



# **Escola Politécnica**

## **Universidade de São Paulo**



# **Pesquisa Científica em ITS**

Prof. Leopoldo Yoshioka

**20 de Setembro de 2016**



# Objetivo

Queremos responder às seguintes perguntas:

- **Porque** fazer Pesquisa Científica ?
- **O que** é uma Pesquisa Científica ?
- **Como** realizar uma Pesquisa Científica ?
- **Como** escrever um Artigo Científico ?

- 
- **Porque fazer Pesquisa Científica ?**



# Quando começamos a praticar a Ciência ?

- 2016
- 1990                      **Revolução Digital**
- 1960
- 1900
- 1800                      **Revolução Industrial**
- 1500                      **Revolução Científica**
- 1000 AC
- 12.000 AC                **Revolução Agrícola**
- 70.000 AC               **Revolução Cognitiva**



# Unknow Unknown

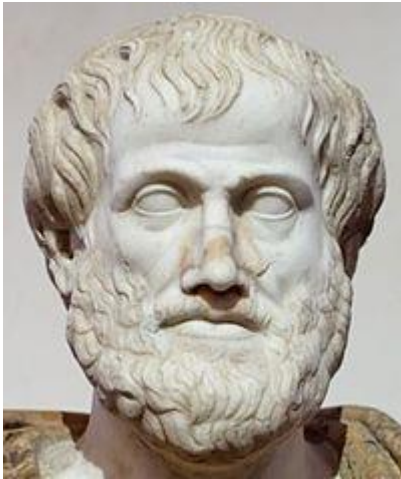
- Sabemos que sabemos
- Sabemos que não sabemos
- Não sabemos que não sabemos



“O cientista constrói para aprender,  
enquanto que o engenheiro  
aprende para construir”.



# Aristóteles



**Ἀριστοτέλης**

(384 a.c. – 322 a.c)

“No conhecimento das coisas, nada melhor que decompô-las, e analisar até seus mais simples elementos. Uma excelente atitude na investigação consiste em remontar à origem das coisas.”

Aristóteles - A Política



# Leonardo da Vinci



Leonardo mostrou a interação entre a Arte e a Ciência através das pesquisas em ótica. Fez descobertas científicas relacionadas “dispersão cromática”, de reverberação luminosa e muitos outros fenômenos.

(1452. – 1519)





# Galileu Galiei



(1564. – 1642)

A descoberta e o uso do raciocínio científico por Galileu foi uma das mais importantes conquistas da história do pensamento humano e marca o começo real de Física. Essa descoberta nos ensinou que as conclusões intuitivas, baseadas na observação imediata, nem sempre devem merecer confiança, pois algumas vezes conduzem a pistas erradas.

(Albert Einstein)



# René Descartes



(1596-1650)

A metodologia científica tem sua origem no pensamento de **René Descartes**.

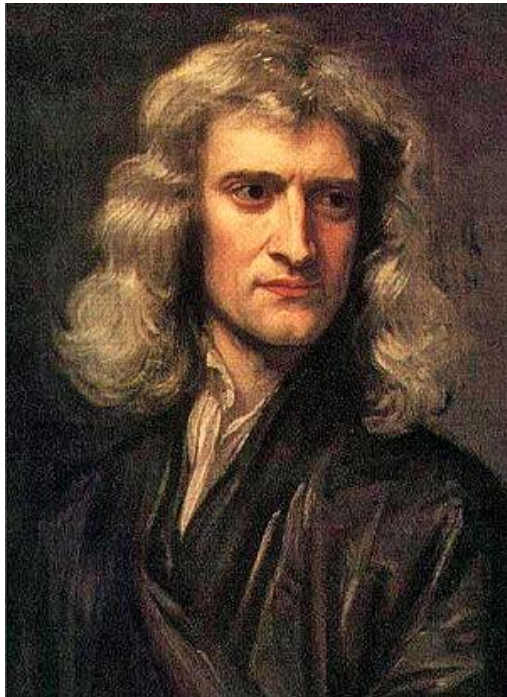
Descartes propôs chegar à verdade através da dúvida sistemática e da decomposição do problema em pequenas partes, características que definiram a base da pesquisa científica.

Método Cartesiano: compreendendo-se os sistemas mais simples, gradualmente se incorpora mais e mais variáveis, em busca da descrição do todo.

(Discurso do Método)



# Isaac Newton



(1643. – 1727)

*“Somos como anões aos ombros de gigantes, pois podemos ver mais coisas do que eles e mais distantes, não devido à acuidade da nossa vista ou à altura do nosso corpo, mas porque somos mantidos e elevados pela estatura de gigantes.”*

(Bernardo de Chartres)



# Francis Bacon



(1561-1626)

**Francis Bacon** é considerado o Fundador da Ciência Moderna

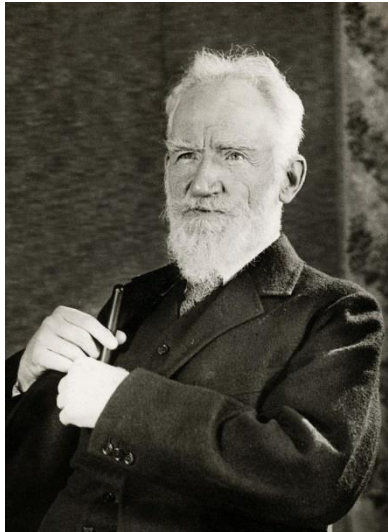
Ele tinha um plano que chamou de *Insturatio magna*. Uma série de tratados, que partindo do estado em que se encontrava a ciência na época, apresentou um novo método que deveria substituir o de Aristóteles.

“A filosofia verdadeira não é apenas a ciência das coisas divinas e humanas. É também algo prático. Saber é poder.”

*(Imperium hominis)*



# George Bernard Shaw



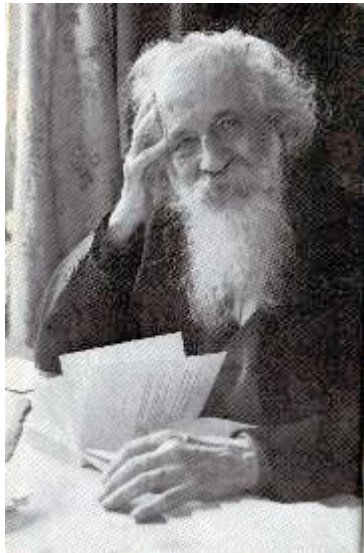
(1856-1950)

*"If you have an apple and I have an apple and we exchange apples, then you and I will still each have one apple. But if you have an idea and I have an idea and we exchange these ideas, then each of us will have two ideas."*

George Bernard Shaw



# Gaston Bachelard



(1884-1962)

*“Para o espírito científico qualquer conhecimento é uma resposta a uma pergunta. Se não tem pergunta não pode ter conhecimento científico. Nada se dá, tudo se constrói”.*

Gaston Bachelard

« La formation de l'esprit scientifique »

“Mas por que você está se inclinando desse jeito?”

“Lá de onde eu venho”, explicou ele, “nós sempre fazemos uma reverência quando alguém faz uma pergunta fascinante. E quanto mais profunda for a pergunta, mais profundamente a gente se inclina.”

“Uma resposta nunca merece uma reverência. Mesmo que for inteligente e correta, nem assim você deve se curvar para ela.”

“Quando você se inclina, você dá passagem”, continuou Mika. “E a gente nunca deve dar passagem para uma resposta.”

“Por que não?”

“A resposta é sempre um trecho do caminho que está atrás de você. Só uma pergunta pode apontar o caminho para a frente.”



# Por que fazemos Pesquisa Científica ?

- A ciência é o motor da prosperidade.
- O crescimento econômico do mundo é resultado de pesquisas básicas.
- A energia, os carros, smartphones, os alimentos são frutos de pesquisas.
- A sustentabilidade e a sobrevivência depende de pesquisas.



- 
- **O que é uma Pesquisa Científica ?**



Pesquisa Científica é a atividade de aquisição de novos conhecimentos baseado no Método Científico.



