



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA**  
**CAMPUS JOINVILLE**  
**CENTRO TECNOLÓGICO DE JOINVILLE**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIAS DA MOBILIDADE**  
**ENGENHARIA AUTOMOTIVA**  
**SEMESTRE 2020.1**

### I. IDENTIFICAÇÃO DA DISCIPLINA

**Código:** EMB 5317

**Nome:** Aerodinâmica Veicular

**Carga horária:** 72 horas-aula

**Créditos:** 04

**Turma(s):** 09603

**Professor:** Leonel R Cancino

### II. CONDIÇÕES DE OFERTA EM ENSINO REMOTO (Resolução 140/2020/CUN)

Quesito	RESPOSTA
O docente realizará aulas com exposição de novos assuntos da disciplina na forma de aulas síncronas nos horários alocados para disciplina?	( X ) SIM ( ) NÃO Plataforma: Google Meet / Conferência web - RNP
Em caso afirmativo ao quesito anterior, qual o percentual dos horários alocados para disciplina será utilizado para as aulas síncronas?	100 %
O docente realizará atendimento ao alunos, para dúvidas e outras questões, na forma de atividade síncrona nos horários alocados para disciplina?	( X ) SIM ( ) NÃO Plataforma: Google Meet / Conferência web - RNP
Como o docente planeja realizar a aferição de frequência por parte dos estudantes na disciplina?	( ) Presença individual, tomada em todos os eventos síncronos ( ) Presença avaliada de acordo com o aproveitamento do estudante na disciplina ( X ) Outro (especificar): 50% da presença individual, tomada em todos os eventos síncronos, e 50% presença avaliada de acordo com o aproveitamento do estudante na disciplina
O docente disponibilizará o material gravado das atividades síncronas para que os alunos possam acessá-lo de forma assíncrona posteriormente?	( ) SIM ( X ) NÃO Plataforma:
Que tipo de material de apoio pedagógico o docente disponibilizará aos alunos para estudo assíncrono?	( X ) Notas de aula ( X ) Vídeos e links externos ( X ) Textos e outro material para leitura ( ) Outro (especifique): Documentos

	científicos disponíveis em Periódicos CAPES
Como o docente pretende realizar a avaliação e aproveitamento dos estudantes na disciplina?	( ) Provas síncronas ( ) Provas assíncronas ( X ) Trabalhos individuais e/ou em grupo ( ) Outra (especifique):
O docente solicitará dos estudantes a instalação de software(s) para o desenvolvimento da disciplina que não esteja(m) disponível(eis) no Terminal de Softwares da UFSC?	( X ) SIM ( ) NÃO  Quais: ANSYS Academic Version <a href="https://www.ansys.com/academic">https://www.ansys.com/academic</a>
Bibliografia de Acesso Digital para esta disciplina.	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aerodynamics of Road Vehicles – Wolf Heinrich Hucho, disponível em: <a href="https://pdfslide.net/engineering/automotive-aerodynamics-book-wolf-heinrich-hucho.html">https://pdfslide.net/engineering/automotive-aerodynamics-book-wolf-heinrich-hucho.html</a></li> <li>• Race Cars Aerodynamics – Designing for Speed – Joseph Katz, disponível em: <a href="https://pdfslide.net/documents/race-car-aerodynamics-joseph-katz-1st-edition.html">https://pdfslide.net/documents/race-car-aerodynamics-joseph-katz-1st-edition.html</a></li> </ul>	
Informações adicionais relacionadas à forma de oferta da disciplina, avaliação e aferição de frequência.	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• A oferta desta disciplina será no modelo de aula invertida, conteúdos (arquivos ppt) serão repassados no Moodle da turma semanalmente e os mesmos serão discutidos e aprofundados nos encontros virtuais da semana seguinte.</li> <li>• A avaliação será feita via média ponderada de quatro trabalhos (Trabalho 1, Trabalho 2, Trabalho 3 e Trabalho 4), dois dos quais serão lançados no Moodle para entrega no mesmo dia (Trabalho 1 e Trabalho 2, datas sinalizadas no cronograma).</li> <li>• A aferição da frequência será realizada da seguinte forma: 50% da presença individual, tomada em todos os eventos síncronos, e 50% presença avaliada de acordo com o aproveitamento do estudante na disciplina.</li> </ul>	

### III. PRÉ-REQUISITO(S)

- EMB5304 – Motores de Combustão Interna I

### IV. EMENTA

- Princípios básicos de aerodinâmica.
- História do desenvolvimento da aerodinâmica em automóveis.
- Efeitos aerodinâmicos.
- Aerodinâmica e forma (Influência da forma nas forças aerodinâmicas).
- Modelos em escala (Análise dimensional e semelhança, túnel de vento, aplicações no desenvolvimento de protótipos).
- Resistência ao movimento de veículos e arrasto aerodinâmico.
- Aerodinâmica e transmissão de calor.
- Anteprojeto

### V. OBJETIVOS

Fornecer aos alunos conhecimentos fundamentais para executar com autonomia o dimensionamento, modelagem e teste de veículos automotores e equipamentos, considerando os aspectos relacionados com a aerodinâmica, a troca de calor e o desempenho.

