



UM UNIVERSO DISCRETO COMO PROPOSTA DE UNIFICAÇÃO DA FÍSICA

ARTIGO ORIGINAL

ARAÚJO, Leonardo Oliveira de¹

ARAÚJO, Leonardo Oliveira de. **Um universo discreto como proposta de unificação da física**. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento. Ano. 07, Ed. 02, Vol. 02, pp. 122-138. Fevereiro de 2022. ISSN: 2448-0959, Link de acesso: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/fisica/unificacao-da-fisica>, DOI: 10.32749/nucleodoconhecimento.com.br/fisica/unificacao-da-fisica

RESUMO

Este artigo enquadra-se no contexto das pesquisas de formulações gerais da Física que propõem respostas satisfatórias para a unificação das teorias da Mecânica Quântica e da Relatividade Geral, contribuindo adicionalmente com os estudos que abordam uma estrutura discreta do espaço-tempo e uma teoria quântica para a gravidade. O objetivo é apresentar uma estrutura primária em que a matéria e o espaço-tempo emergem como arranjos possíveis, compatíveis com o universo observável e com as duas grandes teorias citadas. A metodologia é baseada na Transformada *Wavelet* Discreta, uma ferramenta matemática difundida na área de processamento de sinais, usada para modelar a estrutura primária da qual espaço-tempo e partículas derivam. Esforços de unificação que compõem as Teorias das Cordas e da Gravidade Quântica em *Loop* são utilizados nessa proposta. Os resultados possibilitam atender ao objetivo enunciado e, adicionalmente, modelar a energia escura e a matéria escura. Complementarmente, propõe-se uma observação experimental para validar a presente proposta.

¹ Doutor em Engenharia de Defesa (ênfase em mecatrônica), Mestre em Engenharia Elétrica (ênfase em controle), especialista em Gestão da Inovação Tecnológica, graduado em Engenharia Elétrica e Ciências Militares. ORCID: 0000-0002-9524-4643.



Palavras-chave: Unificação, Física Quântica, Relatividade, Mecânica Quântica, Transformada *Wavelet*.

1. INTRODUÇÃO

As Teorias Especial e Geral da Relatividade (EINSTEIN, 1995; PIATTELLA, 2020; EINSTEIN, 1922) reformularam a compreensão do espaço e do tempo apresentando-os como partes de uma só estrutura: o espaço-tempo contínuo. Além disso, na Teoria Geral da Relatividade é estabelecido que a gravidade é a interpretação da deformação do espaço-tempo.

A conclusão de que a energia apresenta valores discretos trouxe à tona uma série de experimentos, formulações conceituais e modelos matemáticos que, assim como a Relatividade, se distanciam da física clássica não relativista (aderente ao senso comum) que figurava até o fim do Século XIX. Esse conjunto de conceitos é condensado na Mecânica Quântica (STAMATESCU e SEILER, 2007).

Tanto a Relatividade quanto a Mecânica Quântica gozam de enorme sucesso quanto à previsão de resultados teóricos se confrontados com experimentos. Apesar de outras considerações, esses dois suportes da física moderna têm suas formulações no espaço-tempo contínuo.

O amplo sucesso da aplicação da Teoria de Campos à Mecânica Quântica possibilitou agregar eficiência e maior compreensão ao domínio de fenômenos e aos estudos dessa Mecânica. É essa combinação que resulta no modelo padrão atual da Física de Partículas.

Todavia, a tentativa de aplicar, de forma similar, a Teoria de Campos à Relatividade Geral se mostrou frustrante (KUCHA, 1988). Isso evidenciou a dificuldade de modelar a gravidade como o campo de uma força intermediada por uma partícula discreta, no caso, o *gráviton*.

Como consequência, a Mecânica Quântica apresenta três das quatro forças que existem na natureza (eletromagnética, forte, fraca e gravidade) intermediadas por



partículas, ou seja, são agentes de ação discreta, mas não trata da força gravitacional (BOJOWALD, 2015).

A Relatividade Geral explica a quarta força (gravidade) como um agente contínuo de transmissão: o espaço-tempo. Mais do que isso, a deformação do espaço-tempo (gravidade) é causada pela presença de massa (inter-relacionando palco, espaço-tempo, e atores, massa e energia): sem massa, sem deformações.

Porém, alguns estudos disponíveis na literatura (CHIAO, 2003; GREENE, 2001; SMOLIN, 2002; KAKU, 2000) exigem a combinação de ambas as teorias. O problema é que isso pode gerar resultados incongruentes, notadamente, em especial, obtém-se infinito como valor de grandezas físicas (absurdo). Além disso, da Mecânica Quântica, o Princípio da Incerteza leva à conclusão de que, no vácuo absoluto, quaisquer campos (inclusive o gravitacional), em escala suficientemente pequena, devem oscilar (aleatoriamente). Com efeito, ter-se-ia geração e variação de campo gravitacional sem a presença de massa, o que entra em choque com a Teoria Geral da Relatividade.

Isto posto, verifica-se que há uma profunda discordância estrutural básica em relação a causas e efeitos no emprego conjunto de Mecânica Quântica e Relatividade (CHIAO, 2003), problema que deve ser resolvido a fim de se obter um modelo unificado que correlacione efeitos físicos, observações e teorias (GREENE, 2001; SMOLIN, 2002; KAKU, 2000).

Feynman diz que o único teste verdadeiro de uma teoria científica é a experimentação (FEYNMAN, 1965). Tomando isto como premissa, há que se focar no sucesso e na precisão da Relatividade e da Mecânica Quântica como balizas para qualquer nova teoria que busque unificá-las.

