

TRILHOS:
EFICIÊNCIA E
NOVOS RUMOS



APLICAÇÃO DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL EM SISTEMAS DE SINALIZAÇÃO FERROVIÁRIO

FELIPE LOPES SUZART

O AUTOR

FELIPE LOPES SUZART

- Engenheiro Elétrico – Fundação Instituto Tecnológico de Osasco (2013)
- Pós Graduação Lato Senso Automação e Controle – SENAI (2017)
- Técnico de Restabelecimento em Sistemas Ferroviários – CPTM (2012-atual)
- Instrutor de Práticas Profissionais Eletroeletrônica – SENAI-SP (2014 - atual)



CPTM

MISSÃO

Prestar serviço de transporte público propiciando mobilidade com excelência e acesso a serviços associados ao transporte, que tornem a experiência de optar pela CPTM única aos passageiros.

VALORES

- Comprometimento com a **Transparência e Integridade**;
- **Atitude de Dono** em que cada funcionário tem o poder de fazer a diferença;
- **Respeito** ao Meio Ambiente e aos Valores das Comunidades;
- **Zelo inegociável** pela melhor técnica;
- **Foco** na Inovação e no empreendedorismo.

VISÃO

Ser o elo fundamental na cadeia intermodal de transporte de passageiros no Estado de São Paulo e aprimorar as opções e experiências dos cidadãos por meio de parcerias e inovações.

OBJETIVOS ESTRATÉGICOS

- ▶ Transformar o ambiente organizacional;
- ▶ Promover uma cultura de empreendedorismo corporativo e inovação;
- ▶ Aperfeiçoar um modelo gerencial sustentado na busca por excelência na gestão, projetos e processos de negócios;
- ▶ Aprimorar o modelo de Gestão Financeira;
- ▶ Implantar uma nova política de Comunicações Corporativas;
- ▶ Regularizar a titularidade patrimonial e posse dos territórios sob domínio da CPTM e em aquisição;
- ▶ Promover uma intensa política de segurança, saúde e meio ambiente;
- ▶ Modernizar continuamente a rede da companhia;
- ▶ Expandir os serviços de transporte.



	LINHAS	PASSEGEIROS*
7	RUBI (Luz - Jundiaí)	473,4 mil
8	DIAMANTE (Júlio Prestes - Amador Bueno)	521,0 mil
9	ESMERALDA (Osasco - Grajaú)	613,0 mil
10	TURQUESA (Brás - Rio Grande da Serra)	391,0 mil
11	CORAL (Luz - Estudantes)	752,8 mil
12	SAFIRA (Brás - Calmon Viana)	272,0 mil
13	JADE (Engº. Goulart - Aeroporto-Guarulhos)	13,3 mil*

* Média por dia útil - Abr/2019.

CAOS NO TRANSPORTE SOBRE TRILHOS



POSSÍVEIS SOLUÇÕES



Alto Investimento

- *Investimentos na infraestrutura.*
- *Ampliação da cobertura de trens urbanos*
- *Implantação de transporte leves sobre trilhos*

Medidas Políticas quanto ao uso do espaço

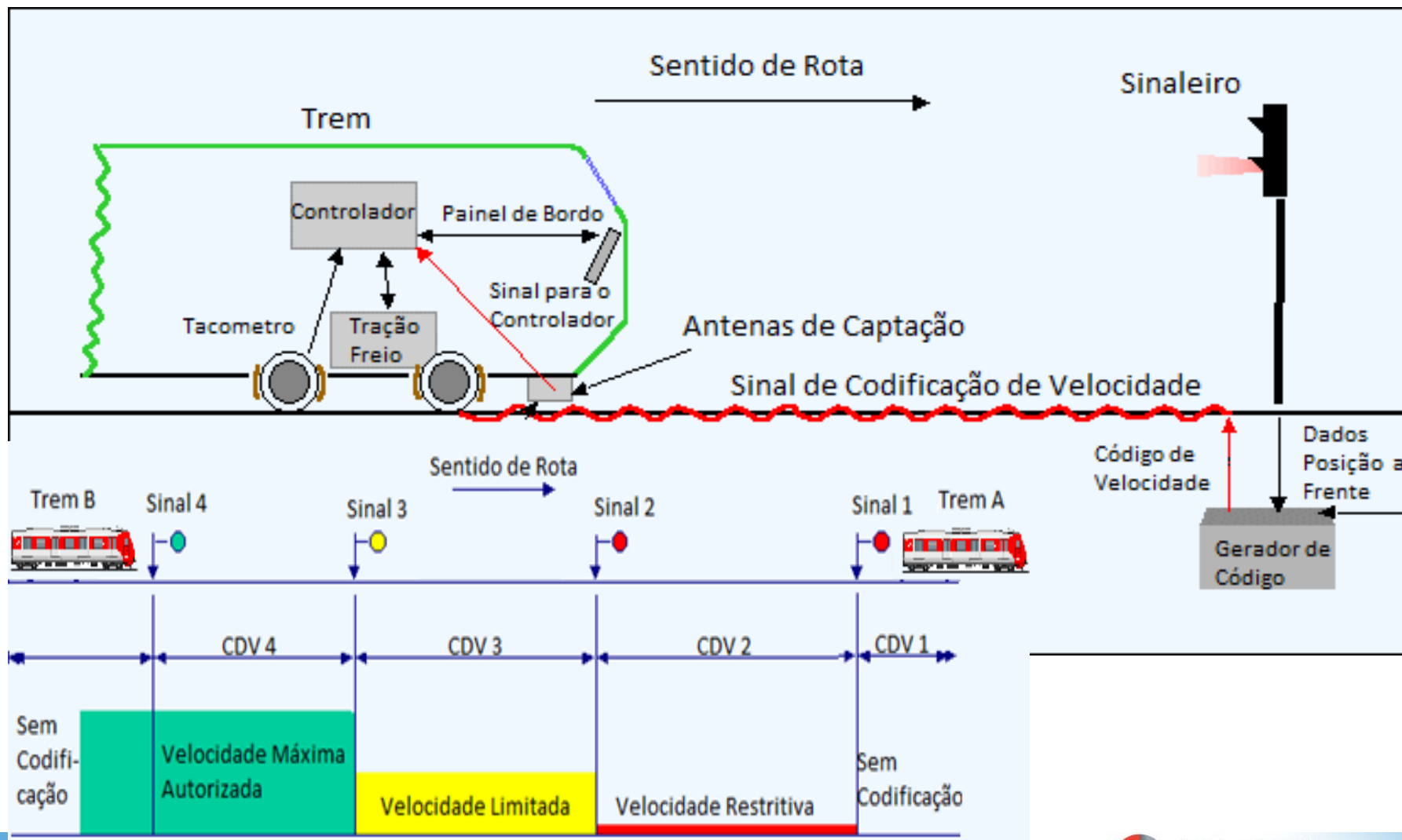
- *Pedágios Urbanos*
- *Encarecimento do imposto sobre a propriedade de automóveis e combustível*

Obter melhor eficiência Operacional com atual estrutura através de uma boa aplicação de engenharia de transporte e controle.

