

# 1 Introdução

Em 1908, ao iniciar a produção do modelo T, Henry Ford acelerava o processo contínuo de busca por inovações tecnológicas e aumento de segurança para os automóveis. Alguns dos primeiros avanços incluíram a mudança da barra de direção e volante para o lado esquerdo do veículo; um motor de quatro cilindros fundido em um único bloco fechado, assim como o câmbio; e suspensões que usavam molas semi-elípticas. Tudo isso, aliado às estratégias de marketing e de produção do negócio tornaram o modelo T bastante aceito e conhecido em todo o território norte-americano, o que levou a uma rápida disseminação das novidades e adoção por parte das empresas concorrentes. A produção industrial em larga escala do automóvel, que intensificou a corrida pelo desenvolvimento tecnológico e da indústria automotiva em geral, tinha seu início.

Mas, como a própria história demonstra, os avanços tecnológicos foram sendo implementados à medida de suas necessidades, para suprir falhas de segurança, para atender regulamentações, ou reduzir custos de produção. Já havia acontecido anteriormente, com o desenvolvimento do motor de combustão interna que viabilizou o automóvel como um meio de transporte de longas distâncias. E continuaria a acontecer com o desenvolvimento de suspensões à mola, com a posterior adição do amortecedor, para melhorar a dirigibilidade do veículo; com o desenvolvimento de pneus de maior durabilidade, com ou sem câmara interna de ar; com a adoção do cinto de segurança; com a melhoria dos faróis, para permitir enxergar estradas em condições de baixa luminosidade; com o desenvolvimento de sistemas hidráulicos para atuação de freios e do sistema de direção; com a adoção dos freios a disco, que deram maior segurança a carros de maior potência.

Mais recentemente, com os avanços tecnológicos nas áreas de eletrônica e computação, foi possível desenvolver, também, dispositivos de segurança ativa, como o *ABS (Antilock Braking System)* e *TCS (Traction Control System)*, entre outros, para melhorar as respostas do veículo durante frenagem e aceleração. Estes dispositivos percebem pequenos pedaços do veículo, recuperam informações

sobre um determinado comportamento de seu movimento e estabelecem ações corretivas quando necessário, para garantir um melhor desempenho final. No entanto, ao enxergar apenas pedaços do todo, podem estar desconsiderando influências importantes bem como limitando a operação do veículo.

Este trabalho apresenta uma nova proposta para a abordagem de modelagem e controle de sistemas veiculares embarcados, onde o veículo passa a ser compreendido como um organismo, com suas partes componentes interagindo e influenciando o desempenho de cada uma isoladamente e do automóvel como um todo. Esta influência deve se refletir mais nitidamente nos limites de estabilidade para situações de emergência, que porventura o veículo venha a se deparar.

De acordo com esta nova proposta, o funcionamento do veículo pode ser comparado ao funcionamento do corpo humano, onde existe uma condição normal de operação, chamada de condição de homeostase. O corpo humano quando fica doente abandona sua condição de homeostase e precisa de correções pontuais para retornar ao funcionamento normal. Essas correções são representadas por medicamentos ou pela ação do sistema imunológico, ao produzir anticorpos para combater a doença, por exemplo. Este tipo de correção corresponde a uma ação local de controle para restabelecer a estabilidade global do sistema, no caso o corpo humano.

Ao observar o veículo também é possível identificar o mesmo tipo de comportamento, com a existência de uma condição de homeostase, onde todos os sistemas, ou dinâmicas componentes trabalham dentro de uma normalidade/estabilidade. Ao se deparar com uma situação de emergência o veículo abandona sua condição de normalidade, precisando de ações corretivas que restabeleçam sua “homeostase”. Estas ações podem ser globais, quando se consideram modelos de todo o veículo com a consequente proposição de leis de controle globais, ou locais, quando uma coleção de ações isoladas é necessária para jogar o sistema novamente dentro de sua região de estabilidade.

