

## ANEXO I - ÁREAS TEMÁTICAS 2026.2

**Linha de Pesquisa: AUTOMAÇÃO E CONTROLE**

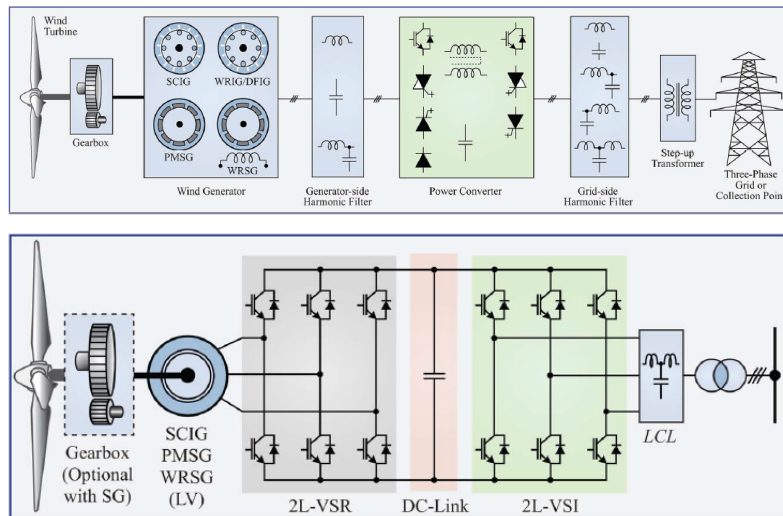
| ÁREA TEMÁTICA 1 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |              |
|-----------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| Título          | Sistemas de Controle com Aplicações na Indústria, Processos Biomédicos e Sistemas Elétricos                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |              |
| Vagas           | Mestrado: 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Doutorado: 1 |
| Palavras-chaves | Controle de Sistemas com Atraso; Modelagem e Controle de Eletrolisadores; Hidrogênio Verde; Controle de Sistemas Lineares com Parâmetros Variantes; Controle Preditivo; Identificação de Sistemas                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |              |
| Descrição       | <p>Estudo teórico e aplicado de estratégias de controle avançado voltadas para aplicações industriais visando o aumento do desempenho e eficiência. Dentro deste âmbito serão estudados modelos que representam uma variedade ampla dos processos industriais tais como modelos lineares, não lineares, monovariáveis, multivariáveis, com saturação nos atuadores e atraso de transporte. O problema de controle será contornado basicamente utilizando controladores baseados em preditores, controladores baseados em parâmetros variantes no tempo e técnicas avançadas de controle não linear. No estudo serão considerados especificações de desempenho, robustez e/ou critérios econômicos. Do ponto de vista teórico se dará ênfase ao estudo da estabilidade utilizando métodos baseados no critério de estabilidade de Lyapunov e a abordagem de desigualdades matriciais lineares (LMI). Modelagem e controle de eletrolisadores, incluindo modelo elétrico e modelo térmico, buscando a melhorar eficiência e segurança de estações de eletrolise de hidrogênio verde. Estudo da utilização de células de combustível para veículos elétricos autônomos. Além de aplicações com hidrogênio, para consolidar os resultados teóricos serão utilizados um conjunto de processos industriais do Grupo de Pesquisa em Automação Controle e Robótica (<a href="https://gpar.ufc.br/">https://gpar.ufc.br/</a>) tais como incubadora neonatal, robôs móveis, veículos elétricos autônomos, planta de dessalinização por osmose reversa, máquina de relutância variável, geradores de indução duplamente alimentados, veículos aéreos não tripulados, quadcopteros, processos biomédicos, sistemas elétricos de potência, dentre outros processos.</p> |              |
| Abstract        | <p>Theoretical and experimental study of advanced control strategies aimed at the increasing of performance and efficiency of industrial processes. Within this scope, models representing a wide variety of industrial processes will be studied, such as linear, non-linear, monovariate, multivariate models, with actuator saturation and transport delay. The control problem will be solved basically using controllers based on predictors, on time-varying parameters and advanced nonlinear control techniques. The study will consider performance specifications, robustness, and economic criteria. From a theoretical point of view, emphasis will be placed on the study of stability using Lyapunov-based methods and linear matrix inequalities (LMI). Modeling and control of electrolyzers, including electrical model and thermal model, seeking to improve the efficiency and safety of green hydrogen electrolysis stations. Study of the use of fuel cells for autonomous electric vehicles. In addition to hydrogen applications, to consolidate the theoretical results, a set of industrial processes from the Research Group on Control Automation and Robotics (<a href="https://gpar.ufc.br/">https://gpar.ufc.br/</a>) will be used, such as a neonatal incubator, mobile robots, reverse osmosis desalination plant, variable reluctance machine, double-fed induction generator, unmanned aerial vehicles, quadcopters, biomedical processes, electrical power systems, modelling and control of eletrolizers, among other processes.</p>                                                                                                                                                                                   |              |
| Referências     | <p>[1] Lima, T. A. ; Almeida Filho, M. P.; Torrico, B. C. ; Nogueira, Fabricio Gonzalez ; Correia, W. B. . A practical solution for the control of time-delayed and delay-free systems with saturating actuators. European Journal Of Control, v. 1, p. 1-20, 2019.</p> <p>[2] Nogueira, F.G.; Barra Jr, W. ; Costa Junior, C. T. ; Lana, J. . LPV-based power system stabilizer: Identification, control and field tests. Control Engineering Practice, v. 72, p. 53-67, 2018.</p> <p>[3] Torrico, B. C; Almeida, M. P.; Lima, T. A.; Sá R. C.; Nogueira, F .G. Tuning of a dead-time compensator focusing on industrial processes. ISA transactions, v. 83, p. 189-198, 2018.</p> <p>[4] Normey-Rico, J. E.; Camacho, E. F. . Control of Dead-time Processes. 1. ed. Berlin: Springer, 2007. v. 1. 488p.</p> <p>[5] Mohammadpour, Javad, Scherer, Carsten W. , Control of Linear Parameter Varying Systems with Applications, Springer-Verlag New York, 2012.</p> <p>[6] J. Fernandez de Canete, C. Galindo, J Barbancho, A. Luque, Automatic Control Systems in Biomedical Engineering, Springer, 2018.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |              |

|  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|--|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | <p>[7] Hassan K. Khalil , Nonlinear Systems, Third Edition Prentice Hall, 2002.</p> <p>[8] Prabha Kundur, Power System Stability and Control, McGraw-Hill Education; 1st edition, 1994.</p> <p>[9] Lima, T. A. ; Madeira, D. de S.; Viana, V V; Oliveira, R. C. L. F. Static output feedback stabilization of uncertain rational nonlinear systems with input saturation. Systems &amp; Control Letters, v. 168, 2022.</p> <p>[10] Carlos Bordons , Félix Garcia-Torres , Miguel A. Ridaio. Model Predictive Control of Microgrids. Springer 2020.</p> <p>[11] P. Olivier, C. Bourasseau and P. B. Bouamama, “Low-temperature electrolysis system modelling: A review,” Renewable and Sustainable Energy Reviews, vol. 78, pp. 280-300, 2017.</p> <p>[12] M. E. Lebbal and S. Lecœuche, “Identification and monitoring of a PEM electrolyser based on dynamical modelling,” International Journal of Hydrogen Energy, vol. 34, no. 14, pp. 5992-5999, 2009.</p> |
|--|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

