

# A Singularidade Dipolar Cosmológica como Mecanismo de Geração de Polos

Gabriel de Oliveira Rastelli

## RESUMO

Quando todas as fontes de energia termonuclear se esgotam, uma estrela suficientemente massiva sofre colapso gravitacional, levando à formação de uma singularidade gravitacional. Este trabalho propõe um exame mais aprofundado da estrutura interna de tais singularidades, introduzindo um modelo de núcleo dipolar no qual a singularidade sustenta e gera polos distintos e associados a diferentes regimes dinâmicos. Analisamos os mecanismos responsáveis pelo surgimento desses polos, sua relação mútua e os processos e estruturas físicas que surgem de sua interação.

## INTRODUÇÃO

Neste estudo, as equações apresentadas são principalmente explicativas e ilustrativas. Embora possam ser aplicadas a dados empíricos para gerar resultados quantitativos, elas também têm o objetivo de funcionar como ferramentas conceituais e visuais dentro da estrutura teórica proposta.

Quando uma estrela suficientemente massiva sofre um colapso gravitacional, seu momento angular intrínseco é conservado, como resultado, a singularidade central formada dentro do buraco negro herda uma estrutura rotacional do tipo Kerr, originada da dinâmica estelar pré-colapso:

$$ds^2 = -\left(1 - \frac{2Mr - Q_{\text{eff}}^2}{\Sigma}\right) dt^2 - \frac{4aMr \sin^2 \theta}{\Sigma} dt d\phi + \frac{\Sigma}{\Delta} dr^2 + \Sigma d\theta^2 + \left(r^2 + a^2 + \frac{2Mr a^2 \sin^2 \theta}{\Sigma}\right) \sin^2 \theta d\phi^2$$

Essa rotação desempenha um papel fundamental no comportamento energético do sistema, contribuindo para a absorção e redistribuição de componentes de energia efetiva, tanto positiva quanto negativa, sob condições gravitacionais extremas. A informação residual associada à matéria em colapso é codificada na entropia do horizonte de eventos e na dinâmica do disco de acreção que circunda o buraco negro. Nesse contexto, a ponte de Einstein-Rosen que abriga o núcleo singular é permeada por esses componentes energéticos, a ponte atua como uma estrutura intermediária através da qual as densidades de energia positiva e negativa são canalizadas em direção à região singular, onde são posteriormente reorganizadas. A rotação de Kerr induz um

efeito dinâmico semelhante a um vórtice dentro da ponte, estabilizando uma distribuição confinada de cargas energéticas ao redor do núcleo singular e contribuindo para sua estrutura interna.

Partindo desse arcabouço teórico, o presente trabalho investiga os mecanismos que regem a polarização da singularidade, as condições sob as quais ela assume uma configuração dipolar e o surgimento de polos dinâmicos distintos. Dá-se especial atenção à hipótese de que o polo emissivo dessa estrutura pode atuar como um mecanismo gerador para novos domínios do espaço-tempo.

## 2. SINGULARIDADE DIPOLAR

O núcleo dipolar da singularidade é caracterizado por uma curvatura extrema do espaço-tempo que suporta uma polarização intrínseca (+/-) incorporada diretamente na métrica local do espaço-tempo. Essa polarização não é de natureza eletromagnética, mas sim eletrogravitacional, resultante da interação entre a rotação do tipo Kerr e o fluxo de componentes energéticos quantizados absorvidos:

$$F_{\mu\nu}^{\text{eff}} = F_{\mu\nu}^{(+)} - F_{\mu\nu}^{(-)}$$

Durante o colapso gravitacional, o momento angular da estrela progenitora é conservado, imprimindo uma estrutura rotacional no núcleo singular emergente. Esse *spin* herdado atua como o principal mecanismo de polarização, induzindo uma assimetria organizada na curvatura do espaço-tempo

que leva à formação de uma configuração dipolar intrínseca. Dentro do modelo de núcleo proposto, a singularidade não é tratada como um ponto infinitamente pequeno, mas como um centro polarizado e oscilatório sustentado por um gradiente gravitacional extremo. Esse processo resulta em uma estrutura dipolar estável com polos pré-formados gerados diretamente pela dinâmica do colapso:

$$\Sigma_{\text{core}} : \sum_n (E_n^\pm, I_n) \rightarrow \begin{cases} \Phi^+ = \sum_n E_n^+ \\ \Phi^- = \sum_n E_n^- \end{cases}$$

