



## PROPOSTA

Processo: 406636/2022-2

Envio: 09/09/2022 16:04:05

Setor: COPPM/CGNAC/DCOI



3475328571048087

## IDENTIFICAÇÃO

## PROPONENTE

NOME: Gilberto Medeiros Ribeiro

CPF: 546.890.236-20

DOC. IDENTIFICAÇÃO: M2757532

PAIS: Brasil

EMISSOR: SSPMG

FORMAÇÃO/TITULAÇÃO: Doutorado em Física, Universidade Federal de Minas Gerais, 1993-1996

INSTITUIÇÃO VÍNCULO: Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG, Brasil

## CHAMADA

NOME: CHAMADA Nº 58/2022 - PROGRAMA INSTITUTOS NACIONAIS DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA - INCT

SIGLA: INCT\_2022

## COMITÊ/ÁREA

COMITÊ: 42 - Programa Institutos Nacionais de Ciência e Tecnologia

ÁREA: Prop. Óticas e Espectrosc. da Mat. Condens; Outras Inter. da Mat. com Rad. e Part.

## PROJETO

INÍCIO: 12/12/2022

DURAÇÃO:

60 meses

TÍTULO (em português):

Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia de Infraestruturas Quântica e Nano para Aplicações Convergentes (IQNano)

TÍTULO (em inglês):

National Institute of Quantum and Nano Infrastructures for Convergent Applications (NIQNICA)

PALAVRAS CHAVE (em português):

fibras óticas; Nanotecnologia; Raman; pente de frequências; microondas; Informação Quântica

PALAVRAS CHAVE (em inglês):

Raman; Nanotechnology; Quantum Information; optical fibers; microwaves; frequency comb

## EQUIPE

## Pesquisador

NOME	FORMAÇÃO/TITULAÇÃO	BOLSA	INSTITUIÇÃO/ DEPARTAMENTO	ÁREAS DE ATUAÇÃO
Ado Jorio de Vasconcelos	Doutorado	PQ 1A	Universidade Federal de Minas Gerais / Departamento de Física-UFMG-MG-Brasil-	Física da Matéria Condensada, Prop. Óticas e Espectrosc. da Mat. Condens; Outras Inter. da Mat. com Rad. e Part., Espectroscopia, Instrumentação Específica de Uso Geral em Física
URL DO CURRÍCULO	TEMPO DEDIC. PROJ.	RESPONSABILIDADE NO PROJETO		
	8 horas/semana	Coordenação do projeto TERS de resolução atômica, participando dos seguintes projetos que contribuem para esta iniciativa: Sibratec SERS, Sibratec STM, Laboratório Associado ao Inmetro para Inovação em Instrumentação Científica e LA3IC, Laboratório Associado ao Inmetro para Caracterização de Grafenos e LAICGraf, CNPq.		
NOME	FORMAÇÃO/TITULAÇÃO	BOLSA	INSTITUIÇÃO/ DEPARTAMENTO	ÁREAS DE ATUAÇÃO
Alberto Rodriguez Ardila	Doutorado	PQ 1C	Laboratório Nacional de Astrofísica-LNA-MG-Brasil-	Astrofísica Extragaláctica, Galáxias, Quasares
URL DO CURRÍCULO	TEMPO DEDIC. PROJ.	RESPONSABILIDADE NO PROJETO		
	4 horas/semana	Concepção de conjuntos sensores opto-mecânicos e sistemas ópticos a base de fibras especiais. Acompanhamento no projeto no LNA.		

URL DO CURRÍCULO

NOME	FORMAÇÃO/ TITULAÇÃO	BOLSA	INSTITUIÇÃO/ DEPARTAMENTO	ÁREAS DE ATUAÇÃO
Alcenísio José de Jesus Silva	Doutorado	PQ 2	Universidade Federal de Alagoas / Departamento de Física-UFAL-AL- Brasil-	-
	<b>TEMPO DEDIC. PROJ.</b>	<b>RESPONSABILIDADE NO PROJETO</b>		
	10 horas/semana	Construção e teste de chips fotônicos.		
<b>URL DO CURRÍCULO</b>	<a href="http://lattes.cnpq.br/1883452571239938">http://lattes.cnpq.br/1883452571239938</a>			

NOME	FORMAÇÃO/ TITULAÇÃO	BOLSA	INSTITUIÇÃO/ DEPARTAMENTO	ÁREAS DE ATUAÇÃO
Antonio Zelaquett Khoury	Doutorado	PQ 1C	Universidade Federal Fluminense / Departamento de Física-UFF-RJ- Brasil-	Física Clássica e Física Quântica; Mecânica e Campos, Ótica Quântica
	<b>TEMPO DEDIC. PROJ.</b>	<b>RESPONSABILIDADE NO PROJETO</b>		
	10 horas/semana	Coordenação da implantação da rede de criptografia quântica entre PUC RJ, CBPF e UFF.		
<b>URL DO CURRÍCULO</b>	<a href="http://lattes.cnpq.br/4078091816661287">http://lattes.cnpq.br/4078091816661287</a>			

NOME	FORMAÇÃO/ TITULAÇÃO	BOLSA	INSTITUIÇÃO/ DEPARTAMENTO	ÁREAS DE ATUAÇÃO
Cassio Goncalves do Rego	Doutorado	PQ 2	Universidade Federal de Minas Gerais / Departamento de Engenharia Eletrônica-UFMG-MG- Brasil-	Teoria Eletromagnetica, Microondas, Propagação de Ondas, Antenas, Sistemas de Telecomunicações
	<b>TEMPO DEDIC. PROJ.</b>	<b>RESPONSABILIDADE NO PROJETO</b>		
	10 horas/semana	Atuação na área de eletromagnetismo aplicado na modelagem, projeto e análise de dispositivos de microondas. Orientação de alunos de IC, pós-graduação e supervisão de pós doutores.		
<b>URL DO CURRÍCULO</b>	<a href="http://lattes.cnpq.br/4951179285879076">http://lattes.cnpq.br/4951179285879076</a>			

NOME	FORMAÇÃO/ TITULAÇÃO	BOLSA	INSTITUIÇÃO/ DEPARTAMENTO	ÁREAS DE ATUAÇÃO
Catarina Carvalho Haase	Graduação	-	Universidade Federal de Minas Gerais / Departamento de Física- UFMG-MG-Brasil-	Ciências Exatas e da Terra, Física, Física da Matéria Condensada
	<b>TEMPO DEDIC. PROJ.</b>	<b>RESPONSABILIDADE NO PROJETO</b>		
	20 horas/semana	Execução do projeto TERS de resolução atômica		

NOME	FORMAÇÃO/ TITULAÇÃO	BOLSA	INSTITUIÇÃO/ DEPARTAMENTO	ÁREAS DE ATUAÇÃO
Clemens Darwin Gneiding	Graduação	-	Laboratório Nacional de Astrofísica- LNA-MG-Brasil-	Instrumentação Astronômica, Ótica, Astronomia Ótica
	TEMPO DEDIC. PROJ.	RESPONSABILIDADE NO PROJETO		
	4 horas/semana	Concepção de instrumentação óptica auxiliar, protótipos e dispositivos opto-mecânicos.		
URL DO CURRÍCULO	http://lattes.cnpq.br/5509411932579730			

NOME	FORMAÇÃO/ TITULAÇÃO	BOLSA	INSTITUIÇÃO/ DEPARTAMENTO	ÁREAS DE ATUAÇÃO
Clécio Roque de Bom	Doutorado	PQ 2	Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas-CBPF-RJ-Brasil-	Física, Geofísica, Metodologia e Técnicas da Computação, Astronomia, Cosmologia
	<b>TEMPO DEDIC. PROJ.</b>	<b>RESPONSABILIDADE NO PROJETO</b>		
	10 horas/semana	Atuar no desenvolvimento de softwares para os protótipos de dispositivos embarcados com IA.		
<b>URL DO CURRÍCULO</b>	<a href="http://lattes.cnpq.br/5635352837026339">http://lattes.cnpq.br/5635352837026339</a>			

NOME	FORMAÇÃO/ TITULAÇÃO	BOLSA	INSTITUIÇÃO/ DEPARTAMENTO	ÁREAS DE ATUAÇÃO
Diego Camilo Tami López	Doutorado	-	Universidade Federal de Itajubá- UNIFEI-MG-Brasil-	Teoria Eletromagnetica, Microondas, Propagação de Ondas, Antenas, Electronica, Telecomunicaiones
	<b>TEMPO DEDIC. PROJ.</b>	<b>RESPONSABILIDADE NO PROJETO</b>		
	5 horas/semana	Pesquisador de modelagem eletromagnética via métodos numéricos e analíticos, propagação de ondas no espaço livre. Experiência em pesquisa em laboratórios de análise e projeto de dispositivos microondas. Modelagem dos sistemas de microscopia		

1/11/24, 11:53 AM

CNPq - Detalhamento de Proposta

de microondas. Design e projeto de porta amostras para amostras a serem utilizadas em microscopia de microondas. Orientação de alunos de IC e Pós-graduação. Orientação na execução de experimentos de laboratório.

URL DO CURRÍCULO

NOME	FORMAÇÃO/ TITULAÇÃO	BOLSA	INSTITUIÇÃO/ DEPARTAMENTO	ÁREAS DE ATUAÇÃO
Douglas August Alexander Ohlberg	Mestrado	-	Universidade Federal de Minas Gerais / Centro de Microscopia-UFMG-MG-Brasil-	Química
TEMPO DEDIC. PROJ.		RESPONSABILIDADE NO PROJETO		
20 horas/semana		O pesquisador foi peça chave em dois trabalhos recentes na área de TERS e de microondas. Com 20 anos de experiência no vale do silício, CA, em processamento de nanoestruturas, além de apoiar as atividades de microscopia de microondas, irá trabalhar no programa SERS. Quaisquer atividades que envolvam nanofabricação, processos, instrumentação de alto vácuo, o profissional tem experiência comprovada e irá impactar positivamente o desenvolvimento de vários objetivos específicos do projeto.		

URL DO CURRÍCULO

NOME	FORMAÇÃO/ TITULAÇÃO	BOLSA	INSTITUIÇÃO/ DEPARTAMENTO	ÁREAS DE ATUAÇÃO
Douglas dos Santos Ribeiro	Mestrado	-	Universidade Federal de Minas Gerais / Departamento de Física-UFMG-MG-Brasil-	Física, Ótica, Prop. Óticas e Espectrosc. da Mat. Condens; Outras Inter. da Mat. com Rad. e Part.
TEMPO DEDIC. PROJ.		RESPONSABILIDADE NO PROJETO		
20 horas/semana		Execução do projeto TERS de resolução atômica		

URL DO CURRÍCULO

NOME	FORMAÇÃO/ TITULAÇÃO	BOLSA	INSTITUIÇÃO/ DEPARTAMENTO	ÁREAS DE ATUAÇÃO
Eduardo Inacio Duzzioni	Doutorado	-	Universidade Federal de Santa Catarina / Departamento de Física-UFSC-SC-Brasil-	Óptica Quântica, Informação Quântica, Mecânica Quântica, Computação quântica
TEMPO DEDIC. PROJ.		RESPONSABILIDADE NO PROJETO		
10 horas/semana		Coordenação do desenvolvimento de software para computação quântica e computação ótica.		

URL DO CURRÍCULO

NOME	FORMAÇÃO/ TITULAÇÃO	BOLSA	INSTITUIÇÃO/ DEPARTAMENTO	ÁREAS DE ATUAÇÃO
Eduardo Jorge da Silva Fonseca	Doutorado	PQ 1D	Universidade Federal de Alagoas / Departamento de Física-UFAL-AL-Brasil-	Física da Matéria Condensada, Prop. Óticas e Espectrosc. da Mat. Condens; Outras Inter. da Mat. com Rad. e Part.
TEMPO DEDIC. PROJ.		RESPONSABILIDADE NO PROJETO		
10 horas/semana		Coordenação do desenvolvimento e construção de chips fotônicos.		

URL DO CURRÍCULO

NOME	FORMAÇÃO/ TITULAÇÃO	BOLSA	INSTITUIÇÃO/ DEPARTAMENTO	ÁREAS DE ATUAÇÃO
Flavio Caldas da Cruz	Doutorado	-	Universidade Estadual de Campinas / Departamento de Eletrônica Quântica-UNICAMP-SP-Brasil-	Física Atômica e Molecular, Resfriamento e Aprisionamento de Átomos, Física da Matéria Condensada, Inf. sobre Átomos e Moléculas Obtidos Experimentalmente; Instrumentação e Técnicas, Física
TEMPO DEDIC. PROJ.		RESPONSABILIDADE NO PROJETO		
10 horas/semana		Projeto, montagem e testes de pentes de frequências ópticas (OFCs, optical frequency combs) no infravermelho próximo (1-2 microns) com extensão gradual ao infravermelho distante/terahertz (0-30 microns) e possível extensão ao infravermelho médio (3-30 microns). Implementação de um espectrômetro dual-comb para uso geral nas faixas espectrais mencionadas. Suporte ao desenvolvimento do sistema de multiplicação e adição (MAC), no que se refere a pentes de frequências. Suporte à Rede Rio Quântica, com relação à transmissão de frequências ópticas por redes de fibras óptica ou por espaço livre. Suporte à microscopia por microondas, através do fornecimento de microondas (incluindo um pente de frequências) de alta pureza espectral.		

URL DO CURRÍCULO

NOME	FORMAÇÃO/ TITULAÇÃO	BOLSA	INSTITUIÇÃO/ DEPARTAMENTO	ÁREAS DE ATUAÇÃO
Gregory Thomas Kitten	Doutorado	-	Universidade Federal de Minas Gerais / Departamento de	Citologia e Biologia Celular, Biologia do Desenvolvimento, Histologia,

1/11/24, 11:53 AM

CNPq - Detalhamento de Proposta

Morfologia-UFMG-MG-Brasil-

Biologia Molecular, Biomateriais e Materiais Biocompatíveis

TEMPO DEDIC. PROJ.		RESPONSABILIDADE NO PROJETO			
4 horas/semana		Desenho e condução dos experimentos com amostras biológicas em surface enhanced Raman Spectroscopy (SERS) e microscopia de Microondas (sMIM)/ microscopia de fluorescência por reflexão interna total - total internal reflection fluorescence microscopy (TIRF).			
URL DO CURRÍCULO					
NOME	FORMAÇÃO/ TITULAÇÃO	BOLSA	INSTITUIÇÃO/ DEPARTAMENTO		ÁREAS DE ATUAÇÃO
Gustavo Henrique Rocha Soares	Mestrado	-	Universidade Federal de Minas Gerais / Departamento de Física-UFMG-MG-Brasil-		Física Atômica e Molecular, Física da Matéria Condensada, Polímeros
TEMPO DEDIC. PROJ.		RESPONSABILIDADE NO PROJETO			
20 horas/semana		Execução do projeto TERS de resolução atômica			
URL DO CURRÍCULO					
http://lattes.cnpq.br/7666812911580361					
NOME	FORMAÇÃO/ TITULAÇÃO	BOLSA	INSTITUIÇÃO/ DEPARTAMENTO		ÁREAS DE ATUAÇÃO
Jane Elisa Rocha Guimarães	Graduação	-	Universidade Federal de Minas Gerais / Departamento de Física-UFMG-MG-Brasil-		Instrumentação Específica de Uso Geral em Física, Prop. Óticas e Espectrosc. da Mat. Condens; Outras Inter. da Mat. com Rad. e Part.
TEMPO DEDIC. PROJ.		RESPONSABILIDADE NO PROJETO			
20 horas/semana		Execução do projeto TERS de resolução atômica			
URL DO CURRÍCULO					
http://lattes.cnpq.br/2783344329367308					
NOME	FORMAÇÃO/ TITULAÇÃO	BOLSA	INSTITUIÇÃO/ DEPARTAMENTO		ÁREAS DE ATUAÇÃO
Jeroen Antonius Maria van de Graaf	Doutorado	-	Universidade Federal de Minas Gerais / Departamento de Física-UFMG-MG-Brasil-		Cryptography, Teoria da Computação, Matemática da Computação
TEMPO DEDIC. PROJ.		RESPONSABILIDADE NO PROJETO			
2 horas/semana		Avaliação de propostas e protocolos de criptografia. Experiência na construção de hardware de criptografia, avaliação de métricas de desempenho e robustez de sistemas de geração de números aleatórios por fonte de ruído quântico.			
URL DO CURRÍCULO					
http://lattes.cnpq.br/2783344329367308					
NOME	FORMAÇÃO/ TITULAÇÃO	BOLSA	INSTITUIÇÃO/ DEPARTAMENTO		ÁREAS DE ATUAÇÃO
Jhonattan Córdoba Ramírez	Doutorado	-	Universidade Federal de Minas Gerais / Departamento de Engenharia Eletrônica-UFMG-MG-Brasil-		Integrated Photonics, Sensing - Biosensing, Applied Electromagnetism, Nonlinear Optics, Fiber Optic Communication Systems, Opto-mechanics - Opto-electronics
TEMPO DEDIC. PROJ.		RESPONSABILIDADE NO PROJETO			
10 horas/semana		Modelamento, simulação e estudo teórico/computacional de sistemas de Microscopia de Impedância de Microondas (MIM) em diversos tipos de superfícies, condutoras/dielétricas. Da mesma forma, superfícies complexas como aquelas que compõem materiais 2D como grafeno ou grafeno de bicamada torcida serão estudadas. Apoio e acompanhamento de estudos numéricos, processos de fabricação de nano estruturas e manipulação de nanomateriais em sistemas Tip-Enhanced Raman spectroscopy (TERS) e sistemas Surface-Enhanced Raman Spectroscopy (SERS). Desenvolvimento de sistemas plasmônicos complexos. Desenvolvimento de dissertações e teses, Estudo da patenteabilidade e depósito de patentes, Apresentação de trabalhos em eventos científicos, Publicação de artigos científicos, Divulgação online de resultados, Apresentação de relatórios técnicos. Experiência em pesquisas realizadas em laboratórios multidisciplinares com um forte foco em Óptica e Fotônica.			
URL DO CURRÍCULO					
http://lattes.cnpq.br/5806476476274947					
NOME	FORMAÇÃO/ TITULAÇÃO	BOLSA	INSTITUIÇÃO/ DEPARTAMENTO		ÁREAS DE ATUAÇÃO
Jose Augusto Oliveira Huguenin	Doutorado	PQ 2	Universidade Federal Fluminense-UFF-RJ-Brasil-		Física Geral, Ótica Quântica, Áreas Clássicas de Fenomenologia e suas Aplicações, Ensino de Física
TEMPO DEDIC. PROJ.		RESPONSABILIDADE NO PROJETO			
10 horas/semana		Testes de bancada para o envio de informação codificada em luz estruturada através de um meio turbulento.			
URL DO CURRÍCULO					
http://lattes.cnpq.br/5806476476274947					

