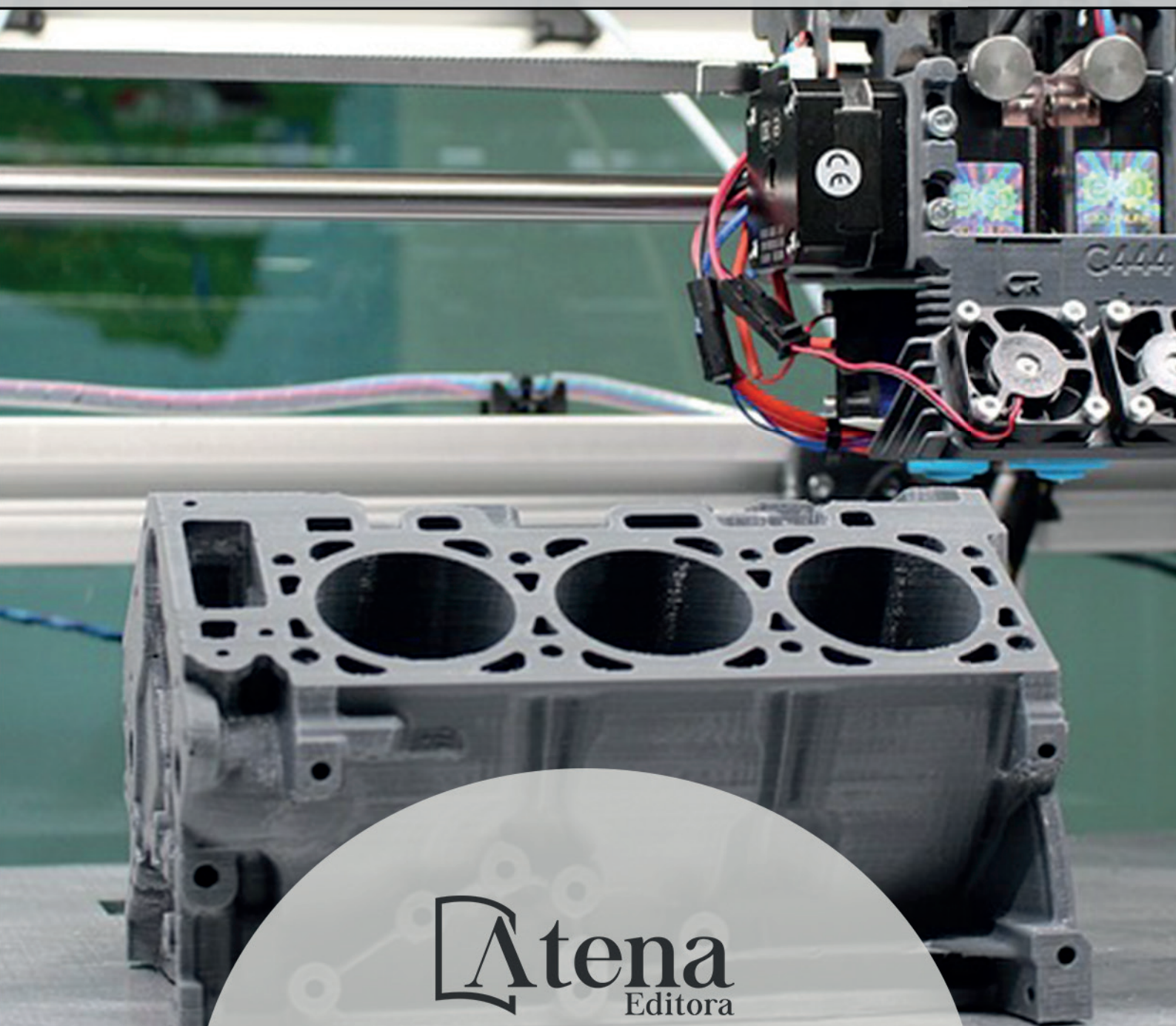


# Engenharias Mecânica e Industrial: Projetos e Fabricação

Franciele Bonatto  
Henrique Ajuz Holzmann  
João Dallamuta  
(Organizadores)



 **Atena**  
Editora

Ano 2018

**Franciele Bonatto**  
**Henrique Ajuz Holzmann**  
**João Dallamuta**  
(Organizadores)

# **Engenharias Mecânica e Industrial: Projetos e Fabricação**

Atena Editora  
2018

2018 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação e Edição de Arte: Geraldo Alves e Natália Sandrini

Revisão: Os autores

### Conselho Editorial

Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília  
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista  
Profª Drª Deusilene Souza Vieira Dall’Acqua – Universidade Federal de Rondônia  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Profª Drª Juliane Sant’Ana Bento – Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

#### Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)

E57 Engenharias mecânica e industrial [recurso eletrônico] : projetos e fabricação / Organizadores Franciele Bonatto, Henrique Ajuz Holzmann, João Dallamuta. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2018.

Formato: PDF  
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader  
Modo de acesso: World Wide Web  
ISBN 978-85-85107-76-5  
DOI 10.22533/at.ed.765180511

1. Automação industrial. 2. Engenharia mecânica.  
3. Produtividade industrial. I. Bonatto, Franciele. II. Holzmann, Henrique Ajuz. III. Dallamuta, João.

CDD 670.427

**Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422**

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores.

2018

Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)

## APRESENTAÇÃO

Surgida durante a Revolução Industrial na Europa no século XVIII, a Engenharia Mecânica de maneira sucinta, pode ser definida como o ramo da engenharia que se dedica a projetos, produção e manutenção de máquinas.

Nesta obra é conciliado estes dois fundamentos que são pilares na profissão de engenheiro mecânico; Projetos e fabricação. Felizmente é possível perceber que estes dois fundamentos da engenharia mecânica e industrial continuam sendo pontos fortes da formação de profissionais nesta área e dos docentes pesquisadores envolvidos neste processo.

Dessa forma, são apresentados trabalhos teóricos e vários resultados práticos de diferentes formas de aplicação e abordagens de projetos e fabricação no âmbito da engenharia.