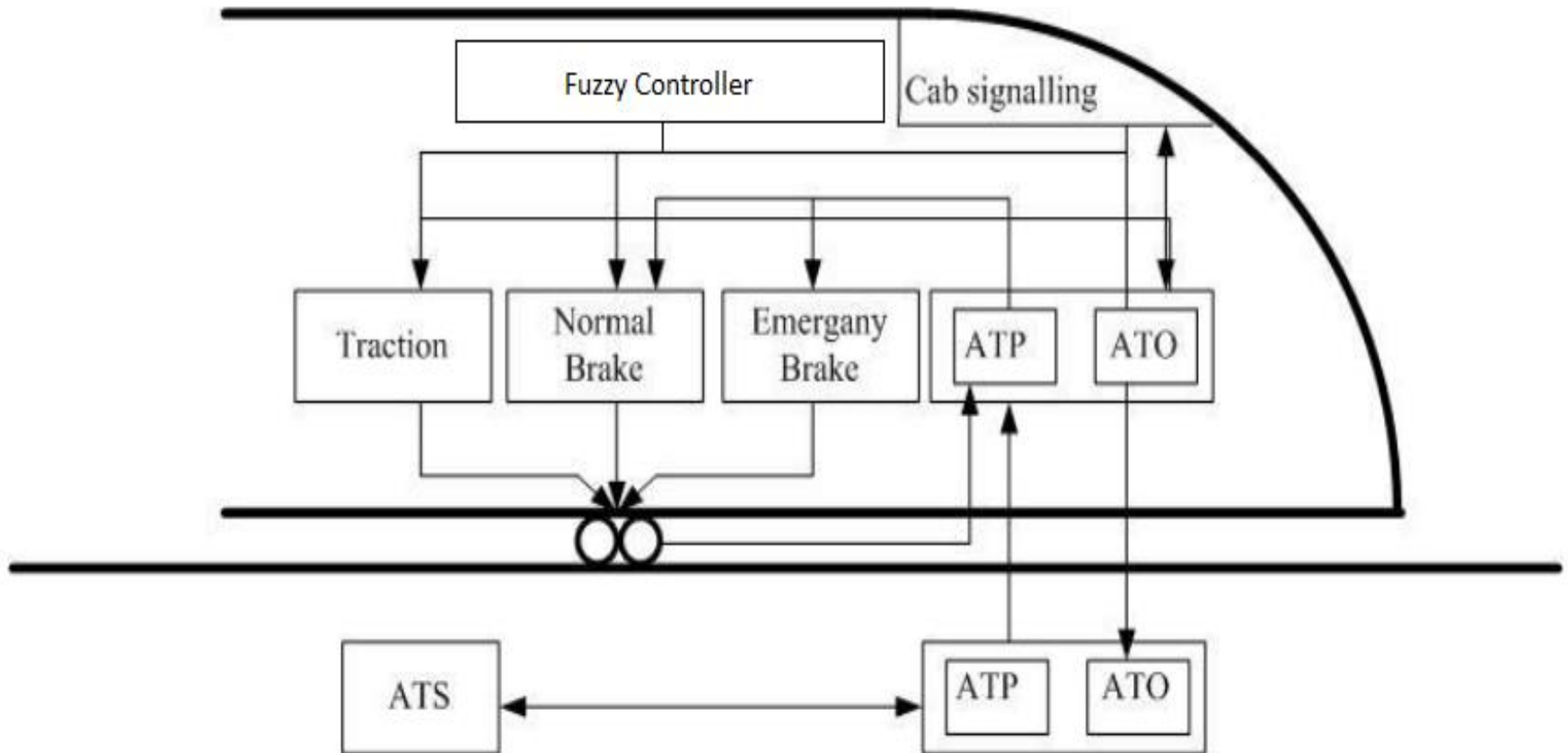
APLICAÇÃO DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL EM SISTEMAS DE SINALIZAÇÃO FERROVIÁRIO



CODIFICAÇÃO DE VELOCIDADE



CONTROLADOR FUZZY EM CONTROLE DE TRAÇÃO DE TRENS



LÓGICA FUZZY

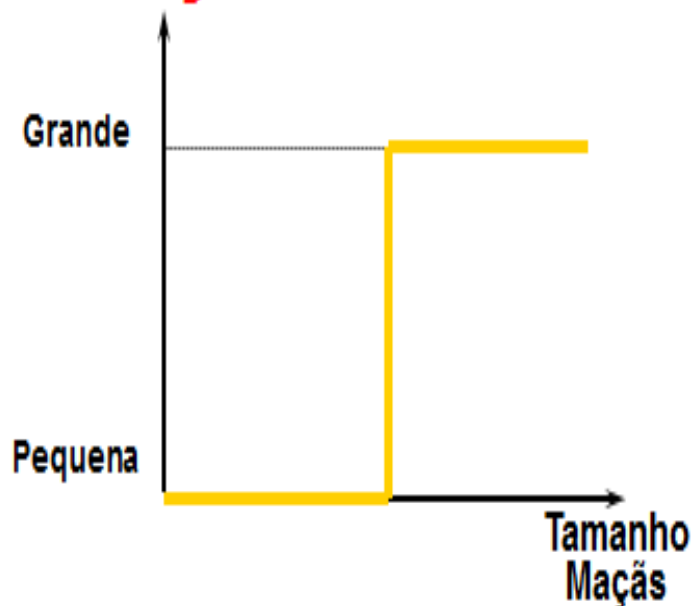


- Procura de forma intuitiva entender como o processo funciona
- Copiar a forma como um ser humano Controla algo

