



## PLANO DE TRABALHO

Título do Plano de Trabalho

**Simulação computacional de um problema térmico-hidrodinâmico-magnético envolvendo descolamento de camada limite**

Aluno

Matrícula

### **Assinale os itens da Experiencia Acadêmica do aluno que constam do Lattes**

- PET
- Monitoria
- Tutorias
- Projetos de Extensão
- Projeto de Iniciação Científica concluído

### **1. Adequação do plano de trabalho ao nível de Iniciação Científica e ao projeto de pesquisa do(a) orientador(a)**

Este trabalho tem como objetivo o desenvolvimento de um estudo computacional, baseado em código próprio já desenvolvido pelo professor com seus colaboradores (Ciro Fraga Alegretti, aluno de Doutorado pela Unicamp), escrito em linguagem Python, visando simular a física de um escoamento de fluido magnético que incide sob uma expansão abrupta (degrau). A parede inferior do degrau será mantida a uma temperatura maior que a temperatura do escoamento incidente. Nesse sentido teremos a oportunidade de explorar um problema muito interessante envolvendo transferência de calor em camadas limites descoladas utilizando fluidos magnéticos. A ideia central é verificar se a aplicação de um campo magnético externo poderia ser capaz de controlar as taxas de troca de calor entre o fluido e a parede. O professor já possui um código próprio capaz de realizar as simulações necessárias para obtenção destes dados, o que já garante a viabilidade da execução dos objetivos propostos nesse plano de trabalho. O trabalho principal do aluno de IC seria a execução de simulações computacionais nessa plataforma, análise dos dados



**Universidade de Brasília**

**Decanato de Pós-Graduação**

Programa de Iniciação Científica – ProIC/UnB

obtidos e eventual implementação de novas sub-rotinas para análise dos resultados das simulações. Nesse sentido, o trabalho proposto ao aluno encontra-se totalmente alinhado com as linhas de pesquisa do orientador, o tema possui relevância científica indiscutível e o nível do trabalho é perfeitamente adequado a um aluno de graduação.

## **2. Viabilidade de execução (recursos, infraestrutura e metodologia)**

Este trabalho será realizado essencialmente a partir de simulações computacionais. Nesse sentido, a infraestrutura necessária para a realização desta pesquisa consiste basicamente em computadores. Os programas utilizados, em sua maioria, são programas de código aberto (Gnuplot, Kile) e/ou disponibilizados a partir de licenças gratuitas aplicáveis a membros da comunidade acadêmica (Intel Fortran Compiler). O sistema operacional utilizado é também gratuito (Linux – Ubuntu). O programa principal utilizado para realização das simulações foi escrito em Python pelo aluno de Doutorado do Prof. Rafael Gabler Gontijo, Ciro Fraga Alegretti durante sua Tese de Doutorado. O código fonte desse programa será disponibilizado ao aluno. Além disso, o aluno contará com o auxílio não só de seu orientador como também de outros colaboradores de pesquisa deste. Para esse trabalho em questão, teremos também reuniões periódicas com o Engenheiro, Mestre e Doutorando Ciro Fraga Alegretti, com o Professor Doutor Andrey Guimarães Barbosa da UFMT, ex-aluno de Doutorado do Professor Rafael pelo Programa de Pós-Graduação em Ciências Mecânicas da UnB e com outros alunos de Mestrado, IC e Doutorado do Professor Rafael Gabler Gontijo. Além disso, o programa principal, responsável pela realização das simulações pode ser rodado tanto em notebooks pessoais dos alunos, não sendo um programa pesado computacionalmente, que demande alta necessidade de poder computacional para viabilização desta pesquisa, quanto num servidor Linux recentemente adquirido pelo Prof. Rafael que poderá ser acessado em modo remoto pelos alunos via SSH. A metodologia de pesquisa resumida, vinculada a este plano de trabalho consiste em: estudo bibliográfico, realização de reuniões por videoconferência com o orientador (Google Meets), instalação de programas de computador, treinamento nestes programas a partir de tarefas simples em níveis gradativos de dificuldades, execução de simulações numéricas, confecção de gráficos, implementação de pequenas subrotinas em Python no código principal, escrita de textos científicos para documentação dos resultados de pesquisa em Congressos Internacionais, preferencialmente realizados no Brasil (adequados ao nível de um bom aluno de IC).



**Universidade de Brasília**

Decanato de Pós-Graduação

Programa de Iniciação Científica – ProIC/UnB

### **3. Bibliografia básica do plano de trabalho**

[1] R. E. Rosensweig, 1985, *Ferrohydrodynamics*, Dover Publications Inc., New York (Edição de 1997).

