

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental

Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental

GISLANE ADOLPH KÖNIG

**COMPARAÇÃO ENTRE A ESCALA RINGELMANN E A
QUANTIDADE DE MATERIAL PARTICULADO EMITIDA POR
MOTOR DIESEL**

Dissertação apresentada à Universidade
Federal de Santa Catarina, para obtenção de
Título de Mestre em Engenharia Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Henrique de Melo Lisboa

FLORIANÓPOLIS
SANTA CATARINA
SETEMBRO 2000

COMPARAÇÃO ENTRE A ESCALA DE RINGELMANN E A QUANTIDADE DE MATERIAL PARTICULADO EMITIDO POR MOTOR DIESEL.

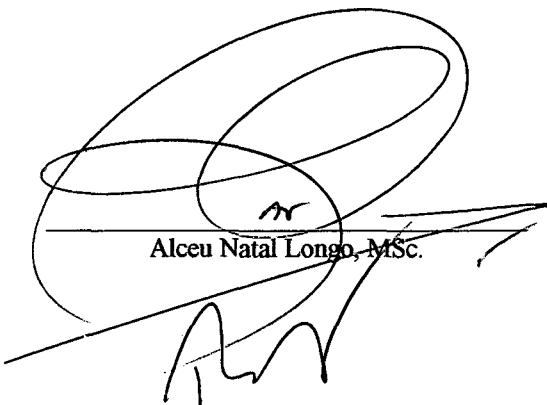
GISLANE ADOLPH KÖNIG

Dissertação submetida ao corpo docente do Programa de Pós Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal de Santa Catarina como parte dos requisitos necessários para obtenção do grau de

MESTRE EM ENGENHARIA AMBIENTAL

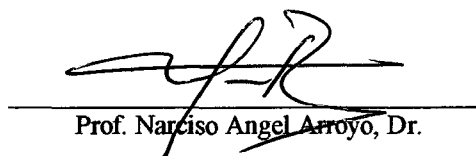
na Área de Tecnologias de Saneamento Ambiental.

Aprovado por:



Alceu Natal Longo, MSc.

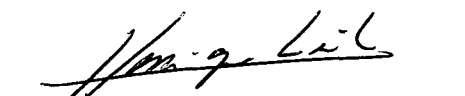
Prof. Paulo Belli Filho, Dr.



Prof. Narciso Angel Arroyo, Dr.



Prof. Flávio Rubens Lapólli, Dr.
(Coordenador)



Prof. Henrique de Melo Lisboa, Dr.
(Orientador)

**FLORIANÓPOLIS, SC – BRASIL
SETEMBRO/2000**

DEDICATÓRIA

Aos meus pais Reinaldo e Aracy ,ao
meu esposo Raimer e aos meus
queridos filhos Caroline e Martin.

AGRADECIMENTOS

Ao prof. Msc. Alceu Natal Longo primeiro incentivador.

Ao prof. Dr. Henrique de Melo Lisboa pela dedicação e incentivo.

Ao prof. Dr. Narciso Arroyo, pela viabilização das experimentações.

Ao técnico do Laboratório de Combustão e Motores Térmicos Gilson Nunes Maia e a sua equipe de acadêmicos da Engenharia Mecânica, pela dedicação e empenho nas experimentações.

À Fundação Municipal do Meio Ambiente (FAEMA) de Blumenau, pelo apoio financeiro.

À Carin da Costa pela sua dedicação.

Ao meu irmão Cleodon e minha cunhada Daisy por terem sempre me recebido de braços abertos.

À Cristiane Martínéz Mota Baixo pelo apoio técnico e científico, além de sua hospitalidade.

Aos meus pais Reinaldo e Aracy pelo apoio e compreensão.

Ao meu marido Raimer pelo seu carinho, amor e dedicação.

Aos meus filhos Caroline e Martin pelo amor incondicional.

"O grande problema da civilização moderna, industrial, tecnológica é talvez o de não ter percebido que ela ainda depende da natureza, ao menos em termos globais; que sua liberação ainda não é total e que, provavelmente, nunca será; que não é possível produzir artificialmente todo o oxigênio necessário à manutenção da composição atual da atmosfera... "(Branco 1988)

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo o estudo do controle da poluição atmosférica de veículos movidos a óleo diesel, mediante quantificação e avaliação de sua capacidade poluidora. O equipamento utilizado constitui-se de um contador digital de número de partículas por metro cúbico (HIAC/ROYCO 245A). Foi dado ênfase ao parâmetro material particulado inalável.

A pesquisa foi realizada em ambiente aberto, para a investigação das concentrações de material particulado que são lançados no ar por um motor diesel (fumaça preta) e que possam ser inaladas pelas pessoas. Estas partículas podem também afetar o meio ambiente como um todo.

É apresentada a metodologia de coleta e análise de dados em função do uso deste aparelho. Comparações foram realizadas com a metodologia corrente da Escala de Ringelmann. Os resultados obtidos recomendam uma reavaliação da metodologia de análise da fumaça preta.

ABSTRACT

The objective of this paper is to study the control of atmospheric pollution generated by diesel powered vehicles, by means of the quantification and evaluation of their polluting capacity. The equipment that was used herein was a digital particle counter set to measure the number of particles per cubic meter (HIAC ROYCO 245 A). The paper was focused in the parameter of breathable particulate material.

The research was performed outdoors so the particulate material concentrations which are released into the air by a diesel powered motor (dark smoke) and which can be inhaled by humans could be investigated . These same particles may also affect the environment as a whole.

The methodology for the data collection and analysis is presented in the same way it is done by the particle counter. Comparisons were performed between the presented approach and the current methodology of the Ringelmann Scale. The results obtained point out the need of a new evaluation of the present methodology used for dark smoke analysis.

