

XVI

WORKSHOP DE FÍSICA TEÓRICA

CBPF

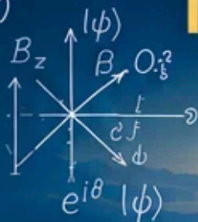
HOMENAGEM AO PROFESSOR
IVANO DAMIÃO SOARES

$$H = \sum_{i=1}^N \frac{p_i^2}{2m} + V(r)$$

$$\langle A \rangle = \text{Tr}(\rho A)$$

$$i\hbar \frac{\partial \psi}{\partial t} = \hat{H} \psi$$

$$\nabla^2 \psi + k^2 \psi = 0$$



RIO DE JANEIRO,
27 A 30 DE OUTUBRO DE 2026



LOCAL:
CENTRO BRASILEIRO DE PESQUISAS FÍSICAS

RESUMOS DAS PALESTRAS

Prezados Colegas e Participantes,

É com satisfação que apresentamos este e-book com os resumos das comunicações do XVI Workshop de Física Teórica do CBPF. Nascido como um encontro interno da Coordenação de Física Teórica (COTEO) do CBPF, o Workshop firma-se como um espaço de cariz nacional dedicado a todas as áreas da Física Teórica e estimulando o intercâmbio entre pesquisadores e estudantes.

A Física Teórica tem beneficiado historicamente da transversalidade de conceitos e métodos que transcendem subdisciplinas específicas. É precisamente este espírito que norteia o nosso Workshop, diferenciando-o das reuniões temáticas habituais: o objetivo de congregar uma comunidade unida por princípios comuns, assentes na formulação de modelos analíticos, numéricos e conceituais para explicar, prever e extrapolar os fenômenos da Natureza.

Como vem sendo hábito em cada edição, o evento dedica um momento de reconhecimento a uma personalidade. Este ano, a homenagem é prestada a Ivano Damião Soares, recentemente falecido, celebrando o seu percurso e valiosa contribuição.

A celebração de mais uma edição deste evento é também indissociável da memória de Marcelo Rebouças, cujo papel foi determinante para a idealização e consolidação do WTEO.

PROGRAMA

	Terça-feira (27/10)	Quarta-feira (28/10)	Quinta-feira (29/10)	Sexta-feira (30/10)
10h00	Abertura/Homenagem	Gabriel Menezes	Suani Pinho	Zhanna Kuznetsova
10h35	COFFEE-BREAK	COFFEE-BREAK	COFFEE-BREAK	COFFEE-BREAK
11h00	Nelson Pinto Neto	Silvio M. D. Queirós	Nei Lopes	Débora C. M. Rodrigues
11h35	Rafael Aranha	Ernesto Galvão	Lucas C. Céleri	Ramon Cardias
12h10	ALMOÇO	ALMOÇO	ALMOÇO	ALMOÇO
14h15	Gero von Gersdorff	Fábio D. A. Aarão Reis	Paulo A. Maia Neto	Zochil González Arenas
14h50	Fernando de Melo	Rodrigo C. V. Coelho	POSTER	Flaviano J. dos Santos
15h25	COFFEE-BREAK	COFFEE-BREAK	COFFEE-BREAK	COFFEE-BREAK
16h00	Francesco Toppan	Tobias Micklitz	Marcelo A. Pires	Evaldo M. F. Curado
16h35	Constantino Tsallis	Daniel Valente	Mucio Continentino	

Constantino Tsallis (CBPF)*Entropias Não Aditivas Fundamentam a Regularização de Infinitos da Teoria de Fenômenos Críticos*

O aparecimento de divergências matemáticas e zeros, que ocorrem regularmente na física teórica, constitui sempre uma questão epistemológica delicada. O caso da teoria de Boltzmann-Gibbs dos fenômenos críticos é reanalisado a partir de um ponto de vista consistente com o requisito de falseabilidade de Karl Popper para que uma proposição seja científica. A utilidade quantitativa das entropias não aditivas neste contexto é ilustrada para o conhecido fenômeno crítico quântico de temperatura nula que ocorre no ferromagneto de Ising unidimensional.