Trabalhos envolvendo caracterização de materiais são importantes para a execução de projetos dentro de premissas de desempenho e econômicas adequadas. Eles continuam a ser a base da formação do engenheiro projetista cujo ofício se fundamenta na correta escolha de materiais para o design do produto em concepção.

Dentro deste livro também são contemplados temas eminentemente práticos emissão de motores de combustão interna, bancadas didáticas de bombeamento, tuneis de vento além de problemas clássicos da indústria como tubulações e lubrificação.

Um compendio de temas e abordagens que constituem a base de conhecimento de profissionais que se dedicam a projetar e fabricar sistemas mecânicos e industriais.

Boa leitura

Franciele Bonatto  
Henrique Ajuz Holzmann  
João Dallamuta

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
ANÁLISE DE PROPRIEDADES MECÂNICAS E MICROESTRUTURAIS DO AÇO SAE 1020	
<i>Amadeu Santos Nunes Junior</i>	
<i>Rodrigo da Silva Miranda</i>	
<i>Adilto Pereira Andrade Cunha</i>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>8</b>
AJUSTE DE CURVAS DOS PARÂMETROS DE SOLIDIFICAÇÃO PARA AÇOS PRODUZIDOS POR LINGOTAMENTO CONTÍNUO	
<i>Lisiane Trevisan</i>	
<i>Juliane Donadel</i>	
<i>Bianca Rodrigues de Castro</i>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>23</b>
CARACTERIZAÇÃO MICROESTRUTURAL E DEFINIÇÃO DO PERCENTUAL DE CARBONO DE UM AÇO POR MEIO DA METALOGRAFIA QUANTITATIVA	
<i>Felipe Gomes dos Santos</i>	
<i>Lioudmila Aleksandrovna Matlakhova</i>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>37</b>
ANÁLISE DO COMPORTAMENTO DE COMPÓSITOS SANDUÍCHE COM NÚCLEO DE MADEIRA Balsa MEDIANTE ENSAIO DE DOBRAMENTO TRÊS PONTOS	
<i>Denilson Pablo Cruz de Oliveira</i>	
<i>Renata Portela de Abreu</i>	
<i>Pedro Augusto Silva de Sousa</i>	
<i>Abimael Lopes de Melo</i>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>46</b>
AVALIAÇÃO DE INCERTEZAS NA DETERMINAÇÃO DO COEFICIENTE DE CONDUTIVIDADE TÉRMICA PELO MÉTODO DE PLACA QUENTE	
<i>Wênio Fhará Alencar Borges</i>	
<i>Eduardo Corte Real Fernandes</i>	
<i>Oyama Douglas Queiroz de Oliveira Filho</i>	
<i>Alex Maurício Araújo</i>	
<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>55</b>
ANÁLISE DA EFICIÊNCIA DE UM MOTOR DE COMBUSTÃO INTERNA A PARTIR DA VARIAÇÃO NA REGULAGEM DAS VÁLVULAS DE ADMISSÃO E EXAUSTÃO	
<i>Fernanda de Souza Silva</i>	
<i>Adriano Sitônio Rumão</i>	
<i>Marcos da Silva Gonçalves Júnior</i>	
<i>Daniel Lira da Silva Figueiredo</i>	
<i>Bráulio Alexandre Alves de Lima</i>	
<b>CAPÍTULO 7</b> .....	<b>66</b>
ANÁLISE DE EMISSÃO DE GASES DO MOTOR HORIZONTAL BRIGGS AND STRATTON INTEK 10 HP BAJA SAE	
<i>Bruno Silvano da Silva</i>	
<i>Daniel Willemam Trindade</i>	
<i>Elias Rocha Gonçalves Júnior</i>	
<i>Virgínia Siqueira Gonçalves</i>	
<i>Claudio Luiz Melo de Souza</i>	

**CAPÍTULO 8 ..... 79**

ROTEIRO TÉCNICO PARA CÁLCULO DA CARGA TÉRMICA EM CÂMARAS FRIGORÍFICAS UTILIZADAS EM ESTABELECIMENTOS COMERCIAIS

*Ismael de Marchi Neto*  
*Rodrigo Corrêa da Silva*  
*Mateus de Souza Goulart*  
*Rafael Sene de Lima*  
*Ricardo de Vasconcelos Salvo*

**CAPÍTULO 9 ..... 97**

UTILIZAÇÃO DE SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO PARA REFRIGERAÇÃO DE PARADAS DE ÔNIBUS EM TERESINA-PI

*Wênio Fhará Alencar Borges*  
*Armystron Gonçalves Ferreira Araújo*  
*Alexsione Costa Sousa*  
*Luciane Norberto Menezes de Araújo*  
*Maria Onaira Gonçalves Ferreira*

**CAPÍTULO 10 ..... 108**

DESENVOLVIMENTO DE UMA BANCADA DIDÁTICA PARA DETERMINAÇÃO DE CURVA DE CURVA CARACTERÍSTICA DE BOMBA CENTRÍFUGA

*Janio Marreiros Gomes,*  
*Ighor Caetano Silva Ferreira,*  
*Adriano do Amor Divino Guilhon Serra,*  
*Paulo Roberto Campos Flexa Ribeiro Filho,*  
*Wellington de Jesus Sousa Varella,*  
*Thymisson Sousa da Paixão,*

**CAPÍTULO 11 ..... 120**

*Rafael Costa Da Silva*  
*Luiz Carlos Cordeiro Junior*  
INTRODUÇÃO À ANÁLISES HIDRÁULICAS ATRAVÉS DO ESTUDO DO COMPRIMENTO CARACTERÍSTICO EM TUBULAÇÕES

