

Resumo

Colisões de aglomerados de galáxias são eventos extremos do Universo cujo estudo, entre outros fatores, permite a compreensão da natureza da matéria escura a partir de seu comportamento durante a colisão. Dada a impossibilidade de observação direta de parâmetros como velocidade relativa dos componentes e evolução ao longo do tempo, uma das estratégias utilizadas para o estudo deste tipo de fenômeno é a análise de simulações dinâmicas. Este projeto se propõe a avaliar a acurácia de uma dessas simulações no tocante à diferenciação entre as diversas passagens temporais dos objetos em interação pelo centro da colisão. Para tanto, foram utilizados dados públicos e conhecimentos de programação. Os resultados indicaram boa eficiência da análise dinâmica, porém com a tendência de devolver valores sistematicamente inferiores aos corretos, o que precisa ser analisado mais profundamente. A metodologia utilizada se mostrou viável para este tipo de análise e deve ser expandida para simulações de diferentes cenários de colisões.

1 Introdução

Aglomerados de galáxias são estruturas gigantes do Universo, compostos por galáxias, gás e uma matéria que não é vista, a matéria escura.



Figura 1: O aglomerado da Bala, exemplo de aglomerado de galáxias em fusão, com razão de massa 1:10. A fotografia mostra as galáxias do campo, sobrepostas pela representação de onde estariam o gás (em vermelho) e a matéria escura (em azul). Fonte: National Geographic Bullet Cluster

- Como ela não emite, reflete ou absorve luz, só é possível estudá-la a partir de suas interações gravitacionais.
- Colisões de aglomerados de galáxias são eventos muito energéticos e servem como laboratórios para o estudo da matéria escura, pois durante a colisão, cada uma das componentes tem um comportamento único.
- Esses eventos duram bilhões de anos, então para compreendê-los plenamente existem diversas estratégias; aqui apresentaremos duas delas:

Tipo	Análise de Equações Dinâmicas	Simulações Computacionais
referência	Dawson (2013)	ZuHone (2017)
Pontos fortes	Computacionalmente fácil	Mais Precisa
Pontos fracos	Equações Complexas	Computacionalmente Custoso

Tabela 1. Comparação entre os aspectos positivos e negativos do uso de simulações e análises dinâmicas para o estudo de aglomerados de galáxias em fusão.

2 Objetivos

Contribuir para o campo de estudo de matéria escura que utiliza colisões de aglomerados como laboratório.

Analisar a efetividade do parâmetro fornecido por um código analítico amplamente utilizado (Dawson 2013), utilizando como referência simulações de alta precisão de (ZuHone 2017).

Given the stability of the bias it is conceivable that it could be corrected in the model results. However, to have any confidence in this bias correction the model results should be compared with a range of merger scenarios, which is beyond the scope of this current work.

Figura 2. Trecho do artigo de Dawson (2013) que ilustra a necessidade de uma investigação mais profunda da efetividade do seu modelo, sugerindo o uso de diferentes cenários de fusão.

3 Metodologia

- Familiarização com o problema e com conceitos de Astronomia;
- Compilação e entendimento do método e do código de Dawson;
- Obtenção e entendimento dos dados de ZuHone;
- Aplicação do método de Dawson para cada uma das simulações disponíveis e análise dos resultados.

