Serviço Público Federal

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
SISTEMA INTEGRADO DE PATRIMÔNIO, ADMINISTRAÇÃO E CONTRATOS

PROCESSO 23082.001054/2022-49

ELETRÔNICO

Cadastrado em 18/01/2022

Processo disponível para recebimento com código de barras/QR Code

Nome(s) do Interessado(s):	E-mail:	Identificador:
MARCOS CESAR SANTOS ORIA	marcos.oria@ufrpe.br	1051360

Tipo do Processo:
PROJETO DE PESQUISA

Assunto do Processo:
231 - PROPOSIÇÃO DOS PROJETOS DE PESQUISA

Assunto Detalhado:
ENCAMINHAMENTO DE PROJETO DE PESQUISA.

Unidade de Origem:
SEÇÃO DE COMUNICAÇÃO E PROTOCOLO-UACSA (11.01.64.01.03.02)

Criado Por:
ANTHONY LINCOLLY FERNANDES VIEIRA

Observação:
(INTERESSADO: SERVIDOR COM IDADE MAIOR OU IGUAL A 60 ANOS)

MOVIMENTAÇÕES ASSOCIADAS

Data	Destino
18/01/2022	COORDENAÇÃO PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FÍSICA-PRPG (11.01.29.17.18)

Data	Destino

SIPAC | Secretaria de Tecnologias Digitais (STD) - (81) 3320-6046 | Copyright © 2005-2022 - UFRN - producao-jboss03.producao-jboss03

Para visualizar este processo, entre no **Portal Público** em https://sigs.ufrpe.br/public e acesse a Consulta de Processos.

Visualizar no Portal Público

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
UNIDADE ACADÊMICA DO CABO DE SANTO AGOSTINHO
LABORATÓRIO DE OPTOELETÔNICA

Cabo de Santo Agostinho, 18 de janeiro de 2022

Prof. Rafael Alves
Coord. PPENGFIS

Prezado prof. ,

Encaminho em anexo Projeto de Pesquisa, conforme solicitado

Atenciosamente,

Marcos Oriá
UACSA/UFRPE
SIAPE 1051360

Rua Cento e Sessenta e Três, 300 – Garapu - Cabo de Santo Agostinho/PE
Fone: (81) 3512 5801 E-mail: diretor.geral.uacsa@ufrpe.br

Emitido em 18/01/2022

OFÍCIO Nº 01/2022 - SCP-UACSA (11.01.64.01.03.02)
(Nº do Documento: 339)

(Nº do Protocolo: NÃO PROTOCOLADO)

(Assinado digitalmente em 18/01/2022 14:39)
ANTHONY LINCOLLY FERNANDES VIEIRA
ASSISTENTE EM ADMINISTRACAO
SCP-UACSA (11.01.64.01.03.02)
Matrícula: 3211810

Para verificar a autenticidade deste documento entre em https://sigs.ufrpe.br/documentos/ informando seu número: **339**, ano: **2022**, tipo: **OFÍCIO**, data de emissão: **18/01/2022** e o código de verificação: **73b637e55b**

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Física

PROJETO DE PESQUISA

Dinâmica não-linear e estatística não-normal com circuitos eletrônicos ou lasers

COORDENADOR:

Marcos Oriá

Janeiro de 2022

Unidade Acadêmica do Cabo de Santo Agostinho - UACSA
Rua Cento e Sessenta e Três, 300 – Garapu
54518-430 Cabo de Santo Agostinho/PE
www.ppengfis.ufrpe.br

I- IDENTIFICAÇÃO DO PROJETO

1- Título
Dinâmica não-linear e estatística não-normal com circuitos eletrônicos ou lasers

2- Vigência	
Início previsto (mês/ano):	01/2022
Término previsto (mês/ano):	12/2025

3- Classificação da área do projeto (classificação definida pelo CNPq)	
Nome da área :	Ciências Exatas e da Terra
Número do código:	1.00.00.00-3
Nome da sub-área :	Física
Número do código:	1.05.00.00-6
Nome da especialidade:	Ótica
Número do código:	1.05.02.02-5

4- Linhas de pesquisa do PPENGFIS contempladas no projeto	
☐	Materiais Nanoestruturados
☐	Materiais para aplicações ambientais, energéticas e industriais
☐	Metrologia e Instrumentação
X	Espectroscopia coerente e óptica não linear
X	Controle e dinâmica não linear

5- Palavras-chaves (máximo 5 palavras)	
Dinâmica não-linear	Lasers semicondutores
Caos	Distribuição não-normal de probabilidades
Circuitos eletrônicos não-lineares	

Cabo de Santo Agostinho, 15/01/2022

Coordenador: Marcos Oriá
(SIAPE: 1051360)

6- Participantes docentes:

Nome:	Marcos Oriá
CPF:	16605977491
E-mail:	marcos.oria@ufrpe.br
Bolsista do CNPq:	◯ NÃO ◯ SIM Se sim, qual nível?: 2
Função:	Coordenador ☒ Colaborador ☐

Nome:	Martine Chevrollier
CPF:	2014805863
E-mail:	martine.chevrollier@ufrpe.br
Bolsista do CNPq:	◯ NÃO ◯ SIM Se sim, qual nível?:
Função:	Coordenador ☐ Colaborador x

Nome:	Sergio Vladimir Barreiro Degiorgi
CPF:	013.382.614-79
E-mail:	
Bolsista do CNPq:	◯ NÃO ◯ SIM Se sim, qual nível?:
Função:	Coordenador ☐ Colaborador x

Nome:	Weliton Soares Martins
CPF:	055.580.144-66
E-mail:	
Bolsista do CNPq:	◯ NÃO ◯ SIM Se sim, qual nível?:
Função:	Coordenador ☐ Colaborador x

II- DETALHAMENTO DO PROJETO

1. Resumo

Esse projeto para pesquisa experimental em física na UFRPE visa a realização de investigações em Dinâmica Não-linear e em Processos Fundamentais da Interação Radiação- Matéria. Os temas científicos específicos estão divididos em duas áreas distintas: (i) estudaremos processos e comportamentos com estatística não-normal, particularmente usando sistemas como lasers e átomos, explorando a interação entre fótons, via meio não- linear, que permite a modificação, sob controle, da distribuição espacial de fótons. Investigaremos regimes estatísticos dessas partículas, partindo, por exemplo, de distribuição normal para distribuições sub-térmica ou super-térmica. A difusão de fótons 'interagentes' serve como plataforma para investigação de comportamentos probabilísticos não-normais, incluindo eventos extremos, se inserindo portanto, no contexto de estudos de propriedades estatísticas em sistemas complexos. Lasers possibilitam uma enorme gama de estudos de efeitos não-lineares da interação radiação-matéria. A possibilidade de se explorar as fortes susceptibilidades atômicas em torno de suas ressonâncias óticas tem permitido diversos estudos de efeitos não-lineares com fontes de baixa potência em regime contínuo, como o que já foi realizado por nosso grupo de pesquisa. A presença, em nossa instituição, de jovens pesquisadores com formação em Ótica Não-linear, abre outras possibilidades de desenvolvimentos de experimentos com sólidos, átomos, assim como em meta-materiais; (ii) investigações na área de Dinâmica Não-linear estão sendo implantadas nos novos laboratórios da UFRPE desde o início de 2018. Começamos com experiências com circuitos eletrônicos, analisando sincronismo e desincronismo de osciladores caóticos acoplados e de redes neurais de osciladores. A médio prazo serão utilizados lasers semicondutores nesses estudos de dinâmica não-linear, com enfase na dinâmica espectral desses osciladores óticos.

2. Introdução

O estabelecimento de laboratórios de pesquisa em Física Experimental na UFRPE é um esforço atual de um Grupo de Pesquisa com sete pesquisadores físicos, cinco jovens professores da UFRPE (dois dos quais, récem-contratados) agora contando com a colaboração de dois pesquisadores seniors, transferidos em 2017 da UFPB, Martine Chevrollier e eu mesmo. Trabalharemos inicialmente em alguns temas que já estão sendo exploradas por Rafael Alves, Weliton Martins e Sérgio Barreiro, que estão estudando importantes aspectos de Absorção Electromagnética Induzida (EIA) em meios ressonantes.

Particularmente nesta fase inicial desse Grupo de pesquisa estão sendo explorados aspectos teóricos de problemas em EIA, com esforços paralelos de implementação de lasers ressonantes com vapores atômicos. Uma dissertação de Mestrado de um estudante desse Grupo (sob orientação de Rafael Alves) foi recentemente defendida com sucesso. Outras linhas de pesquisa, que serão objetos de estudo em nossos laboratórios nos próximos anos, estão descritas no presente projeto. Concomitantemente, participamos de outras atividades de pesquisa, em colaboração com pesquisadores externos ao nosso Grupo da UFRPE. As linhas específicas de investigação deste projeto experimental são de estudos em: Estatística de fótons propagantes em meios não lineares; Dinâmica não-linear com circuitos eletrônicos e lasers. Efeitos não-lineares da interação laser com a matéria, seja com vapores atômicos, ou novos materiais. Essas são as áreas de pesquisa na qual colaboraremos na área de estudo do grupo de Ótica Quântica e Espectroscopia Coerente, no Grupo da UFRPE. Implementamos na Unidade Acadêmica do Cabo de Santo Agostinho o programa de pós- graduação interdisciplinar em Engenharia Física, iniciado no primeiro semestre de 2019 e estudantes desse programa estão desenvolvendo trabalhos de pesquisa

dentro do nosso Grupo.