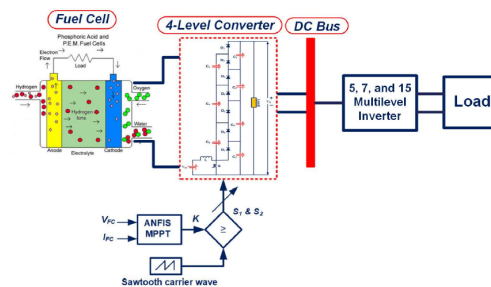
| ÁREA TEMÁTICA 2 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |              |
|-----------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| Título          | Controle Não Linear Baseado em Dados, com Aplicações de Redes Neurais Artificiais para Estabilização de Sistemas Dinâmicos                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |              |
| Vagas           | Mestrado: 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Doutorado: 1 |
| Palavras-chaves | Controle Não Linear, Controle Baseado em Dados, Dissipatividade de Sistemas, Redes Neurais Artificiais                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |              |
| Descrição       | <p>Em um ambiente industrial, engenheiros frequentemente tem de enfrentar o desafio de projetar um controlador estabilizante para uma determinada planta sem dispor de um modelo matemático preciso para a mesma [1]. Contando apenas com um conjunto de dados coletados a partir de experimentos em bancada, tais como dados de entrada e de saída da planta, informações sobre o estado do sistema e do nível de ruído presente, uma lei de controle por realimentação precisa ser determinada e implementada pelo projetista [2]. É neste contexto que a abordagem conhecida como <b>Controle Baseado em Dados</b> se mostra bastante pertinente, constituindo uma linha de pesquisa que tem despertado grande interesse na área de Automação e Controle em todo o mundo [1]. Ao contrário das estratégias clássicas em que se determina (identifica) um modelo válido para a planta a partir de medições para, posteriormente, projetar um controlador utilizando métodos convencionais baseados em modelo, a verificação de <b>condições de estabilidade baseadas apenas nos dados</b> e que garantam estabilização em malha fechada (sem determinar explicitamente um modelo matemático para o sistema) constitui uma abordagem bastante promissora e que tem ganhado bastante popularidade nos últimos anos [3]. No contexto dos sistemas não lineares, especificamente, condições de estabilização baseadas em dados para dinâmicas polinomiais foram propostas utilizando ferramentas sum-of-squares (SOS), por exemplo, [3], [7]. Sistemas com e sem saturação na entrada foram analisados, bem como sistemas em tempo contínuo e também em tempo discreto. Em um contexto mais geral, onde os sistemas não sejam polinomiais, redes neurais artificiais podem ser utilizadas, constituindo uma estratégia baseada em dados bem generalista [5]. Combinada à utilização de técnicas de verificação formal, o uso de redes neurais para projeto de controladores estabilizantes é uma realidade e permite tratar uma classe de sistemas não lineares muito mais ampla do que os sistemas polinomiais.</p> <p>Tendo como justificativa os argumentos apresentados acima, a linha de pesquisa proposta para esta Área Temática sugere o desenvolvimento de novas estratégias de controle baseado em dados para sistemas não lineares utilizando o conceito de dissipatividade de sistemas [4], [6], e visando, principalmente, <b>aplicações nas áreas de eletrônica de potência e de sistemas de energia</b> [8], [9]. A linha de pesquisa também contempla a aplicação de redes neurais artificiais para fins de projetos de controladores, conforme feito em [5], em que excelentes resultados preliminares foram alcançados.</p> |              |
| Abstract        | <p>In an industrial setting, engineers often face the challenge of designing a stabilizing controller for a given plant without having a precise mathematical model for it [1]. Relying solely on a dataset collected from experiments, such as plant input and output data, information on the system state components, and the noise level present, a feedback control law needs to be determined and implemented by the designer [2]. It is in this context that the approach known as <b>Data-Driven Control</b> proves to be quite relevant, presenting a line of research that has aroused great interest in</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |              |

|             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|-------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|             | <p>the field of Automation and Control worldwide [1]. Unlike classic strategies where a valid plant model is determined (identified) from measurements, and a controller is subsequently designed using conventional model-based methods, checking <b>stability conditions based solely on data</b> and guaranteeing closed-loop stabilization (without explicitly determining a mathematical model for the system) is a very promising approach that has gained considerable popularity in recent years [3]. In the context of nonlinear systems, specifically, data-based stabilization conditions for polynomial dynamics have been proposed using sum-of-squares (SOS) tools, for example, see [3] and [7]. Systems with and without input saturation were analyzed, as well as continuous-time and discrete-time systems. In a more general context, where the systems are not polynomial, artificial neural networks can be used, constituting a very general data-based strategy [5]. Combined with the use of formal verification tools, the use of neural networks for the design of stabilizing controllers is a reality and allows for the handling of a much wider class of nonlinear systems than polynomial ones. Based on the arguments presented above, the research line proposed for this Thematic Area suggests the development of new data-driven control strategies for nonlinear systems using the concept of system dissipativity [4], [6], and aiming, primarily, at <b>applications in the areas of power electronics and energy systems</b> [8], [9]. The research line also includes the application of artificial neural networks for controller design purposes, as done in [5], where excellent preliminary results were achieved.</p>                                                                                                                                                                                       |
| Referências | <p>[1] C. De Persis and P. Tesi, "Formulas for Data-Driven Control: Stabilization, Optimality, and Robustness," in IEEE Transactions on Automatic Control, vol. 65, no. 3, pp. 909-924, March 2020.</p> <p>[2] H. J. van Waarde, C. De Persis, M. K. Camlibel and P. Tesi, "Willems' Fundamental Lemma for State-Space Systems and Its Extension to Multiple Datasets," in IEEE Control Systems Letters, vol. 4, no. 3, pp. 602-607, July 2020.</p> <p>[3] M. Guo, C. De Persis and P. Tesi, "Learning control for polynomial systems using sum of squares relaxations," 2020 59th IEEE Conference on Decision and Control (CDC), 2020, pp. 2436-2441.</p> <p>[4] D. de S. Madeira, "Necessary and Sufficient Dissipativity-Based Conditions for Feedback Stabilization," in IEEE Transactions on Automatic Control, vol. 67, no. 4, pp. 2100-2107, April 2022.</p> <p>[5] H. Wang, K. Miao, D. de S. Madeira, A. Papachristodoulou, "Learning Neural Controllers with Optimality and Stability Guarantees Using Input-Output Dissipativity," Automatica, 2025. (Accepted)</p> <p>[6] D. de S. Madeira, J. G. N. Silva, G. F. Machado and A. Papachristodoulou, "Nonlinear Static Output Feedback Design for Polynomial Systems With Non-Symmetric Input Saturation Bounds," in IEEE Control Systems Letters, vol. 9, pp. 937-942, 2025.</p> <p>[7] M. Guo, C. De Persis and P. Tesi, "Data-driven stabilization of nonlinear polynomial systems with noisy data," in IEEE Transactions on Automatic Control, 2020.</p> <p>[8] S. Simani, S. Alvisi and M. Venturini, "Data-driven scontrol techniques for renewable energy conversion systems: wind turbine and hydroelectric plants," in Electronics, vol. 8, pp. 237, 2019.</p> <p>[9] S. Chapaloglou, D. Varagnolo, F. Marra and E. Tedeschi, "Data-driven energy management of isolated power systems under rapidly varying operating conditions," in Applied Energy, vol. 314, pp. 118906, 2022.</p> |

| ÁREA TEMÁTICA 3 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |              |
|-----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| Título          | Aplicações de Eletrônica de Potência em Energias Renováveis                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |              |
| Vagas           | Mestrado: 0                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Doutorado: 1 |
| Palavras-chaves | Sistema <i>Off-Grid</i> , Conversores Bidirecionais, Acionamento de Máquinas Elétricas                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |              |
| Descrição       | <p>A eletrônica de potência desempenha um papel fundamental no avanço e na aplicação bem-sucedida de energia renovável e geração distribuída. Essa área da engenharia elétrica se concentra no desenvolvimento de dispositivos, circuitos e sistemas que permitem a conversão, o controle e o condicionamento eficiente da energia elétrica.</p> <p>As fontes de energia renovável, como a energia solar e a energia eólica, estão se tornando cada vez mais importantes em nosso esforço para reduzir a dependência de combustíveis fósseis e mitigar os impactos das mudanças climáticas. No entanto, essas fontes de energia são intermitentes e flutuantes, o que requer sistemas de eletrônica de potência para torná-las viáveis e integrá-las à rede elétrica de forma confiável.</p> <p>Um dos principais desafios enfrentados nas aplicações de energia renovável é a necessidade de converter a energia gerada em uma forma utilizável e estável. Os painéis solares e as turbinas eólicas geram energia em corrente contínua (CC), mas a maioria das aplicações requer energia em corrente alternada (CA). A eletrônica de potência desempenha um papel essencial nessa conversão de CC para CA, por meio de inversores de frequência, que transformam a energia em uma forma adequada para alimentar a rede elétrica.</p> <div data-bbox="397 918 1157 1288" data-label="Diagram"> </div> <p>Os sistemas de eletrônica de potência são responsáveis pelo controle e condicionamento da energia gerada. Isso inclui o rastreamento do ponto de máxima potência dos painéis solares, garantindo que eles operem na melhor eficiência possível, bem como o controle da velocidade e da frequência das turbinas eólicas para otimizar a produção de energia.</p> <div data-bbox="411 1460 1161 1659" data-label="Diagram"> </div> <p>Além disso, a eletrônica de potência é essencial para a implementação de sistemas de armazenamento de energia, como baterias e sistemas de armazenamento em larga escala. Esses sistemas desempenham um papel crítico na estabilização das flutuações de energia das fontes renováveis intermitentes, permitindo um suprimento de energia mais confiável e uma melhor integração das energias renováveis na rede elétrica.</p> |              |



Em resumo, a eletrônica de potência é uma tecnologia-chave para a viabilidade e o crescimento das energias renováveis e da geração distribuída. Ela permite a conversão eficiente de energia, o controle e o condicionamento necessários para integrar fontes renováveis à rede elétrica, além de possibilitar a implementação de sistemas de armazenamento de energia. Com o contínuo avanço da eletrônica de potência, podemos esperar uma expansão ainda maior do uso de energia renovável e geração distribuída.



## Abstract

Power electronics plays a fundamental role in the advancement and successful application of renewable energy and distributed generation. This field of electrical engineering focuses on the development of devices, circuits, and systems that enable the efficient conversion, control, and conditioning of electrical power.

Renewable energy sources, such as solar and wind power, are becoming increasingly important in our efforts to reduce dependence on fossil fuels and mitigate the impacts of climate change. However, these energy sources are intermittent and variable, requiring power electronics systems to make them viable and integrate them reliably into the electrical grid.

One of the main challenges in renewable energy applications is the need to convert the generated power into a usable and stable form. Solar panels and wind turbines produce direct current (DC) power, but most applications require alternating current (AC). Power electronics plays a crucial role in this DC-to-AC conversion through frequency inverters, which transform the energy into a form suitable for feeding into the power grid. Power electronics systems are responsible for controlling and conditioning the generated energy. This includes maximum power point tracking (MPPT) for solar panels, ensuring they operate at peak efficiency, as well as controlling the speed and frequency of wind turbines to optimize power output.