Nesse contexto, o sistema Buraco Negro-Buraco Branco opera como um dipolo autoestabilizado, sustentado por um mecanismo de retroalimentação, o regime do buraco negro corresponde ao polo positivo (+), caracterizado pela absorção e acumulação de energia, com informações residuais codificadas na entropia do horizonte de eventos e na dinâmica do disco de acreção. Por outro lado, o regime do buraco branco corresponde ao polo negativo (-), associado à liberação de energia em condições de alta sintropia.

Considerado em sua totalidade, o sistema constitui uma estrutura conservativa e autopropagável, exibindo comportamento fractal em diferentes escalas, ao mesmo tempo que preserva todo o conteúdo energético e informacional do núcleo.

## 2.1. POLARIZAÇÃO DA SINGULARIDADE E INFORMAÇÃO RESIDUAL.

Nesta seção, as equações apresentadas têm caráter explicativo e ilustrativo, servindo para esclarecer os processos físicos discutidos, e não para fornecer previsões numéricas diretas.

Como a rotação do tipo Kerr é conservada durante o colapso gravitacional, o núcleo singular absorve continuamente componentes energéticos, incluindo elétrons e outras formas quantizadas de energia, tanto as cargas positivas quanto as negativas que cruzam o horizonte de eventos passam por uma fase de pré-processamento, na qual são discretizadas e organizadas

dinamicamente à medida que se aproximam das regiões internas do buraco negro, alcançando finalmente a vizinhança do núcleo singular:

$$\mathcal{H}_{\text{in}} : (E, I) \mapsto (E^*, I^*) + \Delta I_{\text{res}}$$

Ao longo desse processo, uma fração da informação residual associada à matéria em queda é retida no nível do disco de acreção e do horizonte de eventos. Essa informação retida fornece um canal fisicamente acessível para a caracterização, quantificação e modelagem da radiação emitida na região próxima ao horizonte de eventos dos buracos negros:

$$\mathcal{M}_{BN} E_n^{(\pm)} \begin{cases} \mathcal{M}_{BN} = \eta_{BN} E_{\text{in}} \\ \mathcal{M}_{BB} = \eta_{BB} E_{\text{out}} \end{cases}$$

No modelo central, a singularidade é tratada como uma estrutura oscilatória e polarizada capaz de absorver componentes quantizados positivos e negativos. Através de um mecanismo análogo à fissão nuclear, entendida aqui como um processo de separação impulsionado por gradientes de curvatura extremos, a singularidade redistribui esses componentes, canalizando-os em direção aos seus respectivos polos.

A energia térmica originada do colapso estelar, assim como outras formas de energia absorvidas, é redistribuída de acordo com a estrutura dipolar. A energia liberada através do polo emissivo (buraco branco) emerge em um regime amplificado, permitindo condições sob as quais a geração de um novo domínio do espaço-tempo se torna teoricamente viável. A ação combinada de forças gravitacionais extremas e um efeito dinâmico semelhante a um vórtice dentro da ponte de Einstein-Rosen leva à formação de um reservatório confinado de componentes energéticos positivos e negativos ao redor do núcleo singular, estabilizando ainda mais a configuração polarizada:

$$\mathcal{Q}_{\text{ER}} : (E^*, I^*) \xrightarrow[g, \kappa]{\Omega} \sum_n (E_n^\pm, I_n)$$

## 2.2. QUANTIZAÇÃO DE MATÉRIA

Como discutido anteriormente, os buracos negros são tratados aqui como sistemas que quantizam a matéria e a energia que absorvem.

