2000.
- 223) L.Anchordoqui e S.Perez Bergliaffa. *The World is Not Enough*. Aceito para publicação em Physical Review **D**, 2000.

#### 4.4. Participação em Eventos Científicos

São listadas abaixo, em ordem cronológica, as participações de membros do grupo e colaboradores em conferências, seminários, colóquios, cursos, etc. O tipo de evento é também especificado em cada item.

- 1) M.Novello. *Non-Linear Lagrangian and Cosmology*. I Congresso Latino-Americano de Gravitação. Montevidéu, 1972. **Comunicação em Congresso.**
- 2) M.Novello. *Behaviour of Matter Near a Singularity*. I Congresso Latino-Americano de Gravitação. Montevidéu, 1972. **Comunicação em Congresso.**
- 3) M.Novello, C.A.Galvão. *Creation of Particles in an Expanding Universe*. IV General Relativity and Gravitation Congress. Canadá, 1977. **Comunicação em Congresso.**
- 4) M.Novello e J.M.Salim. *Mirror Universes*. General Relativity and Gravitation - 9th Conference, 1980. **Comunicação em Congresso.**
- 5) M.Novello e L.M.C.S. Rodrigues. *Bifurcation in the Early Cosmos*. MG3: The Third Marcel Grossmann Meeting on General Relativity. Shanghai, 1982. **Comunicação em Congresso.**
- 6) M.Novello. *Stochastic Methods in Cosmology*. IV Brazilian School of Cosmology and Gravitation. Rio de Janeiro, 1987. **Curso ministrado em Congresso.**
- 7) M.Novello. *Causalidade e Cosmologia*. Colóquio Atualidades do Tempo. Colégio Internacional de Estudos Filosóficos Transdisciplinares. Rio de Janeiro, 1988. **Colóquio.**
- 8) M.Novello. *Cosmologia e Relatividade*. VIII Simpósio Nacional de Ensino de Física. Rio de Janeiro, 1988. **Plenária em Congresso.**
- 9) M.Novello. *L'Univers, de L'Infiniment Petit à L'Infiniment Grand*. Certitudes et Incertitudes de la Science. Lyon, França, 1988. **Plenária em Congresso.**
- 10) M.Novello. *An Overview of Cosmology*. Universidade de Turim. Itália, 1988. **Colóquio.**
- 11) M.Novello. *O Programa Cosmológico de Einstein: Sucessos e Dificuldades*. Encontro de Física Teórica do Rio de Janeiro, 1988. **Plenária em Congresso.**
- 12) M.Novello. *Do We Live in an Eternal Universe? The Origin and Evolution of the Universe and Mankind*. Lima, Peru, 1989. **Plenária em Congresso.**

- 13) M.Novello, E.Elbaz. *Une Composante Gravitationnelle a Courte Portée?* Reunião Anual da Sociedade Francesa de Física. Lyon, França, 1989. **Comunicação em Congresso.**
- 14) M.Novello, N.F.Svaiter. *Gravitação e Física Quântica.* CBPF. Rio de Janeiro, 1989. **Curso.**
- 15) M.Novello. *Variables Bootstrap dans la Relativité Générale.* Reunião Anual da Sociedade Francesa de Física. Lyon, França, 1989. **Comunicação em Congresso.**
- 16) M.Novello. *Variáveis de Fierz e a Quantização da Gravitação.* V Brazilian School of Cosmology and Gravitation. Rio de Janeiro, 1989. **Curso ministrado em Congresso.**
- 17) M.Novello. *La Gravitation et le Modele Standard Electro-Faible.* Universidade de Lyon. França, 1990. **Colóquio.**
- 18) M.Novello. *O Programa do Universo Eterno.* CBPF. Rio de Janeiro, 1990. **Colóquio.**
- 19) M.Novello. *Os Diferentes Programas da Cosmologia Contemporânea.* Arqueoastronomia: Problemas e Fundamentos. Rio de Janeiro, 1990. **Plenária em Congresso.**
- 20) N.Pinto Neto. *Mecânica Clássica.* CBPF. Rio de Janeiro, 1990. **Curso.**
- 21) L.A.R.Oliveira. *Tempo.* Instituto de Filosofia e Ciências Sociais. Universidade Federal do Rio de Janeiro, 1990. **Seminário.**
- 22) L.A.R.Oliveira. *Origens da Física Relativística.* Universidade Estadual do Rio de Janeiro, 1990. **Seminário.**
- 23) L.A.R.Oliveira. *Consciência e Matéria na Física Contemporânea.* Universidade Livre, 1990. **Seminário.**
- 24) L.A.R.Oliveira. *Aspectos Transdisciplinares na Ciência Contemporânea.* Universidade Federal do Rio de Janeiro, 1990. **Seminário.**
- 25) M.Novello. *Gravitação, Eletromagnetismo e Suas Correspondentes Forças do Tipo Fermi.* Universidade Federal do Rio de Janeiro, 1990. **Seminário.**
- 26) J.M.Salim. *Is the Number of Photons Conserved in an Expanding Universe?* Barcelona, Espanha, 1990. **Seminário.**
- 27) N.Pinto Neto. *Quantização de Campos de Spin 2 em Termos das Variáveis de Fierz.* Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas, CBPF. Rio de Janeiro, 1990. **Seminário.**

- 28) M.Novello. *Quantização e Gravitação*. Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas, CBPF. Rio de Janeiro, 1990. **Seminário**.
- 29) N.Pinto Neto. *Other Representations of the Wheeler-DeWitt Equation*. XI Encontro Nacional de Física de Partículas e Campos, Sociedade Brasileira de Física. Caxambu, 1990. **Comunicação em Congresso**.
- 30) M.Novello e S.L.S.Duque. *Transição de fase Auto-Induzida pela Gravitação*. XI Encontro Nacional de Física de Partículas e Campos, Sociedade Brasileira de Física. Caxambu, 1990. **Comunicação em Congresso**.
- 31) M.Novello, N.F.Svaiter e M.E.X.Guimarães. *Sistema de Coordenadas Gaussianas do Universo de Gödel*. XI Encontro Nacional de Física de Partículas e Campos, Sociedade Brasileira de Física. Caxambu, 1990. **Comunicação em Congresso**.
- 32) M.Novello. *Fundamentos da Cosmologia*. XI Encontro Nacional de Física de Partículas e Campos. Caxambu, 1990. **Conferência Plenária em Congresso**.
- 33) M.Novello, Luciane R.de Freitas, N.Pinto Neto e N.F.Svaiter. *Quantização de campos de Spin-2 em Termos das Variáveis de Fierz - Caso Linear*. XI Encontro Nacional de Física de Partículas e Campos, Sociedade Brasileira de Física. Caxambu, 1990. **Comunicação em Congresso**.
- 34) M.Novello. *Cosmologia*. Congresso de Arqueoastronomia. Rio de Janeiro, 1990. **Plenária em Congresso**.
- 35) M.Novello. *70 Anos de Jayme Tiomno*. XI Encontro Nacional de Física de Partículas e Campos, Sociedade Brasileira de Física. Caxambu, 1990. **Conferência Plenária em Congresso**.
- 36) F.Caruso, N.Pinto Neto, B.F.Svaiter e N.F.Svaiter. *Casimir Effect in Compact and Non-Compact Flat Spacetime*. XII Encontro Nacional de Física de Partículas e Campos, Sociedade Brasileira de Física. Caxambu, 1991. **Comunicação em Congresso**.
- 37) M.Novello. *Os Cenários Cosmológicos*. Instituto de Física Teórica. São Paulo, 1991. **Seminário**.
- 38) M.Novello. *The Topology of the Universe and the Invariance Properties of Gravity*. Universidade de Lyon. França, 1991. **Seminário**.
- 39) M.Novello. *Un Modele d'Unification Electro-Faible Gravitational*. Universidade de Lyon. França, 1991. **Seminário**.

- 40) M.Novello. *Phase Transition in Cosmological Models*. Universidade de Marseille. França, 1991. **Seminário.**
- 41) M.Novello. *Creations de Photons dans un Univers en Expansion*. Institut Henri Poincaré. Paris, França, 1991. **Seminário.**
- 42) M.Novello. *Cosmologia, a Física do Universo*. I Escola de Inverno para Bacharelados. Friburgo, Rio de Janeiro, 1991. **Conferência em Congresso.**
- 43) M.Novello. *Fundamentos da Cosmologia*. IX Encontro de Físicos do Norte e Nordeste. Maceió, Alagoas, 1991. **Conferência em Congresso.**
- 44) L.A.R.Oliveira. *História e Filosofia da Ciência - I*. CBPF. Rio de Janeiro, 1991. **Curso.**
- 45) L.A.R.Oliveira. *História e Filosofia da Ciência - II*. CBPF. Rio de Janeiro, 1991. **Curso.**
- 46) N.Pinto Neto. *Formalismo Hamiltoniano na Teoria Unimodular da Gravitação em Termos das Variáveis de Ashtekar*. XII Encontro de Física de Partículas e Campos, Sociedade Brasileira de Física. Caxambu, 1991. **Comunicação em Congresso.**
- 47) N.Pinto Neto. *NonMinimal Coupling and Quantum Cosmology*. *International Conference on Gravitation and Cosmology*. Ahmedabad, Índia, 1991. **Comunicação em Congresso.**
- 48) N.Pinto Neto. *Gravitação e Cosmologia Quântica*. Universidade Nacional de Brasília, 1991. **Seminário.**
- 49) M.Novello. *Um Novo Cenário Cósmico*. Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas, CBPF. Rio de Janeiro, 1991. **Seminário.**
- 50) M.Novello. *Le Programme de l'Univers Eternel*. Marseille, França, 1992. **Seminário.**
- 51) B.D.B.Figueiredo e N.Pinto Neto. *Mecânica Clássica*. CBPF. Rio de Janeiro, 1992. **Curso de Pós-Graduação.**
- 52) M.Novello. *Geometrized Instantons and the Creation of the Universe*. Universidade de Lyon. França, 1992. **Seminário.**
- 53) M.Novello. *A Criação do Universo*. Pontifícia Universidade Católica. Rio de Janeiro, 1992. **Seminário.**
- 54) M.Novello. *Cosmologia e Gravitação*. CBPF. Rio de Janeiro, 1992. **Curso de Pós-Graduação.**

- 55) M.Novello. *Definição de Energia Gravitacional*. Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas, CBPF. Rio de Janeiro, 1992. **Seminário**.
- 56) N.Pinto Neto. *Sur la Definition de Energie Gravitationelle*. Laboratoire de Physique Théorique. França, 1992. **Seminário**.
- 57) M.Novello. *Cosmologia: Unificação das Interações Fundamentais*. LAFEX International School on High Energy Physics, CBPF. Rio de Janeiro, 1993. **Conferência Plenária em Congresso**.
- 58) M.Novello. *Nova Cosmologia*. I Semana de Física da UFRJ. Rio de Janeiro, 1993. **Conferência Plenária em Congresso**.
- 59) M.Novello. *Mécanismes d'Homogénéisation de l'Univers Primordial*. Atelier Phocéen de Cosmologie. Marseille, França, 1993. **Seminário**.
- 60) N.Pinto Neto. *Ambiguity in Dirac Quantization for Time Reparametrization Invariant Theories*. *Journées Relativiste*. Bruxelas, Bélgica, 1993. **Comunicação em Congresso**.
- 61) N.Pinto Neto. *Premier Séminaire Rhodanien de Physique*. Dolomieu, França, 1993. **Seminário apresentado em Congresso**.
- 62) M.Novello. *Formulação Íntegro-Diferencial da Gravitação*. Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas, CBPF. Rio de Janeiro, 1993. **Seminário**.
- 63) J.M.Salim. *Geometrização do Campo Escalar em um Espaço-Tempo de Weyl*. Universidade Federal do Rio de Janeiro, UFRJ. Rio de Janeiro, 1994. **Seminário**.
- 64) N.Pinto Neto. *Estrelas de Nêutrons e o Campo Anti-Simétrico*. Observatório Nacional; Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas - CBPF; Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ; Rio de Janeiro, 1994. **Seminários**.
- 65) N.Pinto Neto. *Antisymmetric Tensor Field Interactions and Neutron Star Models*. Marcel Grossmann Meeting. São Francisco, USA, 1994. **Comunicação em Congresso**.
- 66) N.Pinto Neto. *Cosmologie Quantique et Singularités*. Center Leon Lachamp; Luminy; Universidade de Marseille; França, 1994. **Seminário**.
- 67) N.Pinto Neto. *Antisymmetric Tensor Field Interactions and Neutron Star Models*. II École Rhodamienne de Physique. Dolomieu, França, 1994. **Comunicação em Congresso**.

- 68) M.Novello. *Cosmologia e Partículas Elementares: Uma Síntese*. XV Encontro Nacional de Física de Partículas e Campos. Caxambu, 1994. **Conferência Plenária em Congresso**.
- 69) M.Novello. *Questões de Cosmologia Hoje*. Pontifícia Universidade Católica - PUC. Rio de Janeiro, 1994. **Seminário**.
- 70) M.Novello. *Questões Atuais da Cosmologia*. CEFET-RJ; Universidade Federal da Paraíba, 1994. **Seminários**.
- 71) M.Novello. *Cosmologia*. Universidade Federal da Paraíba, 1994. **Seminário**.
- 72) M.Novello e M.C.Motta da Silva. *Cosmic Spinning String and Causal Protecting Capsules*. XV Encontro Nacional de Física de Partículas e Campos, Sociedade Brasileira de Física. Angra dos Reis, 1994. **Comunicação em Congresso**.
- 73) M.Novello, J.M.Salim, M.C.Motta da Silva e R.Klippert. *Conjunto Mínimo Fechado de Observáveis na Teoria de Perturbações Cosmológicas*. I Workshop do LAFEX. Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas - CBPF. Rio de Janeiro, 1994. **Comunicação em Congresso**.
- 74) M.Novello, J.M.Salim, M.C.Motta da Silva e R.Klippert. *Conjunto Mínimo Fechado de Observáveis na Teoria de Perturbações Cosmológicas - Tratamento Quântico*. XVI Encontro Nacional de Física de Partículas e Campos, Sociedade Brasileira de Física. Caxambu, 1995. **Comunicação em Congresso**.
- 75) M.Novello. *Gauge Independence of the Theory of Perturbation of Friedmann Universes. New Trends in Geometrical and Topological Methods*. Funchal, Madeira. Portugal, 1995. **Comunicação em Congresso**.
- 76) M.Novello. *Minimal Closed Set of Observables in the Theory of Cosmological Perturbations*. VIII Escola Brasileira de Cosmologia e Gravitação. Rio de Janeiro, 1995. **Seminário em Congresso**.
- 77) N.Pinto Neto. *Quantum Cosmology*. VIII Escola Brasileira de Cosmologia e Gravitação. Rio de Janeiro, 1995. **Curso em Congresso**.
- 78) M.Novello, J.M.Salim, M.C.Motta da Silva e R.Klippert. *Teoria de Perturbações Cosmológicas para Modelos de Kasner*. XVII Encontro Nacional de Física de Partículas e Campos, Sociedade Brasileira de Física. Serra Negra, São Paulo, 1996. **Comunicação em Congresso**.