Uma forma de garantir o citado alinhamento é manter o espaço-tempo como o elemento de transmissão da informação da gravidade, ou seja, o agente pelo qual se percebe a presença dessa força básica da natureza é a deformação do espaço-tempo. Em paralelo, deve-se manter o tratamento discreto aplicado aos demais



mediadores de forças, o que leva vários estudos a uma formulação discreta do mediador gravitacional (SCHULZ, 2014; BOJOWALD, 2015).

Com efeito, uma possível solução coerente com tais pilares apresentará uma discretização do espaço-tempo. A literatura científica traz alguns exemplos (DOPLICHER *et al.*, 1994) nos quais o espaço-tempo passa a ser percebido como o Espaço-Tempo Quantizado (ETQ). É essencial que o ETQ apresente característica que, em interpretações de larga escala, ou seja, em segmentos dimensionais compatíveis com aqueles envolvidos nas experimentações realizadas até o estágio atual, seja equivalente a uma deformação no espaço-tempo se este for assumido, mesmo em uma aproximação, como contínuo.

Assim, pode-se enunciar que as leis físicas devem ser representadas por um modelo que tenha validade em relação aos experimentos e às aproximações consideradas em outras teorias que apresentam validades de emprego mais restritas (covariância teórica).

Note que, em última instância, a covariância teórica resulta em uma profunda unificação, no sentido de que se aponta para a necessidade de que o ETQ seja definido pelo mesmo conjunto básico de informações que define a matéria-energia.

Não é intenção deste artigo apresentar adequações ou ajustes nas equações que modelam a gravidade ou as demais forças. Mas é objetivo definir o modelo físico-matemático de um ponto genérico no universo para possibilitar a determinação de tais equações. Para tanto, além desta introdução, este manuscrito está estruturado da seguinte forma: uma apresentação de Princípios da Transformada *Wavelet* Discreta, base para o modelo proposto; a apresentação da contribuição principal deste artigo, abordando alguns aspectos particulares, em especial considerações sobre matéria e energia escuras, e observações que podem comprovar ou refutar o modelo apresentado; e, por último, uma breve conclusão.



2. PRINCÍPIOS DA TRANSFORMADA WAVELET DISCRETA

A Transformada *Wavelet* Discreta (TWD) é utilizada para representar funções quadraticamente integráveis, ou seja, $f(\theta) \in L^2(\mathbb{R})$, em que $\theta \in D_\theta \supset \mathbb{R}$ e $L^2(\mathbb{R})$ é o espaço definido pelas funções $f(\theta)$ que satisfazem a seguinte condição (MALLAT, 2009):

$$\int_{-\infty}^{+\infty} f(\theta)^2 d\theta < \infty. \quad (1)$$

Desta forma, uma função é representada como:

$$f(\theta) = \sum_{j=0}^J c_j \varphi_j(\theta) + \sum_{k=0}^{\infty} \sum_{j=0}^{g(k)} d_{kj} \omega_{kj}(\theta), \quad (2)$$

em que $\varphi_j(\theta)$ compõem a base do subespaço funcional V_j , $\omega_{kj}(\theta)$ são bases dos subespaços W_{kj} . O inteiro $J \in \mathbb{N}$ e a função $g(k): \mathbb{N} \rightarrow \mathbb{N}$, dependem da base da TWD adotada e do tamanho do intervalo do domínio paramétrico D_θ considerado.

Estes espaços funcionais possuem as seguintes características:



$$\mathbb{W}_k = \bigcup_{j=j_0}^{\infty} \mathbb{W}_{kj}; \quad (3a)$$

$$\mathbb{V}_{j+1} = \mathbb{V}_j \bigcup \mathbb{W}_j; \quad (3b)$$

$$L^2(R) = \bigcup_{k=-\infty}^{\infty} \mathbb{W}_k; \quad (3c)$$

$$\mathbb{W}_k \perp \mathbb{W}_j, \text{ para } \forall k \neq j; \quad (3d)$$

$$\mathbb{W}_{kj} \perp \mathbb{W}_{ki}, \text{ para } \forall i \neq j; \quad (3e)$$

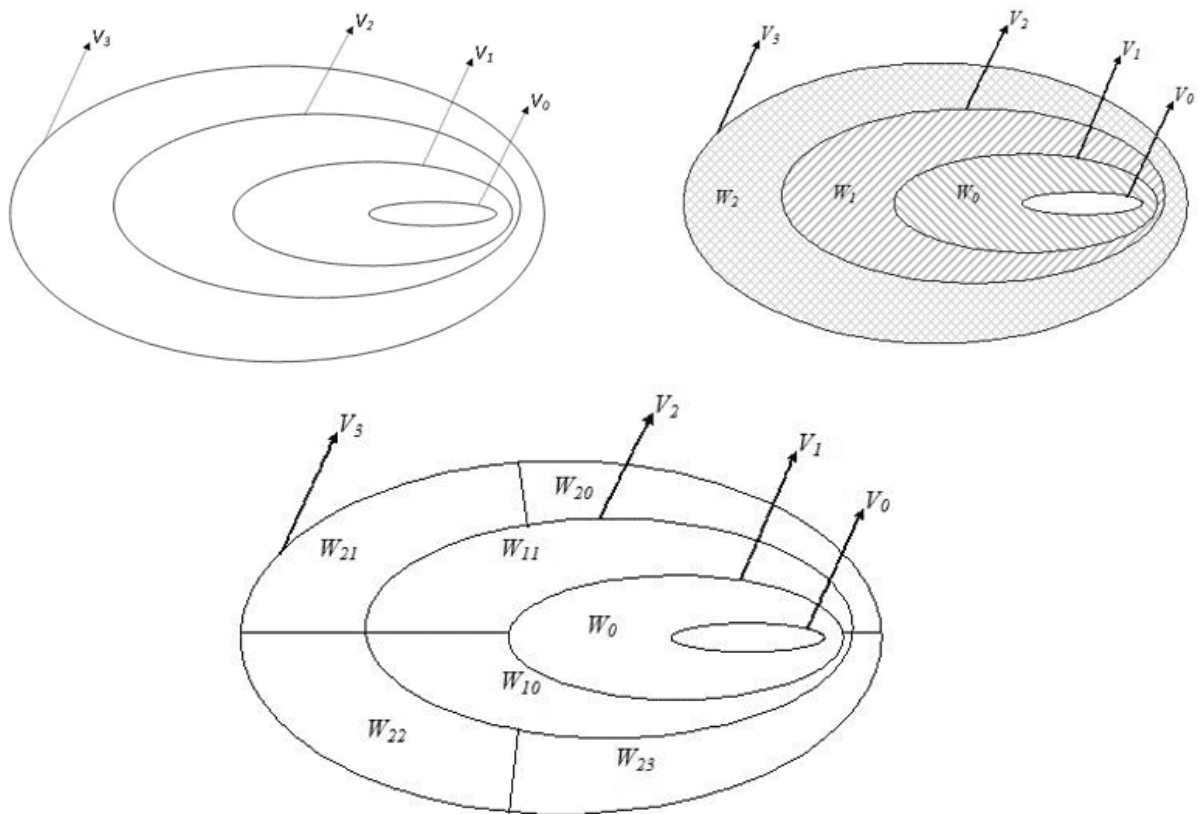
$$\mathbb{W}_k \subset \mathbb{V}_j, \text{ para } j > k. \quad (3f)$$

