

1 Introdução

Os motores a combustão interna continuarão sendo nos próximos anos a principal forma de propulsão dos veículos, justificando as intensas atividades de pesquisa e desenvolvimento nessa área. O objetivo de tais atividades é alcançar metas de uso de combustíveis alternativos, bem como de redução das emissões de poluentes de efeito local ou de gases do efeito estufa, que contribuem para o aquecimento global. A Figura 1.1 ilustra a projeção da frota brasileira de veículos leves, em milhões de unidades, até 2050.

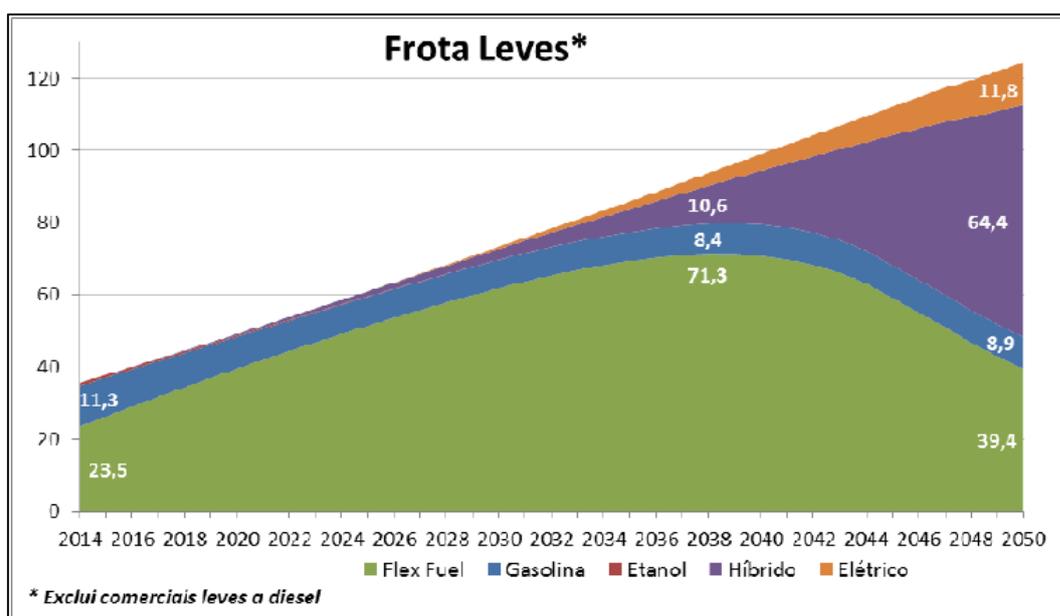


Figura 1.1 – Projeção da frota brasileira de veículos leves até 2050. (adaptado de *Demanda de Energia 2050, EPE, 2014*).

Diante disso, torna-se cada vez mais importante conhecer e estudar os fenômenos da combustão em motores e entender os mecanismos que afetam o seu desempenho e eficiência. Apesar dos estudos relacionados aos processos de combustão de motores terem se iniciado no final do século XIX, ainda hoje, eles são considerados de alta complexidade, devido à ocorrência paralela de diversos fenômenos físicos, tais como a cinética química, escoamentos de fluidos, processos de transferência de calor e características de combustível.

A partir da década de 70, a disponibilidade de meios computacionais mais baratos e poderosos vem transformando a simulação em uma ferramenta importante no desenvolvimento de motores mais eficientes. Assim, obteve-se uma significativa melhora de desempenho, redução de emissão de poluentes e foram viabilizados sistemas de controle do motor mais robustos.

Apesar da área de simulação de motores ter evoluído muito nos últimos anos, as modelagens do combustível e dos processos de combustão ainda apresentam grandes desafios. Hoje, não é possível, por exemplo, representar de forma detalhada um combustível comercial como a gasolina ou o óleo diesel, que apresentam centenas de componentes, nos programas de simulação de motores. Isto se deve, principalmente, ao elevado custo computacional, à carência de dados termofísicos e propriedades de transporte, principalmente nas condições de operação do motor, e desconhecimento dos mecanismos de reações químicas envolvidos. A alternativa é representá-los por componentes simples, que não reproduzem todas as propriedades do combustível comercial. A representação dos combustíveis comerciais por misturas de alguns componentes tem sido adotada nos estudos de cinética química (Pitz et al., 2007), porém não se conhece a fundo seu comportamento em motor comercial e, conseqüentemente, não se conhece o grau de representatividade dessas misturas.