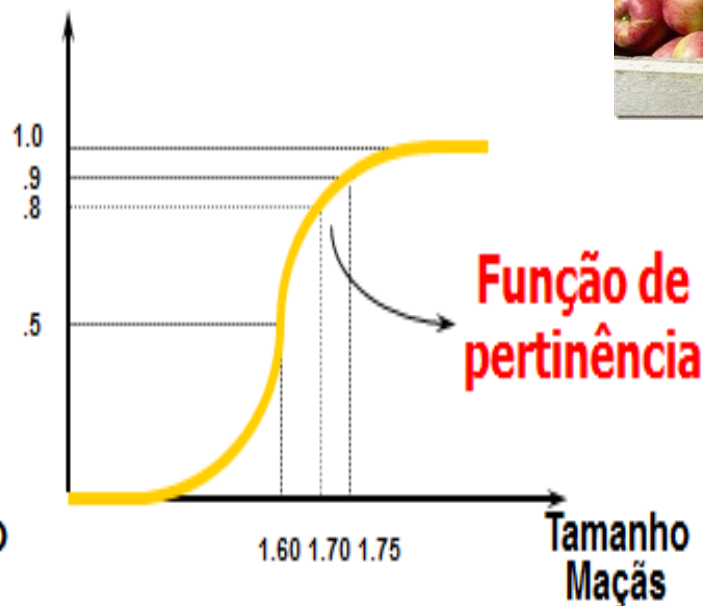
LÓGICA FUZZY - PROBLEMA DAS MAÇAS



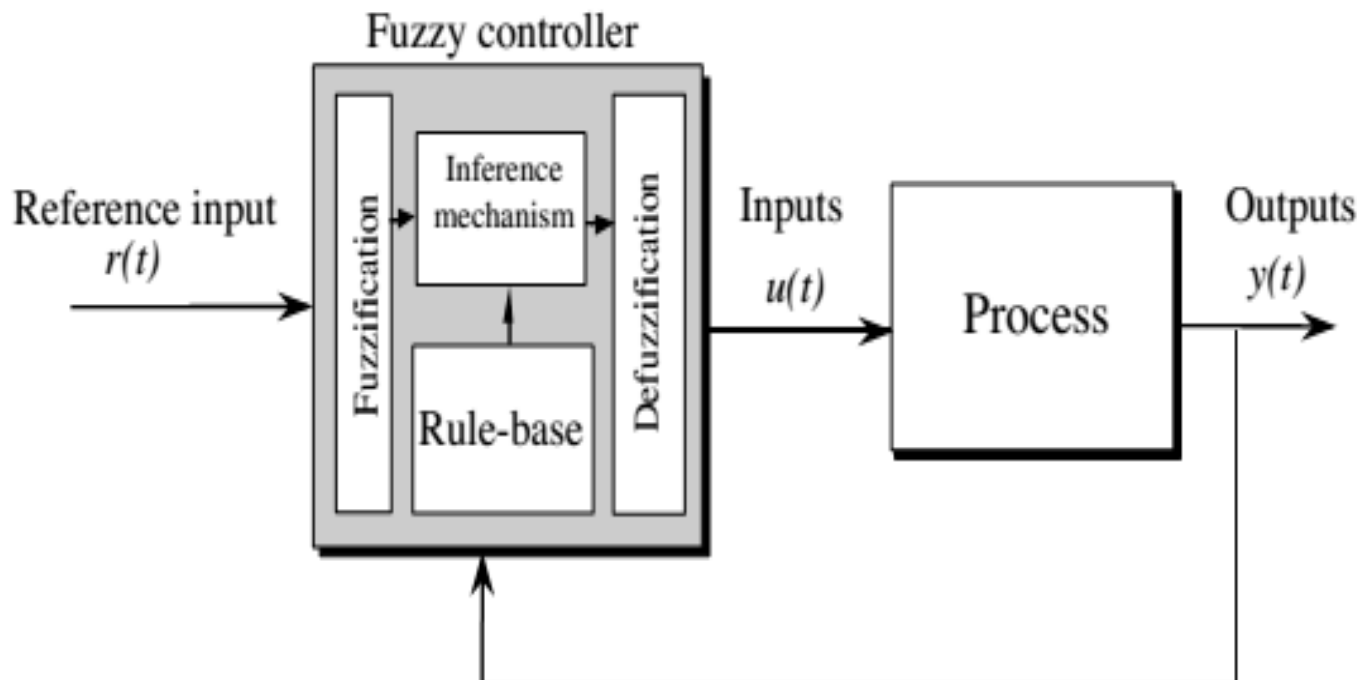
Conjunto Clássico



Conjunto Fuzzy



CONTROLADOR FUZZY

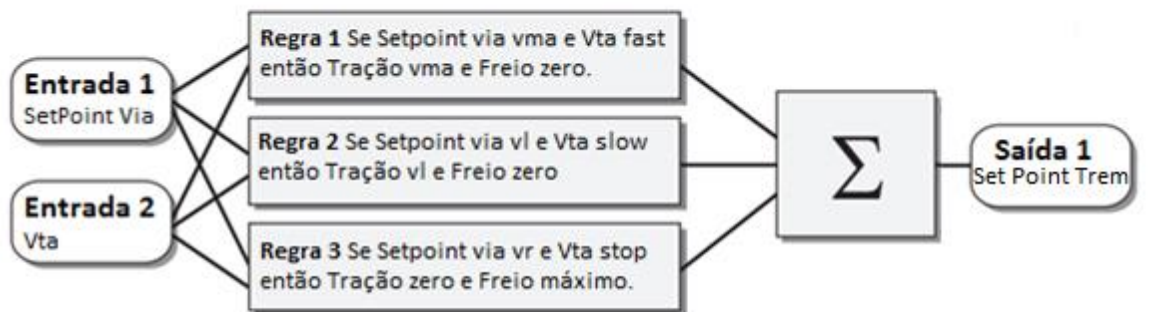


FERRAMENTA MATLAB FUZZY TOOLBOX



Sistema Fuzzy Trem 8000

2 entradas, 1 saída e 9 regras

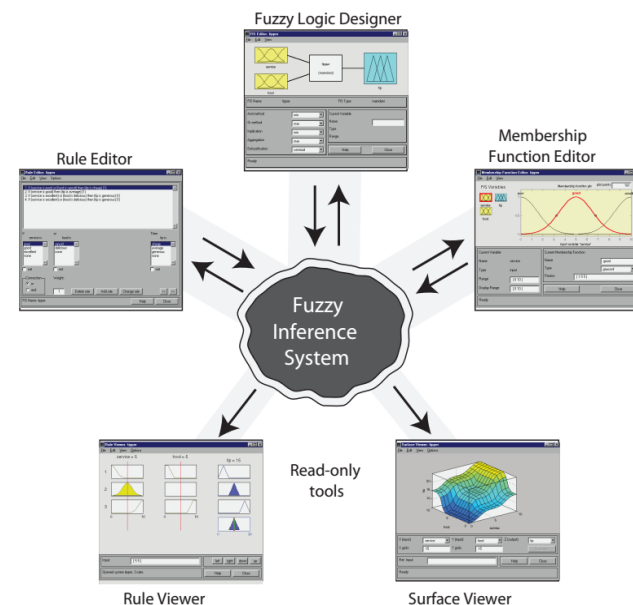


As entradas são números não Fuzzy, com range limitados

As regras são avaliadas de forma paralela com o uso do raciocínio Fuzzy

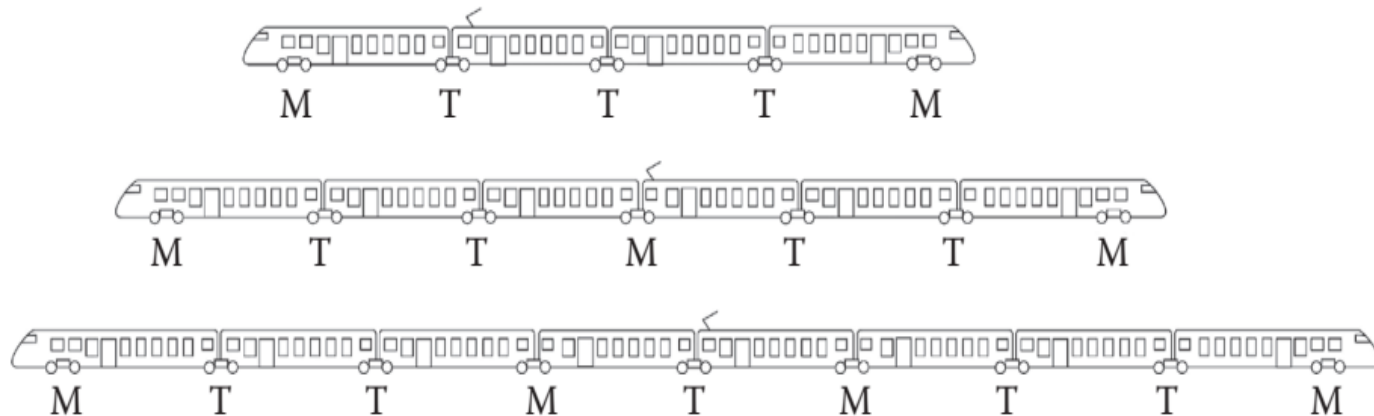
Os resultados das aplicações da regras são defuzzificados