Pesquisa Científica é a atividade de aquisição de **novos conhecimentos** baseado no **Método Científico**.



# O que é o “Conhecimento” ?

É o conjunto: “Pergunta e Resposta”

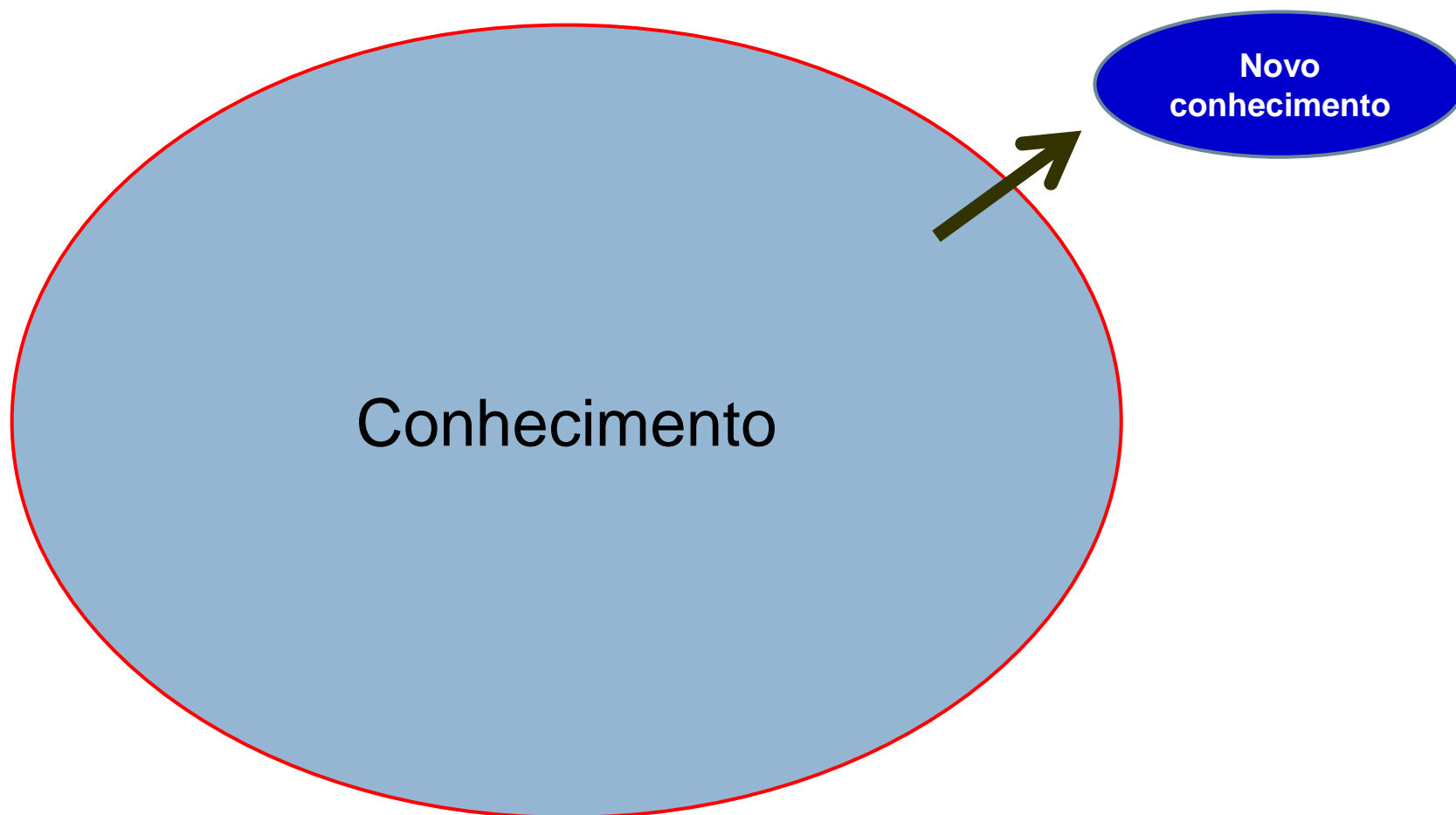
Exemplo:

**Pergunta:** por que um objeto ao ser solto cáí? Ou também, por que a Lua gira em torno da Terra?

**Resposta:** existe um campo gravitacional que produz uma força no objeto, movendo-o em direção à Terra.  
(**Teoria do campo gravitacional de Newton**)

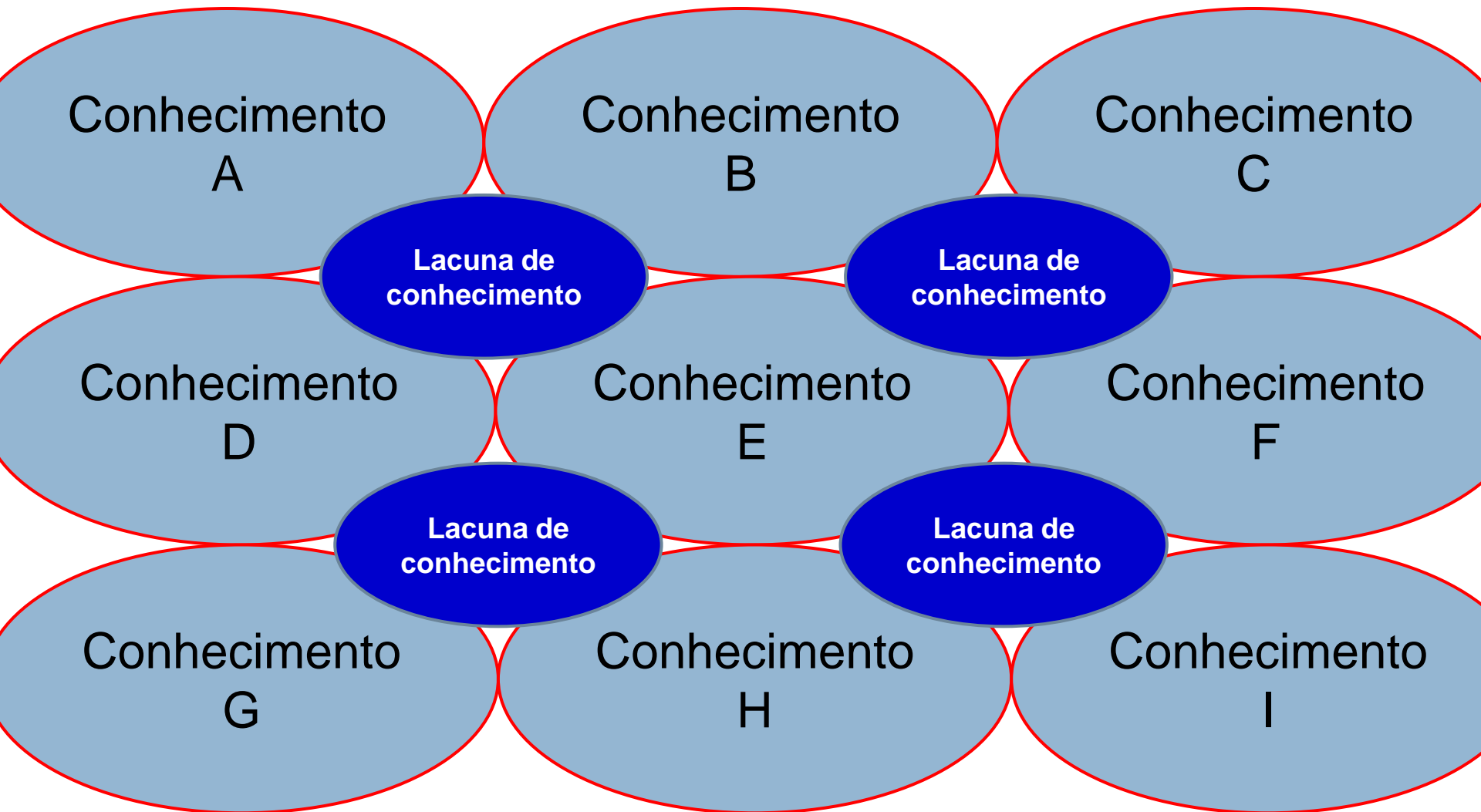


# O que é a “Fronteira do Conhecimento” ?



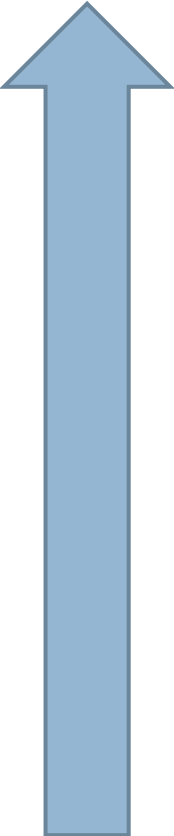


# O que é a “Lacuna de Conhecimento” ?





# Hierarquia do conhecimento científico

- 
- **Leis** (elevado grau de confiabilidade e robustez)