[2] Cunha, Francisco Ricardo, H. L. G. Couto, and N. B. Marcelino. "A study on magnetic convection in a narrow rectangular cavity." *Magneto hydrodynamics* 43.4 (2007): 421-428.

[3] Ashouri, M., et al. "Correlation for Nusselt number in pure magnetic convection ferrofluid flow in a square cavity by a numerical investigation." *Journal of Magnetism and Magnetic Materials* 322.22 (2010): 3607-3613.

[4] Bejan, Adrian. *Convection heat transfer*. John Wiley & sons, 2013.

[5] Anderson, Dale, John C. Tannehill, and Richard H. Pletcher. *Computational fluid mechanics and heat transfer*. Taylor & Francis, 2016.

[6] Joubert, J. C., et al. "Enhancement in heat transfer of a ferrofluid in a differentially heated square cavity through the use of permanent magnets." *Journal of Magnetism and Magnetic Materials* 443 (2017): 149-158.

[7] Alegretti, Ciro Fraga. "Uma nova perspectiva em Ferrohídrodinâmica: controle de descolamento de camada limite." (2017).

### **4. Justificativa elaborada pelo(a) orientador(a) acerca das competências e habilidades do aluno para desenvolver as atividades do plano de trabalho.**

Qualquer aluno de IC vinculado aos temas de pesquisa do proponente deste plano de trabalho deve possuir facilidade no aprendizado de novas ferramentas computacionais, uma noção razoável de programação científica (no nível de um bom curso de Introdução à Ciência da Computação), ter tido um bom desempenho nas disciplinas básicas de Matemática (Cálculos) e Física (Física 1, 2 e 3) e especial interesse no processo de descoberta científica. Parte desses requisitos são subjetivos. Outra parte será avaliada conforme a execução do próprio trabalho. Mais do que boas notas em disciplinas pontuais (que na opinião deste docente medem muito pouco) espera-se que o aluno tenha grande paixão pelo processo de exploração de um problema multidisciplinar, de fronteira e bastante resiliência no processo de ter que aprender a lidar com seus próprios fracassos e limitações. No fundo, a atividade de Iniciação Científica possui também o objetivo pedagógico de



estimular o aluno a superar suas próprias dificuldades através de um trabalho que certamente colocará grandes desafios a serem superados pelo aluno.

## **5. Cronograma de execução**

Além das atividades específicas de cada mês, algumas atividades serão mantidas ao longo de todos os meses de execução desse projeto. Essas são:

1 - Realização de Estudos Dirigidos para treinamento do aluno (fichamentos de artigos, confecção de pequenos programas em Fortran, solução de exercícios vinculados aos temas do projeto); 2 - Realização de reuniões quinzenais entre os membros do Grupo de Pesquisa para discussão do progresso do aluno;

**Mês 1** – Estudo bibliográfico dos artigos e livros citados na bibliografia deste plano de trabalho; Instalação dos programas necessários para realização das atividades propostas nos itens subsequentes (Ubuntu, Intel Fortran Compiler, Gnuplot, Kile);

**Mês 2** – Estudo bibliográfico dos artigos e livros citados na bibliografia deste plano de trabalho;

**Mês 3** – Geração das malhas utilizadas nas simulações;

**Mês 4** – Realização de simulações computacionais preliminares no código já escrito para ambientação do aluno ao ambiente computacional;

**Mês 5** – Confecção de gráficos referentes aos campos de temperatura, vorticidade e velocidade;

**Mês 6** - Cálculo do número de Nusselt local e global ao longo do degrau para o caso não magnético e comparação com outras bases de dado para validação do problema puramente hidrodinâmico;

**Mês 7** – Cálculo do número de Nusselt local e global em regimes magnéticos para diferentes condições de campo aplicado;

**Mês 8** - Realização de simulações e confecções de gráficos referentes aos resultados numéricos obtidos; Discussão e interpretação física dos resultados;

**Mês 9** - Realização de simulações e confecções de gráficos referentes aos resultados numéricos obtidos; Discussão e interpretação física dos resultados



---

## Universidade de Brasília

Decanato de Pós-Graduação

Programa de Iniciação Científica – ProIC/UnB

**Mês 10** – Início do processo de organização dos resultados obtidos até essa etapa para fins de documentação destes no formato de um artigo científico para ser submetido a um Congresso Internacional realizado no Brasil (COBEM, ENCIT, CILAMCE, etc.);

**Mês 11** – Redação do artigo e do material para apresentação no Congresso do Pibic;

**Mês 12** – Apresentação dos resultados obtidos no Congresso de IC da UnB;