Os espaços \mathbb{V}_0 e \mathbb{W}_k são gerados por (BURRUS *et al.*, 1998):

$$\mathbb{V}_0 = \text{span}\{\phi_j | j \in \mathbb{Z}\} \text{ e } \mathbb{W}_k = \text{span}\{\omega_{kj} | j \in \mathbb{Z}\}.$$

Figura 01: Relação

entre os espaços \mathbb{V}_j , \mathbb{W}_k e \mathbb{W}_{kj} .



Fonte: baseado em ilustrações de Burrus et al. (1998).

Na equação (3b), e de acordo com a Figura 01, verifica-se que o espaço funcional W_j é definido como o complemento ortogonal de V_j em relação a V_{j+1} .

As funções de base $\varphi_j(\theta)$ e $\omega_{kj}(\theta)$ são obtidas da maneira que se segue:

$$\begin{aligned} \varphi_j(\theta) &\triangleq \varphi(\theta - j) \text{ e} \\ \omega_{kj}(\theta) &\triangleq 2^{\frac{k}{2}} \omega(2^k \theta - j), \end{aligned} \quad (5)$$

em que j e $k \in \mathbb{N}$ são, respectivamente, indexadores de translação e escalonamento

e $\varphi_j(\theta)$ e $\omega_{kj}(\theta)$ são chamadas de funções pai e mãe, respectivamente. (5)



Os coeficientes c_j e d_{kj} , empregados na equação (2), são calculados pelo produto interno:

$$c_j = \langle \varphi_j(\theta) \rangle \triangleq \int_{-\infty}^{+\infty} f(\theta) \varphi_j(\theta) d\theta,$$
$$d_{kj}(\theta) = \langle \omega_{kj}(\theta) \rangle \triangleq \int_{-\infty}^{+\infty} f(\theta) \omega_{kj}(\theta) d\theta.$$

(6)

Embora não seja requisito para ser uma *wavelet*, neste estudo, as funções $\varphi_j(\theta)$ e $\omega_{kj}(\theta)$ de interesse são aquelas ortonormais.

Doravante, será utilizada a notação de Dirac (DIRAC, 1939), Bra-Ket, para denotar as funções bases *wavelet*. Com efeito, reescreve-se (2) como:

$$f(\theta) = \sum_{j=0}^J c_j |\varphi_j(\theta)\rangle + \sum_{k=0}^{\infty} \sum_{j=0}^{g(k)} d_{kj} |\omega_{kj}(\theta)\rangle.$$

(7)

3. PRINCÍPIO DA UNICIDADE

No presente estudo, premissas (P) e condições de contorno (CC) são utilizadas para estabelecer um modelo padrão, a ser definido nas equações subsequentes, e aplicar a este o que se verifica no universo conhecido.

Antes de apresentar a definição do princípio da unicidade, é necessário introduzir a seguinte premissa:



Premissa P 01: o universo pode ser modelado a partir de uma única grandeza física e suas variações. Denomina-se a citada grandeza por *arché*, termo utilizado pelos filósofos Pré-Socráticos para designar a substância originária (SPINELLI, 2002).

Denota-se *arché* e uma imagem genérica dessa grandeza, respectivamente, como $\Omega, u(\Omega) \in \mathbb{R}$

Define-se o princípio da unicidade como:

- *Arché* é a grandeza física básica da natureza, da qual as demais derivam;
- As dimensões físicas são discretas e podem ser representadas por funções de base ortonormais;
- As partículas têm suas propriedades definidas pelo vetor de coeficientes A (cujo componentes estão associados às citadas funções); e
- As causas e os efeitos que relacionam partículas e dimensões definem as leis da natureza.

Com efeito, considere um universo discreto hipotético para o qual:

- $S = \{k\} \subset \mathbb{N}$ define as dimensões espaciais, em que k enumera essas dimensões;

- $D = \{j_k\} \subset \mathbb{N}$, em que j_k define a coordenada espacial associada à dimensão k , ou seja, define um ponto no espaço; e

- $A = \{a_{kj_k}\} \subset \mathbb{Z}$ reúne todas as informações que definem uma partícula.



$$a_{kj} > 0$$

Nesse estudo, polaridade positiva e negativa designam, respectivamente,

$$e \quad a_{kj} < 0$$

Então, é possível representar a k -ésima dimensão espacial (Sk) utilizando uma função de base da TWD $\omega_{kj}(\Omega)$ para modelar essa dimensão, com k representando-a e j a coordenada, a localização espacial, em Sk .