---

  - **Teoria** ( previsão e ações de controle)

---

  - **Modelos** ( estrutura lógica ou matemática)

---

  - **Experimentações** (observações, fatos)

---

  - **Hipóteses** (especulações, ideias)



# O que é o Método Científico ?

É o processo sistemático de investigação de um fenômeno.

- A execução segue etapas ordenadas.



- 
- **O que é uma Pesquisa Científica ?**

**Pesquisa Científica é a atividade de aquisição de novos conhecimentos baseado no Método Científico.**

# Como realizar uma Pesquisa Científica ?



**Aplicar a Metodologia Científica**



# Metodologia Científica

- 1) Identificar a necessidade/problema
- 2) Pesquisar a literatura
- 3) Propor hipóteses e variáveis
- 4) Experimentar
- 5) Avaliar os resultados
- 6) Analisar as consequências
- 7) Publicar



# Identificar Necessidade

- Condição que causa incômodo;
  - Lacuna;
- Exemplo:
  - Reduzir o congestionamento (filas)
  - Estimar tempo de viagem
  - Reduzir acidentes



# Identificar o Problema

- Quais são os problemas que conduzem para a necessidade?

- Exemplo:

- Demanda de usuários
- Oferta de TP
- Excesso de veículos
- Interrupção de fluxo
- Rede de transporte desorganizada



# Pesquisar a Literatura

- O que já foi feito para solucionar esses problemas ?

- Exemplos:

- Metro: NY, Londres, Tokyo, Paris etc
- Semaforização inteligente: NY, Londres
- Inter-vehicle communic.
- Guiagem Automática



# Definir Hipóteses e variáveis

- Proposta de um método, técnica, ferramenta, processo, sistema para atacar o problema escolhido.

- Exemplo:
  - “Oferta de TP”
    - ✓ Aumentar a capacidade de transporte de um BRT através do emprego da tecnologia de Guiagem Automática.
  - Variáveis:  $B$ ,  $v$ ,  $d$ ,  $D$ ,  $tp$



# Implementar

- Modelos:
    - Matemáticos;
    - Computacionais;
    - Realístico;
    - Protótipo;
  - Ambiente de testes
- Exemplo:
    - Modelo dinâmico do veículo – equações de estado;
    - Controle – simulação com MatLab;
    - Hardware e software
    - Pista de testes.





# Experimental

- Testar a hipótese através de:
  - Demonstração matemática;
  - Simulação computacional;
  - Ensaio de Laboratório;
  - Teste de campo;
- Exemplo:
  - Medição de precisão de acostamento nas paradas;
  - Medição de precisão de guiagem ao longo do corredor.
  - Variáveis:  $B$ ,  $v$ ,  $d$ ,  $D$ ,  $t_p$



# Estudo de Caso

## **Um Estudo de Caso é uma pesquisa empírica que:**

- Investiga um fenômeno contemporâneo dentro de seu contexto real;
- As fronteiras entre o fenômeno e o contexto não são claramente evidentes;
- Múltiplas fontes de evidências são utilizadas.

## **Aplicações do Estudo de Caso:**

- Explicar ligações causais em intervenções ou situações da vida real que são complexas demais para tratamento através de estratégias experimentais ou de levantamento de dados;
- Descrever um contexto de vida real no qual uma intervenção ocorreu;
- Avaliar uma intervenção em curso e modificá-la com base em um Estudo de Caso ilustrativo;
- Explorar aquelas situações nas quais a intervenção não tem clareza no conjunto de resultados.



# Avaliar os resultados

- Avaliar se os resultados confirmam (ou não) as hipóteses;

- Exemplo:

- Precisão de acostamento na parada: 1 cm;
- Precisão de guiagem ao longo do corredor: 5 cm
- Redução de tempo de embarque / desembarque de 3s para 1s
- Aumento de capacidade em 30%



# Análisar as consequências

- Discutir as implicações dos resultados em relação ao problema.

- Exemplo:

- Aumento de acessibilidade para usuários com deficiências, crianças e idosos
- Possibilidade de eliminação de rampas de acessos para cadeirantes
- Possibilidade de operação em vias estreitas – viabiliza implantação de faixas exclusivas em centros urbanos



# Publicar

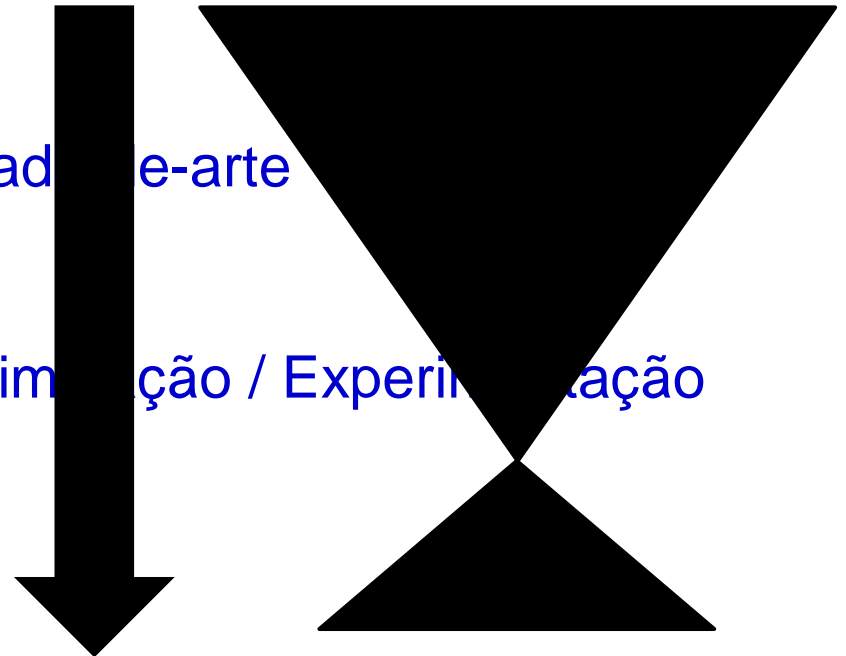


Os resultados da pesquisa devem ser compilados em forma de:

- Dissertação
- Tese
- Artigos

# Estrutura de um Artigo

- Título
- Autores
- Resumo
- Palavras-chave
- 1. Introdução
- 2. Embasamento teórico / estado da arte
- 3. Métodos
- 4. Demonstração Analítica / Simulação / Experimentação
- 5. Resultados / Discussão
- 6. Conclusão



# Resumo

- Contextualização
- Gap (lacuna)
- Objetivo
- Métodos
- Demonstração, Simulação ou Experimentação
- Resultados
- Discussão
- Conclusão

Travel time is a fundamental measure in transportation. Accurate travel-time prediction also is crucial to the development of intelligent transportation systems and advanced traveler information systems. In this paper, we apply support vector regression (SVR) for travel-time prediction and compare its results to other baseline travel-time prediction methods using real highway traffic data. Since support vector machines have greater generalization ability and guarantee global minima for given training data, it is believed that SVR will perform well for time series analysis. Compared to other baseline predictors, our results show that the SVR predictor can significantly reduce both relative mean errors and root-mean-squared errors of predicted travel times. We demonstrate the feasibility of applying SVR in travel-time prediction and prove that SVR is applicable and performs well for traffic data analysis.