efomento.cnpq.br/efomento/detalheProposta.do?metodo=apresentar&codProposta=4765682&numeroProtocolo=3475328571048087

4/24

NOME	FORMAÇÃO/ TITULAÇÃO	BOLSA	INSTITUIÇÃO/ DEPARTAMENTO	ÁREAS DE ATUAÇÃO
João Luiz Elias Campos	Doutorado	-	Universidade Federal de Minas Gerais / Departamento de Física-UFMG-MG-Brasil-	Mecânicas dos Solos, Mecânicas das Rochas, Fundações e Escavações, Processamento Gráfico (Graphics)
<b>TEMPO DEDIC. PROJ.</b>				
<b>RESPONSABILIDADE NO PROJETO</b>				
20 horas/semana Execução do projeto TERS de resolução atômica				
<b>URL DO CURRÍCULO</b>				
<a href="http://lattes.cnpq.br/6599783456638829">http://lattes.cnpq.br/6599783456638829</a>				
NOME	FORMAÇÃO/ TITULAÇÃO	BOLSA	INSTITUIÇÃO/ DEPARTAMENTO	ÁREAS DE ATUAÇÃO
Luiz Gustavo de Oliveira Lopes Cançado	Doutorado	PQ 1B	Universidade Federal de Minas Gerais / Departamento de Física-UFMG-MG-Brasil-	Ótica, Física da Matéria Condensada
<b>TEMPO DEDIC. PROJ.</b>				
<b>RESPONSABILIDADE NO PROJETO</b>				
8 horas/semana Gerenciamento do projeto TERS de resolução atômica, sendo participante também nos seguintes projetos que apoiam esta iniciativa: Sibratec SERS, Sibratec STM, Laboratório Associado ao Inmetro para Inovação em Instrumentação Científica ¿ LA3IC, Laboratório Associado ao Inmetro para Caracterização de Grafenos ¿ LAICGraf, CNPq				
<b>URL DO CURRÍCULO</b>				
<a href="http://lattes.cnpq.br/3576569061976864">http://lattes.cnpq.br/3576569061976864</a>				
NOME	FORMAÇÃO/ TITULAÇÃO	BOLSA	INSTITUIÇÃO/ DEPARTAMENTO	ÁREAS DE ATUAÇÃO
Marcelo Portes de Albuquerque	Doutorado	-	Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas-CBPF-RJ-Brasil-	PROCESSAMENTO DE SINAIS, IMAGENS E VOZ, Inteligência Artificial e Redes Neurais, Redes de Computadores, Arquitetura de Sistemas de Computação, Automação Eletrônica de Processos Elétricos e Industriais, Medidas Elétricas, Magnéticas e Eletrônicas; Instrumentação
<b>TEMPO DEDIC. PROJ.</b>				
<b>RESPONSABILIDADE NO PROJETO</b>				
4 horas/semana atuar no desenvolvimento de hardware para os protótipos de dispositivos embarcados com IA.				
<b>URL DO CURRÍCULO</b>				
<a href="http://lattes.cnpq.br/6430879459326899">http://lattes.cnpq.br/6430879459326899</a>				
NOME	FORMAÇÃO/ TITULAÇÃO	BOLSA	INSTITUIÇÃO/ DEPARTAMENTO	ÁREAS DE ATUAÇÃO
Nara Rubiano da Silva	Doutorado	-	Universidade Federal de Santa Catarina / Departamento de Física-UFSC-SC-Brasil-	Instrumentação Específica de Uso Geral em Física, Prop. Óticas e Espectrosc. da Mat. Condens; Outras Inter. da Mat. com Rad. e Part., Ótica, Materiais Magnéticos e Propriedades Magnéticas, Estrutura de Líquidos e Sólidos; Cristalografia
<b>TEMPO DEDIC. PROJ.</b>				
<b>RESPONSABILIDADE NO PROJETO</b>				
10 horas/semana Desenvolvimento do hardware do processador ótico.				
<b>URL DO CURRÍCULO</b>				
<a href="http://lattes.cnpq.br/6786027983522928">http://lattes.cnpq.br/6786027983522928</a>				
NOME	FORMAÇÃO/ TITULAÇÃO	BOLSA	INSTITUIÇÃO/ DEPARTAMENTO	ÁREAS DE ATUAÇÃO
Omar Paranaíba Vilela Neto	Doutorado	PQ 2	Universidade Federal de Minas Gerais / Departamento de Ciência da Computação-UFMG-MG-Brasil-	Nanocomputação, Nanotecnologia, Hardware, Circuitos Elétricos, Magnéticos e Eletrônicos, Eletrônica Evolucionária, Métodos de Apoio a Decisão
<b>TEMPO DEDIC. PROJ.</b>				
<b>RESPONSABILIDADE NO PROJETO</b>				
4 horas/semana Desenvolvimento de sistemas para gestão e tratamento de informações obtidas a partir dos instrumentos gerados neste projeto. Iremos aplicar soluções de Inteligência Artificial e Otimização sempre que vislumbramos uma oportunidade. Além disso, esses sistemas inteligentes serão muitas vezes embarcados nos equipamentos, permitindo um tratamento do dado e descoberta de conhecimentos rapidamente. Inicialmente focaremos nossos esforços em TERS, SERS, Raman em linha e sMIM.				
<b>URL DO CURRÍCULO</b>				
<a href="http://lattes.cnpq.br/6799776599317117">http://lattes.cnpq.br/6799776599317117</a>				
NOME	FORMAÇÃO/ TITULAÇÃO	BOLSA	INSTITUIÇÃO/ DEPARTAMENTO	ÁREAS DE ATUAÇÃO
Paula D'Avila Machado	Doutorado	-	Universidade Federal de Minas Gerais / Departamento de Física-UFMG-MG-Brasil-	Física

	TEMPO DEDIC. PROJ.		RESPONSABILIDADE NO PROJETO		
	20 horas/semana		Execução do projeto TERS de resolução atômica		
URL DO CURRÍCULO	http://lattes.cnpq.br/1414063633441776				
NOME	FORMAÇÃO/ TITULAÇÃO	BOLSA	INSTITUIÇÃO/ DEPARTAMENTO		ÁREAS DE ATUAÇÃO
Rafael Battistella Nadas	Mestrado	-	Universidade Federal de Minas Gerais / Departamento de Física-UFMG-MG-Brasil-		-
	TEMPO DEDIC. PROJ.		RESPONSABILIDADE NO PROJETO		
	20 horas/semana		Execução do projeto TERS de resolução atômica		
URL DO CURRÍCULO	http://lattes.cnpq.br/9138058314792703				
NOME	FORMAÇÃO/ TITULAÇÃO	BOLSA	INSTITUIÇÃO/ DEPARTAMENTO		ÁREAS DE ATUAÇÃO
Renné Luiz Câmara Medeiros de Araújo	Doutorado	-	Universidade Federal de Santa Catarina / Departamento de Física-UFSC-SC-Brasil-		Ótica Quântica, Informação Quântica, Termodinâmica Quântica, null, null, null
	TEMPO DEDIC. PROJ.		RESPONSABILIDADE NO PROJETO		
	10 horas/semana		Desenvolvimento de fontes de luz para o processador ótico.		
URL DO CURRÍCULO	http://lattes.cnpq.br/4935797833043414				
NOME	FORMAÇÃO/ TITULAÇÃO	BOLSA	INSTITUIÇÃO/ DEPARTAMENTO		ÁREAS DE ATUAÇÃO
Thiago Barbosa dos Santos Guerreiro	Doutorado	PQ 2	Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro-PUC-Rio-RJ-Brasil-		Física, Física Clássica e Física Quântica; Mecânica e Campos, Informacao quantica, Física Atômica e Molecular
	TEMPO DEDIC. PROJ.		RESPONSABILIDADE NO PROJETO		
	10 horas/semana		Suporte a implantação da infra-estrutura do ponto de comunicação da rede de criptografia na PUC Rio.		
URL DO CURRÍCULO	http://lattes.cnpq.br/0784513398355348				
NOME	FORMAÇÃO/ TITULAÇÃO	BOLSA	INSTITUIÇÃO/ DEPARTAMENTO		ÁREAS DE ATUAÇÃO
Tiago Abreu Freitas	Mestrado	-	Universidade Federal de Minas Gerais / Departamento de Física-UFMG-MG-Brasil-		Engenharia de Controle e Automação, Ótica, Informação quantica
	TEMPO DEDIC. PROJ.		RESPONSABILIDADE NO PROJETO		
	20 horas/semana		Execução do projeto TERS de resolução atômica		
URL DO CURRÍCULO	http://lattes.cnpq.br/9872569924345816				
NOME	FORMAÇÃO/ TITULAÇÃO	BOLSA	INSTITUIÇÃO/ DEPARTAMENTO		ÁREAS DE ATUAÇÃO
Vanessa Bawden de Paula Macanhan de Arruda	Doutorado	-	Laboratório Nacional de Astrofísica-LNA-MG-Brasil-		Instrumentação para Astronomia, Projetos Mecânicos de Precisão, Gerência de Projetos, Análise de Vibrações, Avaliação de Projetos
	TEMPO DEDIC. PROJ.		RESPONSABILIDADE NO PROJETO		
	4 horas/semana		Concepção de pequenos protótipos, sensores mecânicos e dispositivos opto-mecânicos.		
URL DO CURRÍCULO	http://lattes.cnpq.br/2584946516908564				
NOME	FORMAÇÃO/ TITULAÇÃO	BOLSA	INSTITUIÇÃO/ DEPARTAMENTO		ÁREAS DE ATUAÇÃO
Vítor Pena Monken	Graduação	-	Universidade Federal de Minas Gerais / Departamento de Física-UFMG-MG-Brasil-		Projetos de Máquinas
	TEMPO DEDIC. PROJ.		RESPONSABILIDADE NO PROJETO		
	20 horas/semana		Execução do projeto TERS de resolução atômica.		
URL DO CURRÍCULO	http://lattes.cnpq.br/0820211503043036				
NOME	FORMAÇÃO/ TITULAÇÃO	BOLSA	INSTITUIÇÃO/ DEPARTAMENTO		ÁREAS DE ATUAÇÃO
Wagner José Corradi Barbosa	Doutorado	-	Laboratório Nacional de Astrofísica / Diretoria-LNA-MG-Brasil-		Astrofísica Estelar, Astrofísica do Meio Interestelar, ENSINO A DISTANCIA, Radioastronomia



1/11/24, 11:53 AM

CNPq - Detalhamento de Proposta

<b>TEMPO DEDIC. PROJ.</b> 4 horas/semana		<b>RESPONSABILIDADE NO PROJETO</b> Concepção de conjuntos sensores opto-mecânicos e sistemas ópticos a base de fibras especiais. Acompanhamento no projeto no LNA.		
<b>URL DO CURRÍCULO</b> <a href="http://lattes.cnpq.br/1643888402032845">http://lattes.cnpq.br/1643888402032845</a>				
<b>NOME</b>  Wagner Nunes Rodrigues	<b>FORMAÇÃO/ TITULAÇÃO</b>  Doutorado	<b>BOLSA</b>  -	<b>INSTITUIÇÃO/ DEPARTAMENTO</b>  Universidade Federal de Minas Gerais / Departamento de Física-UFMG-MG-Brasil-	<b>ÁREAS DE ATUAÇÃO</b>  Superfícies e Interfaces; Películas e Filamentos, Estruturas Eletrônicas e Propriedades Elétricas de Superfícies; Interf. e Partículas, Prop. Óticas e Espectrosc. da Mat. Condens; Outras Inter. da Mat. com Rad. e Part., Transp. Eletrônicos e Prop. Elétricas de Superfícies; Interfaces e Películas, Materiais Nanoestruturados, Materiais e Componentes Semicondutores
<b>TEMPO DEDIC. PROJ.</b> 10 horas/semana		<b>RESPONSABILIDADE NO PROJETO</b> Desenvolvimento de sistema SERS; desenvolvimento de circuitos microfluídicos para experimentos Microscopia de Microondas (sMIM); implementação de microscopia correlativa sMIM/TIRF.		
<b>URL DO CURRÍCULO</b> <a href="http://lattes.cnpq.br/3569531507114017">http://lattes.cnpq.br/3569531507114017</a>				
<b>NOME</b>  Willamys Cristiano Soares Silva	<b>FORMAÇÃO/ TITULAÇÃO</b>  Doutorado	<b>BOLSA</b>  -	<b>INSTITUIÇÃO/ DEPARTAMENTO</b>  Universidade Federal de Alagoas / Departamento de Física-UFAL-AL-Brasil-	<b>ÁREAS DE ATUAÇÃO</b>  Óptica Quântica e Não-Linear, Física da Matéria Condensada
<b>TEMPO DEDIC. PROJ.</b> 10 horas/semana		<b>RESPONSABILIDADE NO PROJETO</b> Teste de chips fotônicos e integração com o processador ótico.		
<b>URL DO CURRÍCULO</b> <a href="http://lattes.cnpq.br/5198876452856101">http://lattes.cnpq.br/5198876452856101</a>				

Apoio Técnico

<b>NOME</b>  Jesulino Bispo dos Santos	<b>FORMAÇÃO/ TITULAÇÃO</b>  Mestrado	<b>BOLSA</b>  -	<b>INSTITUIÇÃO/ DEPARTAMENTO</b>  Laboratório Nacional de Astrofísica-LNA-MG-Brasil-	<b>ÁREAS DE ATUAÇÃO</b>  Ótica, Instrumentação Específica de Uso Geral em Física, Metrologia, Técnicas Gerais de Laboratório, Sistema de Instrumentação, Engenharia Biomédica, Bioengenharia, Instrumentação Astronômica
<b>TEMPO DEDIC. PROJ.</b> 4 horas/semana		<b>RESPONSABILIDADE NO PROJETO</b> Caracterização de superfícies ópticas, filmes finos e fibras ópticas. Concepção de instrumentação óptica auxiliar e dispositivos opto-mecânicos.		
<b>URL DO CURRÍCULO</b> <a href="http://lattes.cnpq.br/1538188131541236">http://lattes.cnpq.br/1538188131541236</a>				
<b>NOME</b>  Vinicius do Lago Pimentel	<b>FORMAÇÃO/ TITULAÇÃO</b>  Mestrado	<b>BOLSA</b>  -	<b>INSTITUIÇÃO/ DEPARTAMENTO</b>  Centro de Tecnologia da Informação Renato Archer-CTI-SP-Brasil-	<b>ÁREAS DE ATUAÇÃO</b>  Instrumentação Eletrônica, Estados Eletrônicos, Estruturas Eletrônicas e Propriedades Elétricas de Superfícies; Interf. e Partículas
<b>TEMPO DEDIC. PROJ.</b> 10 horas/semana		<b>RESPONSABILIDADE NO PROJETO</b> Deposição de filmes finos diversos e caracterização óptica/mecânica destes e concepção de pequenos protótipos e sensores mecânicos. Design de circuitos analógicos. Front-end de baixo sinal. Apoio em instrumentação de Ultra-alto vácuo. Montagem de sistemas eletrônicos.		
<b>URL DO CURRÍCULO</b> <a href="http://lattes.cnpq.br/2886404477040631">http://lattes.cnpq.br/2886404477040631</a>				

Apoio Administrativo

<b>NOME</b>  Marcia Dias Diniz Costa	<b>FORMAÇÃO/ TITULAÇÃO</b>  Doutorado	<b>BOLSA</b>  -	<b>INSTITUIÇÃO/ DEPARTAMENTO</b>  Universidade Federal de Minas Gerais / Departamento de Física-UFMG-MG-Brasil-	<b>ÁREAS DE ATUAÇÃO</b>  Planejamento em Ciência e Tecnologia, PROPRIEDADE INTELECTUAL, GERENCIAMENTO
--	---	-----------------------	---	---

efomento.cnpq.br/efomento/detalheProposta.do?metodo=apresentar&codProposta=4765682&numeroProtocolo=3475328571048087

7/24

1/11/24, 11:53 AM

CNPq - Detalhamento de Proposta

DE PROJETOS, Físico-Química, Canto

TEMPO DEDIC. PROJ.