Essa suposição é compatível com abordagens especulativas e semiclássicas que envolvem a quantização da área do horizonte. Dentro dessa estrutura, elétrons, prótons, íons e outros constituintes quantizados são absorvidos e reorganizados em contribuições energéticas discretas, o núcleo singular recebe componentes de carga positiva e negativa associados a esses quanta, reforçando a estrutura dipolar interna. Nesse sentido, a queda contínua de matéria quantizada efetivamente sustenta e amplifica a polarização do núcleo, atuando como um mecanismo de alimentação para a configuração dipolar.

## 2.3. MECÂNISMO DE ESTABILIDADE DA SINGULARIDADE

A singularidade dipolar deve permanecer dinamicamente estável para sustentar o acoplamento entre seus dois polos, regular os fluxos de energia e informação e preservar a integridade da ponte de Einstein-Rosen. Supõe-se que essa estabilidade surja de uma combinação da pressão de spin induzida por Kerr, da presença de regiões de densidade de energia positiva e negativa ao redor do núcleo singular e de um mecanismo de retroalimentação entre a energia absorvida e emitida. Os bolsões de densidade de energia circundantes atuam como um amortecedor estabilizador, funcionando simultaneamente como uma estrutura de blindagem e um reservatório de energia, impedindo o colapso interno descontrolado e mantendo a singularidade em um regime metaestável.

## 2.4. ESTRUTURA E FLUXO TEMPORAL DENTRO DO SISTEMA DE BURACOS NEGROS-BRANCOS

Devido à curvatura extrema do espaço-tempo induzida pela gravidade e pelos gradientes rotacionais, a ordenação temporal convencional perde relevância física no

domínio interior do buraco negro. Nesse regime, a dinâmica gravitacional domina qualquer noção significativa de evolução temporal interna. A emissão associada ao polo do buraco branco pode ser descrita como efetivamente instantânea no referencial da singularidade, enquanto aparece temporalmente dilatada quando observada a partir de um referencial externo.

Nesse contexto, a aparente ruptura do fluxo temporal surge do acoplamento gravitacional e dos efeitos rotacionais, e não de uma reversão ou direcionalidade intrínseca do tempo. Embora se espere que o acoplamento gravitacional entre os domínios residuais seja extremamente fraco, ele permanece diferente de zero, permitindo interação limitada sem violar as restrições globais de conservação.

## 3. ENTROPIA DO POLO POSITIVO

À medida que o buraco negro absorve matéria e energia por meio de queda gravitacional e rotação do tipo Kerr, a informação recebida é parcialmente quantizada e codificada no nível do horizonte de eventos. A entropia associada representa o número de configurações microscópicas compatíveis com os mesmos parâmetros macroscópicos, como massa, carga e momento angular. Nesse processo, o buraco negro efetivamente perde o acesso a informações detalhadas, embora as preserve de forma extremamente comprimida no horizonte.

A entropia do polo positivo aumenta monotonicamente à medida que a absorção prossegue e não diminui, de acordo com a segunda lei generalizada da termodinâmica. Dentro do modelo de núcleo dipolar, conforme a singularidade se reorganiza e redistribui os componentes quantizados em direção aos respectivos polos, a entropia do horizonte funciona como um reservatório termodinâmico, contabilizando a radiação emitida e garantindo uma descrição termodinâmica consistente. Nesse sentido, a entropia do buraco negro reflete a compressão extrema da informação em

graus de liberdade geométricos no horizonte de eventos, em vez de sua destruição.

#### 4. SINTROPIA DO POLO NEGATIVO

Nesse contexto, a sintropia caracteriza um regime de emissão de energia altamente correlacionada e de baixa entropia, que emerge localmente de um sistema globalmente entrópico e conservativo, mediado pela dinâmica emissiva associada ao buraco branco:

$$\dot{E}_{BB} = \alpha(E_c = \Phi^+ + \Phi^- - E_{\text{crit}})$$

Em contraste com o polo positivo, o polo negativo opera sob um regime sintrópico que permite o surgimento de novos domínios do espaço-tempo. Apesar de sua designação, o polo negativo não está associado à desordem, mas sim à emissão, organização estrutural e liberação coerente de energia mediada por um gradiente eletrogravitacional.