SUMÁRIO

<u>DEDICATÓRIA</u>	<u>3</u>
<u>AGRADECIMENTOS</u>	<u>4</u>
<u>RESUMO</u>	<u>6</u>
<u>ABSTRACT</u>	<u>7</u>
<u>INTRODUÇÃO GERAL</u>	<u>10</u>
<u>CAPÍTULO 1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</u>	<u>12</u>
1.1 POLUENTES ATMOSFÉRICOS	12
1.2 CONSEQÜÊNCIAS DA POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA NO MEIO AMBIENTE	18
1.3 CONSEQÜÊNCIAS DA POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA PARA A SAÚDE HUMANA	22
1.4 MOTOR DIESEL	25
1.4.1 O Motor Diesel e seu funcionamento	25
1.4.2 As emissões atmosféricas do motor Diesel	27
1.5 ESCALA DE RINGELMANN	29
1.5.1 Escala de Ringelmann Reduzida	31
1.5.2 O uso da Escala de Ringelmann.	31
1.6 CONTADOR DE PARTÍCULAS	33
1.6.1 A eletrônica do HIAC/ROYCO 245 A	33
1.6.2 Isodiluidor	35
<u>CAPITULO 2 METODOLOGIA</u>	<u>37</u>
2.1 OS ENSAIOS EM CAMPO	37
2.2 PROCEDIMENTO PARA A COLETA DE DADOS	38
2.3 ROTINA DO EXPERIMENTO	44
2.4 TRATAMENTO DOS DADOS OBTIDOS EM CAMPO	45
2.4.1. Conversão de número de partículas por metro cúbico para $\mu\text{g}/\text{m}^3$	45
<u>CAPITULO 3 RESULTADOS DOS ENSAIOS DE CAMPO</u>	<u>48</u>
<u>CAPITULO 4 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES</u>	<u>67</u>
<u>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</u>	<u>69</u>
<u>Anexos</u>	<u>72</u>
Anexo 1	
PORTARIA N.º 100 de 14 DE JULHO DE 1980	73

Anexo 2	
RESOLUÇÃO/CONAMA/N.º 003 de 28 de junho de 1990	75
Anexo 3	
NBR 6016 MARÇO /83	82
Anexo 4	
NBR 5478 FEVEREIRO DE 1995	84
Anexo 5	
MANUAL DO CONTADOR DE PARTÍCULAS HIAC/ROYCO	87

INTRODUÇÃO GERAL

Dos problemas ambientais, um dos menos considerados e estudados no Brasil, são os relativos à poluição do ar.

A maioria das empresas se preocupa em instalar filtros em suas chaminés, para que assim suas emissões estejam dentro dos parâmetros exigidos pela legislação ambiental em vigor. Na maioria dos casos esta emissão é um indicativo de desperdício na produção e ou mau uso da matriz energética.

O mesmo ocorre em relação aos veículos movidos a Diesel. Eles transportam, no Brasil, aproximadamente 90% dos bens de consumo, porém, somente 15% da energia consumida é aproveitada para realização de trabalho. Enquanto que, os 85% de energia restante, servem apenas para o aquecimento da atmosfera (Bright,1991).

O veículo movido a Diesel, polui bem menos do que os movidos a gasolina (Benn e Macauliffe 1981), porém quando está com o motor desregulado, lança para a atmosfera a chamada “fumaça preta”, material particulado com Diesel residual, que quando ultrapassa o parâmetro 2 da Escala de Ringelmann está em desacordo com a legislação ambiental vigente, ou seja, com a Portaria CONAMA nº 100, de 14 de julho de 1980 (Anexo 1).

O uso da Escala de Ringelmann também é adotado pelo Código Nacional de Trânsito (CNT), sendo que, para a fiscalização ambiental este enquadramento no CNT facilita bastante a aplicação e a posterior cobrança da multa. Mas, com o uso da Escala de Ringelmann, não se sabe a quantidade de material particulado que está sendo lançado para a atmosfera.

As vantagens do uso da Escala de Ringelmann são, a sua simplicidade de operação e rapidez na avaliação do teor de fuligem.

Porém, as desvantagens do seu uso são muitas, como não poder ser usada à noite, e a necessidade de treinamento do observador, sendo por isto o seu resultado bastante subjetivo (NBR 5478, 1985) (Anexo 4).

Neste trabalho, a partir da utilização de um equipamento contador de partículas, procura-se quantificar granulometricamente o material particulado originado na fumaça preta, comparando-o aos parâmetros obtidos através da leitura pela Escala de Ringelmann.

Deste modo, pretende-se desenvolver uma metodologia mais exata para avaliação da capacidade poluidora de um veículo diesel, do que aquele que utiliza as diversas graduações da Escala de Ringelmann.

Outros assuntos correlatos serão abordados neste trabalho, tais como os componentes básicos da atmosfera, os poluentes mais importantes em termos de alteração de qualidade de vida nas grandes cidades, bem como, os processos que os resultam. Noções básicas de funcionamento de motores de combustão interna movidos a Diesel serão apresentados.

O uso da Escala de Ringelmann também será abordado, assim como sua regulamentação. O uso do aparelho contador de partículas e seu funcionamento serão detalhados.

Finalmente serão avaliados os dados resultantes das leituras da emissão de material particulado de um motor diesel 4 cilindros .

CAPÍTULO 1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo, num primeiro momento, serão abordados assuntos básicos para a discussão aqui levantada, tais como os componentes da atmosfera; os poluentes mais importantes; os processos que os resultam; e os principais efeitos da poluição para a saúde humana e meio ambiente.

Num segundo momento será visto o funcionamento de um motor diesel, de forma bastante sucinta. Após, abordaremos a concepção e uso da Escala de Ringelmann.

Finalmente, também são abordados neste capítulo a eletrônica do contador de partículas Hiac-Royco modelo 245 A. Será discutido, também, a necessidade do uso do acessório isodiluidor.

1.1 POLUENTES ATMOSFÉRICOS

Com a emissão dos poluentes na atmosfera tem-se o início da poluição e estes poluentes são chamados de primários. Eles podem ser originados por fatores naturais, como erupções de vulcões e efeitos dos ventos sobre o solo e por ação antrópica, como as atividades industriais e os veículos automotores.

Os poluentes são levados de um lugar para o outro pela ação dos ventos. Durante este processo pode haver a combinação de dois ou mais poluentes, resultantes de reações químicas ou fotoquímicas, que dão origem aos chamados poluentes secundários. Este transporte também favorece a dispersão do poluente. São as condições meteorológicas e topográficas que vão ajudar ou inibir a dispersão do poluente.

A composição normal, em volume, do ar que recobre a terra é apresentada na tabela 1.1.

Tabela 1.1 - Composição de gases da atmosfera (Braille,1988).