Assim, é possível definir inicialmente $U(\Omega)$ como um conjunto formado de imagens de $arché$, Ω , e candidato a modelar o universo observável. Define-se um subconjunto $U_t(\Omega) \subset U(\Omega)$, $t \in \mathbb{N}$, ao qual pertence $u_t(\Omega)$, um ponto genérico do universo com K dimensões espaciais. Tal ponto pode ser modelado e definido por:

$$u_t(\Omega) \triangleq u(S, D, A_t, t, \Omega) = \sum_{k=0}^{K-1} a_{t,kj_k} |\omega_{kj_k}(\Omega)\rangle, \quad (8)$$

em que $A_t \subset A$. A variável $j_k \in D$ é a mesma variável j que representa o deslocamento na TWD: o subíndice foi acrescido em função da inexistência do somatório em j , na equação (8), sinalizando a possibilidade desse índice variar em função de k .

No caso particular em que $U_t(\Omega)$ tem K^* e $K-K^*$, respectivamente, dimensões espaciais expandidas e dimensões espaciais unitárias, para:

$$k \geq K^*, j_k = 0; e$$



- Demais casos, $0 \leq j_k \leq g(k) \in \mathbb{N}$.

No caso particular do universo observado, $K^*=3$.

Então, $u_t(\Omega)$ é a generalização dos pontos que descrevem qualquer elemento de $\{u_t(\Omega)\} = U_t(\Omega)$ abrangendo todas as extensões de S . Em consequência, $U_t(\Omega)$ modela um subconjunto que abrange qualquer ponto das K dimensões espaciais de $U(\Omega)$.

Como a equação (8) representa um ponto genérico no universo com K dimensões espaciais no subconjunto enumerado por t , os subconjuntos $U_t(\Omega)$ representam as possíveis variações que ocorrem no espaço S e, portanto, $U_t(\Omega)$ modela um momento “ t ” qualquer de $U(\Omega)$. Com efeito, utilizando-se $t \in \{0, 1, 2, \dots, t_{max}\} \subset N$ como a variável que denota a sequência de variações que ocorrem nas dimensões espaciais, pode-se definir o universo $U(\Omega)$ como:

$$U(\Omega) \triangleq \bigcup_{t=0}^{t_{max}} U_t(\Omega). \quad (9)$$

Isto posto, é necessário descrever como os coeficientes de A , que definem as partículas e estão presentes em qualquer elemento pertencente $U(\Omega)$, possibilitam a existência do vácuo.



Condição de Contorno CC 01: o espaço vazio, o vácuo, apresenta intensas variações de campos em escalas reduzidas.

Com efeito: t equivale à dimensão (discreta) em que é verificada a alteração nas K dimensões espaciais, ou seja, é a unidade que equivale ao tempo de Planck; e o vácuo é consequência da variação aleatória (não correntes) dos coeficientes

$$0 \leq t \leq t_{max}$$

pertencentes a A em regiões definidas de S ao longo de
(resultando na Flutuação Quântica).

Assim, a identificação efetiva de uma partícula em $U(\Omega)$ é dada pelos coeficientes pertencentes ao vetor A constituídos coerentemente em intervalos de tempo Δt e de espaço Δj (mantendo-se os mesmos $a_{t,kj}$ em trajetórias descritas em k, j e t). Do exposto, a partícula também é representada por:

$$u_{\Delta}(\Omega) \triangleq \sum_{k=0}^{K-1} a_{t,kj_k} |\omega_{kj_k}(\Omega)\rangle,$$

em que $\underline{t} \leq t \leq \underline{t} + \Delta t$ e $\underline{j_k} \leq j_k \leq \underline{j_k} + \Delta j$. (10)

Dada a modelagem apresentada na equação (10), pode-se definir um hipotético

universo $U^*(\Omega)$ em que, pelo menos para algum Δt , esse universo contém um subconjunto que se diferencia de qualquer representação de $U_t(\Omega) \subset U(\Omega)$.

Então, a partir da grandeza *arché*, é possível generalizar a representação do multiverso $M(\Omega)$ como a união do conjunto de todos os universos (clássicos, após a observação de estados sobrepostos) possíveis de serem representados por $U(\Omega)$, ou seja:



$$M(\Omega) \triangleq \bigcup_{m=0}^{\overline{m}} U^m(\Omega)$$

(11)

Desta forma, espaço, tempo e partículas resultam de interpretações, com enfoques particulares, de uma só estrutura base, representada pela equação (10).

Para agregar $U(\Omega)$ características de interesse que possibilitam modelar universos descritos pela Mecânica Quântica e pela Relatividade, como o nosso, propõe-se dois modelos.

3.1 MODELO 1

Esse modelo recorre ao mapeamento de parâmetros da Teoria das Cordas (POLCHINSKI, 1998; BARBÓN, 2004; ABDALLA, 2005), ou da Teoria das Supercordas, na descrição apresentada na equação (8). Nesse caso:

- A quantidade de dimensões espaciais prevista na variante da Teoria das Cordas considerada, adicionada de eventual(is) dimensão(ões) por necessidade de expressar parâmetros (como cordas fechadas, laços), é dado por K ; e

- Os coeficientes a_{kj} espelham a frequência na qual a corda vibra na dimensão $|\omega_{kj}(\Omega)\rangle$.