Additionally, power electronics is essential for implementing energy storage systems, such as batteries and large-scale storage solutions. These systems play a critical role in stabilizing fluctuations from intermittent renewable sources, enabling a more reliable power supply and better integration of renewables into the grid. In summary, power electronics is a key technology for the feasibility and growth of renewable energy and distributed generation. It enables efficient energy conversion, control, and conditioning necessary to integrate renewable sources into the grid, while also facilitating the

|             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|             | implementation of energy storage systems. With continued advancements in power electronics, we can expect an even greater expansion of renewable energy and distributed generation.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Referências | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. S. Kouro, J. I. Leon, D. Vinnikov and L. G. Franquelo, "Grid-Connected Photovoltaic Systems: An Overview of Recent Research and Emerging PV Converter Technology," in <i>IEEE Industrial Electronics Magazine</i>, vol. 9, no. 1, pp. 47-61, March 2015, doi: 10.1109/MIE.2014.2376976.</li> <li>2. S. Bacha, D. Picault, B. Burger, I. Etxeberria-Otadui and J. Martins, "Photovoltaics in Microgrids: An Overview of Grid Integration and Energy Management Aspects," in <i>IEEE Industrial Electronics Magazine</i>, vol. 9, no. 1, pp. 33-46, March 2015, doi: 10.1109/MIE.2014.2366499.</li> <li>3. H. Badihi, Y. Zhang, B. Jiang, P. Pillay and S. Rakheja, "A Comprehensive Review on Signal-Based and Model-Based Condition Monitoring of Wind Turbines: Fault Diagnosis and Lifetime Prognosis," in <i>Proceedings of the IEEE</i>, vol. 110, no. 6, pp. 754-806, June 2022, doi: 10.1109/JPROC.2022.3171691.</li> <li>4. B. Yang et al., "A critical survey of technologies of large offshore wind farm integration: summary, advances, and perspectives," in <i>Protection and Control of Modern Power Systems</i>, vol. 7, no. 2, pp. 1-3, April 2022, doi: 10.1186/s41601-022-00239-w.</li> <li>5. Y. Sun, Z. Zhao, M. Yang, D. Jia, W. Pei and B. Xu, "Overview of energy storage in renewable energy power fluctuation mitigation," in <i>CSEE Journal of Power and Energy Systems</i>, vol. 6, no. 1, pp. 160-173, March 2020, doi: 10.17775/CSEEJPES.2019.01950.</li> <li>6. V. Gevorgian, S. Shah, W. Yan and G. Henderson, "Grid-Forming Wind: Getting ready for prime time, with or without inverters," in <i>IEEE Electrification Magazine</i>, vol. 10, no. 1, pp. 52-64, March 2022, doi: 10.1109/MELE.2021.3139246.</li> <li>7. P. K. Maroti, S. Padmanaban, J. B. Holm-Nielsen, M. Sagar Bhaskar, M. Meraj and A. Iqbal, "A New Structure of High Voltage Gain SEPIC Converter for Renewable Energy Applications," in <i>IEEE Access</i>, vol. 7, pp. 89857-89868, 2019, doi: 10.1109/ACCESS.2019.2925564.</li> <li>8. S. Kumar Tiwari, B. Singh and P. K. Goel, "Design and Control of Microgrid Fed by Renewable Energy Generating Sources," in <i>IEEE Transactions on Industry Applications</i>, vol. 54, no. 3, pp. 2041-2050, May-June 2018, doi: 10.1109/TIA.2018.2793213.</li> <li>9. S. N. Mtolo and A. K. Saha, "A Review of the Optimization and Control Strategies for Fuel Cell Power Plants in a Microgrid Environment," in <i>IEEE Access</i>, vol. 9, pp. 146900-146920, 2021, doi: 10.1109/ACCESS.2021.3123181.</li> <li>10. C. Dhananjayulu, S. R. Khasim, S. Padmanaban, G. Arunkumar, J. B. Holm-Nielsen and F. Blaabjerg, "Design and Implementation of Multilevel Inverters for Fuel Cell Energy Conversion System," in <i>IEEE Access</i>, vol. 8, pp. 183690-183707, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.3029153</li> </ol> |

| ÁREA TEMÁTICA 4 |                                                                                                                                                 |              |
|-----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| Título          | Estudo e Simulação de Sistema <i>Off-Grid</i> Envolvendo Gerador Síncrono, BESS e SCM para Alimentar Máquinas Elétricas de Guindastes Marítimos |              |
| Vagas           | Mestrado: 1                                                                                                                                     | Doutorado: 0 |
| Palavras-chaves | Sistema <i>Off-Grid</i> , Conversores Bidirecionais, Acionamento de Máquinas Elétricas                                                          |              |

|             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|-------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Descrição   | <p>Os guindastes marítimos usam sistemas de acionamento baseados em máquinas elétricas que, dependendo do içamento e descida dos pesos manipulados, operam como motores e geradores. Durante a condição <i>On-Grid</i>, as máquinas elétricas são alimentadas pela rede elétrica da concessionária. Por outro lado, quando ocorre a falta de energia da concessionária, há necessidade de fornecimento de energia do <i>Off_Grid</i>. A simples instalação de geradores a gás natural não é capaz de fornecer instantaneamente as potências abruptas e intermitentes drenadas pelos guindastes, pois eles apresentam uma inércia na ordem de segundos para fornecer a energia elétrica necessária. A proposta da pesquisa é explorar a adição de bancos de baterias (<i>Battery Energy Storage Systems-BESS</i>) e módulos de supercapacitores (<i>Supercapacitor Modules-SCM</i>), assim, via uso de conversores estáticos, suprir energia durante os transitórios de entrada em regime de operação dos geradores a gás. Sabe-se que os barramentos do BESS e SCM são de tensão contínua e das máquinas elétricas em tensão alternada. Para compatibilizar as tensões dos barramentos citados, são necessários conversores estáticos unidirecionais e bidirecionais. Portanto, o objetivo será estudar com conversores em malha fechada, assim como a integração deles ao sistema comum todo</p> |
| Abstract    | <p>Marine cranes use drive systems based on electric machines that, depending on the lifting and lowering of the weights being handled, operate as motors and generators. During on-grid operation, these electric machines are powered by the utility grid. On the other hand, when there is a power outage from the utility company, there is a need for off-grid power supply. Simply installing natural gas generators is not capable of instantly supplying the abrupt and intermittent power drawn by the cranes, as they exhibit an inertia on the order of seconds before providing the necessary electrical energy. The research proposal aims to explore the addition of battery energy storage systems (BESS) and supercapacitor modules (SCM) to supply energy during the transient phases of gas generators during operation, using static converters. It is known that the BESS and SCM buses operate at direct current (DC), while the electrical machines operate at alternating current (AC). To match the voltages of these buses, unidirectional and bidirectional static converters are necessary. Therefore, the objective will be to study closed-loop converters and their integration into the overall common system.</p>                                                                                                                                                 |
| Referências | <p>[1] Huang W., Yu M., Li H., Tai N. “Energy Management of Integrated Energy System in Large Ports”, Springer Series, 2023.</p> <p>[2] Tarasiuk T., Jayasinghe S. G., et al, “Review of Power Quality Issues in Maritime Microgrids”, IEEE Access, 2021, pp. 81798- 81817.</p> <p>[3] Yang H., Peng M., Zhong X., “Measurement-Driven Sizing of Energy Storage Systems for Port Distribution Grids”, International Conference on Power System Technology, POWERCON 2023, September 2023, pp.1-5.</p> <p>[4] Zhao N., Schofield N., Niu W., “Energy Storage System for a Port Crane Hybrid Power-Train”, IEEE Transactions on Transportation Electrification, Vol. 2, No. 4, December 2016, pp. 480-492.</p> <p>[5] Zhuk D., Zhuk O., et al, “Evaluation of Electric Power Quality in the Ship-Integrated Electrical Power System with a Main DC Bus and Power Semiconductor Electric Drives as Part of the Electric Propulsion Complex”, Energies 2023, pp. 1-26.</p> <p>[6] Parise G., Parise L. “Comprehensive Peak-Shaving Solutions for Port Cranes”, IEEE Transactions on Industry Applications, Vol. 53, No. 3, May/June 2017, pp. 1799-1806.</p> <p>[7] Kim K., Park K., “A Study on Applicability of Battery Energy Storage System (BESS) for Electric Propulsion Ships”, IEEE Transportation Electrification Conference and Exposition, Korea 2016, pp. 203-207.</p>                    |

