

# Proposta para Abertura de Concurso

## "Física Experimental de Altas Energias com Aceleradores"

### Introdução

A Física de Altas Energias é a área da ciência que busca compreender a estrutura mais elementar do Universo, estabelecendo o entendimento da humanidade sobre os mecanismos mais básicos (partículas elementares e suas interações) de funcionamento da natureza. Do ponto de vista experimental, uma das formas de conduzir esses estudos é através de grandes experimentos internacionais (compostos por milhares de pesquisadores, engenheiros e técnicos) que investigam colisões entre partículas básicas da natureza (como prótons e núcleos) geradas por aceleradores de partículas. Esses equipamentos demandam o desenvolvimento de tecnologia inovadora de alta complexidade, que envolve não apenas os aceleradores em si, mas também os sensores e sua eletrônica associada, que permitem coletar as informações geradas por essas colisões, e toda a tecnologia de informação necessária para processar e compreender os dados coletados. É uma área que, por definição, está sempre na fronteira do conhecimento e da tecnologia, se renovando constantemente, sempre buscando desafios maiores que são necessários para aprofundar nosso conhecimento sobre o funcionamento mais elementar do Universo. Uma demonstração disso são as iniciativas organizadas periodicamente, tanto na Europa como EUA, de revisão e planejamento futuro da área, como o European Strategy for Particle Physics (ocorrido entre 2018 e 2020) e o Particle Physics Community Planning Exercise, combinado com o Particle Physics Project Prioritization Panel, ocorrendo atualmente nos EUA. O European Committee For Future Accelerators (ECFA) do laboratório CERN criou em 2021 um Roadmap detalhando as prioridades da área em termos de instrumentação científica. **A construção de diversos aceleradores de nova geração está sendo discutida, como o International Linear Collider (ILC) e o Future Circular Collider (FCC), que acaba de divulgar um relatório sobre o status dos chamados *feasibility studies*, que devem ser concluídos até 2025.** Essas atividades contam com a participação de milhares de físicos do mundo todo, que buscam definir os problemas mais relevantes e estabelecer caminhos futuros para essa área de pesquisa, tornando sua evolução bastante robusta e bem fundamentada.

O Centro de Instrumentação e Física de Altas Energias (High Energy Physics and Instrumentation Center - HEPIC) do IFUSP é um grupo formado por 5 docentes do Departamento de Física Nuclear que desenvolve pesquisas experimentais em Física de Altas Energias, participando de grandes experimentos internacionais da área. Atualmente, o grupo atua principalmente nos experimentos ALICE e ATLAS do Large Hadron Collider (LHC), localizado no laboratório CERN (Europa), assim como nos experimentos STAR e sPHENIX do Relativistic Heavy Ion Collider (RHIC), localizado no Brookhaven National Laboratory (EUA) e no experimento COSINE-100, localizado na Coréia do Sul.

O centro desenvolve atividades que vão da fenomenologia de modelos e análise de dados, até simulações e desenvolvimento de instrumentação para esses grandes experimentos internacionais. Este grupo de professores atua nessa área de pesquisa desde a década de 1990, tendo desenvolvido uma grande expertise, com centenas de publicações e participação no desenvolvimento de diversos instrumentos científicos. Os membros do HEPIC@IFUSP ocupam posições de destaque nesses grandes experimentos internacionais, coordenando projetos de instrumentação e grupos de análise. Em termos de financiamento, atualmente, os docentes do grupo coordenam um Projeto Temático da FAPESP (2020/04867-2), que inclui um projeto de Equipamento Multi-Usuário (2022/14150-3), e tem seu foco nos experimentos do LHC-CERN. O centro também tem um envolvimento relevante (vice-coordenação) no recém aprovado Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia de Física de Altas Energias, (406672/2022-9) e acabou de ter um projeto aprovado no programa Projeto Inicial (Pi) da FAPESP (2022/03043-1). Na configuração atual, o grupo apresenta dois docentes que atuam predominantemente em análise de dados e fenomenologia relacionados aos experimentos do LHC e RHIC, Profs. Alexandre Suaide e Marcelo Munhoz, um docente que atua tanto na análise de dados como desenvolvimento de instrumentação no experimento COSINE-100, Prof. Nelson Carlin, e os últimos dois docentes contratados no grupo, Profs. Marco Bregant (2014) e Tiago Silva (2018), que atuam na área de instrumentação, desenvolvendo novas tecnologias e equipamentos para esses experimentos.