Bibliografia: S.M. Soares, L. Squillante, H.S. Lima, C. Tsallis e M. de Souza, *Physica Scripta* 101, 325201 (2026).

Daniel Valente (CBPF)*Memristor térmico quântico*

Memristores elétricos — resistores com memória — foram propostos na década de 70, demonstrados em 2008 e hoje vem sendo aplicados em computação não-convencional (neuromórfica), dada a sua promessa em integrar processamento e memória em um único substrato físico. Dada a demanda por miniaturização, memristores quânticos também vem sendo estudados, teórica e experimentalmente. Memristores térmicos são o análogo térmico dos memristores elétricos, onde diferenças de potencial são substituídos por gradientes de temperatura e correntes elétricas, por correntes térmicas. No entanto, memristores térmicos estão limitados a regimes clássicos, até o momento. Neste seminário, apresentamos o conceito de um memristor térmico quântico. Discutimos uma possível implementação experimental com circuitos supercondutores. Por fim, propomos uma aplicação computacional (fatoração) com o nosso dispositivo. Nosso trabalho contribui para as interfaces entre computação neuromórfica, computação termodinâmica e computação quântica.

Débora C. M. Rodrigues (UFRRJ)

Sensores de gases tóxicos usando materiais de carbono

A rápida industrialização levou a condições ambientais que impulsionam a pesquisa e o desenvolvimento de dispositivos avançados para detecção de gases. Por exemplo, um sensor de gás resistivo detecta moléculas medindo a variação da condutividade do dispositivo devido à adsorção do gás. As vantagens do grafeno como material sensor são a alta área superficial e as excelentes propriedades elétricas intrínsecas. No entanto, a baixa sensibilidade do grafeno pristino pode ser superada por defeitos na rede cristalina e/ou dopagem com heteroátomos, que otimizam a adsorção do gás. Motivados por essas ideias, estudamos a capacidade de detecção de diversos materiais à base de carbono em relação a moléculas de gás como COx, NOx, NH₃ e SF₆. Para isso, modelamos o dispositivo sensor aplicando a teoria do funcional da densidade (DFT) e o método das funções de Green fora do equilíbrio. Primeiramente, obtivemos a estrutura eletrônica e as propriedades de transporte do material sensor. Em seguida, avaliamos as energias de adsorção para cada molécula de gás sobre o material, além das variações das propriedades eletrônicas e de transporte com relação ao caso pristino. Os resultados indicam a possibilidade de manipular a sensibilidade do material por meio de dopagem, proporcionando uma aplicação promissora para nanossensores de gás.

Evaldo M. F. Curado (CBPF)

Mecânica Quântica sem números complexos

A mecânica quântica utiliza espaços de Hilbert baseados nos números complexos, mas se os números complexos são fundamentais ou meramente convenientes tem sido debatido por muito tempo. Durante décadas, espaços reais equivalentes foram considerados matematicamente possíveis, porém complicados. Contudo, um resultado de 2021 afirmou que uma teoria quântica baseada em números reais pode ser experimentalmente falsificada por meio de experimentos de Bell. Porém, a questão se essa falsificação se aplica a todas as teorias baseadas nos reais permanece em aberto. Aqui mostramos que essa conclusão se baseia em uma formulação real incompleta, e apresentamos uma estrutura rigorosa com valores reais que reproduz perfeitamente todas as previsões da mecânica quântica padrão. Demonstramos que o produto tensorial real padrão ($\otimes_R$) usado em teoremas anteriores de impossibilidade é algebricamente incompatível com a estrutura rica da mecânica quântica padrão. Apresentamos uma estrutura real baseada no espaço de Kähler e provamos que ela é exatamente isomórfica à mecânica quântica padrão por meio de uma bijeção explícita. O isomorfismo se estende a sistemas compostos por meio de uma regra de composição simplética $\otimes_K$ que substitui o produto de Kronecker. Consequentemente, nossa formulação alcança a violação máxima CHSH3 de $6\sqrt{2}$ utilizando apenas variáveis reais, mostrando que outras teorias quânticas, baseadas nos números reais, fornecem os mesmos resultados. Esses resultados demonstram que os números complexos não são fundamentalmente exigidos pela natureza.