| ÁREA TEMÁTICA 5 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |              |
|-----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| Título          | Desenvolvimento de Conversor CC-CC Bidirecional Intercalado de Alta Densidade de Potência com Semicondutores de Carbeto de Silício (SiC)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |              |
| Vagas           | Mestrado: 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Doutorado: 0 |
| Palavras-chaves | Conversor CC-CC, SiC, GaN                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |              |
| Descrição       | <p>Desenvolver, simular e validar experimentalmente um protótipo funcional (TRL 4) de conversor CC-CC bidirecional cuja arquitetura topológica intercalada multi-braços e de alta densidade de potência garanta, de forma nativa e estrutural, a mitigação da ondulação (<i>ripple</i>) de corrente nas baterias e uma eficiência de pico superior a 95%, utilizando semicondutores de Carbeto de Silício (SiC).</p> <p>Objetivos específicos:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Investigar, mapear e selecionar a topologia ideal de conversor CC-CC bidirecional, priorizando a redução do <i>ripple</i> e o alto ganho de tensão;</li> <li>2. Desenvolver a modelagem matemática e estática da topologia selecionada, determinando analiticamente as equações de ganho, a divisão estrutural de corrente e as perdas de condução e comutação nos modos de carga e descarga.</li> <li>3. Validar computacionalmente o comportamento da topologia e sua redução de <i>ripple</i> de corrente nos terminais da bateria por meio da modulação intercalada com deslocamento de fase espacial;</li> <li>4. Dimensionar e otimizar os componentes passivos (elementos magnéticos e capacitivos) combinados a MOSFETs de Carbeto de Silício (SiC), visando uma redução no volume e massa globais do hardware em comparação com as soluções padrão de mercado;</li> <li>5. Construir o protótipo físico experimental (MVP em TRL 4) na faixa de potência de 5 kW a 15 kW, implementando o arranjo físico simétrico de potência e os circuitos de acionamento de hardware necessários para suportar a topologia multi-braços;</li> <li>6. Avaliar experimentalmente em bancada o desempenho do hardware, utilizando analisadores de potência e osciloscópios para comprovar a eficiência energética superior a 95% e a eficácia da topologia no fornecimento de uma corrente de carga com ripple baixo.</li> </ol> |              |
| Abstract        | <p>Develop, simulate, and experimentally validate a functional prototype (TRL 4) of a bidirectional DC-DC converter whose multi-arm, high-power-density interleaved topological architecture natively and structurally ensures the mitigation of current ripple in batteries and a peak efficiency greater than 95%, using Silicon Carbide (SiC) semiconductors.</p> <p>Specific objectives:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Investigate, map, and select the ideal bidirectional DC-DC converter topology, prioritizing ripple reduction and high voltage gain;</li> <li>2. Develop the mathematical and static modeling of the selected topology, analytically determining the gain equations, the structural current division, and the conduction and commutation losses in the charging and discharging modes.</li> <li>3. Computationally validate the behavior of the topology and its reduction of current ripple at the battery terminals through interleaved modulation with spatial phase shifting;</li> <li>4. Dimension and optimize the passive components (magnetic and capacitive elements) combined with Silicon Carbide (SiC) MOSFETs, aiming for a reduction in the overall volume and mass of the hardware compared to standard market solutions;</li> <li>5. Build the experimental physical prototype (MVP in TRL 4) in the power range of 5 kW to 15 kW, implementing the symmetrical power arrangement and the hardware drive circuits necessary to support the multi-arm topology;</li> </ol>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |              |

|             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|-------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|             | 6. Experimentally evaluate the hardware performance on a test bench, using power analyzers and oscilloscopes to verify energy efficiency greater than 95% and the effectiveness of the topology in supplying a load current with low ripple.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Referências | <p>[1] K. D. N. Cavalcante <i>et al.</i>, "13 kW High-Efficiency Six-Arm High-Gain Transformerless Floating Interleaved Bidirectional Buck–Boost DC–DC Converter for EV Applications," <i>IEEE Access</i>, vol. 12, pp. 24891-24905, Feb. 2024, doi: 10.1109/ACCESS.2024.3364951.</p> <p>[2] S. Liu, G. Dong, T. Mishima, and C. M. Lai, "Over 98% Efficiency SiC-MOSFET Based Four-Phase Interleaved Bidirectional DC–DC Converter Featuring Wide-Range Voltage Ratio," <i>IEEE Transactions on Power Electronics</i>, vol. 39, no. 5, pp. 5812-5825, May 2024, doi: 10.1109/TPEL.2024.3356112.</p> <p>[3] S. Waffler, J. Biela, and J. W. Kolar, "Output ripple reduction of an automotive multi-phase bi-directional dc-dc converter," in <i>Proc. IEEE Energy Conversion Congress and Exposition (ECCE)</i>, San Jose, CA, USA, 2009, pp. 2184-2190, doi: 10.1109/ECCE.2009.5316335.</p> <p>[4] M. Zhou, L. Yu, and H. Wang, "A SiC-Based Highly Integrated Bidirectional AC/DC Converter for PEV Charging Applications," in <i>Proc. IEEE 3rd International Power Electronics and Application Symposium (PEAS)</i>, Shanghai, China, 2021, pp. 1-5, doi: 10.1109/PEAS53589.2021.9628711.</p> |

| ÁREA TEMÁTICA 6 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                     |
|-----------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|
| Título          | Carregadores para Veículos Elétricos: Topologias, Controle e Interação com a Rede Elétrica                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                     |
| Vagas           | <b>Mestrado: 2</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | <b>Doutorado: 0</b> |
| Palavras-chaves | Conversores CA/CC single-stage bidirecionais; Correção do fator de potência (PFC); Conversores Dual Active Bridge (DAB); Infraestrutura de recarga de veículos elétricos; Integração veículo-rede (V2G); Qualidade da energia elétrica                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                     |
| Descrição       | <p>O crescimento da penetração de veículos elétricos (VEs) tem intensificado a preocupação com os impactos do carregamento sobre os sistemas de distribuição, incluindo aumento da demanda de pico, sobrecarga de transformadores, degradação dos perfis de tensão e elevação das perdas técnicas [1]–[15]. Nesse contexto, os carregadores de baterias assumem papel fundamental na interação entre os VEs e a rede elétrica. Conforme apresentado por Yilmaz e Krein [16], os carregadores podem ser classificados em arquiteturas single-stage e multi-stage, além de configurações on-board e off-board. Nos últimos anos, observa-se um crescente interesse em conversores CA/CC bidirecionais single-stage isolados, capazes de combinar correção do fator de potência (PFC), isolamento galvânico e regulação da potência em uma única etapa de conversão [17]–[22]. Essas topologias empregam, em geral, estruturas derivadas de conversores Dual Active Bridge (DAB), enlaces de alta frequência e dispositivos de banda larga proibida, como transistores GaN, visando elevada densidade de potência, redução de perdas e operação bidirecional compatível com aplicações vehicle-to-grid (V2G) [17]–[21]. Destacam-se as recentes propostas trifásicas de Menzi et al. [18]–[20], Krismer et al. [17] e Lee et al. [21], que apresentam características buck-boost, comutação suave e elevada qualidade da corrente injetada ou absorvida da rede. Adicionalmente, estruturas isoladas bidirecionais capazes de realizar a conversão direta entre barramentos CC e sistemas CA trifásicos, como a proposta de Bosso et al. [22], evidenciam a tendência de integração entre armazenamento, fontes renováveis e infraestrutura de carregamento. Dessa forma, os conversores CA/CC single-stage surgem como uma alternativa promissora para carregadores on-board de média potência e carregadores rápidos off-board, contribuindo para uma interação mais eficiente e controlável entre os VEs e a rede elétrica.</p> |                     |
| Abstract        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                     |

|             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|-------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Referências | <p>[1] K. Clement-Nyns, E. Haesen, and J. Driesen, “The Impact of Charging Plug-In Hybrid Electric Vehicles on a Residential Distribution Grid,” <i>IEEE Transactions on Power Systems</i>, vol. 25, no. 1, pp. 371–380, Feb. 2010.</p> <p>[2] S. Rahman and G. B. Shrestha, “An investigation into the impact of electric vehicle load on the electric utility distribution system,” <i>IEEE Transactions on Power Delivery</i>, vol. 8, no. 2, pp. 591–597, Apr. 1993.</p> <p>[3] P. Richardson, D. Flynn, and A. Keane, “Impact assessment of varying penetrations of electric vehicles on low voltage distribution systems,” in <i>Proc. IEEE Power and Energy Society General Meeting</i>, Detroit, MI, USA, 2011.</p> <p>[4] P. Richardson, D. Flynn, and A. Keane, “Optimal charging of electric vehicles in low-voltage distribution systems,” <i>IEEE Transactions on Power Systems</i>, vol. 27, no. 1, pp. 268–279, Feb. 2012.</p> <p>[5] T. Markel <i>et al.</i>, “Communication and control of electric drive vehicles supporting renewables,” in <i>Proc. IEEE Vehicle Power and Propulsion Conference (VPPC)</i>, Arlington, TX, USA, 2007.</p> <p>[6] M. Yılmaz and P. T. Krein, “Review of Battery Charger Topologies, Charging Power Levels, and Infrastructure for Plug-In Electric and Hybrid Vehicles,” <i>IEEE Transactions on Power Electronics</i>, vol. 28, no. 5, pp. 2151–2169, May 2013.</p> <p>[7] M. Muratori, “Impact of uncoordinated plug-in electric vehicle charging on residential power demand,” <i>Nature Energy</i>, vol. 3, pp. 193–201, 2018.</p> <p>[8] J. Quiros-Tortos, L. F. Ochoa, and T. Butler, “How electric vehicles and the grid work together: Lessons learned from one of the largest electric vehicle trials in the world,” <i>IEEE Power and Energy Magazine</i>, vol. 16, no. 6, pp. 64–76, Nov./Dec. 2018.</p> <p>[9] A. Dubey and S. Santoso, “Electric Vehicle Charging on Residential Distribution Systems: Impacts and Mitigations,” <i>IEEE Access</i>, vol. 3, pp. 1871–1893, 2015.</p> |
|-------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