**CAPÍTULO 12 ..... 132**

PROJETO E CONSTRUÇÃO DE UM MINI TUNEL DE VENTO DIDÁTICO DE BANCADA EXPERIMENTAL PARA ESTUDOS AERODINÂMICOS

*Diógenes Leite Souza*  
*Fernando Lima de Oliveira*

**CAPÍTULO 13 ..... 151**

ANÁLISE DE VIBRAÇÕES MECÂNICAS NO MOTOR DO CARRO ARRANCADA

*Paulo Rutenberg Madeira Santos*  
*Higor Leandro Veiga da Silva*

**CAPÍTULO 14 ..... 158**

ANÁLISE DO ESCOAMENTO DO ÓLEO BASE DE UMA GRAXA MINERAL EM DIFERENTES CONDIÇÕES DE CONTAMINAÇÃO

*Ana Cláudia Marques*  
*Bruno Henrique Viana Mendes*  
*Jorge Nei Brito*

**CAPÍTULO 15 ..... 167**

MEDIDOR DE CONDUTIVIDADE ELÉTRICA EM MEIOS LÍQUIDOS NA OBTENÇÃO DE SOLUÇÕES EM ENGENHARIA

*Vagner dos Anjos Costa*  
*Cochiran Pereira dos Santos*

*Antonio Cardoso Ferreira  
Jubiraí José Galliza Júnior  
Fabrício Oliveira Silva  
Fabio Santos de Oliveira  
Silvio Leonardo Valença*

**CAPÍTULO 16..... 179**

ESTUDO EXPERIMENTAL DE GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA ATRAVÉS DE ONDAS E CORRENTES MARÍTIMAS

*Reginaldo Nunes da Silva  
Patrícia do Nascimento Pereira  
Fernando Lima de Oliveira*

**CAPÍTULO 17 ..... 186**

USO DO SENSOR HC – SR04 COM O ARDUINO UNO: UMA ANÁLISE DE ERROS DE MEDIÇÃO ENVOLVENDO AS BIBLIOTECAS ULTRASONIC E NEW PING

*Lucas Santin Bianchin  
Rogério Bido  
Vanessa Carina Dal Mago  
Alexsander Furtado Carneiro*

**CAPÍTULO 18..... 198**

MODERNIZAÇÃO E ADEQUAÇÃO DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA ATRAVES DA IMPLANTAÇÃO DE REDE INDUSTRIAL E SISTEMA SCADA EM WINCC RT

*Fabrício Roosevelt Melo da Silva  
Diego Antônio de Moura Fonseca  
Andrés Ortiz Salazar*

**SOBRE O ORGANIZADORES..... 213**

## ANÁLISE DE EMISSÃO DE GASES DO MOTOR HORIZONTAL BRIGGS AND STRATTON INTEK 10 HP BAJA SAE

### **Bruno Silvano da Silva**

Universidade Candido Mendes  
Campos dos Goytacazes – Rio de Janeiro

### **Daniel Willelam Trindade**

Universidade Candido Mendes  
Campos dos Goytacazes – Rio de Janeiro

### **Elias Rocha Gonçalves Júnior**

Universidade Candido Mendes  
Campos dos Goytacazes – Rio de Janeiro

### **Virgínia Siqueira Gonçalves**

Universidade Candido Mendes  
Campos dos Goytacazes – Rio de Janeiro

### **Claudio Luiz Melo de Souza**

Universidade Candido Mendes  
Campos dos Goytacazes – Rio de Janeiro

**RESUMO:** A partir do crescente aumento da poluição mundial, se torna pertinente qualquer estudo que seja voltado para emissão de gases. Uma grande parte desta é causada por motores de combustão que lançam gases prejudiciais ao meio ambiente. Neste trabalho, será verificado e comparado o nível de emissão de gases, em especial o monóxido de carbono, gerados pelo motor Briggs and Stratton Intek 10 HP Baja utilizado pelo protótipo Baja SAE, e para tal foi utilizado o analisador Optima 7. Os testes foram procedimentos experimentais realizados com gasolina aditivada e comum

em dois modos de rotação do motor, em baixa rotação – BR (1200 RPM) e em alta rotação – AR (2500 RPM), com o auxílio do tacômetro MDT-2238A. Foi observado que nos cálculos do CO corrigido em baixa rotação os combustíveis estão em conformidade com a norma, porém nos cálculos do CO corrigido em alta rotação, identificou-se que apenas a gasolina comum atende as especificações recomendadas pela Resolução 418/2009 do CONAMA. Além disso, pode-se dizer que utilizando apenas a gasolina do tipo comum, o motor estará seguindo as diretrizes das normas brasileiras, tanto em baixa rotação, quanto em alta rotação, evitando assim poluições exageradas do ar.

**PALAVRAS-CHAVE:** Poluição atmosférica, Monóxido de carbono, Motor Baja SAE.

**ABSTRACT:** From the increasing of the world pollution, any study that is directed towards emission of gases becomes pertinent. A large part of this is caused by combustion engines that release harmful gases into the environment. In this work, the emission level of gases, in particular carbon monoxide, generated by the Briggs and Stratton Intek 10 HP Baja engine will be verified and compared using the Optima 7 analyzer. The tests were experimental procedures performed with gasoline additive and common in two modes of motor rotation, low rotation (1200 rpm) and high rotation (2500



rpm), with the aid of the MDT-2238A tachometer. It was observed that in the calculations of corrected CO in low rotation the fuels are in conformity with the norm, however in the calculations of the CO corrected in high rotation, it was identified that only the common gasoline meets the specifications recommended by Resolution 418/2009 CONAMA. In addition, it can be said that using only ordinary gasoline, the engine will be following the guidelines of the Brazilian standards, both in low rotation and high rotation, thus avoiding exaggerated air pollution.

**KEYWORDS:** Air pollution, Carbon monoxide, Baja SAE engine.

## 1 | INTRODUÇÃO

Sabe-se que os combustíveis fósseis são utilizados de forma demasiada desde a Revolução Industrial. No entanto, sua utilização em larga escala global tem gerado discussões a respeito dos impactos nocivos ao meio ambiente e, conseqüentemente, aos seres vivos. Os problemas ambientais gerados a partir da emissão de gases estufas, as mudanças climáticas, bem como, as políticas ambientais para controle da emissão de gases a atmosfera são questões que têm sido discutidas em âmbito mundial.