Ernesto Galvão (UFF)*Invariantes unitários na mecânica quântica*

Vou discutir uma abordagem simples para formular a mecânica quântica de forma independente de base. Para isso, vamos discutir a invariância sob unitários de um conjunto de estados. Toda propriedade invariante por unitários desse conjunto pode ser escrita em função de invariantes de Bargmann da forma $\text{Tr}(\rho_1 \rho_2, \dots, \rho_n)$. Veremos como diversos fenômenos interessantes podem ser estudados via invariantes: fases geométricas, valores fracos, "out-of-time-order correlators" (OTOCs), espectro de estados, não-localidade de Bell, contextualidade, entre outros. Vou discutir também maneiras de medir esses invariantes, que sugerem testes experimentais desses fenômenos.

Fábio D. A. Aarão Reis (UFF)

Aplicações da Física Estatística fora do equilíbrio em superfícies

Usando modelos estocásticos para representar a dinâmica microscópica (atomística) de diversos sistemas físico-químicos, procuramos reproduzir a evolução temporal ou a formação de padrões espaciais observados na natureza ou em laboratório. Esta apresentação resumirá avanços dos últimos anos na modelagem computacional ou analítica dos seguintes sistemas:

1) Deposição de filmes finos sobre substratos fracamente interagentes, em que descrevemos um novo modo de crescimento observado em materiais como moléculas orgânicas e CdTe [Appl. Surf. Sci. 560, 149946 (2021), PRL 136, 076202 (2026)].

2) Eletrodeposição de metais, em que explicamos a formação de estruturas ramificadas com organização hierárquica (dendritos) e que permite entender a relação entre a difusão superficial do material eletrodepositado e as dimensões dos dendritos [ACS Appl. Mater. Interfaces 14, 49362 (2022)].

3) Dissolução de minerais, em que obtivemos taxas e morfologias de grãos dissolvidos consistentes com resultados experimentais para calcita [Geochim. Cosmochim. Acta 292, 271 (2021)].

3) Intemperismo de rochas, em que explicamos o intemperismo da pirita pela difusão de oxigênio em fragmentos de baixa porosidade de uma rocha sedimentar e estendemos o modelo para explicar a presença de pirita na superfície da Terra antes do grande evento de oxidação [Science 370, eabb8092 (2020)].

Estes e outros trabalhos relacionados foram desenvolvidos com estudantes e posdocs na UFF e colaboradores de diversas instituições brasileiras (UnB, UFBA, UFSJ, UFSC, UFV) e no exterior (França, Alemanha, EUA).

Flaviano J. dos Santos (CBPF)

Construindo e explorando modelos de spin a partir de métodos de primeiros princípios: do magnetismo não colinear às ondas de spin topológicas

Materiais magnéticos apresentam uma vasta gama de comportamentos complexos, determinados pela competição entre diferentes interações entre momentos magnéticos, pela resposta a estímulos externos e pela influência da dimensionalidade. Esses sistemas podem exibir propriedades topologicamente não triviais tanto em estados estáticos, associados a configurações de spin não colineares, quanto em estados dinâmicos, manifestados em ondas de spin. A teoria do funcional da densidade (DFT) constitui uma poderosa abordagem de primeiros princípios para a construção e previsão de Hamiltonianos de spin efetivos, como o Hamiltoniano de Heisenberg, que incorpora interações de troca isotrópicas, e seus termos estendidos, incluindo a interação de Dzyaloshinskii–Moriya, responsável por estabilizar texturas magnéticas quirais. Neste trabalho, empregamos essas técnicas para investigar materiais que apresentam ordenamentos de spin complexos, resultantes de frustração magnética ou de interações de troca assimétricas, bem como a emergência de ondas de spin topológicas nesses sistemas.