- 79) M.Novello, J.M.Salim, M.C.Motta da Silva e R.Klippert. *Formulação Hamiltoniana da Cosmologia Padrão*. XVII Encontro Nacional de Física de Partículas e Campos, Sociedade Brasileira de Física. Serra Negra, São Paulo, 1996. **Comunicação em Congresso**.
- 80) M.Novello, J.M.Salim, M.C.Motta da Silva e R.Klippert. *Teoria de Perturbações Cosmológicas para Modelos Anisotrópicos*. XVIII Encontro Nacional de Física de Partículas e Campos, Sociedade Brasileira de Física. Caxambu, 1997. **Comunicação em Congresso**.
- 81) M.Novello, J.M.Salim, M.C.Motta da Silva e R.Klippert. *Modelo Gauge-Invariante de Perturbações na Solução de Schwarzschild*. XVIII Encontro Nacional de Física de Partículas e Campos, Sociedade Brasileira de Física. Caxambu, 1997. **Comunicação em Congresso**.
- 82) M.Novello. *A New Approach to Schwarzschild Perturbation*. MG8: The Eighth Marcel Grossmann Meeting. Jerusalém, 1997. **Comunicação em Congresso**.
- 83) M.Novello. *Can Purely Electromagnetic Interaction Produce Black Holes?* MG8: The Eighth Marcel Grossmann Meeting. Jerusalém, 1997. **Comunicação em Congresso**.
- 84) M.Novello. *General Comments on the Session Non Singular Cosmology*. MG8: The Eighth Marcel Grossmann Meeting. Jerusalém, 1997. **Conferência Plenária em Congresso**.
- 85) M.Novello. *Geometrized Instantons and the Creation of the Universe*. MG8: The Eighth Marcel Grossmann Meeting. Jerusalém, 1997. **Comunicação em Congresso**.
- 86) N.Pinto Neto. *A Interpretação Causal Aplicada à Cosmologia Quântica*. Simpósio David Bohm. São Paulo, 1998. **Comunicação em Congresso**.
- 87) N.Pinto Neto. *Cosmologia Quântica: O Problema da Interpretação e Resultados*. XX Encontro Nacional de Física de Partículas e Campos. São Lourenço, Minas Gerais, 1999. **Seminário apresentado em Congresso**.
- 88) N.Pinto Neto. *Interpretação da Cosmologia Quântica*. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE. São José dos Campos, São Paulo, 1999. **Seminário**.
- 89) N.Pinto Neto. *Da Universalidade da Mecânica Quântica à Mecânica Quântica do Universo*. Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas - CBPF. Rio de Janeiro, 1999. **Colóquio**.
- 90) J.M.Salim. *Interação Gravitacional em Espaços de Weyl Integrável*. Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas - CBPF. Rio de Janeiro, 1999. **Seminário**.

- 91) L.A.R.Oliveira. *Filosofia Natural da Temporalidade*. Departamento de Física, Pontifícia Universidade Católica - PUC. Rio de Janeiro, 1999. **Colóquio**.
- 92) L.A.R.Oliveira. *Ciência e Mito*. Simpósio: "Ciência & Humanismo - Ampliando Fronteiras". CBPF-MAST. Rio de Janeiro, 1999. **Seminário**.
- 93) M.Novello. *Trou Noir Non Gravitationnel*. Departamento de Gravitação e Cosmologia, Universidade de Paris. França, 1999. **Seminário**.
- 94) M.Novello. *Teoria do Campo Gravitacional*. Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas - CBPF. Rio de Janeiro, 1999. **Seminário**.
- 95) M.Mostepanenko, M.Novello e V.Bezerra. *Vacuum Stress-Energy Tensor of Scalar Field in Cosmological Model without Singularity*. XVI Encontro de Físicos do Norte e Nordeste, 1999. **Conferência Plenária em Congresso**.
- 96) M.Novello. *Máquinas do Tempo: Um Olhar Científico*. Escola Federal de Engenharia de Itajubá, 1999. **Conferência**.
- 97) M.Novello. *Cosmologia do Século XX*. Escola Federal de Engenharia de Itajubá, 1999. **Seminário**.
- 98) M.Novello. *Cosmologia no Século XX*. II Escola do CBPF. Rio de Janeiro, 1999. **Conferência em Congresso**.
- 99) M.Novello. *Ótica Não Linear: Um Modo Simples de Simular a Gravitação*. Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas - CBPF. Rio de Janeiro, 1999. **Seminário**.

#### 4.5. Teses Orientadas

As teses orientadas por membros do Grupo de Cosmologia e Gravitação são listadas abaixo em ordem cronológica.

#### 4.5.1. Teses de Mestrado

- 1) Lígia M.C.S.Rodrigues. (Mário Novello). *Um Modelo de Solução Cosmológica Não Singular*. Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas. Rio de Janeiro, 1974.
- 2) C.A.P.Galvão. (Mário Novello). *Criação de Partículas em um Universo em Expansão: A Questão da Isotropização do Cosmos*. Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas. Rio de Janeiro, 1974.
- 3) José Martins Salim. (Mário Novello). *Monopolos Gravitacionais*. Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas. Rio de Janeiro, 1976.
- 4) Marcelo J.Rebouças. (Mário Novello). *Cosmologia Fora de Equilíbrio: Universo com Rotação*. Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas. Rio de Janeiro, 1977.
- 5) Ruben Araújo. (Mário Novello). *Análise Qualitativa de Modelos Cosmológicos*. Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas. Rio de Janeiro, 1979.
- 6) J.Duarte. (Mário Novello). *Propriedades Duais do Tensor de Weyl*. Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas. Rio de Janeiro, 1980.
- 7) Regina Célia Arcuri. (Mário Novello). *Buracos Brancos*. Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas. Rio de Janeiro, 1981.
- 8) Ernesto Ruckert. (Mário Novello). *Fótons Não Lineares*. Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas. Rio de Janeiro, 1981.
- 9) Nelson Pinto Neto. (Mário Novello). *Equações Alternativas de Gravitação*. Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas. Rio de Janeiro, 1983.
- 10) Cláudia Pombo Costa. (José Martins Salim). *Análise de Geometrias Conformalmente Planas no Formalismo das quações Quase-Maxwellianas*. Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas. Rio de Janeiro, 1984.
- 11) Abílio Valério Tozini. (Mário Novello). *Modelos do Universo em Rotação*. Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas. Rio de Janeiro, 1984.
- 12) Nami Fux Svaiter. (Mário Novello). *Fótons Não Lineares no Universo de Bianchi-I*. Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas. Rio de Janeiro, 1984.
- 13) Gilvan Augusto Alves. (José Martins Salim). *Fótons Não Lineares: Uma Solução Cosmológica Não Singular*. Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas. Rio de Janeiro, 1986.
- 14) Henrique Pereira de Oliveira. (José Martins Salim). *Um Estudo em Cosmologia e Termodinâmica Causal*. Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas. Rio de Janeiro, 1987.
- 15) Stefan Dieter Jorda. (Mário Novello). *Os Diversos Modos de Acoplamento Não-Mínimo Entre Eletromagnetismo e Gravitação*. Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas. Rio de Janeiro, 1988.
- 16) Edison de S.Moreira. (Mário Novello). *Teorias de Tétrada da Gravitação e o Acoplamento Mínimo Entre os Campos Gravitacional e Eletromagnético*. Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas. Rio de Janeiro, 1989.

- 17) Hélder Couto. (Mário Novello). *Novas Leis de Conservação para o Campo Gravitacional Livre*. Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas. Rio de Janeiro, 1989.
- 18) Sérgio Luiz Schubert Duque. (Mário Novello). *Transição de Fase Auto-Reduzida pela Gravitação*. Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas. Rio de Janeiro, 1989.
- 19) Alexandre da Fonseca Velasco. (Nelson Pinto Neto). *Formalismo de Primeira Ordem e Suas Aplicações para Quantização Canônica da Gravitação*. Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas. Rio de Janeiro, 1990.
- 20) Vinícius Moll de Castro Pereira. (Mário Novello e Nelson Pinto Neto). *Acoplamento Não Mínimo e Cosmologia Quântica: Um Modelo*. Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas. Rio de Janeiro, 1991.
- 21) Maria Emília Xavier Guimarães. (Mário Novello e Nami Fux Svaiter). *Sistemas Sincrônicos de Coordenadas no Universo de Gödel*. Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas. Rio de Janeiro, 1991.
- 22) Martha Christina Motta da Silva. (Mário Novello). *Construção de Modelos para um Universo Globalmente Causal a Partir da Solução de Gödel*. Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas. Rio de Janeiro, 1992.
- 23) Vítor Emanuel Rodino Lemes. (Nelson Pinto Neto). *Rumo a uma Teoria Unitária Alternativa para a Gravitação: Novas Interações e Semelhanças com a de Einstein-Hilbert*. Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas. Rio de Janeiro, 1993.
- 24) Sérgio Eduardo de Carvalho Eyer Jorás. (Mário Novello). *Perturbações Escalares no Universo de Friedmann-Robertson-Walker*. Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas. Rio de Janeiro, 1994.
- 25) Renato Klippert Barcellos. (Mário Novello). *Teoria de Perturbações Vetoriais e Tensoriais no Universo de Friedmann*. Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas. Rio de Janeiro, 1994.
- 26) Vitorio Alberto De Lorenci. (Mário Novello). *Teoria Não Local da Gravitação*. Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas. Rio de Janeiro, 1994.
- 27) Guilherme de Berredo Peixoto. (Mário Novello). *Teoria de Campo da Gravitação em Três Dimensões*. Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas. Rio de Janeiro, 1997.
- 28) Paulo Israel Trajtenberg. (Nelson Pinto Neto). *Uma Análise Comparativa de Algumas Prescrições para o Cálculo da Energia de Sistemas Gravitacionais*. Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas. Rio de Janeiro, 1997.
- 29) Flávia Ciraudó. (José Martins Salim). *Soluções Cosmológicas Anisotrópicas em WIST*. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro - PUC. Rio de Janeiro, 1998.
- 30) Carla Ribeiro da Fonseca. (Mário Noovello). *Construção de Wormholes Utilizando Correção Quântica de Euler-Heisenberg para a Eletrodinâmica Clássica*. Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas. Rio de Janeiro, 2000.
- 31) Ricardo Mattos Martins. (José Martins Salim). *Dinâmica do Campo Magnético em WIST, em uma Métrica Tipo Bianchi-I*. Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas. Rio de Janeiro, 2000.
- 32) Gustavo Dourado Barbosa. (Nelson Pinto Neto). *A Evolução de Perturbações Escalares Quânticas em um Universo Eterno*. Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas. Rio de Janeiro, 2000.

#### 4.5.2. Teses de Doutorado

- 1) Ivano Damião Soares. (Mário Novello). *Um Estudo da Interação Gravitação-Neutrino*. Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas. Rio de Janeiro, 1976.
- 2) C.A.P.Galvão. (Mário Novello). *Gravitação e Cosmologia em Espaços com Torção*. Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas. Rio de Janeiro, 1976.
- 3) Marcelo José Rebouças. (Mário Novello). *Modelos do Universo com Rotação Dependente do Tempo*. Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas. Rio de Janeiro, 1981.
- 4) José Martins Salim. (Mário Novello). *Equações Quase-Maxwellianas da Gravitação: Aplicação ao Universo de Friedmann*. Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas. Rio de Janeiro, 1982.
- 5) Luiz Alberto Rezende de Oliveira. (Mário Novello). *Acoplamento Não Mínimo com a Gravitação e Espaços de Weyl Integráveis*. Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas. Rio de Janeiro, 1988.
- 6) Carlos Augusto Romero Filho. (Mário Novello). *Análise Qualitativa de Modelos Cosmológicos na Teoria de Brans-Dicke*. Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas. Rio de Janeiro, 1988.
- 7) Nelson Pinto Neto. (Mário Novello). *Teoria da Gravitação em Termos das Variáveis de Fierz-Lanczos*. Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas. Rio de Janeiro, 1989.
- 8) Nami Fux Svaiter. (Mário Novello). *Teoria Quântica de Campos em Sistemas de Coordenadas Curvilíneas no Espaço-Tempo de Minkowski e Curvos*. Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas. Rio de Janeiro, 1989.
- 9) Luciane Rangel de Freitas. (Mário Novello e Nelson Pinto Neto). *Campos de Spin-2 Variáveis Fundamentais: A Proposta de Fierz*. Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas. Rio de Janeiro, 1991.
- 10) Henrique Pereira de Oliveira. (José Martins Salim). *Fluidos com Spin em Relatividade Geral: Formulação Variacional, Aspectos Termodinâmicos e Modelos Cosmológicos*. Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas. Rio de Janeiro, 1991.
- 11) Maurício O. Calvão. (José Martins Salim). *A Riqueza Termodinâmica das Cosmologias de Robertson-Walker: Uma Ópera em Três Atos*. Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas. Rio de Janeiro, 1991.
- 12) Sérgio Luiz Schubert Duque. (Mário Novello). *Formulação Íntegro-Diferencial para a Gravitação*. Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas. Rio de Janeiro, 1994.
- 13) Vitório Alberto De Lorenci. (Mário Novello). *Teoria de Campo da Gravitação*. Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas. Rio de Janeiro, 1996.
- 14) Renato Klippert Barcellos. (Mário Novello). *Teoria das Perturbações Vetoriais e Tensoriais no Universo de Friedmann*. Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas, 1997.
- 15) Sandra Liliana Sautú. (José Martins Salim). *Teoria da Gravitação no Espaço-Tempo de Weyl Integrável*. Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas. Rio de Janeiro, 1997.
- 16) Martha Christina Motta da Silva. (Mário Novello). *Teoria de Perturbações em Universos Anisotrópicos: Modelo de Kasner*. Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas. Rio de Janeiro, 1998.