Gases	Composição em volume
nitrogênio	78,00%
oxigênio	20,95%
argônio	0,93%
gás carbônico	0,03%
outros	0,09%

Esta composição é alterada continuamente pelos poluentes atmosféricos, que são quaisquer formas de matéria ou energia em intensidade, quantidade, concentração, duração ou características, em desacordo com níveis legais estabelecidos, e que tornem ou possam tornar o ar (CONAMA 03,1990, anexo 2).

- Impróprio ou nocivo a saúde;
- Inconveniente ao bem estar público;
- Danoso aos materiais, à fauna e flora;
- Prejudicial à segurança, ao gozo da propriedade e às atividades normais da comunidade.

O uso de veículos automotores para o transporte urbano contribui, e muito, para a diminuição da qualidade do ar nos centros urbanos. Na combustão, principalmente do óleo Diesel, gasolina e álcool, são lançados contaminantes atmosféricos, que alteram a composição normal do ar. São eles:

a) Hidrocarbonetos (HC):

São gases ou vapores irritantes para os olhos, pele, nariz e para todo o trato do aparelho respiratório superior. Os hidrocarbonetos são compostos orgânicos constituídos, essencialmente, por cadeias de átomos de carbono e hidrogênio. Diversos hidrocarbonetos são considerados carcinogênicos e mutagênicos. Eles contribuem para diminuição da visibilidade

no ambiente, ou seja contribuem para a formação do “smog” fotoquímico e sua área de abrangência pode ser de centenas de quilômetros. Eles são resultantes da evaporação e da queima incompleta de combustíveis (Benn e Macauliffe,1981).

Aldeídos (R-CHO)

Resultam também da queima incompleta de combustíveis, principalmente do álcool e do diesel. Também participam da formação do “smog” fotoquímico. Eles irritam nariz, olhos e garganta (Walsh e Moore,1988).

A partir de 1990, com a adição de 22% de etanol anidro (Gasool) na gasolina, houve uma redução de 20% da emissão global de carbono e hidrocarbonetos no Brasil, além da redução dos níveis de chumbo e enxofre (PETROBRÁS 1999).

b) Monóxido de Carbono (CO)

É um gás resultante da queima incompleta dos combustíveis, não possuindo cor ou cheiro. Sua área de abrangência é local, bem perto de onde foi emitido. No caso de sua inalação, ele se combina com a hemoglobina do sangue, causando a diminuição da capacidade de oxigenação do cérebro, coração e outros tecidos, podendo provocar também tonturas, sono, dores de cabeça e a morte (Gralla,1988).

c) Óxidos de Nitrogênio (NO_x)

É a denominação geral para o óxido nítrico, dióxido de nitrogênio e seus compostos. Sendo uma substância de alta reatividade, o óxido nítrico logo se converte em dióxido de nitrogênio, que tem como características, cor marrom avermelhada e odor típico. O dióxido de nitrogênio absorve energia na forma de luz solar (Gralla, 1998). Na presença de compostos orgânicos voláteis, o NO₂ induz a formação do ozônio (O₃). Em contato com a umidade do ar o dióxido de nitrogênio se transforma em ácido nítrico, que provoca irritação nas vias respiratórias, diminuindo a resistência dos organismos às infecções. Ele reduz a visibilidade no ambiente, e contribui para a formação do “smog” fotoquímico (Szwarc,1988).

d) Óxidos de Enxofre (SO_x)

É a denominação geral dada aos compostos de enxofre tais como o SO₂ e SO₃. O dióxido de enxofre (SO₂) é incolor e de odor irritante. Ele é resultado da queima de combustíveis que contenham enxofre. A única maneira de diminuirmos, na prática, a quantidade de emissão do SO₂ pelos veículos é com a dessulfurização ou mudança dos combustíveis. O enxofre, além de ser prejudicial para o meio ambiente, é prejudicial para a durabilidade do motor dos veículos diesel. Como consequência, aumenta ainda mais a emissão de poluentes, principalmente de material particulado (fumaça preta).

O dióxido de enxofre prejudica o sistema nervoso e é um dos componentes da chuva ácida (Gralla, 1998).

Sendo os óxidos de enxofre de fácil absorção pelas mucosas respiratórias das vias aéreas superiores estes podem causar, principalmente, tosse, falta de ar, bronquites crônicas e enfisema pulmonar (Szwarc,1988).

e) Material Particulado (MP)

É todo tipo de material sólido ou líquido que, devido ao seu tamanho, se mantém suspenso na atmosfera. Ele é constituído por uma grande variedade de componentes, tais como, poeiras, fumaças, fumaça preta e fuligens. Com a queima incompleta dos combustíveis, aditivos, desgaste de pneus e de freios tem-se uma grande quantidade de material particulado sendo lançada na atmosfera. Estes podem servir de transporte para metais, hidrocarbonetos e outras substâncias. Vale ressaltar que a fumaça preta é emitida, principalmente, por veículos a diesel.

Algumas consequências em relação à saúde podem ser provocadas principalmente se o MP estiver na ordem de tamanho de 0,5µm a 10µm, pois nesta granulometria ele pode ser retido pelos alvéolos pulmonares, causando alergias, bronquites e asma (Szwarc,1988).

Pode-se dizer que a abrangência do MP tem sua ocorrência em nível local, regional e até mesmo continental. Pode ainda haver a ressuspensão do MP pela ação dos ventos e pela passagem dos veículos (Alonso,1996).

Os veículos Diesel, em conjunto com os veículos leves, são responsáveis por 40% do material particulado emitido na atmosfera. A indústria é responsável por 10% e o restante do material particulado provém de ressuspensão e de poluentes secundários e pela combinação química de gases (Cerqueira,1999).

O diesel também vem passando por uma redução gradual do teor de enxofre, sendo a taxa regulada pelo governo federal de 0,2% nas regiões metropolitanas. O elevado teor de enxofre além de contribuir para formação da chuva ácida, que será explicada posteriormente, também contribui para a emissão de particulados (Cerqueira, 2000).