Fernando de Melo (CBPF)

Equilíbrio e a emergência de classicalidade em sistemas quânticos fechados

A física estatística e a teoria da decoerência tradicionalmente recorrem à interação entre um sistema e um ambiente externo para explicar seus fenômenos centrais: na primeira, tais interações promovem a termalização, enquanto, na segunda, explicam a emergência do comportamento clássico a partir da mecânica quântica. Nos últimos anos, contudo, surgiu uma abordagem complementar, segundo a qual a equilíbrio e a termalização podem ocorrer mesmo em sistemas quânticos completamente isolados, evoluindo unitariamente.

Nesta palestra, exploro se esses mecanismos intrínsecos de equilíbrio também podem explicar a transição do quântico para o clássico sem a necessidade de se introduzir explicitamente um ambiente. Utilizando resultados da teoria de equilíbrio em sistemas quânticos fechados, investigo as condições sob as quais um estado quântico evoluído no tempo se torna, na maior parte do tempo e com respeito a observáveis relevantes, operacionalmente indistinguível de uma mistura clássica apropriada. Essa abordagem também acomoda naturalmente o comportamento clássico simultâneo de diferentes grandezas físicas. Por fim, discuto como essas ideias também contribuem para uma perspectiva, em termos de sistemas fechados, sobre o problema da medição quântica.

Francesco Toppan (CBPF)

Além de bosons/fermions: o estado da arte

Se apresenta a estado da arte e os recentes avanços na física além de bosons/fermions.

Gero von Gersdorff (PUC-Rio)

Emaranhamento em estados quânticos típicos: a curva de Page e suas flutuações

Gabriel Menezes (USP) *$w_{1+\infty}$ como a Álgebra de Referencial do Vestimento Suave de Kerr*

A supertranslação de Veneziano-Vilkovisky é o difeomorfismo residual de grande magnitude que relaciona o referencial canônico de Bondi com o referencial intrínseco dos corpos dispersores. Mostramos que conduz a uma torre selecionada pela expansão suave exponencial, o objeto que gera os multipolos de Kerr em três pontos. Após uma projeção quiral, a sua lei de composição é o clássico bracket $w_{1+\infty}$. Isto define o papel físico da estrutura tipo $w_{1+\infty}$ na dispersão dos buracos negros de Kerr: desloca o dicionário intrínseco/canônico. A sua marca observável começa com a memória de deslocamento em $s=0$ e a memória de spin em $s=1$, seguidas por momentos de memória elétrica e magnética de ordem superior. Exploramos também a interessante possibilidade de a torre suave de spin superior poder ser montada numa linha de Wilson celeste cuja holonomia clássica computa uma parte controlada da expansão PM.

Lucas C. Céleri (UFG)

Termodinâmica quântica como uma teoria de calibre

A termodinâmica é tradicionalmente formulada a partir de princípios fenomenológicos que relacionam energia, calor, trabalho e entropia. Nesta apresentação, discutiremos uma abordagem alternativa, na qual a estrutura da termodinâmica emerge de princípios de simetria e invariância de calibre associados à informação fisicamente acessível. Utilizando ferramentas da geometria diferencial e da teoria de fibrados, mostraremos como as leis da termodinâmica podem ser compreendidas dentro de uma estrutura geométrica unificada. Nesse contexto, a distinção entre calor e trabalho adquire uma interpretação geométrica, enquanto a irreversibilidade é caracterizada pela distinguibilidade estatística entre processos diretos e reversos, quantificada por entropias relativas no espaço de trajetórias. Essa perspectiva sugere que a termodinâmica pode ser compreendida como uma teoria fundamentalmente relacionada às simetrias que governam a descrição física da informação.