#### 5. GERAÇÃO DE DOMÍNIOS DE ESPAÇO-TEMPO *STACK-MULTILEAF* PELO POLO NEGATIVO

À medida que a dinâmica sintrópica associada ao buraco branco reorganiza a energia e a informação redistribuídas pela singularidade dipolar, o polo negativo libera essas quantidades por meio de gradientes intensificados e altamente organizados, possibilitando o surgimento de configurações espaço-temporais estruturadas.

$$\mathcal{B}_{\text{out}} : \Phi^- \mapsto \Phi^{++}$$

Nesse contexto, a geometria resultante pode ser descrita como uma estrutura multilaminar empilhada, na qual cada domínio do espaço-tempo constitui uma camada distinta. Nosso universo observável corresponde à camada mais externa, enquanto os domínios subsequentes gerados pela emissão de buracos brancos formam camadas adicionais abaixo dela. A geração de novos domínios pode prosseguir indefinidamente, dependendo das condições iniciais e do regime de quantização que rege o sistema. Cada domínio recém-formado herda seu próprio par de buracos negros e

brancos, estabelecendo um mecanismo de propagação em cadeia. É importante ressaltar que esses pares possuem singularidades independentes, eliminando a necessidade de uma única estrutura singular universal:

$$E_{BB}^{(++)} \geq E_{\text{crit}}(\mathcal{B}_{\text{out}} : \Phi^- \mapsto \Phi^{++}) \Rightarrow \mathcal{U}_{n+1}\{\mathcal{U}_2, \mathcal{U}_3, \mathcal{U}_4, \dots\} \Delta s_n \sim \hbar, n$$

Este processo exibe um comportamento autopropagante, semelhante a um fractal, permitindo que a geração de domínios e a emissão termodinâmica ocorram independentemente da singularidade dipolar original, uma vez iniciada. A interação residual entre domínios espaço-temporais adjacentes permanece teoricamente possível por meio de um acoplamento gravitacional fraco. No entanto, espera-se que tais interações decaiam rapidamente em direção à nulidade efetiva, preservando a autonomia dinâmica de cada domínio.

#### 6. RESTRIÇÕES E CONSISTÊNCIA COM LEIS GLOBAIS DE CONSERVAÇÃO

A estrutura espaço-temporal multilaminar opera sob rígidas restrições globais de conservação. Energia, carga e informação não são criadas nem destruídas no sistema dipolar, mas redistribuídas por meio de gradientes eletrogravitacionais mediados pela singularidade. Embora domínios individuais do espaço-tempo possam exibir localmente comportamento sintrópico e emissão de baixa entropia, o sistema como um todo permanece globalmente entrópico e conservativo. A aparente geração de novos domínios não viola as leis de conservação, visto que cada domínio emerge da energia previamente absorvida e quantizada, codificada no horizonte de eventos e reorganizada internamente pela singularidade dipolar.

A causalidade é preservada pelo forte desacoplamento gravitacional entre as camadas adjacentes do espaço-tempo. As interações residuais limitam-se a impressões gravitacionais fracas e decaem rapidamente em direção à nulidade, impedindo a transferência de informações que poderia gerar paradoxos causais. A consistência

termodinâmica é assegurada pelos papéis complementares dos polos positivo e negativo: o buraco negro aumenta a entropia por meio da absorção e compressão de informações, enquanto o buraco branco libera configurações estruturadas de baixa entropia sem reduzir a entropia total do sistema global. Consequentemente, o mecanismo de propagação *multileaf* permanece compatível com os princípios de conservação estabelecidos, com aparentes violações locais surgindo apenas como efeitos emergentes da codificação e redistribuição de informações em escala de horizonte. Essas restrições definem os limites operacionais da estrutura e delimitam seu escopo especulativo.