- 17) Ronaldo Rodrigues da Silva. (Nelson Pinto Neto). *Generalização do Formalismo de Teoria de Campo para a Relatividade Geral e Quantidades Conservadas em Espaços Assintoticamente Anti-De Sitter*. Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas. Rio de Janeiro, 1999.
- 18) Eduardo Sergio Santini. (Nelson Pinto Neto). *Geometrodinâmica Quântica na Interpretação de Bohm-de Broglie*. Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas. Rio de Janeiro, 2000.

## 5. Intercâmbio Científico

O Grupo de Cosmologia e Gravitação tem mantido, ao longo dos anos, um intenso contato com uma série de instituições científicas no Brasil e no mundo - tanto outros centros de pesquisa quanto universidades (como atesta, por exemplo, a lista de colaboradores do Grupo). Entre as cooperações mais recentes, podemos destacar as seguintes:

- Instituto de Física Teórica - IFT (São Paulo)
- Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ (Rio de Janeiro)
- Universidade Federal da Paraíba - UFPb (João Pessoa)
- Universidade Federal de Juiz de Fora (Minas Gerais)
- Universidade de Brasília - UNB (DF)
- Universidade Federal do Espírito Santo – UFES (Vitória)
- Universidade de Marseille (França)
- Universidade de Lyon (França)
- FERMILAB (Estados Unidos)
- Instituto Landau de Física Teórica (Moscou, Rússia)
- Universidade Autônoma de Bellaterra (Barcelona, Espanha)
- International Centre for Relativistic Astrophysics – ICRA
- Université Pierre et Marie Curie (Paris, França)
- Observatoire de Paris-Meudon (Meudon, França)

Entre os itens acima, os seguintes projetos de cooperação com instituições internacionais são proeminentes neste momento:

- **CAPes/COFECUB: Grupo de Marseille e Lyon**

Esta cooperação envolve, além de nosso grupo, dois grupos franceses: o Grupo de Cosmologia da Universidade de Marseille e do Centre de Physique Théorique, Marseille, coordenado pelo Dr. Roland Triay; e o Grupo do Prof. E. Elbaz, da Universidade de Lyon. No momento, continuamos a desenvolver a produção científica que vínhamos examinando ao longo do período anterior, dando ênfase à Formulação Canônica de Modelos Cosmológicos, em suas versões clássica e quântica, com a

participação de M.Novello e L.R.de Freitas (pelo lado brasileiro) e R.Triay e H.H.Fliche (pelo lado francês). Uma segunda linha de investigação - envolvendo M.Novello e V.A.De Lorenci pelo lado brasileiro e E.Elbaz pelo lado francês - tem tido bastante sucesso. Este projeto se concentrou na propagação de descontinuidades eletromagnéticas associada a processos não-lineares (como aqueles que aparecem seja em vácuos modificados por efeitos quânticos, seja aqueles que ocorrem em meios dielétricos não-lineares). Mostramos, primeiramente, que a propagação das ondas faz aparecer uma geometria efetiva (como se constituísse um meio com índice de refração  $n$  dependente do campo), capaz de produzir fenômenos novos e, até um certo ponto, inesperados. Exemplos deste tipo de resultado seriam o confinamento de fótons em uma estrutura tipo *Buraco Negro Eletromagnético* (um resultado que está sendo generalizado para campos de *gauge* não-Abelianos) e a constatação da existência de caminhos fechados no espaço-tempo para os fótons. Desenvolvemos também estudos referentes à teoria de campo da Gravitação, NDL, principalmente referente às ondas gravitacionais. Esta investigação está correntemente sendo implementada com os pesquisadores do Centre de Physique Théorique de Marseille, com atenção especial dada à comparação desta nova teoria com a observação da emissão de ondas gravitacionais por pulsar.

- **CAPES/COFECUB: Grupo de Paris e Meudon**

Esta cooperação envolveu um membro do nosso Grupo (Nelson Pinto Neto) com grupos franceses da Université Pierre et Marie Curie (Richard Kerner, Roberto Colistete Jr.), e o Observatoire de Paris Meudon (Dr. Jérôme Martin). Estas colaborações geraram publicações em periódicos internacionais versando sobre modelos cosmológicos não singulares em Cosmologia Quântica e suas consequências, bem como transições quânticas de topologia.

- **Center for Gravitation and Fundamental Metrology and Russian Gravitational Society (Moscou)**

Este programa de pesquisas vem sendo desenvolvido já há alguns anos com o Grupo do Prof. V.Melnikov. Ele consiste na análise e estudo dos seguintes temas, com especial ênfase nos dois últimos (ver a referência *Carla Ribeiro da Fonseca, Tese de Mestrado. CBPF, 2000*).



- ❖ Novos métodos matemáticos em Cosmologia e Gravitação
- ❖ Buracos negros e *wormholes*
- ❖ Modelos cosmológicos não singulares

- **ICRA (International Center for Relativistic Astrophysics)**

Ver maiores detalhes acerca desta cooperação no próximo item deste documento.

## 6. Cooperação Internacional - ICRA

O ICRA Network constitui um conjunto de grupos de pesquisa atuando nas áreas de Relatividade, Cosmologia e Astrofísica e unidos sob o guarda-chuva institucional da Unesco. No momento atual, esta rede inclui os seguintes grupos:

- **Austrália:**

*Australian International Gravitational Research Centre*. University of Western Australia (Perth, Australia). Responsável: Prof. David Blair.

- **Chile:**

*Centro de Estudios Científicos de Santiago (CECS)*. Las Condes, Santiago. Responsável: Prof. Claudio Teitelboim.

- **China:**

*Beijing Astronomical Observatory (BAO)*. Chinese Academy of Sciences. Responsável: Prof. Li QiBin.

- **Estados Unidos:**

*GPB. Hansen Lab.*. Stanford University. Califórnia. Responsável: Prof. Francis W. Everitt.

*Space Telescope Science Institute*. Baltimore. Instalação primária: The Steven Muller Building, John Hopkins Homewood Campus.

- **França:**

*Institute des Hautes Études Scientifiques (IHÉS)*. Bures Sur Yvette. Responsável: Prof. Jean Pierre Bourguignon.

*Observatoire de la Côte d'Azur (OCA)*. Le Mont Gros, Nice. Responsável: Prof. Jaime A. de Freitas Pacheco.

▪ **Itália:**

*ICRA Center*. Università di Roma "La Sapienza", Roma, com um centro de coordenação na cidade de Pescara. Responsável: Prof. Remo Ruffini.

▪ **Japão:**

*Yukawa Institute for Theoretical Physics (YITP)*. Kyoto University. Responsável: Prof. T.Nakamura.

▪ **Rússia:**

*Keldysh Institute of Applied Mathematics (IPM)*. Moscou. Responsável: Prof. Y.Popov.

*Moscow State Engineering Physics Institute (MEPhI)*. Mosco. Responsável: Prof. B.Onykii.

▪ **Vaticano:**

*Specola Vaticana*. Castelgandolfo e *Steward Observatory*. University of Arizona (segundo centro). Responsável: Prof. George Coyne.

▪ **Vietnã:**

*National Centre for Natural Sciences and Technology (NCST)*. Hanói. Responsável: Prof. N.Van Hieu.

▪ **Brasil (ICRA/Rio):**

Recentemente foi criado no interior do Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF) o ICRA/Rio e instalado provisoriamente no CBPF. Um Memorandum de Cooperação entre o ICRA/Rio e a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ) foi assinado pelo Diretor do ICRA/Rio, Professor Mário Novello e o Diretor Superintendente da FAPERJ, Fernando Otávio de Freitas Peregrino (ver transcrição destes documentos a seguir).

As atividades do ICRA/Rio se iniciaram em 1999 e uma primeira importante função será desenvolvida no mês de Outubro de 2000, com a organização pelo ICRA/Rio de um *workshop* (o anúncio deste evento está anexado na próxima seção).

Transcrevemos abaixo a carta do Prof. Remo Ruffini em que esta colaboração foi acordada, bem como o Memorando de Intercâmbio com a FAPERJ. Uma tradução foi também incluída.

*Let me first express to you how impressed I was to visit you in Rio and see the different possibilities for future collaboration you have expressed to me. This is particularly important since we, as ICRA, are developing the ICRA Network in order to foster scientific collaboration in the Theoretical field in Relativistic Astrophysics, under the auspices of UNESCO.*

*(...) The reason of making such an effort is that we believe that international coordination, which has already given such impressive results in the experimental and observational fields, should be extended to the Theoretical field: in absence of such coordination the Theoretical work is extremely fragmented and lack the necessary momentum to much experimental and observational results creating a crisis in the very progress of Scientific Research.*

*(...) The attachment to Rio are not only based on the historical successes in creating new fascinating ideas in Astrophysics (I always remember the encounters there of my good friend Gleb Wattaghin with George Gamow and the URCA process!), but also the very important collaboration I had with Jayme Tiomno and his group and all the very important work you are developing with your collaborators.*

**Deixe-me primeiro expressar o quão impressionado eu fiquei ao visitá-lo no Rio e ver as diferentes possibilidades para colaboração futura que você expressou a mim. Isto é particularmente importante, já que nós, como ICRA, estamos desenvolvendo a Rede ICRA a fim de fomentar colaboração científica no campo Teórico da Astrofísica Relativística, sob os auspícios da UNESCO.**

**(...) A razão de fazer-se um tal esforço é que nós acreditamos que a coordenação internacional, a qual já deu resultados tão impressionáveis nos campos experimental e observacional, deveria ser estendida ao campo Teórico: na ausência de tal coordenação, o trabalho Teórico é extremamente fragmentado e a**

ele falta o ímpeto necessário para analisar os resultados experimentais e observacionais, criando uma crise no progresso da Pesquisa Científica.

(...) A escolha do Rio [para este centro] não é somente baseada nos sucessos históricos em criar idéias fascinantes em Astrofísica (eu sempre me lembrarei dos encontros entre o meu bom amigo Gleb Wattaghin e George Gamow e o processo URCA!), mas também pela colaboração muito importante que eu tive com Jayme Tiomno e seu grupo, e todo o importante trabalho que você está desenvolvendo com os seus colaboradores.

#### **Memorando de Cooperação entre o ICRA e a FAPERJ:**

*O ICRA/Rio, um ramo local do ICRA Network (International Centre for Relativistic Astrophysics) foi criado recentemente através de um acordo com o Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF) nas dependências do qual ele ficará provisoriamente instalado. Esta entidade tem como objetivo promover colaborações entre os diferentes membros daquela rede e outros nas áreas de Cosmologia, Gravitação e Astrofísica Relativista.*

*Dessa forma, tem este Memorandum a função de auxiliar na consolidação local do ICRA/Rio através dos seguintes procedimentos:*

- *Apoiar a troca de informações científicas entre os diferentes membros do ICRA Network, proporcionando o desenvolvimento de novos programas genuinamente internacionais em sua estrutura e coordenação de pesquisa dos diferentes grupos participantes do ICRA;*
- *Apoiar efetivamente a manifestação destas diferentes cooperações através de Encontros, Seminários, Conferências, “workshops”, etc.*
- *Desenvolver uma eficiente rede eletrônica de tal modo a permitir a troca de informações entre os diferentes Laboratórios e Departamentos envolvidos nessas pesquisas, bem como auxiliar no acesso a bancos de dados internacionais existentes;*

- *Auxiliar e promover a ajuda da pesquisa em Cosmologia, Gravitação e Astrofísica relativista apoiando as ações do ICRA/Rio.*

*Em 20/12/1999.*

**Fernando Otávio de Freitas Peregrino**

**Mário Novello**

*Diretor Superintendente da FAPERJ*

*Diretor do ICRA/Rio*

**Memorando de acordo entre o CBPF e o ICRA para o estabelecimento no Brasil de um centro da ICRA Network:**

*Seen the Resolution 28 C/DR 463 of UNESCO, which is included as Appendix 1 to this Memorandum, and the recent establishment in Pescara (Italy) of the International Co-ordinating Centre of the ICRA Network.*

*Aware that scientific co-operation at international level is essential in order to obtain greater efficiency in the process of scientific research*

*Aware that international co-operation is even more important in the field of Relativistic Astrophysics where a very large number of data are acquired daily by Space borne instruments and Earth based Observatories*

*Aware that theoretical models, continuously being developed by leading Research Centres worldwide, are essential to the comprehension of the Astrophysical phenomena as well as to the progress of the knowledge of the fundamental laws of Nature*

*ICRA and CBPF agree to give the Status of a Branch of the **ICRA Network** in Brasil to the Laboratory of Cosmology and High Energy Physics **LAFEX/CBPF**.*

*ICRA and CBPF agree to promote collaborations through the following procedures:*

- 1) *Effectively exchange scientific informations among all the branches of the **ICRA Network** about the ongoing programs, to foster the development of new programs genuinely international in their structure and co-ordinate research of the different groups participating in the **ICRA Network**;*

- 2) *Mutually support exchange of senior and junior scientists among the branches of **ICRA Network** in order to promote common scientific work as well as the participation in international conferences, symposia and workshops;*
- 3) *Mutual support and common preparation of joint programs of research to be presented to financing Agencies both nationally and internationally;*
- 4) *Develop efficient electronic network infrastructure in order to acquire and exchange all data from ground based observatories and experimental facilities and space borne missions including access to international and national data banks.*

***CBPF** also agree to promote and help the development of research in Relativistic Astrophysics in the South American Countries and to nominate its representative in the **Scientific Committee** of the **ICRA Network**. The co-ordination of the **ICRA Network** will be done by the Centre in Pescara*

*Remo Ruffini*

*Amós Troper*

*Mário Novello*

*President of **ICRA***

*Director of **CBPF***

*Group Leader **LAFEX/CBPF***

## 7. Workshop: "Analog Models for General Relativity"

Anexamos o anúncio do *workshop* que está sendo correntemente organizado como parte das atividades de cooperação internacional do ICRA/Rio:

### *Analog Models for General Relativity*

#### *Workshop*

*CBPF - Rio de Janeiro*  
*16 Outubro -- 20 Outubro 2000*

Este *workshop* estará dedicado a discutir vários "modelos análogos" para a Relatividade Geral. Estes modelos análogos incluem, entre outros, acústica em fluidos em fluxo, quase-partículas em superfluidos, condensados de Bose-Einstein em fluxo, luz "lenta" em fluidos em fluxo, eletrodinâmica não linear, e o efeito Scharnhorst.