Marcelo A. Pires (CBPF)*Caos: Fundamentos e Avanços Recentes*

Esta palestra tem como objetivo fornecer um panorama de fenomenologias não convencionais em sistemas caóticos, com base nos resultados de três avanços recentes [1-3]. A discussão divide-se em duas vertentes principais: (i) a ocorrência do Paradoxo de Parrondo no contexto caótico [1]; e (ii) a introdução de novas dinâmicas por meio do mapa α -Gauss-Logístico [2] e do mapa logístico-Allee generalizado [3]. Para encerrar, serão abordados os rumos futuros e os desdobramentos dessas investigações.

[1] M.A. Pires, et al. "Chaos and Parrondo's paradox: an overview." The European Physical Journal Special Topics 235.10 (2026): 2319-2347.

[2] M.A. Pires, C. Tsallis, E.M.F. Curado. "Composing α -Gauss and logistic maps: Gradual and sudden transitions to chaos." Physical Review E 112.3 (2025): 034209.

[3] M.A. Pires, J.S. Andrade Jr, H.J. Herrmann. "Tricriticality and chaos in a generalized Allee-logistic map." arXiv:2606.05351 (2026).

Mucio Continentino (CBPF)

Desibridização em sistemas eletrônicos multi-bandas: uma abordagem usando o grupo de renormalização

Em sistemas multi-bandas fortemente correlacionados, como compostos inter-metálicos, férmions pesados e isolantes de Kondo, as interações elétron-elétron levam ao amortecimento das quasi-partículas eletrônicas a temperaturas finitas. Esse fenômeno resulta em uma desibridização efetiva entre os elétrons da banda de condução larga e aqueles da banda estreita e correlacionada. O efeito de desibridização tem sido utilizado para explicar as propriedades de transporte de compostos intermetálicos e os resultados de experimentos de espectroscopia de fotoemissão resolvida em ângulo (ARPES) em férmions pesados a temperaturas suficientemente elevadas. Insights recentes provenientes da teoria de sistemas não-hermitianos oferecem uma nova perspectiva sobre esse problema. Neste trabalho, adotamos essa abordagem utilizando o formalismo do grupo de renormalização (RG). Derivamos equações de RG para um modelo unidimensional de duas bandas a fim de identificar os pontos excepcionais desse sistema e caracterizar suas propriedades topológicas na presença de dissipação. Nossos resultados revelam que, para uma cadeia-*sp* topologicamente não trivial, a desibridização pode ser interpretada como uma transição de fase topológica, caracterizada por expoentes críticos que calculamos. Discutimos a natureza da escala de energia associada à des-hibridização no contexto do diagrama de fases dos férmions pesados.

Nei Lopes (CBPF)*Isolantes excitônicos e modelos tipo Gross-Neveu*

Apresentamos um modelo tipo Gross-Neveu (GN) generalizado, em duas e três dimensões, para descrever as instabilidades excitônicas em semimetais com pequeno overlap entre as bandas e em semicondutores que apresentam um pequeno gap. Identificamos o parâmetro de ordem excitônico, e calculamos o potencial efetivo na aproximação de N-grande, onde o modelo de GN pode ser resolvido exatamente. Obtemos os diagramas de fases da fase de isolante excitônico (IE) como função da temperatura, potencial químico, do overlap e do gap entre as bandas. Mostramos que a fase de IE pode exibir transições térmicas de primeira ou segunda ordem dependendo de como essa fase é aproximada, e investigamos as assinaturas termodinâmicas esperadas para o calor específico acima do ponto crítico quântico excitônico.

Nelson Pinto (CBPF)

Energia Gravitacional e Universo Primordial sob o olhar de Ivano Damião Soares

Paulo Américo Maia Neto (PUC-Rio)

Forças óticas e do vácuo quântico na escala nano

Utilizamos uma pinça ótica baseada num feixe laser de vórtice altamente focado como plataforma para a investigação de modelos paradigmáticos de termodinâmica estocástica envolvendo estados estacionários de não equilíbrio, biestabilidade e quebra de simetria. Como segunda aplicação, empregamos a quiralidade melhorada do feixe de vórtice para demonstrar as forças óticas quirais numa nanopartícula quiral. A nossa abordagem permite a manipulação ótica enantioseletiva, a triagem e a caracterização de nanopartículas individuais, cada uma com a sua própria resposta quiral.

