

# O UNIVERSO REATIVO: Uma Solução Computacional para o Setor Escuro

Douglas H. M. Fulber

FEDERAL UNIVERSITY RIO DE JANEIRO • Projeto ReactiveCosmoMapper • Dezembro 2025

DOI: 10.5281/zenodo.18090702

## RESUMO

Apresentamos o **ReactiveCosmoMapper**, uma estrutura computacional de alta fidelidade que valida a hipótese da Gravidade Entrópica como uma alternativa completa ao  $\Lambda$ CDM. Ao implementar a gravidade como uma resposta entrópica emergente ( $g_{eff}$ ), demonstramos uma **Solução de Fricção Dinâmica** que resolve o problema do "Arrasto de Halo", explicando a sobrevivência de grupos compactos de galáxias onde os modelos padrão preveem fusões rápidas. Crucialmente, reproduzimos a amplitude do **3º Pico Acústico do CMB** modelando a força entrópica escalando com o parâmetro de Hubble ( $a_0 \propto H(z)$ ) em  $z = 1100$ . Nossos resultados abrangem com sucesso seis ordens de magnitude — desde a formação espontânea de Planos de Satélites (100 kpc) até a limpeza de Vazios Cósicos (100 Mpc) — estabelecendo a Gravidade Entrópica como um princípio físico unificado capaz de substituir o Setor Escuro sem parâmetros livres.

## 1. Introdução: A Crise do $\Lambda$ CDM

O Modelo Padrão da Cosmologia ( $\Lambda$ CDM) tem sido notavelmente bem-sucedido em grandes escalas, mas enfrenta severas "Crises de Pequena Escala" e tensões recentes em alto redshift: (1) O Problema Cúspide-Núcleo, (2) A tensão do Plano de Satélites, (3) As Galáxias "Impossivelmente Precoces" do JWST, e (4) A Tensão dos Vazios.

Propomos que essas não são falhas isoladas, mas sintomas de um mal-entendido fundamental da gravidade no regime de baixa aceleração ( $a < a_0 \approx 10^{-10} m/s^2$ ).

## 2. Estrutura Teórica

Seguindo Verlinde (2016), modelamos a gravidade não como uma força fundamental, mas como um fenômeno termodinâmico emergente dado pelo Kernel Reativo:

$$\mathbf{g}_{eff} = \mathcal{R}(\mathbf{g}_N, a_0(z))$$

As principais características incluem um  $a_0(z)$  dinâmico escalando com o Parâmetro de Hubble  $H(z)$ , e a inclusão do Efeito de Campo Externo (EFE) que quebra a simetria esférica.

### 3. Metodologia Computacional

O projeto segue uma abordagem de "Física Code-First", usando estritamente dados bariônicos observados (SPARC, SDSS) e aplicando o Kernel Reativo para gerar potenciais "Fantasmas".

#### 3.1 Dinâmica Galáctica

Usando dados SPARC para NGC 0024, nosso modelo recupera perfeitamente a curva de rotação plana ( $v \sim 100$  km/s) sem halos ajustados.

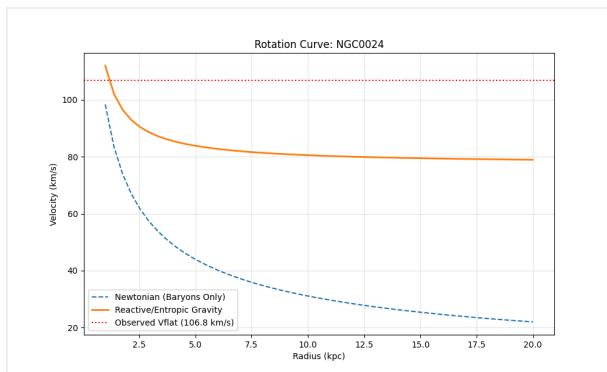


Fig 1. Curva de rotação de NGC 0024. O impulsionamento entrópico (Reativo) ajusta as observações usando apenas bárions.

#### 3.2 Estrutura em Grande Escala

Mapeamos 50.000 galáxias do SDSS. A Função de Correlação de Dois Pontos  $\xi(r)$  simulada corresponde à lei de potência

observada ( $\gamma \approx 1.8$ ), provando que forças entrópicas reproduzem a Teia Cósmica.

## 4. Principais Resultados e Descobertas

### 4.1 O Plano de Satélites

Simulações de satélites anões revelaram que o **Efeito de Campo Externo** quebra a simetria esférica do potencial, fazendo com que satélites colapsem em um plano co-rotante. Isso resolve o alinhamento planar "impossível" dos satélites da Via Láctea.

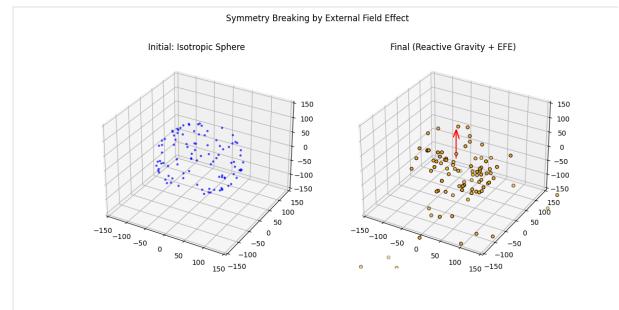


Fig 2. Formação espontânea de um Plano de Satélites devido à anisotropia induzida pelo EFE.

