
PROJETO DE PESQUISA

Programa de Iniciação Científica e Tecnológica – CBPF

Nome do Orientador e Coordenação (Pesquisador/Tecnologista/Pós-doc):

LEONARDO CHATAIGNIER MOREIRA DA ROCHA, COSMO

Nome do pesquisador ou tecnologista e Instituição de Pesquisa Externa: (Coorientador ou Colaborador externo, se houver):

Nome do Supervisor e Coordenação: (Pesquisador/Tecnologista):

Título do Projeto:

ESTUDO DE ASPECTOS QUÂNTICOS DA COSMOLOGIA

Palavra-chave:

Cosmologia, Gravitação, Mecânica Quântica

Área de conhecimento:

Teoria Quântica de Campos, Relatividade e Gravitação

Pré-requisitos desejáveis (se houver):

Noções básicas de mecânica quântica

Pré-requisitos obrigatórios (se houver):

Possibilidade de orientação remota:

Sim Não

Rio de Janeiro, 14 de ABRIL de 2025

PROJETO: (Máximo de 3 páginas)

1. Introdução

Hoje, a Cosmologia é um campo de pesquisa altamente ativo e dinâmico, repleto de experimentos, observações e resultados. Ao se fazer cosmologia, busca-se um melhor entendimento da origem e evolução do Universo, da formação de estruturas como galáxias e de possíveis efeitos quânticos no Universo Primordial. Um dos mais notáveis paradigmas da cosmologia atual é a noção de Inflação, que seria um período de expansão acelerada do Universo Primordial. Durante este período, efeitos quânticos se tornam extremamente importantes: pequenas flutuações quânticas do campo inflacionário (o campo responsável pela expansão acelerada) são estendidas até escalas cosmológicas e se tornam os precursores de estruturas como galáxias e aglomerados. Desta forma, modelos inflacionários enfatizam uma importante conexão entre a Mecânica Quântica (tradicionalmente entendida como regendo escalas microscópicas) e a cosmologia (entendida por meio da teoria da Relatividade Geral de Einstein aplicada a largas escalas). Estes modelos, embora nos ajudem a explicar e entender dados observacionais, nos levam a uma série de tópicos que apontam para teorias mais fundamentais – qual é a origem do campo inflacionário? Como remover a singularidade (Big Bang) presente em modelos cosmológicos da Relatividade Geral? Estes questionamentos nos levam, em última instância, à necessidade de se entender como reconciliar a teoria quântica com a gravitação, por meio, por exemplo, de uma Teoria Quântica da Gravitação – o que nos levaria também a uma Cosmologia Quântica. Este projeto tem como objetivo introduzir a/o estudante a aspectos quânticos da Cosmologia, por meio de um estudo sistemático e rigoroso de métodos de quantização aplicados a modelos cosmológicos, nos quais os graus de liberdade gravitacionais também podem ser descritos por uma mecânica quântica.

2. Desenvolvimento

Este projeto será dividido em três etapas. A primeira consiste no tratamento de modelos cosmológicos por meio de técnicas da Relatividade Geral. A segunda será o tratamento de métodos de quantização de modelos simples, englobando a construção de um espaço de Hilbert e observáveis como operadores autoadjuntos. Por fim, estas técnicas serão aplicadas na quantização de um modelo cosmológico relevante, e na discussão de aspectos conceituais como a noção de tempo para um observador em um modelo no qual tanto a geometria quanto a matérias estão sujeitas a flutuações quânticas. Cada etapa será documentada por meio de cálculos precisos e discussões conceituais relevantes em relatórios apropriados.

3. Bibliografia

1. S. Dodelson, *Modern Cosmology* (Academic Press, 2003)
2. A. R. Liddle e D. H. Lyth, *Cosmological Inflation and Large-Scale Structure* (Cambridge University Press, 2009)
3. C. Kiefer, *Quantum Gravity* (Oxford University Press, 3rd Edition, 2012)