Em 2014, um dos mais importantes documentos intitulado como o 5º relatório do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC) foi publicado. O IPCC é o resultado de uma cooperação entre a Organização Meteorológica Mundial e o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente. Nele ficou constatado que as emissões de gases estufas cresceram entre 2000 e 2010 mais rapidamente que na década anterior, sobretudo em razão do aumento do uso de carvão para geração de energia. Outra importante evidência no relatório é a estimativa de que 13% dos gases estufas são gerados pelo setor de transporte que engloba a indústria automotiva. Ainda segundo o relatório, a concentração de gases de efeito estufa na atmosfera é a mais alta desde últimos 800 mil anos e que se medidas drásticas e urgentes não forem realizadas, a temperatura média global pode aumentar em torno de 5°C até 2100 (IPCC, 2014).

Em acordo com o IPCC 2014, uma das principais fontes de poluentes para a atmosfera são os veículos automotores. Segundo Marques e Brasileiro (2015), a quantidade de poluentes emitidos por eles variam desde a existência de diferentes tipos de motores até o uso de combustíveis diferenciados. Os impactos gerados por estas emissões afetam os indivíduos de forma direta ou indireta. Em países de grandes extensões onde o transporte público, assim como o hidroviário e ferroviário, não recebem os devidos investimentos para avançarem, é comum encontrar uma frota cada vez maior de veículos, além de veículos muito antigos ou não revisados em circulação, elevando ainda mais os níveis de poluição.

Atualmente, os padrões de emissões no tubo de escapamento dos veículos

automotores são estabelecidos pela Resolução 418/2009 de 25 de novembro de 2009 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) e pela Instrução Normativa nº 06, de 8 de junho de 2010 do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA). Esta Instrução Normativa define o procedimento de inspeção veicular e critérios para elaboração de planos de controle de poluição veicular, bem como determina limites de emissões e procedimentos para a avaliação do estado de manutenção do veículo.

Com o crescente aumento da poluição mundial, se torna pertinente qualquer estudo que seja voltado para emissão de gases. Uma grande parte desta é causada por motores de combustão que lançam gases prejudiciais ao meio ambiente sem ideia do que isso poderá causar em longo prazo.

De acordo com o relatório do IPCC (2014), estima-se que até o ano de 2100, a terra ficará com uma temperatura mais alta, entre 2,6°C e 4,8°C, e que o nível do mar irá aumentar em até 82 cm, fora as muitas doenças causadas aos seres humanos por toda essa emissão incorreta e desnecessária. Com o crescente aumento da poluição mundial, se torna válido a realização de estudos que sejam voltados para emissão de gases.

Logo, é conveniente um estudo teórico e experimental sobre a emissão de gases gerados pelo motor Briggs and Stratton Intek 10 HP Baja, para que se tenha noção do que um único motor é capaz de transmitir ao meio ambiente, além comparar a emissão dos gases com dois tipos de combustíveis: gasolina comum e gasolina aditivada.

O presente trabalho pretende verificar o nível de emissão de gases, em especial o monóxido de carbono, gerados pelo motor Briggs and Stratton Intek 10 HP Baja utilizado pelo protótipo Baja SAE, desenvolvido pelos alunos do curso de Engenharia Mecânica da Universidade Candido Mendes - Campos/RJ, e certificar-se da conformidade com a norma brasileira estabelecida pela Resolução 418/2009 do CONAMA.

## 2 | REREFENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Poluição atmosférica – definição e normas

Poluição atmosférica pode ser definida como o resultado da emissão de gases poluentes ou de partículas sólidas na atmosfera e vem sendo uma grave ameaça ao planeta trazendo graves consequências.

De acordo com o Conselho Nacional do Meio Ambiente, Resolução nº 03/90, considera-se poluente qualquer substância presente no ar que, pela sua concentração, possa torná-lo impróprio, nocivo ou ofensivo à saúde, causando inconveniente ao bem-estar público, danos aos materiais, à fauna e à flora, ou seja prejudicial à segurança, ao uso e gozo da propriedade e às atividades normais da comunidade.

O aumento da concentração de gases afeta o clima, a saúde humana e ao

meio ambiente. O efeito estufa, a chuva ácida e a depressão a camada de ozônio são problemas ambientais que se destacam. Entre os efeitos a saúde, encontram-se principalmente os problemas respiratórios e os cardiovasculares (VIDAL, 2011).

O CONAMA define em sua resolução N° 003 de 28 de junho de 1990, Art. 1º, Parágrafo Único: Entende-se como poluente atmosférico qualquer forma de matéria ou energia com intensidade e em quantidade, concentração, tempo ou características em desacordo com os níveis estabelecidos, e que tornem ou possam tornar o ar:

- I – Impróprio, nocivo ou ofensivo à saúde;
- II – Inconveniente ao bem-estar público;
- III – Danoso aos materiais, à fauna e flora;
- IV – Prejudicial à segurança e ao uso e gozo da propriedade e às atividades normais da comunidade.

O IBAMA estabelece os padrões nacionais de qualidade do ar através da Portaria Normativa nº 348 de 14/03/90 e da Resolução CONAMA nº 003 de 28/06/90. No Brasil são estabelecidos dois tipos de padrões de qualidade do ar: os primários e os secundários.

Os Padrões Primários de Qualidade do Ar são as concentrações de poluentes que se ultrapassadas poderão afetar a saúde da população. Podem ser entendidos como níveis máximos toleráveis de concentração de poluentes atmosféricos, constituindo-se em meta de curto e médio prazo.

Os Padrões Secundários de Qualidade do Ar são as concentrações de poluentes atmosféricos abaixo das quais se prevê o mínimo efeito adverso sobre o bem-estar da população, assim como o mínimo dano à fauna, flora, materiais e ao meio ambiente em geral. Podem ser entendidos como níveis desejados de concentração de poluentes, constituindo-se em meta de longo prazo.

No Quadro 1, encontram-se os principais poluentes atmosféricos provenientes e suas fontes principais, sendo, principalmente, originados de veículos automotores.

Denominação	Características	Fontes principais
SO <sub>2</sub> Dióxido de enxofre (anidrido sulfuroso)	Poluente mais característico dos aglomerados industriais. Liberam enxofre contido que se combina com oxigênio do ar na forma de SO <sub>2</sub>	Atividades industriais; Queima de óleos; Veículos automotores.
NOx Óxido de Nitrogênio	Gás emitido principalmente por motores automobilísticos, as instalações de combustão e nas fábricas de ácidos nítrico.	Atividades industriais; Veículos automotores.