A proposta apresentada neste trabalho mostra que é possível considerar um sistema como uma coleção de sistemas menores, com modelagens modulares, que permitem adições ou subtrações de componentes para aumentar a complexidade do sistema global à medida de sua necessidade. A complexidade do sistema aumenta com o aumento de ligações entre modelos simplificados, mantendo as características físicas do sistema global, muitas vezes descartadas em modelagens

globais. Este trabalho apresentará a proposta de um controle de estabilidade global baseado na coleção de ações de múltiplos controladores locais, que atuam em cada subsistema componente, ou entre os nós de ligação dos diversos subsistemas, de forma a que as variáveis relevantes permaneçam em uma região de homeostase. Dessa forma, o controlador de mais alto nível hierárquico (controlador central ou mestre) pode ser relativamente simples (controladores PID ou, no exemplo do automóvel, o condutor padrão), tendo sua estabilidade analisável a partir de modelos simples. Será também apresentado um controlador mais complexo (controlador homeostático), onde as decisões de intervenção local para manter as variáveis no conjunto de homeostase são tomadas em nível global, a partir de todo o conjunto de informações disponíveis, mas sem alterar o funcionamento do controlador mestre. No exemplo do automóvel habitual, este controlador homeostático deve ser completamente automático, se possível imperceptível pelo condutor.

Com isso é possível realizar um aumento de complexidade do sistema e do controlador de forma incremental, para atender emergências específicas e restabelecer condições de estabilidade, ou homeostase, sem ter que se preocupar com o modelo global do sistema dinâmico, nem ter que determinar leis de controle globais, em um ambiente com múltiplos graus de liberdade.

O presente trabalho constitui uma abordagem inédita em dinâmica veicular, pois apresenta um modelo de veículo completo, composto por múltiplos modelos de peças encontradas em um veículo real e que podem ser conectados e desconectados, à medida que se fizerem necessários, respeitando o princípio de fluxo de potência da teoria de grafos de ligação, como apresentado nas referências [51] e [52]. Com isso respeitam-se as propriedades físicas entre os diversos componentes da dinâmica veicular e alcança-se um modelo versátil, para desenvolvimento de controladores e estratégias de controle diversas, almejando sempre a integração de sistemas de controle em um ambiente virtual. A relevância deste trabalho está diretamente ligada à questão de segurança ativa de veículos automotores, tema de pesquisa que tem sido de extrema importância e que visa melhorar o desempenho de veículos em geral, a segurança dos passageiros e pedestres e a economia de recursos limitados de energia própria. A proposta é não trivial, pois trata do desenvolvimento de um modelo de dinâmica veicular

altamente não-linear, com a integração de controladores pontuais para restabelecimento de estabilidade local e global.

Com base nesta proposta, dividiu-se a tese em oito capítulos. O primeiro capítulo apresenta uma breve história da indústria automotiva e como a inclusão de avanços tecnológicos modificou os automóveis, tornando-os mais seguros e confiáveis ao longo do tempo.

O segundo capítulo apresenta uma revisão bibliográfica, com as idéias que serviram de base para a proposição desta tese, bem como o estágio de desenvolvimento da indústria e pesquisas realizadas na área.

O terceiro capítulo apresenta o conceito de homeostase, do controle homeostático, uma discussão sobre as diferenças de modelos segmentados e modelos globais obtidos através de técnicas de modelagem tradicionais e bem difundidas.

O quarto capítulo apresenta a preparação para a aplicação do controle homeostático, com o equacionamento das dinâmicas representativas, dos diversos subsistemas presentes em um automóvel e algumas simulações que validam o modelo.

O quinto capítulo apresenta as simulações computacionais realizadas para validar os modelos desenvolvidos ao longo do capítulo quatro.

No sexto capítulo apresenta-se a proposta de aplicação do conceito de homeostase ao caso particular da dinâmica veicular, com a utilização do modelo desenvolvido no capítulo anterior. Também é apresentado um exemplo com a aplicação de um controlador local para o sistema de suspensão, incluindo a indicação de como funcionaria um controlador homeostático.

O sétimo capítulo apresenta as conclusões obtidas com o trabalho, bem como propostas para continuidade do tema de pesquisa. O último capítulo apresenta as referências bibliográficas que serviram de base para este trabalho.