**(207 citações)**



**Travel time is a fundamental measure in transportation.** Accurate travel-time prediction also is crucial to the development of intelligent transportation systems and advanced traveler information systems. In this paper, we apply support vector regression (SVR) for travel-time prediction and compare its results to other baseline travel-time prediction methods using real highway traffic data. Since support vector machines have greater generalization ability and guarantee global minima for given training data, it is believed that SVR will perform well for time series analysis. Compared to other baseline predictors, our results show that the SVR predictor can significantly reduce both relative mean errors and root-mean-squared errors of predicted travel times. We demonstrate the feasibility of applying SVR in travel-time prediction and prove that SVR is applicable and performs well for traffic data analysis.

**CONTEXTUALIZAÇÃO**

Travel time is a fundamental measure in transportation. **Accurate travel-time prediction also is crucial to the development of intelligent transportation systems and advanced traveler information systems.** In this paper, we apply support vector regression (SVR) for travel-time prediction and compare its results to other baseline travel-time prediction methods using real highway traffic data. Since support vector machines have greater generalization ability and guarantee global minima for given training data, it is believed that SVR will perform well for time series analysis. Compared to other baseline predictors, our results show that the SVR predictor can significantly reduce both relative mean errors and root-mean-squared errors of predicted travel times. We demonstrate the feasibility of applying SVR in travel-time prediction and prove that SVR is applicable and performs well for traffic data analysis.

**GAP (LACUNA)**

Travel time is a fundamental measure in transportation. Accurate travel-time prediction also is crucial to the development of intelligent transportation systems and advanced traveler information systems. **In this paper, we apply support vector regression (SVR) for travel-time prediction and compare its results to other baseline travel-time prediction methods using real highway traffic data.** Since support vector machines have greater generalization ability and guarantee global minima for given training data, it is believed that SVR will perform well for time series analysis. Compared to other baseline predictors, our results show that the SVR predictor can significantly reduce both relative mean errors and root-mean-squared errors of predicted travel times. We demonstrate the feasibility of applying SVR in travel-time prediction and prove that SVR is applicable and performs well for traffic data analysis.

**OBJETIVO / MÉTODO**

Travel time is a fundamental measure in transportation. Accurate travel-time prediction also is crucial to the development of intelligent transportation systems and advanced traveler information systems. In this paper, we apply support vector regression (SVR) for travel-time prediction and compare its results to other baseline travel-time

prediction methods using real highway traffic data. **Since support vector machines have greater generalization ability and guarantee global minima for given training data, it is believed that SVR will perform well for time series analysis.** Compared to other

baseline predictors, our results show that the SVR predictor can significantly reduce both relative mean errors and root-mean-squared errors of predicted travel times. We demonstrate the feasibility of applying SVR in travel-time prediction and prove that SVR is applicable and performs well for traffic data analysis.

**HIPÓTESE**

Travel time is a fundamental measure in transportation. Accurate travel-time prediction also is crucial to the development of intelligent transportation systems and advanced traveler information systems. In this paper, we apply support vector regression (SVR) for travel-time prediction and compare its results to other baseline travel-time prediction methods using real highway traffic data. Since support vector machines have greater generalization ability and guarantee global minima for given training data, it is believed that SVR will perform well for time series analysis. **Compared to other baseline predictors, our results show that the SVR predictor can significantly reduce both relative mean errors and root-mean-squared errors of predicted travel times.** We demonstrate the feasibility of applying SVR in travel-time prediction and prove that SVR is applicable and performs well for traffic data analysis.

**RESULTADO**

Travel time is a fundamental measure in transportation. Accurate travel-time prediction also is crucial to the development of intelligent transportation systems and advanced traveler information systems. In this paper, we apply support vector regression (SVR) for travel-time prediction and compare its results to other baseline travel-time prediction methods using real highway traffic data. Since support vector machines have greater generalization ability and guarantee global minima for given training data, it is believed that SVR will perform well for time series analysis. Compared to other baseline predictors, our results show that the SVR predictor can significantly reduce both relative mean errors and root-mean-squared errors of predicted travel times. **We demonstrate the feasibility of applying SVR in travel-time prediction and prove that SVR is applicable and performs well for traffic data analysis.**

**CONCLUSÃO**

## Smith, BL, 1997 **Traffic flow forecasting: Comparison of modeling approaches**

Journal of Transportation Engineering - ASCE

The capability to forecast traffic volume in an operational setting has been identified as a critical need for intelligent transportation systems (ITS). In particular, traffic volume forecasts will support proactive, dynamic traffic control. However, previous attempts to develop traffic volume forecasting models have met with limited success. This research effort focused on developing traffic volume forecasting models for two sites on Northern Virginia's Capital Beltway. Four models were developed and tested for the freeway traffic flow forecasting problem, which is defined as estimating traffic flow 15 min into the future. They were the historical average, time-series, neural network, and nonparametric regression models. The nonparametric regression model significantly outperformed the other models. A Wilcoxon signed-rank test revealed that the nonparametric regression model experienced significantly lower errors than the other models. In addition, the nonparametric regression model was easy to implement, and proved to be portable, performing well at two distinct sites. Based on its success, research is ongoing to refine the nonparametric regression model and to extend it to produce multiple interval forecasts.

**(183 citações)**

# Smith, BL, 1997 **Traffic flow forecasting: Comparison of modeling approaches**

Journal of Transportation Engineering - ASCE

**The capability to forecast traffic volume in an operational setting has been identified as a critical need for intelligent transportation systems (ITS). In particular, traffic volume forecasts will support proactive, dynamic traffic control.** However, previous attempts to develop traffic volume forecasting models

have met with limited success. This research effort focused on developing traffic volume forecasting models for two sites on Northern Virginia's Capital Beltway. Four models were developed and tested for the freeway traffic flow forecasting problem, which is defined as estimating traffic flow 15 min into the future. They were the historical average, time-series, neural network, and nonparametric regression models. The nonparametric regression model significantly outperformed the other models. A Wilcoxon signed-rank test revealed that the nonparametric regression model experienced significantly lower errors than the other models. In addition, the nonparametric regression model was easy to implement, and proved to be portable, performing well at two distinct sites. Based on its success, research is ongoing to refine the nonparametric regression model and to extend it to produce multiple interval forecasts.

**CONTEXTUALIZAÇÃO**



# Smith, BL, 1997 **Traffic flow forecasting: Comparison of modeling approaches**

Journal of Transportation Engineering - ASCE

The capability to forecast traffic volume in an operational setting has been identified as a critical need for intelligent transportation systems (ITS). In particular, traffic volume forecasts will support proactive, dynamic traffic control. **However, previous attempts to develop traffic volume forecasting models have met with limited success.** This research effort focused on developing traffic volume forecasting models for two sites on Northern Virginia's Capital Beltway. Four models were developed and tested for the freeway traffic flow forecasting problem, which is defined as estimating traffic flow 15 min into the future. They were the historical average, time-series, neural network, and nonparametric regression models. The nonparametric regression model significantly outperformed the other models. A Wilcoxon signed-rank test revealed that the nonparametric regression model experienced significantly lower errors than the other models. In addition, the nonparametric regression model was easy to implement, and proved to be portable, performing well at two distinct sites. Based on its success, research is ongoing to refine the nonparametric regression model and to extend it to produce multiple interval forecasts.