Poeiras Fumaças Negras	Partículas sólidas em suspensão no ar provenientes da combustão ou de certos processos industriais (cimentos, adubos, etc.). Na zona urbana, a circulação de automóveis representa um emissor importante de poeiras. Os veículos de ciclo diesel respondem pela emissão de fumaça negra.	Atividades industriais; Veículos automotores.
HC Hidrocarbonetos	A combustão incompleta dos carburetos dos motores dos veículos é origem de emissões de vapores de hidrocarbonetos. A estocagem de petróleo também representa uma fonte de emissão de hidrocarbonetos.	Postos de gasolina; Veículos automotores.
CO Monóxido de Carbono	É proveniente essencialmente do funcionamento de veículos motores à explosão.	Veículos automotores.
Pb Chumbo	Metal tóxico emitido principalmente pela circulação de automóveis: O chumbo entra em ação na composição de um aditivo para gasolina.	Veículos automotores.

**Quadro 1.** Relação dos principais poluentes atmosféricos e suas fontes.

## 2.2 Monóxido de carbono

Membro da família dos asfixiantes químicos, o monóxido de carbono (CO) é um gás perigoso, incolor, inodoro, sem sabor e não irritante. Ele pode deixar uma pessoa inconsciente ou mesmo matar em poucos minutos. Chamado de assassino silencioso, ele é produzido pela combustão incompleta de matérias carbonáceas orgânicas, como o carbono, a madeira, o papel, o óleo, o gás e a gasolina (SILVA, 2005).

A principal via de exposição ao monóxido de carbono é a respiratória e intoxicações agudas podem ser fatais devido à afinidade do CO com a hemoglobina contida nos glóbulos vermelhos do sangue, que transportam oxigênio (O<sub>2</sub>) para os tecidos de todos os órgãos do corpo. A afinidade da hemoglobina pelo CO chega a ser 240 vezes maior que pelo O<sub>2</sub> (SILVA, 2005).

Uma vez inalado, o gás é rapidamente absorvido nos pulmões, atravessando as membranas alveolar, capilar e placentária e, em circulação, liga-se de maneira estável com a hemoglobina. A toxicidade no homem se dá quando o CO entra em competição com o O<sub>2</sub> pela hemoglobina, reduzindo a liberação de O<sub>2</sub> fixada sob a hemoglobina, e assim, impedindo o transporte e diminuindo a quantidade de O<sub>2</sub> disponível nos tecidos, levando à morte por asfixia (IPCS, 1999; Laliberté, 2001).

Os padrões de qualidade do ar nacionais foram firmados em 1976 pelo IBAMA e aprovados pelo Conselho Nacional de Meio Ambiente. O índice de qualidade do ar indicado no relatório “Qualidade do ar no Estado de São Paulo” da CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental indica que a qualificação do CO no ar, para 8 horas de amostragem, é:

- Qualidade boa: 9 ppm;
- Qualidade moderada: 9 a 11 ppm;
- Qualidade ruim: 11 a 13 ppm;
- Qualidade muito ruim: 13 a 15 ppm;
- Qualidade péssima: mais de 15 ppm.

## 3 | MATERIAL E MÉTODOS

### 3.1 Motor utilizado nas análises

O motor Briggs and Stratton 1450 Intek 10 HP 305 cc, vide Figura 1, possui suas especificações características de acordo com o baja SAE BRASIL, que permite uma partida simples, operação silenciosa e dispositivos que maximizam a vida útil do equipamento. Possui tecnologia OHV (Válvula de sobrecarga) e silenciador específico, tem excelente potência e ainda economiza combustível, torque maior e qualidades sonoras eficientes (SAE BRASIL, 2012).

Esse motor é do tipo monocilíndrico, quatro tempos, refrigerado a ar e com válvulas no cabeçote, tem uma potência bruta de 10 HP, 306 cilindradas. O cilindro é feito de camisa de ferro fundido, diâmetro de 82 mm, curso de 52 mm, capacidade do tanque de 5,3 litros, capacidade de óleo de 1,1 litros, peso de 25 quilogramas, comprimento de 327 mm, largura de 309 mm e altura de 442 mm (SAE BRASIL, 2012).



**Figura 1.** Motor Briggs and Stratton 1450 Intek 10 HP 305 cc.

### 3.2 Procedimento experimental

Neste trabalho, será realizada uma análise de gases emitidos pelo motor Briggs and Stratton Intek 10 HP Baja e para detecção dos mesmos, foi utilizado o analisador Optima 7, fabricado pela Confor Instrumentos de Medição Eireli, devido a sua precisão e facilidade de interpretação. O analisador Optima 7, vide Figura 2, é capaz de detectar os seguintes gases:

- Monóxido de Carbono (CO);
- Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>);
- Óxido Nitroso (NO);
- Dióxido de Nitrogênio (NO<sub>2</sub>);
- Metano (CH<sub>4</sub>);
- Dióxido de Enxofre (SO<sub>2</sub>).



**Figura 2.** Analisador Optima 7.

Os gases serão detectados com o motor operando em dois modos de rotação, em baixa rotação (BR) e em alta rotação (AR). Os modos de rotação foram garantidos com auxílio de um tacômetro, vide Figura 3, fabricado pela Minipa, cujo modelo é MDT-2238<sup>a</sup>, disponível na universidade.



**Figura 3.** Tacômetro MDT-2238<sup>a</sup>.

Cada teste, tanto para gasolina comum como gasolina aditivada, foi realizado seguindo as etapas descritas abaixo, com o auxílio de três operadores:

- O motor é colocado sobre um tapete antiderrapante ao ar livre e fixado a uma base para evitar movimentações inesperadas;
- Inserção o combustível no tanque;
- Ignição no motor;
- Com o Tacômetro MDT-2238A, efetuar medição de rotação do motor, colocando o adaptador para medir por contato no eixo horizontal do motor;
- Com o motor em funcionamento, inserir por um a sonda na descarga do

motor. Esta permanecerá na descarga do motor durante um período de 2 minutos, sendo repetida esta etapa três vezes para baixa rotação e três vezes para alta rotação;

- Resultados armazenados no sensor OPTMA7, sendo extraídos posteriormente com o auxílio de um computador.