## 7. PREDIÇÕES CONCEITUAIS DO MODELO

Embora a estrutura atual seja especulativa e não diretamente testável com as capacidades observacionais atuais, ela produz um conjunto de previsões conceituais que a distinguem dos modelos padrão de buracos negros.

Primeiro, espera-se que os buracos negros exibam impressões de informação em escala de horizonte que vão além das descrições puramente térmicas, refletindo informações residuais estruturadas associadas à organização dipolar interna. Isso pode se manifestar como desvios dos modelos de radiação Hawking idealizados quando a codificação de informações é considerada nos graus de liberdade geométricos.

Em segundo lugar, o modelo prevê uma assimetria intrínseca entre os processos de absorção e emissão. Enquanto o polo positivo é dominado pelo crescimento entrópico e pela compressão da informação, o polo negativo é caracterizado por emissão organizada, impulsionada por gradientes, produzindo configurações sintrópicas sem violar o equilíbrio global da entropia.

Em terceiro lugar, a existência de resíduos gravitacionais fracos, mas não nulos, entre domínios espaço-temporais empilhados implica que o isolamento causal completo é uma aproximação. Esses resíduos, no

entanto, decaem rapidamente e são insuficientes para sustentar a transferência estável de informações, preservando a independência causal efetiva.

Em quarto lugar, a geração de domínios espaço-temporais segue um mecanismo de auto propagação, no qual cada domínio recém-gerado herda seu próprio par de buracos negros e brancos, levando a uma hierarquia fractal de camadas espaço-temporais em vez de uma única singularidade universal.

Finalmente, a estrutura sugere que a assimetria temporal e a direcionalidade termodinâmica emergem de gradientes eletrogravitacionais e fluxos induzidos por spin, em vez de uma seta temporal fundamental na escala da singularidade.

## 8. CONCLUSÃO

Este trabalho apresentou uma estrutura especulativa, porém internamente consistente, na qual a singularidade do buraco negro é modelada como um núcleo dipolar sustentado por curvatura extrema, spin de Kerr e polarização eletrogravitacional. Em vez de um ponto infinitamente pequeno e sem estrutura, a singularidade é descrita como um centro oscilante e polarizado que medeia os fluxos de energia, informação e carga entre dois polos complementares. Dentro dessa estrutura, o buraco negro corresponde ao polo positivo, dominado por absorção, quantização e crescimento entrópico, onde a informação residual é codificada geometricamente no horizonte de eventos e nas estruturas de acreção. O buraco branco emerge como o polo negativo, caracterizado por emissão sintrópica organizada, redistribuindo energia e informação em novas configurações do espaço-tempo sem violar as leis globais de conservação.

A ponte de Einstein-Rosen desempenha um papel ativo nesse processo, atuando como um conduto moldado pelo spin de Kerr e por gradientes gravitacionais extremos, estabilizando a singularidade dipolar por meio de mecanismos de retroalimentação e bolsões de carga que impedem o colapso

interno. A assimetria temporal e a direcionalidade termodinâmica são tratadas como propriedades emergentes dos gradientes eletrogravitacionais e da dinâmica induzida pelo spin, em vez de características fundamentais na escala da singularidade. Uma consequência fundamental do modelo é a geração de domínios espaço-temporais multicamadas empilhadas, onde cada evento de emissão sintrópica pode originar uma nova camada espaço-temporal com seu próprio par de buracos negros e brancos. Isso leva a uma estrutura cosmológica fractal e auto-propagadora que não depende de uma única singularidade primordial, mantendo, ao mesmo tempo, uma independência causal efetiva entre os domínios devido aos resíduos gravitacionais de rápida dissipação.

Embora a estrutura permaneça especulativa e primordialmente conceitual, ela fornece uma narrativa coerente que unifica entropia, sintropia, retenção de informação e geração do espaço-tempo em um único mecanismo dipolar. Trabalhos futuros poderão se concentrar no refinamento do formalismo matemático, na exploração mais aprofundada das equações ilustrativas e na investigação de possíveis assinaturas observacionais indiretas relacionadas à codificação de informações em escala de horizonte e a desvios de modelos puramente de radiação térmica.