3. Objetivos

Geral: Como projeto acadêmico, esse projeto visa, primariamente, a formação avançada de recursos humanos em Ciência, envolvendo estudantes de graduação, em projetos de Iniciação Científica, e de pós-graduação, de imediato em projetos de Mestrado. Para esses últimos a possibilidade de novas orientações de estudantes de doutorado dependerá de futuro engajamento nosso em um programa de pós-graduação com doutorado. Eventualmente envolveremos pós-doutores nesse esforço de geração de conhecimento nas áreas de pesquisaaqui descritas. Desta forma a implementação de novos laboratórios de pesquisa na UFRPE aparece como uma importante meta para garantir um rico ambiente de reflexão científica nessa instituição, proporcionando a desejada interface entre desenvolvimento teórico e demonstração experimental de conceitos básicos e desenvolvimentos visando aplicações científica e tecnológicas com sistemas lasers, em física atômica de baixas energias, através da espectroscopia laser, e do uso de osciladores caóticos eletrônicos e no domínio ótico. Em se tratando do 'Campus das Engenharias' da UFRPE buscaremos envolver estudantes das áreas tecnológicas em nossos projetos de pesquisa.

Específicos: As linhas de pesquisa a serem aqui abordadas estão em áreas distintas. Os objetivos específicos em cada área estão apresentados abaixo. Destacamos ainda o desenvolvimento de ferramentas teóricas aplicadas ao estudo em cada linha de investigação. Temos interpretado tanto as propriedades de estatísticas não-normal, que se aplicam aos estudos de propagação de fótons; assim como à análise de variáveis dos osciladores caóticos acoplados. Procuramos portanto desenvolver modelos de análise para os novos sistemas de estudo (óticos ou eletrônicos) que nos permitam investigar eventos extremos, gerados de forma relativamente controlada. Esses sistemas servirão como 'plataforma de ensaio' identificando e analisando propriedades e categorias de sistemas ditos complexos.

i) *Dinâmica não-linear com circuitos eletrônicos e lasers semicondutores*. A descrição de sistemas físicos está frequentemente limitada a ferramentas matemáticas da álgebra linear. Por exemplo, a evolução temporal de grande parte dos sistemas que estudamos são descritos por equações lineares, como as equações de Maxwell para o eletromagnetismo; ou a mecânica quântica, através da equação de Schrödinger ou do formalismo (equivalente) de Heisenberg, para descrever o mundo micro- ou mesoscópico. Não obstante, sistemas não lineares permeiam nosso mundo e frequentemente nos deparamos com comportamentos não-lineares que, sempre que possível, estamos reduzindo ao regime linear. O oscilador harmônico é um exemplo emblemático.

Lidar com sistemas dinâmicos não-lineares é um imperativo quando vislumbramos a compreensão de sistemas complexos, sejam eles grandes ou pequenos, com muitos ou poucos corpos e/ou variáveis. Essa necessidade vai além da idéia de um tratamento 'mais completo' de sistemas, onde acoplamentos não-lineares passam a ser considerados. A dinâmica de sistemas com interações não lineares não pode ser aproximada por soluções lineares, sob risco de se perder o essencial da evolução do sistema. De fato, além de sistemas físicos que abordamos em nossos laboratórios, sistemas biológicos, populações, assim como redes de computadores, transações financeiras, logística e problemas de infraestrutura urbana, são exemplos de sistemas com marcada natureza não-linear na sua dinâmica temporal. Algumas das propriedades, características e comportamentos desses sistemas podem ser comuns, dada a universalidade de descrições matemáticas.

Estamos então trabalhando com circuitos eletrônicos e lasers semicondutores como sistemas para estudos de dinâmica não-linear. Esses sistemas são particularmente adaptados para estudos

experimentais de dinâmica não-linear, posto que, em princípio, é relativamente simples implementar circuitos que são descritos por equações não-lineares acopladas, assim como realizar simulações numéricas dessas equações. Por outro lado lasers são bem descritos por equações que, em certas circunstâncias, pode apresentar comportamentos dinâmicos interessantes, por exemplo, quando sob realimentação.