O Diesel comum, comercializado no Brasil, possui um teor de enxofre na ordem de 0,50%, enquanto que, o Diesel Metropolitano disponível nas regiões metropolitanas de Belo Horizonte, Porto Alegre, Curitiba, Santos, Salvador, Cubatão, Aracaju, Rio de Janeiro, Recife e Fortaleza, desde 1º de janeiro de 1998, possui um teor máximo de enxofre na ordem de 0,2%. Com esta grande redução no teor de enxofre nestas regiões metropolitanas , a quantidade de material particulado também tende a diminuir, e permitir uma maior durabilidade dos motores (PETROBRÁS, 1999).

Fumaça preta

A fumaça preta é uma névoa de óleo Diesel resultante da condensação na atmosfera do óleo não queimado nos motores. As partículas componentes da fumaça preta podem servir de transporte para materiais tóxicos como metais pesados para dentro dos pulmões (Gralla, 1998).

Ela é constituída por partículas com diâmetro na ordem de 1 μm (um micron), ou seja, são consideradas partículas inaláveis, podendo atingir os alvéolos pulmonares (Master,1989).

As conseqüências futuras da inalação continuada da fumaça preta seriam a diminuição da capacidade pulmonar e o desenvolvimento de câncer de pulmão.

f) Chumbo (Pb)

O chumbo foi muito utilizado como aditivo da gasolina e, pode penetrar nas regiões mais profundas do pulmão e ser absorvidos para a corrente sanguínea podendo se depositar nos rins, fígado e tecidos ósseos. O chumbo pode provocar uma intoxicação que tem como característica a anemia (Walsh e Moore,1988).

g) Oxidantes fotoquímicos (Ozônio-O₃)

O ozônio é formado na presença do calor e da luz do sol. As concentrações de ozônio mais altas estão presentes, geralmente, durante os dias quentes e claros de verão. Quando o ozônio está na estratosfera, ele protege a crosta terrestre das radiações ultravioletas prejudiciais do sol. Mas quando está perto da terra, em conjunto com a fumaça, o ozônio penetra o tecido humano e ataca o sistema respiratório (Gralla, 1998).

O ozônio pode também provocar irritação dos olhos, da garganta e do nariz, dor de cabeça, fadiga, náuseas, agravamento de doenças respiratória e cardiovasculares. Os níveis de ação dos oxidantes podem ser regionais e continental (Walsh e Moore, 1988).

h) Dióxido de Carbono (CO₂)

Com sua ação em nível global ele atua como participante do efeito estufa e é resultado da queima de combustíveis e de processos biológicos (Walsh e Moore,1988).

1.2 CONSEQÜÊNCIAS DA POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA NO MEIO AMBIENTE

A poluição do ar provocada pelos automóveis afeta diretamente a saúde da população, principalmente aquela que vive nos centros urbanos. Como foi citado anteriormente, a maioria dos poluentes afeta as vias respiratórias, atingindo principalmente as crianças e as pessoas idosas.

As áreas de plantações e criações de animais que margeiam as rodovias também sofrem com a poluição causada pelos veículos automotores. Os gases e os outros contaminantes do ar podem envenenar as plantações e colocar em risco o aparelho respiratório dos animais de criação, podendo, diminuir a produtividade.

Embora os seres humanos tenham contribuído para a poluição do planeta da mesma forma que os outros animais, somente nos últimos 150 anos é que a geração de poluentes através de fábricas, usinas, automóveis, aviões e outras fontes, pela humanidade, depositando dezenas de milhões de toneladas de dióxidos de carbono, metano, enxofre e vapor d'água na atmosfera, têm causado desequilíbrios atmosféricos (Demillo, 1998).

Os seguintes desequilíbrios atmosféricos tem ocorrido:

- Alteração do Efeito Estufa

É o fenômeno do provável aumento da temperatura média da atmosfera terrestre, numa escala global, decorrente do acréscimo das concentrações atmosféricas de gases com característica de serem fortes absorventes de energia, na faixa de radiação infravermelha de ondas longas, e fracos absorvedores, da radiação de ondas curtas. Em geral o termo é associado à presença de dióxido de carbono, metano e outros gases minoritários .

Como consequência poderá haver o derretimento das calotas polares, aumento do nível do mar, inundação das cidades costeiras e contaminação com sal da água das zonas próximas das

costas. Poderá haver desequilíbrios climáticos, fome em massa, e também ocorrer aumento da frequência de furacões, devido ao aquecimento dos oceanos tropicais (Gralla,1998).

- Destruição da camada de ozônio

A camada de ozônio é de suma importância para o equilíbrio ecológico da Terra. Esta camada se situa na estratosfera, na faixa dos 10 à 45 mil metros de altitude. Presume-se que devido as atividades antrópicas, principalmente pela emissão de clorofluorcarbonos (CFC) esta camada esteja diminuindo, o que trará como conseqüências uma maior incidência de radiações ultra violeta (UV) para a superfície terrestre. Com o aumento desta radiação as incidências de câncer de pele e queimaduras solares também tendem a aumentar, além de problemas de visão, como a catarata, e do sistema imunológico levando a mais casos de doenças infecciosas.

Os seres humanos não são as únicas vítimas da depauperação da camada de ozônio. As plantas e animais também são prejudicados e o plancton dos oceanos poderá morrer, afetando toda a cadeia alimentar dos oceanos (Gralla,1998).

- Chuva ácida

A acidez da chuva provoca uma ação corrosiva sobre os materiais, trazendo prejuízos às cidades e ao meio ambiente. Ela é resultante da presença de ácido sulfúrico, nítrico, e outros, na atmosfera, resultantes da queima de combustíveis fósseis. Tem-se como exemplo bem brasileiro do problema, as proximidades do complexo industrial da cidade de Cubatão, no estado de São Paulo, onde se verificou um acentuado processo de morte da vegetação da Serra do Mar (Mello 1998).

Com a liberação para a atmosfera do SO_2 e NO_x e estes em contato com a água contida na atmosfera dá-se origem às chuvas ácidas.

Quando os lagos tornam-se ácidos, os peixes e os anfíbios tem sua reprodução prejudicada. As larvas e os alevinos são mortos, reduzindo ainda mais a população de peixes destruindo-se a cadeia alimentar (Gralla, 1998).