A saída são valores reais não fuzzy

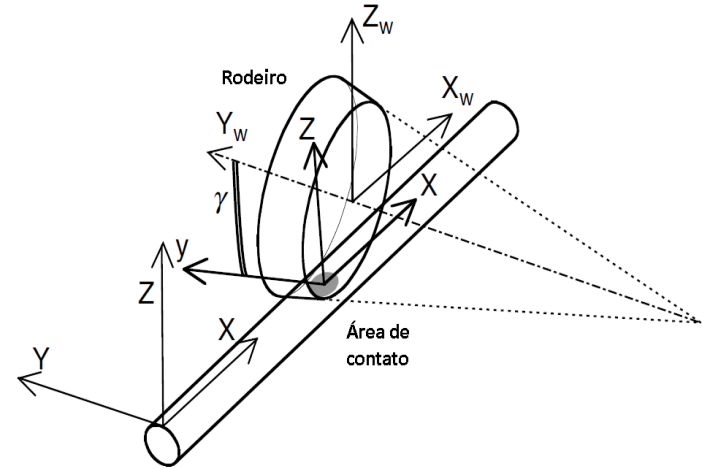
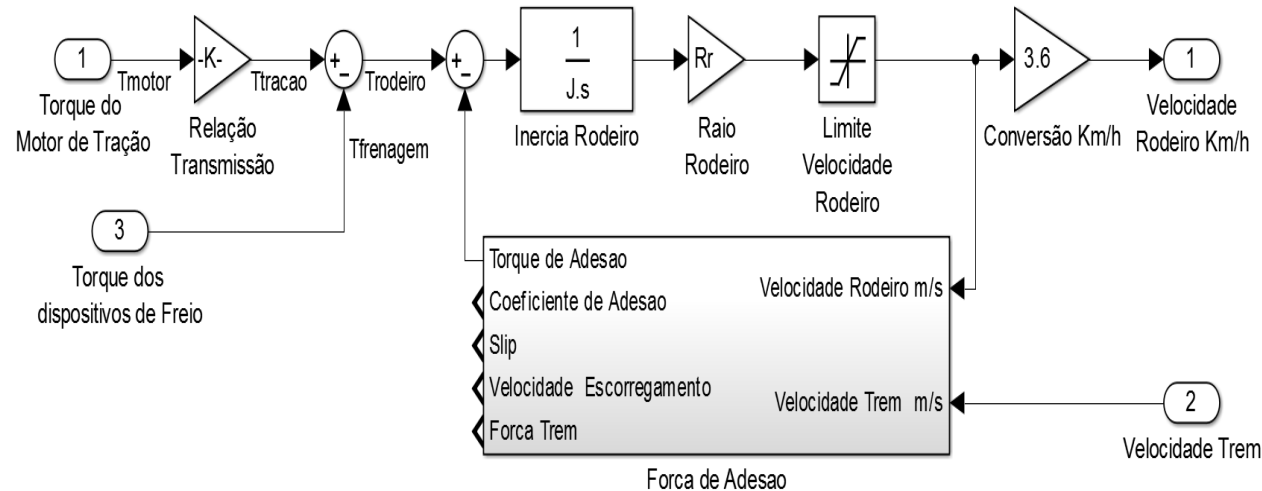
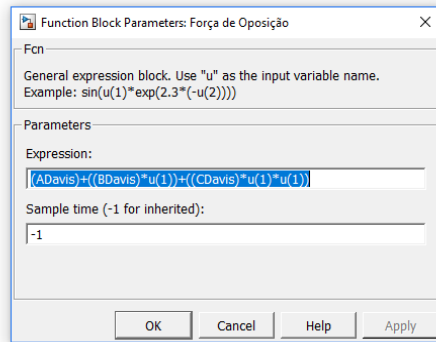
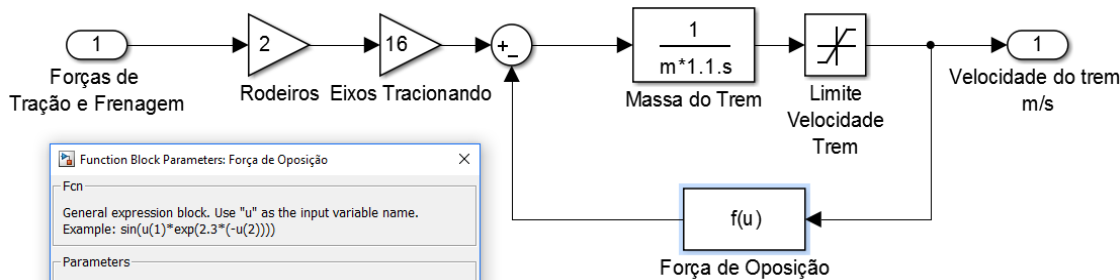
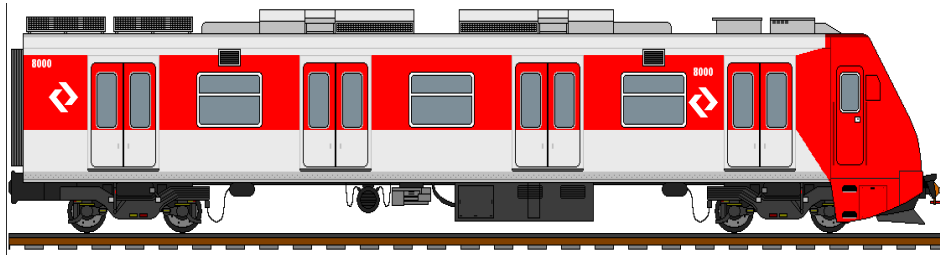