Usamos particularmente circuitos eletrônicos com resposta não-linear para exploramos a sincronização de órbitas caóticas. Recentemente fizemos estudos de eventos de dessincronização entre circuitos caóticos e identificamos novos regimes de comportamento de sistemas complexos, onde a estatística não-normal dos eventos tem uma componente que se destaca da lei de potência usual. Estudos de eventos extremos podem ser feitos observando-se uma grandeza definida como a 'distância' entre duas trajetórias dos osciladores no espaço de fase. Destacamos novamente que, como circuitos eletrônicos são relativamente fáceis de montar e demandam relativamente poucos recursos iniciais, esse tema de pesquisa será priorizado nos novos laboratórios, visto a necessidade de se equipar essas novas instalações para a realização de alguns dos experimentos propostos, nas linhas de pesquisa acima mencionadas. Nesse projeto passaremos a explorar configurações mais ricas de acoplamentos múltiplos e em regimes diversos do comporamento dinâmico. A associação desses circuitos com lasers semicondutores é uma opção que poderá ser explorada em função da disponibilidade de recursos e equipamentos. Note-se ainda que, mesmo para estudos de sistemas mais simples, os sistemas de detecção necessários, como osciloscópios rápidos, demandem um certo grau de investimento em infraestrutura experimental. Em todas as etapas, simulações numéricas serão realizadas para comparação com resultados experimentais, ou ainda, para se testar novas configurações antes da implementação experimental.

Com lasers, já foram exploradas por pesquisadores do nosso grupo propriedades não-lineares de respostas espectrais, feitas de forma bastante progressiva no grau de complexidade desses sistemas. Buscou-se na frequência destes lasers comportamentos dinâmicos que não ocorram de forma simultânea com a dinâmica em amplitude do laser. Uma vez que a amplitude da emissão laser já tem sido estudada por décadas, em seus aspectos de sistema não-linear, particularmente em configurações com realimentação ótica, nós nos interessamos pela dinâmica que ocorre exclusivamente na frequência da radiação. Iniciamos nossas investigações estudando, em condições de estabilidade da intensidade laser, pontos fixos da frequência de emissão de um laser de diodo com acoplamento não-linear; mostramos a existência de instabilidade e estabilidade da frequência, assim como evidenciamos comportamentos de bi- e multi- estabilidade da frequência de lasers semicondutores quando sob realimentação ótica ortogonal. Tais estudos da dinâmica espectral leva a um melhor controle da frequência de lasers semicondutores, assim como a estudos dinâmicos em condições singulares, onde a amplitude da emissão é estável. Esses estudos visam, a médio prazo, o trabalho com dispositivos múltiplos e/ou configurações complexas do tipo rede de circuitos ou lasers acoplados, nos servindo como paradigma do comportamento de sistemas mais complexos, como redes de neurais.

ii) *Estatística de fótons em meios não lineares*. Flutuações estatísticas estão associadas a qualquer medida de grandezas físicas. Elas podem ter origem nas condições de operação de um determinado sistema ou, mais fundamentalmente, estar relacionadas à incerteza última nos valores dessas grandezas devido à natureza intrínseca do nosso mundo físico e, de fato, integradas à formulação da mecânica quântica para a descrição do mundo microscópico. Desta forma o conhecimento dessas flutuações pode fornecer importantes informações sobre sistemas de interesse, explorando-se seus aspectos clássicos ou quânticos. Recentemente utilizamos fótons como sistema de estudo de propriedades estatísticas clássicas de sistemas de partículas, interagentes ou não. A possibilidade de modificação da distribuição espacial de fótons via interação com meios materiais foi demonstrada, confirmando possibilidades de modificação de suas propriedades estatísticas, que seguem distribuições de probabilidade normal ou anômala, podendo ser 'sitonizadas', sob demanda. Tendo demonstrado modificações das propriedades estatísticas da distribuição de intensidade de um campo laser após interação com um meio ressonante,

podemos, nesse projeto, considerar configurações mais complexas, multi-campos. Ou seja, em uma primeira etapa realizamos mudanças na estatística de campos inicialmente incoerentes que propaga-se em meios não-lineares. Exploramos propriedades do tipo auto-focalizante ou auto-desfocalizante desses sistemas não-lineares, como técnica para modificar a estatística espacial dos campos transmitidos. O controle do tipo de estatística produzida, sub-térmica ou super-térmica, é feito através de parâmetros bem definidos do sistema, como, nesses sistemas de nossa abordagem, parâmetros da radiação, como a sua frequência e intensidade, ou do meio de propagação, através da manipulação de seu índice de refração complexo. Nos desenvolvimentos desse projeto, usando configurações multicampos poderemos preparar artificialmente meios não-linear com padrão espacial de índice de refração não-linear (luz controlando luz). Desta forma um segundo campo sonda pode simular a propagação de partículas interagentes, o que se traduz no 'controle' do tipo de estatística e portanto das propriedades de propagação/difusão.