- [10] J. A. P. Lopes, F. J. Soares, and P. M. R. Almeida, "Integration of Electric Vehicles in the Electric Power System," *Proceedings of the IEEE*, vol. 99, no. 1, pp. 168–183, Jan. 2011.
- [11] M. A. Islam, H. R. Pota, M. J. Hossain, and M. A. Mahmud, "Probabilistic forecasting of EV charging load and its impact on distribution transformers," *Applied Energy*, vol. 157, pp. 206–214, Nov. 2015.
- [12] J. De Hoog, T. Alpcan, M. Brazil, D. Thomas, and I. Mareels, "Optimal Charging of Electric Vehicles Taking Distribution Network Constraints Into Account," *IEEE Transactions on Power Systems*, vol. 30, no. 1, pp. 365–375, Jan. 2015.
- [13] S. Habib, M. Kamran, and U. Rashid, "Impact analysis of vehicle-to-grid technology and charging strategies of electric vehicles on distribution networks – A review," *Journal of Power Sources*, vol. 277, pp. 205–214, Mar. 2015.
- [14] M. Marinelli *et al.*, "Electric vehicle charging: Impact on distribution grids and smart charging solutions," *Electric Power Systems Research*, vol. 130, pp. 82–98, Jan. 2016.
- [15] A. Navarro-Espinosa and L. F. Ochoa, "Probabilistic Impact Assessment of Low Carbon Technologies in LV Distribution Systems," *IEEE Transactions on Power Systems*, vol. 31, no. 3, pp. 2192–2203, May 2016.
- [16] M. Yilmaz and P. T. Krein, "Review of Battery Charger Topologies, Charging Power Levels, and Infrastructure for Plug-In Electric and Hybrid Vehicles," *IEEE Transactions on Power Electronics*, vol. 28, no. 5, pp. 2151–2169, May 2013.
- [17] F. Krismer, D. Menzi, P. Ziegler, A. Yang, and J. W. Kolar, "Optimal Space Vector Modulation of a New Bidirectional Dual-Active-Bridge-Type Single-Stage Isolated Three-Phase Buck-Boost PFC Rectifier System," *IEEE Journal of Emerging and Selected Topics in Power Electronics*, vol. 13, no. 1, pp. 72–90, Feb. 2025.
- [18] D. Menzi, F. Krismer, T. Ohno, J. Huber, J. W. Kolar, and J. Everts, "Novel Bidirectional Single-Stage Isolated Three-Phase Buck-Boost PFC Rectifier System," in *Proc. IEEE Applied Power Electronics Conference and Exposition (APEC)*, Orlando, FL, USA, 2023, pp. 1936–1944.
- [19] D. Menzi, J. W. Kolar, H. Sarnago, Ó. Lucía, and J. E. Huber, "New 600 V GaN Single-Stage Isolated Bidirectional 400 V Input Three-Phase PFC Rectifier," in *Proc. IEEE Energy Conversion Congress and Exposition (ECCE)*, Nashville, TN, USA, 2023, pp. 6529–6531.
- [20] M. Zhang, H. Zou, S. Farzankia, C. Chen, and A. Q. Huang, "Three Phase High-Frequency-Link-Y-Configuration AC-DC DAB Converter with Monolithic Bidirectional GaN Switch," in *Proc. IEEE Energy Conversion Congress and Exposition (ECCE)*, Phoenix, AZ, USA, 2024, pp. 1130–1136.
- [21] J. Lee, H. Jeong, T.-T. Le, and S. Choi, "Three-Phase Single-Stage Bidirectional CCM Soft-Switching AC–DC Converter With Minimum Switch Count," *IEEE Transactions on Power Electronics*, vol. 38, no. 2, pp. 2052–2062, Feb. 2023.
- [22] J. E. Bosso, M. Llomplà, G. G. Oggier, and G. O. García, "Isolated bidirectional DC-to-three-phase AC converter for integration of renewable energy sources to electric grid," *IET Power Electronics*, vol. 12, no. 8, pp. 2058–2068, Jun. 2019.

| ÁREA TEMÁTICA 7 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |              |
|-----------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| Título          | Suporte de tensão e frequência à rede elétrica a partir de BESS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |              |
| Vagas           | Mestrado: 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Doutorado: 0 |
| Palavras-chaves | Inércia; BESS; Suporte de tensão; Suporte de frequência                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |              |
| Descrição       | <p>A maior parte dos conversores estáticos conectados à rede elétrica, atualmente, operam segundo a filosofia de seguidor de rede (GFL, do inglês <i>grid-following</i>). Eles se assemelham a fontes de correntes. Isso garante que estes conversores consigam controlar a corrente elétrica e seguir perfeitamente o ponto de máxima potência, garantindo assim a otimização na conversão da energia elétrica. É similar com uma alta impedância paralela. Ele requer uma unidade dedicada para identificar o ângulo de tensão da grade (PLL, do inglês <i>phase-locked loop</i>) e calcular uma mudança de fase adequada das correntes do conversor para injetar a quantidade definida de potência ativa e reativa. Contudo, esta filosofia é incapaz de garantir tensão e frequência controladas. Tem muita dificuldade no suporte de frequência e funcionalidade de <i>black-start</i>. Por outro lado, conversores estáticos podem operar de acordo com a filosofia formadora de rede (GFM, do inglês <i>grid-forming</i>). Um controle de formador de rede tem um comportamento de uma fonte de tensão com baixa impedância em série. Ele regula a potência ativa e reativa apropriadamente para dar suporte à rede elétrica, controlando diretamente a magnitude e a frequência da tensão em seus terminais de saída. A implementação GFM é capaz de se auto-sincronizar com a rede sem a necessidade de uma unidade dedicada, mas emulando o princípio de sincronização de potência de um gerador síncrono real.</p> <p>Por outro lado, os IBRs atuais utilizam apenas a filosofia GFL, sendo, portanto, incapazes, manter tensão e frequência reguladas. Entretanto, dado que é possível associar as duas filosofias, GFL e GFM, a conversores estáticos aplicados a energias renováveis, este projeto de mestrado objetiva estudar sistemas de controle capazes de otimizar a operação híbrida de IBRs.</p> |              |
| Abstract        | <p>Most grid-connected static converters currently operate according to the grid-following (GFL) philosophy. They resemble current sources. This ensures that these converters can control the electrical current and perfectly follow the maximum power point, thus ensuring optimization in electrical energy conversion. It is similar to a high parallel impedance. A dedicated unit is required to identify the grid voltage angle (PLL, phase-locked loop) and calculate an appropriate phase shift of the converter currents to inject the defined amount of active and reactive power. However, this philosophy is unable to guarantee controlled voltage and frequency. It has great difficulty in frequency support and black-start functionality. On the other hand, static converters can operate according to the grid-forming (GFM) philosophy. A grid-forming control behaves like a voltage source with low series impedance. It regulates active and reactive power appropriately to support the power grid by directly controlling the magnitude and frequency of the voltage at its output terminals. The GFM implementation is capable of self-synchronizing with the grid without the need for a dedicated unit, but emulating the power synchronization principle of a real synchronous generator.</p> <p>On the other hand, current IBRs use only the GFL philosophy and are therefore unable to maintain regulated voltage and frequency. However, since it is possible to associate both philosophies, GFL and GFM, with static converters applied to renewable energies, this master's project aims to study control systems capable of optimizing the hybrid operation of IBRs.</p>                                                                                                                                                                                                         |              |
| Referências     | <p>[1] L. A. M. Lima and E. H. Watanabe, "Hybrid Control Scheme for VSC Presenting Both Grid-Forming and Grid-Following Capabilities," IEEE Transactions on Power Delivery, vol. 37, no. 6, pp. 4570–4581, Dec. 2022, doi: 10.1109/TPWRD.2022.3151715.</p> <p>[2] J. Matevosyan et al., "Grid-forming inverters: Are they the key for high renewable penetration?," IEEE Power and Energy Magazine, vol. 17, no. 6, pp. 89–98, Nov. 2019, doi: 10.1109/MPE.2019.2933072.</p> <p>[3] B. Kroposki et al., "Unifi specifications for grid-forming inverter-based resources—version 1," Universal Interoperability for Grid-Forming Inverters (UNIFI) Consortium, Tech. Rep. UNIFI-2022-2-1, 2022.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |              |

|  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|--|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | <p>[4] Y. Lin et al., "Research roadmap on grid-forming inverters," National Renewable Energy Lab.(NREL), Golden, CO (United States), 2020.</p> <p>[5] X. Zhao, Y. Xue, and X.-P. Zhang, "Fast frequency support from wind turbine systems by arresting frequency nadir close to settling frequency," IEEE Open Access Journal of Power and Energy, vol. 7, pp. 191–202, 2020.</p> <p>[6] Z. Zhao et al., "Decentralized Grid-Forming Control Strategy and Dynamic Characteristics Analysis of High-Penetration Wind Power Microgrids," IEEE Trans Sustain Energy, vol. 13, no. 4, pp. 2211–2225, Oct. 2022, doi: 10.1109/TSTE.2022.3189529.</p> <p>[7] Y. Jiao and H. Nian, "Grid-forming control for DFIG based wind farms to enhance the stability of LCC-HVDC," IEEE Access, vol. 8, pp. 156752–156762, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.3019691</p> |
|--|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