MODELAGEM DOS SISTEMAS

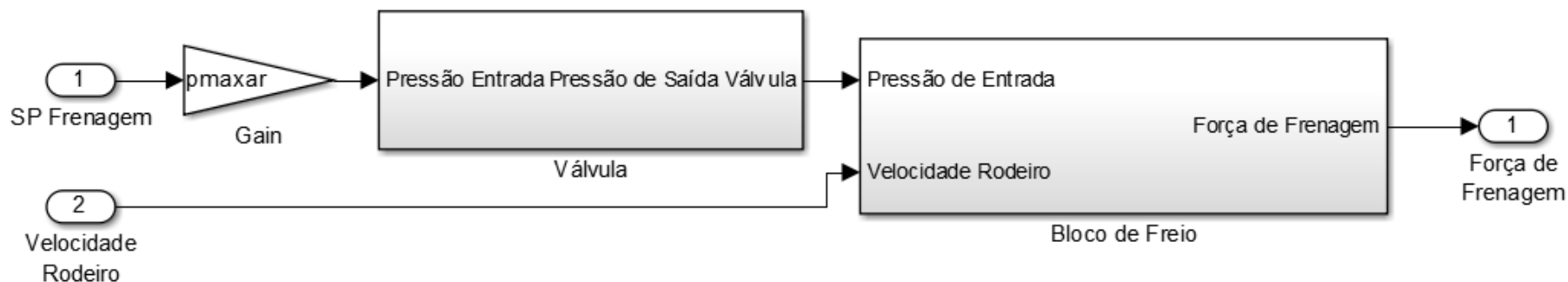
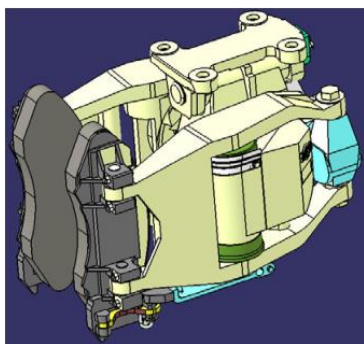
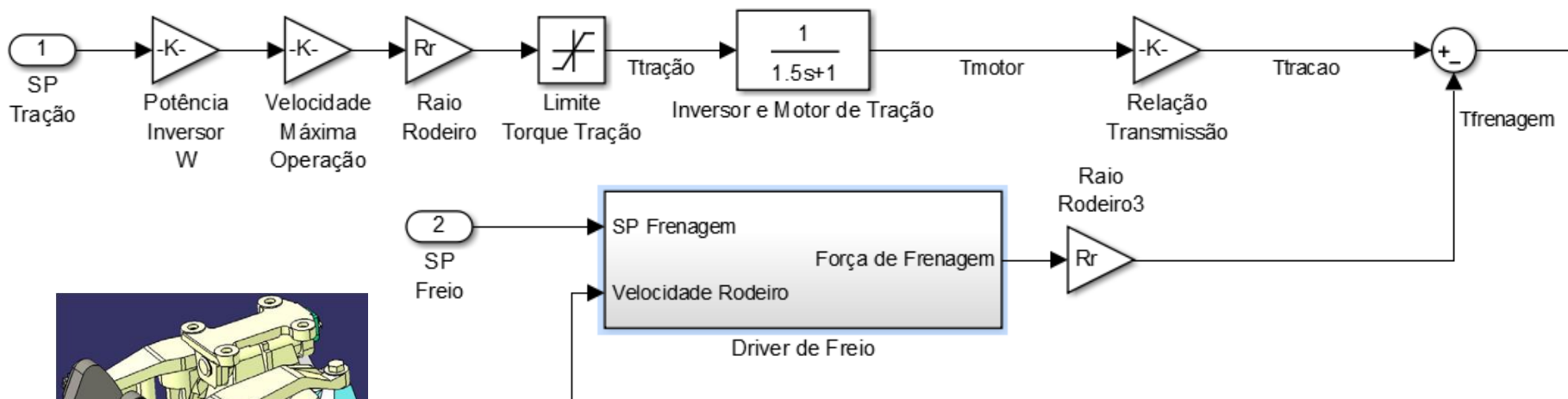
- *Modelo do Trem*
- *Modelo do Rodeiro*
- *Modelo Driver de Freio*
- *Modelo Driver De Tração*



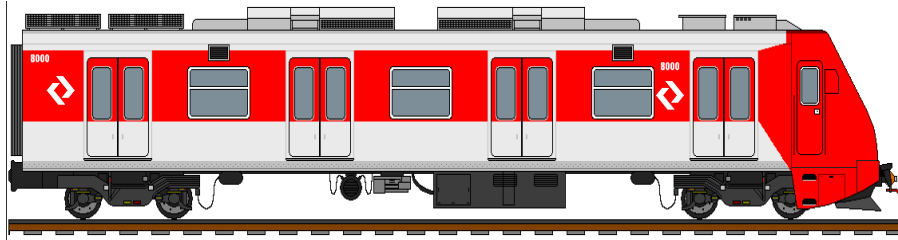
MODELAGEM DO TREM E RODEIRO



MODELAGEM TRAÇÃO E FREIO



MODELO COMPLETO TREM



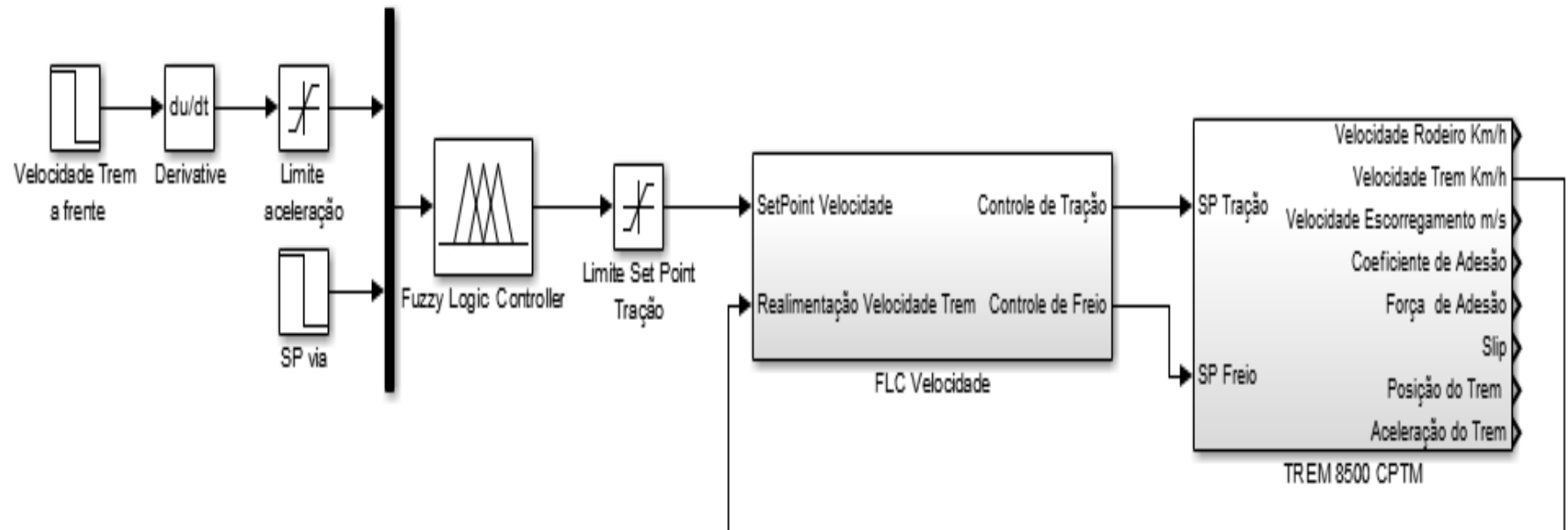
	Velocidade Rodeiro Km/h	➤
	Velocidade Trem Km/h	➤
➤ SP Tração	Velocidade Escorregamento m/s	➤
	Coeficiente de Adesão	➤
	Força de Adesão	➤
	Slip	➤
➤ SP Freio	Posição do Trem	➤
	Aceleração do Trem	➤