**GAP (LACUNA)**

# Smith, BL, 1997 **Traffic flow forecasting: Comparison of modeling approaches**

Journal of Transportation Engineering - ASCE

The capability to forecast traffic volume in an operational setting has been identified as a critical need for intelligent transportation systems (ITS). In particular, traffic volume forecasts will support proactive, dynamic traffic control. However, previous attempts to develop traffic volume forecasting models have met with limited success. **This research effort focused on developing traffic volume forecasting models for two sites on Northern Virginia's Capital Beltway.** Four models were developed and tested for the freeway traffic flow forecasting problem, which is defined as estimating traffic flow 15 min into the future. They were the historical average, time-series, neural network, and nonparametric regression models. The nonparametric regression model significantly outperformed the other models. A Wilcoxon signed-rank test revealed that the nonparametric regression model experienced significantly lower errors than the other models. In addition, the nonparametric regression model was easy to implement, and proved to be portable, performing well at two distinct sites. Based on its success, research is ongoing to refine the nonparametric regression model and to extend it to produce multiple interval forecasts.

**OBJETIVO**

# Smith, BL, 1997 **Traffic flow forecasting: Comparison of modeling approaches**

Journal of Transportation Engineering - ASCE

The capability to forecast traffic volume in an operational setting has been identified as a critical need for intelligent transportation systems (ITS). In particular, traffic volume forecasts will support proactive, dynamic traffic control. However, previous attempts to develop traffic volume forecasting models have met with limited success. This research effort focused on developing traffic volume

forecasting models for two sites on Northern Virginia's Capital Beltway. **Four models were developed and tested for the freeway traffic flow forecasting problem, which is defined as estimating traffic flow 15 min into the future. They were the historical average, time-series, neural network, and nonparametric regression models.** The nonparametric regression model

significantly outperformed the other models. A Wilcoxon signed-rank test revealed that the nonparametric regression model experienced significantly lower errors than the other models. In addition, the nonparametric regression model was easy to implement, and proved to be portable, performing well at two distinct sites. Based on its success, research is ongoing to refine the nonparametric regression model and to extend it to produce multiple interval forecasts.

**MÉTODO**

# Smith, BL, 1997 **Traffic flow forecasting: Comparison of modeling approaches**

Journal of Transportation Engineering - ASCE

The capability to forecast traffic volume in an operational setting has been identified as a critical need for intelligent transportation systems (ITS). In particular, traffic volume forecasts will support proactive, dynamic traffic control. However, previous attempts to develop traffic volume forecasting models have met with limited success. This research effort focused on developing traffic volume forecasting models for two sites on Northern Virginia's Capital Beltway. Four models were developed and tested for the freeway traffic flow forecasting problem, which is defined as estimating traffic flow 15 min into the future. They were the historical average, time-series, neural network, and nonparametric regression

**models. The nonparametric regression model significantly outperformed the other models. A Wilcoxon signed-rank test revealed that the nonparametric regression model experienced significantly lower errors than the other models. In addition, the nonparametric regression model was easy to implement, and proved to be portable, performing well at two distinct sites.**

Based on its success, research is ongoing to refine the nonparametric regression model and to extend it to produce multiple interval forecasts.

**RESULTADO / DISCUSSÃO**

# Smith, BL, 1997 **Traffic flow forecasting: Comparison of modeling approaches**

Journal of Transportation Engineering - ASCE

The capability to forecast traffic volume in an operational setting has been identified as a critical need for intelligent transportation systems (ITS). In particular, traffic volume forecasts will support proactive, dynamic traffic control. However, previous attempts to develop traffic volume forecasting models have met with limited success. This research effort focused on developing traffic volume forecasting models for two sites on Northern Virginia's Capital Beltway. Four models were developed and tested for the freeway traffic flow forecasting problem, which is defined as estimating traffic flow 15 min into the future. They were the historical average, time-series, neural network, and nonparametric regression models. The nonparametric regression model significantly outperformed the other models. A Wilcoxon signed-rank test revealed that the nonparametric regression model experienced significantly lower errors than the other models. In addition, the nonparametric regression model was easy to implement, and proved to be portable, performing well at two distinct sites. **Based on its success, research is ongoing to refine the nonparametric regression model and to extend it to produce multiple interval forecasts.**

**CONCLUSÃO**

# Introdução

- Contextualizar o problema
- Apresentar o objetivo da pesquisa
- Justificar por que a pesquisa é relevante
- Conceber um argumento lógico com premissas e conclusões.
- A conclusão do argumento é o nosso objetivo
- Eliminar premissas desnecessárias, mas não pode faltar as premissas necessárias.
- Perguntar: a informação é necessária para o leitor entender e aceitar a plausibilidade do objetivo ?

# Método

- As conclusões são tirados de uma base empírica (resultados de observação ou experimentação)
- As bases empíricas devem ser universais, ou seja deve-se apresentar o Método que dê a outros cientistas o caminho para encontrarem as mesmas bases empíricas do trabalho.
- O método pode ser dedutivo ou indutivo.
- O método é o conjunto de procedimentos realizados na pesquisa.

# Método – Divisão Lógica

- **Sujeito da pesquisa:** elementos que foram investigados
- **Delineamento do estudo:** estratégia e plano de ação para consumir a pesquisa.
- **Procedimentos específicos:** é a “receita de bolo de como o estudo foi montado, incluindo como as variáveis foram consideradas e registradas”.
- **Análise dos resultados:** ferramentas utilizadas para analisar os resultados (estatística, testes, cálculos)



# Resultados

- Eliminar dados que negam as conclusões
- Mudar a conclusão em função dos dados
- Incluir apenas os resultados relevantes para as suas conclusões
- 5 formas: descrição no texto, tabelas, figuras(gráficos, fotos desenhos ou esquemas)
- 3 critérios: lógico, ênfase e foco.

# Discussão e Conclusão

- Usar as evidências (métodos e resultados), acrescidas de informações da literatura, para defender as suas conclusões.
- Iniciar sintetizando o fim de sua história (as suas principais conclusões – desvendar o mistério).
- Argumentar (defender) cada uma das conclusões baseado em tabelas, gráficos ou figuras.
- Mostrar a ligação das suas conclusões com o contexto mais geral da ciência atual (Generalização)

# Material de Estudo

1) Jung, 2014 – Artigos Científicos: Análise e Elaboração:

<http://pt.slideshare.net/profjung/artigos-cientificos-concepo-e-elaboro-v-2014>

e-Disciplinas/ PTR2917/Aula 2/Guia de Escrita Científica:

2) Guia para Escrita Científica

3) Day, R., 1998 – How to Write & Publish a Scientific Paper

# Sistema Inteligente de Transporte com Guiagem Autônoma – Aplicados na Melhoria de Eficiência de Transporte Coletivo de Média Capacidade



13 a 17 de Outubro de 2013  
Fábrica de Negócios  
Fortaleza-CE

# Necessidade

- **O crescimento das cidades e o aumento dos automóveis causam lentidão e de congestionamentos do tráfego**
- **Estudo do IPEA (2013) mostraram:**
  - *“ i) o tempo de deslocamento casa-trabalho em 2009 era 31% maior nas RMs de São Paulo e Rio de Janeiro se comparado às demais RMs;*
  - *ii) os trabalhadores de baixa renda fazem viagens, em média, 20% mais longas do que os mais ricos , e 19% dos mais pobres gastam mais de uma hora de viagem contra apenas 11% dos mais ricos; ”*

<http://www.ipea.gov.br>

# Comparação entre Metrópoles (Literatura)

Metrópole	Tempo de Deslocamento
São Paulo	43
Rio de Janeiro	42
Belo Horizonte	34
Fortaleza	32

Metrópole	Tempo de Deslocamento
Xangai	51
Londres	37
Toquio	35
Barcelona	24

(IPEA, 2013)

# Literatura

- **Alternativas:**

- **Metro / Trem** (80 mil passageiros/hora/sentido)

- **Monotrilho** (40 mil passageiros/hora/sentido)

- **VLT** (30 mil passageiros/hora/sentido)

- **BRT** (20 mil passageiros /hora/sentido)