Em termos de análise de dados e simulações, o grupo está envolvido nas seguintes atividades:

- Análise de dados dos Runs 2 e 3 do experimento ALICE do LHC-CERN;
- Análise de dados dos Runs 2 e 3 do experimento ATLAS do LHC-CERN;
- Análise de dados do experimento STAR do RHIC-BNL;
- Simulações para o estudo da degradação das estruturas GEM do detetor Time Projection Chamber (TPC) do experimento ALICE, instaladas para os Runs 3 e 4 do LHC;
- Simulações do desempenho do Forward Calorimeter (FoCal), atualização do experimento ALICE para o Run 4 do LHC;
- Simulações do desempenho do High Granularity Time Detector (HGTD), atualização do experimento ATLAS (fase 2) para os Runs 4 e 5 do LHC;
- Simulações para uma nova proposta de atualização do experimento ALICE para o Run 5 do LHC, chamada de ALICE 3;
- Simulações para a atualização do experimento COSINE, chamada COSINE - 200;
- Simulações do desempenho do novo experimento do acelerador RHIC, chamado sPHENIX.

Diante dessa configuração atual do HEPIC e o envolvimento em um elevado número de atividades de análise de dados e simulações, o centro possui a seguinte demanda para um novo docente:

**Demanda:** A vaga pleiteada visa a contratação de um jovem docente para desenvolver pesquisa experimental em Física de Altas Energias junto aos experimentos ALICE ou ATLAS do acelerador LHC, preferencialmente com perfil voltado para a análise de dados e simulações, tanto para o envolvimento nas atividades correntes do grupo em um desses

experimentos, como para **liderar o imediato engajamento do HEPIC em projetos de futuros experimentos e aceleradores, visando a manutenção do protagonismo do IFUSP nos programas experimentais internacionais de Física de Altas Energias previstos para as próximas décadas, principalmente após a conclusão do programa de High-Luminosity do LHC-CERN, cuja finalização está prevista para 2040.**

## 1. Justificativa da adição de um docente na área

A análise de dados de grandes experimentos internacionais de Física de Altas Energias é uma atividade bastante complexa e dinâmica, inserida em um ambiente extremamente competitivo, que demanda resultados impactantes em uma escala de tempo bastante curta. Para se manter competitivo nesse ambiente, há a necessidade de um elevado envolvimento de pesquisadores para permitir a obtenção de resultados significativos acompanhando o ritmo das colaborações. Pelo seu dinamismo e posição privilegiada na fronteira do conhecimento, essa área desperta bastante interesse dos alunos do IFUSP, criando uma alta demanda por orientadores. Para ilustrar isso, basta mencionar que atualmente o centro conta com, aproximadamente, 40 alunos de iniciação científica e pós-graduação, e durante um processo seletivo recente para a atribuição de uma bolsa de Iniciação Científica da FAPESP, 25 alunos do IFUSP se candidataram, evidenciando o impacto que um novo docente pode ter na orientação de alunos.

O HEPIC conta, atualmente, com dois docentes cuja ênfase está em análise de dados de aceleradores, outros dois com ênfase em instrumentação e um docente envolvido na busca por sinais de matéria escura provenientes de raios cósmicos. **O atual corpo docente do grupo tem bastante dificuldade para satisfazer essas demandas, com elevada carga de trabalho de orientação, sendo necessário um novo docente para poder atender aos alunos do Instituto e ajudar a manter o protagonismo do IFUSP nesses experimentos.**

O desenvolvimento de novos projetos experimentais em Física de Altas Energias demanda muitos anos ou até mesmo décadas para se concretizar. Por conta disso, a fim de garantir um papel relevante do IFUSP em experimentos futuros, é essencial a ativa, imediata e relevante participação em projetos de novos experimentos e aceleradores, que em um estágio inicial, envolve robustas e detalhadas simulações, tanto dos processos físicos de interesse, como do desempenho de novos detectores. **Portanto, há a urgente necessidade de um jovem docente que possa iniciar um envolvimento substancial em projetos visando a próxima geração de aceleradores, cujas definições ocorrerão nos próximos anos, se tornando uma liderança nesses projetos e tendo um forte impacto ao manter o protagonismo do IFUSP nos futuros programas internacionais de Física de Altas Energias.**

