



**UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE**  
**ESCOLA DE ENGENHARIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO *STRICTO SENSU***  
**EM ENGENHARIA ELÉTRICA E DE TELECOMUNICAÇÕES**

**EDITAL PPGEET 03/2025**

**Seleção para o Curso de Mestrado Turma 1/2025**

1. Estão abertas, no período de **14/02/2025 a 21/02/2025**, as inscrições à seleção para o Curso de Mestrado em Engenharia Elétrica e de Telecomunicações, da Universidade Federal Fluminense. A seleção será efetivada em função da Área e Linha de Pesquisa escolhida pelo candidato. A primeira colocada ou o primeiro colocado neste processo terá direito a uma bolsa de estudo.

2. Estão previstas **14 (quatorze) vagas**, abertas a profissionais que busquem aprofundar estudos em nível de Mestrado, dentro das **Áreas de Concentração de Sistemas de Telecomunicações (I) e Sistemas de Energia Elétrica (II)** nas **Linhas de Pesquisa** descritas no **Anexo I. ÁREA I: Sinais e Sistemas de Comunicações Móveis; Dispositivos, Sistemas e Instrumentação para Comunicações Óticas; e Sistemas e Redes de Computadores. ÁREA II: Máquinas, Equipamentos e Aplicação de Novos Materiais; e Modelagem e Análise de Sistemas de Energia Elétrica.** Estes profissionais devem ser graduados em áreas afins, apresentando o conhecimento básico para o acompanhamento do curso, conforme comprovado pelo histórico de graduação.

3. A reserva de vagas se dará de acordo com as seguintes regras:

**§ 1º** Do total de vagas, as seguintes categorias de reserva serão contempladas:

- i)** 3 vagas serão reservadas para candidatos optantes negros (pretos e pardos) e indígenas;
- ii)** 1 vaga será reservada a candidatos estrangeiros, não residentes no Brasil;
- iii)** 1 vaga para mulheres;
- iv)** 1 vaga para pessoas com vulnerabilidade financeira;

**§ 2º** Para os candidatos com deficiência, será disponibilizada uma vaga adicional sobre o total de vagas abertas no Programa.

**§ 3º** Os candidatos optantes negros (pretos e pardos), indígenas, pessoas com deficiência, estrangeiros, mulheres, pessoas em vulnerabilidade financeira e funcionário UFF concorrerão concomitantemente às vagas reservadas ou adicionais e às vagas destinadas aos não optantes.

**§ 4º** Os candidatos optantes negros (pretos e pardos), indígenas, pessoas com deficiência, estrangeiros, mulheres, pessoas em vulnerabilidade financeira e funcionário UFF classificados dentro do número de vagas oferecido aos não optantes, não serão computados para efeito do preenchimento das vagas reservadas ou adicionais.

**§ 5º** Em caso de desistência de candidatos optantes negros (pretos e pardos), indígenas, estrangeiros, mulheres, pessoas em vulnerabilidade financeira e funcionário UFF aprovados em vagas reservadas, a vaga será destinada aos optantes na seguinte ordem:

- i) para candidatos optantes na mesma categoria de reserva aprovados e não classificados em conformidade com a ordem de classificação dos excedentes optantes.
- ii) permanecendo vagas reservadas para optantes de uma determinada categoria de reserva após a medida anterior, estas serão destinadas aos candidatos não optantes aprovados e não classificados, de acordo com a ordem de classificação.

**§ 6º** Caso haja desistência de candidato, pessoa com deficiência, aprovado e classificado em vaga adicional, esta será preenchida por candidato, pessoa com deficiência, de acordo com a ordem de classificação.

**§ 7º** A vaga adicional de pessoa com deficiência, que não for preenchida, após realizados todos os procedimentos anteriores, será extinta.

**§ 8º** Para os candidatos autodeclarados negros será adotado o procedimento de heteroidentificação, que seguirá exclusivamente o critério fenotípico para aferição da condição declarada pelo candidato, não sendo admitida a apresentação de registros ou documentos exarados em outros certames, nem consideradas declarações acerca de sua origem étnico-racial.

**§ 9º** Todos os candidatos optantes negros (pretos e pardos), indígenas, pessoas com deficiência e pessoas em vulnerabilidade financeira deverão preencher o documento de auto-declaração (Anexo IV: Cota racial - negros; Anexo V: Cota indígena; Anexo VI: vaga adicional para pessoas com deficiência; Anexo VII: Vulnerabilidade financeira), assiná-lo e inclui-lo entre os demais documentos exigidos para a participação no processo seletivo. A condição de estrangeiro ou mulher não demanda comprovação adicional, além da documentação padrão da seleção.

§ 10º O processo de heteroidentificação ficará a cargo de Comissão criada pela Proppi, composta por pessoas que tenham conhecimento da produção acadêmica sobre a discriminação racial no Brasil e experiência em bancas de aferição, em sua maioria negras.

§ 11º Os candidatos inscritos na condição de optantes indígenas terão a sua opção confirmada ou não, a partir da sua vinculação a uma comunidade indígena ou pela sua identidade e sentido de pertencimento e ou envolvimento com o movimento indígena. Esses vínculos deverão ser comprovados antes do processo de seleção.

§ 12º Os candidatos inscritos na condição de optantes, pessoa com deficiência, terão confirmada ou não a sua opção, após análise, pela comissão de seleção, de documento médico, a ser apresentado no ato da inscrição, que comprove a deficiência declarada.

- i) Documentos comprobatórios deverão ser enviados junto com a inscrição.

4. O preenchimento das vagas dar-se-á mediante processo que envolve:

4.1 inscrição;

4.2 análise documental para deferimento ou não da inscrição;

4.3 seleção mediante análise do *curriculum vitae*, das cartas de recomendação e do plano de trabalho, com caráter eliminatório;

4.4 defesa de proposta de trabalho para o Curso de Mestrado para banca examinadora, apenas para os selecionados, como descrito no item 4.3;

4.4 classificação, para efeito do preenchimento das vagas disponíveis;

4.5 homologação dos resultados pelo Colegiado do Programa;

4.6 divulgação dos resultados.

5. A banca do concurso é composta por todos os professores e pesquisadores em pós-doutorado do programa. Os candidatos serão avaliados pelos professores que participam da linha indicada na inscrição, conforme disposto na página do programa ( [www.ppgeet.uff.br](http://www.ppgeet.uff.br) ).

6. A inscrição será feita de forma totalmente online, pelo preenchimento do formulário indicado em <http://www.ppgeet.uff.br/index.php/processo-seletivo/mestrado> .

6.1 Não serão aceitas inscrições presenciais ou por e-mail.

6.2 É necessária a apresentação dos seguintes documentos:

- a) uma cópia legível da carteira de identidade (RG);
- b) uma cópia legível do CPF;
- c) fotografia 3x4;
- d) comprovante de residência ou declaração de residência, conforme Anexo III;
- e) Cópia do **Guia de Recolhimento da União – GRU**, gerado na página

<https://pagtesouro.tesouro.gov.br/portal-gru/#/emissao-gru>

com os seguintes dados:

- Código da Unidade Favorecida: **153056**
- Nome da Unidade Favorecida: **Universidade Federal Fluminense**
- Gestão: **15227**
- Código do Recolhimento: **28832-2**
- Número de referência: **0250158373**
- Competência: **mês/ano do recolhimento**
- Vencimento: **21/02/2025**
- Nome do contribuinte: **nome do candidato**
- CPF do contribuinte: **CPF do candidato**
- Valor: R\$125,00

f) comprovante de pagamento da taxa de inscrição no valor de **R\$ 125,00 (cento e vinte e cinco reais)**, em favor da **Universidade Federal Fluminense**, por meio da **Guia de Recolhimento da União – GRU**, conforme explicado no item 5.2-e.

g) uma cópia do diploma reconhecido por órgão competente do Ministério da Educação ou declaração de conclusão de curso ou de provável formando de graduação em engenharia ou área afim, desde que alinhado à linha de pesquisa escolhida. Os diplomas obtidos no exterior deverão estar de acordo com a Resolução 18/2002, desta Universidade. No momento da matrícula, todos os alunos devem apresentar uma cópia do diploma reconhecido por órgão competente do Ministério da Educação ou declaração de conclusão de curso.

h) uma cópia do histórico escolar do curso de graduação;

i) uma cópia do *Curriculum vitae* gerado na plataforma Lattes;

j) duas cartas de recomendação. O candidato deverá indicar os nomes para realizar a recomendação, passando os dados de contato. O programa entrará em contato com os indicados, requisitando a carta. Cabe ao candidato garantir que o e-mail passado é confiável e será suficiente para o programa contatar os indicados. A não entrega das cartas acarretará na penalização dos candidatos.

l) um texto, de autoria do candidato, apresentando uma proposta de trabalho para o Curso de Mestrado. Nesta proposta o candidato deverá apresentar os objetivos, motivação e área de interesse de pesquisa do trabalho de dissertação que pretende realizar. O texto deve ter as seções **Introdução, Objetivos, Metodologia, Resultados Esperados, Cronograma de Execução e Referências Bibliográficas**. O texto é limitado a 5 páginas A4, com letra tamanho 12 pt e espaçamento entre linhas de 1.5, constando as referências utilizadas para a sua confecção. **O não atendimento desse formato implicará na desclassificação do candidato.**

m) declaração de autenticidade das cópias dos documentos apresentados, conforme modelo do Anexo II.