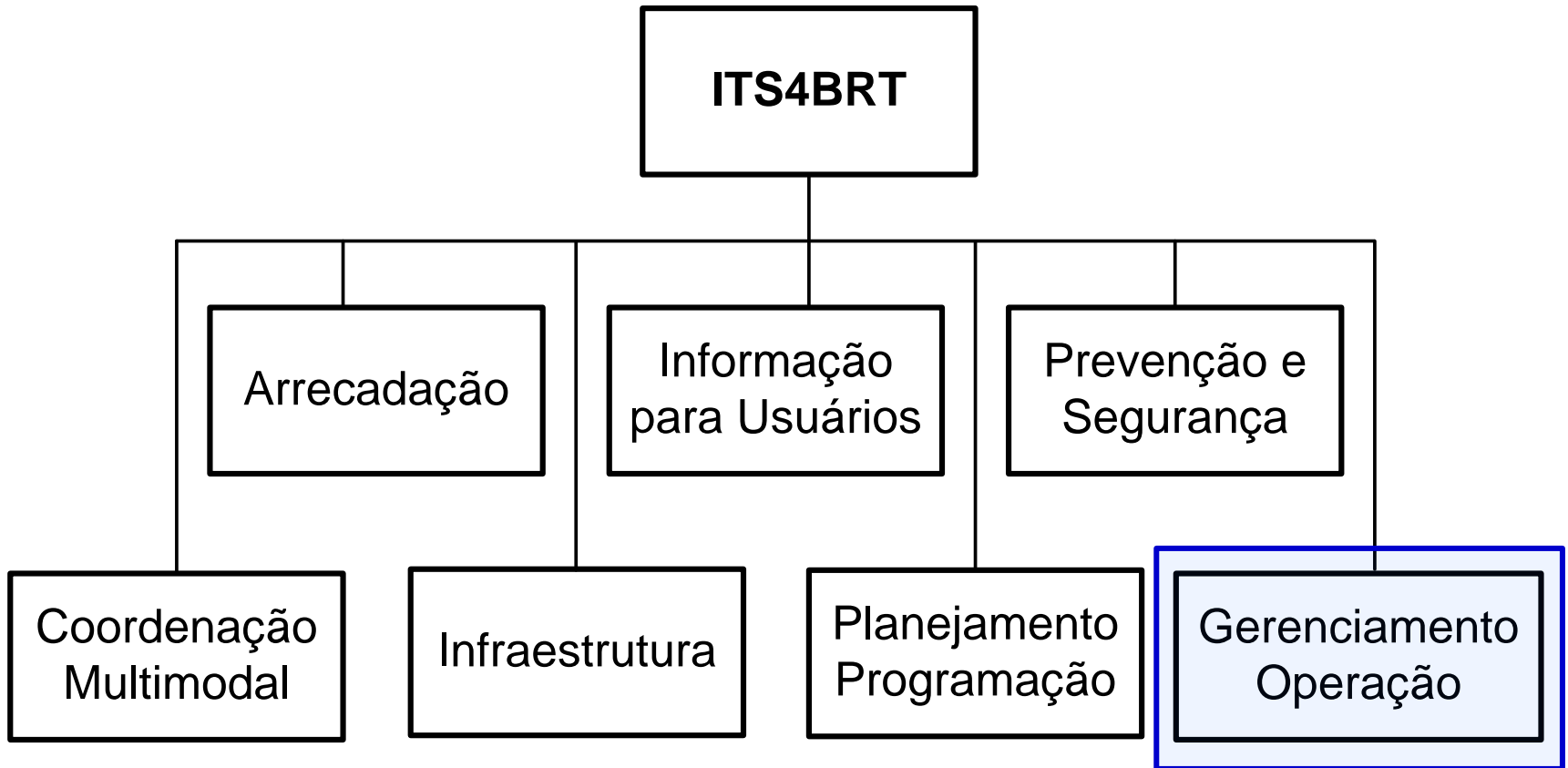
- **Ônibus** (10 mil passageiros /hora /sentido)

# Objetivos

- **Apresentar uma arquitetura de Sistema Inteligente de Transporte (ITS) baseada em Veículo Autônomo (Guiado Magneticamente) com foco no sistema de transporte de média capacidade.**
- **Descrever o Desenvolvimento do Sistema de Guiagem Magnética**
- **Mostrar uma experiência de aplicação Corredor Expresso Tiradentes em São Paulo.**