## 2. Impacto da contratação no âmbito do Instituto de Física

A inclusão do novo docente mudará o foco exclusivo do HEPIC em experimentos correntes (em andamento ou previstos para conclusão até 2040) para os projetos de novas gerações de aceleradores e experimentos. Somente um jovem docente será capaz de construir e manter uma liderança que perdure além das duas próximas décadas (quando os atuais

docentes estarão se aposentando). Esse processo precisa ter início imediatamente, aproveitando tanto a expertise presente no grupo para a formação dessa liderança, como a janela para participação em um momento crucial de definição desses projetos futuros. **O novo docente terá, portanto, um impacto de extrema relevância, abrindo caminho para a atuação do IFUSP em uma nova era da Física de Altas Energias, com aceleradores mais poderosos, técnicas de análise inovadoras (envolvendo aprendizagem de máquina) e instrumentação de alta tecnologia (como materiais quânticos).** Além disso, esse novo docente poderá reforçar a orientação de alunos em uma área com alta demanda.

### 3. Relevância atual da área (nacional e internacionalmente)

A relevância da área pode ser atestada pelos inúmeros documentos criados tanto pela Comunidade Europeia, os chamados *European Strategy for Particle Physics* (ESPP) como aqueles criados nos EUA, os *Particle Physics Community Planning Exercise*, conhecidos como *Snowmass Reports*. Todos os projetos propostos nesses documentos envolvem grandes investimentos de recursos e de pessoas, demonstrando toda a vitalidade e importância da área.

Nacionalmente, talvez o fato mais relevante seja **a iminente entrada do Brasil como Membro Associado do laboratório CERN**, que atualmente depende apenas da assinatura do presidente da República. Essa mudança de status do Brasil certamente criará novas oportunidades, tanto para a participação de estudantes brasileiros em escolas de formação do CERN e para a obtenção de bolsas por jovens doutores, como para projetos de instrumentação em parceria com empresas brasileiras. É crucial que o IFUSP aproveite este momento contratando um jovem docente que poderá capitalizar essas novas oportunidades e reforçar o protagonismo do Instituto nesse cenário.

### 4. Prognóstico de potenciais candidatos

Em levantamento realizado em 2018 pela Rede Nacional de Física de Altas Energias (RENAFAE), havia no Brasil 13 pós-doutores trabalhando em experimentos do LHC, número que deve sofrer flutuações ano a ano, mas deve se manter aproximadamente nesse patamar. Todos esses doutores são potenciais candidatos a esta vaga. Internacionalmente, somente os experimentos ALICE e ATLAS possuem em torno de 300 pós-doutores, dos quais uma fração deles certamente se configura como potenciais interessados nesta vaga.

### 5. Viabilidade da execução de projetos na área

Os membros do HEPIC já estão muito bem estabelecidos no IFUSP, nacional e internacionalmente, com um histórico de quase 30 anos de participação em pesquisa de Física de Altas Energias, contando com uma infraestrutura que inclui dois laboratórios de instrumentação e um cluster de computadores. Toda essa experiência e infraestrutura certamente demonstram a viabilidade de execução de projetos na área.

## 6. Justificativa para atividades de ensino e cultura e extensão

Como mencionado anteriormente, a área de Física de Altas Energias Experimental tem uma elevada demanda por orientações por parte dos alunos do IFUSP. O grupo conta com mais de 40 alunos atualmente, entre pós-graduandos e graduandos, o que é uma elevada carga de orientação. Portanto, **um novo docente é fundamental para ajudar a suprir essa demanda dos alunos do IFUSP.** Além disso, o HEPIC organiza diversas atividades de extensão, principalmente para alunos e professores do ensino básico. O centro tem forte colaboração com grupos de pesquisa em ensino e divulgação científica, tanto no próprio IFUSP como em outras universidades, como UFABC e UERJ. Também foi estabelecida uma estreita parceria com diversos professores do ensino médio, que participam continuamente das atividades promovidas pelo HEPIC. São inúmeras as atividades, como: o *Masterclasses Hands On Particle Physics*; o Celeste, uma rede de detetores de raios cósmicos colocados em escolas do ensino básico; a criação de disciplinas para o bacharelado e licenciatura em Física; e a orientação de projetos de mestrado em ensino e divulgação, visando o desenvolvimento e avaliação dessas atividades. **Todas essas iniciativas criam uma alta demanda em ensino e extensão e possuem um potencial enorme de crescimento a fim de atingir cada vez mais alunos e professores da escola básica, cujo limite é justamente a capacidade dos atuais docentes do HEPIC de responderem a essas demandas. Portanto, a fim de explorar esse potencial, um novo docente é imprescindível.**

## 7. Proponentes

Alexandre A. P. Suaide

Marcelo G. Munhoz

Marco Bregant

Nelson Carlin Filho

Tiago Fiorini Silva