Os resultados obtidos, a partir dos cálculos, serão comparados com os limites de emissão de gases especificada pela Resolução 418/2009 de 25 de novembro de 2009 do CONAMA, devido a sua similaridade com um motor de motocicletas.

Para os motocicletas e similares, com motor do ciclo Otto, os limites máximos de emissão de escapamento de CO corrigido e HC corrigido, são os definidos na Tabela 1.

Ano de fabricação	Cilindrada	1ª Fase (2010)		2ª Fase (a partir de 2011)	
		CO corrigido (%)	HC corrigido (ppm)	CO corrigido (%)	HC corrigido (ppm)
Até 2002	Todas	7,0	3500	5,0	3500
2003 a 2008	<250cc	6,0	2000	4,5	2000
	≥250cc	4,5	2000	4,5	2000
A partir de 2009	Todas	1,0	200	1,0	200

**Tabela 1.** Relação Limites máximos de emissão de CO corrigido, HC corrigido em marcha lenta e de fator de diluição para motocicletas e veículos similares com motor do ciclo Otto de 4 tempos.

### 3.3 Equações governantes

De acordo com o CONAMA 418/2009, o método de verificação adotado a ser considerado como valor para o CO é o CO corrigido, representado em Equação 1, que é o valor calculado a partir das medições efetuadas pelos analisadores de gases (não são valores medidos). A resolução especifica ainda, outro parâmetro, a diluição, vide Equação 2, a ser considerado no processo de inspeção, que é a razão volumétrica de diluição da amostra de gases de escapamento devido à entrada de ar no sistema. O objetivo básico desses parâmetros é corrigir o valor medido de CO, para obter o real emitido pelo motor, e detectar vazamentos no escapamento (entrada de ar falso) através do cálculo da diluição.

$$\text{CO corrigido} = F \text{ diluido} \times \text{CO medido} \quad (1)$$

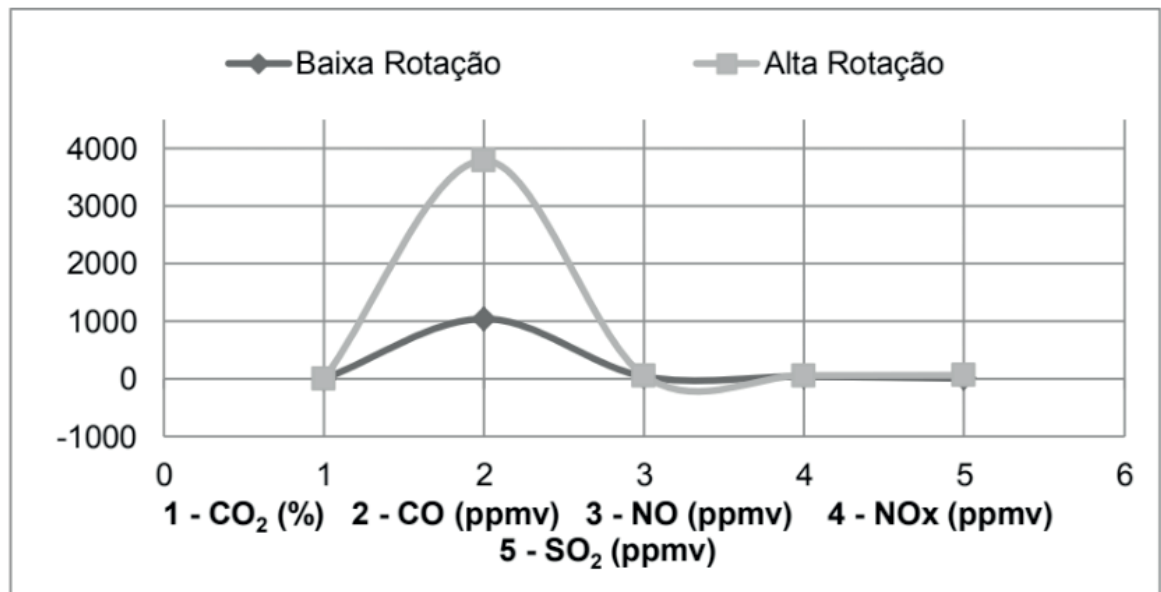
$$F \text{ diluido} = 15 / (\text{CO} + \text{CO}_2) \text{ medido} \quad (2)$$

## 4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Análise com gasolina comum

Este experimento foi realizado em dois modos de rotação do motor, em baixa rotação – BR (1200 RPM) e em alta rotação – AR (2500 RPM), com o auxílio do tacômetro MDT-2238<sup>a</sup>.

A Figura 4 mostra as concentrações dos gases detectados no experimento feito com gasolina comum, estando os valores de CO<sub>2</sub> em porcentagem, devido a sua alta concentração em relação aos outros gases, e os demais valores em ppmv (1ppmv = 1 parte por milhão por volume, ou seja, 1 mililitro de gás por metro cúbico de gás).



**Figura 4.** Concentração dos gases poluentes da combustão de gasolina comum para dois modos de operação do motor.

A Tabela 2 é um resumo dos gases detectados no experimento feito com gasolina comum, mostrando os valores dos mesmos, assim como, suas possíveis variações. Valores emitidos pelo sensor Optima 7. Observação: 1% = 10000 ppmv.