Em todos estes modelos análogos existe uma métrica de Lorentz efetiva que governa as flutuações perturbativas. Esta métrica efetiva força as flutuações a exibirem muitas das propriedades cinemáticas da Relatividade Geral, embora as características dinâmicas (aquelas baseadas na ação de Einstein-Hilbert) tipicamente não sejam mais válidas.

É possível que possamos construir horizontes análogos no laboratório num futuro próximo. Espera-se que tais horizontes análogos mostrem radiação de Hawking, mas possivelmente sem qualquer análogo da entropia de Bekenstein. Os modelos análogos da Relatividade Geral são sondas úteis da radiação de Hawking: devido ao fato de que a física de curtas distâncias é muito bem conhecida (física atômica), o *cutoff* pode ser entendido fisicamente -- isto ajuda a clarificar o papel das frequências trans-planckianas na relatividade geral que, nestes análogos em matéria condensada, são substituídos por "física trans-bohriana".

\*\*\*\*\*



**Comitê Organizador:**

- Mário Novello (Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF), Rio de Janeiro, Brazil)
- Matt Visser (Washington University in Saint Louis, USA)
- Grigori Volovik (Helsinki University of Technology, Finland, and Landau Institute, Russia)

**Palestrantes Convidados:**

- Brandon Carter
- Ted Jacobson
- Ulf Leonhardt
- Renaud Parentani
- Haret Rosu
- Michael Stone
- Bill Unruh
- Matt Visser
- Grigori Volovik
- Mário Novello

=====

=====

**WORKSHOP ANNOUNCEMENT**

=====

***Analog models for General Relativity***

*Rio de Janeiro, Brazil*

*Monday 16 October---Friday 20 October 2000*

This workshop will deal with various "analog models" for GR. These analog models include acoustics in flowing fluids, quasi-particles in superfluids, flowing Bose-Einstein condensates, slow light in flowing fluids, nonlinear electrodynamics, the Scharnhorst effect, and more.

The common theme in all these analog models is the presence of an effective Lorentzian metric that governs perturbative fluctuations. This effective metric forces the fluctuations to exhibit many of the kinematic features of general relativity, though dynamic features [those specifically based on the Einstein-Hilbert action] typically do not carry over.

It seems plausible that we might be able to construct analog horizons in the laboratory in the not too distant future. Such analog horizons are expected to exhibit Hawking radiation, but possibly without any analog of Bekenstein entropy. Analog models of GR are useful probes of Hawking radiation: Because the short-distance physics is explicitly known (atomic physics), the cutoff is physically understood---this helps clarify the role of trans-Planckian frequencies in GR, which in these condensed-matter GR analogs are replaced by "trans-Bohrian physics".

=====

## Organizing Committee

- Mário Novello (Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF), Rio de Janeiro, Brazil)
- Matt Visser (Washington University in Saint Louis, USA)
- Grigori Volovik (Helsinki University of Technology, Finl and Landau Institute, Russia)

## Plenary Speakers

- Brandon Carter
- Ted Jacobson
- Ulf Leonhardt
- Mário Novello
- Renaud Parentani
- Haret Rosu
- Michael Stone (not confirmed)
- Bill Unruh
- Matt Visser
- Grigori Volovik

Due to the workshop format of the meeting, there will be only a limited possibility for short contributed talks, and – depending on demand – attendance may also be limited.

**Primary contact:** Mário Novello [novello@lafex.cbpf.br]

**Alternate contacts:** Matt Visser [visser@kiwi.wustl.edu]

Grigori Volovik [volovik@boojum.hut.fi]

=====

## 8. Escolas de Cosmologia e Gravitação

Uma das mais importantes contribuições realizadas pelo Grupo de Cosmologia e Gravitação para o desenvolvimento e aprimoramento de físicos brasileiros são as *Escolas de Cosmologia e Gravitação*. Elas foram criadas para se constituir em um fórum de estudos e análise das principais questões associadas à Cosmologia e um rápido exame do perfil histórico destes eventos permite compreender como esta idéia tem evoluído desde o ano de 1978, quando ocorreu o primeiro encontro deste gênero. Tal perfil será apresentado resumidamente nos parágrafos que se seguem.

Tanto a **I** quanto a **II Escolas** (realizadas nos anos de 1978 e 1979, respectivamente) constituíram-se em um meio de consolidação, junto aos nossos jovens físicos, da estrutura básica da Teoria da Gravitação, bem como das ferramentas e técnicas matemáticas que são indispensáveis a uma maior compreensão da Teoria da Relatividade Geral e da sua caracterização da estrutura evolucionária do espaço e do tempo. Além deste trabalho de base, foram apresentados ainda alguns conceitos primordiais de teorias correlatas à Gravitação e à Relatividade Geral, envolvendo rudimentos das Teorias Unificadas e alguns aspectos básicos da Astrofísica Relativística. Isto pode ser comprovado por um exame dos cursos apresentados na **II Escola**, a saber:

- *Grupos de Transformação* - Prof. M.D.Maia
- *Buracos Negros Supermassivos* - Prof. J.A.de Freitas Pacheco
- *No Caminho da Geometrização do Eletromagnetismo* - Prof. M.Novello
- *"Strings" na Relatividade Especial e na Relatividade Geral* - Prof. P.A.Letelier  
Sotomayor
- *Propriedades da Matéria Estelar* - Prof. T.Kodama
- *Cosmologia Relativista* - Prof. M.Novello
- *Introdução à Formulação de Algumas Teorias do Campo Unitário* - Prof.  
C.G.Oliveira
- *O Cálculo de Formas Diferenciais e a Equação de Dirac em Espaços Curvos* -  
Prof. I.D.Souares
- *Galaxias en el Universo* - Prof. J.L.Seric

- *Dinâmicas de Aglomerados Estelares e Aglomerados de Galáxias* - Prof. S.J.Codina-Landaberry
- *Quebra Espontânea de Simetria e Modelos Cosmológicos* - Prof. H.Fleming
- *Alguns Aspectos da Teoria de Gauge* - Prof. P.P.Srivastava
- *Teoria da Gravitação* - Prof. C.G.Oliveira

Nas **III** e **IV Escolas** (realizadas, respectivamente, em 1982 e 1984) foram aprofundadas as noções de Astrofísica apresentadas nas Escolas anteriores. Além disso, focalizou-se o estudo das Teorias de Partículas Elementares e a sua íntima associação com o chamado Modelo Padrão da Cosmologia (*Standard Model*) - modelo este identificado com a noção de um princípio explosivo e quente para o universo (conhecido na literatura como a *Hot Big Bang Hypothesis*). A lista de cursos básicos e de mini-cursos ministrados na **III Escola** foi:

- *The Large Scale Structure of the Universe* – Prof. Guido Chincarini
- *The Applications of the Inverse Scattering Problem in General Relativity* – Prof. V.A.Belinskii e Prof. V.E.Zakharov
- *Pulsars* – Prof. A.Heintzmann
- *Solitons of Matter in General Relativity* – Prof. Patricio S.Letelier
- *Introduction to the Formulation of Some Unitary Theories and the Gauge Theory of the Group  $U(3,1)$*  – Prof. Colber G.Oliveira
- *The Electromagnetic Spectrum of the Cosmic Background Radiation* – Prof. Nelson J.Shuch
- *Gravitational Coupling of Neutrinos to Matter Vorticity II: Microscopic Asymmetries in Angular-Momentum Modes* – Prof. I.D.Soares e Prof. L.C.M.S.Rodrigues
- *Metric Fluctuations: The Macroscopic Equations of Gravity and Chaos Versus Anti-Chaos* - Prof. M.Novello
- *The Angular Distribution of the Cosmic Background Radiation* – Prof. Nelson J.Shuch

- *Quantum Gravity* - Prof. Bruce DeWitt
- *Introduction to SuperSymmetry and Supergravitation* – Prof. Prem P.Srivastava
- *Neutrinos in the Universe* – Prof. Reuven Opher

O Comitê Organizador da **III Escola de Cosmologia e Gravitação** foi composto pelos seguintes pesquisadores: M.Novello (CBPF); J.A.F.Pacheco (Observatório Nacional - ON, Rio de Janeiro); L.A.Videira (Pontificia Universidade Católica - PUC, Rio de Janeiro); Colber G.Oliveira (UnB); I.D.Soares (CBPF).

Na **IV Escola**, os tópicos dos cursos apresentados foram:

- *Initial Value Problem Positivity of Energy* – Prof. I.Choquet-Bruhat
- *Formation of Large Scale Structure in the Universe* – Prof. F.LiZhi
- *Self-Consistent Cosmology an Inflationary Alternative to the Minkowskian Quantum Vacuum* – Prof. E.Gunzig
- *Lectures on Semiclassical Quantum Gravity* – Prof. M.Castagnino
- *Five lectures on Particle Physics and Cosmology* – Prof. E.W.Kolb
- *Topics at the Interface of Particle Physics and Cosmology* – Prof. D.N.Schramm
- *Stochastic Methods in Cosmology* – Prof. M.Novello

O Comitê Organizador desta escola incluiu: M.Novello (CBPF); R.Aldrovandi (IFT, SP); Ligia M.C.S.Rodrigues (CBPF); J.M.Salim (CBPF).

No ano de 1987, a **V Escola de Cosmologia e Gravitação** pôde ampliar a base de conhecimento e análise apresentada nas Escolas anteriores, evoluindo para um debate mais amplo e profundo das possíveis alternativas viáveis de explicação do comportamento em larga escala do universo. Foram apresentados, nesta ocasião, cursos baseados no Modelo Padrão, bem como mais de um curso examinando a idéia de um *Universo Eterno*, sem começo nem fim. Além destas abordagens específicas, foi possível examinar, em maiores detalhes, a relação entre a Física Quântica e a Gravitação. Embora esta união esteja, ainda, longe de ser considerada como completa, lançaram-se, na **V Escola**, as idéias básicas que foram posteriormente desenvolvidas na **VI Escola**.

Foi também a **V Escola** a primeira a ser aberta à comunidade científica internacional: pesquisadores e alunos de vinte e quatro (24) países inscreveram-se nesta Escola. Os cursos nela apresentados também refletiram esta internacionalização. Eles foram os seguintes:

- *Some Notes on the Propagation of Discontinuities in Solutions to the Einstein Equations* - Prof. K.Lake
- *Standard Cosmology* - Prof. G.F.R.Ellis
- *Nonstandard Cosmologies* - Prof. J.V.Narlikar
- *The Program of an Eternal Universe* - Prof. M.Novello
- *Vacuum in Plane and Curved Space-Times* - Prof. N.Sanchez
- *The Role of Quantum Mechanics in the Specification of the Structure of the Space-Time* - Prof. J.Audretsch
- *Influence of the Cosmological Background on the Mutual Interaction of Quantum Fields* - Prof. J.Audretsch
- *Lectures on Particle Cosmology* - Prof. E.W.Kolb
- *Toward a History of Einstein's Theory of Gravitation* - Prof. J.Eisenstaedt
- *Elements of BRST Theory* - Prof. C.Teitelboim

O Comitê Organizador da **V Escola** foi composto por: M.Novello (CBPF); Ligia M.C.S.Rodrigues (CBPF); N.O.Santos; I.Costa.

Em seguida, durante as duas semanas da **VI Escola de Cosmologia e Gravitação**, em 1989, as idéias apresentadas primeiramente na Escola anterior foram desenvolvidas no seguintes cursos básicos:

- *Cosmic Strings and the Singularity Problem* - Prof. V. Moncrief
- *Accelerated Observers and Quantum Effects* - Prof. S. Takagi
- *Introduction to Stochastic Quantum Theory* - Prof. F. Guerra
- *Quantum Effects in Cosmology* - Prof. L.P. Grishchuck
- *Quantum Field Theory in Curved Spaces* - Prof. I.G.Moss
- *Minisuperspaces* - Prof. M.P. Ryan Jr.

- *General Relativity and Fierz-Lanczos Variables* - Prof. M.Novello
- *Quantum Field Theory in Eternal Universes* - Prof. N.Deruelle

Nota-se, nos cursos acima, a ênfase dada aos processos quânticos em Cosmologia. Tal fato constituiu-se em evolução natural dos eventos anteriores, refletindo o importante papel que desempenha, atualmente, o exame dos processos quânticos na Cosmologia. Além destes cursos - com duração de uma semana cada - foram realizadas pequenas reuniões de trabalho, baseadas em cursos paralelos. Dentre estes eventos adicionais, dois tiveram particular importância: a abertura de uma sessão de seminários dos alunos-participantes, promovendo assim uma maior interação entre eles e os expositores; a abertura de uma sessão extraordinária de debates, na qual os dez professores palestrantes expuseram, individualmente, a sua opinião sobre as principais questões atuais da Cosmologia e de suas áreas correlatas. Esta experiência foi tão satisfatória que foi integrada na organização das Escolas subsequentes. O Comitê Organizador da **VI Escola Brasileira de Cosmologia e Gravitação** foi composto por: M.Novello (CBPF, Rio de Janeiro), L.A.R.Oliveira (CBPF, Rio de Janeiro) e A.J.Accioly (IFT, São Paulo).

