

**Escola Politécnica da Universidade de São Paulo**

PME 3380 - Modelagem de Sistemas Dinâmicos

Prof. Dr. Décio Crisol Donha

Prof. Dr. Agenor de Toledo Fleury

**T0 - Modelagem de Sistemas Dinâmicos**

Ônibus articulado em manobra de estacionamento

André Kenzo Nakamura	9787112
Bruno Nogueira Lucas	10772668
Thiago Fuga Yoo	10370444
Vitor Henrique Ferraz Lima	10772498

São Paulo

2020

## Resumo

O trabalho T0 tem por objetivo a definição de um tema para o projeto semestral da disciplina de Modelagem de Sistemas Dinâmicos da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Este grupo, por sua vez, optou por estudar sob ótica de engenharia mecânica o comportamento de ônibus articulados em manobras de estacionamento. Com isso, espera-se que ferramentas como a criação de modelos físicos e matemáticos, assim como o estabelecimento de analogias elétricas, tornem-se bem compreendidas.

**Palavras-chave:** modelagem, ônibus, engenharia, mecânica, analogia, modelo.

## **Sumário**

<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>1</b>
<b>IMPORTÂNCIA DO ÔNIBUS</b>	<b>2</b>
<b>CONCLUSÃO</b>	<b>3</b>
<b>BIBLIOGRAFIAS ESCOLHIDAS</b>	<b>4</b>

## INTRODUÇÃO

A partir do final do século XX e início do século XXI, com o estabelecimento das grandes cidades, ocorreu um aumento do fluxo de pessoas nos diversos tipos de modais. Como um dos principais modais nas metrópoles (como São Paulo), o rodoviário também seguiu essa tendência, sendo assim necessário o aumento da capacidade de transportar passageiros. Com isso, criou-se ônibus progressivamente maiores, até que, atualmente, existem ônibus articulados e biarticulados, os quais podem comportar até centenas de usuários.

Apesar da grande vantagem dos ônibus com articulações (Figura 1) visto sua maior capacidade de passageiros, existem grandes empecilhos em sua mobilidade. Dadas as suas dimensões - certos modelos têm cerca de 18 metros de comprimento (Caio Induscar, 2020) - manobras simples tornam-se complexas para o condutor, dado que a largura mínima em terminais é da ordem de 2,65 metros (Secretaria Nacional de Mobilidade Urbana-SeMob, 2016).

**Figura 1** - Ônibus articulado



*Fonte: Caio Induscar*

Com base nessa dificuldade de mobilidade, tem-se o tema a ser estudado neste trabalho: o movimento de ré realizando uma curva em baixa velocidade. Esse movimento é muito comum em terminais, em que é necessário estacionar o ônibus, para o embarque e desembarque de passageiros. Tal situação pode ocorrer, também, no pátio onde os ônibus são alocados quando não estão em

funcionamento. Entretanto, devido às restrições geométricas impostas pelas dimensões do ônibus e do terminal, e a limitação entre o ângulo formado entre os módulos, esse movimento pode gerar esforços indesejáveis como por exemplo o arrastamento do módulo traseiro.

## IMPORTÂNCIA DO ÔNIBUS

Na cidade de São Paulo, a frota de ônibus conta com mais de 14 mil veículos, dos quais 92,31% estavam em operação antes da pandemia de Covid-19. Estes transportavam diariamente 3,3 milhões de passageiros. Após o novo cenário pandêmico a frota fora reduzida para cerca de 86% de sua capacidade total, transportando 1,3 milhão de passageiros por dia (Diário do Transporte, 2020). Desse modo, nota-se a grande demanda por ônibus na capital paulista, fazendo deste meio de transporte essencial para a sociedade.

Comparando a tecnologia dos veículos entre 2012 e 2017 (Figura 2), os articulados e biarticulados são aqueles que detêm as maiores capacidades estimadas de passageiros. Transportam, em média, 345 mil passageiros ao mesmo tempo, considerando a frota operando em 100% de sua capacidade durante todos estes seis anos.