7. O processo de seleção se dará com as seguintes fases:

1. **Etapa 1: Análise da documentação enviada e deferimento das inscrições** - consistirá em verificar se o candidato apresentou os documentos especificados no item 6 deste Edital. O resultado dessa etapa será publicado na página do programa.
  - a. **Recurso aos resultados da Etapa 1:** Os candidatos indeferidos que não estiverem de acordo com o resultado da Etapa 1 podem entrar com recurso, enviando e-mail para a secretaria do curso ([ppgeet.tce@id.uff.br](mailto:ppgeet.tce@id.uff.br)). O resultado da análise dos recursos feito pela coordenação do curso será publicado na página do programa. Candidatos que forem indeferidos ao final do processamento dos recursos estarão eliminados do processo seletivo.
2. **Etapa 2: Análise curricular, das cartas de recomendação e da proposta de trabalho para o Curso de Mestrado** – Etapa eliminatória, realizada pela banca avaliadora. Os resultados serão publicados na página do programa.
  - a. A Etapa 2 será balizada pelos itens definidos na Tabela 1, gerando uma nota entre 0 e 10.

Tabela 1 - Barema de avaliação da Etapa 2.

<b>Critério</b>	<b>Nota máxima</b>
Produção técnico-científica	1
Plano de trabalho e alinhamento com o programa	3
Formação acadêmica em nível de Graduação	4
Recomendações	2

- b. Candidatos com nota inferior a 6.0 na média dos avaliadores serão eliminados.
  - c. **Recurso aos resultados da Etapa 2:** Os candidatos eliminados que não estiverem de acordo com o resultado da Etapa 2 podem entrar com recurso, enviando e-mail para a secretaria do curso ([ppgeet.tce@id.uff.br](mailto:ppgeet.tce@id.uff.br)). O resultado da análise dos recursos feita pela banca avaliadora será publicado na página do programa.
3. **Etapa 3: Defesa de proposta de trabalho para banca de professores da linha de pesquisa selecionada** – Etapa eliminatória, realizada pela banca avaliadora. Os resultados serão publicados na página do programa.
- a. A defesa deve ser feita utilizando apresentação de slides, com no máximo 10 páginas. As apresentações poderão ser presenciais na UFF ou remotas via Google Meet, em data agendada pela banca dentro do período especificado. A sala ou o link serão divulgados na página do programa. O não comparecimento do candidato no dia e horário marcados implica em desclassificação do processo seletivo. A participação na apresentação é restrita ao candidato e à banca examinadora.
  - b. A Etapa 3 será balizada pelos itens definidos na Tabela 2, gerando uma nota entre 0 e 10.

Tabela 2 - Barema de avaliação da Etapa 3.

<b>Critério</b>	<b>Nota máxima</b>
Conhecimento técnico para realização do plano de trabalho	3
Apresentação	2
Arguição oral da banca	5

- c. Candidatos com nota inferior a 6,0 na média dos avaliadores serão eliminados.
  - d. **Recurso aos resultados da Etapa 3:** Os candidatos eliminados que não estiverem de acordo com o resultado da Etapa 3 podem entrar com recurso, enviando e-mail para a secretaria do curso ([ppgeet.tce@id.uff.br](mailto:ppgeet.tce@id.uff.br)). O resultado da análise dos recursos feita pela banca avaliadora será publicado na página do programa.
4. **Etapa 4: Classificação dos candidatos** – A classificação dos candidatos será feita pelo Colegiado do Programa, de acordo com os resultados obtidos e com as vagas disponíveis. Ao Colegiado do Curso é reservado o direito de não ocupar todas as vagas.
- a. A média final será computada como a média das notas nas Etapas 2 e 3.

- b. **Recurso aos resultados da Etapa 4:** Os candidatos eliminados que não estiverem de acordo com o resultado da Etapa 4 podem entrar com recurso, enviando e-mail para a secretaria do curso (ppgeet.tce@id.uff.br). A análise dos recursos será feita por uma banca composta por 3 professores, a ser indicada pela coordenação do programa, dentre os professores membros permanentes do curso. O resultado da análise dos recursos feita pela banca indicada pela coordenação será publicado na página do programa.

8. A seleção será realizada obedecendo ao calendário disposto na Tabela 3.

Tabela 3 - Cronograma do processo seletivo.

<b>Etapa</b>	<b>Data</b>
Inscrições	14/02/2025 a 21/02/2025
Etapa 1: Análise da documentação enviada e deferimento das inscrições	22/02/2025
Publicação do resultado preliminar da Etapa 1	Até às 12h00 do dia 24/02/2025
Apresentação de recursos à Etapa 1	Até às 23h59 do dia 24/02/2025
Publicação do resultado da Etapa 1	Até às 12h00 do dia 25/02/2025
Etapa 2: Análise curricular, das cartas de recomendação e da proposta de trabalho para o Curso de Mestrado	Até o dia 26/02/2025
Publicação do resultado preliminar da Etapa 2	Até às 12h00 do dia 27/02/2025
Apresentação de recursos à Etapa 2	Até às 23h59 do dia 27/02/2025
Publicação do resultado da Etapa 2 com escala de horários para a defesa de proposta de trabalho	28/02/2025
Etapa 3: Defesa de proposta de trabalho para banca de professores da linha de pesquisa selecionada	06/03/2025
Publicação do resultado preliminar da Etapa 3	Até às 12h00 do dia 07/03/2025
Apresentação de recursos à Etapa 3	Até às 23h59 do dia 07/03/2025
Apresentação do resultado da etapa 3	10/03/2025
Publicação do resultado final	10/03/2025

9. O resultado final da seleção será divulgado, em forma de *candidato classificado* (deve fazer matrícula na data especificada no cronograma), *candidato não classificado* (deve aguardar reclassificação) e *candidato não aceito* (candidato que não foi aprovado no processo seletivo) na página: <http://www.ppgeet.uff.br/>.

10. As vagas serão preenchidas pelos candidatos aprovados e selecionados, de acordo com a ordem de sua classificação. Na hipótese de haver desistências, por ocasião da matrícula, de candidatos aprovados e selecionados, serão chamados candidatos excedentes, obedecendo-se à ordem de classificação.
11. O Colegiado do Programa reserva-se o direito de não preencher todas as vagas previstas.
12. O Colegiado do Programa é soberano quanto à aplicação dos critérios de avaliação do processo de seleção.
13. A primeira colocada ou o primeiro colocado na seleção terá direito a bolsa de estudo.
14. A seleção de que trata este Edital restringe-se à seleção para o Curso de Mestrado em Engenharia Elétrica e de Telecomunicações do 1º semestre letivo de 2025.
15. Os casos omissos no presente Edital serão resolvidos pelo Colegiado do Programa de Pós-graduação em Engenharia Elétrica e de Telecomunicações.

Niterói, 14 de fevereiro de 2025.

---

**Prof. Dr. Vitor Hugo Ferreira**  
Coordenador do Programa de Pós-Graduação em  
Engenharia Elétrica e de Telecomunicações

## ANEXO I

### ÁREAS, LINHAS DE PESQUISA E TEMAS DE INTERESSE POR DOCENTE

#### I. ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: SISTEMAS DE TELECOMUNICAÇÕES

##### A) Área de Sistemas de Telecomunicações:

Objetiva o ensino, a pesquisa e o desenvolvimento de diversas técnicas utilizadas para planejar, especificar, projetar, construir, operar e administrar os diversos sistemas de telecomunicações, incluindo transmissão de sinais, redes, propagação, comunicações óticas, dispositivos e equipamentos utilizados em telecomunicações, integração de sistemas complexos de telecomunicações, e outras correlatas, bem como técnicas auxiliares, incluindo-se as disciplinas básicas que sejam necessárias. Refere-se, principalmente, aos sistemas de telecomunicações clássicos e de última geração e às técnicas utilizando sinais digitais, sem excluir a consideração de técnicas analógicas, onde isso faça sentido atualmente. Contempla, atualmente, três linhas de pesquisa e diversas disciplinas oferecidas. Dentre tais linhas e seus sub-temas, estão:

##### 1 - Sinais e Sistemas de Comunicações Móveis:

***Docentes permanentes envolvidos:*** Edson Luiz Cataldo Ferreira, Mauricio Weber Benjô da Silva, Pedro Vladimir Gonzales Castellanos, Tadeu Nagashima Ferreira, Vanessa Przybylski Ribeiro Magri, Victor Fernandes e Roberto Brauer di Renna.