4. Metodologia

Estatística não-normal de fótons

A propagação de campos incoerentes ('speckles' de luz) através de meios materiais pode resultar na modificação da distribuição espacial desses campos. Inomogeneidades espaciais particulares [1] ou inomogeneidades espectrais [2] do meio estão na origem de observações de comportamentos do tipo vôo de Lévy [3] para a distribuição de passos entre espalhamentos consecutivos para os fótons. A observação desses comportamentos tem importantes consequências, quer seja do ponto de vista fundamental [4], quer seja da possibilidade de aplicações [5, 6]. Os processos dos exemplos acima [1,2] são ambos de natureza linear em relação à intensidade da radiação. Nós propusemos [7] explorar regimes da interação radiação-matéria, onde seus efeitos não lineares resultam em comportamentos da propagação dos fótons que podem ser descritos em termos de interações entre fótons do tipo atrativo ou repulsivo, com consequente modificação na distribuição espacial desses fótons, que desviam fortemente do previsto por distribuições gaussianas. Camposespacialmente incoerentes e com frequência próxima da ressonância atômica, permitem então o controle da estatística do campo emergente (após propagação no meio não-linear) seguindo um regime ora sub-térmico, ora super-térmico.

Como técnicas para se acompanhar a evolução da distribuição espacial desses campos, podemos usar histogramas de intensidades e medidas de correlação espacial. Modelos matemáticos, em termos de uma equação não linear para o campo descrevem, via rotinas numéricas, a propagação dos campos [8], o que nos permite análises precisas de medidas experimentais. Note-se que para um vapor atômico a resposta do meio é dada pela convolução da forma de linha atômica da suscetibilidade com a distribuição de velocidades de Maxwell, o que imprime uma forte dependência espectral à essa resposta. A modelização

dessa dependência em frequência da suscetibilidade está bem desenvolvida na literatura, porém aqui devemos considerar que as distribuições de intensidade podem ter forte variação espacial, indo praticamente à escala do comprimento de onda da radiação, onde o cálculo da suscetibilidade, como função da intensidade, passa a ter forte dependência espacial. Desta forma o índice complexo do meio, que não pode ser tomado apenas como função de um valor médio do campo, demanda tratamento detalhado.

Além da caracterização do sistema radiação interagindo com vapor ressonante, em termos do papel combinado de dispersão e absorção não-linear presentes no vapor atômico, onde ambos os efeitos tem contribuições específicas e significativas, o estudo de sistemas mais complexos do tipo multi-feixes deve ser explorado. Ou seja, configurações onde a propagação de um campo pode ser modulada por um meio de propagação constituído por um vapor ressonante cuja distribuição espacial é determinada por um

segundo campo com padrão de intensidades modulável. Dessa forma padrões podem ser transferidos para campos de prova, no esforço de produção, sob encomenda, de distribuições com comportamentos estatísticos específicos. Para determinação das propriedades estatísticas dessas distribuições espaciais, resultantes em diversas condições e configurações, podemos usar desenvolvimentos recentes que fizemos para a análise do comportamento estatístico de partículas propagantes, seja em regime normal ou anômalo [9].

Referências específicas:

1- P. Barthelemy, et al. "A Lévy flight for light." Nature 453 495 (2008).
2- N. Mercadier, et al. "Lévy flights of photons in hot atomic vapours." Nature Phys 5 602 (2009).
3- M. Chevrollier. "Radiation trapping and Lévy flights in atomic vapours: an introductory review." Contemporary Physics 53 227 (2012).4- J. C. Carvalho, et al. "Redistribution of light frequency by multiple scattering in a resonant atomic vapor." Physical Review A 91 053846 (2015).
5- Benjamin Judkewitz et al. "Translation correlations in anisotropically scattering media" Nature Physics 11 684 (2015).
6- Georges Brugger, et al. "Controlling dispersion forces between small particles with artificially created random light fields" 6 7460 (2015).
7- S. B. Alves. "Dinâmica em frequência de lasers semicondutores sob injeção ótica e efeitos da dispersão e absorção na estatística de fótons em vapor ressonante" Tese de doutorado- UFPB (2016).
8- S. B. Alves et al. "Controlling the statistics of interacting photons: from normal to sub- thermal or super-thermal" (submetido 2017).
9- S. B. Alves et al. "Characterization of diffusion processes: Normal and anomalous regimes" Physica. A 447, 392 (2016).

Dinâmica não-linear com lasers e com circuitos eletrônicos

Eventos extremos [1-4] são encontrados tanto na natureza, quanto em sistemas artificiais e nas atividades humanas. Exemplos são terremotos, impulsos neurais, migração e indicadores financeiros. Sistemas caóticos acoplados têm sido usados para estudar comportamentos estatísticos que desviam fortemente de distribuições normais, contribuído para a compreensão desses comportamentos em sistemas bem mais complexos, de experimentação difícil ou impossível.

A estatística de eventos de dessincronização que ocorrem em sistemas caóticos acoplados é então objeto de nossas investigações, tanto experimentais quanto através de simulações numéricas. Particularmente, recentemente nós identificamos uma nova categoria de eventos extremos [1], para os quais é possível se identificar indicadores que antecipam a ocorrência dos maiores eventos e permitem, ainda, intervenção e supressão dessas ocorrências extremas.