No ano de 1991, devido a dificuldades financeiras do sistema de Ciência/Tecnologia do país, não foi possível manter a periodicidade das Escolas Brasileiras de Cosmologia e Gravitação. Entretanto, com o objetivo de não prejudicar toda uma geração de jovens cientistas, foi realizado um pequeno encontro no CBPF - uma "Mini-Escola", com duração de 15 a 26 de julho de 1991, e que teve o seguinte programa:

- *Cosmologia* - Prof. M.Novello
- *Gravitação* - Prof. I.D.Souares
- *Termodinâmica Relativista* - Prof. J.M.Salim
- *Formulação Hamiltoniana da Gravitação* - Prof. N.Pinto Neto
- *Teoria Quântica de Campos com Espaços Curvos* - Prof. N.F.Svaiter

Esta Mini-Escola foi assistida por 79 alunos/bolsistas de diferentes universidades brasileiras e constituiu-se em importante base para posteriores estudos e projetos.



Em 1993, a **VII Escola Brasileira de Cosmologia e Gravitação** foi novamente realizada em duas semanas, sendo apresentados os seguintes cursos:

- *Quantum Field Theory in Curved Spacetime* - Prof. L.Ford
- *Gravitational Perturbation in Expanding Universe* - S.Gottlöber
- *Elementary Particles and Cosmology* - A.Dolgov
- *Observing the Universe* - B.Jones
- *Non Singular Cosmological Models* - V.Melnikov
- *Theoretical Cosmology* - M.Novello

Além de apresentar um panorama geral sobre as principais conquistas e questões não resolvidas da Cosmologia de hoje, nesta Escola continuou-se - como nas anteriores - a discussão sobre uma das mais formidáveis questões do pensamento: a *criação do universo*. A grande novidade se deveu à mudança geral de comportamento dos cientistas quanto ao passado remoto do nosso universo: enquanto, até recentemente, atribuía-se a uma inacessível *explosão inicial* a função de geradora de explicação de todos os ulteriores processos da natureza, hoje a Física - em várias propostas competitivas - procura ter acesso à questão da criação, tanto clássica quanto quanticamente. Assim, modelos de Universo Eterno sem singularidade foram discutidos em vários momentos e por vários cientistas. Há, entretanto, um consenso geral de que o universo passou por um período extremamente *quente*. Isto significa que ou um processo de tunelamento quântico ou uma fase colapsante clássica anterior deveria prover condições para que um momento de tremenda concentração de matéria/energia pudesse ocorrer. Diferentes propostas nesta direção foram examinadas nos cursos e seminários desta Escola.

O Comitê Organizador da **VII Escola** compôs-se dos seguintes cientistas: M.Novello (CBPF, Rio de Janeiro); Fang Li Zhi (China); C.Romero (UFPb); A.J.Accioly (IFT, São Paulo); E.Elbaz (Universidade de Lyon, França); R.Triay (Universidade de Marseille, França).

A **VIII Escola Brasileira de Cosmologia e Gravitação**, realizada em 1995, consolidou o seu caráter internacional, não somente pelo fato de contar com professores de grande prestígio na comunidade

científica internacional, como principalmente pelo grande número de participantes-alunos vindos de outros países. Nesta Escola, ênfase especial foi dada a processos quânticos e suas consequências em um Universo em expansão. Não apenas foram examinados processos quânticos de matéria em *background* clássico (aproximação semi-clássica), como também foram apresentadas diferentes propostas de tratamento quântico do próprio campo gravitacional. Foram também examinadas e discutidas as recentes tentativas de explicação da existência e formação de grandes estruturas (galáxias, *clusters*, etc) - quer através de uma visão mais observacional e clássica, quer através de processos quânticos elementares. Os cursos apresentados foram:

- *Quantum Cosmology* - Prof. N.Pinto Neto
- *Particle Physics and Cosmology* - Prof. J.Ellis
- *Modern Cosmology and Structure Formation* - Prof. R.Brandenberger
- *Formation of Large Scale Structure of the Universe* - Prof. V.Lukash
- *Dynamics of Inhomogeneous Models Near a Singularity in Classical and Quantum Cosmology* - Prof. A.A.Kirillov
- *Gravity, Quantum Mechanics and Time* - Prof. B.Unruh
- *Sources of Gravitational Radiation and Prospects for Their Detection* - Prof. E.Flanagan

Além dos cursos acima, foram proferidos os seguintes Seminários especializados (*Invited Talks*):

- *Minimal Closed Set of Observables in the Theory of Cosmological Perturbations* - Prof. M.Novello
- *Earth as a Low Frequency Gravitational Wave Detector* - Prof. V.N.Rudenko
- *Classical Solutions in Multidimensional Cosmology* - Prof. V.N.Melnikov

O Comitê Organizador da **VIII Escola Brasileira de Cosmologia e Gravitação** incluiu: M.Novello (CBPF); C.Romero (UFPA); E.Elbaz (Universidade De Lyon, França); Fang Li Zhi (Universidade de Michigan, EUA); O.Aguiar (INPE, São José dos Campos, SP); R.Triay (Centre de Physique Théorique, Marseille, França); V.Melnikov (Centre for Fundamental Interaction and metrology, Moscou, Rússia).

A versão mais recente das **Escolas Brasileiras de Cosmologia e Gravitação** (a de número **IX**) foi realizada em 1998 e comemorou vinte anos de existência. Nesta ocasião homenageou-se a Prof. Yvonne Choquet-Bruhat com um tributo pronunciado pelo Prof. Werner Israel. Os principais tópicos apresentados e discutidos neste evento foram:

- *Cosmology with the Cosmic Microwave Background Radiation* - Prof. G.Smoot
- *Black Holes: Classical Properties, Thermodynamics and Heuristic Quantization* - Prof. J.Bekenstein
- *Field Theory of Gravity* - Prof. M.Novello
- *Cosmological Applications of QFT in Curved Spacetimes* - Prof. V.Mostepanenko
- *Physics of the Universe* - Prof. J.Villumsen
- *Physics and Astrophysics of Black Holes and Physics of Time Machines* - Prof. I.Novikov
- *Homogeneity and Fractals* - L.Amendola
- *Light-Front Quantum Field Theory* - Prof. P.Srivastava
- *From Quantum to Stochastic Classical Cosmology* - Prof. A.Starobinsky
- *Gedanken Experiments in Black Hole Thermodynamics* - Prof. W.Israel

Duas mesas-redondas foram também organizadas: *Loss of Information from Black Holes* (coordenada pelo Prof. W.Israel) e *Time Machines* (coordenada pelo Prof. A.Starobinsky). Além disso, um conjunto de seminários em outros tópicos de interesse em Cosmologia e áreas correlatas foram apresentados. O Comitê Organizador desta Escola incluiu: M.Novello (CBPF, Rio de Janeiro); E.Elbaz (Universidade de Lyon, França); R.Triay (Universidade de Marseille, França); V.Melnikov (Centro de Interações Fundamentais e Metrologia, São Petersburgo, Rússia); T.Villela (INPE, São José dos Campos) e E.Kolb (FERMILAB, Batavia, Estados Unidos).

O próximo encontro, **X Escola Brasileira de Cosmologia e Gravitação**, deverá ocorrer em 2001.

## 9. Algumas Opiniões e Comentários de Cientistas sobre as Atividades do Grupo

São apresentados a seguir uma série de opiniões e comentários a respeito do Grupo de Cosmologia e Gravitação. Escritos por vários físicos eminentes, estes comentários (aqui transcritos na forma de extratos) traduzem em parte a relevância do trabalho realizado por nosso grupo. Os extratos aparecem em inglês; todavia, uma tradução foi incluída em seguida a cada transcrição.

Os primeiros extratos são datados de 1988. Durante este ano, o Grupo de Cosmologia e Gravitação do CBPF - por várias razões cuja menção neste documento é desnecessária - pretendeu criar um Centro de Cosmologia, na esfera do Ministério de Ciência e Tecnologia. Naquele momento, foi solicitada a vários físicos (a pedido do então ministro) as suas opiniões sobre este grupo, que são transcritas a seguir. Ademais, acrescentamos em seguida cartas de alguns professores das Escolas referentes aos anos de 1993 e 1998 como exemplos de opiniões de outros professores.

( I ) Carta da Professora Yvonne Choquet-Bruhat (19/09/1988). (Professora na Universidade Paris

VI: Diretora do Laboratório de Mecânica Relativística e Membro da Academia de

Ciências da França):

*(...)The Brazilian Schools of Cosmology and Gravitation that you have organized since 1978 have proved extremely successful both for the advancement of the science at an international level, and for the development of a remarkable good Brazilian group in these fields.*

*Having attended myself two of the Schools, I have been able to appreciate their excellent organization, the high level of the courses on the most up to date topics by the best specialists in the field, rendered most profitable to all by active participation of many in the audience, from the Director of the School to the youngest colleagues.*

*These meetings have certainly contributed to the obtention of the many results in the fields of Cosmology and Gravitation which have given to your group the high reputation that it enjoys internationally.*

(...) As Escolas Brasileiras de Cosmologia e Gravitação que você tem organizado desde 1978 provaram-se extremamente bem-sucedidas tanto para o avanço da ciência a um nível internacional quanto para o desenvolvimento de um grupo brasileiro notavelmente bom nestes campos.

Tendo participado eu mesma de duas destas Escolas, eu pude apreciar a sua excelente organização, o alto nível dos cursos sobre os tópicos mais atuais e ministrados pelos melhores especialistas no campo, tornados ainda mais eficazes para todos graças a uma participação ativa de muitos na audiência, desde o Diretor da Escola até os colegas mais jovens.

Estes encontros certamente contribuíram para a obtenção dos muitos resultados no campo de Cosmologia e Gravitação que deram ao seu grupo a alta reputação que ele tem internacionalmente.

( II ) Carta do Professor Ruben Aldrovandi (29/09/1988). (Diretor do Instituto de Física Teórica de São Paulo):

*Although I do think you know of my opinion on the CBPF Group of Cosmology and Gravitation and on the Brazilian School it has been organizing for so many years, this seems to be a good opportunity to put it down in written words. The Group is the only one worth this name in Brazil, as other people working on those subjects never really tend to put themselves together. I rate very high the quality, coherence and - in Brazil this is essential - endurance capacity shown during all the difficult times the Group has been into existence. As to the School: I have been in many Schools, most fairly good, but have never met one better organized.*

*(...) Such an institution would give stability to the School and, I am convinced, greatly contribute to the development of the activities in the sister sciences of Cosmology and Gravitation. For the reasons given above, it is a matter of course that the CBPF Group and its School are the ideal nucleation centre for the Institute.*

Apesar de achar que você sabe da minha opinião sobre o Grupo de Cosmologia e Gravitação do CBPF e da Escola Brasileira que ele tem organizado por tantos anos, esta parece ser uma boa oportunidade de colocá-la por escrito. O Grupo é o único merecedor deste nome no Brasil, já que outras pessoas trabalhando nestes assuntos não tendem nunca realmente a se juntarem. Eu considero

muito alta a qualidade, coerência e - no Brasil isto é essencial - a capacidade de suportar mostrada durante todas as épocas difíceis em que o Grupo existiu. Quanto à Escola: eu já estive em muitas Escolas, a maior parte bastante boa, mas nunca encontrei uma que fosse melhor organizada.

(...) Uma tal instituição daria estabilidade à Escola e, estou convencido, contribuiria grandemente para o desenvolvimento das atividades nas ciências irmãs de Cosmologia e Gravitação. Pelas razões dadas acima, é evidente que o Grupo do CBPF e a sua Escola sejam os centros de nucleação ideais para o Instituto.

( III ) Carta do Professor Edward W. Kolb (23/09/1988). (Professor de Astronomia e Astrofísica da Universidade de Chicago e do FERMILAB):

*(...) As you know I had the opportunity of attending the 4th and 5th Schools as a lecturer. I cannot express the student's view, but from my perspective the schools were great successes. I benefited a great deal from the lectures by the many distinguished scientists and from questions and discussions with students.*

*The Gravitation and Cosmology group at CBPF is a large and active one. The people already present at CBPF could easily serve as a nucleus for a more ambitious program. An Institute with a larger scope would be beneficial to Brazilian science in two ways: It would attract to Rio the best people in the international scientific community to share recent developments in general relativity and cosmology; and it would afford the opportunity for the rest of the world to learn about the great work done in Rio by Brazilian scientists. I can think of no better use of resources available to help the development of science in Brazil. I would be happy to do anything I can to help your initiative. Good luck with your efforts.*

Como você sabe eu tive a oportunidade de participar da IV e V Escolas como palestrante. Eu não posso expressar a visão do aluno, mas, da minha perspectiva, as escolas foram grandes sucessos. Eu me beneficieei muito das palestras proferidas pelos muitos distintos cientistas e de perguntas e discussões com os estudantes.

O Grupo de Cosmologia e Gravitação do CBPF é grande e ativo. As pessoas já presentes no CBPF poderiam facilmente servir como um núcleo para um projeto mais ambicioso. Um Instituto com um escopo mais amplo seria benéfico para a ciência brasileira de duas maneiras: ele atrairia ao Rio as melhores pessoas na comunidade científica internacional para compartilhar desenvolvimentos recentes em Cosmologia e Relatividade Geral; e daria a oportunidade para que o resto do mundo conhecesse o grande trabalho feito no Rio por cientistas brasileiros. Eu não posso pensar em um uso melhor das reservas disponíveis para ajudar o desenvolvimento da ciência no Brasil. Eu ficaria feliz em fazer qualquer coisa que puder para ajudar a sua iniciativa. Boa sorte em seus esforços.

