



Coordenação de Pós-Graduação em Engenharia de Sistemas

Proposta de Tese de Doutorado

Área: Cibernética
Linha de Pesquisa: Sistemas Energéticos
Título Provisório: Otimização de sistemas térmicos.
Orientador: Luis Arturo Gómez Malagón
Co-orientador:

Resumo

O Brasil enfrenta um desafio significativo no aumento anual do consumo de energia, com os setores residenciais, transporte e, principalmente, a indústria, contribuindo para essa demanda crescente. A problemática central reside na eficiência e sustentabilidade dos processos térmicos industriais, responsáveis por 40% do consumo total, onde a geração de calor é essencial. A escolha de fontes energéticas para processos térmicos, como carvão, gás natural e, mais recentemente, energia solar, envolve critérios técnicos, econômicos e ambientais. No contexto brasileiro, a abundância de radiação solar, especialmente na região nordeste, apresenta uma oportunidade única para integrar a energia solar como fonte alternativa. Contudo, a variabilidade dessa fonte destaca a necessidade de estratégias inovadoras para garantir a continuidade operacional dos processos industriais. A proposta de pesquisa visa abordar essa problemática por meio da otimização de sistemas térmicos utilizando redes neurais artificiais (RNAs) e algoritmos genéticos. A complexidade não linear desses sistemas representa um desafio considerável, exigindo métodos avançados para modelagem e otimização. A variabilidade e disponibilidade do recurso solar acentuam a importância de fontes "firmes" adicionais para assegurar a operacionalidade contínua. Ao abordar essa problemática, a pesquisa busca contribuir para a eficiência energética, redução de custos e emissões de CO₂ nos processos térmicos, promovendo práticas mais sustentáveis na indústria brasileira. O foco na otimização, combinado com a aplicação prática de tecnologias emergentes, destaca a relevância desta pesquisa em meio aos desafios energéticos contemporâneos.

1- Contextualização

O consumo de energia no Brasil aumenta anualmente, atribuído principalmente aos setores residenciais, transporte e indústria. Na indústria, que representa cerca de 40% do consumo total, a energia é usada principalmente para geração de calor de processo (80%) e eletricidade (20%). O calor de processo é obtido principalmente a partir de fontes como carvão, lenha, bagaço de cana-de-açúcar, gás natural, GLP e fontes renováveis. Esse calor é classificado em baixa, média e alta temperatura. O calor de baixa temperatura (até 150°C), representando 35% do consumo total, é usado em processos como ebulição, pasteurização e secagem. O calor de média temperatura (entre 150°C e 400°C), representando 24% do consumo total, é usado em processos como destilação e tingimento. O calor de alta temperatura (acima de 400°C) é usado na transformação de materiais [1]. A escolha do combustível é baseada em critérios técnicos, econômicos e ambientais.

A energia solar, por meio da geração fotovoltaica e termosolar, é uma fonte alternativa viável para atender as demandas do setor industrial devido aos altos níveis de insolação no Brasil, especialmente na região nordeste. Nessa região, os valores de radiação solar média anual são significativamente elevados, conforme indicado pelo Atlas Solarimétrico do Brasil, variando entre 5,7 kWh/m² e 6,1 kWh/m², superando a maioria dos países da União Europeia [2]. Embora a geração solar térmica seja subutilizada em relação ao seu potencial, é comercialmente explorada principalmente para aplicações de baixa temperatura, como aquecimento de água em residências, hotéis e hospitais [1].

Devido à tendência de utilizar combustíveis com baixas emissões de poluentes, a energia solar tem recebido atenção da comunidade, resultando em esforços conjuntos do setor governamental e privado para promover sua

adoção. No entanto, devido à variabilidade e disponibilidade do recurso solar, ela é frequentemente utilizada como fonte auxiliar de energia para gerar calor de processo na indústria. Isso significa que o processo industrial é suportado por uma ou várias fontes "firmes" de energia, além da energia solar, garantindo assim a continuidade operacional independentemente das flutuações no recurso energético [3].

2- Problemática

Os sistemas térmicos apresentam um comportamento não linear complexo, o que dificulta sua modelagem usando métodos analíticos tradicionais. Portanto, o desafio nesta área é dimensionar um sistema energético capaz de atender a demanda de calor do processo industrial, considerando múltiplas variáveis de dimensionamento relacionadas a cada fonte energética (poligeração). Essas variáveis devem alcançar objetivos variados, como maximizar a eficiência energética, minimizar o custo ao longo do tempo de vida e reduzir a quantidade de poluentes liberados na atmosfera.