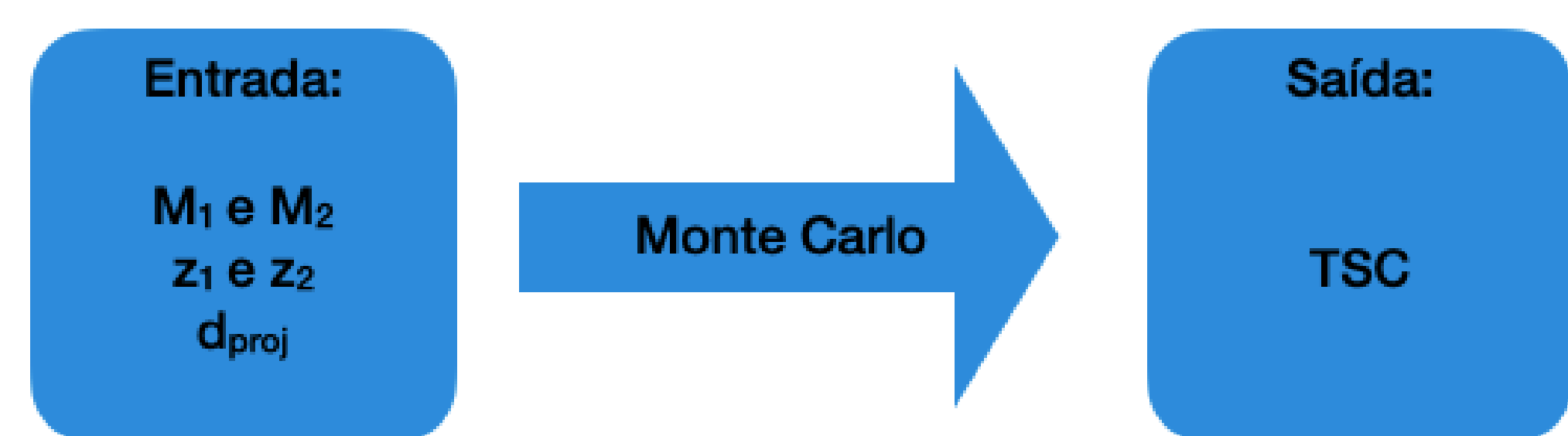


Figura 3. Esquema da análise computacional. À esquerda, os dados de entrada que são obtidos da simulação de ZuHone (2017): as massas dos dois aglomerados, seus *redshifts* e a distância projetada. Depois de aplicado o código de Dawson (2013), que utiliza o método de Monte Carlo, a saída é o parâmetro de tempo após a colisão (TSC).

5 Conclusão e Perspectiva

O código proposto por Dawson (2013) tem boa confiabilidade dentro dos intervalos de erros para situações de intervalo entre a primeira colisão e o afastamento para diferentes razões de massa. Há a tendência de apresentar dados sempre inferiores à realidade, o que necessita ser investigado mais profundamente por trabalhos posteriores.

Aplicar a metodologia novamente para os outros conjuntos de dados da simulação de ZuHone (2017), no caso, com parâmetros de impacto inclinados em relação ao plano do céu e investigar condições do código que podem estar ocasionando a tendência observada.

4 Resultados

Figura 4. Comparativo entre dados da simulação (ZuHone, em vermelho) e código analítico (Dawson, em azul) para cada cenário de razão de massas. Cada ponto vermelho do gráfico representa um cenário simulado, com a separação relativa entre os aglomerados e seu correspondente tempo, sendo considerado como instante inicial (zero) a primeira colisão. As simulações continuam até o ponto de máxima separação após a primeira colisão e posteriormente novas aproximações e separações se sucedem, com a diminuição da máxima separação associada à perda de energia do sistema. Os pontos de Dawson são apresentados com suas incertezas superior e inferior, calculadas estatisticamente a partir mil interações do código em cada ponto. Destaca-se que o código de Dawson calcula o tempo após a primeira colisão, tendo sua validade garantida entre esta e o primeiro afastamento.