(IV) Carta do Professor Vitorio Canuto (31/10/1988). (Membro da NASA, Goddard Institute for Space Studies):

*(...) In all of Latin America, Brazil is the country that, thanks to your efforts, has taken the leadership in the field of General relativity and Cosmology, as witnessed by the success of the several Schools that you have convened in the last ten years. Both from the scientific as well as from the organizational points of views, I believe they were a remarkable success.*

*Cosmology is about to be reborn thanks to the launch of the Space Telescope next year. The wealth of new data that will become available will change the field in a dramatic way and the fact that your Schools have already prepared young researchers in this field, represents an investment on which this Institute can confidently be built.*

*For these reasons, I firmly believe that an Institute of Research in Cosmology and Gravitation will be an outstanding contribution of Brazil not only to the development of science in Latin America but to the future generations of young scientists.*

**(...) Em toda a América Latina, o Brasil é o país que, graças aos seus esforços, assumiu a liderança no campo da Relatividade Geral e Cosmologia, como comprovado pelo sucesso das várias Escolas que você tem reunido nos últimos dez anos. Tanto do ponto de vista científico quanto do organizacional, eu acredito que elas foram um notável sucesso.**

A Cosmologia está prestes a renascer graças à partida do Telescópio Espacial no próximo ano. A quantidade de dados que se tornarão disponíveis mudará o campo de uma maneira dramática, e o fato de que as suas Escolas já têm preparado jovens pesquisadores neste campo, representa um investimento no qual este Instituto pode ser construído confiantemente.

Por estas razões, eu acredito firmemente que um Instituto de Pesquisas em Cosmologia e Gravitação será uma destacada contribuição do Brasil, não somente para o desenvolvimento da ciência na América Latina, mas para as futuras gerações de jovens cientistas.

Conforme se pode ver nos extratos acima, já naquela época as Escolas Brasileiras de Cosmologia e Gravitação tinham uma tradição - reconhecida internacionalmente - de proporcionar a jovens pesquisadores e estudantes um acesso fácil e tão completo quanto possível do estado atual da pesquisa em alguns setores de Cosmologia, Gravitação, Astrofísica, bem como em áreas afins. Os extratos a seguir foram escritos por cientistas que participaram, em diferentes épocas, das Escolas de Cosmologia e Gravitação. Como foi feito com os extratos anteriores, traduções foram incluídas em seguida a cada extrato.

( V ) Carta do Prof. Bahran Mashoom (Missouri, EUA), 1993:

*The organization of the School was excellent: a rigorous schedule of lectures combined with evening seminars. There was ample time, however, to get to know the participants and to have lengthy discussions of scientific issues of mutual interest that arose in the course of lectures and seminars. (...)*

*On the administrative side, I can only have high praise for the professionalism and dedication of the staff combined with a pleasant human touch that added warmth to the atmosphere of the School.*

*The quality of the School was outstanding. I was also impressed with the excellent quality of graduate students at the School.*

A organização da Escola foi excelente: um rigoroso horário de palestras combinado com seminários à tarde. Houve bastante tempo, entretanto, para conhecer os participantes e para ter longas discussões de questões científicas de interesse mútuo que surgiram no curso das palestras e seminários.(...) No



lado administrativo, eu só posso ter alta apreciação pelo profissionalismo e dedicação da equipe, combinado a um agradável toque humano que adicionou bem-estar à atmosfera da Escola.

A qualidade da Escola foi notável. Também fiquei impressionado com a excelente qualidade dos estudantes na escola.

( VI ) Carta do Prof. S.Dolgov (Moscou, Rússia), 1993:

My opinion of the School is very high. Organization and the schedule were very good. A brilliant idea was the organization of informal discussion sessions. They were very stimulating for a better understanding of the subjects. A short-coming was an expensive fax and telephone services but operation of e-mail somewhat helped. The scientific part was indeed extremely good.

Minha opinião da Escola é muito boa. A organização e os horários foram muito bons. Uma idéia brilhante foi a organização de sessões de discussão informais. Elas foram muito estimulantes para um melhor entendimento dos temas. Um problema foi o serviço caro de fax e telefone, mas a operação do correio eletrônico ajudou a compensar de certa maneira. A parte científica foi, de fato, extremamente boa.

( VII ) Carta do Prof. Bernard Jones (Copenhague, Dinamarca), 1993:

*The organization of the School was in fact one of the best I have ever encountered. In fact it was so good I never noticed it, since everything seemed to work like clockwork and, most important, the organising team displayed a remarkable degree of flexibility. You, evidently, have the organization of this kind of meeting down to an art-form.*

*I made many contacts among the young people at the School and I am currently looking into the question of partially financing a bi-lateral cooperation on the subjects of mutual interest. I have contacted our Ministry of Education and will see other relevant groups over the next couple of months am hopeful that we will be able to invite people to spend some time here.*

A organização da escola foi, de fato, uma das melhores que eu já encontrei. De fato, ela foi tão boa que eu nem a notei, já que tudo pareceu funcionar como um relógio e, o mais importante, a equipe organizadora demonstrou um grau de flexibilidade notável. Vocês transformaram, evidentemente, este tipo de encontro em uma forma de arte.

Eu fiz muitos contatos entre os jovens pesquisadores na Escola e estou, no momento, analisando a questão de financiamento parcial de uma cooperação bilateral em assuntos de interesse mútuo. Eu entrei em contato com o nosso Ministro da Educação e verei outros grupos relevantes nos próximos meses. Espero que sejamos capazes futuramente de convidar pessoas para passar algum tempo aqui.

( VIII ) Carta do Prof. Vitaly Melnikov (Chefe do Department of Fundamental Interaction and Metrology of CSVR; Presidente da Russian Gravitational Association, Moscou, Rússia),  
1993:

*Scientific level of the VII Brazilian School of Cosmology and Gravitation was on a good international level. Practically all modern problems on cosmology and gravitation were discussed at the School. Lecturers were known scientists from Europe, USA and Brazil. It is very nice that among lecturers were some scientists representing Russian schools in basic sciences: Prof. A.Dolgov, I.Tyutin (seminar), Gitman (seminar) and myself. It may contribute to further cooperation and interaction between Brazilian and Russian basic science in the field of cosmology and gravitation.*

*There were interesting discussions on the cosmological constant problem and inflationary models and also discussions concerning each lecture.*

*The fact that nearly all the Brazilian groups were represented at the School and also many scientists from Argentine, Mexico and other Latin American countries and even some people from Europe makes this School in essence an international one.*

*The scientific organization of the School was excellent: strict time-table, full attendance, copying of the lectures, work of secretaries, conditions to work, discussions, etc. The fact that all participants lived in one compact and nearly isolated place is very good for productive interaction between all the participants and lecturers. I should like to note that it is a very good practice that stays of all the participants were paid by the Organizing Committee and scientific merit was the only reason for*

*choosing the attendants. It is the same practice that is used in many other very known schools like Les Houches, in France, Erice in Italy, etc. Especially I should like to stress the great role of Prof. Mário Novello in preparation and organization of the work of the School. Due to his attitude the atmosphere was very friendly and creative.*

*Conditions of living and meals were also good. As to suggestions for future schools I should like to point out that some topics may be represented more widely like quantum cosmology and quantum gravity and also experimental problems of gravitation. In general I think the traditional interaction of Brazilian and Russian scientists in cosmology and gravitation should be kept and enlarged. And, of course, the best traditions of the Brazilian School of Cosmology and Gravitation which already were present at the VII School must be kept.*

**O nível científico da VII Escola Brasileira de Cosmologia e Gravitação esteve em um bom nível internacional. Praticamente todos os problemas modernos em cosmologia e gravitação foram discutidos na Escola. Os conferencistas foram cientistas da Europa, EUA e Brasil. Um fato muito bom é que, entre os conferencistas, haviam alguns cientistas representando escolas russas nas ciências básicas: os Profs. A.Dolgov, I.Tyutin (seminário), Gitman (seminário) e eu mesmo. Isto pode contribuir para uma maior cooperação e interação entre as ciências básicas brasileira e russa no campo da cosmologia e gravitação.**

Houveram interessantes discussões sobre o problema da constante cosmológica e o dos modelos inflacionários e também discussões concernentes a cada conferência.

O fato de que quase todos os grupos brasileiros estavam representados na Escola e também vários cientistas da Argentina, México e outros países latino-americanos e mesmo algumas pessoas da Europa fazem desta Escola, em essência, um evento internacional.

A organização científica da Escola foi excelente: horários estritos, total comparecimento, cópias das palestras, trabalho das secretárias, condições de trabalho, discussões, etc. O fato de que todos os participantes viveram em um lugar compacto e quase isolado foi muito bom para a interação produtiva entre todos os participantes e conferencistas. Eu gostaria de notar que é uma prática muito boa que fica a de todos os participantes terem sido pagos pelo Comitê Organizador e o mérito

científico foi o único critério de escolha dos participantes. Esta é a mesma prática usada em Les Houches, na França, Erice na Itália, etc. Eu gostaria de frisar especialmente o grande papel do Prof. Mário Novello na preparação e organização do trabalho da Escola. Devido à sua atitude, a atmosfera foi muito amigável e criativa.

As condições de alojamento e refeições também foram boas. Quanto a sugestões para escolas futuras, eu gostaria de observar que alguns tópicos podem ser mais amplamente representados, como cosmologia quântica e também problemas experimentais da gravitação. De modo geral, eu creio que a interação tradicional entre cientistas russos e brasileiros em cosmologia e gravitação deveria ser mantida e ampliada. E, naturalmente, as melhores tradições da Escola Brasileira de Cosmologia e Gravitação, que já estiveram presentes na VII Escola, devem ser mantidas.

( IX ) Carta do Prof. A.Dolgov (Theoretical Astrophysics Center - TAC, Copenhagen,

Dinamarca), 1998:

*The Brazilian Schools of Cosmology and Gravitation have already a long and glorious history. They started 20 years ago and remain since one of the leading schools on the subject not only in Brazil but in the world. It is difficult to overestimate their educational and scientific value. The level of lecturers is always first rate. The scientific programs each year contain most interesting, important and up-to-date subjects.*

*In parallel to the main courses of lectures, more brief scientific seminars are organized, where original works by the local and visiting physicists are presented. This makes the Schools not only educationally important but also plays an essential role in recognition of Brazilian scientific achievements.*

*I would also like to stress the great, excellent and difficult work done by Professor M.Novello in organization of these Schools.*

**As Escolas Brasileiras de Cosmologia e Gravitação já têm uma história longa e gloriosa. Elas começaram 20 anos atrás e têm permanecido, desde então, uma das escolas líderes neste assunto, não somente no Brasil como também no mundo. É difícil superestimar o seu valor educacional e**

científico. O nível dos palestrantes é sempre de primeira linha. Os programas científicos, a cada ano, contêm temas muito interessantes, importantes e atuais.

Em paralelo aos cursos de conferências principais, mais seminários científicos curtos são apresentados, onde trabalhos originais de autoria dos físicos locais e visitantes são apresentados. Isto torna as Escolas não apenas educacionalmente importantes, mas também desempenha um papel essencial no reconhecimento do trabalho científico brasileiro.

Eu também gostaria de frisar o grande, excelente e difícil trabalho realizado pelo Professor M. Novello na organização destas Escolas.

( X ) Carta do Prof. Igor Novikov (Diretor, Theoretical Astrophysics Center, Copenhagen,

Dinamarca), 1998:

*I am writing in connection with the great tradition of Brazilian physicists: a series of scientific meetings called the Brazilian Schools of Cosmology and Gravitation (BSCG).*

*(...) BSCG takes place approximately every two years starting from 1978. In this year 1998 the IX BSCG was held in which I had the privilege to participate as an invited lecturer. The main goals of the Schools are to provide the possibility to present and discuss the new achievements in cosmology, general theory of relativity, astrophysics, quantum field theory and in related areas. I have known about these Schools from my colleagues and from Proceedings of the Schools for many years. This year as a participant of the IX BSCG I observed personally the highest scientific and organized level of the School. The unique format of the BSCG and very friendly working atmosphere provided many fruitful discussions both in pure science and in scientific education. It leads to a real progress in physics and is especially important and competitive at a world class level, and the list of lecturers at BSCG is a who's who of the leaders of cosmology and physics of the international level. I believe that the outstanding BSCG is the result of enormous work of the talented organizers of the School under the leadership of the Head of BSCG, Prof. M. Novello.*

*It would be very important both for Brazilian physics and for the world physics community to continue the Brazilian Schools of Cosmology and Gravitation in the future.*

Estou escrevendo em conexão com a grande tradição dos físicos brasileiros: uma série de encontros científicos chamada de Escolas Brasileiras de Cosmologia e Gravitação (EBCG).

(...) A EBCG acontece aproximadamente a cada dois anos, tendo começado em 1978. Neste ano de 1998, a IX EBCG foi realizada, na qual eu tive o privilégio de participar como um conferencista convidado. Os principais objetivos das Escolas são dar a possibilidade de apresentar e discutir os novos resultados em cosmologia, teoria geral da relatividade, astrofísica, teoria de campo quântica e em áreas relacionadas. Eu tenho estado ciente destas Escolas por colegas e por "Proceedings" das Escolas por muitos anos. Este ano, como um participante da IX EBCG, eu observei pessoalmente o altíssimo nível científico e organizacional da Escola. O formato único da EBCG e uma atmosfera de trabalho muito amigável forneceram muitas discussões frutíferas, tanto em ciência pura quanto em educação científica. Ela leva a um progresso real em física e é especialmente importante para jovens cientistas e alunos. Eu quero enfatizar que os assuntos das conferências são importantes e competitivos a um nível de classe mundial, e a lista de conferencistas na EBCG é um "quem é quem" dos líderes de cosmologia e física de nível internacional. Eu acredito que a notável EBCG é o resultado do enorme trabalho dos talentosos organizadores da Escola, sob a liderança do Diretor da EBCG, o Prof. M. Novello.

Seria muito importante, tanto para a física brasileira quanto para a comunidade física mundial, continuar-se as Escolas Brasileiras de Cosmologia e Gravitação no futuro.