Uma vantagem robusta dessa modelagem é que a Teoria das Cordas passa a ser uma teoria independente de fundo (ou seja, o espaço-tempo também passa a ser objeto de explicação da Teoria, no caso, o ETQ).



3.2 MODELO 2

Considerando as equações (8) e (10), o termo $Spaj$ é empregado neste artigo para designar efeitos de coeficientes do vetor A (em todo ou em parte) relacionados ao Sk e que nele definem seus efeitos.

Premissa P 02: O $Spaj$ incide em Sk , ou seja: a_{kj} tem sua ação sobre $\omega_{kj}(\Omega)$.

Se $U(\Omega)$ tem partículas como mediadoras de força, a presente modelagem resultaria em algo similar ao Modelo 1 e não explicaria a ação de fontes de gravidade no espaço-tempo, pilar da Relatividade Geral (embora possa explicar a gravidade como a troca de *gráviton*). Então, dado P 02, no Modelo 2 requer-se a descrição de como Sk atua como mediador de forças, em substituição às partículas virtuais. Essa explicação é similar à apresentada na Relatividade Geral.

Condição de Contorno CC 02: a massa é uma grandeza convencionada como positiva e fonte de gravidade.

Seguindo na modelagem de $U(\Omega)$, define-se $k_0 \in \{0, 1, 2\}$ e $k_1 \in \{3, 4, \dots, K - 1\}$ como, respectivamente, as três dimensões espaciais (tradicionais) extensas (compatíveis com o verificado no nosso universo físico) e eventuais dimensões espaciais adicionais necessárias para explicar propriedades do universo.

Então, dado P 01, P 02, CC 01, CC 02 e o fato de a gravidade agir em Sk_0 , tem-se que a massa resulta das componentes de $a_{k_0j} \in \{a_{0j_0}, a_{1j_1}, a_{2j_2}\}$, aqui arbitradas como de polaridade positiva. Em consequência, para não ser restritivo à modelagem em andamento, admite-se a existência de a_{k_0j} de polaridade negativa.



Como a_{k_0j} polarizado positivamente tem como efeito a gravidade, pode-se generalizar essa identificação e, com isso, obter-se duas conclusões:

- A gravidade resulta de mesma polaridade de a_{k_0j} ; e

- Diferentes polaridades (coerente com $u_{\Delta}(\Omega))$ de a_{k_0j} gera antigravidade.

Essa generalização proposta, conforme a equação (10), tem potencial de explicar e modelar a Inflação Cósmica (GUTH e STEINHARDT, 1984) e os efeitos atribuídos à matéria escura (CORBELLI e SALUCCI, 1999; FENG, 2010) e à energia escura (RIESS *et al.*, 1998) a partir das propriedades de a_{k_0j} : a matéria escura é modelada por a_{k_0j} polarizada negativamente, enquanto os efeitos relacionados à energia escura e à Inflação Cósmica são modelados por regiões de polaridades alternadas de a_{k_0j} .

No caso das três dimensões espaciais distendidas, as ações gravitacionais e antigravitacionais em Sk são verificadas como interpretação de:

$$a_{k_0j} > 0 \text{ ou } a_{k_0j} < 0$$

- Gradiente: a existência de (coeficientes de polaridade idênticas) induzem fluxo de campo gravitacional, o próprio tecido do ETQ (contração dessas dimensões), para tais partículas; e

- Divergente: a existência de $a_{k_0j} > 0$ e $a_{k_0j} < 0$ (coeficientes de polaridade inversas) induzem fonte de campo antigravitacional, o próprio tecido do ETQ (distensão do espaço-tempo), entre as partículas.

A convergência do fluxo do ETQ tem intensidade equivalente à curvatura (discreta) do espaço-tempo apresentada na Relatividade Geral. Complementarmente, a ausência de citada polarização resulta na distensão espaço-temporal.



No entanto, essas modelagens ficam totalmente arbitrárias se não houver uma lei ou propriedade que defina algum limite ou regra para a_{k_0j} . Assim, considerando que a geração de uma partícula resulta também na geração de uma antipartícula, que a proposta é que A (nesta modelagem) defina as propriedades que as caracterizam e que é possível fundamentar nesse modelo a 1ª Lei da Termodinâmica, propõe-se a premissa a seguir apresentada.

Premissa P 03: o somatório dos coeficientes das dimensões espaciais em um instante t é nulo:

$$\sum_{k=0}^{\infty} \sum_{j=0}^{g(k)} a_{kj} = 0.$$

(12)

Então, cada coeficiente a_{kj} positivo tem um equivalente negativo (ou um somatório que o equivalha) e vice-versa.

Embora para $U(\Omega)$ suficientemente grande seja possível estabelecer um meio de atender P 03 e anular gradientes, dada a existência proporcional de coeficientes $a_{k_0j} < 0$ e dadas as condições de contorno que levaram aos conceitos de matéria e energia escuras, conclui-se que é de interesse utilizar as polaridades de $a_{k,j0}$ na modelagem das causas dessas condições.

Com efeito, dado que a_{k_0j} de polaridade positiva define a matéria (massa) verificada nas galáxias, para equilibrar o somatório previsto em P 03, pode-se modelar o efeito atribuído à matéria escura (pelo menos em parte) a um acúmulo de



a_{k_0j} de polaridade negativa em torno das galáxias. É também possível propor camadas alternadas de a_{k_0j} polarizados, formando cinturões gravitacionais.