***Docentes colaboradores envolvidos:*** Leni Joaquim de Matos

A linha de pesquisa em Sinais e Sistemas de Comunicações Móveis possui três objetivos principais. O primeiro é o estudo das novas gerações dos Sistemas de Comunicações Móveis e as principais teorias relacionadas à irradiação e propagação das ondas eletromagnéticas em meios confinados ou abertos, abrangendo frequências até sub-Terahertz, incluindo o desenvolvimento de dispositivos e antenas de alta frequência em tecnologia de circuito impresso. O segundo objetivo consiste de desenvolver pesquisas relacionadas a técnicas de análise e síntese de sinais, com ênfase em: modelagem matemática e mecânica

da produção da voz, identificação de patologias das cordas vocais, envelhecimento da voz, reconhecimento de voz e de locutor, algoritmos para compressão e processamento de imagens e vídeo. O terceiro objetivo envolve investigar sistemas radar, com foco em processamento de sinais, equações fundamentais de alcance e seção reta radar, bem como em sistemas conjuntos de comunicação e detecção. Assim, são abordados os seguintes temas:

### **Tema 1 – Caracterização, Modelagem e Simulação do Canal Rádio Móvel**

Estuda-se o comportamento do canal rádio, caracterizando-o tanto em faixa estreita quanto faixa larga, através de medições no canal, identificando as estatísticas de variabilidade de sinal, a cobertura de sinal rádio, modelos de previsão de cobertura, dispersão do sinal na frequência e no tempo, definindo-se parâmetros como Doppler, *delay spread*, banda de coerência, etc., que levam ao conhecimento da dispersão do sinal no canal e vão contribuir, dentre outros, para a escolha adequada da taxa de transmissão e da técnica de modulação a ser empregada no sinal a ser transmitido pelo canal de propagação. Técnicas de medição são estudadas e a aderência dos modelos de previsão de cobertura às medições e mesmo o desenvolvimento de novos modelos de cobertura são tratados, além de estudo das técnicas de simulação do canal.

### **Tema 2 - Sistemas *Wireless***

São estudados os sistemas de comunicação sem fio, abrangendo os sistemas celulares, de TV Digital e de satélites, envolvendo a caracterização de parâmetros, interface de acesso e operações em banda-básica, dentre as quais: equalização, codificação e separação de acesso múltiplo.

### **Tema 3 - Processamento Digital de Voz e Imagem**

Inclui o desenvolvimento de novas classes de algoritmos de compressão de dados com perdas, baseado em recorrência de padrões multiescalas. Os algoritmos dessas classes possuem uma série de propriedades que os tornam adequados para uso com uma ampla gama de sinais diferentes, unificando soluções de problemas que, tradicionalmente, são resolvidos por métodos distintos. Esse tema integra, ainda, o estudo de modelos determinísticos para a produção da voz e a modelagem estocástica do

sistema de produção de voz, buscando resultados mais próximos à realidade. Consideram-se as incertezas do processo de produção de voz e a identificação dos parâmetros desse sistema que, neste caso, são variáveis aleatórias. Com base nesses dados, estuda-se o diagnóstico de patologias relacionadas às estruturas de vocalização; a compreensão da ocorrência de determinados fenômenos relacionados à produção de voz, tais como envelhecimento da voz e mudança vocal na adolescência; o reconhecimento de voz; e o reconhecimento de locutor.

#### **Tema 4 – *Power Line Communication (PLC)***

Power Line Communication (PLC) é a tecnologia que consiste em transmitir dados pela rede de energia elétrica. PLC pode ser classificado em dois tipos de acordo com sua banda de frequência: i) PLC banda estreita, para comunicações de longo alcance e baixa taxa de dados e ii) PLC de banda larga, para comunicações de curto alcance e alta taxa de dados. Em ambos, a pesquisa visa modelar o canal de transmissão PLC, investigando aspectos como resposta em frequência, densidade espectral de potência do ruído aditivo, capacidade, entre outros. Além disso, é possível verificar a viabilidade da comunicação híbrida PLC e wireless, a qual utiliza tanto o meio confinado quanto o meio sem fio para aumentar a confiabilidade e/ou a taxa de dados dos sistemas de comunicações.

#### **Tema 5 – Sistemas RADAR**

A pesquisa em sistemas radar tem se concentrado em diversas áreas fundamentais para o desenvolvimento e aprimoramento desses sistemas. Uma linha de pesquisa essencial está no processamento de sinais, que visa aprimorar algoritmos para detecção, rastreamento, identificação e classificação de alvos em ambientes complexos. Além disso, o estudo da seção reta radar é crucial para entender e manipular a assinatura radar dos alvos, otimizando a furtividade dos alvos e a eficácia dos sistemas. A integração de comunicações e detecção representa uma abordagem inovadora, permitindo que o radar não apenas detecte alvos, mas também transmita informações enquanto realiza suas funções de sensoriamento. Essas áreas de pesquisa, juntamente com outras, contribuem significativamente para avanços contínuos na eficácia e na versatilidade dos sistemas radar.

**Docentes permanentes envolvidos:** *Andrés Pablo López Barbero, Hypolito Jose Kalinowski, Ricardo Marques Ribeiro e Vinicius Nunes Henrique Silva*

**Pesquisador em Pós-Doutorado:** *Tatiana Pires Pereira, Alexander Cascardo e Vicente Alves de Oliveira*

A linha de pesquisa em Sistemas de Comunicações Óticas tem como objetivos principais apresentar os conceitos utilizados em sistemas de comunicação baseados em fibra ótica e desenvolver modelos numéricos e ferramentas computacionais que permitam estudar sistemas óticos modernos e suas aplicações. Atua em sistemas óticos a fibras de silício, sistemas para curtas distâncias baseados em fibras óticas plásticas, sistemas de ótica do espaço livre (FSO - *Free Space Optics*), dispositivos óticos baseados em cristal líquido (ex.: filtros WDM), amplificadores óticos, dispositivos a fibras óticas plásticas, sensores a fibras óticas, assim como a integração de tecnologias consagradas como acusto-óticas e *Microwave Photonics*. Atualmente, desenvolve equipamentos com eletrônica embarcada microprocessada, além de realizar pesquisas utilizando a fibra e estruturas típicas de comunicações óticas como sensores de temperatura e sensores biomédicos. Há pesquisas com transmissão de dados em ultrassom utilizando barras metálicas. São realizadas também modelagem de interferências no meio sem fio, como a turbulência atmosférica. Nesses contextos, são abordados os seguintes temas:

### **Tema 1 – Dispositivos e equipamentos para sistemas e subsistemas óticos de curta distância**

Tem por objetivos estudar e desenvolver equipamentos (de transmissão e recepção) e técnicas de compensação de distorções. Basicamente, estas questões envolvem o que costuma ser denominado na literatura como "problema da última milha", e que envolve a utilização de fibras óticas plásticas. Paralelamente, são também estudados e desenvolvidos sensores usando fibras óticas plásticas.

### **Tema 2 – Modelagem Numérica de Dispositivos Fotônicos**

Nesse tema, é realizada a modelagem numérica, usando as técnicas das diferenças finitas (FD) e elementos finitos (FE), tanto no domínio da frequência como no domínio do tempo, para a simulação dos mais variados dispositivos fotônicos, tanto ativos como passivos. A tecnologia fotônica vem evoluindo muito rapidamente nos últimos anos. Essa

evolução tecnológica traz consigo uma maior complexidade dos circuitos ópticos envolvidos. Neste cenário de complexidade, não há espaço para empirismo, sendo necessário o domínio de técnicas numéricas que sejam capazes de simular de maneira fiel o comportamento do futuro dispositivo, para diminuir custos e prazos de fabricação destes dispositivos. Nesse sentido, busca-se desenvolver novas formulações, tanto em FD como em FE, para tornar as novas simulações cada vez mais fiéis ao comportamento esperado dos novos dispositivos.

### **Tema 3 – Tecnologias Ópticas para Aplicação em Redes Locais (LAN), de Acesso, Metropolitana (MAN) e de Longa Distância (WAN)**

Em anos recentes, a grande expansão das redes de telecomunicações tem sido impulsionada, principalmente, pela demanda por largura de banda de aplicativos da Internet. Os desenvolvimentos tecnológicos das últimas duas décadas mostram claramente que a infraestrutura de telecomunicações capaz de suportar múltiplas aplicações, com elevada qualidade de serviço, deve ser baseada em redes ópticas de alta capacidade o que, necessariamente, resulta em maior e melhor exploração da capacidade das fibras ópticas. O eficiente planejamento e projeto de uma rede óptica de alta capacidade envolvem a otimização de um grande número de parâmetros associados não apenas ao meio de transmissão (fibra óptica ou espaço livre), mas também ao transmissor, receptor e, quando necessário, ao amplificador óptico. Em particular, nos sistemas WDM, a degradação da relação sinal-ruído e os efeitos não lineares em fibra devem ser criteriosamente avaliados. Atualmente, diversos grupos de pesquisa em todo o mundo dedicam-se ao desenvolvimento de ferramentas computacionais que são extensivamente usadas para modelar o comportamento de redes locais (LAN) e de acesso, metropolitana (MAN) e de longa distância (WAN) implementadas com a tecnologia óptica. As simulações numéricas permitem que os objetivos do projeto sejam alcançados a custos mínimos.