| ÁREA TEMÁTICA 8 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |              |
|-----------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| Título          | Estudo e modelagem de soluções para proteção contra raios em redes da ENEL acima de 36kV                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |              |
| Vagas           | Mestrado: 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Doutorado: 0 |
| Palavras-chaves | Proteção; Redes de distribuição; Lightning; Para-raios                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |              |
| Descrição       | <p>A rede de 69 kV da ENEL Ceará opera sob condições extremas de salinidade, especialmente na Zona C (até 5 km da costa), onde o risco de falha em equipamentos é de apenas 5 anos. A Especificação Técnica nº 407 CNC-NDBR-DBR-19-0407-EDBR impõe o uso mandatório de isoladores poliméricos em AT para mitigar o <i>flashover</i> por poluição, dada a alta densidade de depósito de sal (ESDD).</p> <p>O estudo proposto deve convergir duas frentes computacionais, a saber: Transitórios Eletromagnéticos (ATP/EMTP), cujo foco está na coordenação de isolamento determinística. Simulações indicam que descargas atmosféricas superiores a -34 kA induzem <i>backflashover</i> em cadeias de 69 kV (CFO de ~670 kV), tornando a resistência de aterramento e o posicionamento de para-raios variáveis interdependentes críticas. O modelo de progressão de <i>leader</i> (CIGRE) é essencial para prever a suportabilidade frente a frentes de onda rápidas. E, no Método de Elementos Finitos (MEF) a fim de prover o mapeamento do estresse dielétrico em junções triplíceis (metal-polímero-ar). A simulação deve considerar defeitos condutivos no eletrodo de alta tensão e a perda de hidrofobicidade superficial, quantificando a distorção do campo elétrico que precede o trilhamento e a erosão.</p> <p>Assim, esse estudo irá focar na modelagem acoplada: MEF para entender o estresse dielétrico em nível microscópico (defeitos e poluição) e ATP/EMTP para validar a coordenação de isolamento (BIL/CFO) frente a transitórios. Uma proposta de P&amp;D foi submetida à ENEL/ANEEL, e possivelmente suportará financeiramente este trabalho.</p> |              |
| Abstract        | <p>ENEL Ceará's 69 kV network operates under extreme salinity conditions, especially in Zone C (up to 5 km from the coast), where the risk of equipment failure is only 5 years. Technical Specification No. 407 CNC-NDBR-DBR-19-0407-EDBR mandates the use of polymeric insulators in HV to mitigate flashover due to pollution, given the high density of salt deposits (ESDD).</p> <p>The proposed study should converge two computational fronts, namely: Electromagnetic Transients (ATP/EMTP), which focuses on deterministic insulation coordination. Simulations indicate that atmospheric discharges greater than -34 kA induce backflashover in 69 kV chains (CFO of ~670 kV), making the grounding resistance and the positioning of lightning arresters critical interdependent variables. The leader progression model (CIGRE) is essential for predicting withstand capability against fast wavefronts. And, in the Finite Element Method (FEM) in order to provide the mapping of dielectric stress in triple junctions (metal-polymer-air). The simulation must consider conductive defects in the high-voltage electrode and the loss of surface hydrophobicity, quantifying the distortion of the electric field that precedes tracking and erosion.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |              |

|             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|-------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|             | Thus, this study will focus on coupled modeling: FEM to understand dielectric stress at the microscopic level (defects and pollution) and ATP/EMTP to validate insulation coordination (BIL/CFO) against transients. An R&D proposal has been submitted to ENEL/ANEEL, and will possibly financially support this work.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| Referências | <p>[1]. Gomes and V. Cooray, "Concepts of lightning return stroke models," in IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility, vol. 42, no. 1, pp. 82-96, Feb. 2000, doi: 10.1109/15.831708.</p> <p>[2]. A. Rakov and M. A. Uman, Lightning: Physics and Effects, Cambridge University Press, 2003.</p> <p>[3]. Uman, M.A., McLain, D.K. and Krider, E.P., 1975. The electromagnetic radiation from a finite antenna. Am J. Phys, 43(1), pp.33-38.</p> <p>[4]. Agrawal, A., Price, H. and Gurbaxani, S. (1980) Transient Response of Multiconductor Transmission Lines Excited by a Nonuniform Electromagnetic Field. IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility, 22, 119-129. <a href="https://doi.org/10.1109/temc.1980.303824">https://doi.org/10.1109/temc.1980.303824</a>.</p> <p>[5]. Paolone, M., 2001. Modeling of lightning-induced voltages on distribution networks for the solution of power quality problems, and relevant implementation in a transient program. Department of Electrical Engineering Bologna, Italy: University of Bologna, p.117.</p> <p>[6]. Barradas, R.P.d.S.; Rocha, G.V.S.; Muniz, J.R.S.; Bezerra, U.H.; Nunes, M.V.A.; Silva, J.S.e. Methodology for Analysis of Electric Distribution Network Criticality Due to Direct Lightning Discharges. Energies 2020, 13, 1580. <a href="https://doi.org/10.3390/en13071580">https://doi.org/10.3390/en13071580</a>.</p> <p>[7]. Wallace S. Castro, Ivan J.S. Lopes, Silvio L.V. Missé, João A. Vasconcelos, Optimal placement of surge arresters for transmission lines lightning performance improvement, Electric Power Systems Research, Volume 202, 2022, <a href="https://doi.org/10.1016/j.epsr.2021.107583">https://doi.org/10.1016/j.epsr.2021.107583</a>. 107583, ISSN 0378-7796,</p> <p>[8]. Ravichandran, N., Andreotti, A., Araneo, R., Cao, J., D'Orazio, L., Du, Y., Proto, D. and Stracqualursi, E., 2023, October. Improvement of the lightning performance of overhead distribution lines: Possible solutions. In 2023 International Symposium on Lightning Protection (XVII SIPDA) (pp. 1-6). IEEE.</p> <p>[9]. Ravichandran, N., Proto, D. and Andreotti, A., 2024. Surge arrester optimal placement in distribution networks: A decision theory-based approach. Electric Power Systems Research, 234, p.110744.</p> |

#### **Linha de Pesquisa: ENERGIAS RENOVÁVEIS E SISTEMAS ELÉTRICOS**

| ÁREA TEMÁTICA 9 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                     |
|-----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|
| Título          | Proteção, Controle e Otimização em Redes Elétricas Inteligentes                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                     |
| Vagas           | <b>Mestrado: 1</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | <b>Doutorado: 0</b> |
| Palavras-chaves | IEC 61850. Gêmeo Digital. Subestações Digitais. Proteção de Sistemas Elétricos. Simulação de Transitórios Eletromagnéticos.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                     |
| Descrição       | <p>A digitalização das redes de distribuição de energia elétrica, impulsionada pela adoção do padrão IEC 61850, tem viabilizado o desenvolvimento de gêmeos digitais (“digital twins”) para sistemas de Proteção, Automação e Controle (PAC). Um gêmeo digital consiste em uma réplica virtual, sincronizada e funcionalmente equivalente, de um ativo físico, permitindo a reprodução de seu comportamento dinâmico, a validação de funções de proteção e automação, e o treinamento de equipes sem riscos operacionais ao sistema real. No contexto das subestações de média tensão (13,8 kV), que concentram múltiplos alimentadores, dispositivos de proteção (reles, religadores, disjuntores) e unidades de medição, a ausência de ambientes de teste representativos dificulta a validação de lógicas de proteção, intertravamentos (CILO) e esquemas de comunicação GOOSE/Sampled Values antes de sua implantação em campo. Diante desse cenário, este projeto tem como objetivo desenvolver um ambiente</p> |                     |