É interessante notar que entre as duas regiões de polaridades inversas (a galáxia e a matéria escura) haverá antigravidade em um cinturão nulo de polaridades. Com efeito, na fronteira desse cinturão com as galáxias, forças antigravitacionais pressionam a periferia delas para seu interior, efeito do fluxo do ETQ oriundo do divergente para o gradiente. Então, como a modelagem em construção é do universo que observamos, pode-se fazer previsões:

- Entre uma galáxia e a matéria escura que a envolve, há pelo menos uma estreita região sem efeitos gravitacionais relevantes e, em consequência, existindo mais cinturões gravitacionais, eles também poderão ser observados mediante seus efeitos, gerando alternâncias de regiões com e sem lentes gravitacionais; e

- No choque entre galáxias, antes de haver o encontro direto da matéria que compõe cada uma delas, o efeito antigravitacional será perceptível dado que o cinturão de

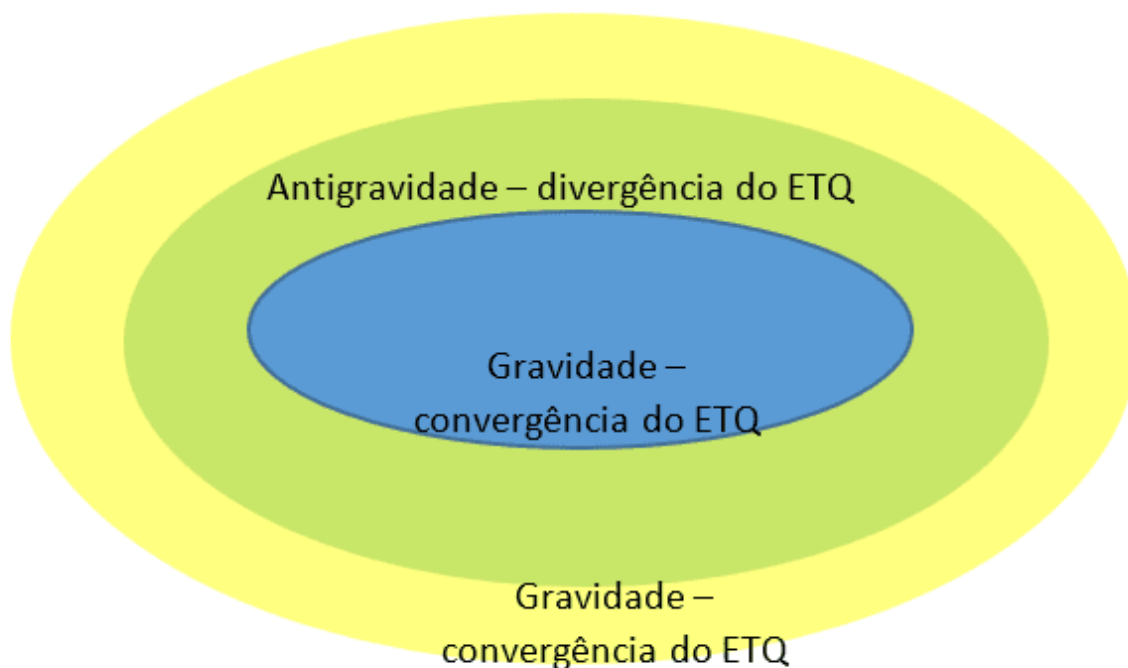
$a_{k_0j} < 0$ (matéria escura) será comprimido ainda mais contra a matéria nas galáxias $(a_{k_0j} > 0)$.

Então, assim como gera-se entre os cinturões $(a_{k_0j} < 0)$ e as respectivas

galáxias $(a_{k_0j} > 0)$ divergentes gravitacionais (efeitos antigravitacionais atribuídos à energia escura – ver Figura 02), no espaço entre as galáxias, regiões de

polaridades alternadas de $a_{k_0j} > 0$ e de $a_{k_0j} < 0$ geram os efeitos atribuídos à energia escura. Note, então, que a explicação para a existência de regiões com e sem galáxias dão-se em função da existência de polaridades em a_{k_0j} .

Figura 02: ilustração das ações da gravidade e antigravidade em uma galáxia (azul): o cinturão amarelo e verde indicam, respectivamente, domínios das matérias e energia escuras.



Fonte: Autor.

Ressalte-se que os subconjuntos $U_t(\Omega)$, quando tomados sequencialmente, constituindo $U(\Omega)$, resultam em uma dimensão adicional (tempo) definida também por $|\omega_{kj}(\theta)\rangle$. Com efeito, tem-se $Spaj$ nessa dimensão temporal idêntico ao que ocorre em quaisquer outras das dimensões (espaciais).

Para $t \rightarrow 0$, ou seja, suficientemente próximo da origem do universo, a quebra da sobreposição de estados atribui polaridades ao coeficiente a_{k_0j} , ou seja, $a_{k_0j} < 0$ e $a_{k_0j} > 0$, e agrupamentos desses em um universo embrionário, definindo a morfologia do ETQ e a disposição da matéria no mesmo.



De forma similar, a definição das leis naturais verificadas em nosso universo é uma particularidade dentre os estados sobrepostos de $U(\Omega)$, podendo até existir uma sequência em que $U_t(\Omega)$ vizinhos não guardam correlação (caos). São, portanto, as relações de mútua indução entre A e S , o que ocorre ao longo de t , que definem $U(\Omega)$ particular após perda de sobreposição.

É interessante registrar que a assunção de um ETQ possibilita uma solução na questão a seguir formulada.