### **Tema 4 – Sensores a Fibras Ópticas**

Os sensores baseados em fibras ópticas possuem diversas aplicações nas mais variadas áreas, tais como: sensores de parâmetros ambientais, biomédicos, elétricos, mecânicos, químicos, entre outros. Das diversas técnicas para o desenvolvimento de sensores baseados em fibras ópticas, o grupo tem se especializado em sensores interferométricos e sensores baseados em grades de Bragg (FBG's e LPG's).

## **Tema 5 – Dispositivos Ópticos Baseados em Cristais Líquidos**

Os cristais líquidos (LCs), devido a sua birrefringência e sensibilidade ao campo elétrico, podem ser aplicados em diversos campos da ciência e da tecnologia. Trata-se de materiais que são opticamente, eletricamente e magneticamente anisotrópicos que têm como principal característica a alteração da propriedade birrefringente em função da temperatura e/ou do campo elétrico. Os LCs não somente se tornaram peças-chave na fabricação de monitores, mas também tem grande importância para aplicações em telecomunicações, sensores, óptica difrativa, hologramas, cinema 3D, etc. Essa variação controlada da birrefringência vem chamando a atenção para muitos estudos envolvendo, principalmente, as comunicações ópticas (WDM). Por exemplo, os LCs denominados *Chiral Nematics* refletem a luz de acordo com a qualidade do material, podendo ser utilizados para a fabricação de espelhos sintonizáveis, sensores de cor, sensores de temperatura, filtros espectrais passivos, entre outros. Os LCs simétricos são interessantes devido à característica biestável e, conseqüentemente, alta velocidade de comutação das moléculas que, sob a ação de um campo elétrico, têm aplicação em moduladores e obturadores (*shutters*) e afins. Outras aplicações, como filtros sintonizáveis, imageamento óptico, laser sintonizáveis e guias de ondas, são dispositivos úteis e que irão abrir um novo caminho para o estudo e uso de LCs em sua fabricação.

## **Tema 6 – Dispositivos e Sistemas Fotônicos para Telecomunicações & Processamento Fotônico de Sinais Ópticos e de Microondas**

Observa-se uma tendência de completa “fotonização” das redes de Telecomunicações baseadas em fibra óptica, onde o processamento eletrônico é apenas realizado nas extremidades da rede. Além do mais, com a proliferação dos dispositivos móveis (e a sua capacidade) e a escassez de disponibilidade do espectro na faixa de rádio, observa-se, também, uma fusão entre as redes a fibra óptica (*wireline*) com as redes sem-fio (*wireless*). O objetivo é conceber, projetar, simular via *software*, montar configurações experimentais em Laboratório e, eventualmente, conceber uma implementação em optoeletrônica integrada, visando o desenvolvimento de dispositivos e sistemas de processamento óptico inovadores, aplicados às Telecomunicações, baseados nas fibras ópticas de sílica ou fibras fotônicas, nos seguintes casos: i) Redes ópticas digitais; ii) Enlaces e redes ópticas analógicas e iii) Processamento óptico de Microondas (*Microwave-Photonics*). São diversos os dispositivos e sistemas que aqui podem ser objeto de desenvolvimento, alguns já

iniciados e outros por iniciar: filtros espectrais, filtros para Microondas, filtros temporais, lasers *mode-locked*, sintetizadores de pulsos, conversores de formato de modulação digital, moduladores ópticos, conversores AD e DA para comunicações a fibra, sistemas receptores de microondas analógicos para uso na área de defesa, amostragem óptica, limitadores ópticos, bloqueadores de portadora, etc. Também é considerado nesse tema o uso da nanotecnologia/nanofotônica, como em metamateriais, nos dispositivos e sistemas a serem desenvolvidos.

### 3 – Sistemas e Redes de Computadores:

***Docentes permanentes envolvidos:*** *Dianne Scherly Varela de Medeiros, Diogo Menezes Ferrazani Mattos, Natalia Castro Fernandes*

***Docentes colaboradores envolvido:*** *Cledson Oliveira de Sousa*

***Pesquisador em Pós-Doutorado:*** *Helio do Nascimento Cunha Neto*

Nesta linha, são estudados os fatores que afetam a qualidade de serviço e de experiência, além do uso eficiente dos canais de comunicação, destacando-se controle de erros, protocolos de comunicação de dados, novas arquiteturas de rede, controle e gerência de redes multimídia. Inclui novos avanços em redes sem fio e redes de sensores, redes definidas por software, segurança, sistema multimídia, redes elétricas inteligentes (smart grids) e Internet do futuro. Assim, são abordados os seguintes temas:

#### **Tema 1 – Redes Multimídia**

O aumento da demanda por novos serviços de telecomunicações tem trazido grandes desafios. Para o atendimento dessa nova demanda, a estrutura e funcionalidade dos novos sistemas de telecomunicações devem ser versáteis o suficiente para rapidamente acomodar mudanças que, no passado, eram possíveis apenas com procedimentos operacionais lentos e que normalmente exigiam que o sistema fosse colocado fora de operação, como, por exemplo, atualizar ou complementar um hardware ou um software. De fato, a Internet está em constante evolução e, atualmente, existe um consenso sobre a necessidade de mudanças estruturais para que a rede continue evoluindo. Essas mudanças estruturais, contudo, dependem do desenvolvimento de redes experimentais e de novas arquiteturas de controle e gerência. Esse tema visa o desenvolvimento e a avaliação de arquiteturas de redes de

computadores voltadas para a geração, transmissão e consumo de tráfego multimídia. Em especial, esse tema visa atender ao cenário de telemedicina e transmissão de imagens médicas de alta resolução.

## **Tema 2 – Segurança em Rede de Computadores**

Exploração de novas vulnerabilidades (*zero-day attack*), ataques distribuídos de negação de serviço e uso de softwares maliciosos sofisticados têm se tornado cada vez mais frequentes na Internet. Os volumes dos ataques também crescem cada vez mais. O cenário para o futuro é ainda mais alarmante, devido à conexão dos dispositivos de Internet das Coisas (*Internet of Things – IoT*) à Internet comercial. Esses dispositivos com recursos limitados muitas vezes impossibilitam o provimento de serviços de redes complexos como segurança e qualidade de serviço. Nesse tema, são abordados problemas clássicos de segurança, como gestão de identidade, auditoria (*accountability*), mecanismos de criptografia, autenticação e provisão de qualidade de serviço. Também são estudadas novas tecnologias para prover segurança em redes, como uso de criptomoedas e cadeia de blocos (*blockchain*), uso de aprendizado de máquina em aplicações de segurança e provisão de segurança a dispositivos de IoT.

## **Tema 3 – Redes de Computadores de Nova Geração e Computação em Nuvem**

Atualmente, as redes de computadores têm se tornado ambientes altamente complexos e que impõem altos custos de capital (CAPEX) e de operação (OPEX). Com o objetivo de diminuir os custos e facilitar a operação de redes de grande porte, novas arquiteturas de rede são propostas, como as redes definidas por software (*Software Defined Networking – SDN*) e a virtualização de redes e serviços. Nesse sentido, as novas arquiteturas de rede para prover programabilidade, como proposto nas redes definidas por software, ou para garantir uma distribuição de conteúdo eficiente, como nas redes centradas em conteúdo, são focos de pesquisa. Outras linhas abordadas incluem a virtualização de redes, de serviços e a computação em nuvem, considerando questões como a computação verde, a elasticidade dos recursos, qualidade de serviço e segurança. Em especial, vislumbra-se, como tópico de pesquisa, a virtualização de redes de grande porte para as operadoras de telecomunicações, através do desenvolvimento da

virtualização de funções de rede (*Network Function Virtualization – NFV*) e do encadeamento de funções de serviço (*Service Function Chaining – SFC*). A gerência de redes também é um tema de pesquisa de grande importância, que se relaciona a sistemas e protocolos para monitoramento da operação da rede. Um dos tópicos de pesquisa atuais é a realização do gerenciamento da rede baseado em políticas, na qual é feita a especificação de parâmetros de comportamento a serem cumpridos da melhor maneira possível por cada elemento da rede, levando-se em conta suas características.