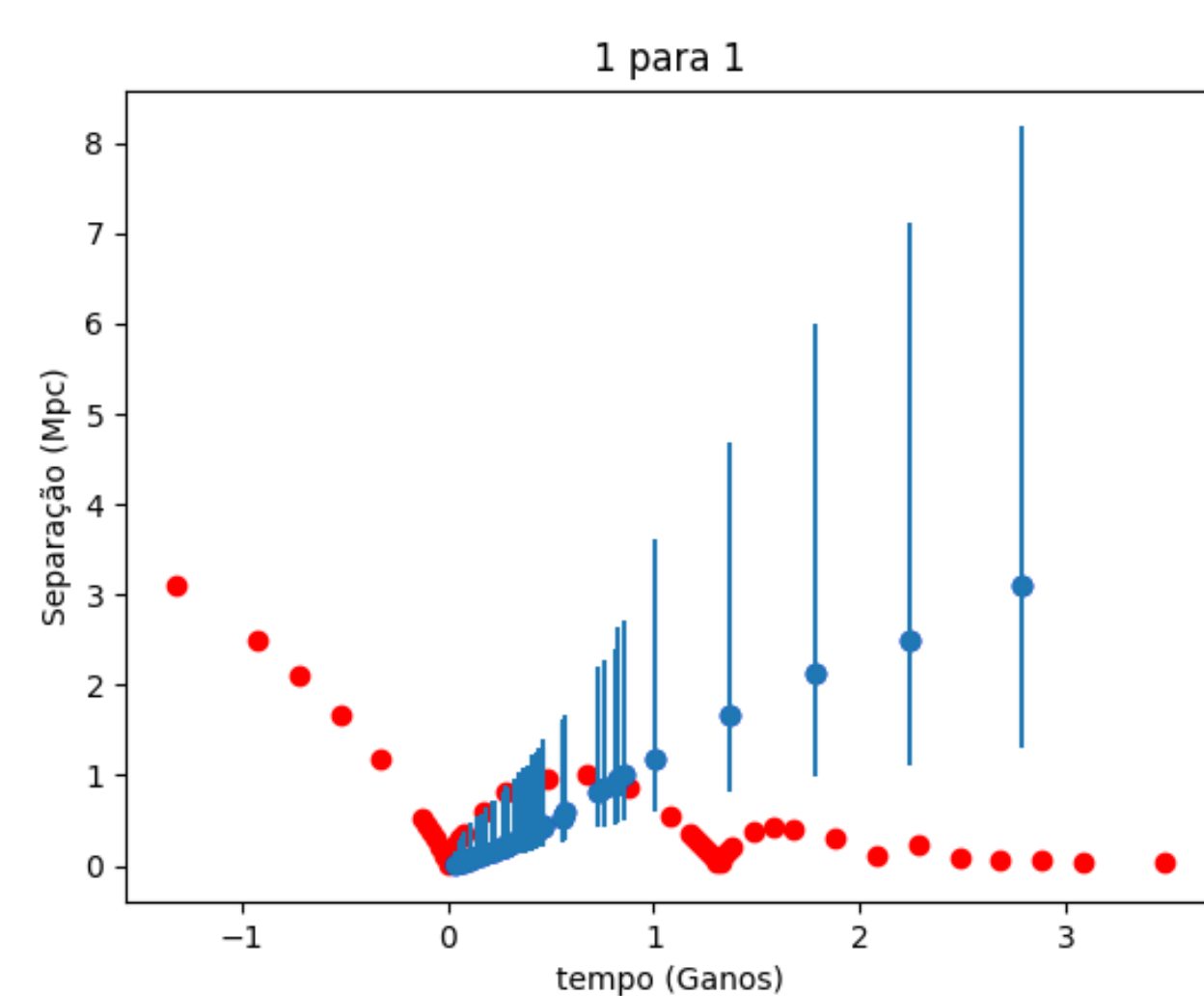
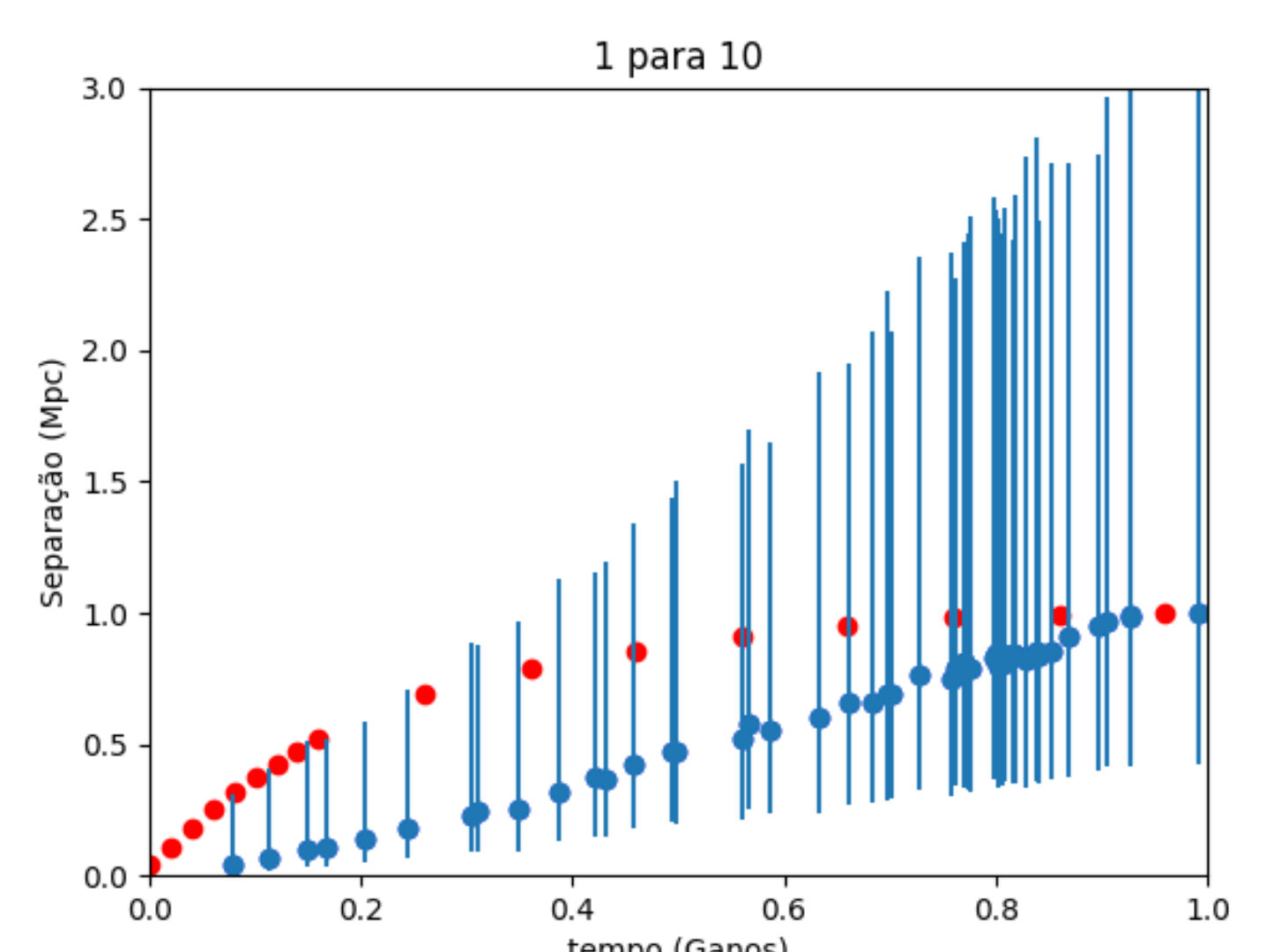
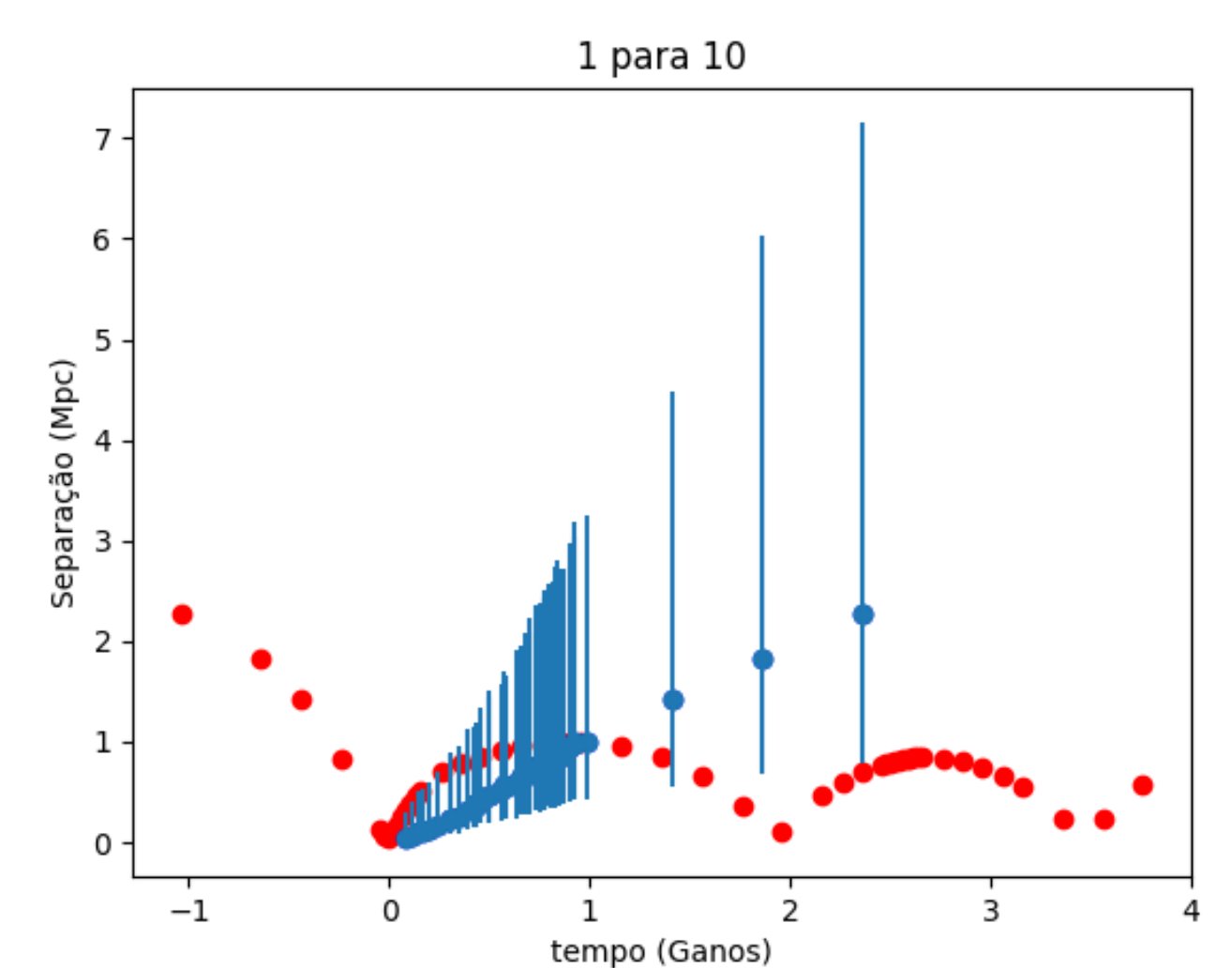
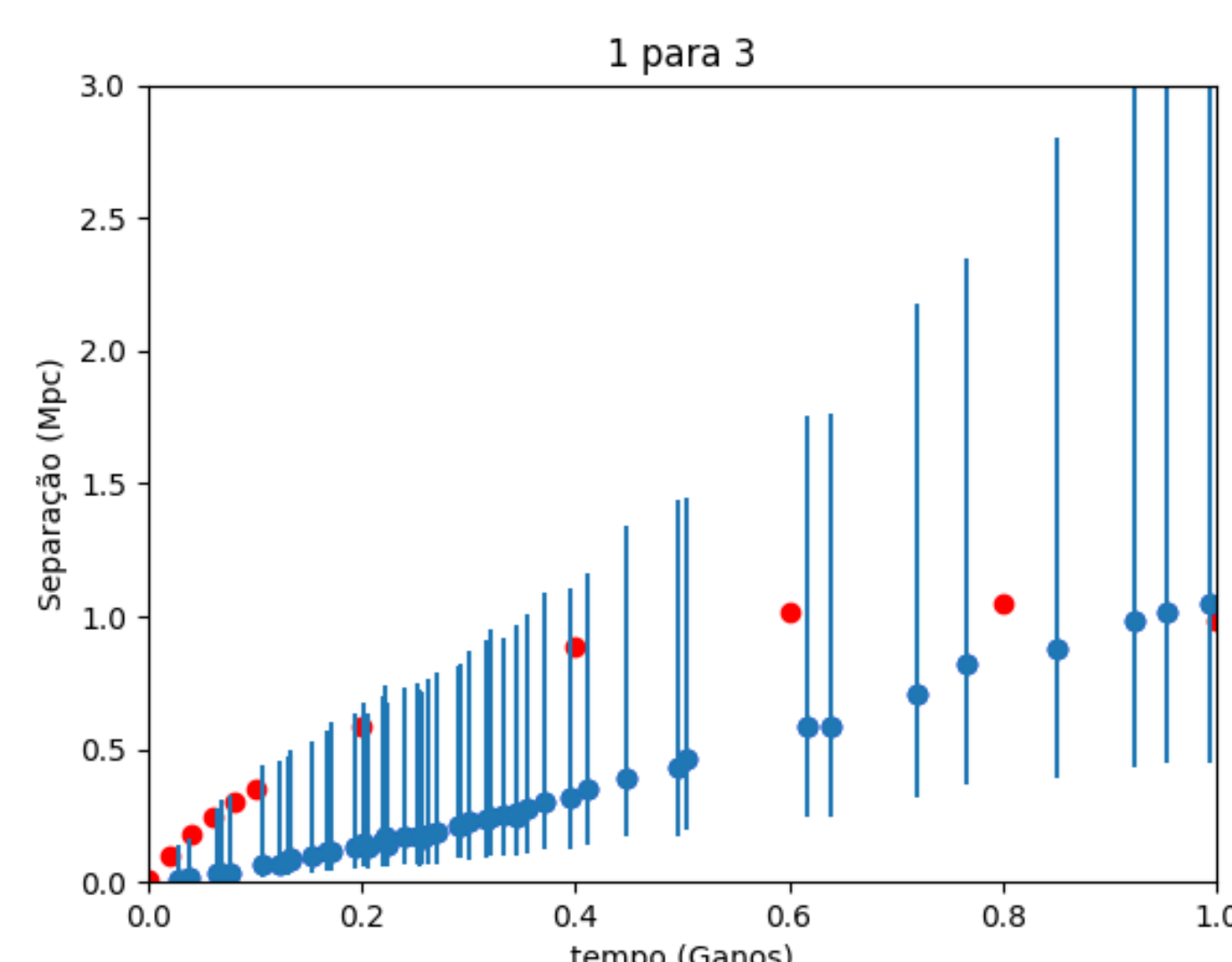
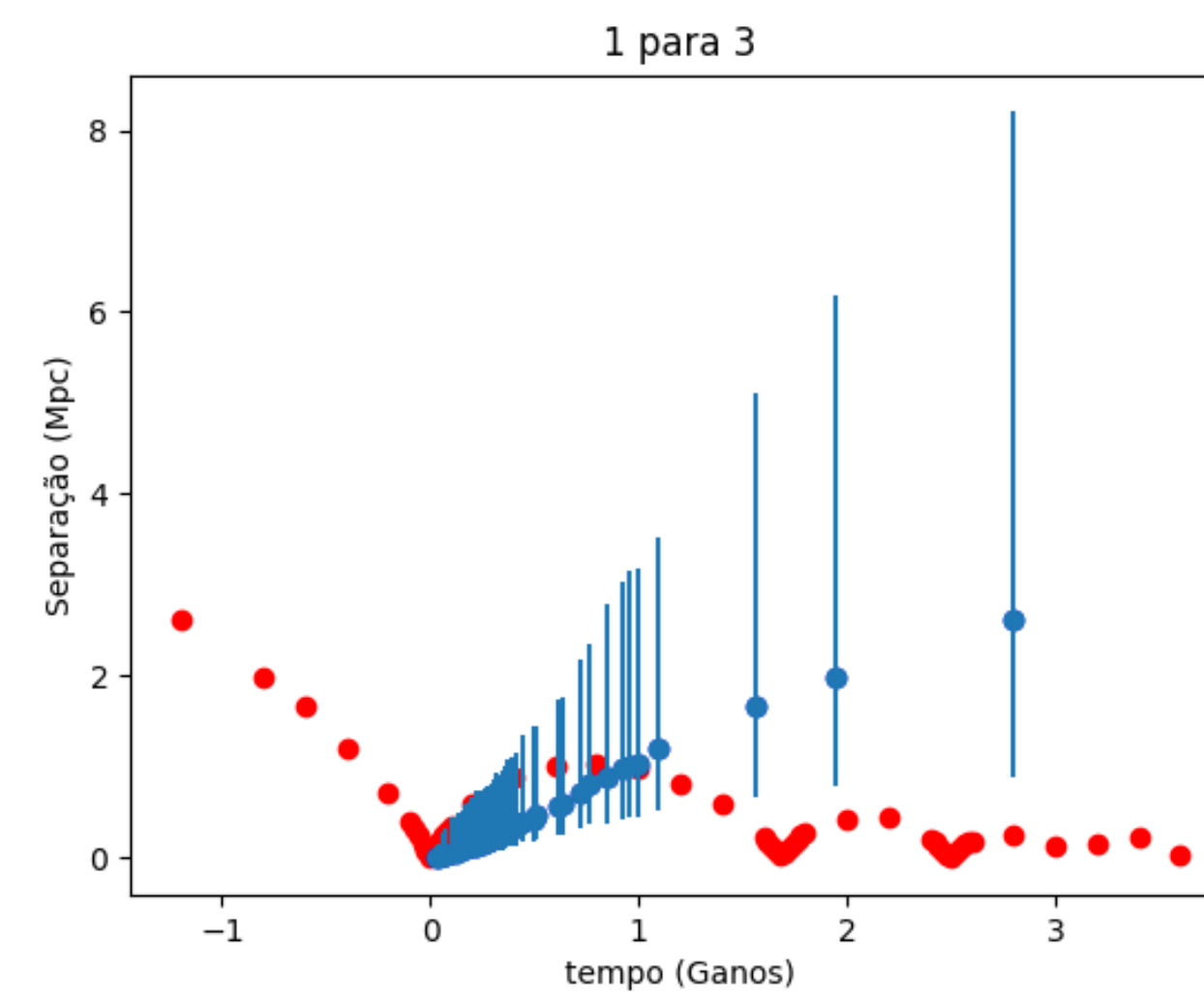
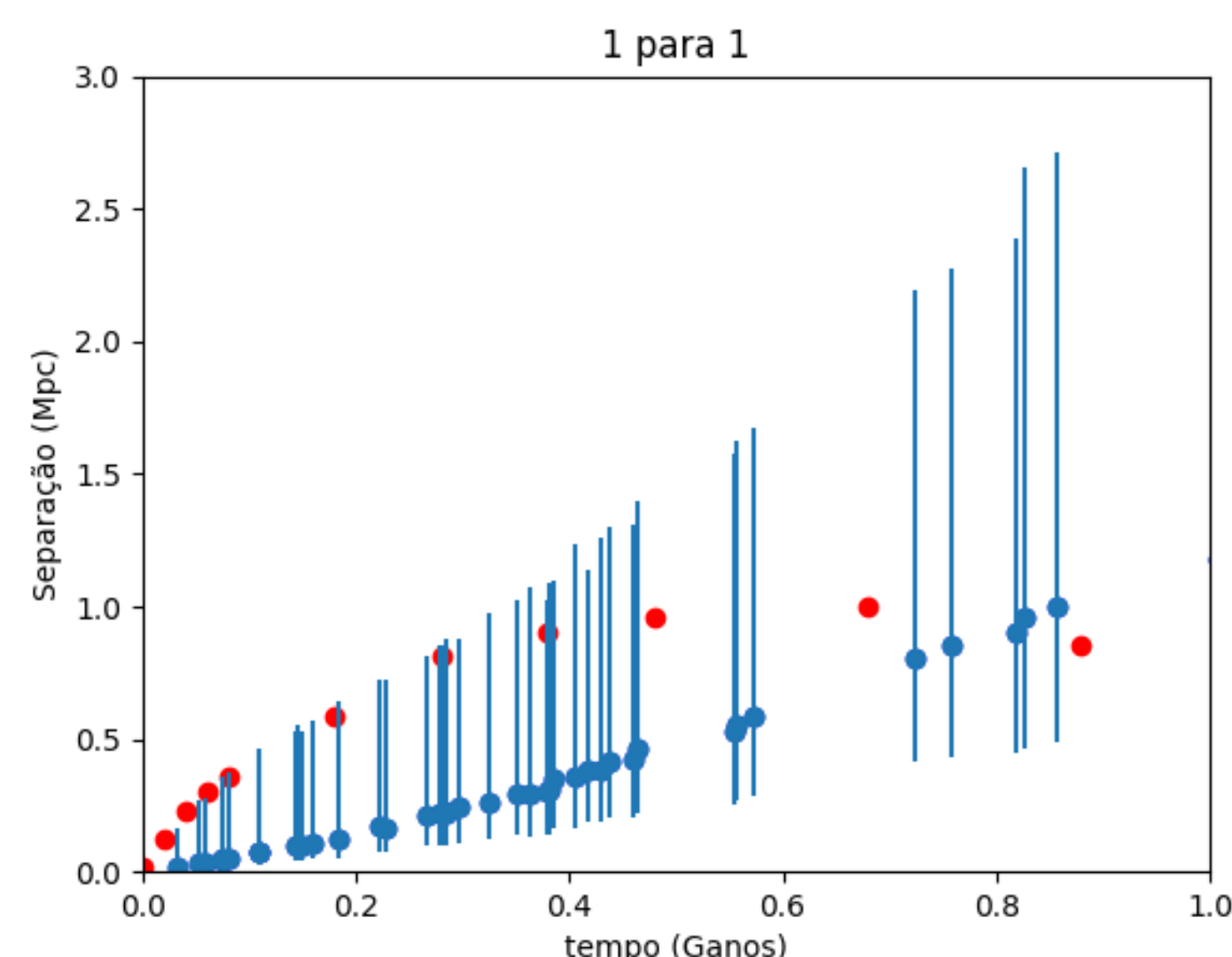


Figura 5. Destaque da região de validade das simulações de Dawson, entre a primeira colisão e o afastamento pós primeira colisão, para a comparação de cada cenário de razão de massa. Observa-se que para todos os casos há coincidências dos tempos estimados pelo código analítico com os dados reais nos limites superiores das incertezas. No entanto, nota-se que os resultados de referência estão sistematicamente abaixo do real para todos os cenários, indicando uma tendência do código que deve ser explorada mais profundamente.



Bibliografia

W. A. Dawson, "The dynamics of merging clusters: a monte carlo solution applied to the bullet and musket ball clusters, The Astrophysical Journal 772, 131 (2013) 10.1088/0004-637X/772/2/131.

J. Zuhone, K. Kowalik, E. Öhman, E. Lau, and D. Nagai, "The galaxy cluster merger catalog: an online repository of mock observations from simulated galaxy cluster mergers", The Astrophysical Journal Supplement Series 234, 4 (2018) 10.3847/1538-4365/aa99db.

L. I. A. Prado, 'A luz das Estrelas, 1ed (DP A Editora LTDA, 2006), ISBN: 8574903051

Informações Legais

Para saber mais, escaneie e seja redirecionado para o material complementar!



Notion



Linktr.ee



GitHub