Rafael Aranha (UERJ)

Processos de recuo na fusão de dois buracos negros em colisão

Examinamos numericamente o processo de extração de momento linear por ondas gravitacionais na fusão de dois buracos negros em colisão, no contexto dos espaços-tempos de Robinson-Trautman. Os dados iniciais já apresentam um horizonte comum, de modo que a evolução abrange a fase pós-fusão até a configuração final do buraco negro remanescente. A análise do fluxo de momento transportado pelas ondas gravitacionais indica a presença de dois regimes distintos na fase pós-fusão: (i) um regime inicial acelerado, seguido por (ii) um regime de desaceleração, no qual a desaceleração aumenta rapidamente até um máximo e, em seguida, diminui para zero, momento em que a emissão de ondas gravitacionais cessa. A análise baseia-se na lei de conservação de Bondi-Sachs para o momento total do sistema. Obtemos a velocidade total de kick conferida ao buraco negro resultante da fusão durante o regime acelerado (i) e a velocidade total de antikick durante o regime de desaceleração (ii), avaliando o impulso do fluxo de ondas gravitacionais em ambos os regimes. As distribuições de velocidade em função da razão de massa simétrica satisfazem uma lei de escala simples, motivada por estimativas analíticas pós-newtonianas.

Ramon Cardias (CBPF)

Simetria não simórfica e ferromagnetismo fraco induzido pela interação de Dzyaloshinskii-Moriya

A interação de Dzyaloshinskii-Moriya (DMI) conecta a simetria magnética ao ferromagnetismo fraco. Contudo, em antiferromagnetos não simórficos, as regras convencionais de Moriya baseadas apenas no grupo pontual podem sugerir incorretamente que a DMI bilinear é proibida. As translações fracionárias e o acoplamento spin-órbita determinam o grupo espacial magnético adequado à orientação real do parâmetro de ordem.

Formulamos regras magnéticas específicas utilizando o grupo espacial magnético, operações de Seitz, estabilizadores de pares e ambientes de ligações indexados. A abordagem, combinada com tensores de primeiros princípios em torno de $N \parallel x, y, z$ para o MnTe, hematita e MnF_2 , demonstra que rotações do vetor de Néel alteram os tensores de troca locais. No MnTe, a reorientação transforma uma contribuição longitudinal em um canal transversal uniforme, eliminando obstruções de simetria convencionais. Na hematita, recupera-se a dependência clássica do ferromagnetismo fraco e distingue-se um canal fora do plano. No MnF_2 , a inversão proíbe a DMI entre primeiros vizinhos, enquanto os segundos vizinhos desenvolvem um ambiente ferroico ou de soma nula consoante a orientação. O método oferece uma via sensível à configuração para interpretar cálculos de primeiros princípios e identificar materiais com respostas comutáveis.

Rodrigo C. V. Coelho (CBPF)

O Efeito Hall de Skyrmions em Cristais Líquidos

A topologia fornece um arcabouço unificador para diversas disciplinas, desde a física de partículas e cosmologia até os sistemas de matéria condensada. Na matéria condensada, uma de suas manifestações mais marcantes é o efeito Hall de skyrmions, no qual essas configurações emergentes de spin, caracterizadas por uma carga topológica conservada, adquirem uma velocidade transversal quando submetidas a uma corrente ou força externa. Avanços recentes revelaram que cristais líquidos quirais abrigam uma grande variedade de sólitons topológicos, incluindo torons e tubos de skyrmions.