#### **Tema 4 – Redes Desafiadoras e a Internet das Coisas**

O surgimento da Internet das Coisas (*Internet of Things – IoT*) traz de volta ao foco os desafios de pesquisa encontrados em redes sem fio, agravados pela quantidade de dispositivos envolvidos. Novos algoritmos precisam ser desenvolvidos para prover comunicação eficiente nesse cenário, que, muitas vezes, não conta com uma infraestrutura cabeada para servir como apoio à comunicação entre os dispositivos, como ocorre em redes sem fio residenciais comuns. Assim, é importante estudar temas relacionados à computação ubíqua, redes de sensores, redes *ad hoc*, redes tolerantes a atrasos e desconexões, redes oportunistas, redes veiculares, dentre outros. Um tema de pesquisa também relevante nesse cenário é o estudo de redes complexas, que descrevem uma grande variedade de sistemas reais, incluindo redes sociais, de comunicação, a própria Internet, e outros tipos de rede, sejam elas tecnológicas ou não, como redes biológicas ou financeiras. O foco, nesse caso, está no estudo do comportamento dos participantes no sistema e dos relacionamentos existentes entre eles para compreender a dinâmica da rede e antever possíveis ocorrências que possam prejudicar o bom funcionamento do sistema. Ainda considerando o cenário da Internet das Coisas, aplicado às cidades inteligentes, cabe destacar os desafios de comunicação e gestão trazidos pelas redes elétricas inteligentes. Esse tema visa estudar a integração entre as redes de telecomunicações e as redes elétricas, vislumbrando como tópicos de pesquisa investigações relacionadas à confiabilidade, segurança, escalabilidade e desempenho.

#### **B) Área de Sistemas de Energia Elétrica:**

Objetiva o ensino, a pesquisa e o desenvolvimento das mais modernas técnicas utilizadas para dar suporte à expansão e à continuidade de fornecimento de energia

com qualidade, permitindo planejar, especificar, projetar, construir, operar e administrar os sistemas de Geração, Transmissão e Distribuição de energia elétrica, bem como apoiar processos industriais, incluindo: o desenvolvimento de métodos de previsão para o auxílio à tomada de decisão nos horizontes de planejamento da expansão e da operação de sistemas elétricos; simulações computacionais de sistemas elétricos envolvendo condições de regime permanente e transitórios; o estudo do impacto da inserção de novas fontes de geração no sistema; estudos das condições operativas do sistema através da análise e monitoramento de variáveis de relevância para o sistema elétrico, incluindo técnicas de controle e estimação de estados; estudos de mitigação de perdas técnicas e não-técnicas; estudos de sensoriamento e monitoração da qualidade do fornecimento de energia; estudo da inserção de novas tecnologias, tais como a inserção do carro elétrico; modelagem de máquinas de pequeno e grande porte, motores especiais, incluindo o seu acionamento eletrônico; o estudo e análise de dispositivos elétricos utilizados em sistemas elétricos de potência; o estudo e aplicação dos materiais supercondutores no desenvolvimento de diversos dispositivos e equipamentos elétricos, como transformadores, cabos, motores/geradores, acumuladores de energia elétrica e limitadores de corrente de curto-circuito, e; o estudo de aplicação e desenvolvimento de elementos ativos controlados com uso de chaves eletrônicas semicondutoras de potência no sistema elétrico. Duas são as linhas de pesquisa desta área:

1 - Máquinas, Equipamentos e Aplicação de Novos Materiais:

***Docentes permanentes envolvidos:*** Bruno Wanderley França, Daniel Henrique Moreira Dias, Felipe Sass, Flávio Goulart dos Reis Martins e Guilherme Gonçalves Sotelo

***Pesquisador em Pós-Doutorado:*** Diego de Souza de Oliveira

O desenvolvimento e aperfeiçoamento dos dispositivos elétricos são de fundamental importância para a evolução e ampliação dos sistemas elétricos de potência. Dessa forma, esta linha de pesquisa se dedica ao estudo e análise de dispositivos elétricos utilizados em sistemas elétricos de potência, compreendendo: sistemas de geração, transmissão e distribuição de energia; sistemas de geração distribuída; sistemas industriais, e; sistemas de média e baixa tensão. São utilizadas ferramentas de desenvolvimento de projeto tais como simuladores computacionais de sistemas elétricos e transitórios eletromagnéticos, de modelagem de dispositivos elétricos utilizando o método dos elementos finitos, de controle de equipamentos eletrônicos de potência, de programação de microcontroladores e sistemas embarcados, dentre outros. Como parte dos sistemas de energia, também são contempladas máquinas

elétricas não convencionais, de pequeno e grande porte, as quais precisam ser modeladas e acionadas eletronicamente junto a sistemas de controle de malha aberta ou fechada. Assim, são tratados os seguintes temas:

### **Tema 1: Desenvolvimento de Dispositivos Supercondutores**

Materiais supercondutores são conhecidos por apresentarem resistência elétrica nula em corrente contínua quando submetidos a temperaturas criogênicas, dentre outras características únicas. Nas últimas duas décadas, os avanços da ciência dos materiais aliados à popularização de ferramentas computacionais viabilizaram a pesquisa e o desenvolvimento de equipamentos supercondutores em sistemas elétricos. Em um cenário mundial onde há um esforço para a elevação da eficiência energética, da qualidade da energia distribuída e difusão de fontes alternativas, estes materiais ganham notoriedade como opção para a construção de equipamentos que visam contribuir para resolver esses problemas. Dentre as aplicações possíveis na engenharia elétrica, o grupo do PPGEET se destaca no desenvolvimento de limitadores de corrente de curto-circuito (LCCCS), máquinas elétricas supercondutoras e mancais magnéticos supercondutores. Os desafios desses projetos residem na modelagem computacional dos comportamentos altamente não-lineares dos supercondutores, no desenvolvimento de equipamentos criogênicos e na obtenção das respostas transitória e em regime permanente da rede com a sua instalação, exigindo o uso de poderosas técnicas de simulação eletromagnética e térmica. Essa soma de fatores garante ao desenvolvimento de dispositivos supercondutores um caráter multidisciplinar e os coloca na vanguarda da tecnologia da engenharia elétrica.

### **Tema 2: Aplicações de Eletrônica de Potência em Sistemas Elétricos**

O desenvolvimento e aperfeiçoamento dos conversores eletrônicos são de fundamental importância para o bom desempenho e, quando necessário, a ampliação dos sistemas elétricos de potência. Entre as inúmeras aplicações dos conversores, podem ser mencionadas aquelas referidas aos acionamentos de máquinas elétricas, convencionais e não convencionais, aos compensadores de reativos, filtros ativos e, em geral,

aos equipamentos que controlam o fluxo de potência no sistema elétrico (FACTS). Para a eficácia da operação dos mesmos, diversas áreas de conhecimento devem ser contempladas, como por exemplo, aquelas dedicadas às topologias dos conversores, à modelagem dinâmica dos mesmos e às técnicas de controle. A título de exemplo, para a interface entre fontes de energia alternativa e a rede, um dos principais conversores utilizados é o inversor. Para diminuir o conteúdo harmônico, inerente ao caráter discreto dos sinais envolvidos, o denominado inversor multinível, proposto desde os anos oitenta, tem evoluído continuamente, não somente graças ao aumento da capacidade de operação das chaves semicondutoras, mas também pelas diversas topologias propostas. No caso dos equipamentos FACTS, a evolução dos conversores eletrônicos tem permitido não somente a redução da distorção harmônica, mas também a capacidade de operação em níveis de tensão cada vez maiores.

### **Tema 3: Mancais magnéticos**

Mancais, dispositivos utilizados em máquinas rotativas, capazes de suportar cargas elevadas ou em altas velocidades, encontram-se entre as principais necessidades de alguns sistemas mecânicos e eletromecânicos. A título de exemplo, podem ser mencionadas as ultra centrífugas para enriquecimento de urânio, turbogeradores, máquinas ferramenta e armazenadores de energia (flywheels). Já em aplicações de baixa rotação, como no caso de bombas de sangue e instrumentos espaciais, a presença de fluido lubrificante é inaceitável. Nesse sentido, os denominados mancais magnéticos se apresentam como dispositivos capazes de atender todas estas necessidades. O princípio de operação dos mesmos se baseia no aproveitamento de forças geradas por métodos passivos ou ativos. No primeiro caso, isto se consegue através da interação de fluxos magnéticos vindos de ímãs permanentes ou destes com supercondutores. Já no segundo caso, diversas estruturas eletromagnéticas são projetadas para providenciar forças que mantenham os rotores em equilíbrio, utilizando sistemas de controle, em malha fechada, que fornecem correntes elétricas adequadas para suas bobinas. Em ambos os casos, os efeitos da dinâmica dos rotores em movimento continua sendo um tema amplo de pesquisa, o que sugere estruturas híbridas assim como também técnicas de controle sofisticadas. O conceito de motor-mancal eletromagnético também é um tema de pesquisa que continua sendo nobre para os pesquisadores

contemporâneos, uma vez que é almejada a redução de volume nesse tipo de máquina elétrica.

