

## PROPOSTA DE TEMA DE MESTRADO

# Controle de rodovias por limites variáveis de velocidade com restrição de valor mínimo

Proponentes: **Rodrigo Castelan Carlson** e **Júlio Normey-Rico**  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Automação e Sistemas  
Universidade Federal de Santa Catarina  
28 de Junho de 2018

- **Área de concentração:** controle e automação
- **Início:** agosto/2018
- **Previsão de término:** fevereiro/2020

## 1 Contextualização

O fluxo máximo de veículos que pode passar por um determinado ponto de uma rodovia é chamado de capacidade ou capacidade nominal [1]. Quando uma rodovia possui um ponto em que a capacidade a jusante é inferior à capacidade a montante, forma-se um gargalo potencial. Um gargalo potencial se torna ativo quando o fluxo de veículos a montante é maior do que a capacidade do gargalo potencial. Neste cenário, forma-se um congestionamento.

A formação de congestionamento em um gargalo é prejudicial para a operação eficiente da rodovia. Quando um congestionamento se forma a capacidade nominal não é mantida e pode ser reduzida até 20% dependendo das condições viárias, composição do tráfego e condições ambientais [2]. Esse fenômeno é conhecido por queda de capacidade. Uma vez que a queda de capacidade tenha ocorrido, a rodovia só voltará à capacidade nominal após a dissipação completa do congestionamento.

Existem diversas técnicas de controle de tráfego rodoviário para evitar a queda de capacidade, sendo as mais conhecidas o controle de acesso [1], o roteamento de veículos [3], e os limites variáveis de velocidade [4].

Em contraste com controle de acesso e roteamento de veículos, largamente empregados nos Estados Unidos, Europa, e Ásia, os limites de variáveis de velocidade possuem pouca aplicação prática para manutenção da eficiência, embora sejam bastante empregados para segurança viária.

Diversos trabalhos propõem técnicas de controle com limites variáveis de velocidade, mas esbarram em dois problemas que impedem aplicações práticas:

- Boa parte deles é focado em técnicas de controle ótimo ou controle preditivo baseados em modelos não-lineares que não refletem suficientemente bem o mundo real e exigem elevado esforço computacional[5, 6];
- Trabalhos com potencial prático que usam técnicas de controle realimentado ou mesmo heurísticas exigem a redução de dos limites de velocidade a valores bastante baixos [7, 8] e não são bem vistos por operadores de tráfego, os quais ainda consideram limites variáveis de velocidade como uma ferramenta para segurança viária.

Além disso, algumas dessas estratégias, mais notadamente o controle do fluxo principal, além de requerer limites de velocidade bastante baixos, de até 20 km/h, ainda necessita que a redução do limite de velocidade force uma redução da capacidade da via [7, 8]. Embora haja estudos que demonstrem que essa redução acontece [9], há outros estudos que questionam esse efeito do limite de velocidade no tráfego[10].

Por outro lado, é consenso que a redução do limite de velocidade provoca uma transição de estado no sistema de tráfego que garante a redução temporária do fluxo de tráfego ao passo que há um aumento da densidade de veículos na via para valores altos de limites de velocidade, isto é, superiores a 50/60 km/h. Isto é relevante, pois limites de velocidade acima destes valores é bem aceito por operadores de tráfego. Embora este efeito seja explorado por algumas técnicas de controle, seu potencial para o controle de rodovias ainda não foi completamente aproveitado.

## 2 Objetivos

### 2.1 Objetivo Geral

Desenvolver uma técnica de controle realimentado de tráfego rodoviário que atue por meio de limites variáveis de velocidade considerados altos, explorando a transição de estado que reduz temporariamente o fluxo e aumenta a densidade viária.

### 2.2 Objetivos Específicos

- Identificar em simulação o modelo do processo
- Projetar um controlador robusto para o sistema
- Demonstrar o funcionamento e operação do controlador em simulação

## 3 Metodologia

Para a realização do trabalho, as etapas mais importantes são:

1. estudo da literatura existente sobre controle de tráfego em rodovias, em particular aqueles envolvendo simulação;
2. familiarização com o simulador de tráfego a ser utilizado;
3. familiarização com o Preditor de Smith Filtrado e técnicas de projeto de controle robusto [11];
4. identificação do modelo e projeto do controlador;
5. redação da dissertação, artigo científico e defesa.