10 horas/semana

RESPONSABILIDADE NO PROJETO

Gerenciamento da PI do projeto TERS de resolução atômica, sendo participe atuando no apoio aos seguintes projetos que subsidiam a presente proposta: Sibratec SERS, Sibratec STM, Laboratório Associado ao Inmetro para Inovação em Instrumentação Científica LA3IC, Laboratório Associado ao Inmetro para Caracterização de Grafenos LAICGraf, CNPq

URL DO CURRÍCULO

http://lattes.cnpq.br/4392316361930365

Vice-Coordenador

NOME

Paulo Henrique Souto Ribeiro

FORMAÇÃO/ TITULAÇÃO

Doutorado

BOLSA

PQ 1B

INSTITUIÇÃO/ DEPARTAMENTO

Universidade Federal de Santa Catarina / Departamento de Física- UFSC-SC-Brasil-

ÁREAS DE ATUAÇÃO

Prop. Óticas e Espectrosc. da Mat. Condens; Outras Inter. da Mat. com Rad. e Part.

TEMPO DEDIC. PROJ.

16 horas/semana

RESPONSABILIDADE NO PROJETO

Vice-coordenação geral e coordenação da linha de processador ótico.

URL DO CURRÍCULO

http://lattes.cnpq.br/3685727212130573

Técnico

NOME

Marcio Vital de Arruda

FORMAÇÃO/ TITULAÇÃO

Mestrado

BOLSA

-

INSTITUIÇÃO/ DEPARTAMENTO

Laboratório Nacional de Astrofísica- LNA-MG-Brasil-

ÁREAS DE ATUAÇÃO

Sistemas de Engenharia, Instrumentação Astronômica, Projetos de Máquinas, Metrologia, Técnicas Gerais de Laboratório, Sistema de Instrumentação

TEMPO DEDIC. PROJ.

4 horas/semana

RESPONSABILIDADE NO PROJETO

Concepção de instrumentação óptica auxiliar, protótipos e dispositivos opto-mecânicos.

URL DO CURRÍCULO

http://lattes.cnpq.br/2062568788503914

Quadro Geral

CATEGORIA

NÚMERO DE PARTICIPANTES

Pesquisador

35

Apoio Técnico

2

Apoio Administrativo

1

Vice-Coordenador

1

Técnico

1

RESUMO

Ao longo das últimas duas décadas testemunhou-se significativos avanços nas áreas de Nano, Quântica, Inteligência Artificial, Astrofísica e Bio, tendo sido os INCTs os principais protagonistas pelo simples fato de congregarem competências e infra-estrutura dispersas pelo país. No entanto, a aplicabilidade de diversos conceitos desenvolvidos e demonstrações obtidas ainda não foi explorada de forma convergente na expressão de sistemas que congreguem duas ou mais destas tecnologias habilitadoras. O tema global desta proposta é criar infraestrutura de aplicação destas tecnologias, através do desenvolvimento de protótipos, por meio de parcerias estratégicas entre grupos distintos do país que se destacam nestas áreas, grupos emergentes e jovens pesquisadores. Estes, de forma não limitante ao escopo do projeto, incluem um Sistema de Multiplicação e Acumulação Ótico (MAC ? Multiply and Accumulate) [1] que é peça central em hardware de aprendizado de máquina, um sistema de distribuição de chaves criptográficas quânticas na região metropolitana do Rio de Janeiro [2], um Sistema de espectroscopia Raman (SERS) para medidas de poluentes e contaminantes, construção de instrumentação para microscópios de varredura de ponta para Raman [3] e Microondas para aplicações em Bio e Nano [4]. A demonstração de materialidade dos protótipos acima, como prova de conceito da convergência de tecnologias, é o primeiro passo para a construção de plataformas mais genéricas e complexas. Ainda que venham a desempenhar uma série de funções no avanço da pesquisa nas áreas fim, a maior contribuição será da formalização do uso e engenharia de cada subsistema permitindo assim escalonamentos futuros em instrumentação avançada nano, comunicação e computação usando recursos quânticos, e equipamentos científicos.

[1] Hengeveld et al., J. Opt. 24 (2022) 015701

[2] https://rederio.br/boletim/rede-rio-quantica

[3] Gadelha et al., 590 (7846), 405-409 Nat. (2021)

[4] Ohlberg et al., 12 (1), 1-6 Nat. Comms (2021)

OBJETIVOS

efomento.cnpq.br/efomento/detalheProposta.do?metodo=apresentar&codProposta=4765682&numeroProtocolo=3475328571048087

8/24



## OBJETIVO GERAL

O objetivo geral passa pelo desenvolvimento de plataformas em tecnologias inovadoras, com foco em nanotecnologia e tecnologias quânticas, de forma a propiciar a construção de infraestruturas para as quais estas tecnologias são a base. A ciência básica instanciada na instrumentação é um veículo pertinente para a demonstração dos conceitos e disseminação das plataformas baseadas nestas tecnologias. A estratégia de construção destas plataformas foi de utilizar as diversas competências dispersas no país de forma sinérgica. Além dos aspectos técnicos de execução do desenvolvimento de cada uma das plataformas propostas que cobre desde concentradores de microondas, ultra-alto-vácuo, nanofabricação, Raman intensificado por nanoestruturas, computação óptica, tecnologias de fibras ópticas, chips ópticos e pentes de frequência, a aplicações diversas como distribuição de chaves criptográficas quânticas e análise de sistemas biológicos, abordaremos aspectos de estratégia de proteção de propriedade intelectual, práticas de transferência e licenciamento de tecnologia, de forma a podermos distribuir estas plataformas e incorpora-las em novos produtos e soluções. Desta forma, as premissas de operação para este instituto são de escalabilidade e portabilidade das plataformas propostas.

## OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Nº	DESCRIÇÃO	MISSAO
1	Sistema de Multiplicação e Acumulação Ótica Peça central em hardware de aprendizado de máquina, a construção de sistemas que executem operações de multiplicação e acumulação (MAC) é um dos principais gargalos para implementação em hardware de sistemas de aprendizado de máquina. MAC ótica demonstra uma nova topologia e sinaliza perspectivas interessantes de escalabilidade e uso de ótica em aprendizado de máquina, assim como uma possível plataforma para aprendizado de máquina quântico.	Transferência de Conhecimento para o Setor empresarial e/ou para o Setor Público
2	Rede Rio Quântica No que tange o uso de tecnologias quânticas, o grande desafio é a robustez da informação quântica e como preservá-la em grande distância/tempo; o caso da Rede Rio Quântica é uma plataforma única que testa esta hipótese. O uso da rede de fibras óticas entres ICTs na região metropolitana do Rio de Janeiro vem a criar uma oportunidade única. Além da transmissão pela rede de fibras, será investigada a transmissão por espaço livre sobre a Baía de Guanabara por meio de telescópios.	Transferência de Conhecimento para o Setor empresarial e/ou para o Setor Público
3	Microscopia de Microondas em Bio O limitante no uso de microondas em imagens é o limite de difração. Entretanto demonstramos resolução de $10^{-8}$ do comprimento de onda. O uso de microondas para imagem em células e tecidos é atraente por ser constituído de fótons de baixa energia e assim sem dano a DNA. Outro ponto é o contraste que água e glicose possuem na faixa de 2-4GHz. Por meio da construção de câmaras com microfluídica pretende-se observar a glicobiologia de células in-vivo e tecidos.	Pesquisa
4	Espectroscopia Raman com resolução atômica Este objetivo segue a esteira de nossa pesquisa onde obtivemos resolução de 10nm. A estratégia concerne implementação da tecnologia de ultra auto vácuo (UHV, ultra-high vacuum) no nanoscópio desenvolvido pelo LabNS da UFMG, seguida pela integração das tecnologias UHV e STM (microscopia de tunelamento). Por fim, estudaremos nanomateriais com resolução atômica através da espectroscopia Raman amplificada por sonda (TERS, tip-enhanced Raman spectroscopy).	Pesquisa
5	Circuitos fotônicos micrométricos serão fabricados em nosso laboratório para o processamento ótico da informação em chips fotônicos utilizando interferência de luz clássica e correlações quânticas. Este tipo de guia de onda escrito a laser permite explorar além da posição dos fótons nos guias, os graus de liberdade de polarização e momento angular orbital para codificar a informação.	Pesquisa
6	Sistema de espectroscopia Raman ultra-sensível - SERS SERS permite a detecção de traços. Ainda não se tornou amplamente utilizado, devido ao alto custo do corpo de prova especial que demanda. Utilizando microfabricação e replicação será implementada linha de produção de substratos SERS com potencial industrial. Esses substratos juntamente com espectrômetros modulares portáteis e técnicas de aprendizagem de máquina viabilizarão um sistema espectroscópico de alto desempenho e baixo custo.	Transferência de Conhecimento para o Setor empresarial e/ou para o Setor Público
7	IA Embarcada. O objetivo do Laboratório de Computação e Inteligência Artificial do CBPF (LITCOMP/CBPF) no INCT é contribuir para as atividades de PD&I com o desenvolvimento de protótipos de dispositivos embarcados. Serão desenvolvidos algoritmos de redes neurais em aplicações de machine e deep learning e incorporados em dispositivos. O desenvolvimento irá fornecer inteligência preditiva e reativa com base nos dados coletados e analisados.	Pesquisa
8	Desenvolvimento de pentes de frequências ópticas portáteis e robustos, baseados em tecnologia de comunicações ópticas utilizando fibras que preservam a polarização. Protótipos serão gerados no infravermelho próximo, constituídos de laser de fibra de Erbó e/ou estado sólido (ErYb), amplificador de fibra dopada com érbio e fibras altamente não lineares, todos com desenvolvimento próprio. Poderão ser convertidos para outras regiões do espectro (infravermelho médio e distante/terahertz), através d	Transferência de Conhecimento para o Setor empresarial e/ou para o Setor Público

## METAS

Nº	DESCRIÇÃO	OBJETIVOS ESPECÍFICOS ASSOCIADOS	PRAZO	MEDIDA DE PROGRESSO
1	Caracterização e estabilização do canal quântico (Duração de 8 meses): A etapa inicial consiste em uma montagem experimental básica onde iremos caracterizar o canal quântico em termos de perdas, ruído, atrasos e outras limitações.	2	2º ano 4º ano 5º ano	100% 100% 100%
2	Determinação do grau de liberdade de codificação dos qubits (Duração de 4 meses): Nessa etapa, determinaremos qual enlace utilizará codificação em polarização e qual utilizará codificação em time-bin.	2	2º ano 4º ano 5º ano	100% 100% 100%
3	Realização de Medidas de Bell de Longa Distância (Duração de 8 meses:) Nessa etapa realizaremos o protocolo MDI-QKD, através da realização de medidas de Bell (BSM) de longa distância, sem a geração de chaves criptográficas. Serão integrados os dois tipos de codificação de qubits, com a conversão entre diferentes graus de liberdade em Charlie para a ocorrência da interferência quântica.	2	2º ano 4º ano 5º ano	100% 100% 100%

4	Desenvolvimento de hardware e software (Duração de 12 meses): Essa etapa corresponde ao desenvolvimento de toda a eletrônica e do software a ser utilizado na implementação do MDI-QKD, incluindo todos os protocolos de comunicação (clássica) entre Alice, Bob e Charlie, tanto anteriores como posteriores ao envio e medidas dos qubits.	2	2º ano 4º ano 5º ano	34% 100% 100%
5	Demonstração do Protocolo MDI-QKD usando fibras ópticas da Rede Rio (Duração de 12 meses): Ao final dessa etapa, um sinal criptografado (áudio, vídeo, etc) será transmitido de forma segura entre Alice e Bob utilizando uma chave secreta gerada usando o MDI-QKD.	2	2º ano 4º ano 5º ano	0% 100% 100%
6	Integração do usuário	2	2º ano 4º ano 5º ano	0% 50% 100%
7	Chaveamento entre diferentes conexões da rede (4 meses): De modo a permitir o estabelecimento do MDI-QKD entre quaisquer dois nós da Rede Rio Quântica, modificaremos o sistema montado na etapa 5 de modo a permitir um esquema de configuração automática de comunicação na rede. Ou seja, qualquer usuário (Alice, Bob ou Debbie) poderá fazer uma requisição a Charlie de modo a configurar uma uma conexão.	2	2º ano 4º ano 5º ano	0% 0% 100%
8	Realização experimental de ataques ao sistema(2 meses): Realizaremos ataques ao sistema MDI-QKD,verificando sua robustez e sua capacidade de identificação de tentativas de obtenção de informações a respeito da chave secreta sendo gerada. Para isso, será implementado um ataque onde o espião (Eva) tenta se passar por Alice ou Bob.Serão estudados diferentes tipos de ataques, sendo um experimental.	2	2º ano 4º ano 5º ano	0% 0% 100%
9	Desenvolvimento de protocolos de roteamento de sinalização (Duração de 2 meses): Realizaremos um trabalho teórico envolvendo a criação e simulação de métodos de sinalização e roteamento para Redes Quânticas, incluindo problemas de otimização de rota, gerenciamento de recursos da rede, entre outros.	2	2º ano 4º ano 5º ano	0% 0% 100%
10	Importação dos equipamentos Montagem de um laser de diodo empregando um diodo comercial, uma fonte de corrente e controlador de temperatura comerciais. O objetivo é obter um feixe do tipo flatop com amplitude e fase homogêneas no plano transversal através de um filtro espacial e lentes de colimação. (9 meses)	1	2º ano 4º ano 5º ano	100% 100% 100%
11	Montagem do módulo 1 de modulação espacial da luz. O processador terá duas etapas de modulação espacial. A etapa 1 corresponde à codificação do vetor de entrada nos níveis de modulação do modulador espacial de luz (SLM). O objetivo é obter uma modulação de amplitude fiel aos parâmetros introduzidos no SLM. (9 meses)	1	2º ano 4º ano 5º ano	100% 100% 100%
12	Montagem do módulo 2 de modulação espacial de luz. Empregando o feixe inicialmente modulado na etapa 1, será necessário sincronizar a primeira modulação em relação à segunda, de tal forma que o feixe de luz após o segundo SLM carregue a informação do produto das modulações em amplitude e fase. (9 meses)	1	2º ano 4º ano 5º ano	100% 100% 100%
13	Montagem do módulo de focalização cilíndrica. Para efetuar a soma dos valores dos campos ao longo de linhas de dados em uma matriz, será feita uma focalização com lente cilíndrica. O objetivo é realizar a operação com alta resolução sem que haja recobrimento entre sítios vizinhos. (9 meses)	1	2º ano 4º ano 5º ano	100% 100% 100%
14	Montagem e teste do sistema de detecção e registro dos resultados das operações. Esta etapa será implementada com uma câmera CCD rápida, que poderá registrar vários conjuntos de dados por unidade de tempo através de mapas de intensidade luminosa. (12 meses)	1	2º ano 4º ano 5º ano	0% 100% 100%
15	Operação do sistema integrado e otimização da resolução da modulação espacial. O objetivo será determinar a taxa máxima de realização de operações MAC por unidade de tempo, considerando todas as limitações técnicas do sistema. (6 meses)	1	2º ano 4º ano 5º ano	0% 100% 100%
16	Implementação da técnica de aceleração das operações empregando a modulação temporal do feixe de luz e teste de performance. (6 meses)	1	2º ano 4º ano 5º ano	0% 100% 100%
17	Montagem de um protótipo de processador ótico com SLM. (12 meses)	1	2º ano 4º ano 5º ano	0% 0% 100%
18	Estudo de técnicas de aceleração empregando correlações quânticas. (24 meses)	1	2º ano 4º ano 5º ano	0% 50% 100%
19	Modelagem de porta amostra por meio de métodos de elementos finitos, utilizando simetria cilíndrica, utilizando ar, meios líquidos água e glicerol. (3 meses)	3	2º ano 4º ano 5º ano	100% 100% 100%
20	Modelagem de sistema utilizando ponta e porta amostra, simetria cilíndrica. Avaliação do impacto da espessura da janela do porta amostra na resolução. (6 meses)	3	2º ano 4º ano 5º ano	100% 100% 100%
21	Modelagem do sistema em 3D. (3 meses)	3	2º ano 4º ano 5º ano	100% 100% 100%
22	Desenvolvimento do processo de fabricação das câmaras visando a construção do porta amostra. A metodologia envolve o uso de substratos de Si com membranas na superfície de diversas espessuras. (12 meses)	3	2º ano 4º ano 5º ano	100% 100% 100%
23	Testes de porta-amstras com fluidos glicerol e água, com nanopartículas metálicas, látex e lipossomas, e respectiva modelagem. Testes com tecidos biológicos. (12 meses)	3	2º ano 4º ano 5º ano	100% 100% 100%
24	Implementação de módulo de microfluídica no porta amostras. Modelagem por elementos finitos. (12 meses)	3	2º ano 4º ano	0% 100%