Gasolina	Baixa Rotação (ppmv)	Alta Rotação (ppmv)
CH <sub>4</sub>	-	> 1 % (limite de detecção)
CO <sub>2</sub>	7,09 ± 0,03 (%)	8,03 ± 0,13 (%)
CO	1044,40 ± 89,21	3788,9 ± 592,64
NO	43,89 ± 3,23	59,78 ± 2,19
NO <sub>x</sub>	45,97 ± 3,23	62,95 ± 2,19
SO <sub>2</sub>	10,80 ± 0,94	67,2 ± 4,00

**Tabela 2.** Concentrações dos gases poluentes da combustão de gasolina comum para dois modos de operação do motor.

Utilizando gasolina comum em baixa rotação com CO medido igual a 0,104% e CO<sub>2</sub> medido igual a 7,09%, substituindo os valores na Equação 1, já com a aplicação



da Equação 2, temos:

$$\text{CO corrigido} = 15 / ((0,104 + 7,09) \times 0,104) = 0,217\%$$

O resultado de CO corrigido obtido teve módulo igual a 0,217%, menor do que 1%, ou seja, dentro do limite permitido e atendendo as especificações estabelecidas na Tabela 1.

Utilizando gasolina comum em alta rotação com CO medido igual a 0,38% e CO<sub>2</sub> medido igual a 8,03%, substituindo os valores na Equação 1, já com a aplicação da Equação 2, temos:

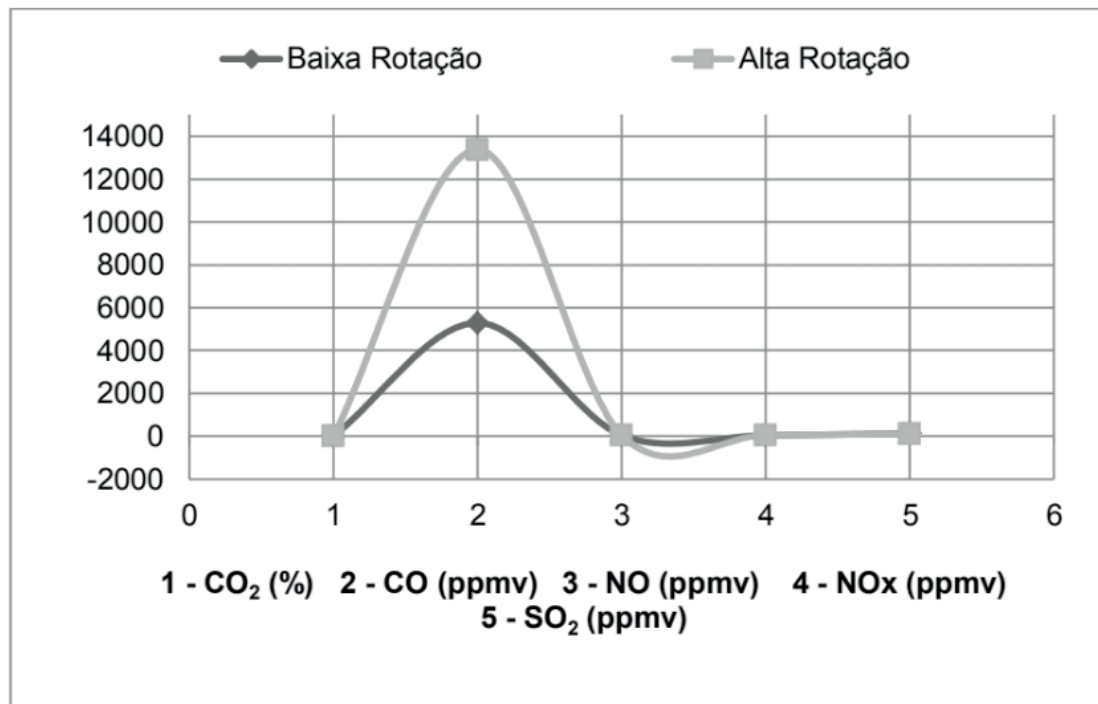
$$\text{CO corrigido} = 15 / ((0,38 + 8,03) \times 0,38) = 0,68 \%$$

Mesmo em uma rotação acima do especificado para comparação, o resultado do CO corrigido atenderia as especificações estabelecidas, ou seja, menor que 1%, estando dentro do valor permitido, de acordo com a Tabela 1.

#### 4.2 Análise com gasolina aditivada

Assim como o experimento anterior, foram utilizados dois modos de rotação do motor, em baixa rotação – BR onde conseguimos medir aproximadamente 1200 RPM e em alta rotação – AR cerca de 2500 RPM, utilizando o tacômetro modelo MDT-2238<sup>a</sup>.

A Figura 5 mostra as concentrações dos gases detectados no experimento feito com gasolina aditivada, com os valores de CO<sub>2</sub> em porcentagem, devido a sua alta concentração em relação aos outros gases, e os demais valores em ppmv.



**Figura 5.** Concentração dos gases poluentes da combustão de gasolina aditivada para dois modos de operação do motor.

A Tabela 3 resume os gases detectados no experimento feito com gasolina aditivada, mostrando os valores dos mesmos, assim como, suas possíveis variações. Valores emitidos pelo sensor Optima 7. Observação: 1% = 10000 ppmv.

Gasolina	Baixa Rotação (ppmv)	Alta Rotação (ppmv)
CH <sub>4</sub>	-	> 1 % (limite de detecção)
CO <sub>2</sub>	9,95 ± 0,36 (%)	9,30 ± 0,21 (%)
CO	5288,90 ± 1610,60	13377,80 ± 1099,90
NO	43,64 ± 2,30	47,96 ± 2,30
NO <sub>x</sub>	45,52 ± 2,30	50,14 ± 2,30
SO <sub>2</sub>	132,83 ± 36,50	117,67 ± 44,6

**Tabela 3.** Concentrações dos gases poluentes da combustão de gasolina aditivada para dois modos de operação do motor.

Utilizando gasolina aditivada em baixa rotação com CO medido igual a 0,53% e CO<sub>2</sub> medido igual a 9,95%, substituindo os valores na Equação 1, já com a aplicação da Equação 2, temos:

$$\text{CO corrigido} = 15 / ((0,53 + 9,95) \times 0,53) = 0,76\%$$

Sendo o resultado de CO corrigido igual a 0,76%, menor do que 1%, este encontra-se dentro do limite permitido, atendendo as especificações estabelecidas na Tabela 1.