Na sua distribuição de probabilidades esses eventos aparecem como um desvio da lei de potência que ocorre para aqueles de maiores amplitudes. Temos estudado sistematicamente o seu comportamento e sua origem [5] usando osciladores caóticos acoplados. Esses podem apresentar sincronismo completo ou apresentar regimes de sincronismo intermitente [6].

Operando nesse regime intermitente, analisamos estatisticamente a magnitude de tais eventos e formas de intervenção que modifiquem essa estatística. Do ponto de vista da sua descrição dinâmica, a fuga de sincronização se origina na presença de objetos instáveis imersos no atrator caótico do sistema, que retira a estabilidade do estado sincronizado.Usaremos diversas configurações e exploraremos aspectos do comportamento desses pares de sciladores acoplados, como o aparecimento (ou não) de eventos que se distinguem da lei de potência, de forma a determinar e caracterizar instabilidades locais que direcionam tais eventos extremos. A lei de potência dos histogramas das eventualidades de dessincronismo também é objeto de investigação buscando o controle do expoente dessa lei. Os resultados observados são reproduzidos numericamente por rotinas que construímos para as suas equações diferenciais ordinárias não-lineares.

O uso de osciladores caóticos acoplados é então uma potente ferramenta de instrumentação para estudo

dessas categorias estatísticas anômalas. Configurações possíveis a serem exploradas incluem o uso de osciladores autônomos ou não-autônomos e diferentes tipos de acoplamento, seja unidirecional, bi-direcional, ou envolvendo um maior número de osciladores.

Lasers são outra categoria de osciladores que operam em regime caótico quando sob presença de realimentação ou em configurações que garantam a natureza não linear e a dimensionalidade necessária à oscilação caótica. Uma literatura riquíssima descreve os avanços nessa área. Nós nos interessamos por um aspecto da dinâmica de laser que foi muito pouco explorado: a dinâmica espectral de lasers semicondutores, para os quais já investigamos fenômenos de baixa dimensionalidade. Nessa proposta pretendemos estender estudos da dinâmica em frequência, mas também da dinâmica em amplitude, seja de lasers acoplados, seja de sistemas eletro-óticos.

Referências específicas:

1-H. L. D. de S. Cavalcante, M. Oriá, D. Sornette, E. Ott, and D. J. Gauthier, Phys. Rev. Lett. 111, 198701 (2013).
2- A. Buscarino, L. Fortuna, M. Frasca, M. Iachello, and V. Pham, Chaos 22, 043106 (2012).
3- T. Dahms, J. Lehnert, and E. Scholl, Phys. Rev. E 86, 016202 (2012).
4- J. Zamora-Munt, et al. Phys. Rev. Lett. 105, 264101 (2010).
5- Gilson F. de Oliveira "Estatística do dessincronismo intermitente entre circuitos elétricos caóticos" Tese de doutorado-UFPB (2016).
6- D. J. Gauthier and J. C. Bienfang, Phys. Rev. Lett. 77, 1751 (1996).

5. Resultados esperados

Visamos a formação de estudantes em temas avançados de pesquisa científica e tecnológica, traduzido-se por disertações e teses. Resultados se traduzirão por publicação de artigos científicos e de divulgação/vulgarização científica e tecnológica. Registro de patentes foi feita recentemente por nosso grupo de pesquisa e deveremos buscar esses registros, tanto no Brasil, como tambem no exterior. A área de Sistemas Complexos é vasta e interdisciplinar. A descrição de fenômenos que ocorrem nesses sistemas abre possibilidades de controle e manipulação, que podem ser desejáveis em áreas tão diversas como Física, Química, Biologia, Engenharia, Economia e outras, como Ciências Sociais. O domínio de ferramentas teóricas e empíricas que descrevam tais sistemas complexos é de amplo interesse científico assim com de suas aplicações tecnológicas.

6. Cronograma de atividades

Semestre Atividade	1	2	3	4	5	6	7	8
I	x	x	x	x	x	x	x	x
II	x	x	x	x	x	x	x	x

III	x	x	x	x	x	x	x	x
IV	x	x	x	x	x	x	x	x
V	x	x	x	x	x	x	x	x

Atividade I	I- Preparação de projetos
Atividade II	II- Montagem de experiências e simulações numéricas
Atividade III	III- Análise e interpretação de resultados
Atividade IV	IV- Orientação de estudantes
Atividade V	V- Divulgação de resultados: artigos, conferências, seminários, outros

7. Apoio financeiro e/ou institucional

Bolsa produtividade em pesquisa CNPq

Bolsa mestrado Facepe para estudante, 1

Bolsa de Iniciação Científica Facepe para estudante de graduação, 1

Bolsa de Iniciação Científica CNPq para estudante de graduação, 1

8. Referências

- Gilson Francisco de Oliveira Junior. "Estatística do dessincronismo intermitente entre circuitos elétricos caóticos ". Tese de Doutorado-UFPB, 2016.