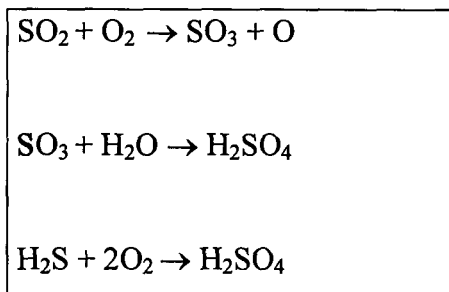
- “Smog” - Fotoquímico

Grande parte dos poluentes atmosféricos na Europa antes da década de 50, era consequência do uso do carvão mineral como matriz energética. Estes poluentes, em combinação com o nevoeiro, típico da cidade de Londres, por exemplo, passaram a produzir o que é chamado de “smog” londrino (termo do inglês que é derivado das palavras smoke - fumaça e fog - nevoeiro). O “smog”, em alta concentração, chega a ser altamente tóxico tanto para os seres humanos como ao meio ambiente, de uma forma geral. Com a redução do uso do carvão estes episódios não estão mais acontecendo atualmente. Hoje temos conhecimento de dois diferentes tipos de smog, sendo eles:

1. O “smog” londrino (possui características redutoras).

O “smog” londrino, que possui características redutoras, forma-se em um meio onde a atmosfera está contaminada com SO₂, CO e fuligem. Após várias reações que ocorrem na atmosfera, as moléculas de SO₂ se oxidam a SO₃, que por sua vez reagem com a água da neblina e forma-se o ácido sulfúrico. Assim temos um simples nevoeiro transformado em um aerossol de ácido sulfúrico, como ilustra as reações da Tabela 1.2.

Tabela 1.2- Reações que resultam no “smog” londrino:

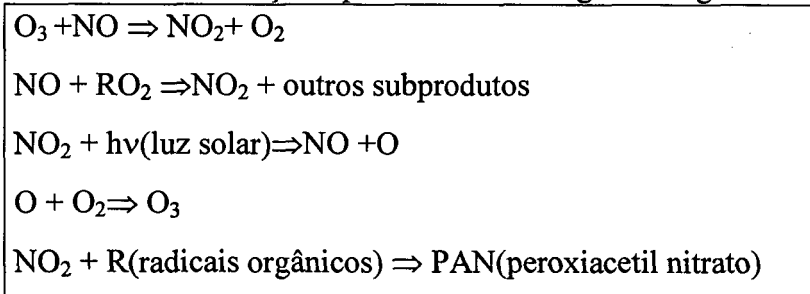


Em dezembro de 1952, um smog vitimou cerca de 4.000 pessoas a mais do que o esperado, no período de uma semana, na cidade de Londres, na Inglaterra. O que agravou ainda mais este episódio, além das condições atmosféricas reinantes, foi o fato de que alguns materiais particulados continham óxidos de metais que catalisaram o dióxido de enxofre transformando-o em trióxido e ácido sulfúrico. Com isto surgiram condições extremamente ácidas.

2. O “smog” Los Angeles

Com características oxidantes este “smog” também chamado de fotoquímico, tem como componentes mais importantes a luz solar, dióxido de nitrogênio (NO₂) e hidrocarbonetos, e é de origem fotoquímica. Seus principais produtos são o ozônio(O₃), nitrato de peroxila (PAN) como é demonstrado na Tabela 1.3.

Tabela 1.3- Reações que formam o smog Los Angeles



As conseqüências ambientais são externamente graves: diminuição da visibilidade; ressecamento das folhas e descoloração da superfície das mesmas, diminuindo a taxa de fotossíntese dos vegetais. Cuidados especiais devem ser tomados quanto a saúde da população, pois o “smog” pode atacar os tecidos do trato respiratório, dando origem à bronquite crônica e enfisema pulmonar, além de irritação dos olhos (Senai, 1999).

Para que estes problemas não se agravem cada vez mais, principalmente nos grandes centros metropolitanos, convém adaptar os chamados conversores catalíticos nos motores, pois estes transformam uma boa quantidade dos gases nocivos que são lançados no ar em substâncias inócuas. Porém, eles só funcionam com combustíveis que não contenham chumbo, o que acaba implicando numa menor quantidade deste metal no ar. Mas, eles não reduzem a quantidade de dióxido de carbono produzida pelos motores.

1.3 CONSEQÜÊNCIAS DA POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA PARA A SAÚDE HUMANA

Em centros urbanos, como São Paulo, a qualidade de vida está bastante comprometida devido, principalmente, à poluição atmosférica.

A Secretaria de Saúde de São Paulo, em conjunto com a CETESB, fez estudos de correlação entre a poluição atmosférica e a saúde. Segundo dados do Centro de Vigilância Epidemiológica, 10% das internações por doenças respiratórias na região metropolitana de São Paulo e 9% das mortes de pessoas com mais de 64 anos estão associadas a poluentes atmosféricos (Cerqueira, 2000).

Pesquisadores da USP estão analisando amostras de vegetais coletadas em centros críticos de tráfego de veículos e em áreas residenciais. Os resultados são alarmantes, pois, verificou-se até alterações no DNA destes vegetais, em função da sua exposição aos gases poluentes. Além destes estudos também foi verificada a incidência maior de entradas em pronto-socorro e hospitais nos dias em que a qualidade do ar da região onde ocorreu a internação foi considerada inadequada (Cerqueira, 1999).

Os efeitos da concentração de gases, a longo prazo, ainda não são totalmente conhecidos, constituindo uma das maiores ameaças à sociedade moderna. Os seres humanos podem responder biologicamente aos contaminantes atmosféricos das seguintes formas:

- Fixação dos contaminantes nos tecidos;
- Trocas fisiológicas de significância incerta;
- Trocas biológicas bem definidas;
- Morbidade;
- Mortalidade.

A via principal de entrada dos contaminantes atmosféricos dá-se através das vias respiratórias. Os efeitos sobre a saúde vão depender:

- Do tempo de exposição;
- Da concentração – que determina os efeitos agudos e crônicos à saúde. Vai depender das máximas concentrações permissíveis a diferentes tempo de exposição,
- Do metabolismo do contaminante no ser humano: resistência do organismo, fatores nutricionais e outros (Senai,1999).