Segundo a Relatividade Geral, para $t_1 < t_2$ medido por 2 observadores (X e Y) em referenciais com campos gravitacionais de intensidade diferentes, o intervalo $t_2 - t_1$ é medido maior por quem estiver no menor campo gravitacional (admita que seja X) em relação ao outro observador (Y). Em outros termos, a distância na dimensão tempo entre as posições em t_1 e t_2 não coincidem em razão das diferentes atrações gravitacionais dos referenciais, exatamente como ocorre nas dimensões espaciais. Ocorre que, no espaço, quando os corpos não se chocam, é em razão de alguma força contrária ou de movimento relativo (como planetas em órbitas): um meteoro que se aproxime do Sol com velocidade inferior à de escape, fatalmente se chocará com a estrela; e, considerando buracos negros, ao se atingir o horizonte de eventos, sequer é possível propor velocidade de escape realista. Dois buracos negros podem estar suficientemente afastados no espaço para que não haja interação gravitacional entre eles. Mas no espaço-tempo contínuo, é sempre possível arbitrar t_1 e t_2 tão próximos quanto se queira (inclusive dentro do horizonte de eventos) e, ainda assim, não se verifica (um estranho) colapso no tempo de quaisquer corpos massivos (estrelas, planetas, uma panela na cozinha de uma casa ou um próton no núcleo de um átomo de hélio). Na estrutura dimensional contínua, não há explicação para a inexistência do citado colapso.



As demais forças constatadas podem ser modeladas com dimensões espaciais adicionais e de extensão unitária, como proposto pela Teoria das Cordas e suas variantes. Mas, diferente dessas, a proposta é que as dimensões substituam os campos, a exemplo da gravidade. Com efeito, tome-se o exemplo da força eletromagnética.

Considere que $k = 3$ na equação (8) define o *Spaj* de atuação correspondente à força eletromagnética. Embora seja unitária na extensão espacial, esta é suficiente para uma superfície de espessura unitária paralela a cada dimensão espacial e, como efeito, a atração ou repulsão nessa camada paralela resulta na aceleração das partículas na dimensão espacial.

A diferença do *Spaj* gravitacional para o eletromagnético é que para este último têm-se que:

- Polaridades idênticas resultam em divergente, geração de S_3 ; e
- Polaridades diferentes constituem gradientes, contração de S_3 .

Mecanismos similares podem ser aplicados às demais forças (como 3 dimensões unitárias para as cargas de cor, presentes em *quarks* e *glúons*) e outras propriedades das partículas (*spin*, por exemplo), desde que a modelagem discreta resulte na aproximação contínua apresentada em experimentos e literatura.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste artigo propôs-se uma modelagem para unificação da Mecânica Quântica e Relatividade Geral: espaço, tempo e matéria são tratados como informações quânticas geradas por uma só variável física. A proposta tanto pode ser utilizada para generalizar a Teoria das Cordas (e suas variantes), incorporando à mesma o ETQ, quanto para estabelecer parâmetros que qualificam partículas e a relação dessas com o espaço-tempo discreto, modificando a concepção de que partículas mensageiras intermediam a relação entre as demais partículas para uma intermediação realizada por unidades dimensionais discretas. Nesse último caso, em



especial, as 3 dimensões espaciais expandidas do ETQ constituem o campo gravitacional.

Adicionalmente, o modelo possibilita uma explicação para a matéria e a energia escuras, apresentando fontes gravitacional e antigravitacional como resultado natural dos parâmetros que definem a matéria e das condições de contorno verificadas experimentalmente.

Por fim, foram propostos efeitos verificáveis para que o modelo apresentado possa ser empiricamente testado.

A teoria proposta neste estudo possui lacunas que impossibilitam uma explicação completa que descreva o nosso universo, tais como: não é capaz de explicar o motivo pelo qual a multiplicidade de partículas possíveis de serem modeladas, conforme a equação (10), não é observada; não é estruturada como proposta que responda o motivo pelo qual a dinâmica observada, considerando as coordenadas k , j e t , descreve especificamente $a_{t,kj}$ do nosso universo, quesito aparentemente relacionada à questão do colapso da função de onda ou das medições (BASSI et al., 2013), também não abordado neste estudo; não fornece solução às condições singulares do início do universo (PENROSE, 2006); e, embora possibilite modelar particularidades da evolução do universo, como a Inflação Cósmica, não apresenta abordagem para possíveis causas.

Como propostas de trabalhos futuros, além dos experimentos que possam comprovar ou refutar o presente estudo, indica-se a dedução das equações discretas (ou adequação das existentes) dos modelos disponíveis na literatura científica sobre o assunto e, a partir da equação (10), verificar se existe possível correlação com o Princípio da Incerteza.

5. AGRADECIMENTOS

Pela atenção e trabalho que tiveram apoiando-me na correção do texto deste artigo, revisando-o e propondo sugestões, agradeço a: Eduardo de Almeida Cadorin, Laís



Santis de Oliveira, Marlanfe Michaelis Rocha de Oliveira, Michelena do Nascimento Santana, Paulo Cesar Pellanda e Saul de Oliveira Santana.

REFERÊNCIAS

ABDALLA, Elcio. **Teoria quântica da gravitação: Cordas e Teoria M**. Revista Brasileira de Ensino de Física, volume 27, número 1, pág. 147 - 155, 2005. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbef/a/sfYbTkSRk6ZFHBd6NPg7hqn/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em 26 de julho de 2021.

BARBÓN, J. L. F. **String Theory**. The European Physical Journal C - Particles and Fields volume 33, pages 67–s74, 2004. <https://doi.org/10.1140/epjcd/s2003-03-009-5>

BASSI, Angelo et al. **Models of wave-function collapse, underlying theories, and experimental tests**. Reviews of Modern Physics, v. 85, n. 2, p. 471, 2013. Disponível em: <https://arxiv.org/pdf/1204.4325.pdf>. Acesso em 04 de fevereiro de 2022.

BOJOWALD, Martin. **Quantum cosmology: a review**. Reports on Progress in Physics, Volume 78, Number 2, 12 de janeiro de 2015.

BURRUS, L. Sidney, GOPINATH, R. A. e GUO, Haitao. **Introduction to Wavelets and Wavelet Transforms**. Prentice Hall; 1ª edição, 268 páginas, 24 de agosto de 1997.