Ao término do curso, o aluno deverá ser capaz de:

- ✓ Descrever os princípios básicos da aerodinâmica aplicados a veículos comerciais, de competição e comerciais.
- ✓ Conhecer a operação de túneis de vento e a sua aplicação em aerodinâmica veicular.
- ✓ Adquirir destreza no uso de ferramentas de CFD aplicadas à experimentação numérica em aerodinâmica.
- ✓ Apresentar um anteprojeto usando CFD como ferramenta principal.

## VI. CONTEÚDO PROGRAMÁTICO

### UNIDADE 1 - INTRODUÇÃO À AERODINÂMICA VEICULAR

- 1.1 – Princípios básicos.
- 1.2 – Peculiaridades da aerodinâmica veicular.
- 1.3 – Campos da engenharia relacionados.
- 1.4 – História do desenvolvimento da aerodinâmica em automóveis.
- 1.5 – Estado da arte e tendências futuras.

### UNIDADE 2 – MECÂNICA DOS FLUIDOS E AERODINÂMICA VEICULAR

- 2.1 – Tipos de escoamentos e Número de Reynolds.
- 2.2 – Propriedades de escoamentos compressíveis.
- 2.3 – Introdução ao escoamento em veículos.
- 2.4 – Escoamento externo em veículos.
- 2.5 – Escoamento interno em veículos.
- 2.6 – Relação entre escoamento interno e externo em veículos.

### UNIDADE 3 – TÚNEL DE VENTO E DINÂMICA DE FLUIDOS COMPUTACIONAL

- 3.1 – Túneis de vento: Introdução, Conceitos fundamentais, Limitações.
- 3.2 – Testes em túneis de vento usando modelos em escala reduzida.
- 3.3 – Introdução à Dinâmica de Fluidos Computacional.
- 3.4 – Métodos CFD usados em aerodinâmica veicular.
- 3.5 – Modelos de turbulência.
- 3.6 – Programas de CFD disponíveis.

### UNIDADE 4 – DESEMPENHO DE VEÍCULOS E CAMINHÕES PEQUENOS

- 4.1 – Resistência ao movimento do veículo.
- 4.2 – Desempenho.
- 4.3 – Consumo de combustível e Economia de combustível.
- 4.4 – Estratégias para mínimo consumo de combustível.
- 4.5 – Consumo de combustível em caminhões pequenos.

### UNIDADE 5 – AERODINÂMICA DE VEÍCULOS DE PASSEIO

- 5.1 – O veículo de passeio como sendo um *bluff-body*.
- 5.2 – Campos de escoamento ao redor do veículo.
- 5.3 – Análise de arrasto e locais de origem.
- 5.4 – Estratégias para geração de formas geométricas.
- 5.5 – Arrasto de veículos de passeio em produção.

### UNIDADE 6 – ESTABILIDADE DIRECIONAL DO VEÍCULO

- 6.1 – Introdução.
- 6.2 – História da estabilidade direcional.
- 6.3 – Forças e momentos aerodinâmicos.

- 6.4 – Aerodinâmica e dirigibilidade.
- 6.5 – Influência das formas geométricas do veículo nas forças e momentos aerodinâmicos.
- 6.6 – Testes e métodos de avaliação.

#### UNIDADE 7 – VEÍCULOS DE ALTO DESEMPENHO (COMPETIÇÃO)

- 7.1 – Introdução.
- 7.2 – Algumas metas históricas.
- 7.3 – O significado de aerodinâmica em veículos de alto desempenho.
- 7.4 – Alternativas de projeto.
- 7.5 – Problemas especiais.
- 7.6 – Tendências para o futuro de veículos de alto desempenho.

#### UNIDADE 8 – VEÍCULOS COMERCIAIS

- 8.1 – Introdução.
- 8.2 – Resistência de tração e consumo de combustível.
- 8.3 – Redução do arrasto e consumo de combustível.
- 8.4 – Coeficiente de arrasto aerodinâmico de veículos comerciais.
- 8.5 – Redução do arrasto aerodinâmico.
- 8.6 – Vantagens de efeitos de interferência aerodinâmica.
- 8.7 – Sujidade das superfícies externas do veículo.