|             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|-------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|             | de simulação que funcione como um gêmeo digital de uma barra de média tensão, integrando IEDs reais e virtuais via IEC 61850 (MMS, GOOSE e Sampled Values), com o processo elétrico representado por simulações de transitórios eletromagnéticos e resultados armazenados no formato COMTRADE (IEEE C37.111 / IEC 60255-24). A solução desenvolvida deve envolver containers Docker possibilitando reprodutibilidade, escalabilidade e integração com um painel supervisorio (SCADA) para visualização e operação remota dos elementos de manobra e proteção da rede elétrica.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Abstract    | The digitalization of electrical power distribution networks, driven by the adoption of the IEC 61850 standard, has enabled the development of digital twins for Protection, Automation, and Control (PAC) systems. A digital twin consists of a synchronized and functionally equivalent virtual replica of a physical asset, allowing the reproduction of its dynamic behavior, the validation of protection and automation functions, and the training of teams without operational risks to the real system. In the context of medium-voltage substations (13.8 kV), which concentrate multiple feeders, protection devices (relays, reclosers, circuit breakers), and metering units, the absence of representative test environments hinders the validation of protection logics, interlocks (CILO), and GOOSE/Sampled Values communication schemes before their field deployment. Given this scenario, this project aims to develop a simulation environment that functions as a digital twin of a medium-voltage busbar, integrating real and virtual IEDs via IEC 61850 (MMS, GOOSE, and Sampled Values), with the electrical process represented by electromagnetic transients in COMTRADE format (IEEE C37.111 / IEC 60255-24). The developed solution should involve Docker containers, enabling reproducibility, scalability, and integration with a supervisory control and data acquisition (SCADA) system for visualization and remote operation of the switching and protection elements of a substation. |
| Referências | <p>IEC 61850-1:2013. Communication networks and systems for power utility automation – Part 1: Introduction and overview. Geneva: IEC, 2013.</p> <p>IEEE Std C37.111-2013. IEEE/IEC Standard for Common Format for Transient Data Exchange (COMTRADE) for Power Systems. New York: IEEE, 2013.</p> <p>RODRIGUES, M. de S. L. Teste e validação das funções de proteção baseadas na norma IEC 61850 propostas para implantação no projeto piloto da rede de distribuição inteligente de Aquiraz. 2015.</p> <p>GRIEVES, M.; VICKERS, J. Digital Twin: Mitigating Unpredictable, Undesirable Emergent Behavior in Complex Systems. In: Transdisciplinary Perspectives on Complex Systems. Cham: Springer, 2017. p. 85-113. DOI: 10.1007/978-3-319-38756-7_4.</p> <p>DAS, R.; SIDHU, T. S. Implementation of a Cyber-Physical Testbed for Validation of IEC 61850-Based Digital Substation Protection and Automation. IEEE Transactions on Power Delivery, 2024.</p> <p>MARTINEZ, J. A.; RAMIREZ, A. Use of the COMTRADE Standard for Validation of Power System Protective Relaying Studies. IEEE Transactions on Power Delivery, vol. 30, n. 3, p. 1077-1085, jun. 2015. DOI: 10.1109/TPWRD.2014.2358227</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |

| ÁREA TEMÁTICA 10 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |              |
|------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| Título           | Energias Renováveis e Redes Elétricas Inteligentes                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |              |
| Vagas            | Mestrado: 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Doutorado: 0 |
| Palavras-chaves  | Recursos Energéticos Distribuídos; Microrredes; Ensino-aprendizagem; Tecnologias de simulação digital; Realidade Virtual; Gêmeo Digital                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |              |
| Descrição        | O Sistema Elétrico de Potência (SEP) vem passando por significativas modificações estruturais, especialmente no setor de distribuição de energia elétrica, em decorrência da inserção de tecnologias associadas às redes inteligentes, como os Recursos Energéticos Distribuídos (REDs) e as Microrredes (MRs). Essas tecnologias alteram as características operacionais do SEP tradicional, que se baseia na geração centralizada, no fluxo unidirecional de potência e na atuação passiva dos consumidores, |              |

|          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|          | <p>conduzindo-o a um modelo descentralizado, caracterizado pela presença de Geração Distribuída (GD), pelo fluxo bidirecional e pela participação ativa dos consumidores.</p> <p>Além disso, os REDs e as MRs contribuem de diversas formas para a construção de um sistema elétrico mais eficiente, resiliente e sustentável. A utilização de fontes renováveis de energia favorece a redução das emissões de gases de efeito estufa, diminui a necessidade de investimentos em infraestrutura de transmissão, além de aumentar a eficiência energética e a continuidade do fornecimento de energia, mitigando os impactos decorrentes de interrupções na rede elétrica. Entretanto, a integração dessas tecnologias também impõe desafios técnicos relacionados à proteção, operação e controle do sistema elétrico. Entre eles, destacam-se a presença de fluxos de potência bidirecionais, a limitação da corrente de falta, questões associadas à estabilidade do sistema e a redução da inércia da rede principal.</p> <p>Adicionalmente, podem surgir problemas nos sistemas de proteção, como a ocorrência de zonas cegas e disparos indevidos dos dispositivos de proteção. Diante desse cenário de transformação do SEP, torna-se necessária a incorporação de novas ferramentas ao ensino tradicional, visando à formação de profissionais capacitados para atuar em setores cada vez mais dinâmicos e competitivos. Dessa forma, tecnologias baseadas em jogos digitais, modelagem computacional, simulação e ambientes laboratoriais virtuais apresentam-se como alternativas promissoras para o desenvolvimento de competências técnicas e comportamentais, contribuindo para o aprimoramento da capacidade de resolução de problemas, do pensamento crítico, da comunicação e da tomada de decisão.</p> <p>Neste contexto, o objetivo dessa pesquisa é o desenvolvimento de uma ferramenta digital voltada ao ensino de REDs, MRs e fontes renováveis de energia, contemplando as seguintes etapas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Modelagem tridimensional dos equipamentos elétricos, incluindo sistemas de geração de energia, sistemas de armazenamento, cargas controláveis e sistemas de supervisão e controle;</li> <li>• Desenvolvimento de um laboratório em realidade virtual;</li> <li>• Implementação de física e mecanismos de interação com os equipamentos elétricos existentes no laboratório; Criação de recursos educacionais intuitivos e de fácil utilização; Integração da ferramenta às metodologias tradicionais de ensino; Aplicação de metodologias ativas de aprendizagem no ambiente virtual; Modelagem matemática dos sistemas implementados em realidade virtual; Concepção do gêmeo digital da planta desenvolvida; Teste e validação da ferramenta.</li> </ul> |
| Abstract | <p>The Electric Power System (EPS) has been undergoing significant structural changes, particularly in the electric power distribution sector, due to the introduction of technologies associated with smart grids, such as Distributed Energy Resources (DERs) and Microgrids (MGs). These technologies alter the operational characteristics of the traditional EPS, which is based on centralized generation, unidirectional power flow, and passive consumer behavior, leading it toward a decentralized model characterized by the presence of Distributed Generation (DG), bidirectional power flow, and active consumer participation.</p> <p>Furthermore, DERs and MGs contribute in several ways to building a more efficient, resilient, and sustainable electrical system. The use of renewable energy sources favors the reduction of greenhouse gas emissions, decreases the need for investments in transmission infrastructure, and increases energy efficiency and supply continuity, mitigating the impacts resulting from disruptions in the electric grid. However, the integration of these technologies also imposes technical challenges related to the protection, operation, and control of the electrical system. These include the presence of bidirectional power flows, fault current limitations, issues associated with system stability, and the reduction of the main grid's inertia. Additionally, problems may arise in protection systems, such as the occurrence of blind spots and unwanted tripping of protection devices.</p> <p>Given this scenario of EPS transformation, it becomes necessary to incorporate new tools into traditional teaching, aiming to train qualified professionals to work in increasingly dynamic and competitive sectors. Thus, technologies based on digital games, computational modeling, simulation, and virtual laboratory environments present themselves as promising alternatives for developing technical and behavioral skills, contributing to the enhancement of problem-solving abilities, critical thinking, communication, and decision-making.</p> <p>In this context, the objective of this research is to develop a digital tool aimed at teaching DERs, MGs, and renewable energy sources, encompassing the following steps:</p> <p>Three-dimensional modeling of electrical equipment, including power generation systems, storage systems, controllable loads, and supervision and control systems;</p> <p>Development of a virtual reality laboratory;</p> <p>Implementation of physics and interaction mechanisms with the electrical equipment existing in the laboratory;</p>                                                                                                                                                  |

|             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|-------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|             | <p>Creation of intuitive and user-friendly educational resources;</p> <p>Integration of the tool with traditional teaching methodologies;</p> <p>Application of active learning methodologies in the virtual environment;</p> <p>Mathematical modeling of the systems implemented in virtual reality;</p> <p>Conception of the digital twin of the developed plant;</p> <p>Testing and validation of the tool.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Referências | <p>ALTAF, M. W.; ARIF, M. T.; ISLAM, S. N.; HAQUE, Md. E. Microgrid Protection Challenges and Mitigation Approaches—A Comprehensive Review. <i>IEEE Access</i>, v. 10, p. 38895–38922, 2022.</p> <p>CELEITA, D.; HERNANDEZ, M.; RAMOS, G.; PENAFIEL, N.; RANGEL, M.; BERNAL, J. D. Implementation of an educational real-time platform for relaying automation on smart grids. <i>Electric Power Systems Research</i>, v. 130, p. 156–166, jan. 2016.</p> <p>EL-SAYED A.; SVEN K. E.; CONSTANTIN C. Review of the State of the Art in Virtual Learning Environments Based on Multi-Player Computer Games . Em: 2009, New Jersey, USA. [...]. New Jersey, USA: 2009.</p> <p>GATZIDIS, C.; PARRY, K.; KAVANAGH, E.; WILDING, A.; GIBSON, D. Towards the Development of an Interactive 3D Coach Training Serious Game. Em: 2009 Conference in Games and Virtual Worlds for Serious Applications, 2009, [...]. IEEE, 2009. p. 186–189.</p> <p>KEZUNOVIC, M.; ABUR, A.; HUANG, G.; BOSE, A.; TOMSOVIC, K. The Role of Digital Modeling and Simulation in Power Engineering Education. <i>IEEE Transactions on Power Systems</i>, v. 19, n. 1, p. 64–72, fev. 2004.</p> <p>MUMTAZ, F.; BAYRAM, I. S. Planning, Operation, and Protection of Microgrids: An Overview. <i>Energy Procedia</i>, v. 107, p. 94–100, fev. 2017.</p> <p>SHAHGHOLIAN, G. A brief review on microgrids: Operation, applications, modeling, and control. <i>International Transactions on Electrical Energy Systems</i>, v. 31, n. 6, 31 jun. 2021.</p> <p>TAVERAS-CRUZ, A. J.; MARIANO-HERNÁNDEZ, D.; JIMÉNEZ-MATOS, E.; AYBAR-MEJIA, M.; MENDOZA-ARAYA, P. A.; MOLINA-GARCÍA, A. Adaptive protection based on multi-agent systems for AC microgrids: A review. <i>Applied Energy</i>, v. 377, p. 124673, jan. 2025.</p> |