CHIAO, Raymond Y. **Conceptual tensions between quantum mechanics and general relativity: Are there experimental consequences?** Cambridge University Press, Wheeler's 90th Birthday Symposium Proceedings, 2003. Disponível em: <https://arxiv.org/pdf/gr-qc/0303100.pdf>. Acesso em: 25 Jul 2021.



CORBELLI, Edvige. e SALUCCI, Paolo. **The Extended Rotation Curve and the Dark Matter Halo of M33**. Month. Notic. Royal Astron. Soc., V. 311, Issue 2, p. 441-447, 1999. DOI: 10.1046/j.1365-8711.2000.03075.x. Acesso em: 25 jul. 2021.

DIRAC, Paul Adrien Maurice. **A new notation for quantum mechanics**. Mathematical Proceedings of the Cambridge Philosophical Society, Volume 35 (3), Julho 1939, pp. 416 - 418. <https://doi.org/10.1017/S0305004100021162>

DOPLICHER, Sergio; FREDENHAGEN, Klaus; e ROBERTS, John E. **Spacetime quantization induced by classical gravity**. Elsevier, Physics Letters B, Volume 331, Issues 1–2, Pages 39-44, 30 de junho de 1994. [https://doi.org/10.1016/0370-2693\(94\)90940-7](https://doi.org/10.1016/0370-2693(94)90940-7).

EINSTEIN, Albert. **Relativity: The Special and the General Theory**. Three Rivers Press, Illustrated edição (CA), 208 páginas, 06 de junho de 1995.

EINSTEIN, Albert. The General Theory of Relativity. In: The Meaning of Relativity. **Springer**, Dordrecht, 1922. Disponível em: https://doi.org/10.1007/978-94-011-6022-3_3. Acesso em 24/07/2021.

FENG, Jonathan L. **Dark Matter Candidates from Particle Physics and Methods of Detection**, Ann. Rev. Astron. Astrophys. v. 48, p. 495, 2010. DOI: 10.1146 / annurev-astro-082708-101659. Acesso em: 25 jul. 2021.

FEYNMAN, R. The character of physical law. **The MIT Press**, London, 10ª edição, 2017 (1ª edição, 1965).

GREENE, Brian. O Universo Elegante. **Companhia das Letras**, 1ª edição, 29 de março de 2001.

GUTH, Alan H.; STEINHARDT, Paul J. The inflationary universe. **Scientific American**, v. 250, n. 5, p. 116-129, 1984.

KAKU, Michio. Hiperespaço. Editora **Rocco**, 2000.



KUCHA, Karel. **Gravity: Foundational Questions**. SCIENCE, VOL. 239, 01 de janeiro de 1988. Disponível em: <https://science.sciencemag.org/content/239/4835/80> Acesso em: 26 de julho de 2021.

MALLAT, Stéphane. **A Wavelet Tour of Signal Processing**. Elsevier, third ed. edition, 2009.

PENROSE, Roger. **Before the big bang: an outrageous new perspective and its implications for particle physics**. In: Proceedings of EPAC. 2006. p. 2759-2763. Disponível em: <https://wynd.tripod.com/rp.pdf>. Acesso em 04 de fevereiro de 2022.

PIATTELLA, Oliver F. O artigo fundador da teoria da relatividade restrita: Sobre a eletrodinâmica dos corpos em movimento. **Cadernos de Astronomia**, Vitória, v. 1, n. 1, p. 157–176, 2020. DOI: 10.47083/Cad.Astro.v1n1.31681. Disponível em: <https://periodicos.ufes.br/astrologia/article/view/31681>. Acesso em 24/07/2021.

POLCHINSKI, Josepholchinski. **Superstring Theory and Beyond, String Theory**. Cambridge University Press, Volume 1, 1998.

RIESS, Adam G.; FILIPPENKO, Alexei V.; CHALLIS, Peter; CLOCCHIATTIA, Alejandro; DIERCKS, Alan; GARNAVICH, Peter M.; GILLILAND, Ron L.; HOGAN, Craig J.; JHA, Saurabh; KIRSHNER, Robert P.; LEIBUNDGUT, B.; PHILLIPS, M. M.; REISS, David; SCHMIDT, Brian P.; SCHOMMER, Robert A.; SMITH, R. Chris; SPYROMILIO, J.; STUBBS, Christopher; SUNTZEFF, Nicholas B.; e TONRY, John. **Observational Evidence from Supernovae for an Accelerating Universe and a Cosmological Constant**. Astron. Journ., volume 116, pág. 1009-1038, 1998. Disponível em: <https://iopscience.iop.org/article/10.1086/300499/pdf>. Acesso em: 25 jul. 2021.

SCHULZ, Benjamin. **Review on the quantization of gravity**. arXiv: 1409.7977 [gr-qc]. Disponível em: <https://arxiv.org/pdf/1409.7977.pdf>. Acesso em: 25 Jul 2021.

SMOLIN, Lee. Três Caminhos para a Gravidade Quântica. Editora **Rocco**, 2002.



SPINELLI, Miguel. A noção de arché no contexto da Filosofia dos Pré-Socráticos.

Revista Hypnos, n. 8, 2002. Disponível em:
<https://hypnos.org.br/index.php/hypnos/article/view/124/126>. Acesso em 04 de
fevereiro de 2022.

STAMATESCU, Ion-Olimpiu e SEILER, Erhard (Eds.). Approaches to Fundamental
Physics, Lect. Notes Phys. **Springer**, Berlin Heidelberg, número 721, 2007. DOI
10.1007/978-3-540-71117-9. Acesso em: 25 jul. 2021.

Enviado: Dezembro, 2021.

Aprovado: Fevereiro, 2022.