Utilizando gasolina aditivada em alta rotação com CO medido igual a 1,34% e

CO<sub>2</sub> medido igual a 9,30%, substituindo os valores na Equação 1, já com a aplicação da Equação 2, temos:

$$\text{CO corrigido} = 15 / ((1,34 + 9,30) \times 1,34) = 1,82\%$$

Em uma rotação acima do especificado para comparação, com gasolina aditivada, o resultado do CO corrigido não atenderia as especificações estabelecidas, ou seja, maior que 1%, estando fora do valor permitido, disposto na Tab. 1.

## 5 | CONCLUSÃO

Foram identificados nas medições realizadas no motor Briggs and Stratton Intek 10 HP Baja gases como CO, CO<sub>2</sub>, NO, NO<sub>x</sub> e SO<sub>2</sub>, que são alguns dos responsáveis pelos problemas ambientais relacionados a poluição do ar. Os sensores presentes no analisador Optima 7 se mostraram eficientes e suficientemente sensíveis para a identificação das espécies químicas citadas, numa concentração de ppmv.

A partir das análises e comparações realizadas no motor do protótipo, os cálculos do CO corrigido em baixa rotação possuem valores menores ou iguais a 1%, portanto, as concentrações de monóxido de carbono do motor, com ambos os combustíveis, estão em conformidade com a norma brasileira estabelecida pela Resolução 418/2009 do CONAMA.

Nos cálculos do CO corrigido em alta rotação, identificou-se que apenas a gasolina comum atende as especificações recomendadas pelo CONAMA, pois a concentração de monóxido de carbono do motor com esse combustível é menor que 1%. Já na análise realizada com gasolina aditivada, observou-se uma concentração de monóxido de carbono ultrapassa o valor de 1%, chegando a 1,82%, o que significa o valor, nas condições aplicadas, não está de acordo com a resolução do CONAMA.

Pode-se afirmar que, utilizando apenas a gasolina do tipo comum, o motor estará seguindo as diretrizes das normas brasileiras, tanto em baixa rotação, quanto em alta rotação, evitando assim poluições exageradas do ar.

## 6 | AGRADECIMENTOS

Agradecimento à equipe UCAM Baja pela disponibilização do motor e pelo apoio a realização deste trabalho.

## REFERÊNCIAS

CETESB. Companhia Ambiental do Estado De São Paulo. **Qualidade do ar no estado de São Paulo**. São Paulo, 2014. 136 p. Disponível em: <[http://cetesb.sp.gov.br/ar/wp-content/uploads/sites/37/2013/12/rqar\\_2014.pdf](http://cetesb.sp.gov.br/ar/wp-content/uploads/sites/37/2013/12/rqar_2014.pdf)>. Acesso em: 10 jun. 2016.

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução n.º 003, de 28 de junho de 1990. Controle da poluição do ar. **Diária Oficial [da] União**, Seção I, p. 15.937-15.939, jun. 1990. 08 Jun. 2016. <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=100>>.

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução n.º 418, de 25 de novembro de 2009. Brasil, 2009. 11p. IBAMA, Instrução normativa IBAMA N° 6, de 8 de junho de 2010. **Diária Oficial [da] União**, 2010. 26 p.

IPCC, Intergovernmental Panel On Climate Change. **Climate Change 2014 Synthesis Report Summary for Policymakers**, 2014. 32 p. Disponível em: <[https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/syr/AR5\\_SYR\\_FINAL\\_SPM.pdf](https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/syr/AR5_SYR_FINAL_SPM.pdf)>. Acesso em: 16 mai. 2016

IPCS. **International program on chemical safety**. Environmental health criteria 213. Carbon monoxide. Inter-organization programme for the sound-management of chemicals. 2. ed. Geneva: WHO, 1999.

LALIBERTÉ, M. **Exposition environnementale et intoxication au monoxyde de carbone**. Bulletin d'information toxicologique. Publication de la direction de la toxicologie humaine. Institut national de santé publique du Québec, v. 17, n. 3, p. 1- 12, 2001.

MARQUES, S. M.; BRASILEIRO, L. A. Emissão de gases poluentes por veículos automotores em área urbana. **Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades**, São Paulo, v. 13, n. 19, p. 01-12, jan. 2015.

SAE BRASIL. Baja Nacional, **Regulamento Baja SAE Brasil**. Disponível em: <<http://portal.saebrasil.org.br/programas-estudantis/baja-sae-brasil/regras>> Acesso em: 11 mai. 2016.

SILVA, L. C. **Gases tóxicos em unidades armazenadoras**. Boletim Técnico do Departamento de Engenharia Rural da Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, p. 1- 5, 2005.

VIDAL, S. **Controlando o aquecimento global**. São Paulo: [S.e.], 2011, 107 p.

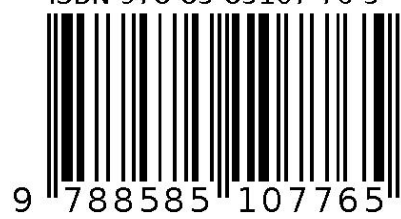
## **SOBRE OS ORGANIZADORES**

**Franciele Bonatto** Professora assistente da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Graduação e mestrado em engenharia de produção pela UTFPR e doutorado em andamento em Engenharia de Produção pela mesma universidade. Trabalha com os temas: gestão da qualidade, planejamento e controle da produção e cadeia de suprimentos.

**Henrique Ajuz Holzmann** Professor da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Graduação em Tecnologia em Fabricação Mecânica e Engenharia Mecânica pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Mestre em Engenharia de Produção pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná Doutorando em Engenharia e Ciência do Materiais pela Universidade Estadual de Ponta Grossa. Trabalha com os temas: Revestimentos resistentes a corrosão, Soldagem e Caracterização de revestimentos soldados.

**João Dallamuta** Professor assistente da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Engenheiro de Telecomunicações pela UFPR. Especialista em Inteligência de Mercado pela FAE Business School. Mestre em Engenharia pela UEL. Trabalha com os temas: Inteligência de Mercado, Sistemas Eletrônicos e Gestão Institucional.

Agência Brasileira do ISBN  
ISBN 978-85-85107-76-5



9 788585 107765