			5º ano	100%
25	Testes com amostras in-vivo . (12 meses)	3	2º ano	0%
			4º ano	100%
			5º ano	100%
26	Implementação de módulo de varredura para microscopia de microondas utilizando concentrador de microondas desenvolvido e patenteado. Modelagem por elementos finitos. (12 meses)	3	2º ano	100%
			4º ano	100%
			5º ano	100%
27	Desenvolvimento do sistema de pontas de metal com $\zeta$ shaker $\zeta$ de diapasão de quartzo, congregando acoplamento capacitivo do concentrador com a ponta erodida eletroquimicamente e afixada no diapasão, phase-locked loop digital e software de controle. Correlação com técnicas de TIRF - total internal reflection fluorescence microscopy. (12 meses)	3	2º ano	100%
			4º ano	100%
			5º ano	100%
28	Comissionamento do microscópio baseado no concentrador de microondas. Estudo de implementação de técnicas de TIRF - total internal reflection fluorescence microscopy ao microscópio . (24 meses)	3	2º ano	0%
			4º ano	50%
			5º ano	100%
29	Estudo e determinação de detalhes técnicos para a implementação da tecnologia de ultra alto vácuo aplicada aos sistemas de espectroscopia Raman e microscopia de tunelamento (12 meses)	4	2º ano	100%
			4º ano	100%
			5º ano	100%
30	Implementação da tecnologia de ultra alto vácuo aplicada às condições de contorno da instrumentação de microscopia de tunelamento, assim como de espectroscopia Raman. (12 meses)	4	2º ano	100%
			4º ano	100%
			5º ano	100%
31	Estudo e determinação de detalhes técnicos para a implementação da técnica de microscopia de varredura por tunelamento, incluindo, mas não se limitando a amplificadores in-situ, sistemas de translação e aproximação. (12 meses)	4	2º ano	50%
			4º ano	100%
			5º ano	100%
32	Implementação da técnica de microscopia de varredura por tunelamento. (12 meses)	4	2º ano	0%
			4º ano	100%
			5º ano	100%
33	Integração das tecnologias de ultra alto vácuo e microscopia de varredura por tunelamento, juntamente com a ótica para medidas de TERS. (12 meses)	4	2º ano	0%
			4º ano	100%
			5º ano	100%
34	Medir TERS em nanoestrutura com resolução atômica. (18 meses)	4	2º ano	0%
			4º ano	33%
			5º ano	100%
35	Formação de recursos humanos em nível de graduação e pós-graduação (mestrado e doutorado)	1	2º ano	4
		2	4º ano	8
		3	5º ano	12
		4		
		5		
		6		
		7		
		8		
36	??Implementação de acoplamento de guias que transportem momento angular orbital; (12 meses) O principal desafio para computação com luz é a inexistência de uma chave optica. A computação óptica implementando redes neurais por malhas de guias de ondas [Miller, Nat. Phot., 11, 403-404 (2017)] permitiu aprendizado de máquina óptico. Acopladores são os elementos básicos nesta arquitetura.	1	2º ano	100%
		5	4º ano	100%
			5º ano	100%
37	Implementação de deslocadores de fase em chips fotônicos (6 meses)	1	2º ano	100%
		5	4º ano	100%
			5º ano	100%
38	Acoplamento de fótons gêmeos em guias onda; (6 meses)	1	2º ano	100%
		5	4º ano	100%
			5º ano	100%
39	Fabricação de malhas de guias de onda para chips fotônicos (12 meses)	1	2º ano	75%
		5	4º ano	100%
			5º ano	100%
40	Aplicação de malhas de guias para redes neurais clássicas e quânticas; (12 meses)	1	2º ano	100%
		5	4º ano	100%
			5º ano	100%
41	Modelagem de substratos nanoestruturados por meio de métodos de elementos finitos. Variáveis: energia do fóton, forma e dimensões das nanoestruturas microfabricadas, arranjos, materiais, estratégias de iluminação. (12 meses).	6	2º ano	100%
			4º ano	100%
			5º ano	100%
42	Fabricação e caracterização de templates mestres em silício utilizando técnicas de corrosão anisotrópica e litografia de feixe de elétrons. (12 meses).	6	2º ano	100%
			4º ano	100%
			5º ano	100%
43	Produção de réplicas poliméricas dos templates mestres. Testes com diversos polímeros: polidimetilsiloxano (pdms), policarbonato (PC), poliestireno (PE), diacrilato de polietilenoglicol (PEGDA). (6 meses).	6	2º ano	100%
			4º ano	100%
			5º ano	100%
44	Metalização dos templates poliméricos. Comparação das rotas de metalização dos templates por evaporação a vácuo e deposição eletroquímica. (6 meses)	6	2º ano	100%
			4º ano	100%
			5º ano	100%
45	Desenvolvimento da rota de produção do substrato SERS baseada em extração de filme metálico nanoestruturado depositado em template polimérico. (12 meses)	6	2º ano	100%
			4º ano	100%
			5º ano	100%
46	Desenvolvimento da rota de produção do substrato SERS baseada na extração de filme polimérico e sua posterior metalização. (12 meses)	6	2º ano	100%
			4º ano	100%

			5º ano	100%
47	Validação dos substratos SERS. Medidas Raman de soluções ultra diluídas de analitos diversos. (12 meses)	6	2º ano	50%
			4º ano	100%
			5º ano	100%
48	Integração de sistema Raman portátil. Sistema baseado em espectrômetro portátil bluetooth OEM, aplicativo de coleta e apresentação de dados em smartphones Android e IOS, e substratos SERS. (24 meses)	6	2º ano	0%
			4º ano	100%
			5º ano	100%
49	Validação do sistema Raman portátil. Aplicação do sistema na detecção de patógenos em leite, saliva e sangue. (24 meses).	6	2º ano	0%
			4º ano	50%
			5º ano	100%
50	Analisar os sistemas embarcados e bibliotecas de aprendizado de máquina independente de plataforma para execução de diferentes modelos de redes neurais.	7	2º ano	100%
			4º ano	100%
			5º ano	100%
51	Implementar aplicativos testes para coleta de dados de sensores com treinamentos de modelos de IA (ML/DL) supervisionado e/ou não supervisionado em sistemas embarcados com conectividade para uma nuvem ou sistema HPC do CBPF.	7	2º ano	100%
			4º ano	100%
			5º ano	100%
52	Implementar aplicativos de testes e validação para classificação de imagens e/ou detecção de objetos e/ou segmentação e/ou processamento de sinais em sistemas embarcados.	7	2º ano	100%
			4º ano	100%
			5º ano	100%
53	Testar a intercomunicação entre dispositivos de IA embarcados para execução de tarefas otimizadas em paralelo (uso do protocolo JSON, I2C, SNMP etc.).	7	2º ano	20%
			4º ano	100%
			5º ano	100%
54	Desenvolver e implantar softwares de IA de baixa complexidade em dispositivos embarcados compatíveis com os frameworks conhecidos.	7	2º ano	50%
			4º ano	100%
			5º ano	100%
55	Implementar aplicativos otimizados para sistemas embarcados para medir parâmetros dos protótipos por Inteligência Artificial .	7	2º ano	0%
			4º ano	50%
			5º ano	100%
56	Meta 1 - Projeto optico, mecânico e eletrônico de laser de fibra de Érbio e/ou laser de YbEr:vidro; EDFAs e HNLFs. Compra de componentes e montagem do laser, EDFA +HNLF (12 meses)	8	2º ano	100%
			4º ano	100%
			5º ano	100%
57	Meta 2 - Caracterização e otimização do sistema da meta 1 (potência, largura de pulsos, espectro). Travamento da taxa de repetição e da frequência (fceo) entre o envelope do pulso e onda portadora. (12 meses).	8	2º ano	100%
			4º ano	100%
			5º ano	100%
58	Meta 3 - Montagem do espectrômetro e espectroscopia dual-comb no infravermelho próximo. (24 meses).	8	2º ano	50%
			4º ano	100%
			5º ano	100%
59	Meta 4 - Montagem do módulo de terahertz e espectroscopia dual-comb (18 meses)	8	2º ano	20%
			4º ano	100%
			5º ano	100%
60	Meta 5 - Transmissão de frequências ópticas por rede de fibra e espaço livre . (12 meses)	8	2º ano	100%
			4º ano	100%
			5º ano	100%
61	Meta 6 - Síntese e caracterização de microondas a partir do pente de frequências (18 meses)	8	2º ano	50%
			4º ano	100%
			5º ano	100%
62	Meta 7 - Integração da fonte de microondas a microscópio (15 meses)	8	2º ano	0%
			4º ano	100%
			5º ano	100%
63	Meta 8 - Projeto de adaptação do pente de frequência para sistema MAC (36 meses)	1	2º ano	30%
		8	4º ano	100%
			5º ano	100%
64	Divulgação em revistas científicas; participações em conferências	1	2º ano	40%
		2	4º ano	80%
		3	5º ano	100%
		4		
		5		
		6		
		7		
		8		
65	Publicações em revistas de divulgação e/ou artigos e apresentações	1	2º ano	40%
		2	4º ano	80%
		3	5º ano	100%
		4		
		5		
		6		
		7		
		8		

## PROPOSTA

### RESULTADOS CIENTÍFICO E TECNOLÓGICOS JÁ OBTIDOS PELAS INSTITUIÇÕES QUE COMPÕEM O INCT, NA TEMÁTICA DA PROPOSTA



**(EM PORTUGUÊS)**

O grupo de microscopia de microondas publicou os trabalhos: D Tami et al, CLEO: Applications and Technology, JW3A. 6 (2022) TC Barbosa et al., 2D Materials 9 (2), 025007 (2022) DAA Ohlberg et al., Nature communications 12 (1), 1-6 (2022) AC Gadelha et. Al, ACS Applied Nano Materials 4 (2), 1858-1866 (2022) DA Champion et al., US Patent App. 16/608,339 (2020) O grupo proponente desenvolveu pentes de frequências ópticas compactos: F. C. Cruz et al. Opt. Express 23, 26814-26824 (2015). F. S. Vieira et al. Optics Express, 24, 30100-30107 (2016). H. Timmers et al. Optica, 5 (2018) 727-732. A. S. Kowligy et al. Science Advances, 5:eaaw8794 (2019). A. J. Lind et al. Phys. Rev. Lett. 124, (2020) 133904. Grupo de IA Dispositivos Embarcados: C Bom et al. MNRAS 515, 5121?5134 (2022) B Fraga et al. MNRAS 1349 (2021) EV Lima et al. Astronomy and Computing 38-100510 (2022) C Bom et al. MNRAS 507, 1937-1955 (2021) C Bom et al. JPSE 108361 (2021) LO Dias et al. JPSE 107099 (2020) MB Valentin et al. JPSE 179, 474?503 (2019) O Laboratório de Óptica Quântica da UFF tem desenvolvido diversos trabalhos sobre a geração e controle de luz estruturada em sistemas não lineares e anisotrópicos: L. J. Pereira et al, Phys. Rev. A, Vol. 96, p. 053856 (2017) G. B. Alves et al, Phys. Rev. A, Vol. 98, p. 063825 (2018) W. T. Buono et al, Optics Letters, Vol. 43, p. 1439 (2018) B. Pinheiro da Silva et al, Phys. Rev. Lett., Vol. 124, p. 033902 (2020) B. Pinheiro da Silva et al, Nanophotonics, Vol. 11, p. 771 (2022) O grupo de SERS desenvolveu tecnologia de substratos SERS inovadores: T. L. Vasconcelos, et al., Adv. Opt. Mater. 2018, 6, 1800528. T. L. Vasconcelos et al, EP3293526A1, EPO. 29/11/2017 T. L. Vasconcelos et al, USPTO US10605827, 2020. T. L. Vasconcelos et al, CN109073675A, CNIPA. Dep.: 15/08/2018; Conc.: 17/12/2020. O grupo de espectroscopia Raman realizou uma série de trabalhos de estudo e caracterização de nanoestruturas, incluindo teoria, instrumentação e caracterização de nanoestruturas, substanciada pelas seguintes publicações: A Jorio. "Twistronics and the small-angle magic" Nature Materials, 1-2 (2022). Gadelha et al. Nature. 590, 405 (2021) Jorio and Saito, Journal Of Applied Physics 129, 021102 (2021) Li et al. Nature Nanotechnology. 12, 1176 (2017) Maciel et al, Nature Materials. 7, 878 (2008) Estas tecnologias foram transferidas para uma spinoff criada por ex-alunos do LabNS, a FabNS, que hoje produz e comercializa o equipamento, além de atuar como parceira no co-desenvolvimento de outras tecnologias. Esta tecnologia desenvolvida permitiu avançar significativamente, gerando diversas publicações de impacto (capa da revista Nature, citado acima). O Laboratório da UFSC publicou artigos selecionados para uso de SLMs: An optical processor: Hengeveld, et. al. J.I of Opt., 24, 015701 (2022) Modulating light with light: Pinheiro da Silva et al Optica 9 (8), 908-912 (2022) Machine learning in optical detection: Pinheiro da Silva et al Physical Review A 103 (6), 063704 (2021) Thermodynamics of turbulence: Souto Ribeiro et al Physical Review A 101, 052113 (2020) Optical integration: Lemos et al JOSAA 3, 704-707 (2014) Simulating quantum chaos: Lemos et al Nat. Comm. 3, 1-7 (2012) O LNA aporta as tecnologias em fibras-ópticas: Jacques R. D. Lepine et al. , Proc. SPIE 4841 (2003); Bruno V. Castilho, et al. , Proc. SPIE 5492 (2004); Claudia V. Rodrigues, et al. , Proc. SPIE 8446 (2012); Tania P. Dominici, et al. , Proc. SPIE 8446 (2012); H. Ernandes, et al. , Proc. SPIE 11447, (2020); Hammer, F., et al; The Messenger 182 (March 2021) A.C. Oliveira, et al., ?Conector de fibras ópticas? Pat. BR 1020120150727 (2012) V.B.P.M. Arruda, ?Dispositivo de Posicionamento de Precisão? Pat. BR 1020130244880 (2013) V.B.P.M. Arruda. ?Atuador de precisão? Pat. BR 1020180754114 (2018) V.B.P.M. Arruda. ? Dispositivo de tracionamento? Pat. BR 1020190233125 (2019) A.C. Oliveira, et al. ?Nano-compósito para fibras ópticas? Pat. BR 201012471-A2 (2010)