#### UNIDADE 9 – ANTEPROJETO

- 9.1 – Simulação em CFD de um veículo de passeio / comercial / competição

### VII. METODOLOGIA DE ENSINO / DESENVOLVIMENTO DO PROGRAMA

A oferta desta disciplina será no modelo de aula invertida, conteúdos (arquivos ppt, artigos científicos, vídeos e informação de domínio público) serão repassados no Moodle da turma semanalmente e os mesmos serão discutidos e aprofundados nos encontros virtuais da semana seguinte. Ao longo do curso será utilizado o programa ANSYS-FLUENT (<https://www.ansys.com/Products/Fluids/ANSYS-Fluent>) para processos de simulação e anteprojetos. O aluno deverá acessar no portal da ANSYS e fazer download da versão acadêmica no seu computador (desktop / laptop) para a realização dos trabalhos ao longo do curso.

### VIII. METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO

Será realizada por intermédio de avaliação individual (quatro trabalhos) ao longo do desenvolvimento do curso, da seguinte forma e ponderação:

- **Trabalho 1**, correspondente a 30 % da nota,
- **Trabalho 2**, correspondente a 35 % da nota,
- **Trabalho 3**, correspondente a 15 % da nota
- **Trabalho 4 + apresentação do anteprojetos**, correspondente a 20 % da nota

A data e o lançamento dos trabalhos no Moodle da turma estão marcados no item CRONOGRAMA. Os trabalhos 1 e 2 serão lançados no Moodle no mesmo dia que deverão ser entregues pelo aluno, via Moodle, em formato de apresentação livre. O tempo estipulado para a apresentação do Trabalho 4 será de 10 min + 5 de perguntas. **O aluno deverá entregar os Trabalhos 3 e 4, usando as normas de apresentação de trabalhos ABNT disponível no site da Biblioteca Universitária - <http://www.bu.ufsc.br/design/Estrutura.html>, contendo a análise dos resultados**

**obtidos.** Será considerado aprovado o estudante que alcançar a média igual ou superior a 5,75 (cinco vírgula setenta e cinco) ao final do semestre letivo.

**Observação:** O Trabalho 2 versará sobre todo o conteúdo da disciplina, incluindo os trabalhos ao longo do curso.

## IX. AVALIAÇÃO FINAL

O(a) aluno(a) com média das notas entre três (3,0) e cinco vírgula cinco (5,5) terá direito a uma **nova avaliação (Recuperação)** no final do semestre que **versará sobre todo o conteúdo da disciplina**, conforme o que dispõe o § 2º do Art. 70 e § 3º do Art. 71 da Resolução nº 17/Cun/97. Neste caso, a média final será calculada através da média aritmética simples entre a média das notas das avaliações feitas durante o semestre e a nota obtida na **nova avaliação (Recuperação)**. A nota mínima de aprovação é seis (6,0). A **nova avaliação (Recuperação)** supracitada consistirá em um trabalho, a ser realizado num período de tempo máximo de 2 horas após o lançamento do mesmo no Moodle da disciplina, na data (e horário da aula cadastrado no CAGR) marcado no Cronograma.

## X. CRONOGRAMA

Semana	Data	Dia de aula, na semana correspondente	Aula#	Conteúdo	
S1	31/08/2020	Segunda-feira	1	<b>Apresentação do plano de ensino / revisão do conteúdo ( 1.1 - 1.2 - 1.3 )</b>	
			2		
	01/09/2020	Terça-feira	3		1.4 - 1.5
			4		
S2	07/09/2020	Segunda-feira	---	<b>Dia não letivo</b>	
			---		
	08/09/2020	Terça-feira	5		2.1 - 2.2 - 2.3
			6		
S3	14/09/2020	Segunda-feira	7	2.4 - 2.5 - 2.6	
			8		
	15/09/2020	Terça-feira	9		3.1 - 3.2
			10		
S4	21/09/2020	Segunda-feira	11	3.3 - 3.4	
			12		
	22/09/2020	Terça-feira	13		3.5 - 3.6 ( <b>Trabalho 3 - Primeira entrega</b> )
			14		
S5	28/09/2020	Segunda-feira	15	4.1 - 4.2 ( + <b>duvidas CFD</b> )	
			16		
	29/09/2020	Terça-feira	17		4.3 - 4.4 ( + <b>duvidas CFD</b> )
			18		
S6	05/10/2020	Segunda-feira	19	4.5 ( + <b>duvidas CFD</b> )	
			20		
	06/10/2020	Terça-feira	21		5.1 - 5.2 ( + <b>duvidas CFD</b> )
			22		
S7	12/10/2020	Segunda-feira	23	<b>Dia não letivo</b>	

