

Conclusões

Foi apresentado nesse trabalho um método para facilitar o estudo do problema de controle de um veículo sobre uma dada trajetória. Foram definidas maneiras de se construir e referenciar uma pista matematicamente e estratégias de controle foram aplicadas sobre diferentes modelos para avaliar e comparar os resultados. Foi dado um primeiro passo para se definir uma trajetória ótima.

Inicialmente o estudo foi feito sobre um modelo cinemático do veículo. A malha de controle foi montada utilizando um controlador clássico da família PID. O modelo percorreu a trajetória com um erro inferior a 0,4m e o ângulo de esterçamento se manteve inferior a um limite arbitrado em 45° . Apesar do bom resultado o modelo não representa os efeitos dinâmicos e inerciais atuantes no veículo.

O segundo estudo foi realizado com um modelo linear de quatro graus de liberdade. Esse modelo considera a transferência de referencial linearizada, de modo que o ângulo de *yaw* deve se manter em valores inferiores a 20° . Foram utilizados controladores clássicos e modernos e dois tipos de estruturas de malha de controle. Em uma delas se considera apenas a realimentação da posição do C.G. do veículo, na outra se considera também o ângulo de *yaw* do veículo.

Na malha em que realimenta-se apenas a posição do C.G., o controlador clássico proporcional derivativo duplo foi o que obteve melhor resultado, mantendo o erro inferior a um metro e o ângulo de esterçamento com um perfil realista. O controlador proporcional, apesar de orientar o carro muito bem na trajetória desejada, apresentou oscilações no ângulo de esterçamento. Já os controladores modernos não tiveram bons resultados, ao passo que mesmo com o ajuste dos pólos, não foi possível obter uma resposta rápida do sistema, já que a referência não era um degrau constante, mas mudava a cada instante.

Quando foi testado o controlador PDD na malha de controle não linear, os resultados se mantiveram tão bons quanto na malha linear, salvo o fato de aparecerem oscilações e um transiente no ângulo de esterçamento.

Quando a malha de controle foi realimentada com o ângulo de *yaw* se obteve bons resultados. Pode-se ver que a ponderação entre os erros gerados pelas duas realimentações influencia bastante no resultado. O erro final de posicionamento do veículo na pista permaneceu pequeno (inferior a um metro) e o ângulo de esterçamento apresentou um perfil realista e valores inferiores ao limite arbitrado. Foi possível notar que as oscilações são altamente dependentes da ponderação que se faz entre o erro referente ao C.G. do veículo e o erro vindo do ângulo de *yaw*. Essa parte do trabalho merece uma atenção especial no futuro, no sentido de se otimizar essa ponderação, a estrutura da malha e o controlador.

Por fim, no último capítulo é apresentada uma maneira de se tratar o problema de determinação de trajetória ótima para percorrer uma curva. Essa é uma outra vertente que se integra ao escopo da dissertação, pois a metodologia discutida aqui pode receber como referência uma trajetória definida por algum outro método como controle ótimo ou otimização.

No final do estudo pode-se concluir que dentro das limitações dos modelos e das técnicas aplicadas, os resultados obtidos estão de acordo com o que se propôs, ou seja, percorrer uma trajetória pré-definida, seja ela aberta ou fechada. A contribuição mais importante do trabalho foi a discussão de como representar o problema e a verificação das limitações de cada um dos modelos e técnicas aplicadas. Além disso, o trabalho deixa espaço para o estudo de novos modelos e controladores a partir dos modelos de malha de controle e determinação de trajetória aqui elaborados.