Neste trabalho, demonstramos que esses sólitons exibem uma resposta do tipo Hall quando submetidos a um fluxo de cisalhamento, sofrendo um desvio transversal em relação à direção do fluxo principal. A análise teórica prevê um fraco fluxo de massa líquido na direção transversal, cuja magnitude escala com o cubo da taxa de cisalhamento. Contudo, experimentos de rastreamento de partículas e simulações numéricas revelam que os sólitons não se comportam como meros traçadores passivos desse fluxo: seu movimento transversal é consideravelmente mais intenso e, nas simulações, ocorre na direção oposta à do fluxo de massa transversal. Uma analogia da equação de Thiele adaptada para cristais líquidos fornece uma estrutura física simples que destaca o papel central da vorticidade do fluxo nesse fenômeno. Esses resultados estabelecem o análogo do efeito Hall de skyrmions em cristais líquidos e abrem caminhos para tecnologias microfluídicas que utilizem sólitons topológicos em matéria mole como blocos construtivos funcionais.

Sílvia M. Duarte Queirós (CBPF)

Geometria da informação quântica estocástica e limites de velocidade

Na metrologia quântica, a precisão é habitualmente caracterizada por uma quantidade média de ensemble, a Informação de Fisher Quântica (QFI), que faz a média sobre as flutuações de registos de medição individuais. Nesta apresentação, damos o passo seguinte ao trabalho que aqui trouxemos no ano passado — centrado na versão clássica desta quantidade —, introduzindo a Informação de Fisher Quântica Condicional (CQFI). Trata-se de uma versão ao nível de trajetória da QFI que generaliza a informação de Fisher estocástica clássica para o domínio quântico.

Definida através da derivada logarítmica simétrica e condicionada a um resultado de medição, a CQFI é uma variável aleatória cuja média recupera a QFI tradicional. Com recurso a esta ferramenta, derivamos um limite de velocidade quântico ao nível de trajetória, ilustrado pelo desdobramento por saltos quânticos (*quantum-jump unraveling*) de um qubit térmico pilotado. Além disso, a CQFI decompõe-se em contribuições incoerentes (população) e coerentes (rotação de base), juntamente com um termo cruzado de interferência. Este termo anula-se em média, mas pode assumir valores negativos ao longo de trajetórias individuais, funcionando como uma testemunha local de interferência destrutiva entre canais de informação clássica e quântica.

Suani Pinho (UFBA)

Complexidade na dinâmica e no controle da Dengue

De acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS), em 2024, o número de casos de dengue atingiu o nível mais elevado até então, chegando a 14 milhões de casos e 12 mil mortes relacionadas à doença, com aproximadamente $\frac{2}{5}$ dos casos e $\frac{1}{3}$ das mortes ocorridas no Brasil. Diversos fatores são considerados para este aumento inesperado de casos, indicando a complexidade da dinâmica de propagação desta arbovirose. Nesta palestra, apresentamos, do ponto de vista da modelagem de sistemas complexos, diferentes elementos que concorrem para a complexa dinâmica da dengue: a co-existência de diversos sorotipos, a ocorrência simultânea com outras doenças transmitidas pelo mesmo vetor *Aedes Aegypti* tais como Zika e Chikungunya, a influência de fatores climáticos, também responsável pela expansão da dengue em regiões temperadas a exemplo da região sul do Brasil. Para tanto, utilizamos modelos de equações diferenciais não-lineares baseados em dados de casos notificados bem como dados climáticos e de abundância vetorial provenientes de armadilhas para mosquitos adultos.

Por outro lado, esforços foram intensificados nos últimos anos em direção ao controle da dengue, a exemplo da aplicação de outros métodos de controle vetorial a exemplo da inoculação da bactéria *Wolbachia* nos mosquitos *Aedes Aegypti* impedindo a propagação dos vírus transmitidos pelo vetor, bem como do desenvolvimento e aplicação de vacinas tetravalentes contra a dengue que possam ser adotadas em condições seguras. Examinamos o papel da vacina através do cálculo da eficácia do programa de vacinação e do número efetivo de reprodução, a partir de um modelo estocástico e da sua versão de campo médio, utilizando dados de indivíduos vacinados com a vacina Qdenga aplicadas em cidade brasileiras.