TREM 8000 CPTM

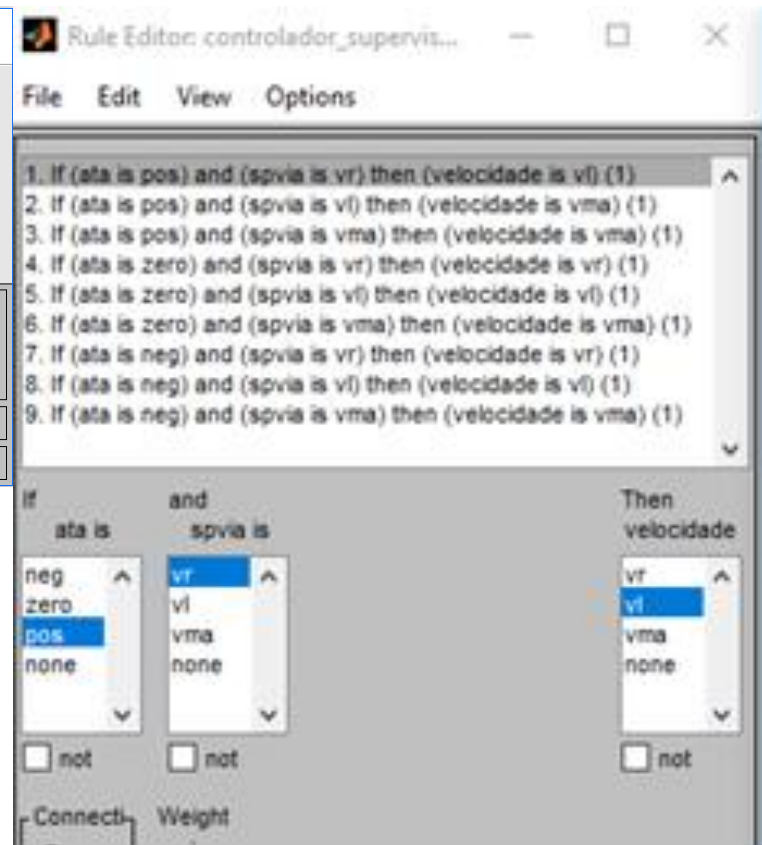
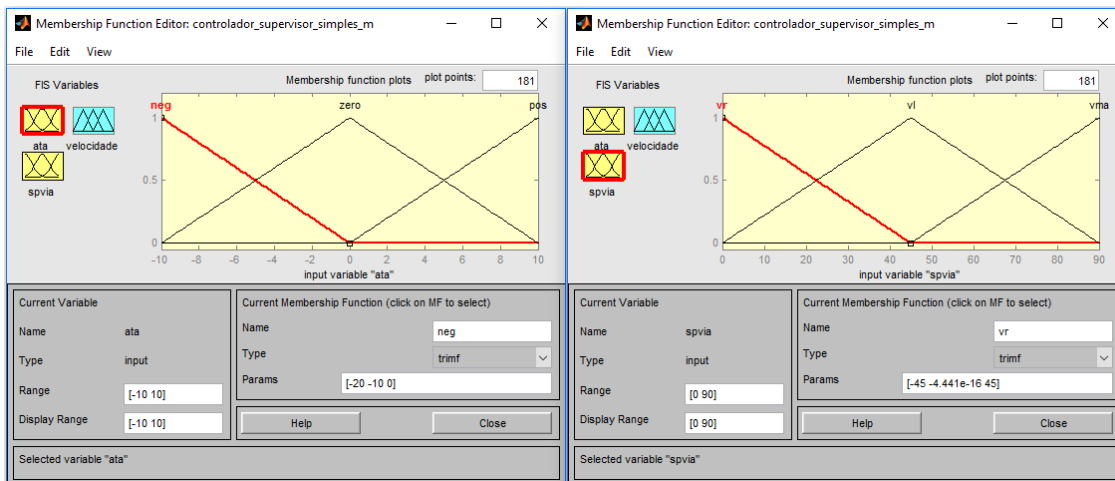
Limitações do Modelo

- O trem foi considerado como um corpo sólido.
- Assume-se que não há deslocamento lateral e vertical tanto do trem quando rodeiro.
- Ambos os motores tracionam por igual.
- Transmissão e tração possuem rendimento ideal.
- O bloco de freio não foi considerado a pressão de exaustão da válvula.
- A massa do trem esta distribuída igualmente entre os rodeiro.
- Diâmetros do rodeiro constantes.
- Condições ambientais e coeficientes de adesão adaptados de trens de carga.
- Não foram considerados aspectos cíveis como rampas e curvas
- Torque aplicado igualmente entre os motores
- Sensores de realimentação do sistemas não foram modelados
- Condições de contato rodeiro e trilho constante.

CONTROLADOR FUZZY SUPERVISÓRIO



CONTROLADOR FUZZY SUPERVISÓRIO



Ajustes Controlador:

Inferência tipo: Mandani

Função de Pertinência: triangular

Spvia = 20 - 90

Vta = 0 - 90

Velocidade: 20-90, *Vr*, *VI* e *Vma*

Condições de Operação na linha da CPTM

Velocidade Máxima de operação do trem: 90 Km/h

Vr = 20 km/h – (velocidade restritiva)

VI = 50 Km/h – (velocidade limitada)

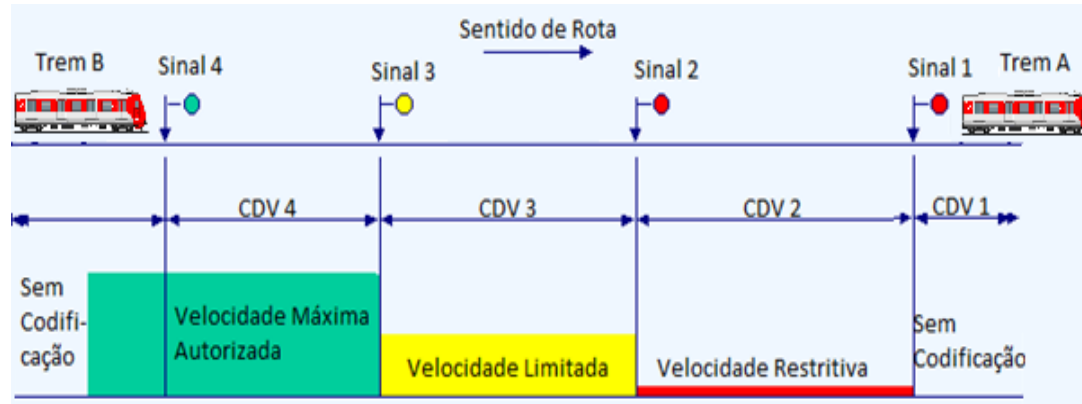
Vma = 90 Km/h (velocidade máxima autorizada)

*Os circuitos de via (trechos controlados) comprimento de 900 metros

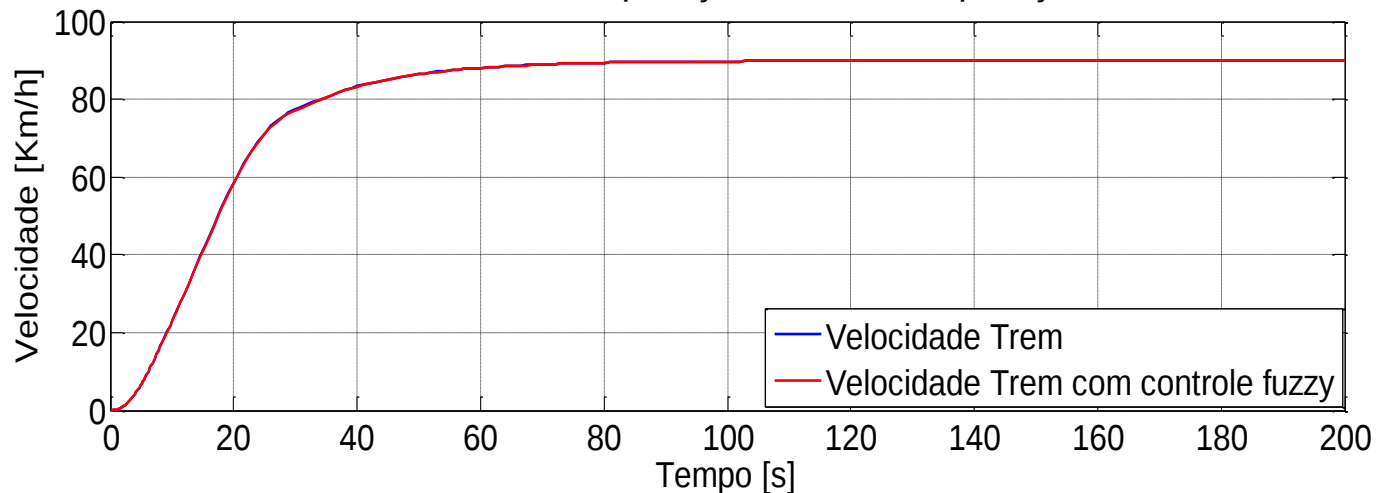
RESULTADOS OBTIDOS CONTROLADOR SUPERVISÓRIO

- *Setpoint via em velocidade máxima autorizada e trem a frente acelerando.*
- *Setpoint via em velocidade limitada e trem a frente acelerando.*
- *Redução de setpoint via de velocidade máxima autorizada para velocidade limitada com o trem a frente acelerando.*
- *Redução de setpoint via de velocidade limitada em velocidade restrita com o trem a frente acelerando.*