## **RESULTADOS CIENTÍFICO E TECNOLÓGICOS JÁ OBTIDOS PELAS INSTITUIÇÕES QUE COMPÕEM O INCT, NA TEMÁTICA DA PROPOSTA (EM INGLÊS)**

The microwave microscopy group published the works: D Tami et al, CLEO: Applications and Technology, JW3A. 6 (2022) TC Barbosa et al., 2D Materials 9 (2), 025007 (2022) DAA Ohlberg et al., Nature communications 12 (1), 1-6 (2022) AC Gadelha et. Al, ACS Applied Nano Materials 4 (2), 1858-1866 (2022) DA Champion et al., US Patent App. 16/608,339 (2020) The proposing group has developed compact optical frequency combs: F.C. Cruz et al. opt. Express 23, 26814-26824 (2015). F.S. Vieira et al. Optics Express, 24, 30100-30107 (2016). H. Timmers et al. Optica, 5 (2018) 727-732. A.S. Kowligy et al. Science Advances, 5:eaaw8794 (2019). A.J. Lind et al. Phys. Rev. Lett. 124, (2020) 133904. AI Group Embedded Devices: C Bom et al. MNRAS 515, 5121?5134 (2022) B Fraga et al. MNRAS 1349 (2021) EV Lima et al. Astronomy and Computing 38-100510 (2022) C Bom et al. MNRAS 507, 1937-1955 (2021) C Bom et al. JPSE 108361 (2021) LO Dias et al. JPSE 107099 (2020) MB Valentin et al. JPSE 179, 474?503 (2019) The Laboratory of Quantum Optics at UFF has developed several works on the generation and control of structured light in nonlinear and anisotropic systems: L.J. Pereira et al, Phys. Rev. A, Vol. 96, p. 053856 (2017) G.B. Alves et al, Phys. Rev. A, Vol. 98, p. 063825 (2018) W.T. Buono et al, Optics Letters, Vol. 43, p. 1439 (2018) B. Pinheiro da Silva et al, Phys. Rev. Lett., Vol. 124, p. 033902 (2020) B. Pinheiro da Silva et al, Nanophotonics, Vol. 11, p. 771 (2022) The SERS group has developed innovative SERS substrate technology: T. L. Vasconcelos, et al., Adv. opt. mother 2018, 6, 1800528. T.L. Vasconcelos et al, EP3293526A1, EPO. 11/29/2017 T.L. Vasconcelos et al, USPTO US10605827, 2020. T.L. Vasconcelos et al, CN109073675A, CNIPA. Dept.: 08/15/2018; Conc.: 12/17/2020. The Raman spectroscopy group carried out a series of works on the study and characterization of nanostructures, including theory, instrumentation and characterization of nanostructures, substantiated by the following publications: A Jorio. "Twistronics and the small-angle magic" Nature Materials, 1-2 (2022). Gadelha et al. Nature. 590, 405 (2021) Jorio and Saito, Journal Of Applied Physics 129, 021102 (2021) Li et al. Nature Nanotechnology. 12, 1176 (2017) Maciel et al, Nature Materials. 7, 878 (2008) These technologies were transferred to a spinoff created by LabNS alumni, FabNS, which today produces and sells the equipment, in addition to acting as a partner in the co-development of other technologies. This developed technology allowed for significant progress, generating several impactful publications (cover of the journal Nature, cited above). The UFSC Laboratory has published selected articles for the use of SLMs: An optical processor: Hengeveld, et. al. J.I of Opt., 24, 015701 (2022) Modulating light with light: Pinheiro da Silva et al Optica 9 (8), 908-912 (2022) Machine learning in optical detection: Pinheiro da Silva et al Physical Review A 103 (6), 063704 (2021) Thermodynamics of turbulence: Souto Ribeiro et al Physical Review A 101, 052113 (2020) Optical integration: Lemos et al JOSAA 3, 704-707 (2014) Simulating quantum chaos: Lemos et al Nat. Common 3, 1-7 (2012) LNA provides fiber-optic technologies: Jacques R.D. Lepine et al. , Proc. SPIE 4841 (2003); Bruno V. Castilho, et al. , Proc. SPIE 5492 (2004); Claudia V. Rodrigues, et al. , Proc. SPIE 8446 (2012); Tania P. Dominici, et al. , Proc. SPIE 8446 (2012); H. Ernandes, et al. , Proc. SPIE 11447, (2020); Hammer, F., et al; The Messenger 182 (March 2021) B.C. Oliveira, et al., ?Optical fiber connector? Pat. BR 1020120150727 (2012) V.B.P.M. Arruda, ?Precision Positioning Device? Pat. BR 1020130244880 (2013) V.B.P.M. Rue. ?Precision Actuator? Pat. BR 1020180754114 (2018) V.B.P.M. Rue. " Traction Device? Pat. BR 1020190233125 (2019) B.C. Oliveira, et al. "Nanocomposite for Optical Fibers" Pat. BR 201012471-A2 (2010)

## **MODELO DE GESTÃO E GOVERNANÇA PARA O INCT (EM PORTUGUÊS)**

O modelo de governança para o INCT visa de forma participativa garantir que os membros alinhem suas atividades de pesquisa aos objetivos do INCT, em particular na execução das ações que caracterizam cada objetivo específico. De uma forma geral, as suas atividades do ponto de vista executivo serão conduzidas por meio de seu comitê gestor (CG), formado pelos professores. G. Medeiros-Ribeiro (UFMG), Paulo H. S. Ribeiro (UFSC), A. Zelaquett Khoury (UFF), Ado Jório (UFMG), e Wagner Corradi (LNA). Os papéis e responsabilidades do comitê gestor são: execução financeira do projeto; condução das questões jurídicas e de propriedade intelectual que vierem a surgir atividades de organização de eventos, deslocamento de participantes e busca para solução de problemas técnicos e administrativos Avaliação de perspectivas de novas parcerias, de forma a se adequar ao plano geral, mas submetida a instância técnica para apreciação e validação administração do projeto em linhas gerais Um comitê técnico científico (CTC), focado exclusivamente nas questões científicas e técnicas do projeto, contando com os representantes das nove plataformas (e portanto todos as ICTs partícipes) a serem desenvolvidas no projeto e que irão compor os cinco protótipos, com os seguintes papéis e responsabilidades: avaliação das metas e indicadores, acompanhamento e gestão de risco, apresentando planos de contingência técnico-científicos; realocação de recursos financeiros com os objetivos de promoção da saúde financeira do projeto, sendo esta definida pelo uso racional e execução dos recursos de forma mais eficiente possível; avaliação de projetos e resultados científicos de cada nó, mantendo o histórico de desenvolvimento e agrupamento de tecnologias para serem protegidas; discussão e validação de estratégia de proteção intelectual com os objetivos de licenciamento e transferência de tecnologia; assuntos de natureza geral

que versem sobre a parte científica e de execução. Por fim, um conselho consultivo internacional será formado, com um ou mais membros estrangeiros de proficiência científica nas áreas-fim do projeto, um representante da indústria de alta tecnologia que esteja instalada no país, e um representante de renomada competência e externo ao grupo. Este conselho consultivo irá se manifestar uma vez ao ano sobre os resultados obtidos, apontando direções estratégicas correções de rumo da pesquisa, sendo os encontros virtuais nos anos ímpares, e presenciais nos anos pares. Os papéis e responsabilidades do conselho consultivo internacional (CCI): nortear a equipe com as direções de longo prazo e aspectos estratégicos do instituto; aconselhar os comitês CG e CTC na conduta e execução do projeto de forma a otimizar o impacto das atividades; ajudar no networking com outras instituições fora do país e empresas na disseminação dos resultados, como também abrindo perspectivas de transferência e licenciamento de parcerias, como também alianças estratégicas com outros centros, empresas e grupos de pesquisa no país; Demais aspectos que o conselho julgue importante e necessário que tenham o cunho estratégico e permitam que o grupo consiga olhar para o horizonte sem perder o foco em suas atividades. Este arranjo dos CG, CTC e CCI propicia que haja uma clara separação de atividades dos membros da equipe, permitindo assim uma execução harmoniosa dos objetivos do programa.

## MODELO DE GESTÃO E GOVERNANÇA PARA O INCT (EM INGLÊS)

The governance model for the INCT aims, in a participatory way, to ensure that members align their research activities with the INCT's objectives, in particular in the execution of actions that characterize each specific objective. In general, its activities from an executive point of view will be conducted through its management committee (GC), formed by professors. G. Medeiros-Ribeiro (UFMG), Paulo H. S. Ribeiro (UFSC), A. Zelaquett Khoury (UFF), Ado Jório (UFMG), and Wagner Corradi (LNA). The roles and responsibilities of the steering committee are: 1. financial execution of the project; 2. Conducting legal and intellectual property issues that may arise 3. Event organization activities, displacement of participants and search for solution of technical and administrative problems 4. Assessment of prospects for new partnerships, in order to adapt to the general plan, but submitted to a technical instance for consideration and validation 5. project management in general terms A scientific technical committee (CTC), focused exclusively on the scientific and technical issues of the project, with representatives of the nine platforms (and therefore all the participating ICTs) to be developed in the project and that will compose the five prototypes, with the following roles and responsibilities: 1. evaluation of goals and KPI (key performance index), monitoring and risk management, presenting technical-scientific contingency plans; 2. reallocation of financial resources with the objectives of promoting the financial health of the project, which is defined by the rational use and execution of resources as efficiently as possible; 3. evaluation of projects and scientific results of each node, keeping the history of development and grouping of technologies to be protected; 4. Discussion and validation of intellectual protection strategy with the objectives of licensing and technology transfer; 5. matters of a general nature that deal with the scientific and execution part. Finally, an international advisory board will be formed, with one or more foreign members of scientific proficiency in the project's target areas, a representative of the high technology industry that is installed in the country, and a representative of renowned competence and external to the group. This advisory council will manifest itself once a year on the results obtained, pointing out strategic directions and corrections in the direction of the research, with virtual meetings in odd-numbered years, and face-to-face meetings in even-numbered years. The roles and responsibilities of the International Advisory Board (ICC): 1. guide the team with the institute's long-term directions and strategic aspects; 2. advise the CG and CTC committees on the conduct and execution of the project in order to optimize the impact of the activities; 3. help networking with other institutions outside the country and companies in the dissemination of results, as well as opening up perspectives of transfer and licensing of partnerships, as well as strategic alliances with other centers, companies and research groups in the country; 4. Other aspects that the board deems important and necessary that have a strategic nature and allow the group to look to the horizon without losing focus on its activities. This arrangement of the GC, CTC and ICC provides for a clear separation of team members' activities, thus allowing a harmonious execution of the program's objectives.

## GRAU DE INOVAÇÃO E POTENCIAL DE IMPACTO DOS RESULTADOS SOB O PONTO DE VISTA CIENTÍFICO, TECNOLÓGICO, ECONÔMICO E SOCIOAMBIETAL NO CONTEXTO NACIONAL E INTERNACIONAL. (EM PORTUGUÊS)

Este INCT apresenta uma proposta clara de desenvolvimento de nove plataformas de trabalho que têm um alto potencial de impacto científico e tecnológico, justamente por agregarem de forma coerente e concatenada conhecimentos e capacidades que já se demonstraram altamente inovadoras. O exemplo de projeto de construção de um protótipo de processador ótico para a realização de operações de multiplicação e acumulação MAC se inicia por uma proposta inovadora de emprego de modulação espacial da luz por parte de um dos laboratórios e terá seu desempenho aprimorado, com grande potencial de sucesso, através da inclusão dos recursos dos pentes de frequência ótica relacionados a outro laboratório e terá aplicação direta em inteligência artificial com a participação de dois outros laboratórios, utilizando infraestrutura construída a propósito por um de nossos laboratórios. Este exemplo demonstra a sinergia entre quatro laboratórios participantes e um potencial inovador científico e tecnológico imediato: construção de um processador MAC ultra-rápido e realização de inteligência artificial de alto desempenho com a perspectiva de incorporação de vantagem quântica e da miniaturização em chips fotônicos empregando recursos de três dos nossos laboratórios. Outro exemplo é a combinação de tecnologias de espectroscopia e microscopia que obtiveram resultados de grande impacto e destaque internacional e que combinarão esforços de três laboratórios para levar o desempenho destas técnicas aos limites extremos de resolução e sensibilidade, com impactos diretos na pesquisa de materiais e análise de sistemas biológicos. Além da aprimoração das técnicas já existentes, serão desenvolvidos sistemas que possam ter custo mais acessível e menor dependência em relação a insumos importados para ampliar a aplicabilidade destas técnicas em instituições brasileiras. Finalmente, temos a combinação de uma rede de comunicação quântica com as técnicas de espectroscopia e apoio de instrumentação de uma laboratório de astrofísica, que permitirão a construção de uma plataforma formidável para o tráfego de informações seguras, testes de protocolos de criptografia clássica e quântica, testes de emprego de luz estruturada para acelerar e tornar protocolos de comunicação mais seguros, testes de uso de inteligência artificial para minimizar os efeitos deletérios da propagação da luz na atmosfera turbulenta com benefícios para as técnicas de telescópios astronômicos e canais de comunicação em espaço livre e monitoração de poluentes no ar. Portanto, os impactos e as inovações deste projeto são explícitos e o potencial de sucesso é comprovado pelas credenciais de alto nível dos pesquisadores e laboratórios participantes. Por sua vez, estes resultados podem não ter todo seu potencial explorado sem uma política de inovação assertiva e que venha a cuidar do aspecto de proteção de propriedade intelectual de uma forma assertiva voltada para o licenciamento e transferência de tecnologia. Como exemplo, a UFMG e seu núcleo de inovação têm obtido resultados expressivos de propriedade intelectual, com uma equipe treinada para todas as etapas do processo de proteção, sendo a organização no país que mais patenteou no período 2011-2020. Criou em sua política instrumentos que viessem a criar ambientes promotores de inovação, através de uso compartilhado de espaço da UFMG com empresas, licenciamento e cessão de tecnologias, e implementação de participação societária com empresas através de modelos de cotas de usufruto. Estes resultados de uma política assertiva atraíram para seu Campus 3 unidades EMBRAPA, um Centro Nacional de Vacinas e um Centro de Inovação em Inteligência Artificial Aplicada a saúde. Todos estes resultados decorreram de INCTs prévios que possuíam elementos desta proposta, porém agora com uma política de inovação aprimorada. Estas práticas serão disseminadas para todo o INCT, acelerando o processo de inovação e colaboração cruzada alavancando as competências locais.

## GRAU DE INOVAÇÃO E POTENCIAL DE IMPACTO DOS RESULTADOS SOB O PONTO DE VISTA CIENTÍFICO, TECNOLÓGICO, ECONÔMICO E SOCIOAMBIETAL NO CONTEXTO NACIONAL E



## INTERNACIONAL. (EM INGLÊS)

This INCT presents a clear proposal for the development of nine platforms for work that have a high potential for scientific and technological impact, precisely because they combine knowledge in a coherent and concatenated way, and capabilities that have already proven highly innovative. The example of construction project of an optical processor prototype to carry out operations of multiplication and accumulation MAC starts with an innovative job proposal of spatial modulation of light by one of the laboratories and will have its performance improved, with great potential for success, through the inclusion of optical frequency combs resources related to another laboratory and will have direct application in artificial intelligence with the participation of two others laboratories, using purpose-built infrastructure by one of our laboratories. This example demonstrates the synergy between four participating laboratories and an immediate scientific and technological innovative potential: building an ultra-fast MAC processor and realizing high-performance artificial intelligence with the prospect of embedding quantum advantage and miniaturization in photonic chips employing from three of our laboratories. Another example is the combination of spectroscopy and microscopy technologies that obtained results of great impact and international prominence and that will combine efforts of three laboratories to take the performance of these techniques to the extreme limits of resolution and sensitivity, with direct impacts on materials research and analysis of biological systems. In addition to improving existing techniques, systems that may be more affordable and less dependent on inputs imported to expand the applicability of these techniques in Brazilian institutions. Finally, we have the combination of a quantum communication network with the techniques of spectroscopy and instrumentation support of an astrophysics laboratory, which will allow the construction of a formidable platform for the traffic of secret information, tests of classical and quantum cryptography protocols, tests of the use of structured light to accelerate and make communication protocols more safe, tests using artificial intelligence to minimize the deleterious effects of light propagation in the turbulent atmosphere with benefits for the techniques of astronomical telescopes and communication channels in free space and monitoring of pollutants in the air. Therefore, the impacts and innovations of this project are explicit and the potential for success is proven by the high-level credentials of the participating researchers and laboratories. In turn, these results may not have their full potential explored without an assertive innovation policy that will take care of the aspect of intellectual property protection in an assertive way aimed at licensing and technology transfer. As an example, UFMG and its innovation center have achieved significant results in intellectual property, with a team trained for all stages of the protection process, being the organization in the country that most patented in the period 2011-2020. It created in its policy instruments that would create environments that promote innovation, through the shared use of UFMG space with companies, licensing and assignment of technologies, and implementation of corporate participation with companies through models of usufruct quotas. These results of an assertive policy attracted 3 EMBRAPA units, a National Vaccine Center and an Innovation Center in Artificial Intelligence Applied to health to its Campus. All these results resulted from previous INCTs that had elements of this proposal, but now with an improved innovation policy. These practices will be disseminated throughout the INCT, accelerating the process of innovation and cross-collaboration leveraging local skills.