Tobias Micklitz (CBPF)

A probabilidade livre restringida por um único qubit

Free probability provides a framework for describing correlations between non-commuting observables in complex quantum systems whose Hilbert-space states follow maximum-entropy distributions. We examine the robustness of this framework under a minimal deviation from freeness: the coupling of a single ancilla qubit to a Haar-distributed quantum circuit of dimension $D_0 \gg 1$. We find that, even in this setting, the correlation functions predicted by free probability theory receive corrections of order $O(1)$. These modifications persist at long times, when the dynamics of the coupled system is already ergodic. We trace their origin to non-uniformly distributed stationary quantum states, which we characterize analytically and confirm numerically.

A teoria da probabilidade livre fornece uma estrutura para descrever correlações entre observáveis não comutantes em sistemas quânticos complexos cujos estados no espaço de Hilbert seguem distribuições de máxima entropia. Investigamos a robustez dessa teoria diante de um desvio mínimo da condição de liberdade: o acoplamento de um único qubit auxiliar a um circuito quântico distribuído segundo a medida de Haar, de dimensão $D_0 \gg 1$. Mostramos que, mesmo nesse cenário, as funções de correlação previstas pela teoria da probabilidade livre apresentam correções de ordem $O(1)$. Essas modificações persistem em tempos longos, quando a dinâmica do sistema acoplado já se tornou ergódica. Identificamos sua origem na distribuição não uniforme dos estados quânticos estacionários, que caracterizamos analiticamente e confirmamos numericamente.

.

Zhanna Kuznetsova (UFABC)

Álgebras de Lie graduadas além de Z_2 : um modelo físico com graduação $Z_3 \times Z_3$

Álgebras de Lie graduadas, também conhecidas como álgebras de cor (color Lie algebras), generalizam as álgebras de Lie e superálgebras ao incorporar uma graduação não apenas nos operadores da álgebra, mas também na própria definição do colchete de Lie, cuja forma depende dos graus dos elementos envolvidos. Por exemplo, a graduação $Z_2 \times Z_2$ conduz a estruturas algébricas que descrevem bósons exóticos e pseudoférmions.

Nos últimos dez anos, sistemas com graduação $Z_2 \times Z_2$ têm recebido crescente atenção tanto na Física quanto na Matemática. Entre as áreas de investigação destacam-se modelos clássicos e quânticos, teorias de Yang–Mills graduadas, sistemas integráveis e teoria de representações. Além disso, tais estruturas apresentam uma forte conexão com a paraestatística introduzida por Green em 1953.

Em contraste, graduações mais exóticas permanecem pouco exploradas. A maior parte dos trabalhos existentes concentra-se em grupos de graduação do tipo $(Z_2)^n$. Nesta palestra, apresentarei um modelo baseado em uma álgebra de cor com graduação $Z_3 \times Z_3$, constituindo um dos primeiros passos na investigação do papel físico de álgebras de Lie–Heisenberg com deformações não triviais.

Após uma breve introdução às álgebras de Lie de cor, discutiremos dois sistemas físicos que exibem graduação $Z_3 \times Z_3$, destacando as novas estruturas algébricas e físicas que emergem nesse contexto.

Zochil González Arenas (UERJ)

Ativação térmica e fenômenos de não-equilíbrio em sistemas com ruído multiplicativo

Sistemas estocásticos com ruído multiplicativo apresentam fenômenos singulares. Utilizando o formalismo de integrais de caminho para descrever a dinâmica de Langevin superamortecida, discutimos como a dependência da difusão com o estado modifica a ativação térmica em potenciais biestáveis, obtendo correções analíticas à taxa de Kramers que dependem da prescrição estocástica (Itô, Stratonovich, anti-Itô). Discutimos também como as transições de fase induzidas por ruído e a ressonância estocástica são afetadas pela natureza multiplicativa do ruído. Os resultados, validados por simulações numéricas, estabelecem conexões entre ativação térmica, transições de fase e ressonância estocástica, unificados pela presença de ruído multiplicativo.