De acordo com o seu efeito fisiológico, os contaminantes podem ser classificados como:

- irritantes: quando atacam principalmente as mucosas, sendo a sua concentração mais importante do que o tempo de exposição;
- asfixiantes:
 1. Simples: reduzem a concentração de oxigênio disponível no ar (CO₂, N₂, etano, metano);
 2. Químicos: interferem no intercâmbio e transporte de oxigênio no sangue (CO, cianetos de hidrogênio)
- anestésicos e narcóticos: são os hidrocarbonetos acetilénicos, olefinas e álcoois;
- tóxicos e venenosos sistêmicos: atacam o sistema nervoso, provocando lesões orgânicas e viscerais. São os chamados metais tóxicos como chumbo, mercúrio, cádmio, berílio e compostos inorgânicos não metálicos como arsênio, fósforo e selênio.

Metais, em forma de partícula, podem provocar diversas doenças como:

- a) Fibrose pulmonar, causada pelo pó de silício e asbestos;
- b) Rigidez pulmonar, causada por pós inertes de carbono e cimento;
- c) Alergias que podem ser causadas por pólen, pó de madeira e resinas.

Como conseqüências da poluição emitida pelo veículos automotores tem-se: irritação dos olhos, nariz, garganta, pulmão e fortes dores de cabeça. A fumaça negra é uma névoa de óleo diesel resultante da condensação, na atmosfera, do óleo não queimado nos motores. Ela é

constituída por partículas com diâmetros na ordem de 1 μm (1 micron), ou seja, são consideradas partículas inaláveis, podendo atingir o pulmão e danificar os alvéolos pulmonares. Um veículo regulado corretamente emite menos poluentes para o meio ambiente.

As consequências futuras da inalação continuada da fumaça preta podem ser a diminuição da capacidade pulmonar e o desenvolvimento de câncer de pulmão.

Apesar das partículas em suspensão no ar terem formatos irregulares, seu tamanho pode ser descrito por intermédio de seu “diâmetro aerodinâmico”. O diâmetro aerodinâmico é determinado por comparação com esferas perfeitas com a mesma velocidade de sedimentação (Masters, 1989).

As partículas de maior interesse tem diâmetros aerodinâmicos na faixa de 0,1 a 10 μm (da ordem do tamanho de uma bactéria). A capacidade do sistema respiratório humano defender-se do material particulado em suspensão é determinada pelo tamanho das partículas. Partículas maiores de 10 μm são efetivamente removidas nos sistemas de defesa do aparelho respiratório superior. Partículas menores, entretanto, podem chegar aos pulmões, mas dependendo do seu tamanho elas podem ou não depositar-se neles. Algumas partículas são tão pequenas que elas seguem as linhas de corrente do fluxo de ar chegando aos pulmões, mas sendo reexaladas (Masters, 1989).

Em geral, partículas entre 0,5 μm e 10 μm podem alcançar os pulmões e ficarem ali depositadas ou fixadas. Este mecanismo é mais efetivo para partículas entre 2 e 4 μm (Masters, 1989).

Segundo a American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, (Masters, 1989), partículas respiráveis são aquelas que penetram nos pulmões e se depositam na porção não ciliar (nonciliated portion) dos mesmos. Partículas com diâmetros aerodinâmicos maiores do que 10 μm não seriam inaláveis. Partículas entre 0,2 e 5 μm podem ser retidas nos pulmões, danificando-os.

1.4 MOTOR DIESEL

1.4.1 O Motor Diesel e seu funcionamento

O motor Diesel, figura 1.1, desenvolvido por Rudolphe Diesel, é o motor térmico que possui maior rendimento energético. Este motor é derivado do ciclo quatro tempos criado por Rudolphe Diesel, que posteriormente foi seguido por numerosos construtores. Hoje em dia o motor Diesel tornou-se substantivo de motor movido a petróleo bruto (Adam, 1978).

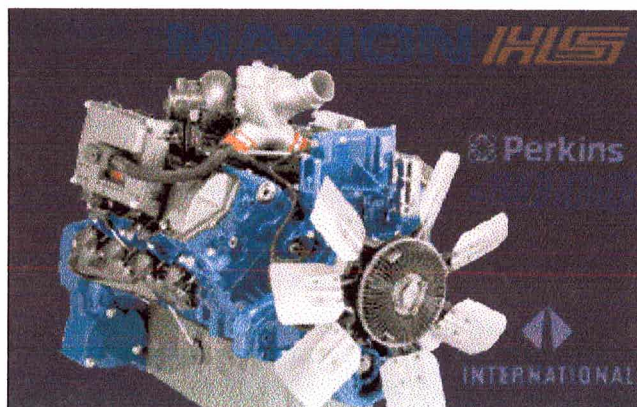


Figura 1.1 - Motor Diesel

O motor Diesel funciona através de quatro processos, o que corresponde a 4 cursos do pistão, por 2 voltas do virabrequim. No primeiro processo, que é o curso descendente, acontece a admissão de ar puro. No segundo processo, que é o curso ascendente, acontece a compressão do ar puro, no terceiro processo, que é o segundo curso descendente, onde ocorre a injeção do combustível, combustão e expansão. No quarto processo, que é o segundo curso ascendente, ocorre o escapamento ou descarga dos gases queimados (Adam, 1978).

A função do sistema de injeção é dosar, distribuir e atomizar o combustível na câmara de combustão do ar. O combustível entra e começa a queimar ao entrar em contato com o ar fortemente aquecido pela compressão (Adam, 1978).

A temperatura do ar carburado em um motor Diesel é de aproximadamente 700 °C para o ar puro comprimido (Adam, 1978).

O funcionamento do motor Diesel depende de uma alimentação bem dosada de combustível em momento exato e em intervalo de tempo bastante curto no fim da compressão no cilindro. Quem assegura a pressão de injeção e as características da pulverização em tempos e quantidades necessárias, além da pressão suficiente para garantir o funcionamento do motor é o sistema de injeção, formado pela bomba de injeção, bicos injetores e reguladores.

É no banco de ensaios que são permitidas as operações de regulagem e sincronização das vazões dos elementos da bomba, sincronização das injeções, enquadramento do regulador (pneumático, hidráulico e mecânico), verificação do desenvolvimento dos avanços automáticos, e determinação do ponto de injeção do primeiro cilindro (Adam,1978).

A finalidade da regulagem de uma bomba de injeção é semelhante à regulagem do distribuidor dos motores a gasolina (Adam,1978).