#### **Tema 4: Aplicação de novas tecnologias para sistemas de geração distribuída e veículos elétricos**

Este projeto tem como objetivo dar continuidade ao trabalho desenvolvido no âmbito da aplicação de novas tecnologias para sistemas de geração distribuída e para o desenvolvimento de veículos elétricos. Além disso, o impacto da inserção dessas tecnologias no sistema elétrico de potência também será foco de estudo e desenvolvimento. A motivação principal para o desenvolvimento deste projeto se deve ao forte crescimento e popularização dos veículos elétricos nos dias atuais. Apesar de se tratar de uma ideia antiga, a evolução tecnológica na área, principalmente no que diz respeito a sistemas de armazenamento eletroquímicos (Baterias), fez com que esses veículos voltassem novamente ao centro das atenções. Por outro lado, o crescimento da demanda por energia elétrica, devido a este novo cenário, aponta para a diversificação da matriz energética, que aliado à necessidade de preservação do meio ambiente favorece as pesquisas envolvendo fontes renováveis para geração de energia elétrica. Dentre as fontes alternativas para geração de energia elétrica, o uso das células fotovoltaicas vem sendo ampliado nos últimos anos. Neste contexto, este projeto tem como foco principal o estudo e desenvolvimento tecnológico dos seguintes tópicos:

- Sistemas de geração de energia solar fotovoltaica – Aplicação e Impactos no sistema de energia elétrica
- Veículos Elétricos – Desenvolvimento tecnológico dos componentes do sistema (Motor, Bateria, sistemas eletrônicos, etc.) e impacto do carregamento no sistema de energia elétrica.

#### **Tema 5: Limitadores de corrente de curto-circuito**

Um limitador de corrente de curto-circuito (LCC) é caracterizado como um equipamento de proteção, que é instalado em série com a linha de transmissão ou de distribuição, para evitar que durante uma falta a corrente elétrica não extrapole os limites suportáveis pelos disjuntores e

equipamentos existentes, evitando-se assim que sejam causados danos ao sistema elétrico. Uma das principais vantagens da utilização deste equipamento é a redução no dimensionamento dos disjuntores e barramentos utilizados (no caso de novas subestações) e evitar o desligamento da linha quando for uma falta transitória. O uso de LCCs também pode aumentar a vida útil de dispositivos e equipamentos que estejam superados devido ao aumento dos níveis de corrente de curto-circuito, postergando ou evitando a recapacitação de subestações existentes.

Neste contexto, o presente projeto estuda diferentes tecnologias de LCCs, como: baseadas em eletrônica de potência (indutor série chaveado, circuito ressonante e ponte), em dispositivos supercondutores (indutivo de núcleo saturado, indutivo de núcleo blindado e supercondutor resistivo) e soluções híbridas que combinam mais de uma configuração. Os estudos ocorrem para as tecnologias em diferentes fases da cadeia de inovação, desde pesquisas básicas, até aquelas que estão iniciando sua inserção na indústria. Todavia, o foco é único de tornar os LCCs dispositivos comerciais.

As pesquisas envolvem modelagem matemática dos LCCs, que pode ser feita analiticamente, por programas de transitórios eletromagnéticos (olhando também sua atuação numa rede elétrica) e por métodos como elementos finitos e diferenças finitas. As investigações também abordam atividades práticas, com a construção de protótipos laboratoriais e de média tensão, que são produzidos por parceiros fabricantes em projetos de P&D, para instalação em campo.

## 2 - Modelagem e Análise de Sistemas de Energia Elétrica:

***Docentes permanentes envolvidos:*** André Abel Augusto, André da Costa Pinho, Angelo Cesar Colombini, Bruno Soares Moreira Cesar Borba, Henrique de Oliveira Henriques, Julio Cesar Stacchini de Souza, Marcio Zamboti Fortes, Sergio Gomes Junior, Vitor Hugo Ferreira e Yona Lopes

***Docentes colaboradores envolvidos:*** Rainer Zanghi

Esta linha de pesquisa está dedicada ao estudo de problemas de sistemas de energia elétrica, através de obtenção inteligente de dados, desenvolvimento de modelos matemáticos e implementação computacional, ou seja, promove o desenvolvimento de novos algoritmos, métodos numéricos, modelos computacionais, critérios,

procedimentos e técnicas de simulação, buscando novas e melhores soluções que otimizem aspectos econômicos, sociais, de adequação, de segurança, de qualidade e continuidade relacionados aos sistemas elétricos. Está focado na integração das mais modernas técnicas de sensoriamento que propiciam o uso de ferramentas, tais como técnicas de otimização, inteligência computacional, aprendizado de máquina e metaheurísticas. Atualmente, como projetos de pesquisa em desenvolvimento podem ser citados: desenvolvimento de métodos de previsão para o auxílio à tomada de decisão nos horizontes de planejamento da expansão e da operação de sistemas elétricos; estudo do impacto da inserção de novas fontes de geração no sistema; estudos das condições operativas do sistema através da análise e monitoramento de variáveis de relevância para o sistema elétrico, incluindo técnicas de controle e estimação de estados; desenvolvimentos computacionais de metodologias de análise e modelagem voltadas para dinâmica e controle, transitórios eletromagnéticos, ressonância subsíncrona, distorção harmônica ou estabilidade de tensão; simulações envolvendo fasores dinâmicos; estudos do desempenho dinâmico de FACTS e elos de corrente contínua (HVDC), incluindo análise de interações adversas, ajuste coordenado e o problema de múltiplas alimentações HVDC (multi-infeed); computação de alto desempenho na simulação de sistemas de potência; utilização de unidades de medição fasorial (PMU). Assim, são abordados os seguintes temas:

**Tema 1: Desenvolvimento de métodos de previsão para o auxílio à tomada de decisão nos horizontes de planejamento da expansão e da operação de sistemas elétricos.**

Ao longo dos últimos anos, a literatura tem mostrado o sucesso da aplicação de Redes Neurais Artificiais em complexos problemas multivariados envolvendo bases de dados de cardinalidade elevada na área de Sistemas Elétricos de Potência. Um dos fatores que explicam este êxito consiste na elevada flexibilidade e capacidade de aproximação deste tipo de modelo, visto que, dado um número suficiente de neurônios na camada oculta, modelos neurais podem aproximar com precisão arbitrária qualquer função contínua. Além disso, ao contrário dos modelos lineares clássicos, as Redes Neurais Artificiais apresentam poucas premissas básicas a serem verificadas, aumentando, assim, a sua robustez. Neste contexto, este projeto tem por objetivo o estudo e desenvolvimento de modelos neurais autônomos e sua avaliação como ferramenta para previsão de séries temporais (Carga, Vazão, Preço da Energia e Energia dos Ventos), com aplicações em Sistemas de Energia Elétrica.

**Tema 2: Estudo do impacto da inserção de novas fontes de geração no sistema**

Nas últimas décadas, as fontes renováveis de energia têm ganhado espaço no mundo, sendo apontadas como uma solução para a diversificação das matrizes de energia elétrica, aumento da segurança energética e redução de impactos ambientais associados com a geração de energia elétrica. Dentre as alternativas tecnológicas, merecem destaque as fontes de energia intermitentes. Fontes de energia intermitentes são recursos energéticos renováveis que, para fins de conversão em energia elétrica pelo sistema de geração, não podem ser armazenados em sua forma original. São considerados sistemas de geração intermitentes o sistema eólico, o solar fotovoltaico, e o concentrador solar sem armazenamento de energia. A interação diferenciada das fontes intermitentes com o sistema elétrico pode causar impactos locais e/ou mais amplos, devendo exigir novas abordagens e novas soluções para a operação do setor. Em sua maioria, os sistemas elétricos não apresentam dificuldade de operação quando fontes intermitentes são inseridas na matriz elétrica em pequena escala, usualmente inferior a 5% da demanda de carga, entretanto, os possíveis problemas começam a surgir quando a penetração das fontes intermitentes é mais expressiva. Neste sentido, este projeto tem por objetivo modelar e analisar o impacto da entrada em maior escala destas novas alternativas tecnológicas no setor elétrico.