( XI ) Carta do Prof. Edward W. Kolb (Theoretical Astrophysics, FERMILAB: The University of Chicago, EUA), 1998:

*I have had the pleasure of attending two of the Brazilian Schools of Cosmology and Gravitation. In addition to an enthusiastic audience for my lectures, I learned a great deal from the other fine lectures at the Schools. The Schools were exceptionally well run and well balanced.*

*I believe that the Schools have had many benefits for Brazilian science. Not only are the students exposed to ideas and research of leading scientists from throughout the world, but scientific leaders from throughout the world are exposed to the very fine young Brazilian reserachers. There are many talented young scientists who would otherwise not be easily noticed to thise outside Brazil. Because of*

*the contacts made during my visits to Brazil to attend the Schools, several young scientists have been invited to spend long periods visiting our group at Fermi National Accelerator Laboratory. I am sure that we benefitted from their visits, and I believe that they benefitted from visiting us as well.*

*These days it is difficult to keep evn successful projects going. In spite of difficulties you may face, I would like to encourage you to do whatever is necessary to continue the Brazilian Schools of Cosmology and Gravitation. The benefits of the School are quite considerable.*

**Eu tive o prazer de comparecer a duas das Escolas Brasileiras de Cosmologia e Gravitação. Em adição a um audiência entusiástica para minhas conferências, eu aprendi muito com as outras ótimas conferências nas Escolas. As Escolas foram excepcionalmente bem executadas e bem equilibradas.**

**Eu acredito que as Escolas têm tido muitos benefícios para a ciência brasileira. Não somente os alunos são expostos a idéias e pesquisas dos cientistas líderes de todo o mundo, mas os líderes científicos de todo o mundo são expostos aos ótimos jovens pesquisadores brasileiros. Há muitos jovens e talentosos cientistas que não seriam, de outra maneira, notados facilmente por aqueles fora do Brasil. Por causa dos contatos feitos durante minhas visitas ao Brasil para comparecer às Escolas, vários jovens cientistas foram convidados para passar longos períodos visitando o nosso grupo no Fermi National Accelerator Laboratory. Estou certo de que nós nos beneficiamos de suas visitas e acredito que eles se beneficiaram de nos visitar também.**

**Nestes dias, é difícil manter projetos, mesmo os bem sucedidos. A despeito das dificuldades que vocês possam encarar, eu gostaria de encorajá-los a fazer o que for necessário para continuar as Escolas Brasileiras de Cosmologia e Gravitação. Os benefícios da Escola são bastante consideráveis.**

( XII ) Carta do Prof. Jacob D.Bekenstein (The Hebrew University of Jerusalem), 1998:

*Just back from teaching at the IX Brazilian School on Cosmology and Gravitation. I enjoyed the hard job very much. You may regard this as an appreciation of the school, and the general framework of the schools.*

*First, regarding the recent school, I was very pleased with my fellow lecturers and commentators. Some of these people are first class in their fields; I can mention in particular Novikov, Smoot, Starobinski, Israel. That they are willing to come so far speaks for the image that the schools have developed for themselves in the scientific world. Nobody can deny the salutary effect that illustrious scientists have on students and young faculty who are just in their formative stages. To have scientists of this caliber delivering pedagogical lectures to them cannot but do a lot to improve the level and motivation of the young generation. I thus expect that the schools will continue to influence in a very beneficial way Brazilian science, but also the overall world scientific pool.*

*Previous schools have also had illustrious lecturers. I do not have a list of past lecturers, but I could not fail to notice that both L.Ford and B.Mashoon have lectured. These are respected physicists known for their innovative ideas, broad scientific horizons and good pedagogical style. If they represent a faithful sample of the faculty at previous Brazilian schools, then young gravity theorists and cosmologists in Brazil have been having a good exposure to all modern ideas in our fields. And I could see the results in the field. The young Brazilians that I met at the school, and on my previous visit to Brazil in 1996, were as a rule very alert and knowledgeable on the subjects in question. Many of them made me sweat with their questions and critiques. That is one of the reasons I enjoyed the school so much, although it involved so much work: it made me feel all the work was worthwhile and having palpable results. And I have no doubt that the schools you have organized in the past have played a role in developing this high level.*

*I very much hope that the Brazilian scientific leadership will preserve and even expand the schools on cosmology and gravitation for the good of the Brazilian and world astrophysical and cosmological community.*

**Acabei de voltar da IX Escola Brasileira de Cosmologia e Gravitação. Eu gostei muito do trabalho.**

**Você pode considerar esta como uma apreciação da escola, e da estrutura geral das escolas.**

**Primeiramente, em relação à escola recente, eu fiquei muito satisfeito com meus colegas conferencistas e comentadores. Algumas destas pessoas são primeira classe em seus campos; eu posso mencionar em particular Novikov, Smoot, Starobinsky, israel. Que eles estejam dispostos a vir tão longe fala pela**



imagem que as escolas têm desenvolvido para si mesmas no mundo científico. Ninguém pode negar o efeito salutar que cientistas ilustres têm em alunos e jovens pesquisadores que estão exatamente em seus estágios formativos. Ter cientistas deste calibre dando conferências pedagógicas para eles não pode deixar de melhorar muito o nível e a motivação da geração jovem. Eu espero, portanto, que as escolas continuem a influenciar a ciência brasileira de uma maneira muito benéfica, como também o mundo científico em geral.

As escolas anteriores também tiveram conferencistas ilustres. Eu não possuo uma lista de conferencistas passados, mas não pude deixar de notar que tanto L.Ford quanto B.Mashoon apresentaram conferências. Estes são físicos respeitados, conhecidos por suas idéias inovativas, amplos horizontes científicos e bom estilo pedagógico. Se eles representam uma amostra confiável dos conferencistas em escolas brasileiras prévias, então os jovens teóricos de gravitação e cosmólogos no Brasil têm tido uma boa exposição a todas as idéias modernas em nossos campos. E eu pude ver os resultados no campo. Os jovens brasileiros que eu encontrei na escola, e em minha viagem anterior ao Brasil em 1996, foram, como uma regra geral, muito alertas e conhecedores dos assuntos em questão. Muitos deles me fizeram suar com suas perguntas e críticas. Esta é uma das razões pelas quais eu gostei tanto da escola, apesar de ter envolvido tanto trabalho: ela me fez sentir que todo o trabalho foi válido e teve resultados palpáveis. E eu não tenho nenhuma dúvida de que as escolas que vocês organizaram no passado tiveram um papel em desenvolver este alto nível.

Eu realmente espero que a liderança científica brasileira preserve e mesmo expanda as escolas de cosmologia e gravitação para o bem das comunidades astrofísica e cosmológica do Brasil e do mundo.

( XIII ) Carta do Prof. J.V.Narlikar (Diretor, Inter-University Centre for Astronomy and Astrophysics - IUCAA, Índia), 1998:

*I am writing this letter to give my impressions on the Schools on Cosmology and Gravitation conducted by your group in Brazil over the last 20 years. I recall participating in one of the schools in 1987 as a resource person. It was indeed an exhilarating experience to meet the students who were drawn not only from Brazil but also from other countries. The resource persons were also from many*

*different countries and enjoyed nternational reputation. The School which I attended and lectured in, certainly went a long way in bringing to the student community the latest ideas in cosmology and astrophysics. Knowing that many of the students would normally miss the lectures that are routinely delivered in schools held in Europe or the United States, I think the BSCG is fulfilling a very vital role in this field.*

*I do hope that you will continue this activity and possibly enlarge upon it if your funding agency so permits. You have established a tradition which has to be continued and I hope that it will.*

**Estou escrevendo esta carta para dar as minhas impressões sobre as Escolas de Cosmologia e Gravitação conduzidas pelo seu grupo no Brasil ao longo dos últimos 20 anos. Eu me recordo de ter participado em umadas escolas em 1987 como um conferencista. Foi, de fato, uma experiência excitante encontrar os alunos que vieram não só do Brasil, mas também de outros países. Os conferencistas eram também de vários países diferentes e gozavam de uma reputação internacional. A Escola à qual eu compareci e fui conferencista certamente fez um grande trabalho em trazer à comunidade de alunos as idéias mais recentes em cosmologia e astrofísica. Sabendo que muitos dos alunos normalmente perderiam as conferências que são rotineiramente pronunciadas em escolas realizadas na Europa ou nos Estados Unidos, eu penso que a EBCG está desempenhando um papel vital neste campo.**

**Eu realmente espero que vocês continuem esta atividade e, possivelmente, a ampliem, se a sua agência de fomento assim o permitir. Vocês estabeleceram uma tradição que tem que ser continuada, e eu espero que de fato ela o seja.**

( XIV ) Carta do Prof. Fang Li-Zhi (Universidade do Arizona, Tucson, EUA), 1998:

*(...) Gravitational theory and cosmology are two of most fundamental fields of physics. It could not exist without firm publis support. However, given the small number of researchers of gravitation and cosmology, these fields make unexpectedly large contributions to formal and informal science education. In the current world, more and more countries recognized that the synergistic, educational, and cultural contributions of the study of cosmology and gravitation are worthy. Therefore, not only*

*big and rich countries attached importance to these fields, but also many others. For instance, even under the current Asian financial crisis, the programs of cosmological and gravitational reseraches in Korea, Vietnam and Taiwan have firmly been funded by their own authorities.*

*I had the honor to be invited as a lecturer at the BSCG on 1984. Since then I have maintained the connection with colleagues of the BSCG. I would like to evaluate the BSCG to be the first rank of schools in the field. All lecturers are influential, and all lectures delivered at the BSCG are on the frontier of gravitation and cosmology researches. In addition, the BSCG provides unusual opportunities for international exchange and cooperation of colleagues of Brazil and Latin America with the rest of the world. Therefore, I strongly recommend to support the BSCG School, and its activity should be regular and permanent.*

**A teoria gravitacional e a cosmologia são dois dos mais fundamentais campos da física. Ela não poderia existir sem um firme apoio público. No entanto, dado o pequeno número de pesquisadores de gravitação e cosmologia, estes campos fazem contribuições inesperadamente grandes para a educação e a ciência formais e informais. No mundo de hoje, mais e mais países reconheceram que as contribuições sinérgicas, educacionais e culturais do estudo da cosmologia e da gravitação são valiosas. Portanto, não somente países grandes e ricos atribuíram importância a estes campos, mas também muitos outros o fizeram. Por exemplo, mesmo sob a corrente crise asiática, os programas de pesquisas cosmológicas e gravitacionais na Coreia, no Vietnã e em Taiwan foram financiados firmemente pelas suas próprias autoridades.**

**Eu tive a honra de ser convidado como um conferencista na EBCG em 1984. Desde então, eu tenho mantido a conexão com os colegas da EBCG. Eu gostaria, portanto, de avaliar a EBCG como sendo de primeira linha de escolas neste campo. Todos os conferencistas são influentes e todas as conferências pronunciadas na EBCG estão na fronteira das pesquisas de gravitação e cosmologia. Em adição, a EBCG fornece oportunidades pouco usuais para troca e cooperação internacional de colegas do Brasil e da América Latina com o resto do mundo. Portanto, eu recomendo fortemente apoiar-se a Escola EBCG, e a sua atividade deveria ser regular e permanente.**

( XV ) Carta da Prof. Yvonne Choquet-Bruhat (Université Pierre et Marie Curie, Gravitation et Cosmologie Relativistes, Paris, França), 1998:

*The Brazilian School of Cosmology and Gravitation has held regular meetings - or rather summer schools - since 1978. The list of speakers at these schools is an impressive assembly of internationally known names of specialists covering the broad area of General Relativity and Cosmology. I have been fortunate enough myself to participate in two of these schools. I have learned greatly from the lectures of colleagues working in fields distinct but related to mine (which is mainly mathematical problems in General Relativity). The school was also attended by a member of graduate students. The solid background as well as the advanced view points that they received there was certainly a great asset for their future.*

*The Brazilian School of Cosmology and Gravitation has an international reputation, enhanced and perpetuated by the volumes of its proceedings. This school deserves completely to be supported.*

**A Escola Brasileira de Cosmologia e Gravitação tem realizado encontros regulares - ou, ao invés, escolas de verão - desde 1978. A lista de palestrantes nestas escolas é um conjunto de nomes internacionalmente conhecidos de especialistas, cobrindo a ampla área da Relatividade Geral e Cosmologia. Eu mesma fui suficientemente afortunada em participar de duas destas escolas. Eu aprendi grandemente das conferências de colegas trabalhando em campos distintos mas relacionados ao meu (o qual é, principalmente, o de problemas matemáticos em Relatividade Geral). A escola também foi assistida por um grupo de alunos de Pós-Graduação. A sólida base, bem como os pontos de vista avançados que eles receberam lá foi, certamente, uma grande contribuição para o seu futuro. A Escola Brasileira de Cosmologia e Gravitação tem uma reputação internacional, aumentada e perpetuada pelos seus volumes de Proceedings. Esta escola merece completamente ser apoiada.**

( XVI ) Carta do Prof. G.F.R.Ellis (University of Cape Town, Department of Mathematics and Applied Mathematics, África do Sul), 1998:

*This letter is to state that the series of scientific meetings called the Brazilian Schools of Cosmology and Gravitation (BSCG) have been a significant series of meetings, pulling together high quality*

*lecturers from around the world, and resulting from time to time in good quality publications of significant merit. I therefore believe that continuation of these schools on a regular basis will be a very worthwhile project, and will make a significant contribution to the development of relativity and cosmology not merely to Brazil, but in the whole of Latin America.*

*I am therefore pleased to support your request that funding for these schools should be continued.*

**Esta carta é para atestar que a série de encontros científicos chamada de Escolas Brasileiras de Cosmologia e Gravitação (EBCG) têm sido uma significativa série de encontros, unindo conferencistas de alta qualidade do mundo todo, e resultando periodicamente em publicações de boa qualidade e de mérito significativo. Eu, portanto, acredito que a continuação destas escolas em uma base regular será um projeto muito válido, e dará uma significativa contribuição não meramente ao Brasil, mas a toda a América Latina.**

**Fico, portanto, feliz em apoiar o seu pedido de que o financiamento para estas escolas seja continuado.**

( XVII ) Carta do Prof. Vladimir Mostepanenko (A.Friedmann Laboratory for Theoretical Physics, Moscou, Rússia; Professor-Titular Visitante, UFPb, João Pessoa), 1998:

*Let me express to you my gratitude for your kind invitation to take part in the IX Brazilian School of Cosmology and Gravitation and to give the lectures there. The School of Cosmology and Gravitation has become the traditional event in Brazil. During the twenty years it had gathered the most qualified lecturers on the subject from all over the world and the most promising young Brazilian researchers working in the field of cosmology and gravitation. It is the great honour to Brazil that this country considers it possible to support this field of fundamental physical research. Giving seemingly small contribution to technologies, Cosmology and Gravitation investigate and solve the most profound problems of the structure and evolution of our Universe. These problems attracted the most prominent scientists from different countries during all the history of mankind. Now both the Gravitation and Cosmology are the experimentally based exact sciences with great perspectives.*

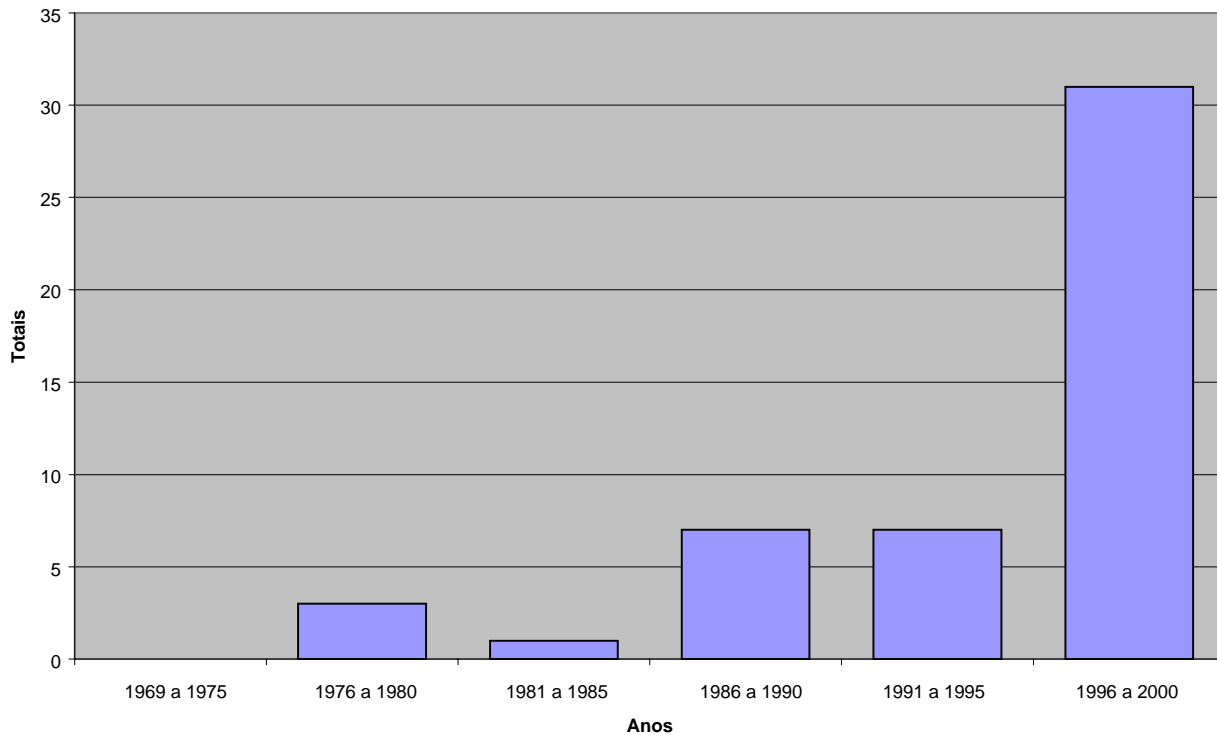
*I hope that the tradition of the Brazilian Schools of Cosmology and Gravitation will be prolonged giving significant contribution into education and science in Brazil.*

**Deixe-me expressar a minha gratidão pelo seu gentil convite para tomar parte na IX Escola Brasileira de Cosmologia e Gravitação a para apresentar conferências lá. A Escola Brasileira de Cosmologia e Gravitação tornou-se um evento tradicional no Brasil. Durante vinte anos ela juntou os conferencistas mais qualificados no assunto de todo o mundo e os jovens pesquisadores brasileiros mais promissores trabalhando no campo de cosmologia e gravitação. É uma grande honra para o Brasil que este país considere possível apoiar este campo de pesquisa física fundamental. A Cosmologia e a Gravitação investigam e resolvem os problemas mais profundos da estrutura e evolução do nosso Universo. Estes problemas atraíram os mais proeminentes cientistas, de diferentes países, durante toda a história da raça humana. Agora, tanto a Gravitação quanto a Cosmologia são as ciências exatas, baseadas experimentalmente, com maiores perspectivas.**

**Eu espero que a tradição das Escolas Brasileiras de Cosmologia e Gravitação seja prolongada, dando uma contribuição significativa para a educação e a ciência no Brasil.**

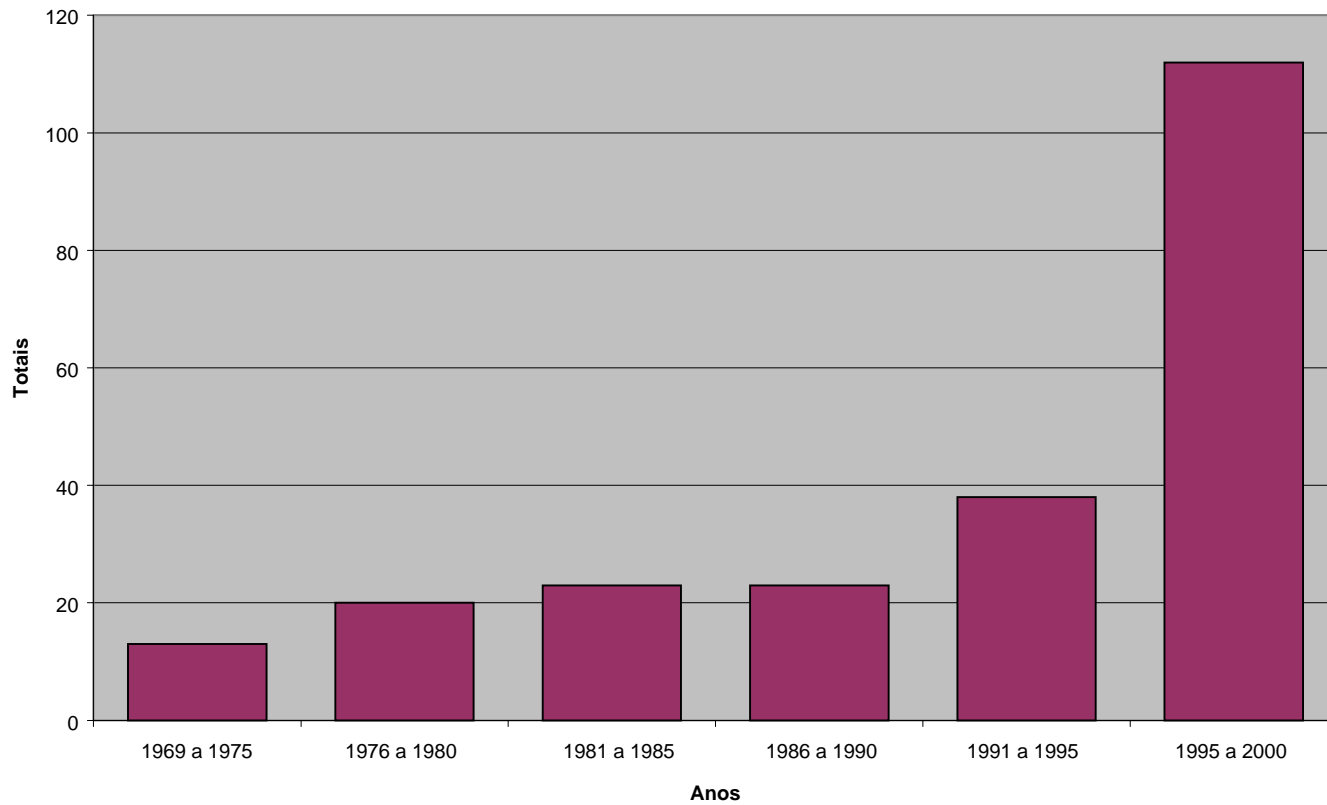


**Produção Científica - Livros e Capítulos em Livros**

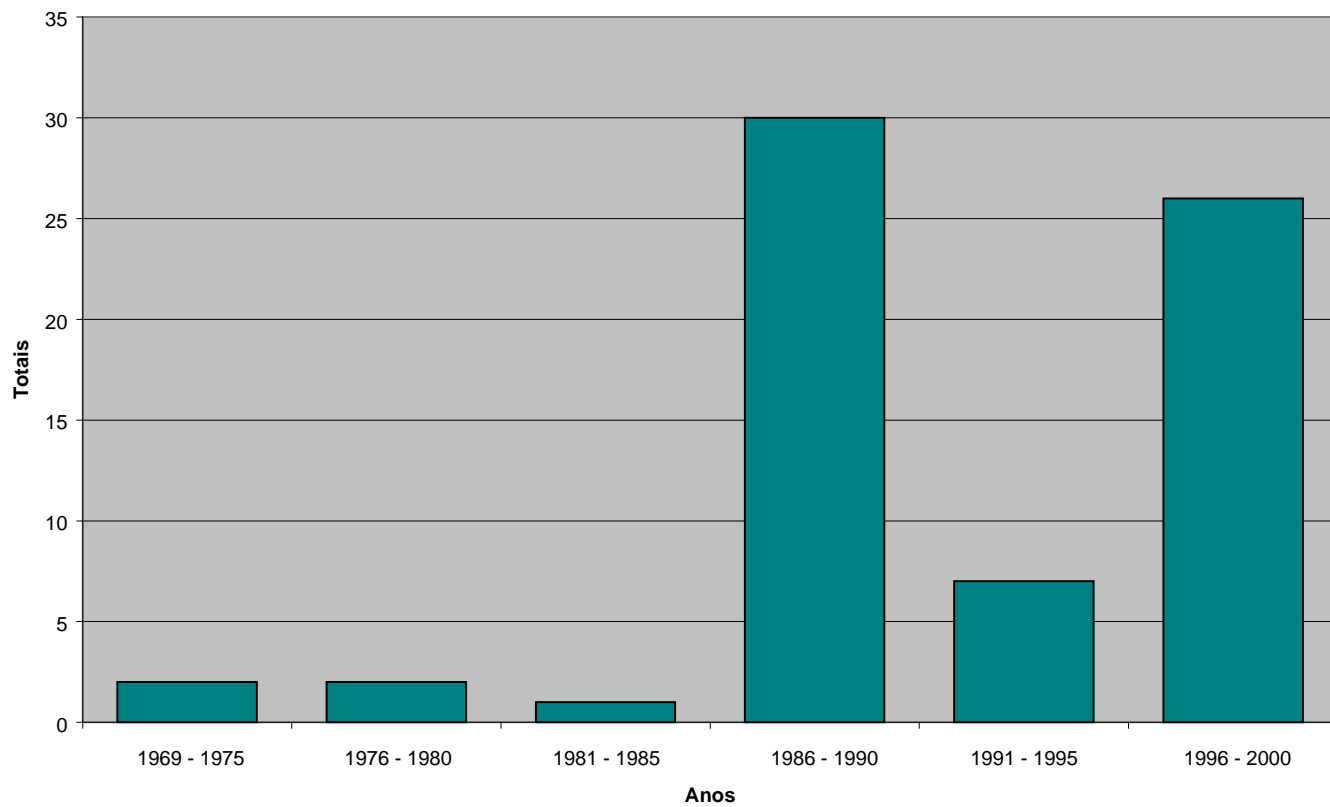




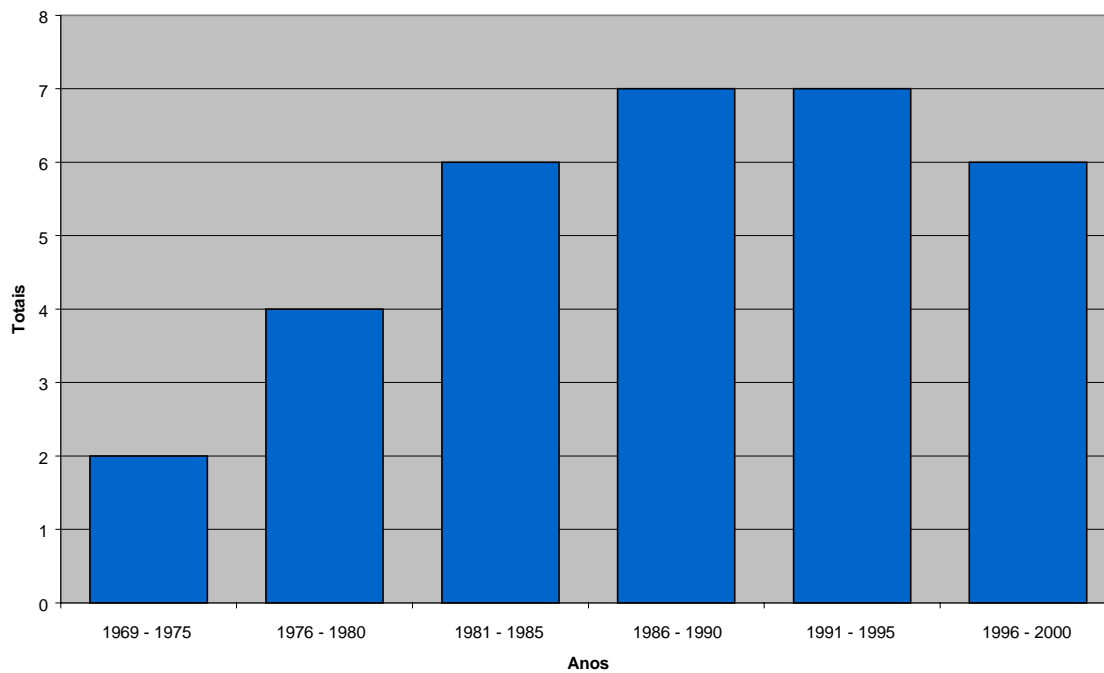
### Artigos Científicos Publicados em Revistas com Referee



### Trabalhos Apresentados em Eventos Científicos



Teses Orientadas (MESTRADO)



**Teses Orientadas (DOUTORADO)**