### 3.1 Cronograma

O trabalho será dividido nas seguintes etapas:

1. **Etapa 1:** Literatura. **Período:** agosto/2018 a dezembro/2018;
2. **Etapa 2:** Simulador. **Período:** novembro/2018 a março/2019;

3. **Etapa 3:** Projeto. **Período:** novembro/2018 a julho/2019;
4. **Etapa 4:** Implementação. **Período:** maio/2019 a outubro/2019;
5. **Etapa 5:** Simulações. **Período:** setembro/2019 a dezembro/2019;
6. **Etapa 6:** Dissertação e defesa. **Período:** novembro/2019 a fevereiro/2020.

## 4 Perfil do candidato

Para a realização adequada do trabalho o candidato deve, preferencialmente:

- ter interesse pelo problema de controle de tráfego urbano;
- ter habilidades de programação e conhecimentos básicos de linguagem C;
- ter habilidade e conhecimentos das ferramentas de controle do Matlab; e
- cursar disciplinas da área de controle.

## 5 Resultados

Os principais resultados esperados para este trabalho de mestrado são:

- domínio dos conceitos básicos de engenharia de tráfego rodoviário e aplicações de técnicas de controle automático para o tráfego;
- formação de recursos humanos em área estratégica (Sistemas Inteligentes de Transportes);
- formação geral em sistemas de controle com aplicação industrial
- divulgação técnico/científica dos resultados e conclusões em periódicos e congressos nacionais e internacionais.

## Referências

- [1] M. Papageorgiou and A. Kotsialos. Freeway Ramp Metering: an Overview. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 3(4):271–281, 2002.
- [2] M. Cassidy and J. Rudjanakanoknad. Increasing the capacity of an isolated merge by metering its on-ramp. *Transportation Research Part B: Methodological*, 39(10):896–913, December 2005.
- [3] Yannis Pavlis and Markos Papageorgiou. Simple Decentralized Feedback Strategies for Route Guidance in Traffic Networks. *Transportation Science*, 33(3):264–278, August 1999.
- [4] B. Khondaker and L. Kattan. Variable speed limit: an overview. *Transportation Letters*, 7(5):264–278, October 2015.
- [5] A. Hegyi, B. De Schutter, and H. Hellendoorn. Model Predictive Control for Optimal Coordination of Ramp Metering and Variable Speed Limits. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 13(3):185–209, June 2005.

- [6] R. C. Carlson, I. Papamichail, M. Papageorgiou, and A. Messmer. Optimal Mainstream Traffic Flow Control of Large-scale Motorway Networks. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 18(2):193–212, April 2010.
- [7] R. C. Carlson, I. Papamichail, and M. Papageorgiou. Local Feedback-based Mainstream Traffic Flow Control on Motorways Using Variable Speed Limits. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 12(4):1261–1276, 2011.
- [8] Georgioa-Roumpini Iordanidou, Ioannis Papamichail, Claudio Roncoli, and Markos Papageorgiou. Integrated motorway traffic flow control with delay balancing. In *Proceedings of the 14th IFAC Symposium on Control in Transportation Systems*, Istanbul, Turkey, 2016.
- [9] M. Papageorgiou, E. Kosmatopoulos, and I. Papamichail. Effects of Variable Speed Limits on Motorway Traffic Flow. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2047:37–48, December 2008.
- [10] Francesc Soriguera, Irene Martínez-Josemaría, and Mónica Menéndez. Experimenting with dynamic speed limits on freeways. In *TRB 94th Annual Meeting Compendium of Papers*, volume 15-2729, Washington, D.C., USA, 2015.
- [11] J. E. Normey-Rico and E. F. Camacho. *Control of dead-time processes*. Advanced textbooks in control and signal processing. Springer, London, 2007.