## PLANO DE DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA. (EM PORTUGUÊS)

Como a Astronomia, a Física Quântica e a Óptica são áreas fascinantes, que despertam a curiosidade de jovens e adultos, propõe-se estimular que os conhecimentos científicos e tecnológicos permaneçam acessíveis à sociedade, bem como promover a percepção do papel da STEM no dia a dia dos cidadãos brasileiros. Por meio de ações presenciais e a distância, seja por meio de programas de visitas de escolas às instalações das Instituições Científicas e Tecnológicas (ICTs), no ensino de física e astronomia nas próprias escolas ou pelas redes sociais, pela transmissão ao vivo de palestras, por meio de suas páginas na internet ou pelos jornais suprarregionais e estações de televisão, nosso plano de divulgação científica visa a popularização da ciência no Brasil, permitindo alcançar diferentes níveis de educação formal e não-formal e na articulação com ICTs e sociedade. Com vistas a criar uma futura geração de cientistas e engenheiros, promovendo a melhoria da educação científica, a popularização da C&T e a apropriação social do conhecimento as ações específicas propostas são: (1) Disponibilização de ferramentas pedagógicas voltados para o ensino de Ciências e Astronomia; (2) Capacitação para professores, estudantes e público em geral em física e astronomia nas técnicas e ciência envolvidas no projeto; (3) Interação das ICTs com as escolas da Educação Básica, estimulando práticas pedagógicas inovadoras. A presente proposta de INCT foca nos pilares da ENCTI, identificados pela nação como críticos para o desenvolvimento, independência tecnológica e econômica de nosso país: 1- Posicionar o Brasil entre os países com maior desenvolvimento em CT&I; 2- Aprimorar as condições institucionais para elevar a produtividade a partir da inovação; 3- Reduzir assimetrias regionais na produção e no acesso à CT&I; 4- Desenvolver soluções inovadoras para a inclusão produtiva e social e 5- Fortalecer as bases para a promoção do desenvolvimento sustentável.

## PLANO DE DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA. (EM INGLÊS)

As Astronomy, Quantum Physics and Optics are fascinating areas that arouse the curiosity of young people and adults, it is proposed to encourage scientific and technological knowledge to remain accessible to society, as well as to promote the perception of the role of STEM in everyday life of Brazilian Citizens. Through face-to-face and remote interactions, whether through programs to visit schools to the facilities of Scientific and Technological Institutions (ICTs), in the teaching of physics and astronomy in the schools themselves or through social networks, through the live transmission of lectures, Through internet sites or through supra-regional newspapers and television stations, our scientific dissemination plan aims to popularize science in Brazil, allowing different levels of formal and non-formal education to be reached and in articulation with ICTs and society. With a view to creating a future generation of scientists and engineers, promoting the improvement of scientific education, the popularization of S&T and the social appropriation of knowledge, the specific actions proposed are: (1) Availability of pedagogical tools aimed at teaching Science and Astronomy ; (2) Training for teachers, students and the general public in physics and astronomy in the techniques and science involved in the project; (3) Interaction of ICTs with Basic Education schools, stimulating innovative pedagogical practices. The present INCT proposal focuses on the pillars of the ENCTI, identified by the nation as critical for the development, technological and economic independence of our country: 1- Position Brazil among the countries with the greatest development in ST&I; 2- Improve institutional conditions to increase productivity through innovation; 3- Reduce regional asymmetries in production and access to ST&I; 4- Develop innovative solutions for productive and social inclusion and 5- Strengthen the bases for the promotion of sustainable development.

## CONTEXTOS METODOLÓGICOS

O contexto metodológico no qual este INCT se insere é focado na criação de infraestrutura para a distribuição e disponibilização de tecnologias quânticas, inteligência artificial (IA), nano, micro-ondas e óticas na concepção de sistemas complexos onde há a convergência de mais de uma delas voltadas para problemas específicos, instanciados por meio de protótipos. Denomina-se infraestrutura pelo fato de que a disponibilização destas tecnologias vai além de instrumentação per se, mas que contenha dois requisitos técnicos essenciais: escalabilidade e portabilidade; e requisitos estratégicos: carteira de propriedade intelectual, know-how, e viabilidade para licenciamento de tecnologia. A materialização da convergência destas tecnologias habilitadoras em protótipos ?tiro-na lua? (moonshot) viabiliza em ambiente relevante a operação com rigor característico de equipamentos científicos e sistemas demonstrativos de computação. Um exemplo ilustrativo do conceito foi obtido por membros da equipe proponente foi o microscópio TERS integralmente construído na UFMG [Gadelha, Nature 590 (7846), 405 (2021)]. Tecnologias de IA, nanofabricação, ótica e quânticas atuando de forma complementar e catalisadora associadas a uma estratégia de

proteção de propriedade intelectual viabilizaram a nucleação de uma iniciativa que resultou em uma empresa startup (FabNS). Ainda que a nucleação de startups a curto prazo não seja o objetivo central deste INCT, observa-se que o tempo de maturação necessário para a construção do conhecimento de forma convergente necessitou de trabalhos em rede de instrumentação e INCTs em Nanomateriais. O modelo a ser explorado nesta proposta visa portanto criar a infraestrutura para a disponibilização destas tecnologias de forma que em médio prazo (~10 anos) possamos ter vários outros casos semelhantes de ciência de fronteira aliada a inovação.

Esta missão norteou o presente agrupamento com know-how substancializado por publicações de alto impacto, parcerias com infraestruturas de pesquisa do exterior como CERN, FermiLab, LIP (Laboratório de Instrumentação e Física Experimental de Partículas), INL (International Iberian Nanotechnology), Observatórios internacionais SOAR, Subaru, ESO e GEMINI, e por fim, o histórico de iniciativas em propriedade e inovação tecnológica dos últimos anos. Seis protótipos foram escolhidos para a implementação da metodologia de construção de infraestrutura: Processador Ótico de Multiplicação e Acumulação, que converge IA, chips óticos, pentes de frequência e computação ótica; SERS para diagnósticos que converge nano, bio, quântica e IA; TERS com resolução atômica, convergindo nano, ótica de campo próximo, IA embarcada e quântica; Rede Rio Quântica (RRQ), convergindo cripto, quântica, fibras óticas; Microscopia de micro-ondas, convergindo IA embarcada, micro-ondas de campo próximo, nano e bio, e Raman de espaço livre, que seria um protótipo spin off da RRQ incorporando Raman para análise de poluentes no ar. Em um maior nível de detalhe, segue os pormenores das técnicas dos protótipos almejados.

Utilizaremos luz estruturada, a luz preparada em seus graus de liberdade de forma controlada. Sugerimos a referência [A. Forbes, M. de Oliveira, and M. R. Dennis, Structured light, Nature Photonics, 15, 253 (2021)] para uma visão geral do tema e avanços recentes. Para produzir um feixe de luz estruturado é necessário ter controle sobre seus graus de liberdade de polarização, frequência, comprimento de onda e modo espacial. Neste projeto, exploraremos a modulação espacial da luz com moduladores espaciais de luz (Spatial light modulator/SLM): Trata-se de um dispositivo que possibilita a formatação da frente de onda de um feixe de luz de forma versátil e reprogramável. O sistema comercial mais usado atualmente consiste de um painel de LCD similar ao painel de uma tela de computador/notebook ou smartphone. Para obter um determinado padrão de modulação, o usuário envia uma imagem codificada em tons de cinza para o SLM como se ele fosse um segundo monitor de vídeo. Quando a luz é refletida pelo painel, cada pixel dele irá imprimir um acréscimo de fase à frente de onda. A modulação é apenas de fase, mas há estratégias que permitem transformar a modulação de fase em modulação de amplitude após a propagação e difração. Detalhes de funcionamento podem ser vistos nos sites da Holoeye (<https://holoeye.com/>), Meadowlark (<https://www.meadowlark.com/>) e Thorlabs (<https://www.thorlabs.com/>).

Processadores óticos:

A computação ótica é uma proposta de hardware que tem demonstrado a capacidade de proporcionar ganho em velocidade de processamento de informação em determinadas operações específicas. Um exemplo disso é o processador ótico que consegue realizar cerca de  $10^{12}$  MAC (multiplicar e acumular) operações por segundo [Feldmann, et al. Nature 589, 52758 (2021)]. Pesquisadores deste INCT demonstraram que é possível realizar  $10^9$  operações MAC por segundo empregando uma arquitetura ótica com SLM [S B Hengeveld et al., J. Opt. 24, 015701 (2022)]. O teste experimental e o desenvolvimento do protótipo será um dos objetivos deste projeto, assim como a implementação de estratégias de aceleração do processamento. O próximo passo é viabilizado pela construção de sistemas óticos que gerem pentes de frequências gerando milhares de frequências conhecidas com altíssima precisão.

Espalhamento Raman intensificado

Por meio de nanofabricação, podemos atingir ganhos elevados na amplificação de sinais Raman. Diversas nanoestruturas e topologias foram desenvolvidas ao longo dos anos por inúmeros grupos; o caso da UFMG é singular porque trata de uma rota de fabricação escalável, patenteada e licenciada para uma empresa startup e de demonstrada eficiência [Gadelha, Nature 2021, 590 (7846), 405, patente no USPTO US10605827B2].

Circuitos óticos em guias de onda

Circuitos fotônicos micrométricos serão fabricados em nosso laboratório para o processamento ótico da informação em chips fotônicos utilizando interferência de luz clássica e correlações quânticas. Este tipo de guia de onda escrito a laser permite explorar além da posição dos fótons nos guias, os graus de liberdade de polarização e momento angular orbital para codificar a informação. Membros da UFAL que dominam a técnica, e membros do LNA que possuem extenso conhecimento em fibras óticas propiciam perspectivas atraentes para novos componentes óticos para aplicações em MAC e instrumentação em geral. O LNA possui experiência na fabricação de feixes de fibras óticas coerentes, interferômetro de fibras, somadores e divisores óticos com fibras e conectores multifibras permitindo assim macro chips óticos (dispositivos óticos multifunções integrados em blocos).

Microondas de campo próximo e concentradores

A concentração de micro-ondas em pequenas regiões do espaço propicia novas aplicações em microscopia e formas vetoriais de imageamento. Obtivemos a concentração de micro-ondas em potência com um concentrador desenvolvido e patenteado por membros deste INCT [Champion, pedido US20200367329A1], como também a maior resolução reportada para 3GHz de 1nm [Ohlberg, Nat. Comms 2021, 12(1), 1-6]. Os desdobramentos e avanços pretendidos a partir do uso de pentes de frequências pode trazer experimentos de natureza hiperspectral para a faixa de micro-ondas.

IA embarcada: Inteligência artificial permite realizar tarefas específicas de forma otimizada de acordo com a própria tarefa. Esta técnica pode ser implementada utilizando computadores convencionais e algoritmos como os de rede neurais por exemplo. Outra forma de implementação é conhecida como IA embarcada e é esta técnica que será explorada neste projeto. O algoritmo de IA é programado diretamente nas unidades de processamento, tais como GPUs em uma escala maior e em FPGAs para que venham a ser embarcados. Desta forma poderemos chegar mais próximos do processamento na memória e aliviar o peso do gargalo de von Neumann para as atividades intensas em dados.

## DISPONIBILIDADE E INFRAESTRUTURA

UFMG: Centro de Microscopia

Órgão suplementar vinculado à Reitoria, infraestrutura multiusuária e interdisciplinar instalado em área de 1064 m2 desenvolvida pela UFMG para microscopia de alta resolução.

O parque conta com 2 microscópios eletrônicos de transmissão (200 kV e 120kV); 5 microscópios de varredura, sendo 4 deles de emissão por campo (FEG); 1 microscopia eletrônica; 1 microscópio de tunelamento em ultra-alto vácuo; 2 microscópios de varredura de sonda; 2 microscópios óticos, sendo 1 deles de fluorescência; técnicas analíticas de EDS, WDS, EELS, sMIM, MLA; criomicroscopia eletrônica e um conjunto de técnicas criogênicas de preparação de amostras; conjunto completo de técnicas de preparação de amostras de materiais (corte, polimento, deposição de filmes) e de amostras de origem biológica (ultramicrotomia, inclusão, contrastação, secagem em ponto crítico).

Instituto de Ciências Exatas: Laboratório de Física da Informação

O laboratório de Física da Informação no Instituto de Ciências Exatas tem como principal missão conectar Física e Ciência da Computação por meio de demonstrações como geração de números aleatórios a partir de fontes de ruído quânticas, e protocolos de cifragem one-time pad a partir de fontes de ruído utilizando topologias de cifradores Vernam. Equipamentos: analisadores de rede, analisadores de espectro, fontes de sinal, amplificadores, placas FPGA, sistemas de medidas de impedância, fontes de microondas, probe-station, sistema de fresa entre outros.

LCPNano

O LCPNano é uma estrutura multiusuária da UFMG, situado no Instituto de Ciências Exatas da UFMG. O LCPNano engloba atualmente: i) um espaço de sala limpa (120 m2) - equipada com microscópios e perfilômetro óticos, estações de medida de transporte elétrico, além de equipamentos de litografia convencional e por feixe de elétrons; ii) um laboratório dedicado à caracterização de nanomateriais (70 m2), contando com sistema de imageamento Raman, espectrofluorímetro, elipsômetro, equipamento de fluorescência de raios X por energia dispersiva (EDX), microscópio de varredura por sonda (AFM) e microscópio eletrônico de varredura (MEV) de bancada; iii) um laboratório para processamento e preparação de amostras (78 m2), com capelas e bancadas para química úmida.

LabNS

O Laboratório de Nanoespectroscopia - LabNS da UFMG ocupa uma área de cerca de 144m2, e está equipado com quatro montagens óticas para imageamento por espectroscopia Raman confocal e Tip-enhanced Raman Spectroscopy - TERS; uma montagem ótica para espectroscopia e imageamento CARS (Coherent Anti-Stokes Raman Spectroscopy) e uma montagem para espectroscopia Raman por correlação temporal. Especificamente: 4 microscópios invertidos, 3 microscópios confocais de escaneamento, 1 microscópio ótico, 4

telescópios, 5 espectrômetros VIS-IR, 4 detectores APD, 4 fontes laser He-Ne (633 nm), 4 fontes laser de diodo (488 nm, 561 nm, 568 nm e 532 nm), 1 fonte laser OPO (picosegundos), 1 sistema de laser pulsado (equipamento de 3 unidades, que varre desde o infravermelho até o ultravioleta, pulsos em femtossegundos), 2 controladoras RHK para microscopia de varredura por sonda, 2 equipamentos tipo PLL, 5 mesas ópticas, 1 mesa de amortecimento ativa, 12 computadores, 1 spinner para coating, 1 forno/estufa a vácuo, 1 fonte de água DI (Milli-Q), 2 osciloscópios, 2 fontes DC, 1 fonte geradora de sinais, 2 equipamentos tipo nobreak de 25kVA, 3 estágios de escaneamento, 2 estágios eletrônicos para microscopia de varredura por sonda, elementos eletrônicos, ópticos e optomecânicos, 1 capela e infraestrutura para preparação de amostras.