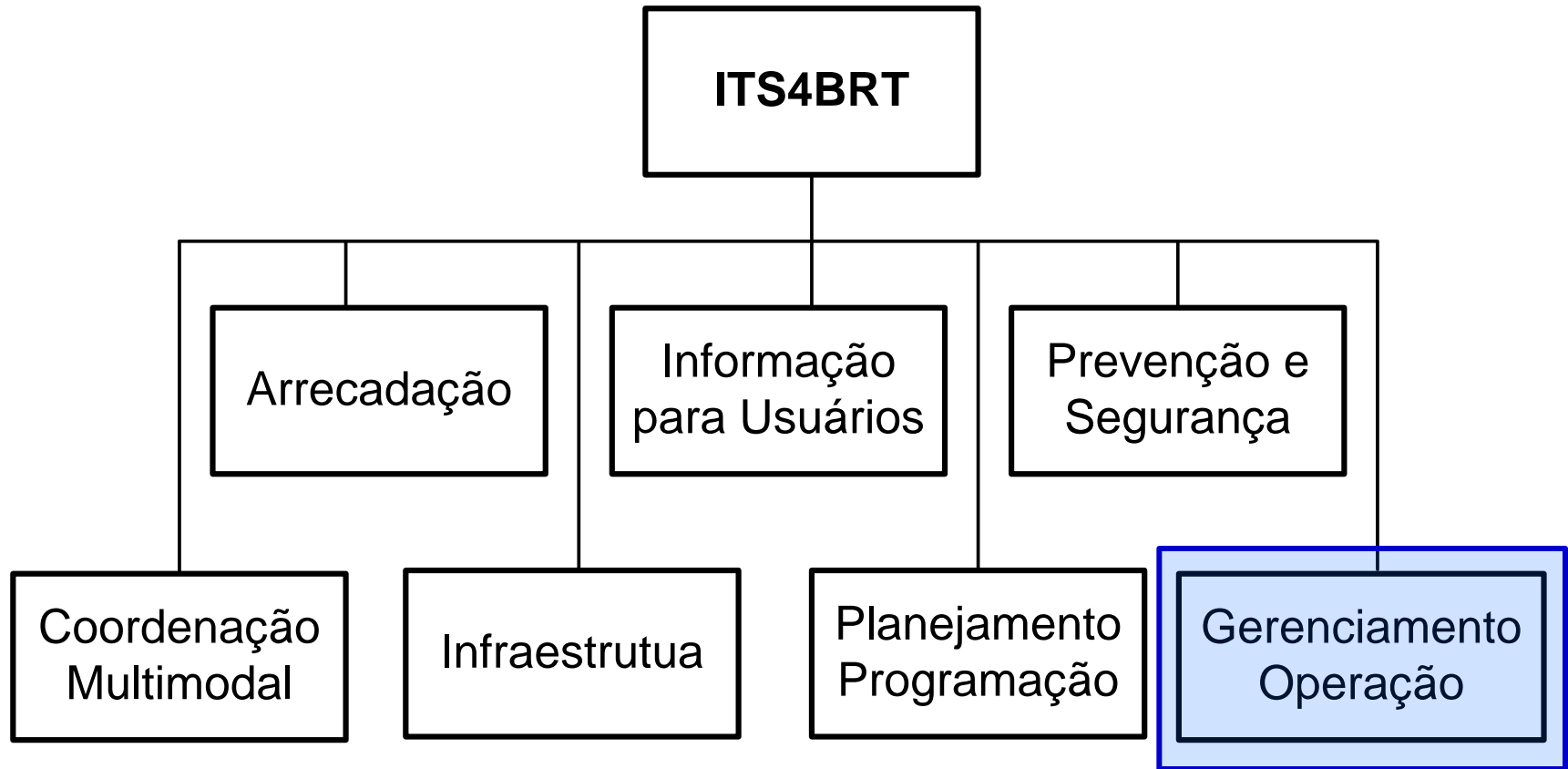


# Sub-arquitetura de ITS para Sistemas BRT



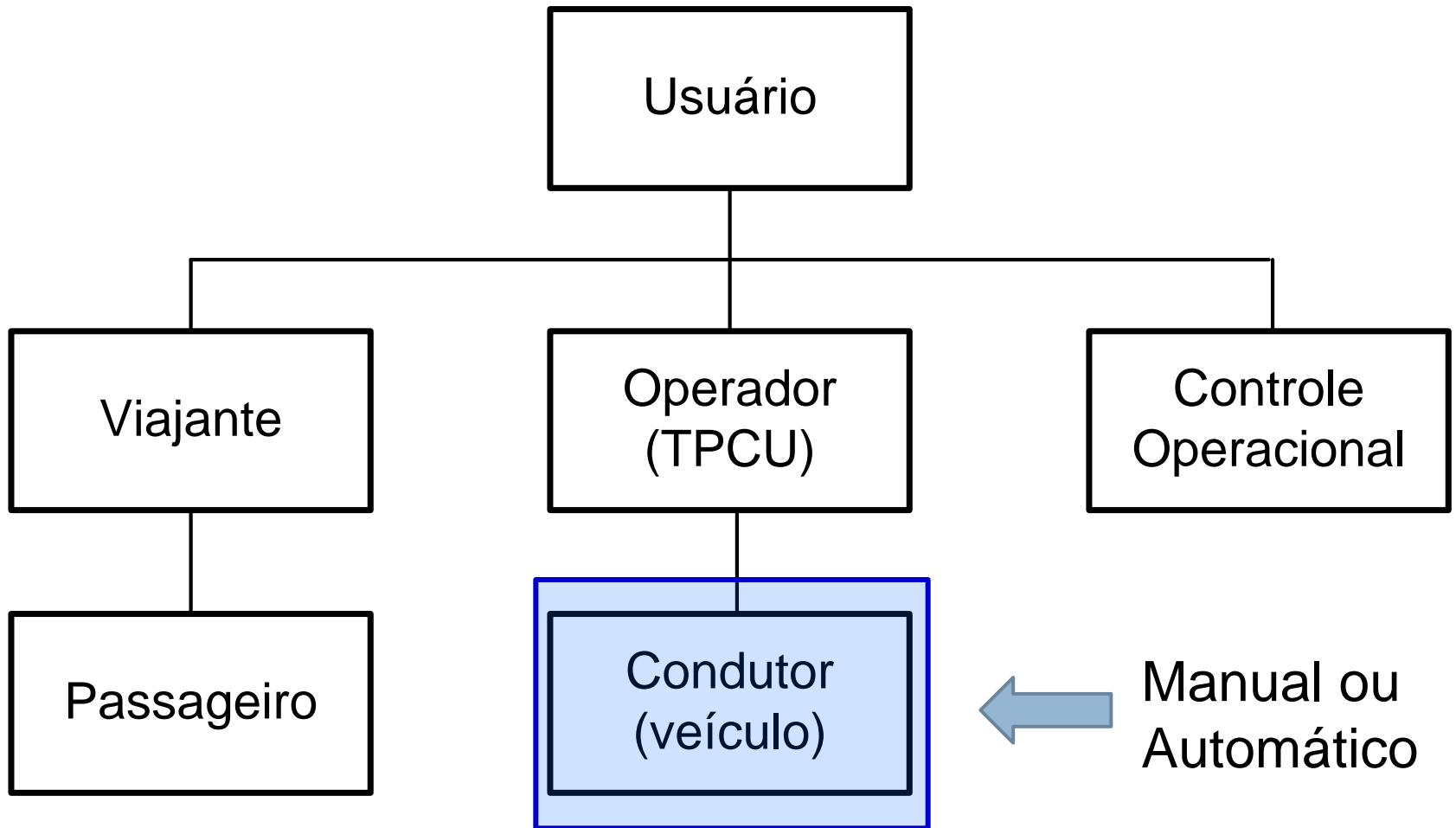
**Grupo de Serviços (Domínios) do sistema de Transporte Coletivo Urbano com foco no BRT**

# Sub-arquitetura de ITS para Sistemas BRT (ITS4BRT)



**Grupo de Serviços (Domínios) do sistema de Transporte Coletivo Urbano com foco no BRT**

# Atores



# Funcionalidade de ITS

## □ Guiagem Autônoma:

- Permite trafegar em vias estreitas
- Paradas de precisão em plataformas (*precision docking*)
- Elimina variações oriundas de diferentes níveis de habilidade do motorista

# Guiagem Automática (1)



Passagem da Guiagem manual para automática  
(Tiradentes Express - São Paulo)

# Guiagem Automática (2)

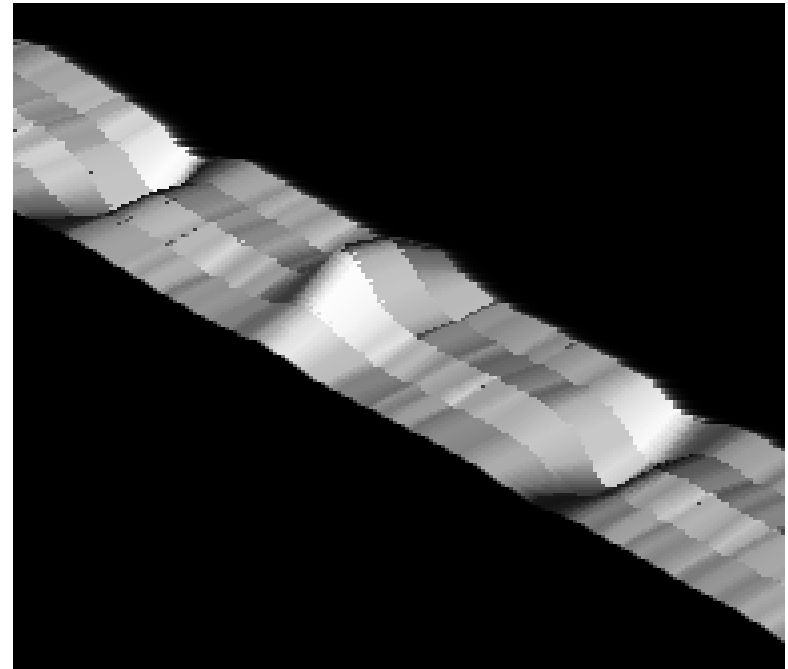


Manobra de parada de precisão na plataforma  
(Tiradentes Express - São Paulo).  
Distância entre o ônibus e a plataforma: 10 cm