Outro aspecto importante da área de simulação de combustão em motores é a falta de dados experimentais sistemáticos em motores comerciais modernos que permitam desenvolver e validar modelos empíricos ou semiempíricos mais representativos e de menores custos computacionais. Estes modelos podem relacionar, por exemplo, propriedades físico-químicas dos combustíveis com parâmetros de combustão, eficiência e desempenho dos motores e veículos.

Os modelos computacionais comerciais atualmente disponíveis, em geral, não são satisfatoriamente sensíveis às variações na composição e nas propriedades dos combustíveis. Portanto, não são capazes de prever os respectivos efeitos no desempenho dos motores e veículos com maior precisão.

Dessa forma, o desenvolvimento de combustíveis é fortemente dependente de ensaios experimentais em motores e veículos. Isso demanda significativos custos e prazos de execução, proporcionais ao número de formulações a serem testadas.

Os ensaios experimentais em motores demandam montagem/adaptação, automação e instrumentação do motor em banco de provas dinamométrico, preparo,

armazenamento e consumo de volumes significativos de combustível, além da aplicação de elevado número de recursos humanos para estes fins e também para a realização dos ensaios propriamente ditos. Em veículos, os ensaios requerem a utilização de dinamômetro de chassis e ensaios em pista, equipamentos de custo elevado, além de também consumirem volumes elevados de combustível e muitos recursos humanos.

Portanto, o desenvolvimento de metodologias para simulação de motores e veículos, com foco na composição e nas propriedades dos combustíveis, contribui para uma maior celeridade no processo de desenvolvimento de combustíveis.

Este processo consiste, inicialmente, na definição do conceito do produto. Pode ter origem, por exemplo, em uma futura mudança de legislação, em uma oportunidade de mercado para lançamento de um novo produto ou mesmo em aplicações mais específicas, tal como combustíveis para competições de automobilismo. A partir dessa definição, formulações candidatas são preparadas em pequenos volumes para verificação das propriedades físico-químicas, compatibilidade com metais e elastômeros, entre outros.

Neste ponto, as formulações estão prontas para testes em motores e veículos. Esta etapa, conforme já mencionado, envolve prazos dilatados e custos elevados. No entanto, alguns estudos preliminares, mais rápidos e de menor custo podem ser realizados no sentido de direcionar o desenvolvimento, predizendo o comportamento dos combustíveis em sua aplicação final.

Nesse contexto e também considerando o cenário de desenvolvimento contínuo esperado para as próximas décadas nos segmentos de motores de combustão interna e combustíveis, se insere a modelagem computacional. O melhor entendimento prévio dos efeitos da composição e das propriedades dos combustíveis nos motores e veículos auxilia na formulação de combustíveis mais eficientes e menos poluentes. Isso minimiza a demanda por ensaios experimentais e, conseqüentemente, reduz prazos e custos do processo em questão.

1.1 Motivação

Em função do exposto, a motivação do presente trabalho reside em fornecer contribuições inéditas, de forma integrada, nos seguintes temas: 1 - modelagem computacional de motores e veículos; 2 - estudo dos efeitos da composição e das propriedades dos combustíveis nos parâmetros de combustão, eficiência e desempenho de motores e veículos; 3 - otimização do processo de desenvolvimento de combustíveis.

Os desenvolvimentos foram realizados a partir do levantamento de dados experimentais de desempenho e combustão em motor comercial, bem como em veículos representativos da frota circulante. Espera-se que as metodologias implantadas e os resultados obtidos possam contribuir na modelagem da combustão em motores e veículos, auxiliando no desenvolvimento e formulação de combustíveis mais eficientes.

1.2 Estrutura do trabalho

Nos capítulos subsequentes é apresentada, primeiramente, a Revisão Bibliográfica no Capítulo 2, com a descrição dos estudos, modelagens, problemas e desafios nas áreas de foco do presente trabalho, posicionando-o dentro do tema e estado da arte atual. No Capítulo 3 caracteriza-se a relevância do trabalho e seus objetivos imediatos, considerando o estado da arte atual. Em seguida, são descritos nos Capítulos 4 e 5 as metodologias implantadas, os modelos computacionais desenvolvidos e os resultados obtidos nos estudos de combustão em motor, eficiência de veículos e desempenho de motores e veículos. O Capítulo 6 traz as conclusões gerais e sugestões para continuidade dos trabalhos.