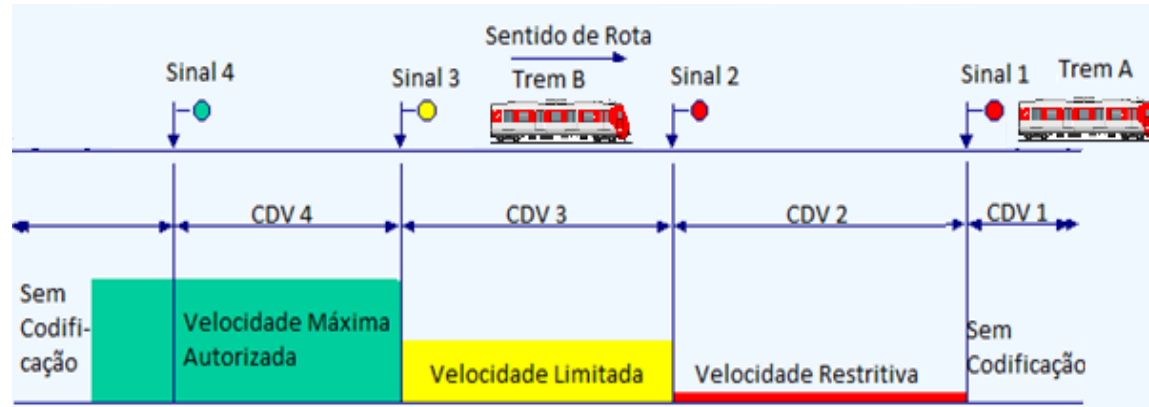
SETPOINT VIA EM VELOCIDADE MÁXIMA AUTORIZADA E TREM A FRENTE ACELERANDO.