- Samuel Bezerra Alves. "Dinâmica em frequencia de lasers semicondutores sob injeção ótica e efeitos da dispersão e absorção na estatistica de fótons em vapor ressonante". Tese de Doutorado-UFPB, 2016.

- G. F. de Oliveira, Jr., O Di Lorenzo, T P de Silans, M Chevrollier, Marcos Oriá and H. L. D. de Souza Cavalcante."Local instability driving extreme events in a pair of coupled chaotic electronic circuits" Phys. Rev. E 93, 062209 (2016).

- S. B. Alves, H L.D. de S. Cavalcante, M Chevrollier, T P de Silans, M. Oriá, "Controllable frequency hysteresis in semiconductor lasers" Journal of the Optical Society of America B, 33, 328 (2016).

- S. B. Alves, G. F. de Oliveira Jr., L. C. de Oliveira, T P de Silans, M Chevrollier, M. Oriá, H L.D. de S. Cavalcante."Characterization of diffusion processes: Normal and anomalous regimes " Physica A 447, 392 (2016).

- Gilson F. de Oliveira Jr., Hugo L. D. de S Cavalcante, Orlando di Lorenzo, Martine Chevrollier, Thierry P de Silans, and Marcos Oriá. "Tunable power law in the desynchronization events of coupled chaotic electronic circuits" Chaos, 24, 013105 (2014).-
Hugo Cavalcante, Marcos Oriá, Didier Sornette , Edward Ott , and Daniel J. Gauthier. "Predictability and Suppression of Extreme Events in a Chaotic System" Phys. Rev. Lett. 111, 198701 (2013).

- Martine Chevrollier, and Marcos Oriá. "Model for neural signaling leap statistics". J. of Physics. 285, 012044 (2011).

- T. Sorrentino, O. di Lorenzo, L. Cavalcanti, M. Chevrollier and M. Oriá, "All-optical FM-switch" JOSA B 27, 1458 (2010).

- C. Masoller, M. Oria, and R. Vilaseca. "Bistability in a semiconductor laser with an intracavity atomic absorber". Phys. Rev. A 80, 013830 (2009).

- C. Masoller, T. Sorrentino, M. Chevrollier, M. Oriá. " Bistability in semiconductor lasers with polarization-rotated frequency-dependent optical feedback". IEEE J. QE 43, 161 (2007).

- M. Oria, B. Farias, T. Sorrentino, M. Chevrollier. "Multistability in the emission frequency of a semiconductor laser". JOSA B, 24 1867 (2007).

- B Farias, T P de Silans, M Chevrollier, M. Oriá. "Frequency bistability of semiconductor laser under a frequency-dependent feedback". Phys. Rev. Lett. 94, 173902 (2005).

- A. da Rocha, P. Segundo, M. Chevrollier, and M. Oria. "Diode laser coupled to an atomic line by incoherent optical negative feedback" Appl. Phys. Lett. 84 179 (2004).

Emitido em 15/01/2022

PROJETO DE PESQUISA Nº 01/2022 - SCP-UACSA (11.01.64.01.03.02)
(Nº do Documento: 10)

(Nº do Protocolo: NÃO PROTOCOLADO)

(Assinado digitalmente em 18/01/2022 14:39)
ANTHONY LINCOLLY FERNANDES VIEIRA
ASSISTENTE EM ADMINISTRACAO
SCP-UACSA (11.01.64.01.03.02)
Matrícula: 3211810

Para verificar a autenticidade deste documento entre em https://sigs.ufrpe.br/documentos/ informando seu número: **10**, ano: **2022**, tipo: **PROJETO DE PESQUISA**, data de emissão: **18/01/2022** e o código de verificação: **79c090b53e**

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
COORDENAÇÃO PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FÍSICA-PRPG

DESPACHO Nº 2959/2022 - CEFIS-CPPGSC (11.01.29.17.18)

Nº do Protocolo: NÃO PROTOCOLADO

Recife-PE, 24 de janeiro de 2022.

Encaminho ao Prof. Dr. Adriano da Silva Marques, docente permanente do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Física e relator desse processo, para avaliação e emissão de parecer.

(Assinado digitalmente em 24/01/2022 20:21)
HERBERT DE BRITO MORAIS
ASSISTENTE EM ADMINISTRACAO
DIGER-UACSA (11.01.64)
Matrícula: 3211806

Processo Associado: 23082.001054/2022-49

Para verificar a autenticidade deste documento entre em https://sigs.ufrpe.br/public/documentos/index.jsp informando seu número: **2959**, ano: **2022**, tipo: **DESPACHO**, data de emissão: **24/01/2022** e o código de verificação: **a59ffc8d8d**

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO

PARECER Nº 285/2022 - CCD - PPENGFIS (2021 A 2023) (GRUPO DE TRABALHO)

Nº do Protocolo: NÃO PROTOCOLADO

Cabo De Santo Agostinho-PE, 25 de janeiro de 2022.

