

**ESTUDO DA HIDRODINÂMICA DISSIPATIVA APLICADA ÀS COLISÕES  
RELATIVÍSTICAS ENTRE ÍONS PESADOS**

**LEMOS, Dener de Souza (autor)  
SOCOLOWSKI JR., Otavio (orientador)  
denerslemos@gmail.com**

**Evento: Encontro de Pós-Graduação  
Área do conhecimento: Física**

**Palavras-chave:** Hidrodinâmica Relativística, Navier-Stokes-Fourier, Israel-Stewart.

## **1 INTRODUÇÃO**

Um dos principais objetivos dos programas experimentais no RHIC e no LHC é investigar a matéria sob condições extremas de densidade e temperatura. Isso é conseguido, nesses aceleradores, por meio de colisões relativísticas entre íons pesados. Os dados experimentais obtidos apresentam uma forte evidência do comportamento coletivo da matéria formada nessas colisões. Do ponto de vista teórico, a dinâmica de fluidos relativísticos tem sido amplamente usada – e com sucesso – para descrever esse sistema [1]. A ideia é que essa matéria atinja um equilíbrio térmico local e que sua evolução no espaço-tempo possa ser descrita pela dinâmica de fluidos. Essa matéria, composta por quarks e glúons desconfinados (o chamado QGP), sofre uma expansão e um resfriamento. Durante esse processo, há uma transição entre a fase de QGP e uma fase onde a matéria é composta somente por hádrons.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

O modelo hidrodinâmico, considerando fluidos perfeitos, tem sido amplamente utilizado ao longo dos anos para descrever a evolução da matéria nas colisões relativísticas de íons pesados [1]. Porém, estudos recentes revelam que os efeitos dissipativos são importantes para uma melhor compreensão de alguns fenômenos físicos que ocorrem nessas colisões. No caso dos efeitos dissipativos, as equações de Navier-Stokes-Fourier [2] violam a causalidade e, para eliminar este problema, são feitas correções na viscosidade: correções de primeira ordem (chamado de modelo causal [2]) e correções de segunda ordem (as chamadas equações de Israel-Stewart [3]).

### **3 MATERIAIS E MÉTODOS (ou PROCEDIMENTO METODOLÓGICO)**

As equações da hidrodinâmica geralmente não possuem soluções analíticas. Assim, é necessário resolvê-las numericamente. Para resolver as equações da hidrodinâmica utilizaremos o código numérico ECHO-QGP [4]. Este código calcula as condições iniciais, a evolução hidrodinâmica, tanto para o caso ideal quanto dissipativo, desacoplamento e sua correção viscosa, e algumas quantidades observáveis.

### **4 RESULTADOS e DISCUSSÃO**

O modelo hidrodinâmico fornece uma boa descrição para algumas quantidades observáveis, tais como: distribuição de momento transversal, distribuição em rapidez, fluxo elíptico, entre outros. A inclusão dos efeitos dissipativos é importante para uma melhor interpretação destes resultados. Os resultados obtidos neste estudo são importantes para uma melhor compreensão do comportamento da matéria ordinária sob condições extremas de temperatura e pressão.

### **5 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Ultimamente tem sido criados programas para descrever as colisões nucleares relativísticas entre íons pesados incluindo os efeitos dissipativos, tanto de primeira quanto de segunda ordem, como por exemplo, o ECHO-QGP. Os resultados deste programa, quanto às quantidades observáveis, têm sido satisfatórios quando comparados aos dados experimentais.

### **REFERÊNCIAS**

1. Y. HAMA, T. KODAMA, O. SOCOLOWSKI Jr., Braz.J.Phys. 35, 2005, 24-51.
2. R. DERRADI DE SOUZA, T. KOIDE, T. KODAMA, "Hydrodynamics Approaches in Relativistic Heavy Ion Reactions", arXiv:1506.03863 [nucl-th], 2015, 77.
3. L. DEL ZANNA, V. CHANDRA, G. INGHIRAMI, et. Al. Eur. Phys. J. C73, 2013, 2524.
4. W. ISRAEL, J. STEWART, "Transient relativistic thermodynamics and kinetic theory", Annals of Physics, 118, 1979, 341-372.