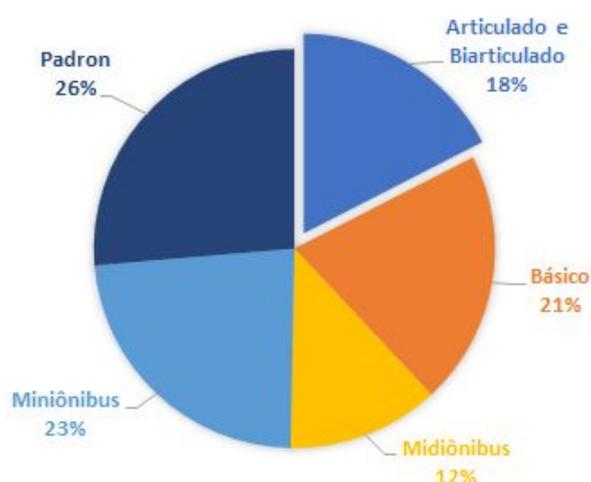
**Figura 2 - Composição da frota**

TECNOLOGIA	CAPACIDADE ESTIMADA DE PASSAGEIROS	ANO					
		2012	2013	2014	2015	2016	2017
Articulado	115 a 171	1.282	1.515	1.911	2.151	2.362	2.323
Básico	75	4.287	3.938	3.385	3.099	2.951	2.994
Biarticulado	194	259	259	257	230	209	207
Microbus	38	28	28	0	0	0	0
Midiônibus	54	1.080	1.239	1.418	1.493	1.668	1.777
Miniônibus	41	4.038	3.866	3.798	3.706	3.568	3.388
Minibus	?	8	8	8	8	7	7
Padron	84 e 102	3.978	3.904	3.980	4.067	3.995	3.823
<b>TOTAL</b>		<b>14.960</b>	<b>14.757</b>	<b>14.757</b>	<b>14.754</b>	<b>14.760</b>	<b>14.519</b>

Fonte: SPTrans

Para facilitar a compreensão da representatividade dos ônibus com articulações, a Figura 3 permite identificar, no ano de 2017, que estes veículos significavam 18% do total da frota da capital de São Paulo. Este valor implica 52,09% da capacidade máxima de passageiros - considerando toda a frota em operação. Ou seja, os veículos articulados detinham, já em 2017, metade da capacidade de transporte de passageiros em ônibus.

**Figura 3** - Representatividade da frota em 2017



*Fonte: elaborado pelos autores*

## CONCLUSÃO

Com base no que foi apresentado torna-se evidente a relevância dos ônibus com articulações na sociedade. Por conseguinte, o grupo definiu esta classe de transporte comunitário como o objeto de estudo do projeto semestral. Objetiva-se analisar e modelar todos os fatores relacionados à manobra de estacionamento - movimento de ré com curva em baixa velocidade - desses veículos articulados.

## **BIBLIOGRAFIAS ESCOLHIDAS**

O (BLÜTCHER, EDGARD, Manual de Tecnologia Automotiva) apresenta conceitos importantes sobre a engenharia automotiva, como conceitos fundamentais de física, até tópicos em transmissão e sistemas de chassi, por exemplo.

O livro (GILLESPIE, Thomas, Fundamentals of Vehicle Dynamics) aborda a dinâmica veicular de um carro de passeio como um todo. Nos capítulos em que é abordado o comportamento em curvas, são apresentados muitos conceitos que podem ser aplicados a veículos maiores e com mais eixos, como é o caso de um ônibus.

O artigo (ŠUŠTERŠIČ; AMBROŽ; PREBIL , 2010) analisa a dinâmica de um carro ao rebocar um trailer. O sistema carro-trailer é análogo ao de um ônibus articulado, possibilitando a utilização de parte das teorias apresentadas.

Os livros (OGATA, Katsuhiko, System Dynamics) e (FELÍCIO, L. C., Modelagem da Dinâmica de Sistemas e Estudo da Resposta) apresentam demonstrações matemáticas para modelagem e simulação de sistemas dinâmicos.

## REFERÊNCIAS

FELÍCIO LUIZ CARLOS. **Modelagem da dinâmica de sistemas e estudo da resposta**. Tradução. [s.l.] RiMa, 2007.

**Frota de ônibus da capital paulista terá redução de cerca de 25% coletivos a partir desta quinta-feira (25), diz sindicato dos motoristas / Diário do Transporte**. Disponível em:

<<https://diariodotransporte.com.br/2020/06/24/frota-de-onibus-da-capital-paulista-tera-reducao-de-cerca-de-mil-coletivos-a-partir-desta-quinta-feira-25-diz-sindicato-dos-motoristas/>>

**Manual de tecnologia automotiva**. Tradução . [s.l.] Edgard Blücher, 2005.

SISTEMAS, S.- S. E. **Caio Induscar - Com Voc**. Disponível em:

<<http://caio.com.br/produto/millennium-brt---articulado-13.html>>

**Suspension: System Modeling**. Disponível em:

<<http://ctms.engin.umich.edu/CTMS/index.php?example=Suspension&section=SystemModeling>>