As bombas injetoras são protegidas por um filtro (Figura 1.2), que também possuem a função de proteger os próprios injetores. Os filtros devem ser fortes e simples, além de ocuparem pouco espaço e ao mesmo tempo possuir uma grande superfície de filtragem, para além de filtrar, também fazer a retenção da água emulsionada no combustível.



Figura 1.2 – Filtro

Os combustíveis tem uma grande responsabilidade no funcionamento, durabilidade, e vida útil dos motores, portanto a qualidade dos mesmos deve ser observada. As duas características do óleo Diesel de maior importância são: poder calorífico e densidade.

- Poder calorífico – caracteriza a energia contida em estado potencial e suscetível de se transformar em força motriz. É a quantidade de energia obtida em caso de combustão completa (Ueno,1979);
- Densidade – relação entre a massa e o volume de um corpo (Aurélio, 1986).

As molas do regulador, nas acelerações bruscas, são comprimidas repentinamente, com isto há um deslocamento rápido do registro para a posição de sobrecarga. Com as pressões das molas pode ocorrer o deslocamento para a posição de sobrecarga, resultando em uma vazão excessiva e causando fumaça. Para resolver esta anomalia, é colocada uma luva de empuxo, eliminando assim, os deslocamentos rápidos do registro para a sobrecarga. Este sistema é chamado de Limitador de fumaça na aceleração (Adam,1978).

1.4.2 As emissões atmosféricas do motor Diesel

O motor Diesel desregulado pode emitir a chamada Fumaça Preta, que é resultado de uma combustão incompleta, além de outros poluentes. O processo de combustão (queima) de óleo Diesel emite à atmosfera gases poluentes tais como monóxido de carbono, hidrocarbonetos, enxofre, entre outros.

A Fumaça Preta é um aerossol formado por gotas de óleo Diesel que se condensaram na saída da câmara de combustão de um motor Diesel. Trata-se, na verdade, do óleo vaporizado e não queimado no momento da explosão.

Os motores Diesel, se bem regulados, apresentam menores problemas de poluição do que os movidos a gasolina. Mas, no dia-a-dia, estes são operados com sobrecarga. Para compensar este fato, são desregulados, ou seja, aumenta-se a relação entre combustível e ar. Desde que a potência máxima seja limitada a um determinado valor, as emissões de fumaça podem ser mantidas dentro da escala de Ringelmann 0 e 1. A emissão de um motor Diesel bem regulado é de apenas um décimo do monóxido de carbono do que os movidos a gasolina e um pouco menos de hidrocarbonetos (Benn e Macauliffe, 1981).

O lacre aberto ou veículo desregulado aumenta a potência do motor, assim como também aumenta o consumo de combustível e o desgaste do motor, causando excesso de fumaça preta. Um veículo regulado corretamente emite menos poluentes para o meio ambiente.

Os emissão dos gases motores Diesel é muito importante devido as partículas emitidas serem muito pequenas, com diâmetros na ordem de $1 \mu\text{m}$ (1 microm), ou seja, são consideradas partículas inaláveis, podendo atingir o pulmão e danificar os alvéolos pulmonares. Por esta mesma razão permanecem durante um longo tempo em suspensão no ar. Estes particulados estão recheadas com compostos de carbono, metais, enxofre e hidrocarbonetos policíclicos aromáticos, que segundo algumas pesquisas, podem causar câncer e sérias mutações (Szwarc,1988). Como conseqüências temos irritação dos olhos, nariz, garganta, pulmão e forte dores de cabeça..

O mau estado dos bicos injetores (Figura 1.3) é o responsável pelo aumento da emissão de poluentes.

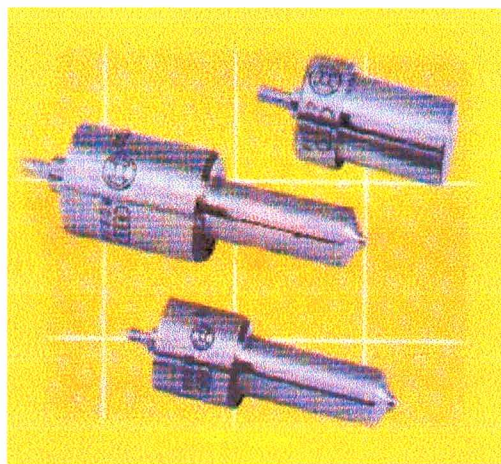


Figura 1.3 -Bico injetor

A utilização de bicos injetores reconicionados representa um dos mais sérios riscos ao sistema de injeção Diesel como um todo. Na verdade, o que se denomina "recondicionamento" limita-se à remoção de depósito de carvão, no interior do bico, à retífica no cone da agulha e no assento do corpo do bico, alterando as características originais.

Os furos do bico injetor são responsáveis pela distribuição do combustível na câmara de combustão do motor, de maneira uniforme. Com o tempo estes furos sofrem desgaste e sua recuperação é impossível. A princípio, pode-se não perceber a diferença em relação a um bico novo. Mas os problemas não tardam a aparecer gerando um aumento do fluxo e vazamento de combustível, com queda de performance do motor, vida útil reduzida e maior emissão de poluentes (Braile, 1988).

Os bicos injetores são produzidos com a mais alta tecnologia. A precisão dos furos de injeção garante uma pulverização exata do combustível, proporcionando menor emissão de fumaça e máxima potência. Só os bicos originais são dimensionados conforme especificação dos fabricantes de motores, para assegurar o perfeito funcionamento do sistema Diesel (Baumbach, 1996).

1.5 ESCALA DE RINGELMANN

A Escala de Ringelmann foi um dos primeiros métodos para avaliação de fumaça. Ela foi elaborada em 1898. Para uniformização das avaliações dos efluentes gasosos nos EUA, a EPA (Environmental Protection Agency), em 1971, promulgou-a como Método 9. Este método foi posteriormente aperfeiçoado, com a utilização de medidores analíticos de opacidade (Transmissômetros), chamado de Método 9, Alternativa 1. Com estes medidores pode-se fazer o monitoramento contínuo de fontes estacionárias, o que não é o caso dos escapamento de veículos (Möcker e Bartholomae, 1989).