### **Tema 3: Estudos das condições operativas do sistema através da análise e monitoramento de variáveis de relevância para o sistema elétrico, incluindo técnicas de controle e estimação de estado.**

Os atuais Centros de Operação do Sistema (COS) retratam o progresso significativo alcançado pela área de tecnologia da informação. Computadores com alta capacidade de processamento e armazenamento de informações, distribuídos em rede, com facilidades gráficas, permitiram o aprimoramento dos Sistemas de Gerenciamento de Energia em um COS e de seus programas aplicativos. As funções básicas de tais sistemas dizem respeito à aquisição e visualização de informações sobre a rede elétrica supervisionada em tempo real; ao tratamento de mensagens e alarmes e ao telecomando para abertura/fechamento de chaves e disjuntores. Este projeto busca a aplicação de técnicas de reconhecimento de padrões para o diagnóstico de defeitos e anormalidades sistêmicas e em geradores elétricos; o emprego de meta-heurísticas para a modelagem e solução de problemas relacionados ao planejamento e operação de sistemas de distribuição; a investigação de métodos voltados para a melhoria da segurança de sistemas elétricos de potência e o desenvolvimento de metodologias para problemas relacionados à estimação de estado de sistemas de potência e para o planejamento ótimo da operação de sistemas de transmissão e distribuição.

### **Tema 4: Estudos de Implementação de Redes Inteligentes utilizando software e hardware Livre**

O conceito de redes inteligentes (RI) representa uma das maiores evoluções em sistemas elétricos dos últimos anos. Os principais motivadores para seu estudo e desenvolvimento são: (i) Aumento do volume e da qualidade de informações a serem disponibilizadas para tomada de decisão nos processos de operação, manutenção e expansão do sistema; (ii) A crescente implantação de geração distribuída, com destaque para as fontes renováveis, estimulada pelo esgotamento futuro dos grandes aproveitamentos energéticos e a necessidade de redução dos impactos negativos ao meio ambiente. (iii) A mudança do papel do consumidor, que hoje tem um papel passivo, para interagir com o sistema elétrico, produzindo e comercializando sua energia, escolhendo seus fornecedores e gerenciando seu consumo de energia. Atualmente no Brasil, devido a uma regulação bastante rígida, este conceito tem sido expandido apenas para medições inteligentes, pois o retorno financeiro é garantido pelo combate aos furtos de energia. Outras funções tais como a reconfiguração automática da rede, integração e gerenciamento da geração distribuída, ilhamento, dentre outras, têm sido desenvolvidas em cidades inteligentes, apenas em caráter experimental ou demonstrativo. As principais ferramentas das RI's, independente das funções a serem implementadas, são o sensoriamento, o tratamento do dado a ser adquirido, desenvolver a inteligência para análise, diagnóstico e comandos locais e a comunicação em rede, interna e externa, para algum centro de controle. Esta linha de pesquisa tenta estudar soluções de baixo custo, utilizando hardware e software livres, onde as mais modernas técnicas de inteligência computacional podem ser desenvolvidas e embarcadas em minicomputadores ou em micro-controladores, visando buscar soluções locais para problemas operacionais, qualidade de fornecimento, eficiência energética, atendendo as limitações exigidas pela regulamentação da ANEEL.

### **Tema 5: Transitórios Eletromecânicos em Sistemas Elétricos de Potência**

Os transitórios eletromecânicos correspondem a variações das velocidades das máquinas síncronas que compõem as usinas elétricas. São transitórios de baixa frequência, da ordem do Hz, e que são associados à perda de sincronismo de usinas ou a oscilações crescentes, podendo em casos extremos, causar desligamentos de grandes proporções (black-outs). As análises dinâmicas envolvem principalmente simulações computacionais, podendo utilizar simulações no domínio do tempo por integração numérica, com modelos não lineares, ou análise linear, também utilizada na teoria de controle, com uma modelagem linearizada do sistema. Neste tema de pesquisa são investigadas modelagens e metodologias de análise dinâmica. Considera-se a iteração dinâmica dos diversos componentes, modelagem para transitórios eletromecânicos do comportamento dinâmico dos diversos componentes do sistema, análise de estabilidade eletromecânica, análise dinâmica a pequenos sinais, identificação e solução de problemas dinâmicos, ajustes coordenado de controladores e reprodução do comportamento dinâmico do sistema observados durante a operação com unidades de medição fasorial (PMUs).

### **Tema 6: Transitórios Eletromagnéticos em Sistemas Elétricos de**

## **Potência.**

Os transitórios eletromagnéticos são provocados por trocas dinâmicas de energia eletromagnética em redes de transmissão causadas por manobras ou descargas atmosféricas. São transitórios de alta frequência e resultam principalmente em sobretensões e sobrecorrentes que podem ser de intensidade muitas vezes maior que as suportadas em regime permanente, podendo em casos extremos provocar danos a equipamentos ou componentes e desligamentos. Neste tema de pesquisa são investigadas modelagens e metodologias de análise de transitórios eletromagnéticos. Considera-se principalmente as simulações computacionais de transitórios eletromagnéticos de manobra, análise linear de ressonâncias da rede de transmissão, análise de ressonância subsíncrona e o fenômeno da ferorrressonância. Considera-se ainda nesta linha de pesquisa a análise dinâmica de elos de corrente contínua e FACTS em alta frequência, incluindo ajuste de controladores, modelagem utilizando fasores dinâmicos, simulação de falhas de comutação e análise de múltiplas alimentações em corrente contínua (HVDC multi-infeed).

## **Tema 7: Métodos de Detecção, Localização e Combate às Perdas Técnicas e Não-técnicas**

O transporte da energia, seja na Rede Básica ou na distribuição, resulta inevitavelmente em perdas técnicas relacionadas à transformação de energia elétrica em energia térmica nos condutores (efeito joule), perdas nos núcleos dos transformadores, perdas dielétricas etc. As perdas não técnicas ou comerciais decorrem principalmente de furto (ligação clandestina, desvio direto da rede) ou fraude de energia (adulterações no medidor), popularmente conhecidos como “gatos”, erros de medição e de faturamento. Este projeto visa pesquisar métodos de obtenção e monitoramento de perdas técnicas on line no seguimento de baixa tensão, utilizando o conceito de redes inteligentes e Internet of Things (IoT). Este monitoramento é essencial para determinação das perdas não técnicas, pois estas são calculadas pela diferença entre as perdas totais (valor injetado de energia – somatório das energias consumidas pelos consumidores) e as perdas técnicas. Para atingir o objetivo do projeto, é necessário estudar os tipos de sensores térmicos a serem usados e avaliar a viabilidade de se usar sensores de fibra óptica. Devem ser estudados os métodos de transdução de temperatura para perdas técnicas em cabos nus, isolados ou cobertos. Para monitoramento das perdas “on line”, é necessário estudar que tipo de rede de comunicação deve ser adotada, tanto em grandes centros urbanos como em áreas rurais. Dentro da filosofia de IOT’s, deverão ser estudadas e desenvolvidas interfaces com dispositivos de consulta tais como Smart Watches, celulares e tablets.

## **Tema 8: Digitalização de Instalações dos Sistemas Elétricos de Potência**

O processo de digitalização de instalações do sistema elétrico tem trazido ganhos em qualidade e desempenho. Além de enormes mudanças no Setor Elétrico brasileiro, inclusive em sua regulamentação, o que traz enormes desafios em pesquisa e desenvolvimento, esta crescente digitalização tem

resultado na necessidade de estudo multidisciplinar para os sistemas de energia em diversas áreas como supervisão, controle, proteção e automação de sistemas elétricos e instalações. Temas extremamente relevantes na área incluem subestações digitalizadas, modelagem de sistemas elétricos com a norma IEC 61850, recuperação de falhas, segurança cibernética, Internet of Energy (IoE), dentre outros. A comunicação e a computação tornam-se essenciais no apoio a essas soluções gerando também novos desafios. Surgem novas opções de tecnologias para o sistema elétrico, como o 5G, e as Redes Definidas por Software (SDN) e adaptações na regulamentação inter(nacional) para atender a estas mudanças. Neste contexto, este projeto tem por objetivo o estudo do processo de digitalização do sistema elétrico e avaliação dos seus impactos para o avanço do sistema de energia elétrica. São estudos relevantes realizados neste projeto:

- A investigação de soluções e impactos na utilização de novas tecnologias como o 5G e SDN no sistema elétrico;
- A investigação de métodos voltados para a melhoria da segurança cibernética, o estudo das vulnerabilidades cibernéticas oriundas da digitalização do sistema e das formas de mitigar esses impactos;
- O estudo de soluções de alto desempenho e baixa latência;
- O estudo da aplicação da Norma IEC 61850 dentro e fora de subestações — incluindo seu uso em Teleproteção, Smart Meters, Qualidade de energia, E- mobility, Recursos de Energia Distribuída, Sincrofasores, dentre outros;
- A investigação de métodos voltados para a melhoria do desempenho na comunicação para sistemas elétricos de potência e o desenvolvimento de metodologias para os problemas relacionados.
- O estudo de redes de sensores de baixo custo (temperatura, vibração e acústico), distribuídos, utilizando novas tecnologias de comunicação (IoT), propiciando implantação de filosofias de apoio a manutenção e operação de sistemas, tais como “Deep Supervision” e “Early detection”.
- O estudo de algoritmos inteligentes de classificação e diagnóstico de eventos que possam ser embarcados em hardware de concentradores de dados, instalados

## ANEXO II – Declaração de Autenticidade de Documentos

### DECLARAÇÃO

Eu, \_\_\_\_\_,  
inscrito sob o CPF \_\_\_\_\_, declaro que a(s) cópia(s)  
discriminada(s) abaixo, apresentada(s) neste edital de seleção, contem(êm)  
informação(ões) verídica(s).

