

Simulação Numérica de Galáxias

Giuna Alves da Silva¹; Paulo César da Rocha Poppe², Vera Aparecida Fernandes Martin³, Iranderly Fernandes de Fernandes⁴ e Círia Lima Dias⁵

1. Bolsista Voluntária, Graduanda do Bacharelado em Física, Universidade Estadual de Feira de Santana, e-mail: giuanafisica@gmail.com
2. Orientador, Departamento de Física, Universidade Estadual de Feira de Santana, e-mail: paulopoppe@gmail.com
3. Co-Orientadora do projeto de pesquisa (GAp), Departamento de Física, Universidade Estadual de Feira de Santana, e-mail: vmartin1963@gmail.com
4. Co-Orientador do projeto de pesquisa (GAp), Departamento de Física, Universidade Estadual de Feira de Santana, e-mail: irafbear@gmail.com
5. Bolsista PROBIC/UEFS, Graduanda do Bacharelado em Física, Universidade Estadual de Feira de Santana, e-mail: ciriafisica@gmail.com

PALAVRAS-CHAVE: Astronomia Extragaláctica, Galáxias, Simulações.

INTRODUÇÃO

A presente proposta de pesquisa para a modalidade de Iniciação Científica voluntária, encontra-se no estudo da morfologia de galáxias em interação. Existem três tipos principais de galáxias: elípticas, espirais e irregulares. Uma descrição ligeiramente mais extensa dos tipos de galáxias baseada em sua aparência é dada pela classificação morfológica de Hubble (“tuning fork diagram” ou “diagrama de diapasão”). Como esta classificação é totalmente baseada no tipo morfológico visual, ela pode não considerar algumas características importantes das galáxias, como a taxa de formação estelar (em galáxias “Starburst”) e a atividade no núcleo (em galáxias “AGN”, Active Galactic Nuclei). Muitas dessas galáxias são frutos de um processo de colisão, fusão ou efeito de maré com uma outra galáxia, fornecendo assim sistemas grandes e complexos de serem esgotados em um único estudo fotométrico ou espectroscópico. Neste trabalho, iremos apresentar os resultados preliminares de simulações para as galáxias M51 (NGC 5194) e Hoag (Hoag’s Object).

MATERIAL, METODOS OU METODOLOGIA

No cenário cosmológico aceito atualmente, as estruturas se formam hierarquicamente, onde os menores objetos se fusionam formando os aglomerados de galáxias, que são as maiores estruturas “relaxadas” do Universo. Uma dificuldade no estudo da formação de aglomerados é a complexidade do sistema. Este problema só pode ser tratado de forma adequada através de simulações numéricas de N-corpos.

Nesta fase inicial de trabalho, adaptamos um código simples de simulação numérica para descrever a morfologia das galáxias selecionadas acima. Trata-se de uma construção baseada puramente na Mecânica Newtoniana (interação gravitacional), entre uma galáxia-alvo e uma intrusa. O código, escrito nas linguagens Fortran e C, descreve a interação apenas entre os núcleos das galáxias, sem a adição de fricção dinâmica ou matéria escura. As equações usadas são básicas, vistas no Curso de Física I, envolvendo as variáveis cinemáticas posição, velocidade e aceleração. A força de interação gravitacional é construída a partir das variáveis de entrada, relacionadas com as posições e velocidades de cada galáxia, a razão entre as massas e o tempo de evolução do sistema interagente. As unidades são tomadas no sistema SI.

RESULTADOS E/OU DISCUSSÃO

O principal objetivo deste trabalho consiste em entender como as galáxias evoluem temporalmente. Na verdade, estamos interessados em estudar a evolução morfológica das galáxias peculiares presentes no catálogo de Arp e Madore 1987, universo próximo, $z < 1.0$, as quais representam os objetos de interesse do Grupo de Pesquisa na qual estou desenvolvendo as atividades de Iniciação Científica Voluntária.

Apesar da simplicidade do modelo numérico, os dois objetos selecionados foram bem representados, o que caracteriza a robustez do código. A galáxia M51 (NGC 5194), possui morfologia espiral não-barrada (Sbc) na direção da constelação de “Canes Venatici.” Consiste no membro mais brilhante do Grupo M51 e possui uma galáxia companheira, denominada M51B (NGC 5195). A simulação reproduziu com bastante propriedade ambos objetos, com os devidos sinais de interações. Essa condição só foi possível com a definição correta das coordenadas, nas quais podem ser traduzidas como o parâmetro de impacto associado, as velocidades relativas entre ambas, e com a razão entre as massas das galáxias, alvo e intrusa, de 0.25. O galáxia-alvo foi incrementada com 10 anéis contendo 50 estrelas em cada. A galáxia-intrusa, menor, foi incrementada apenas com 5 anéis e 10 estrelas em cada anel.

A segunda simulação foi realizada para a galáxia tipo Hoag, completamente diferente da morfologia descrita anteriormente. Visualmente, a estrutura anelar deste objeto se assemelha a uma nebulosa planetária. Sem características espirais, a robustez do programa foi testada simulando com bastante precisão a estrutura anelar. Nesta, a condição fundamental está relacionada na razão entre as massas, permanecendo $1=1$. As condições inerentes aos números de anéis de estrelas foram preservadas. As posições e velocidades foram, logicamente, diferentes daquelas usadas para a simulação da galáxia M51.

CONSIDERAÇÕES FINAIS.

O objetivo deste trabalho consiste em entender os processos físico-matemáticos presentes em uma simulação numérica. Logicamente, trata-se de um código bastante simples (baseado na etapa de minha formação acadêmica no Curso de Bacharelado em Física), sem os principais ingredientes presentes nas mais robustas simulações numéricas, como o GADGET-2 (“**A code for cosmological simulations of structure formation**”). No entanto, os resultados preliminares podem ser qualificados como excelentes, em função da completeza entre o real e o simulado (como será mostrado no poster). O próximo passo consiste em incrementar o código (no qual eu já o adaptei para a linguagem C, e se possível em um “cluster”) com novas variáveis geométricas (diâmetros maior e menor, inclinação, excentricidade, curvas de rotação, etc.) e dinâmicas (massa, calculada via teorema do “Virial”), as quais podem ser obtidas diretamente das observações fotométricas e espectroscópicas das galáxias observadas no Observatório do Pico dos Dias/Laboratório Nacional de Astrofísica-MCTI. Portanto, estamos buscando um completo amadurecimento inicial deste código o qual permitirá, futuramente, ser adaptado para o entendimento das galáxias peculiares de estudo do grupo de pesquisa na qual estou envolvida. Finalmente, este trabalho já aponta para o meu trabalho final de conclusão de curso e para o meu futuro programa de pós-graduação.

REFERÊNCIAS.

- Schroeder, M. C., & Comins, N. F. 1989, ApJ, 346, 108
Arp, H.C.; Madore, B.F.; Robertson, W.F. 1987. "Book Review: A Catalogue of Southern Peculiar Galaxies and Associations.", *Astrophysics and Space Science*. 139, 196-289
<http://www.mpa-garching.mpg.de/gadget/>