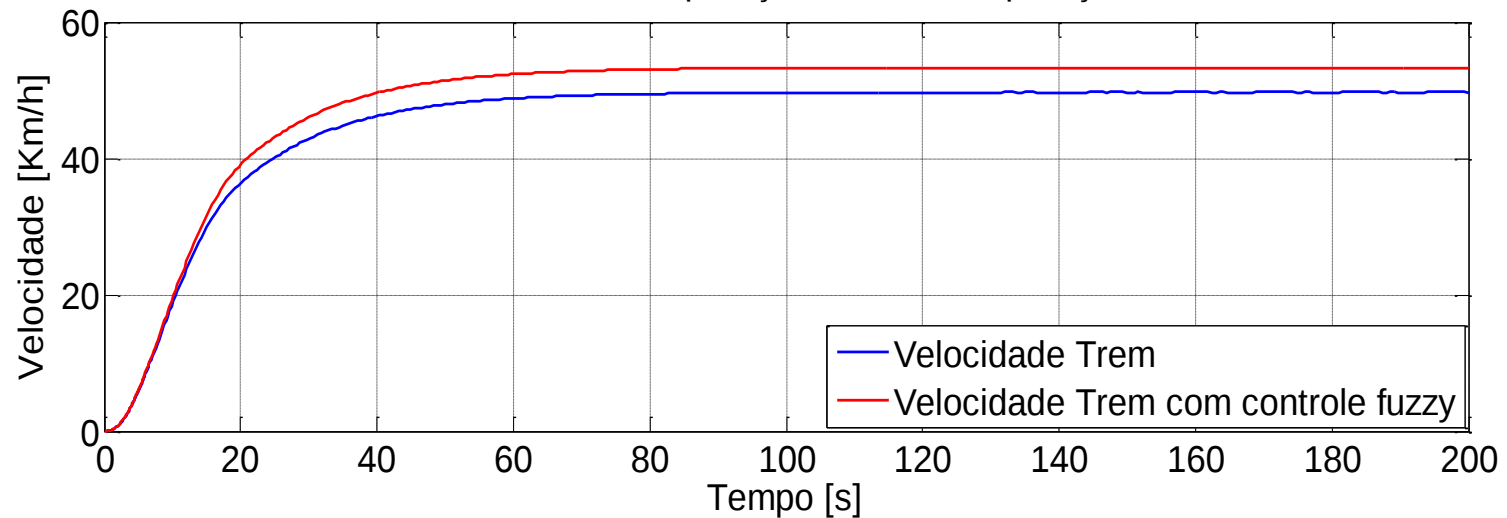
Velocidade comparação Trens em Operação



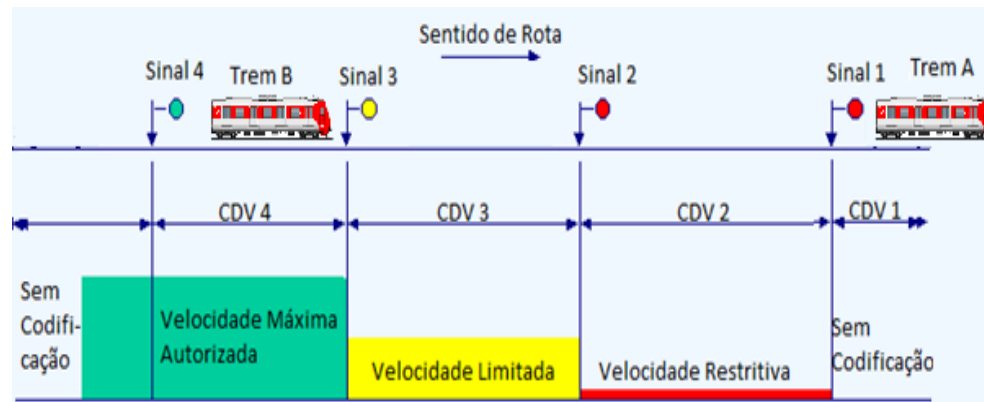
SETPOINT VIA EM VELOCIDADE LIMITADA E TREM A FRENTE ACELERANDO



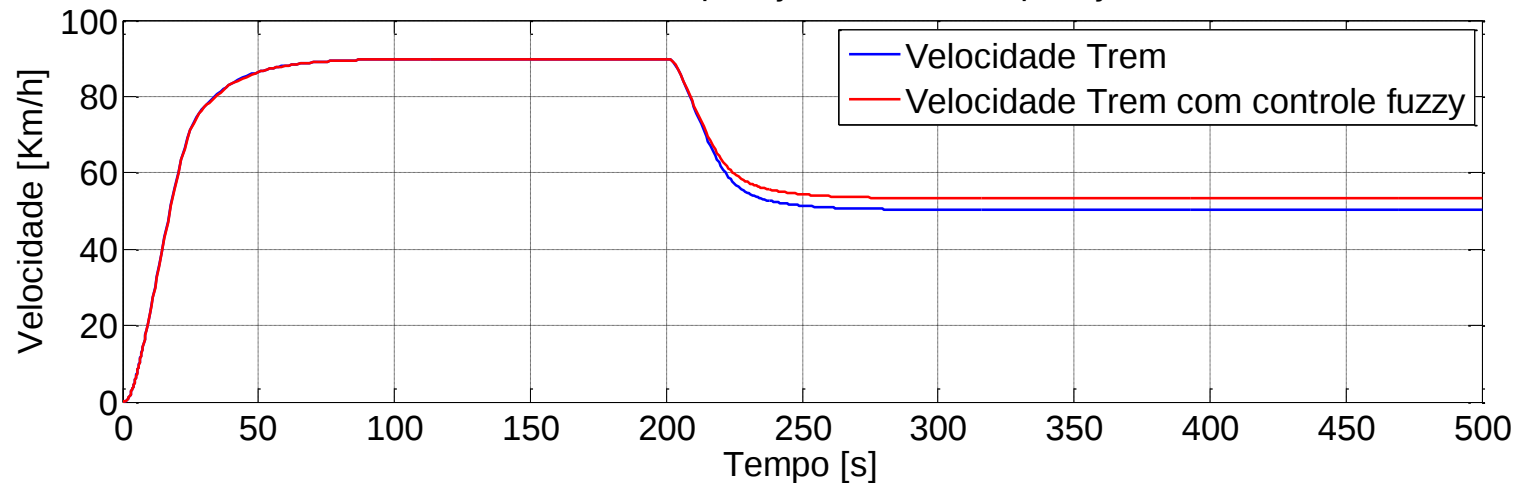
Velocidade comparação Trens em Operação



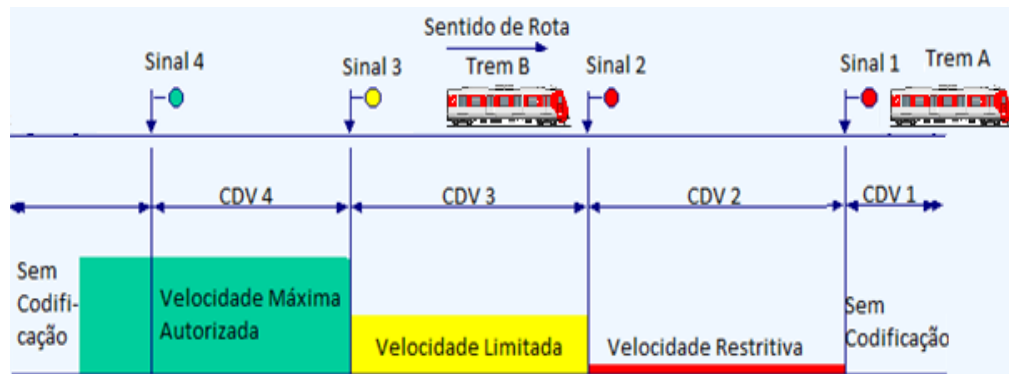
REDUÇÃO DE SETPOINT VIA DE VELOCIDADE MÁXIMA AUTORIZADA PARA VELOCIDADE LIMITADA COM O TREM A FRENTE ACELERANDO.



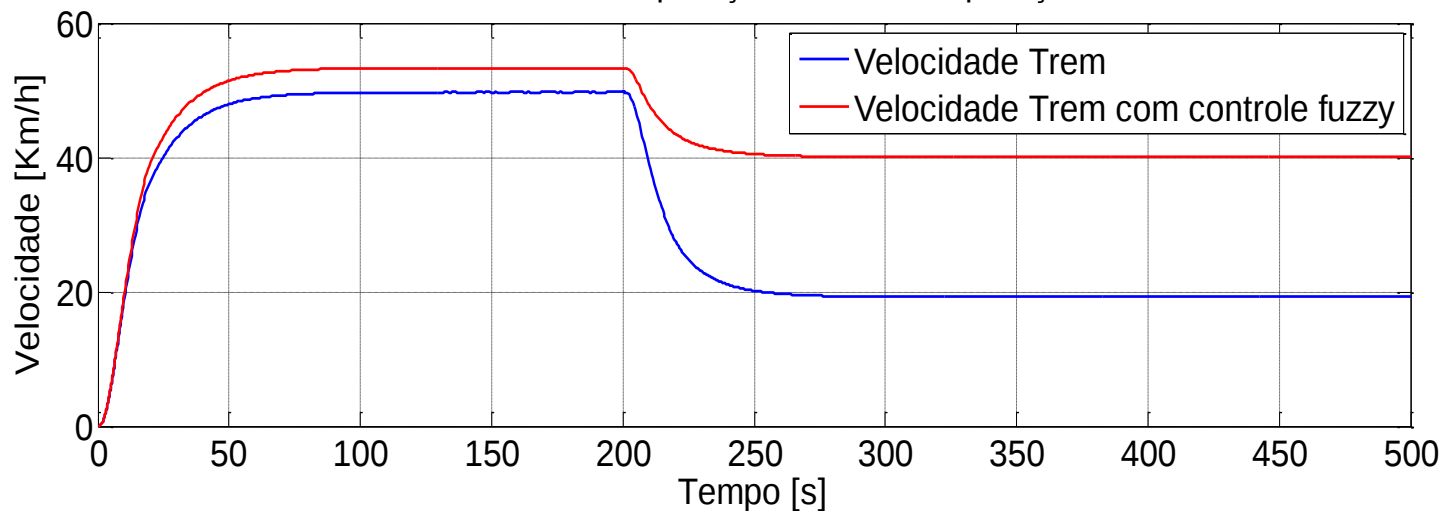
Velocidade comparação Trens em Operação



REDUÇÃO DE SETPOINT VIA DE VELOCIDADE LIMITADA EM VELOCIDADE RESTRITA COM O TREM A FRENTE ACELERANDO.

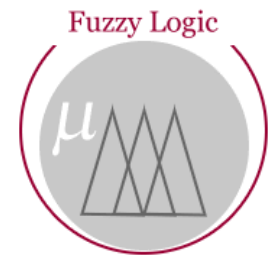


Velocidade comparação Trens em Operação



CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS

- *O modelo oferece um ponto de partida para estudos da dinâmica de trens de passageiros, para trabalhos futuros realizar as aquisições de dados aproximados no trabalho a fim de realizar simulações próximos do real.*
- *Uso de controladores fuzzy se torna interessante em aplicações ferroviárias devido a maioria dos processos serem não lineares.*
- *Apesar de sintonia do controlador fuzzy ser intuitivo, ainda há a necessidade de modelos.*
- *Ações de controle baseado em regras.*
- *O controlador Supervisório apresentou ganhos operacionais interessantes, mas ainda há a necessidade de realizações de testes em outras condições e situações operacionais e de segurança para validar a arquitetura do sistema.*



OBRIGADO !

TRILHOS:
EFICIÊNCIA E
NOVOS RUMOS



APLICAÇÃO DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL EM SISTEMAS DE SINALIZAÇÃO FERROVIÁRIO

FELIPE LOPES SUZART