- diploma do curso de graduação
- histórico do curso de graduação
- cópia de documentos de identificação
- *curriculum vitae*

Declaro, também, que sou conhecedor dos termos descritos na Lei 13.726/2018:

*“Art. 3º - Na relação dos órgãos e entidades dos Poderes da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios com o cidadão, é dispensada a exigência de:*

*(...)*

*II – autenticação de cópia de documento, (...)*

*(...)*

*§2º - Quando, por motivo não imputável ao solicitante, não for possível obter diretamente do órgão ou entidade responsável documento comprobatório de regularidade, os fatos poderão ser comprovados mediante declaração escrita e assinada pelo cidadão, que, em caso de declaração falsa, ficará sujeito às sanções administrativas, civis e penais aplicáveis.”*

\_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_

(município)

\_\_\_\_\_  
(assinatura)

### **Anexo III – Declaração de Residência**

#### **DECLARAÇÃO DE RESIDÊNCIA**

Eu, **(nome completo)**, portador do documento de identidade **(número)**, órgão expedidor **(nome/sigla)** e do CPF nº **(número)**, nacionalidade \_\_\_\_\_, natural do Estado do(e) **(nome do Estado de nascimento)**, telefone **(DDD+número)**, celular **(DDD+número)**, e-mail **(endereço de e-mail válido)**, na falta de documentos para comprovação de residência, DECLARO para os devidos fins, sob penas da Lei, ser residente e domiciliado no endereço **(endereço completo, com rua, número, complemento, bairro, cep)**.

Declaro ainda, estar ciente de que a falsidade da presente declaração pode implicar na sanção penal prevista no Art. 299 do Código Penal, conforme transcrição abaixo:

“ Art. 299 – Omitir, em documento público ou particular, declaração que nele deveria constar, ou nele inserir ou fazer inserir Declaração falsa ou diversa da que devia ser escrita, com o fim de prejudicar direito, criar obrigação ou alterar a verdade sobre o fato juridicamente relevante” “Pena: reclusão de 1 (um) a 5 (cinco) anos e multa, se o documento é público e reclusão de 1 (um) a 3 (três) anos, se o documento é particular.”

(município), \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_

---

(nome completo e assinatura)

**ANEXO IV - Autodeclaração Cota Racial – negros (pretos e pardos)**

Eu, \_\_\_\_\_,  
abaixo assinado, de nacionalidade \_\_\_\_\_, nascido(a) em  
\_/\_/\_\_\_\_\_, no município de \_\_\_\_\_,  
estado \_\_\_\_\_, filho(a) de \_\_\_\_\_ e  
de \_\_\_\_\_, estado civil \_\_\_\_\_,  
residente e domiciliado(a) à \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_, CEP nº  
\_\_\_\_\_, portador(a) da cédula de identidade  
nº \_\_\_\_\_ expedida em  
\_/\_/\_\_\_\_\_, órgão expedidor \_\_\_\_\_, CPF  
nº \_\_\_\_\_ declaro, sob as penas da lei que sou ( ) preto ( ) pardo.

Declaro, ainda, ter ciência de que as informações prestadas para o processo de análise da condição declarada por mim, com vistas ao ingresso pelo sistema de cotas, são de minha inteira responsabilidade e quaisquer informações inverídicas prestadas implicará no indeferimento da minha solicitação e na aplicação de medidas legais cabíveis. Na hipótese de configuração de fraude em qualquer momento, inclusive posterior à matrícula, estou também ciente que posso perder o direito à vaga conquistada e a quaisquer direitos dela decorrentes, independentemente das ações legais cabíveis que a situação requerer. Por ser verdade, dato e assino.

\_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 202\_.

Local

Data

---

Assinatura do(a) declarante

## ANEXO V - Autodeclaração Cota Racial – Indígena

Eu \_\_\_\_\_ civilmente \_\_\_\_\_ registrado(a) \_\_\_\_\_ como,  
\_\_\_\_\_, de nacionalidade \_\_\_\_\_,  
nascido(a) em \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_, no  
município de \_\_\_\_\_, estado \_\_\_\_\_  
, filho(a) de \_\_\_\_\_ e  
de \_\_\_\_\_, estado  
civil \_\_\_\_\_, residente e domiciliado(a)  
à \_\_\_\_\_  
CEP nº \_\_\_\_\_, portador(a) RG (ou RANI)  
\_\_\_\_\_, expedida em \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_, órgão  
expedidor \_\_\_\_\_, CPF nº \_\_\_\_\_ me  
identifico como indígena e informo a seguir  
o(s) critério(s) utilizado(s) para me autodeclarar indígena.

( ) Etnia ou povo a que pertenço. Especifique: \_\_\_\_\_

( ) Origem familiar/antepassados. Especifique: \_\_\_\_\_

( ) Outros. Especifique: \_\_\_\_\_

Declaro, ainda, ter ciência de que as informações prestadas para o processo de análise da condição declarada por mim, com vistas ao ingresso pelo sistema de vaga adicional, são de minha inteira responsabilidade e quaisquer informações inverídicas prestadas implicará no indeferimento da minha solicitação e na aplicação de medidas legais cabíveis. Na hipótese de configuração de fraude em qualquer momento, inclusive posterior à matrícula, estou também ciente que posso perder o direito à vaga conquistada e a quaisquer direitos dela decorrentes, independentemente das ações legais cabíveis que a situação requerer. Por ser verdade, dato e assino.

\_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 202\_\_.

Local

Data

\_\_\_\_\_  
Assinatura do(a) declarante

**ANEXO VI - Autodeclaração vaga adicional -- Pessoa com deficiência**

Eu, \_\_\_\_\_,  
abaixo assinado, de nacionalidade \_\_\_\_\_, nascido(a) em  
\_/\_/\_\_\_\_\_, no município de \_\_\_\_\_, estado  
\_\_\_\_\_, filho(a) de \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_ e de \_\_\_\_\_,  
estado civil \_\_\_\_\_, residente e domiciliado(a) à \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_ CEP nº \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_, portador(a) da cédula de identidade nº \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_, expedida em \_/\_/\_\_\_\_\_, órgão expedidor \_\_\_\_\_  
, CPF nº \_\_\_\_\_ declaro, sob as penas da lei que sou  
pessoa com deficiência, conforme comprovação médica incluída na  
documentação exigida pelo Programa Declaro, ainda, ter ciência de  
que as informações prestadas para o processo de análise da condição declarada por  
mim, com vistas ao ingresso pelo sistema de vaga adicional, são de minha inteira  
responsabilidade e quaisquer informações inverídicas prestadas implicará no  
indeferimento da minha solicitação e na aplicação de medidas legais cabíveis. Na  
hipótese de configuração de fraude em qualquer momento, inclusive posterior à  
matrícula, estou também ciente que posso perder o direito à vaga conquistada e a  
quaisquer direitos dela decorrentes, independentemente das ações legais cabíveis que  
a situação requerer. Por ser verdade, dato e assino.

\_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 202\_.  
Local Data

\_\_\_\_\_  
Assinatura do(a) declarante

## ANEXO VII – Vulnerabilidade Financeira

Eu, \_\_\_\_\_,  
abaixo assinado, de nacionalidade \_\_\_\_\_, nascido(a) em  
\_/\_/\_\_\_\_\_, no município de \_\_\_\_\_,  
estado \_\_\_\_\_, filho(a) de \_\_\_\_\_ e  
de \_\_\_\_\_, estado civil \_\_\_\_\_,  
residente e domiciliado(a) à \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_, CEP nº  
\_\_\_\_\_, portador(a) da cédula de identidade  
nº \_\_\_\_\_, expedida em  
\_/\_/\_\_\_\_\_, órgão expedidor \_\_\_\_\_, CPF  
nº \_\_\_\_\_ declaro, sob as penas da lei, que me encontro em

condições de vulnerabilidade financeira. Declaro, ainda, ter ciência de que as informações prestadas para o processo de análise da condição declarada por mim, com vistas ao ingresso pelo sistema de cotas, são de minha inteira responsabilidade e quaisquer informações inverídicas prestadas implicará no indeferimento da minha solicitação e na aplicação de medidas legais cabíveis. Na hipótese de configuração de fraude em qualquer momento, inclusive posterior à matrícula, estou também ciente que posso perder o direito à vaga conquistada e a quaisquer direitos dela decorrentes, independentemente das ações legais cabíveis que a situação requerer. Por ser verdade, dato e assino.

\_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 202\_.

Local

Data

---

Assinatura do(a) declarante