As redes neurais artificiais (RNAs) são capazes de aprender e representar relações não lineares entre variáveis, tornando-as adequadas para modelar sistemas térmicos complexos. Elas lidam com a complexidade associada à grande quantidade de variáveis inter-relacionadas presentes nesses sistemas, aprendendo padrões e relações entre as múltiplas variáveis de entrada e saída. Além disso, as RNAs são altamente flexíveis e podem ser adaptadas para uma ampla variedade de problemas, utilizando diferentes arquiteturas e funções de ativação conforme necessário. Elas podem ser integradas a algoritmos de otimização, como algoritmos genéticos (GA), para encontrar configurações ideais de sistemas térmicos ou serem usadas em sistemas de controle para regular e otimizar o desempenho térmico em tempo real. Por exemplo, estas técnicas tem sido empregadas com sucesso em sistemas termossolares [4], motores [5], construções autossustentáveis energeticamente, entre outros.

3- Objetivos

Geral

Otimizar energeticamente sistemas térmicos industriais.

Especificos

- Fazer um levantamento dos tipos de sistema térmicos mais empregados no setor industrial
- Realizar modelagem térmico do sistema
- Determinar as variáveis de decisão e seus limites.
- Determinar as funções objetivo associadas a eficiência energética, ao custo durante o ciclo de vida e emissões de CO₂.
- Otimizar as funções objetivo usando metaheurísticas.
- Disseminar a análise de otimização de desempenho do sistema com empresas do setor.

4- Metodologia

Inicia-se-á com uma revisão bibliográfica sobre otimização multiobjetivo de sistemas térmicos, utilizando técnicas como redes neurais artificiais (RNAs) e algoritmos genéticos. Esta etapa envolve a busca e análise de trabalhos acadêmicos e artigos científicos relacionados ao tema, com foco em estudos que abordem a otimização de sistemas térmicos em contextos industriais.

Com a finalização da etapa anterior, será realizado o levantamento dos dados de geração de calor de processos térmicos industriais. Isso pode envolver a coleta de dados experimentais, medições em campo ou dados disponíveis na literatura técnica e em bancos de dados relevantes.

A próxima etapa consistirá na geração do modelo computacional do sistema térmico selecionado, quer seja através da utilização do software TRNSYS (Transient System Simulation) ou por meio de simulações baseadas em elementos finitos (FEM). Isso inclui a criação de um modelo matemático que represente o comportamento do sistema térmico, permitindo simulações detalhadas e precisas.

O modelo computacional gerado é utilizado para treinar uma redes neurais artificiais (RNAs). Isso permite que as

RNAs aprendam a relação entre as variáveis de entrada e saída do sistema, possibilitando prever as variáveis de saída, de acordo com o desempenho esperado do sistema, sem a necessidade de realizar todas as simulações.

Com as RNAs treinadas, realiza-se a otimização do sistema para minimizar ou maximizar as funções objetivos estabelecidas, como minimização de custos, maximização de eficiência energética e redução de emissões de poluentes em termos da pegada de carbono. Isso pode envolver a aplicação de algoritmos genéticos ou outras técnicas de otimização multiobjetivo. Além da aplicação dos indicadores econômicos: TIR, payback e LCS e da análise do LCA envolvidos na poligeração do processo industrial.

Por fim, os resultados obtidos são documentados e apresentados em congressos ou submetidos para publicação em revistas indexadas. Isso contribui para o avanço do conhecimento científico na área de otimização de sistemas térmicos e sua aplicação na indústria.

5- Resultados esperados

- Obtenção de um modelo computacional capaz de descrever o processo térmico.
- Obtenção dos valores das variáveis de dimensionamento do sistema térmico, que atingem as condições de maximização/minimização das funções objetivos.
- Apresentação dos resultados aos empresários do setor.
- Apresentação do trabalho realizado em congressos da área.
- Publicação dos resultados em revista indexada com qualis relevante para o curso de pós-graduação.

6- Referências bibliográficas

- [1] Solar Payback. Energia termossolar para a indústria. 2017. Disponível em : < <https://www.solar-payback.com/wp-content/uploads/2017/04/Energia-Termossolar-Para-A-Industria-Solar-Payback-April-2017.pdf>> Acesso em 31/01/2024
- [2] PEREIRA, Enio Bueno. et al. Atlas brasileiro de energia solar. 2 ed. São José dos Campos - Brasil: 2017.
- [3] KALOGIROU, Soteris A. Solar energy engineering: processes and systems. Academic Press, 2013.
- [4] AFZAL, Asif et al. Optimizing the thermal performance of solar energy devices using meta-heuristic algorithms: A critical review. Renewable and Sustainable Energy Reviews, v. 173, p. 112903, 2023.
- [5] WANG, Huaiyu et al. Multi-objective optimization of a hydrogen-fueled Wankel rotary engine based on machine learning and genetic algorithm. Energy, v. 263, p. 125961, 2023.
- [6] D'AGOSTINO, Diana; MINELLI, F.; MINICHIELLO, F. New genetic algorithm-based workflow for multi-objective optimization of Net Zero Energy Buildings integrating robustness assessment. Energy and Buildings, v. 284, p. 112841, 2023.

Do Candidato: Formação em Engenharia Mecânica ou áreas afins.