

7 Conclusões e Trabalhos Futuros

Ao final deste trabalho, conseguiu-se alcançar seu objetivo, que era promover um estudo de modelagem com aplicação em controle. A primeira etapa da modelagem, relativa ao pneu, foi fundamental para o entendimento da interação entre o veículo e a superfície sobre a qual se move. Também foi possível entender melhor os efeitos entre as dinâmicas (longitudinal e lateral), via o conceito de elipse de aderência, com as forças (lateral e longitudinal) atuantes no pneu.

O primeiro modelo para dinâmica veicular, de quatro graus de liberdade, possibilitou, ainda que de maneira simplificada, um entendimento sobre o comportamento de sistemas físicos deste tipo. Suas simulações indicaram a validade do tratamento, em comparação com dados das referências [1], [2], [3], [9], [10], [11] e [12], apesar das simplificações efetuadas e que tornaram o modelo um sistema linear representando um veículo em movimento com velocidade constante, desempenhando uma trajetória suave. Mesmo apesar das simplificações, o modelo de quatro graus de liberdade mostrou-se válido.

Passando para o modelo de oito graus de liberdade, a representação não linear proposta atendeu o funcionamento esperado, podendo ser utilizado para tratar o comportamento de veículos terrestres sobre suspensão. Porém o método para obtenção deste modelo mostrou-se trabalhoso, pois requer muito algebrismo, que se não for feito de maneira correta, pode ocasionar erros. Uma abordagem que foi usada e que mostrou bons resultados foi a modularização do equacionamento, gerando blocos de equações que puderam ser avaliadas em separado. Isso ajudou em muito a identificação de erros de modelagem, quando ocorriam.

Mas ainda assim, mesmo tratado de forma modular, o equacionamento do modelo de oito graus de liberdade requereu especial atenção para evitar problemas ao longo das simulações. Em face disso, propõe-se à utilização da técnica de grafos de ligação em trabalhos futuros, para simplificar ainda mais o trabalho de

equacionamento de um modelo analítico que possa ser simulado computacionalmente.

Tendo validado a modelagem da dinâmica veicular, partiu-se então para a construção do controlador a ser aplicado ao veículo. Inicialmente aplicou-se o controle sobre o modelo de quatro graus de liberdade simplificado, porém mantendo a transformação do referencial local para o global como uma não linearidade adicional do sistema. Com o controlador projetado, foi possível efetuar a simulação e verificar a eficiência do método empregado. Como pode ser visualizado nos resultados apresentados no Capítulo 6, o projeto de controlador via técnica de linearização da realimentação de estados, com a conseqüente imposição de pólos para o sistema de malha fechada, apresentou resultado superior ao das referências [3] e [13]. É necessário fazer uma ressalva quanto ao sucesso do controlador, pois, os resultados obtidos são reflexos da formulação matemática que foi utilizada para resolver o problema. Porém não é possível determinar, se os valores encontrados para os controles são tangíveis fisicamente. É necessário aprofundar o estudo das limitações físicas dos sistemas existentes na indústria automobilística e dos resultados encontrados neste trabalho, para saber se é possível realmente construir o controle projetado.

Em função do desenvolvimento deste trabalho e das constatações efetuadas no seu decorrer, identificou-se uma lista de problemas subseqüentes que contribuirão ainda mais para validar a técnica até aqui abordada, permitindo sua transposição do mundo virtual para o mundo real e, quem sabe, até industrial.

Uma primeira extensão corresponde a inserir os graus de liberdade ausentes, transformando o modelo de oito graus de liberdade, que só comporta as dinâmicas lateral e longitudinal, em um modelo mais completo, também com a dinâmica vertical, e que permitirá uma melhor reprodução do comportamento real de veículos terrestres sobre suspensão em movimento sobre superfícies tridimensionais.

Uma segunda proposta de trabalho futuro diz respeito à tentativa de se trabalhar com modelos não analíticos. A atual técnica de controle empregada é integralmente baseada em modelos analíticos, dificultando a obtenção de um resultado final de maneira rápida e intuitiva. Mas para que isso se torne possível talvez seja preciso utilizar alguma técnica de previsão de modelos, tais como as utilizadas em identificação de sistemas.

A terceira sugestão corresponde a integrar os modelos e controladores ao programa SVDV – Simulação e Visualização da Dinâmica de Veículos em desenvolvimento pelo grupo de pesquisa em dinâmica veicular, do DEM/PUC-Rio. Dessa maneira seria possível visualizar o comportamento do veículo antes mesmo dele se tornar realidade, compondo com este recurso um sistema de prototipagem virtual, diminuir-se-ia os custos de projeto, além de encurtar o ciclo de produção de um novo produto.

A quarta proposta de seqüência de trabalho é efetuar o estudo das limitações físicas do modelo quando transportado para o mundo real. Dessa forma será possível determinar a viabilidade das técnicas de modelagem e controle conjuntas, bem como propor saídas que contornem tais limitações.

Uma quinta possibilidade é a construção de um protótipo real que permitiria, além de visualizar o funcionamento da técnica, verificar a rapidez do algoritmo computacional desenvolvido e se é possível transformá-lo em produto comercial.