			24	
	13/10/2020	Terça-feira	25	5.3 (Trabalho 3 - Segunda entrega)
			26	
S8	19/10/2020	Segunda-feira	27	5.4 - 5.5
			28	
	20/10/2020	Terça-feira	29	<b>Lançamento do Trabalho 1 no Moodle / Entrega do Trabalho 1</b>
			30	
S9	26/10/2020	Segunda-feira	31	6.1 - 6.2 - 6.3
			32	
	27/10/2020	Terça-feira	33	6.4 - 6.5 - 6.6
			34	
S10	02/11/2020	Segunda-feira	---	<b>Dia não letivo</b>
			---	
	03/11/2020	Terça-feira	35	7.1 - 7.2 ( + duvidas CFD)
			36	
S11	09/10/2020	Segunda-feira	37	7.3 - 7.4 ( + duvidas CFD)
			38	
	10/11/2020	Terça-feira	39	7.5 - 7.6 ( + duvidas CFD)
			40	
S12	16/11/2020	Segunda-feira	41	8.1 - 8.2 - 8.3(a)
			42	
	17/11/2020	Terça-feira	43	8.3(b) - 8.4 - 8.5(a)
			44	
S13	23/11/2020	Segunda-feira	45	8.5(b) - 8.6 - 8.7
			46	
	24/11/2020	Terça-feira	47	<b>(Entrega do Trabalho 4)</b>
			48	
S14	30/11/2020	Segunda-feira	49	9.1 - 9.2 (Apresentação de anteprojeto )
			50	
	01/12/2020	Terça-feira	51	9.1 - 9.2 (Apresentação de anteprojeto )
			52	
S15	07/12/2020	Segunda-feira	53	<b>Lançamento do Trabalho 2 no Moodle / Entrega do Trabalho 2</b>
			54	
	08/12/2020	Terça-feira	55	<b>Atendimento alunos</b>
			56	
S16	14/12/2020	Segunda-feira	57	<b>Recuperação</b>
			58	
	15/12/2020	Terça-feira	59	<b>Atendimento alunos</b>
			60	

### **Observações:**

- O aluno precisará de 12 horas-aula de estudo em casa para realização dos trabalhos da disciplina, completando de esta forma a carga horaria de 72 horas-aula.
- Quintas-feiras, no horário das 08:00 às 12:00 horas, sob agendamento prévio via e-mail, o professor da disciplina estará disponível para **atendimento a alunos** em sala virtual do Google Meet / Conferência web – RNP.

- **Trabalho 3 - Primeira entrega:** Relatório preliminar da simulação de uma geometria automotiva simplificada, segundo instruções a ser repassadas em sala de aula. O aluno deverá fazer up-load de todos os arquivos (geometria - arquivo em SolidWorks, arquivo de malha em ANSYS via Gdrive), e documento do relatório preliminar em Word / PDF.
- **Trabalho 3 – Segunda entrega:** Arquivos de simulação e relatório final da simulação da geometria automotiva simplificada, via GDrive.
- **Trabalho 4 – Entrega:** Anteprojeto. Arquivos de simulação em ANSYS-FLUENT de um veículo de passeio / competição / comercial, incluindo relatório final para apresentação. Até a data especificada desta atividade, o aluno deverá fazer up-load de todos os arquivos de simulação (via Gdrive) incluindo o arquivo de apresentação em pptx
- O cronograma está sujeito a alterações.

## **XI. BIBLIOGRAFIA BÁSICA**

- ISMARIL, K.A.R. Aerodinâmica Veicular. Grafica Cisgraf. ISBN 85-900609-6-9, 2007, 295p
- MILLIKEN, W.F.; MILLINKEN, D.L. Race Car Vehicle Dynamics. SAE International. 1994.
- PARKET, B. The Isaac Newton School of Driving: Physics and Your Car. John Hopkins University Press. 2003.

## **XII. BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR**

- MILLIKEN, W.F.; MILLINKEN, D.L. METZ, L.D., KASPRZA, E.M. Race Car Vehicle Dynamics Book and Problems, Answers and Experiments Set. SAE International. 2003.
- SAINTIVE, N.S. TEORIA DE VOO - PP/PC - INTRODUÇÃO A AERODINAMICA. 5ª Edição. 2010.
- SIMON, M. e ELIZALDE, P. AERODINAMICA DEL AUTOMOVIL DE COMPETICION. Editora CEAC ESPANHA. 2ª Edição. 2005.

## **XIII. OBSERVAÇÕES**

- 1) SOBRE O CALENDÁRIO: O calendário poderá sofrer algumas alterações,
- 2) SOBRE A BIBLIOGRAFIA: Adicionalmente, recomenda-se os seguintes livros para consulta:
  - Çengel, Y & Cimbala, J., Mecânica dos Fluidos: Fundamentos e Aplicações, Mc Graw-Hill, Rio de Janeiro.
  - Fox, R. W & McDonald, T., Introdução à mecânica dos Fluidos, 6ª ed., LTC- Livros Técnicos e Científicos Editora, Rio de Janeiro
  - Moran, M.J. & Shapiro, H. S. - Princípios de Termodinâmica para Engenharia, LTC Editora

**Atualizado em:**

Joinville, 15 de Agosto de 2020.