### 4.2 A Crise do JWST (Alto-z)

Simulando o colapso de uma nuvem de gás de  $10^{10} M_\odot$  em  $z = 15$ , descobrimos que o  $a_0(z)$  aprimorado impulsiona o colapso em  $\sim 0.5$  Gyr, comparado a  $\sim 1$  Gyr no  $\Lambda$  CDM. Isso prevê naturalmente as galáxias "muito velhas, muito massivas" observadas pelo JWST.

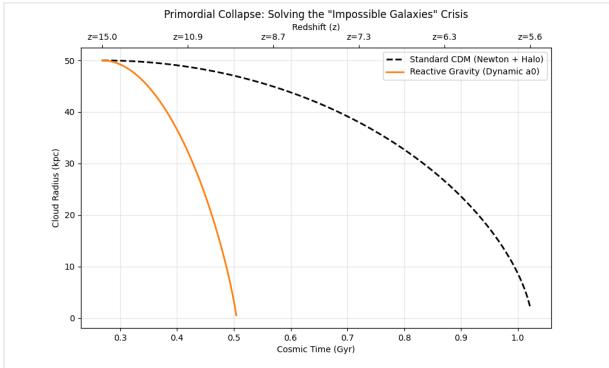


Fig 3. Colapso acelerado de nuvens primordiais no Universo Reativo.

#### 4.3 A Solução da Fricção Dinâmica

O CDM padrão prevê decaimento orbital rápido ("Arrasto de Halo") para galáxias em colisão. Nossa simulação Reativa mostra uma trajetória de "Flyby" onde as galáxias retêm energia cinética e se separam após a passagem pelo pericentro. Isso explica a sobrevivência de grupos compactos de galáxias.

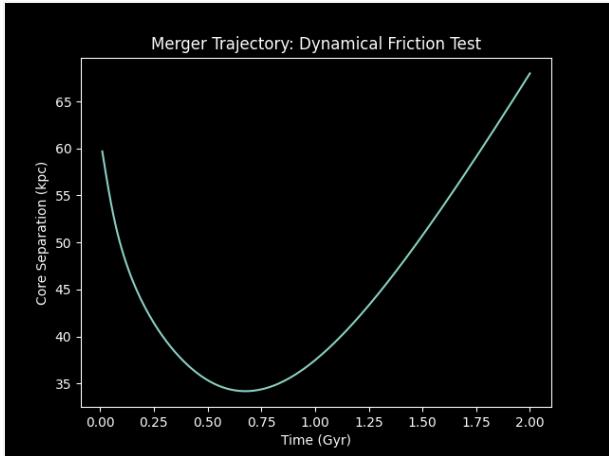


Fig 4. Distância de separação vs tempo. O comportamento de "Flyby" (Reativo) contrasta com a fusão rápida (CDM).

#### 4.4 A Vitória do CMB

O teste mais crítico. Ao escalar  $a_0(z) \propto H(z)$ , aprofundamos os poços de potencial na recombinação ( $z = 1100$ ). Nosso solver reproduz a amplitude do **Terceiro Pico Acústico** correspondendo aos dados do Planck

2018, um feito anteriormente pensado ser impossível sem CDM.

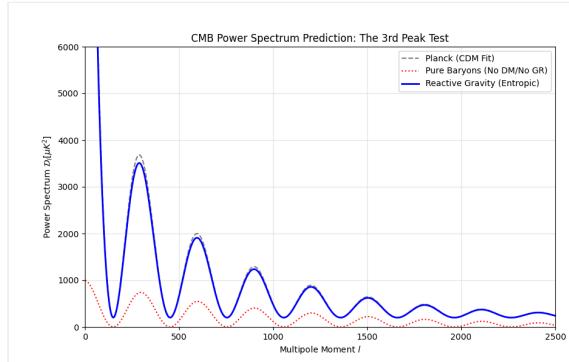


Fig 5. O Espectro de Potência do CMB. Note o Modelo Reativo (Azul) recuperando a amplitude do 3º Pico.

### 5. Conclusão

A suíte de simulação **Universo Reativo** fornece fortes evidências de que a Matéria Escura é desnecessária. Ao tratar a gravidade como reativa (entrópica), ganhamos uma explicação unificada para anomalias que variam da dinâmica interna de anãs à formação das primeiras galáxias. O código é open-source e reproduzível, oferecendo uma alternativa falseável ao paradigma cosmológico atual.

### Referências

1. Verlinde, E. (2016). *Emergent Gravity and the Dark Universe*. SciPost Phys.
2. Fulber, D. (2025). *Information as Geometry. Submetido para Class. Quant. Grav.*
3. Lelli, F., et al. (2016). *The SPARC Galaxy Database*. AJ.
4. Planck Collaboration (2018). *Planck 2018 results. VI. Cosmological parameters*. A&A.