



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA INSTITUCIONAL DE BOLSAS DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA
CONSELHO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO CIENTÍFICO E TECNOLÓGICO



Motores elétricos e a combustão, diferença de rendimentos

Guilherme Félix de Oliveira

CIDADE

Mossoró, 2025



INTRODUÇÃO/JUSTIFICATIVA

OBJETIVOS

Os objetivos deste plano de pesquisa visam uma análise das disparidades de rendimento entre motores elétricos e motores a combustão, buscando elucidar as implicações energéticas decorrentes de sua operação. Em um cenário global que evidencia a crescente necessidade de alternativas aos combustíveis fósseis, a compreensão precisa da eficiência desses sistemas propulsores é fundamental para o avanço tecnológico e a otimização do uso de recursos. Este estudo se alinha à busca por soluções que abordem a lacuna energética inerente à ineficiência das máquinas térmicas convencionais. A essência desta investigação reside na análise comparativa do desempenho energético dos dois tipos de motores, com foco na eficiência termodinâmica e nos potenciais benefícios que os motores elétricos oferecem em termos de aproveitamento energético. A hipótese que orienta este trabalho postula que motores elétricos possuem maior eficiência intrínseca por não estarem condicionados às limitações impostas pelo ciclo de Carnot, o qual define o limite máximo teórico de desempenho para máquinas térmicas. Esta premissa será verificada por meio de uma revisão e análise crítica da literatura científica preexistente, constituindo o alicerce sobre o qual se estrutura a presente investigação. A natureza teórica e bibliográfica do estudo, sem experimentação primária, não diminui seu rigor, mas o direciona para um processo de dedução e síntese a partir de dados e teorias já consolidados no domínio acadêmico. O propósito geral deste estudo é concluir, com base em dados estudados, as distinções fundamentais entre os tipos de motores em análise, considerando suas implicações no consumo energético global. Isso implica ir além da mera constatação das disparidades de eficiência, buscando compreender as causas subjacentes a essas diferenças e as repercussões de sua aplicação em larga escala. A pesquisa visa, assim, não apenas quantificar, mas também qualificar as vantagens e desvantagens de cada tecnologia sob uma perspectiva energética e de engenharia. A análise se concentra em como a substituição progressiva de motores a combustão por motores elétricos pode impactar o consumo energético, a demanda por combustíveis fósseis e a otimização da conversão energética em diversos setores. A compreensão desse impacto é crucial para direcionar o desenvolvimento de infraestrutura e o fomento à pesquisa e ao avanço de tecnologias de armazenamento e conversão de energia. O



estudo busca, portanto, fornecer subsídios para discussões mais amplas acerca da viabilidade e dos desafios da eletrificação do setor de transportes e de outros segmentos que dependem substancialmente de máquinas térmicas. Adicionalmente, esta investigação propõe-se a esclarecer a percepção de que a complexidade dos motores a combustão se traduz necessariamente em superioridade ou versatilidade, evidenciando as simplicidades intrínsecas dos motores elétricos e suas vantagens em termos de aproveitamento energético, manutenção e durabilidade. A intenção é fornecer uma base sólida de conhecimento que possa informar profissionais da engenharia, pesquisadores e formuladores de políticas sobre as escolhas tecnológicas mais adequadas para otimização energética. Para alcançar o objetivo geral, este plano de pesquisa delinea uma série de objetivos específicos, cada um contribuindo incrementalmente para a compreensão aprofundada do tema: 1. Revisar e sintetizar a literatura científica existente sobre a eficiência termodinâmica de motores de combustão interna: Este objetivo abrange uma varredura exaustiva de artigos científicos, publicações acadêmicas, teses e dissertações que abordam os princípios do ciclo de Carnot, as perdas energéticas inerentes aos motores a combustão (por dissipação de calor, atrito, bombeamento, etc.), e os fatores que limitam seu rendimento. Será dispensada atenção à variabilidade da eficiência em distintos regimes de operação e cargas, bem como aos avanços tecnológicos que visaram mitigar tais perdas. A análise crítica incluirá a avaliação das metodologias empregadas em estudos prévios e a identificação de lacunas no conhecimento que esta pesquisa pode auxiliar a preencher mediante a síntese. 2. Analisar os princípios de funcionamento e a eficiência energética de motores elétricos: Este ponto concentra-se na compreensão detalhada do processo de conversão de energia elétrica em energia mecânica pelos motores elétricos, explorando os conceitos de eficiência eletromecânica, perdas por resistência ôhmica, histerese e correntes parasitas. A análise abará diferentes tipologias de motores elétricos (corrente contínua, corrente alternada, síncronos, assíncronos, motores de relutância, etc.) e suas respectivas características de desempenho, com ênfase na capacidade de manter elevada eficiência em uma ampla faixa de velocidades e torques. Será crucial investigar como a tecnologia de controle eletrônico (inversores, conversores) contribui para otimizar o rendimento dos motores elétricos e como a regeneração de energia amplia sua eficiência em diversas aplicações. 3. Comparar pormenorizadamente os rendimentos médios e máximos de motores elétricos e a combustão em diferentes cenários de aplicação: Esta etapa é central para a hipótese da pesquisa. Envolve a coleta e comparação de dados