Escola de Engenharia:

GAPTEM:

O Laboratório de Antenas, Propagação e Teoria Eletromagnética (GAPTEM) da UFMG conta com um espaço de cerca de 50 m<sup>2</sup> abrigando uma rede local composta por 8 computadores com licenças de uso do COMSOL, Matlab, Mathematica e Fortran. Equipamentos: gerador de sinais Anritsu modelo MG3642A e um analisador de espectro Anritsu modelo MS2711D.

OptMA Lab

Laboratório especializado em instrumentação e caracterização óptica, se encontra equipado com fontes lasers de HeNe, fotodetectores no espectro vermelho e infravermelho, 3 mesas ópticas Thorlabs, kit para montagem de experimentos ópticos, software para simulação COMSOL Multiphysics, sala de computadores, test bench elétrico, microscópio óptico, kit de ferramentas, FPGAs, controladores de temperatura, kit de lentes, espelhos, entre outros, lentes objetivas, e câmeras CCD.

UFF/Niterói

Laboratório de ótica quântica com capacidade para a realização de experimentos de feixes gêmeos de OPO, detecção homodina, produção e detecção de fótons gêmeos, experimentos com vórtices vetoriais e conversão de frequência ótica. Conta com 3 mesas óticas, lasers estabilizados, moduladores espaciais de luz, elementos de opto-eletrônica e eletrônica rápida.

PUC-Rio

Laboratório de ótica quântica e telecomunicações com capacidade para realizar experimentos com contagem de fótons, testar canais de comunicação com fibras óticas e criptografia quântica. Equipado com mesas óticas, lasers estabilizados acoplados em fibra e de espaço livre, eletrônica rápida e equipamento de vácuo.

UFSC

O Laboratório de Óptica Quântica do departamento de Física da UFSC dispõe atualmente de duas salas escuras para experimentos de produção e contagem de fótons em coincidências e de ótica não-linear com conversão descendente de frequência. Cada sala contém uma mesa óptica, vários tipos de lasers nos comprimentos de onda violeta, visível e infravermelho próximo; quatro módulos de contagem de fótons únicos, três moduladores espaciais de luz com resolução HD; uma câmera CCD para visível e infravermelho; dois sistemas de FPGA para processamento de sinais eletrônicos; um osciloscópio de 200 MHz; diversos componentes óticos e opto-mecânicos.

UNIFEI

Laboratório de Microprocessador/Sistemas Embarcados/Telecomunicações/Sistemas Operacionais-LMSETSO da UNIFEI campus Itabira

Software: CST Studio - pacote de software de modelagem computacional 3D de alto desempenho

Analisador de Rede Agilent N5225A-50GHz, Analisador de Espectro Agilent N9320, Gerador de RF 6GHz Agilent N5171B, Frequencímetro Agilent 53230A e Osciloscópio Agilent MSO-X 3014A para desenvolvimento de antenas, circuitos de microondas e sistemas de telecomunicação

LNA

Facilidades em Design em Mecânica Fina, Lab de Fibras Ópticas e Filmes Finos e Metrologia de superfícies ópticas

O Laboratório Nacional de Astrofísica, localizado em Itajubá-MG, tem consolidada experiência no desenvolvimento de instrumentação científica, mecânica fina e sistemas ópticos voltados à astrofísica e astronomia por meio da Coordenação de Engenharia e Desenvolvimento de Projetos-COEDP. Ele conta com um Laboratório de Filmes Finos-LFF e um Laboratório de Fibras Ópticas bastante equipados.

CTI Renato Archer

O Laboratório de Instrumentação Científica-LIC do CTI Renato Archer, conta com instalações para desenvolvimento de eletrônicas analógicas de baixo sinal e baixo ruído, desenvolvimento de sistemas de detecção para física de altas energias e criogênicas, instrumentação em ultra alto vácuo e física de superfície. Conta com bancadas de instrumentação analógica de baixas e altas frequências.

CBPF

O Laboratório de Computação e Inteligência Artificial do CBPF (LITCOMP) conta com 75 GPUs, 110TB storage e conexão 10Gbps com a internet. O Laboratório tem conectividade com a Rede de Comunicação Acadêmica e participa de Projetos de Comunicação Avançados, em parceria com ICTs e a Indústria.

UFAL

Laboratório dedicado a escrita direta a laser com Sistema Laser  $\mu$ Fab Workstation (Newport), Laser Spirit One (Spectra-Physics), Laser Chameleon Ultra (Coherent); Laboratório dedicado à Ótica Quântica; Laboratório dedicado à ótica clássica, todos com mesa ótica com suspensão pneumática.

UNICAMP

Parque com diversos lasers cobrindo uma ampla faixa de comprimentos de ondas, CW, pulsado, Ti:Safira, corante e estado sólido, e equipamentos de teste em microondas.

## QUALIFICAÇÃO DO PROBLEMA SOB O PONTO DE VISTA CIENTÍFICO, TECNOLÓGICO E DE INOVAÇÃO

O problema de convergência de tecnologias habilitadoras é mais claramente materializado por meio de instrumentos e sistemas que ilustrem como a disponibilização de infraestrutura se dará. Apresentamos a seguir os problemas escolhidos para a concretizar combinações distintas destas tecnologias. Ao mesmo tempo em que os problemas elencados trabalham com questões básicas contemporâneas, o escopo de aplicabilidade e utilidade é substanciado seja por um protótipo final e por um conjunto de tecnologias utilizadas em seu desenvolvimento.

1) O sistema MAC ótico versa sobre uma questão fundamental de aprendizado de máquina em três distintas dimensões: implementação em hardware, escalabilidade e viabilidade de incorporação de recursos quânticos em IA. A impressionante taxa de  $10^{12}$  MAC (multiplicar e acumular) operações por segundo obtida por Feldmann. et al. Nature 589, 52758 (2021) utiliza pentes de frequência ótica para fazer o endereçamento de dados e uma tecnologia chamada de PCM para a realização das operações. A nossa proposta de processador ótico MAC utiliza SLMs para realizar até 109 operações por segundo [S B Hengeveld et al., J. Opt. 24, 015701 (2022)]. Neste projeto nós apresentamos a proposta de aceleração desta velocidade combinando a realização de operações com SLM ao endereçamento com pentes de frequência. Esta combinação de técnicas poderá resultar no processador mais rápido e eficiente existente. O nosso projeto prevê também a exploração de chips fotônicos para o desenvolvimento de novas arquiteturas de processamento MAC. Os chips fotônicos são construídos em materiais como vidros especiais, nos quais são gravados guias de onda óticos com o auxílio de lasers potentes que alteram de forma permanente o índice de refração do material. Esta tecnologia permite a realização de operações matemáticas com feixes de luz e também a miniaturização de circuitos óticos. Os chips fotônicos do nosso projeto serão testados para elevar a eficiência de endereçamento dos feixes de luz até o processador com SLM e também como elementos de realização das operações MAC. Por fim, os pentes de frequência a serem desenvolvidos no escopo das atividades deste instituto fornecem uma rota de escalabilidade e operação em mais altas frequências.

2) O sistema RRQ por sua vez é fundamentalmente uma disponibilização em área metropolitana de chaves quânticas utilizando o sistema de fibras já nativo na grande Rio. Ele utilizará a tecnologia de distribuição de chaves conhecido como ??time bins?? e em uma segunda etapa



será capaz de conectar memórias quânticas. Este mesmo projeto irá explorar também a distribuição de chaves quânticas no espaço livre, através de telescópios instalados em pontos distintos do Rio. Esta mesma estrutura de espaço livre será empregada no desenvolvimento de Raman de espaço livre, que permitirá avaliação de gases na atmosfera e espectroscopia remota.

A criptografia quântica é uma técnica que permite a realização de comunicação secreta com por cento inviolável. A comunicação e a encriptação são realizadas através de um método clássico em que uma chave secreta randômica é utilizada uma única vez, o "One time pad". Portanto, a parte quântica do processo está relacionada à distribuição de chaves secretas entre as duas partes. Embora os sistemas de criptografia quântica já estejam bastante desenvolvidos e tenhamos até mesmo sistemas comerciais para comprar, ainda não temos uma rede de comunicação em funcionamento no Brasil. A RRQ é uma rede de distribuição de chaves secretas na região metropolitana do Rio de Janeiro e de Niterói. A infraestrutura logística já está em construção e este projeto contribuirá com o desenvolvimento da infraestrutura dos sistemas óticos. O sistema contará com a inovação advinda do uso de luz estruturada em canais de comunicação pelo ar livre e através de fibras. O LNA detém tecnologia para construção de macro chips ópticos com a utilização de feixe de fibras coerente, interferômetros de fibras, somadores ópticos de fibras, divisores de feixe com fibras, conectores multifibras de alta eficiência, que poderão ser utilizados no acoplamento dos fótons referentes as chaves criptográficas quânticas. Por outro lado, Raman em espaço livre é um protótipo "spin-off" da RRQ. A infraestrutura de distribuição de chaves quânticas criptográficas se presta a implementação de espalhamento Raman em espaço livre de forma a aferição de propriedades da atmosfera ou medidas remotas.

3) Surface Enhanced Raman Scattering (SERS) é uma técnica de sensoriamento onde a luz espalhada inelasticamente, em um processo conhecido como espalhamento Raman, é amplificada quando moléculas são adsorvidas em superfícies metálicas rugosas ou nanoestruturadas. O metal utilizado, em geral um metal nobre como Au ou Ag, possui ressonâncias de plasmões de superfície, que quando construída de geometria apropriada e dimensões nanométricas próximas ao comprimento de onda da luz do laser utilizado operam como nanoantenas óticas. O sistema SERS proposto neste trabalho é um projeto que vem como resultado da fabricação de pontas ressonantes [US10605827B2], que foram utilizadas para microscopia TERS (Tip Enhanced Raman Scattering) [Gadelha, Nature 590 (7846), 405 (2021)]. O grande diferencial da tecnologia a ser utilizada é seu elevado ganho e abertura numérica intrínseca, que para substratos SERS se torna atraente. A rota de escalabilidade por replicação de pontas por meio de litografia e corrosão anisotrópica permite a concepção de uma técnica competitiva por meio de nanoimpressão em bateladas (Batch). Este ponto em particular oferece vantagens competitivas com relação as demais propostas de substratos SERS disponíveis comercialmente, e abrem caminho para desdobramentos futuros de técnicas de tambor contínuo (roll-to-roll) em matrizes de plástico.

4) O sistema TERS de resolução atômica é o passo natural de um sistema de TERS, que foi demonstrado com resolução de 10nm por membros do grupo, convergindo microscopia de tunelamento em ultra-alto vácuo e a ótica de TERS. O TERS de resolução atômica é uma convergência entre microscopia de tunelamento e espalhamento Raman. Boa parte dos membros da equipe possuem experiência nas técnicas adjacentes como ultra-alto vácuo, sendo que a equipe de colaboradores dos nós tenham construído sistemas semelhantes, ou operação e experiência de mais de 20 anos com este tipo de microscopia. Há enormes desafios neste projeto, que envolvem a parte do acoplamento ótico e a manufatura da ponta de forma que ela além dos requisitos de operação em resolução atômica, venha ter as devidas dimensões para que as propriedades plasmônicas desta podem ser acessadas de forma ressonante quando da excitação de um laser externo.

5) O microscópio de micro-ondas proposto estende a aplicabilidade de equipamentos comerciais com os quais membros do grupo demonstraram resolução de 1nm com comprimento de onda de 10cm [Ohlberg, Nat. Comms 2021, 12(1), 1-6], incluindo o desenvolvimento de porta-amostras específicos para sistemas biológicos, fazendo uso de microfluídica e modelagem 3D eletromagnética visando otimização de resolução e relação sinal ruído, e um sistema de varredura utilizando um concentrador de micro-ondas [patente USPTO US20200367329A1] de maior flexibilidade e abertura para incorporação de medidas de microscopia de TIRF (total internal reflection fluorescence). O alvo deste trabalho visa utilizar o contraste entre água e glicose na faixa de 3GHz para estudo de glicobiologia e processos associados a diabetes e câncer em tecidos. Um ponto essencial que pode ser facilmente verificado através de um forno de micro-ondas doméstico é a taxa de aquecimento de líquidos ricos em glicose (exemplo: mel) ser muito maior do que a taxa de aquecimento da água. A partir de uma curva de dispersão dielétrica de glicose (pico de absorção em torno de 4GHz) e água (pico de absorção em torno de 18GHz), fica claro o contraste das componentes real e imaginária da permissividade.

## SETORES DE ATIVIDADE ECONÔMICA (CNAE) RELACIONADOS

### PRINCIPAL

- Fabricação de equipamentos de informática, produtos eletrônicos e ópticos

### CORRELATAS

- Fabricação de periféricos para equipamentos de informática
- Fabricação de equipamentos e instrumentos ópticos, fotográficos e cinematográficos
- Fabricação de equipamentos e aparelhos elétricos não especificados anteriormente
- Fabricação de equipamentos transmissores de comunicação
- Fabricação de instrumentos e materiais para uso médico e odontológico e de artigos ópticos
- Fabricação de aparelhos e equipamentos de medida, teste e controle

## ÁREAS DO CONHECIMENTO RELACIONADAS

### PRINCIPAL

- Prop. Óticas e Espectrosc. da Mat. Condens; Outras Inter. da Mat. com Rad. e Part.

### CORRELATAS

- Circuitos Eletrônicos
- Instrumentação Eletrônica

- Circuitos Magnéticos , Magnetismos e Eletromagnetismos
- Propriedades de Transportes de Matéria Condensada (Não Eletrônica)
- Superfícies e Interfaces; Películas e Filamentos
- Sistemas de Telecomunicações
- Hardware
- Teoria Eletromagnética, Microondas, Propagação de Ondas, Antenas
- Estruturas Eletrônicas e Propriedades Elétricas de Superfícies; Interf. e Partículas
- Materiais Dielétricos e Propriedades Dielétricas
- Arquitetura de Sistemas de Computação
- Transp. Eletrônicos e Prop. Elétricas de Superfícies; Interfaces e Películas

## INSTITUIÇÕES ENVOLVIDAS

### Executora/Sede

- Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG, MG, Brasil

### Colaboradora

- Centro de Tecnologia da Informação Renato Archer - CTI, SP, Brasil
- Universidade Federal de Alagoas - UFAL, AL, Brasil
- Laboratório Nacional de Astrofísica - LNA, MG, Brasil
- Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas - CBPF, RJ, Brasil
- Universidade Federal de Itajubá - UNIFEI, MG, Brasil
- Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP, SP, Brasil
- Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro - PUC-Rio, RJ, Brasil
- Universidade Federal Fluminense - UFF, RJ, Brasil
- Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, SC, Brasil

## PARCERIAS

Nenhuma Informação Fornecida.

## PARCERIAS E ARTICULAÇÕES COM EMPRESAS, FUNDAÇÃO DE AMPARO À PESQUISA ESTADUAL OU ORGANIZAÇÕES PÚBLICAS E/OU SOCIAIS PARA A EXECUÇÃO DA PROPOSTA

### NOME DA EMPRESA/FAP/ORGANIZAÇÃO PARCEIRA

Financiadora de Estudos e Projetos - FINEP, RJ, Brasil

### INFORMAÇÕES SUPLEMENTARES (PARTICIPAÇÃO EM PROJETOS, FINANCIADORA, CONTRATO DE CONSULTORIA, CONTRATO DE PESQUISA, DE PRODUTO, VALORES ENVOLVIDOS, PERÍODO DE PARCERIA, ETC)

Parceria da FINEP com o LNA nos seguintes termos: FINEP - 2016 (em andamento) - 0314/16 MULTILAB Laboratórios Multiusuários de Tecnologias em Instrumentação Científica R\$ 7.039.814,00 (Desenvolvimento dos labs. multiusuários do LNA) FNDCT/FINEP/CT-INFRA 21 (aprov. dez/21) Implantação do Novo Edifício Sede do Laboratório Nacional de Astrofísica no Parque Científico e Tecnológico de Itajubá com Infraestrutura Multiusuária. R\$ 20.000.000,00, Wagner Corradi (Criação de laboratórios de instrumentação científica e inovação abertos a ICTs e Indústrias)

FABNS - FFNP, MG, Brasil

A Fábrica de Nano Soluções (FabNS) é uma spinoff do LabNS-UFMG, formada por ex-alunos de doutorado daquele laboratório. Além de terem licenciado as tecnologias para a produção e comercialização do Nanoscópio, a FabNS tem sido parceira em diversos projetos, incluindo dois SibratecNano, onde a empresa entrou com contrapartida financeira. A empresa tem um acordo de cooperação científica assinado e vigente com a UFMG, atuando no co-desenvolvimento de tecnologias de instrumentação científica.