# Sensoriamento magnético

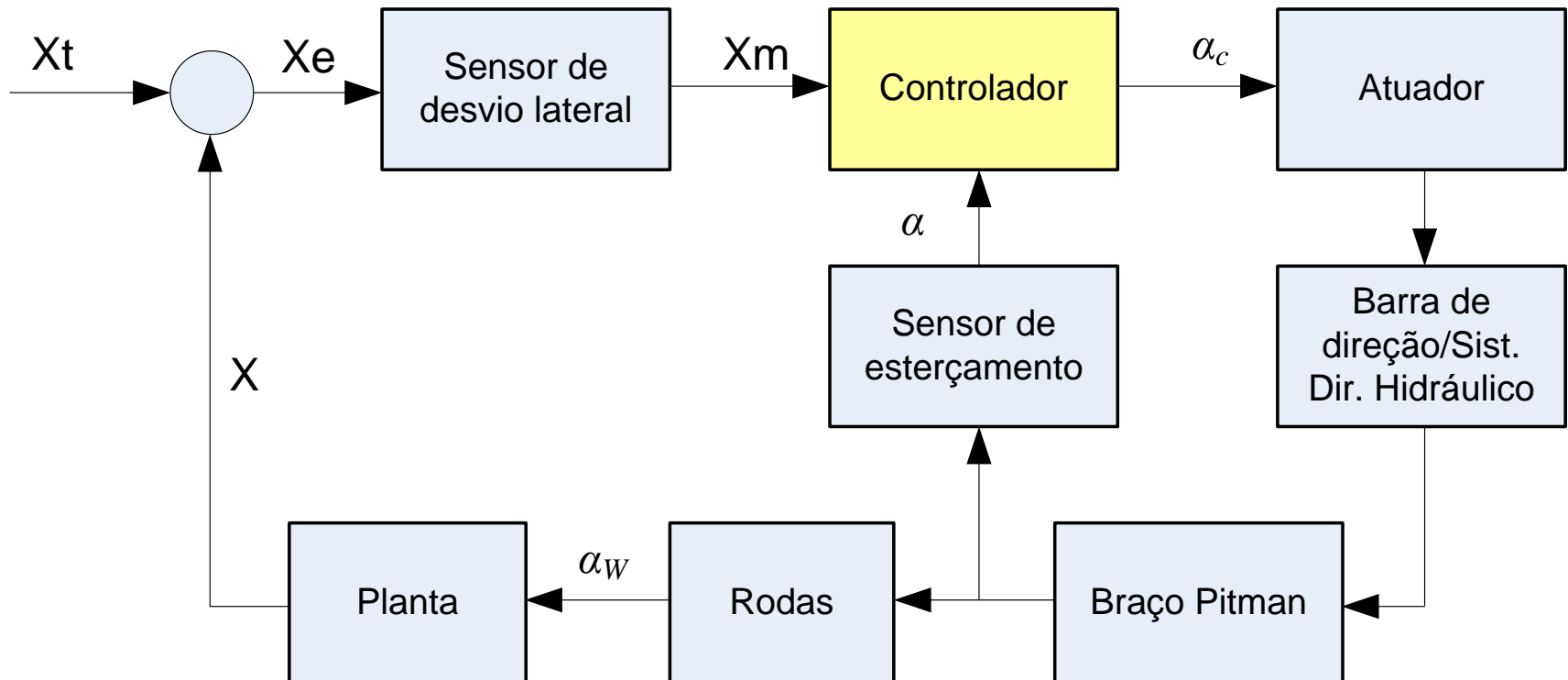


Marcadores magnéticos(ferrite)  
dimensão: 25x100 mm



Visão 3D do perfil de campo magnético  
gerado por uma trilha magnética.

# Controle de Guiagem

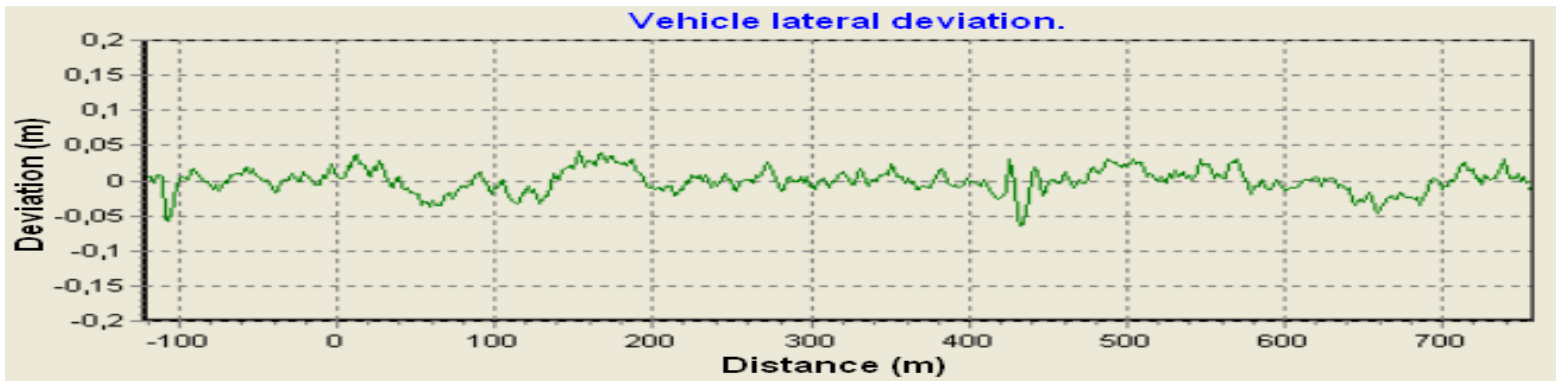
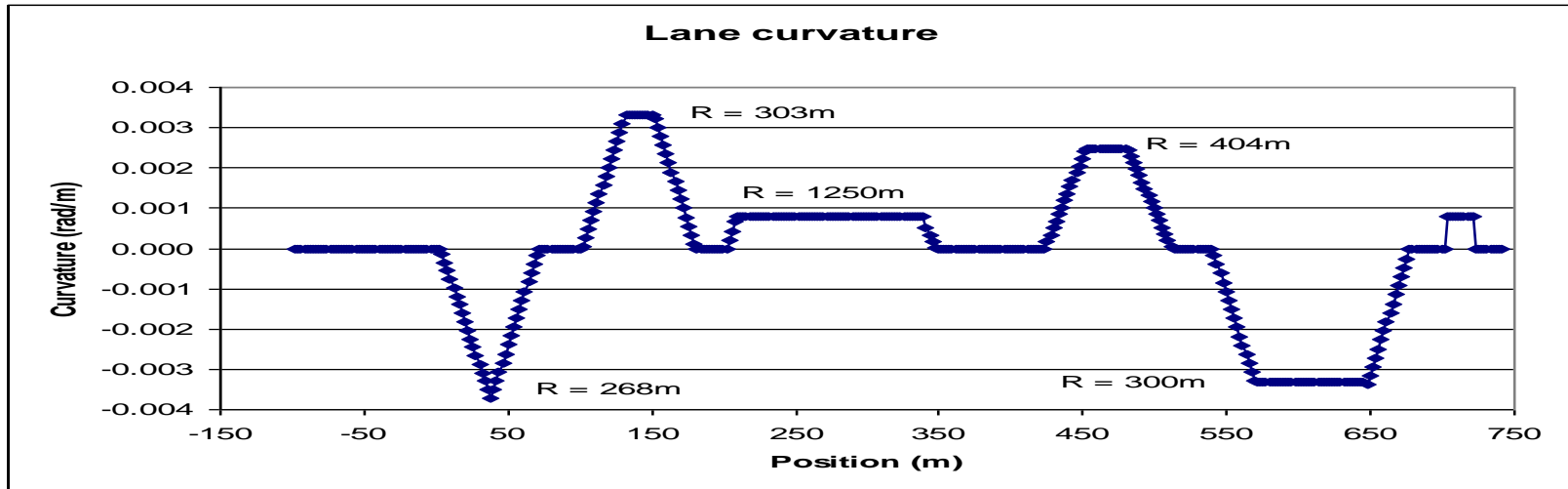


$X_m$ : measured lateral distance

$X$ : lateral distance of the vehicle related to the track



# Resultado



Precisão de guiagem nas paradas: 1 cm  
Precisão de guiagem ao longo da via: 5 cm

# Discussão (1)

- Redução do tempo de embarque e desembarque
  - ▣ 3 s / passageiro para 1 s / passageiro [SPTrans]
- Aumento de acessibilidade para usuários com deficiências, crianças e idosos
- Possibilidade de eliminação de rampas de acessos para cadeirantes
- Possibilidade de operação em vias estreitas – viabiliza implantação de faixas exclusivas em centros urbanos

# Discussão (2)

- Estimativa de redução de largura de via de 3,50 m para 2,90 m
- Redução do tempo de aproximação e saída das paradas e estações
- Aumento do conforto dos passageiros em função da padronização da operação

# Conclusão



- A guiagem magnética proporcionou paradas nas plataformas com precisão de 1 cm e de 5 cm ao longo das vias.
- A guiagem autônoma associada às funcionalidade de ITS pode se tornar uma alternativa viável para aumentar consideravelmente o desempenho operacional do sistema de transporte coletivo de média capacidade.

# Vídeo



<https://www.youtube.com/watch?v=zIYTRws3cb0>



**Obrigado !!!**