O parecer do relator é FAVORÁVEL ao processo.

Atenciosamente,

(Assinado digitalmente em 25/01/2022 19:43)
ADRIANO DA SILVA MARQUES
PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR
CGCG-UACSA (11.01.64.01.02)
Matrícula: 1582891

Processo Associado: 23082.001054/2022-49

Para verificar a autenticidade deste documento entre em https://sigs.ufrpe.br/public/documentos/index.jsp informando seu número: **285**, ano: **2022**, tipo: **PARECER**, data de emissão: **25/01/2022** e o código de verificação: **3534cb0fa6**

CEFIS-CPPGSC (11.01.29.17.18)

COLEGIADO DE COORDENAÇÃO DIDÁTICA

DECISÃO Nº 07/2021 – CCD/PPENGFIS

O Colegiado de Coordenação Didática (CCD), do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Física (PPEngFis), da Unidade Acadêmica do Cabo de Santo Agostinho (UACSA/UFRPE), em sua 1ª reunião ordinária realizada em 27 de janeiro de 2022, examinando o expediente constante do processo nº 23082.001054/2022-49 procedente do Prof. Dr. Marcos Cesar Santos Oriá, no qual é solicitada uma apreciação do projeto de pesquisa "Dinâmica não-linear e estatística não-normal com circuitos eletrônicos ou lasers", **RESOLVE**, por unanimidade (X) ou maioria ( ) de seus membros, homologar **favoravelmente (X)** ou **desfavoravelmente ( )** o parecer do relator Prof. Dr. Adriano da Silva Marques, favorável à solicitação.

Cabo de Santo Agostinho, 27 de janeiro de 2022.

Emitido em 27/01/2022

DECISÃO Nº 07/2022 DECISÃO CCD/PPENGFIS/2022 - CEFIS-CPPGSC (11.01.29.17.18)
(Nº do Documento: 232)

(Nº do Protocolo: NÃO PROTOCOLADO)

(Assinado digitalmente em 27/01/2022 10:46)
ADRIANO DA SILVA MARQUES
PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR
CGCG-UACSA (11.01.64.01.02)
Matrícula: 1582891

(Assinado digitalmente em 27/01/2022 16:47)
ANA CLAUDIA VAZ DE ARAUJO
PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR
CGCG-UACSA (11.01.64.01.02)
Matrícula: 1299792

(Assinado digitalmente em 27/01/2022 11:18)
RAFAEL ALVES DE OLIVEIRA
COORDENADOR DE PÓS-GRADUAÇÃO - TITULAR
PRPG (11.01.29)
Matrícula: 2726882

(Assinado digitalmente em 27/01/2022 15:57)
SERGIO VLADIMIR BARREIRO DEGIORGI
PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR
CGCG-UACSA (11.01.64.01.02)
Matrícula: 2279292

(Assinado digitalmente em 27/01/2022 11:23)
MARIANA JOYCE BEZERRA DA SILVA CRISPIM
DISCENTE
Matrícula: 200722960

Para verificar a autenticidade deste documento entre em https://sigs.ufrpe.br/documentos/ informando seu número: **232**, ano: **2022**, tipo: **DECISÃO**, data de emissão: **27/01/2022** e o código de verificação: **83e5a7948d**

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
COORDENAÇÃO PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FÍSICA-PRPG

DESPACHO Nº 3612/2022 - CEFIS-CPPGSC (11.01.29.17.18)

Nº do Protocolo: NÃO PROTOCOLADO

Recife-PE, 31 de janeiro de 2022.

ARQUIVE-SE

Razão para o arquivamento:

a) Processo finalizado.
b) Processo em duplicata a ser cancelado pela "Seção de Comunicação e Protocolo-UACSA (11.01.64.01.03.02)"
c) Desistência ou renúncia formalmente expressa pelo solicitante.
d) Decisão motivada por autoridade competente.

(Assinado digitalmente em 31/01/2022 15:36)
HERBERT DE BRITO MORAIS
ASSISTENTE EM ADMINISTRACAO
DIGER-UACSA (11.01.64)
Matrícula: 3211806

Processo Associado: 23082.001054/2022-49

Para verificar a autenticidade deste documento entre em https://sigs.ufrpe.br/public/documentos/index.jsp informando seu número: **3612**, ano: **2022**, tipo: **DESPACHO**, data de emissão: **31/01/2022** e o código de verificação: **408ce3285c**