Cadence Engenharia - CADENCE, MG, Brasil

Parceria voltada para a capacitação de mão de obra, ações de pesquisa e inovação. A Cadence possui seu escritório de Pesquisa e Desenvolvimento em Belo Horizonte, MG, empregando 240 funcionários, a maior parte graduados dos cursos de Ciência da Computação e Engenharias da UFMG. Engenharia da Computação do CEFET, e tem o interesse de expandir suas interações com a UFMG, e consequentemente o INCT ora proposto. Salienta-se que a UFMG possui licença de uso de todo seu portfólio de software, cobrindo software de verificação formal de circuitos integrados a sistemas de cálculo Eletromagnético.

Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais -  
FAPEMIG, MG, Brasil

A depender da disponibilidade orçamentária e financeira, a FAPEMIG apoiará os INCTs sediados e com coordenação no Estado de Minas Gerais com apoio financeiro voluntário, a ser feito ao longo da duração do projeto. Os aportes voluntários serão feitos mediante a assinatura de instrumentos jurídicos específicos e serão condicionados ao envio e aprovação, pela FAPEMIG, de um plano de trabalho complementar ao projeto originalmente enviado ao CNPq. O plano de trabalho complementar deverá apresentar obrigatoriamente um descritivo detalhado de como o aporte financeiro feito pela FAPEMIG ajudará a executar esse plano de trabalho e a fundamentação da necessidade desses recursos extras. É importante ressaltar que nesse plano de trabalho, o objeto a ser financiado pela FAPEMIG deverá ser complementar ao proposto ao CNPq, enrobustecendo a proposta original, tornando-a mais desafiadora, inovadora e ousada.

## INDICADORES/MARCOS

### 1º ano

#### Nº DESCRIÇÃO

- 1 Relatório de planejamento de construção do sistema de microscopia TERS com resolução atômica.
- 2 relatório demonstrando a Implementação de acoplamento de guias que transportem momento angular orbital para chips ópticos.
- 3 Relatório de análise de sistemas embarcados e bibliotecas de aprendizado de máquina independente de plataforma para execução de diferentes modelos de redes neurais.
- 4 Importação de itens de capital para pelo menos 70% dos projetos.
- 5 Relatório de design e modelagem de sistemas SERS.
- 6 relatório de implementação de pente de frequência.
- 7 Modelagem de porta amostras. Relatório.
- 8 Protocolos de acoplamento de fontes de sinais óticos com a rede. Dispositivo e relatório.

### 2º ano

#### Nº DESCRIÇÃO

- 9 Sistema de Ultra alto-vácuo implementado e funcional.
- 10 Implementação de deslocadores de fase em chips fotônicos, dispositivo e relatório.
- 11 Acoplamento de fótons gêmeos em guias onda. Dispositivo e relatório.
- 12 Aplicativos teste para coleta de dados de sensores com treinamentos de modelos de IA (ML/DL) supervisionado e não sup. em sistemas embarcados com conectividade para uma nuvem ou sistema HPC do CBPF.
- 13 Relatório de calibração de SLMs para as diversas aplicações.
- 14 Disponibilização de lasers para operação dos sistemas.
- 15 Protótipos de subsistemas utilizando CCDs
- 16 Protótipo do processador. Dispositivo e relatório de operação e desempenho.
- 17 Fabricação de protótipos de templates master em silício. Dispositivo e relatório.
- 18 Produção de réplicas poliméricas, Dispositivo e relatório.
- 19 Templates metalizados. Dispositivo e relatório.
- 20 Rotas de produção de substrato para extração de filme metálico depositado em template polimérico. Dispositivos e relatório.
- 21 Desempenho e otimização de pente de frequência. Dispositivo e relatório.
- 22 Transmissão de frequências ópticas por rede de fibra e/ou espaço livre: relatório.
- 23 Processo de fabricação de porta amostras. Relatório e prototipo.
- 24 Testes de prototipo de porta-amostras em ambiente relevante. Relatório e dispositivo.
- 25 Módulo de microfluídica. Relatório e dispositivo.
- 26 Protocolos de experimentos de Raman de espaço livre. Montagem experimental e relatório.

### 3º ano

#### Nº DESCRIÇÃO

- 27 Relatório de comissionamento do sistema
- 28 Imagem de STM de amostra padrão em condições ambientes
- 29 Fabricação de malhas de guias de onda para chips fotônicos. Dispositivo e relatório.
- 30 relatório de teste de intercomunicação entre dispositivos de IA embarcados para execução de tarefas otimizadas em paralelo (uso do protocolo JSON, I2C, SNMP etc.)



- 31 Fabricação e relatórios de testes de chips fotonicos.
- 32 Fabricação e relatório de desempenho de processador optico.
- 33 Testes de substratos com analitos de referência. Relatório.
- 34 Espectrômetro NIR para fundamentação de pente de frequências. Dispositivo e relatório.
- 35 Espectrômetro Terahertz para fundamentação de pente de frequências. Dispositivo e relatório.
- 36 Teste de porta-amstras com amostras in-vivo. Relatorio.
- 37 Implementação de módulo de varredura para microscopia de microondas utilizando concentrador de microondas desenvolvido e patenteado. Relatório e dispositivo.
- 38 Teste de operação de microscopio utilizando concentrador. Dispositivo e relatório.

#### 4º ano

##### Nº DESCRIÇÃO

- 39 Imagem de STM de amostra padrão em ultra alto vácuo
- 40 Aplicação de malhas de guias para redes neurais clássicas e quânticas; dispositivo e relatório.
- 41 Relatório de desenvolvimento e implantação de softwares de IA de baixa complexidade em dispositivos embarcados compatíveis com os frameworks conhecidos.
- 42 Relatório de desempenho de processador optico utilizando chips fotônicos.
- 43 ntegração com sistema Raman portátil OEM. Protótipo e relatório de operação.
- 44 Microonda geradas por meios fotônicos: relatório de caracterização.
- 45 Protocolo de distribuição de Chaves secretas e os parâmetros de desempenho serão avaliados. Relatório de desempenho e segurança
- 46 Protocolo de avaliação de propriedades atmosféricas utilizando raman de espaço livre, análise de viabilidade e de sinal ruído. Relatório de desempenho.

#### 5º ano

##### Nº DESCRIÇÃO

- 47 Artigo científico relatando estudo de TERS com resolução atômica em nanoestrutura
- 48 Apresentações em conferência.
- 49 Apresentação de evento ou realização de vídeo para divulgação científica
- 50 1 estudante em nível de doutor formado na área de TERS com resolução atômica.
- 51 Relatório de Implementação de aplicativos otimizados para medir parâmetros dos sistemas construídos para cada protótipo.
- 52 relatório de desempenho de processador optico utilizando chips fotônicos e pentes de frequência
- 53 Integracao de fonte de microondas ao microscopio
- 54 Pente de frequencia para sistema MAC; projeto e relatório e demonstracao
- 55 Comissionamento de operação do instrumento e estudo de viabilidade de incorporação de modulo TIRF.

### RECURSOS

#### CUSTEIO

ITEM	DETALHAMENTO	JUSTIFICATIVA	VALOR
Diárias	diárias para os membros da rede para reuniões, visitas técnicas, conferências, estágios	Os trabalhos executados neste projeto envolvem conhecimentos que estão distribuídos pelos diversos nós do instituto. As diárias visam a execução das atividades que requerem um especialista no local do experimento ou projeto sendo executado, uma vez que os produtos deste INCT são em sua maior parte instrumentos e hardware. As diárias devem também cobrir as diversas viagens referentes a estratégia de divulgação, em conferências científicas e apresentação de resultados aos órgãos de fomento.	R\$ 205.400,00
Terceiros (Pessoa física)	-	-	R\$ 0,00
Material de consumo (nacional)	1 - Consumíveis para confecção de eletrônica, insumos laboratoriais e pequenos componentes mecânicos e opto-mecânicos nacionais, metais para usinagem, suprimentos para informática, etc. 2 - Peças e itens de reposição de Laboratório de eletrônica e	materiais de consumo para a operação e manutenção dos laboratórios, assim como para o desenvolvimento de partes dos protótipos que existem no mercado nacional.	R\$ 27.500,00

	mecânica 3 - gases e outros químicos para processamento		
Terceiros (Pessoa jurídica)	1 - - Serviços de usinagem de peças 2 - Serviço de Mecatrônica para Instrumentação do Sistema HPC-Multi GPUs Sci.Mind 3 ? despesas com manufatura de placas de circuito impresso 4 - Despesas de importação	Item 1- -usinagem de peças diversas para diversos sistemas de mecânica fina, anodização de componentes, calandragem, soldas TIG, etc; 2 ? equipe de montage dos sistemas de computação de alto desempenho no CBPF voltada para a parte de conexão e arranjo das unidades GPU; 3 - despesas com placas de circuito impresso para diversas montagens de todo o instituto. Item 4 - As importações de equipamentos e material de consumo importado serão realizadas através de uma fundação universitária e custo total é estimado em 15% do valor dos itens a serem importados.	R\$ 776.179,19
Custeio	-	-	R\$ 0,00
Passagens	Passagens aéreas nacionais e internacionais	As passagens aéreas nacionais serão usadas para promover visitas entre os laboratórios em Maceió, Rio de Janeiro, Belo Horizonte, Campinas e Florianópolis As passagens aéreas internacionais serão usadas para visitas técnicas no exterior e para a realização de vistas técnicas de estrangeiros aos laboratórios do projeto.	R\$ 188.600,00
Material de consumo (Importado)	1 - Espelhos, lentes, filtros ópticos, polarizadores, placas de onda, estágios de translação, deslocadores de feixes e placas de onda vetoriais, componentes de microondas, componentes eletrônicos, fotoresist, resist para litografia de feixe de elétrons, ponteiras para microscópio de microondas, componentes de ultra-alto vácuo	Os diversos sistemas a serem construídos necessitam de uma enorme diversidade de componentes que não existem no mercado nacional e que são parte integrante dos protótipos a serem construídos.	R\$ 552.390,00
TOTAL CUSTEIO R\$ 1.750.069,19			

CAPITAL			
ITEM	DETALHAMENTO	JUSTIFICATIVA	VALOR
Software (Licença permanente)	-	-	R\$ 0,00
Equipamentos e Material permanente	1)SLM 4K-EXULUS-4K1/M SLM,definicao UHD 4K,400-850 nm,metrico 2-controlador de laser de diodo 3-Laser de diodo 4-Câmera CCD rápida 200fps 5-Câmera CCD 8Mp alta eficiência quântica 6-Osciloscópio 500MHz 7- cristais piezo para UHV 8-piezo ambiente 9- Adaptação microscópio 10-Automações adicionais 11-camera topo 12-camera lateral 13-PLL 14 - controle 15-Câmera i-CCD 16- SLM (Modulador espacial de luz) HD x 2 17- SLM 4K-EXULUS-4K1/M SLM, definicao UHD 4K, 400 - 850 nm, metrico 18-2 Lasers CUBE 100 mW 19 - Câmera CCD 8Mp alta eficiência quântica 20-4 Módulos de contagem de fótons, 400-1000 nm 21-FPGA	Os itens de 1 a 6 são peças do protótipo do processador ótico. Item 7-14 ?Esses sistemas são essenciais para a construção do Sistema TERS de resolução atômica e para os sistemas de microscopia por microondas. Item 15 - Câmera capaz de contar fótons e fazer coincidências. Ela será usada na comunicação quântica da Rede Rio com luz estruturada. Item 16 - Serão usados para testar protocolos de comunicação com luz estruturada em bancada e com feixes de laser. Itens 17 a 21 - Equipamentos necessários para a construção e teste dos chips fotônicos.	R\$ 4.121.282,75
Material Bibliográfico	-	-	R\$ 0,00
TOTAL CAPITAL R\$ 4.121.282,75			

RECURSOS BOLSA						
MODALIDADE	QTD	DURAÇÃO	BENEFÍCIO			
DTI-C	2	33 meses	ITEM	VALOR	QTD	TOTAL
			Mensalidade	R\$ 1.430,00	33	R\$ 47.190,00
					SUBTOTAL	R\$ 72.600,00

1/11/24, 11:53 AM

CNPq - Detalhamento de Proposta

Iniciação Científica - IC	4	36 meses	ITEM	VALOR	QTD	TOTAL
			Mensalidade	R\$ 700,00	36	R\$ 25.200,00
						SUBTOTAL R\$ 57.600,00
DTI-B	2	24 meses	ITEM	VALOR	QTD	TOTAL
			Mensalidade	R\$ 3.900,00	24	R\$ 93.600,00
						SUBTOTAL R\$ 144.000,00
Pós-Doutorado Junior - PDJ	5	12 meses	ITEM	VALOR	QTD	TOTAL
			Mensalidade	R\$ 5.200,00	12	R\$ 62.400,00
			Taxa de Bancada	R\$ 480,00	12	R\$ 5.760,00
						SUBTOTAL R\$ 270.000,00
Iniciação Científica - IC	1	20 meses	ITEM	VALOR	QTD	TOTAL
			Mensalidade	R\$ 700,00	20	R\$ 14.000,00
						SUBTOTAL R\$ 8.000,00
Pós-Doutorado Sênior - PDS	10	12 meses	ITEM	VALOR	QTD	TOTAL
			Mensalidade	R\$ 5.500,00	12	R\$ 66.000,00
			Taxa de Bancada	R\$ 480,00	12	R\$ 5.760,00
						SUBTOTAL R\$ 576.000,00
						TOTAL BOLSA R\$ 1.128.200,00

QUADRO GERAL DE ORÇAMENTO

CUSTEIO

ITEM	VALOR
Diárias	R\$ 205.400,00
Terceiros (Pessoa física)	R\$ 0,00
Material de consumo (nacional)	R\$ 27.500,00
Terceiros (Pessoa jurídica)	R\$ 776.179,19
Custeio	R\$ 0,00
Passagens	R\$ 188.600,00
Material de consumo (Importado)	R\$ 552.390,00
	TOTAL CUSTEIO R\$ 1.750.069,19

CAPITAL

ITEM	VALOR
Software (Licença permanente)	R\$ 0,00
Equipamentos e Material permanente	R\$ 4.121.282,75
Material Bibliográfico	R\$ 0,00
	TOTAL CAPITAL R\$ 4.121.282,75

BOLSA

ITEM	VALOR
DTI-C	R\$ 72.600,00
Iniciação Científica - IC	R\$ 57.600,00
DTI-B	R\$ 144.000,00
Pós-Doutorado Junior - PDJ	R\$ 270.000,00

Iniciação Científica - IC

R\$ 8.000,00

Pós-Doutorado Sênior - PDS

R\$ 576.000,00

**TOTAL BOLSA R\$ 1.128.200,00****TOTAL GERAL R\$  
6.999.551,94****DECLARAÇÃO**

O solicitante declara formalmente que:

- a) tem pleno conhecimento da chamada em que se baseia esta solicitação bem como das regras e normas do CNPq relacionadas à modalidade de auxílio pleiteada <http://www.cnpq.br/web/guest/bolsas-e-auxilios>;
- b) tem anuência formal da instituição executora que esta aceita ser sede do projeto e que disporá de condições básicas operacionais para a execução do objeto da solicitação;
- c) tem conhecimento de que deverá prestar contas dos recursos obtidos dentro dos prazos e normas do CNPq;
- d) declara que, sendo o caso, deu conhecimento a todos os membros listados nesta solicitação dos termos da presente declaração e que dispõe da concordância formal deles;
- e) que seu currículo Lattes está atualizado;
- f) que não possui qualquer inadimplência com o CNPq e com a Administração Pública Federal, direta ou indireta, sob pena de indeferimento da proposta;
- g) não é coordenador ou vice-coordenador de INCT atualmente em financiamento pelo CNPq;
- h) responde pela veracidade de todas as informações contidas na presente solicitação e no seu currículo Lattes.

(Declaração feita em observância aos artigos 297-299 do Código Penal Brasileiro).

☒ Li e estou de acordo com a declaração acima

**NOME**

Gilberto Medeiros Ribeiro

**CPF**

546.890.236-20

Declaração registrada eletronicamente através da internet junto ao CNPq, mediante uso de senha pessoal do solicitante em 09/09/2022 às 16:04:05, sob o número de protocolo 3475328571048087