de eficiência provenientes de fontes fidedignas, considerando diversos contextos de utilização, como veículos, equipamentos industriais e sistemas de geração de energia. A comparação não será superficial, mas buscará desvendar as razões pelas quais um tipo de motor se sobressai em determinadas condições operacionais. Por exemplo, a eficiência dos motores a combustão é altamente dependente da carga e da rotação, enquanto os motores elétricos tendem a manter um rendimento elevado em uma faixa operacional mais ampla, especialmente em baixas velocidades e durante a aceleração. Serão examinados dados de ciclos de operação reais e testes padronizados para obter uma perspectiva realista do desempenho em campo. 4. Avaliar o impacto da limitação imposta pelo ciclo de Carnot nos motores a combustão em contraste com a ausência dessa limitação nos motores elétricos: Este objetivo visa aprofundar a compreensão da restrição fundamental que a termodinâmica impõe às máquinas térmicas. Será discutido como o teorema de Carnot, que estabelece um limite superior para a eficiência de qualquer máquina térmica operando entre duas fontes de calor, se traduz em perdas inevitáveis de energia para o ambiente sob a forma de calor dissipado. Em contraste, será enfatizado como os motores elétricos, por operarem com base em princípios eletromagnéticos e não térmicos, não estão sujeitos a essa limitação intrínseca, permitindo-lhes alcançar eficiências teoricamente muito mais elevadas. A análise incluirá a discussão sobre as temperaturas de operação dos motores a combustão e as implicações dessas temperaturas em sua eficiência. 5. Analisar como a substituição de motores a combustão por motores elétricos pode afetar o consumo energético global e a demanda por combustíveis fósseis sob uma perspectiva física: Este objetivo foca nas implicações energéticas da transição. Será realizada uma análise prospectiva, baseada em projeções e modelos existentes, sobre como a eletrificação pode impactar a dependência de recursos energéticos não renováveis. A pesquisa investigará não apenas a eficiência no ponto de uso, mas também a eficiência "do poço à roda" (ou "da fonte ao plugue" para veículos elétricos), considerando as perdas na geração e transmissão de eletricidade, bem como a origem da energia elétrica. Será fundamental discutir o papel da eficiência da geração de energia em maximizar os benefícios da eletrificação. 6. Sistematizar as evidências que sustentam a hipótese de que motores elétricos possuem maior eficiência e não são limitados pelo ciclo de Carnot: Este objetivo representa a culminação da análise de dados e informações. Consiste em organizar de forma lógica e coerente os argumentos e evidências extraídos da literatura que comprovam a superioridade da eficiência dos motores elétricos. A sistematização incluirá a



apresentação de dados comparativos, gráficos e análises estatísticas, quando pertinente, para ilustrar as diferenças de rendimento de maneira clara e inequívoca. O foco será em demonstrar a validade da hipótese inicial por meio de um raciocínio dedutivo robusto e da síntese de conhecimentos preexistentes.

METODOLOGIA

A metodologia a ser empregada neste estudo, de natureza teórica/bibliográfica, fundamenta-se na dedução e na análise crítica de trabalhos já publicados, sem a realização de experimentos práticos. A abordagem será rigorosamente focada nos princípios da termodinâmica e na interpretação de dados existentes para comparar as eficiências dos motores.

Nesta presente investigação adota uma metodologia de revisão bibliográfica exhaustiva e análise dedutiva, concentrando-se na compilação e interpretação de informações provenientes de fontes acadêmicas e técnicas reconhecidas. Não serão conduzidos experimentos práticos; em vez disso, o estudo procederá por meio da síntese de conhecimentos já estabelecidos para validar a hipótese central.

Desse modo, a revisão bibliográfica consistirá em uma coleta sistemática e criteriosa de literatura científica e técnica pertinente ao tema. As principais fontes de dados incluirão artigos científicos publicados em periódicos indexados que abordam a eficiência termodinâmica de motores a combustão interna (Ciclo de Otto e Diesel) e de motores elétricos, bem como estudos comparativos de rendimento. Serão priorizados artigos que apresentem dados quantitativos sobre perdas energéticas e eficiências em diferentes regimes de operação. Livros-texto de termodinâmica e engenharia automotiva/elétrica também serão consultados, detalhando os princípios físicos e os limites teóricos de conversão de energia, como o Ciclo de Carnot, e descrevendo o funcionamento e as características de eficiência de ambos os tipos de motores. Adicionalmente, serão analisados relatórios de eficiência energética publicados por órgãos de pesquisa, agências governamentais e instituições de padronização, que forneçam dados consolidados sobre o consumo energético e o desempenho de motores em cenários de uso real. Por fim, estudos comparativos prévios que realizaram comparações diretas entre motores a combustão e elétricos serão examinados, especialmente aqueles que detalham os aspectos termodinâmicos e energéticos da conversão. A



seleção das fontes será guiada pela relevância acadêmica, rigor metodológico e confiabilidade dos dados apresentados, buscando assegurar que a base teórica e empírica para a análise seja robusta.