| ÁREA TEMÁTICA 11 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                     |
|------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|
| Título           | Virtualização de Proteção, Automação e Controle em Subestações                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                     |
| Vagas            | <b>Mestrado: 2</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | <b>Doutorado: 0</b> |
| Palavras-chaves  | IEC 61850, PACS, MMS, Intelligent Electronic Device (IED), OPC UA, GOOSE, Virtual Intelligent Electronic Device (VIED).                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                     |
| Descrição        | A crescente convergência entre os sistemas de automação industrial e as infraestruturas elétricas inteligentes tem impulsionado o desenvolvimento de arquiteturas capazes de integrar, de forma segura e interoperável, os ambientes de operação de processos produtivos e de sistemas elétricos de potência. Nesse contexto, o objetivo dessa pesquisa abrange o desenvolvimento e a validação de uma arquitetura híbrida de automação voltada à integração entre sistemas de automação industrial e sistemas de automação de subestações, fundamentada no uso de um gateway de comunicação baseado nos padrões MMS (Manufacturing Message Specification) e OPC UA (Open Platform Communications Unified Architecture). |                     |
| Abstract         | Since 2021, Brazilian regulation has allowed the implementation of generation projects that combine different sources in the same location. This model contributes to expanding the energy supply by taking advantage of important synergies: reducing infrastructure investments, mitigating commercial risks, and even saving on land acquisition. In this context, the present proposal aims at optimizing the electricity generation of hybrid wind – photovoltaic parks.                                                                                                                                                                                                                                            |                     |
| Referências      | <p>[1] J. T. da Silva, A. L. Dias, Member IEEE, I. Nunes. da Silva, “A survey on OPC UA protocol: overview, challenges and opportunities”. University of São Paulo, Federal Institute of Education, Science and Technology of São Paulo, 2023, pp. 979-8-3503-1418-2/23.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                     |

|  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|--|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | <p>[2] Huichao Shi, Li Niu, Jinhao Sun, “Construction of Industrial Internet of Things Based on MQTT and OPC UA Protocols”, College of Information Science and Technology, Beijing University of Chemical Technology, 2020, pp. 978-1-61284-722-1/11.</p> <p>[3] Xing Jisheng, Bai Jing, Niu Guocheng, Pu Tiecheng, “Data Acquisition System for Energy Management Based on OPC Protocol”. Electrical &amp; Information Engineering College, Beihua University, 2011, pp. 10.1109/TIA.2017.2758342.</p> <p>[4] Jiaxu Shen, Yu Fan, Xiaofeng Yan, “Implementation of Energy Data Acquisition Gateway Based on OPC UA”. School of Electrical Engineering Beijing Jiaotong University, Instrumentation Technology and Economy Institute, 2018, pp. 978-1-5386-5514-6/18.</p> <p>[5] R. Huang, F. Liu and D. Pan, “Research on OPC UA security,” 2010 5th IEEE Conference on Industrial Electronics and Applications, Taichung, Taiwan, 2010, pp. 1439-1444, doi: 10.1109/ICIEA.2010.5514836.</p> <p>[6] D. Han, Y. Gong and D. Xu, “Research on Key Technologies of OPC UA Standard and Test”, 2022 IEEE Asia-Pacific Conference on Image Processing</p> <p>[7] Electronics and Computers (IPEC), Dalian, China, 2022, pp. 95-98, doi: 10.1109/IPEC54454.2022.977611.</p> <p>[8] OPC Foundation, “Unified Architecture – OPC Foundation”, Sep. 26, 2019. <a href="https://opcfoundation.org/about/opc-technologies/opc-ua/">https://opcfoundation.org/about/opc-technologies/opc-ua/</a> (accessed Apr. 20, 2023)</p> <p>[9] Bentaleb, O., Belloum, A.S.Z., Sebaa., A. El-Maouhab, A, “Containerization technologies: taxonomies, applications and challenges”, The Journal of Supercomputing, 2022, pp. 1144-1181, doi: <a href="https://doi.org/10.1007/s11227-021-03914-1">https://doi.org/10.1007/s11227-021-03914-1</a>.</p> <p>[10] Sarishma &amp; Ablisheck, “A Systematic Review of the Impact of Containerization on Software Development and Deployment Practices”, 2021, Computology: Journal of Applied Computer Science and Intelligent Technologies volume 1, pp. 40-51, doi: <a href="https://www.journalpressindia.com/cjacsit">https://www.journalpressindia.com/cjacsit</a>.</p> <p>[11] Jayakumar, G.M, Dhananjay, K., Gururaja T., “Adopting Containerization In Industrial Automation”, 2025, International Journal of Creative Research Thoughts (IJCRT).</p> |
|--|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

| ÁREA TEMÁTICA 12 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |              |
|------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| Título           | Serviços ancilares a partir de usinas solares fotovoltaicas flutuantes                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |              |
| Vagas            | Mestrado: 0                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Doutorado: 1 |
| Palavras-chaves  | Fotovoltaica Flutuante; Energia Solar; Filtragem Ativa; Serviços Ancilares                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |              |
| Descrição        | Introduzir usinas FV flutuantes (FVF) em hidrelétricas para geração de eletricidade complementar à usinas hidrelétricas (UHE), proporciona o aproveitamento ocioso das estruturas elétricas existentes, a economia do uso da água para a geração hidrelétrica, maior disponibilidade de fornecimento de energia elétrica, entre outros benefícios. A redução da temperatura de operação do módulo FV ocasiona aumento na geração de eletricidade. Adicionalmente, o uso de plantas FVF em reservatórios pode reduzir a taxa de evaporação da água armazenada. Estas plantas FVF podem, inclusive, desempenhar funções adicionais conhecidas como serviços ancilares. Assim, a filtragem ativa pode ser grande aliada na melhoria da qualidade de energia proveniente dessas plantas e além do aumento da eficiência energética de todo o entorno da subestação da UHE. |              |
| Abstract         | Introducing floating PV plants (FVF) in hydroelectric plants for the generation of electricity complementary to hydroelectric plants (UHE), provides the idle use of existing electrical structures, savings in the use of water for hydroelectric generation, greater availability of electricity supply, among other benefits. Reducing the operating temperature of the PV module causes an increase in electricity generation. Additionally, the use of FVF plants in reservoirs can reduce the evaporation rate of stored water. These PVF plants can even perform additional functions known as ancillary services. Thus, active filtering can be a great ally in improving the quality of energy coming from these plants and in addition to increasing the energy efficiency of the entire surroundings of the UHE substation. .                               |              |

|             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Referências | <p>[1] L. C. DOBRE, A. Țurcanu and A. Crăciunescu, “Floating Photovoltaic Power Plants”, <i>2021 12th International Symposium on Advanced Topics in Electrical Engineering (ATEE)</i>, Bucharest, Romania, 2021, pp. 1-4, doi: 10.1109/ATEE52255.2021.9425257.</p> <p>[2] H. Nerkar, S. Dhamal and S. Sinha, “Advanced control technique for solar PV plant to provide ancillary services”, <i>2016 IEEE Region 10 Humanitarian Technology Conference (R10-HTC)</i>, Agra, India, 2016, pp. 1-6, doi: 10.1109/R10-HTC.2016.7906834.</p> <p>[3] J. L. Sousa, C. J. Brito and V. F. Pires, “Impact of photovoltaic systems with ancillary services in low voltage grids”, <i>2016 15th Biennial Baltic Electronics Conference (BEC)</i>, Tallinn, Estonia, 2016, pp. 183-186, doi: 10.1109/BEC.2016.7743759.</p> <p>[4] P. Sapthanakorn and S. Salakij, “Evaluating the Potential of Using Floating Solar Photovoltaic on 12 Reservoirs of Electricity Generation Authority of Thailand Hydropower Plants”, <i>2021 International Conference on Smart City and Green Energy (ICSCGE)</i>, Hangzhou, China, 2021, pp. 41-45, doi: 10.1109/ICSCGE53744.2021.9654287.</p> <p>[5] U. Ramzan and M. Jamil, “Comparative Analysis of Floating Solar Photovoltaic and Land Based Photovoltaic Plant”, <i>2022 IEEE Silchar Subsection Conference (SILCON)</i>, Silchar, India, 2022, pp. 1-5, doi: 10.1109/SILCON55242.2022.10028831.</p> <p>[6] SACRAMENTO, E. M.; CARVALHO, P. C.; ARAÚJO, J. C.; RIFFEL, D. B.; Cruz CORRÊA, R. M. C.; PINHEIRO NETO, J. S. “Scenarios for use of floating photovoltaic plants in Brazilian reservoirs”. <i>IET Renewable Power Generation</i>, v. 9, n. 8, p. 1019 – 1024, 2015. <a href="https://doi.org/10.1049/iet-rpg.2015.0120">https://doi.org/10.1049/iet-rpg.2015.0120</a></p> |
|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|