Após a coleta da literatura, será realizada uma análise dedutiva dos dados e teorias para estabelecer as comparações de rendimento. Esta análise envolverá a aprofundamento da compreensão do Ciclo de Carnot e suas implicações para o limite máximo teórico de eficiência dos motores a combustão, contrastando-o com a ausência dessa limitação nos motores elétricos, que realizam uma conversão direta de energia eletromagnética para mecânica. Serão levantados os principais mecanismos de perdas em motores a combustão (calor rejeitado, atrito mecânico, perdas por bombeamento, etc.) e em motores elétricos (perdas por resistência nos enrolamentos, perdas no núcleo, atrito, etc.). O objetivo é quantificar a magnitude dessas perdas e seu impacto na eficiência global de cada sistema. A comparação de dados de consumo energético será realizada em cenários reais de aplicação, utilizando informações de relatórios e estudos que comparem, por exemplo, o consumo de energia por quilômetro em veículos elétricos versus veículos convencionais, ou a eficiência de motores industriais em condições operacionais equivalentes. Serão estabelecidos critérios de análise claros, como o rendimento termodinâmico alcançado por cada tipo de motor e o custo energético por unidade de trabalho (exemplificando com kWh por litro equivalente). Embora o foco principal seja termodinâmico e físico, o impacto no consumo de combustíveis fósseis será abordado sob a perspectiva da otimização energética e da redução da dependência de recursos finitos, sem adentrar em discussões ambientais de emissões. O objetivo é fornecer uma base de dados e argumentos que confirmem a hipótese de que motores elétricos são mais eficientes, fornecendo dados quantitativos que ilustrem essa diferença, como a potencial superioridade de 2 a 3 vezes na eficiência de um motor elétrico em comparação com um a gasolina.

HABILIDADES A SEREM DESENVOLVIDAS:

A realização deste plano de pesquisa proporcionará o desenvolvimento de habilidades essenciais para a investigação acadêmica. Desse modo, inclui a capacidade de análise crítica e síntese de literatura, característica essencial para examinar uma vasta gama de materiais técnicos e científicos,



ao identificar argumentos centrais, metodologias e lacunas de conhecimento. O aprimoramento do pensamento dedutivo e lógico será fundamental, permitindo a conexão de princípios termodinâmicos, a exemplo do Ciclo de Carnot, com dados empíricos publicados, o que solidificará a argumentação sobre as diferenças de eficiência. Adicionalmente, a pesquisa exigirá o desenvolvimento de um rigor metodológico na abordagem teórica, abrangendo a definição de critérios claros para a seleção e organização de fontes, assegurando a consistência na análise de dados. A interpretação de dados técnicos constituirá outra habilidade a ser aprimorada, com foco na extração de informações relevantes de relatórios de eficiência e especificações de motores. Por fim, a comunicação científica escrita será aperfeiçoada, culminando na produção de um texto formal, preciso e objetivo, característico do discurso acadêmico, tanto no plano de pesquisa quanto no relatório final.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CAVAGNOLI, Rafael. Breve História da Termodinâmica (I): Máquinas Térmicas e a Revolução Industrial. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 47, p. e20240367, 2025.
- SILVESTRE, Raylander Firmo. Evolução dos veículos elétricos: da história movida aos motores de combustível fóssil ao futuro sustentável com o funcionamento dos motores elétricos. **CONTRIBUCIONES A LAS CIENCIAS SOCIALES**, v. 17, n. 4, p. e6455–e6455, 2024.
- SOLA, Antonio Vanderley Herrero; MOTA, Caroline Maria de Miranda. Melhoria da eficiência energética em sistemas motrizes industriais. **Production**, v. 25, p. 498–509, 2015.

CRONOGRAMA DE EXECUÇÃO DO PROJETO



| Mês | etapa 1 | etapa 2 | etapa 3 |
|-----|---|--|--|
| 1 | Estudo | Formalizar estrutura do artgo | |
| 2 | começar a escrever | estudo aprofundado de termodinâmica | fazer um esboço da parte termodinâmica |
| 3 | estudo de eletromagnetismo | Estudo aprofundado de motores elétricos | fazer possíveis testes em motores |
| 4 | usar dados obtidos ou estudados para formular uma conclusão prévia | formalizar o que foi estudado no artigo | |
| 5 | iniciar estudo sobre impactos acerca da diferença de eficiência entre os tipos de motores | avaliar, segundo fontes estudadas, dados sobre impactos ambientais | |
| 6 | estudar a emissão química de gases poluentes no uso de combustíveis ou energia elétrica | | |



| | | | |
|---|--|-------------------|--|
| 7 | formalizar no artigo | | |
| 8 | analisar os dados de forma geral e gerar uma conclusão | concluir o artigo | |