A Escala de Ringelmann é apenas um método de referência colorimétrico, onde o nível de poluição é encontrado por contraste visual com um padrão. O uso deste método é normatizado na legislação ambiental brasileira. A Escala de Ringelmann é comumente utilizada para avaliação em campo, conforme a NBR 6016 (anexo 3) e Portaria n. ° 100 de 14 de julho de 1980 (anexo 1).

A poluição atmosférica é considerada uma infração grave e passível de multa no valor de 120 UFIR's de acordo com o artigo 258 do Código Nacional de Trânsito (Portão, 1999).

A Escala de Ringelmann Reduzida (Figura 1.4) é usada para a avaliação colorimétrica de densidade de fumaça. Ela é constituída de 6 padrões com variações de tonalidades uniformes entre o branco e o preto.

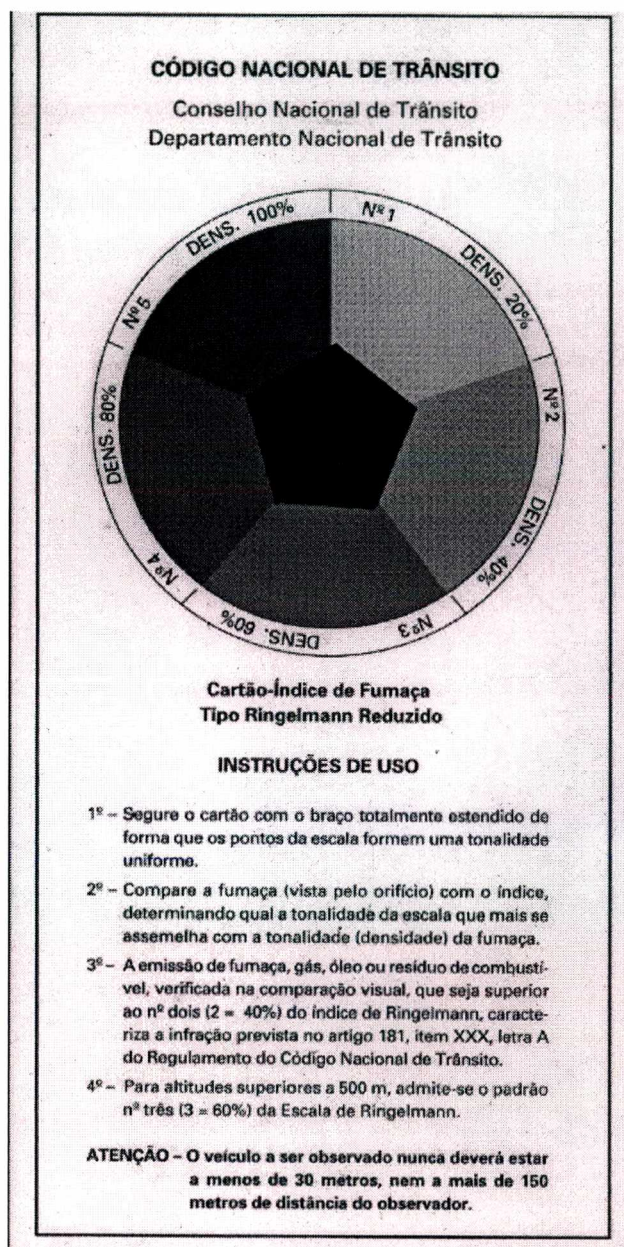


Figura 1.4 – Escala de Ringelmann Reduzida

O Padrão nº 0 tem como definição de cor a inteiramente branca. O Padrão nº 1 tem por definição de cor um reticulado com linhas pretas de 1mm de espessura, deixando como intervalos, quadrados com 9 mm de lado. O Padrão nº 2 tem por definição de cor com um reticulado com linhas pretas de 2,3 mm de espessura, deixando, como intervalos, quadrados brancos com 7,7 mm de lado. O Padrão nº 3 possui por definição de cor um reticulado com

linhas pretas de 3,7 mm de espessura, deixando, como intervalos, quadrados com 6,3 mm de lado. Já o Padrão nº 4 apresenta um reticulado com linhas pretas de 5,5 mm de espessura, deixando, como intervalos, quadrados brancos com 4,5 mm de lado. Finalmente o Padrão nº 5 tem por definição de cor a inteiramente preta (NBR 8969/1985).

1.5.1 Escala de Ringelmann Reduzida

De acordo com a Portaria CONAMA nº 100, de 14 de julho de 1980, a emissão de fumaça por veículos movidos a óleo Diesel, em qualquer regime de trabalho, não poderá exceder ao padrão nº 2, da Escala Ringelmann .

1.5.2 O uso da Escala de Ringelmann.

O uso da Escala de Ringelmann é bastante simples, porém bastante discutível e subjetivo uma vez que, vai depender bastante da pessoa que está fazendo a leitura e da sua acuidade visual. Com toda a certeza, este método não é muito preciso, dando margem a dúvidas, por parte do observador e insatisfação pelo observado. Além disto, a Escala Ringelmann não dá com precisão a quantidade de material particulado encontrado na saída do escapamento, ou seja, da Fumaça Preta.

O uso da Escala de Ringelmann em campo é feito respeitando-se as NBR's 6016 (anexo 3), 5478 (anexo 4) e Portaria 100 de 14 de julho de 1980 (anexo1). Exemplo do seu uso pode ser visto nas figuras 1.5 e 1.6, realizadas em Blitz, pela FAEMA, na cidade de Blumenau.



Figura - 1.5 - Blitz realizada em 10/12/97, na cidade de Blumenau.



Figura - 1.6 - Blitz realizada em 10/12/97, na cidade de Blumenau

1.6 CONTADOR DE PARTÍCULAS

O contador de partículas é um aparelho utilizado principalmente em ambientes fechados, para avaliar a qualidade do ar em determinado local. Ele é indicado para a avaliação de material particulado em salas limpas. Neste trabalho ele foi utilizado em ambiente aberto e bastante perto da fonte emissora de particulados, a cerca de 3 metros de distância. Para tanto será necessário o uso do acessório chamado de “isodiluidor, que será descrito no item 1.6.2. O equipamento aqui utilizado foi o modelo 245 A da HIAC/ROYCO. As suas características podem ser vistas na Figura 1.7.

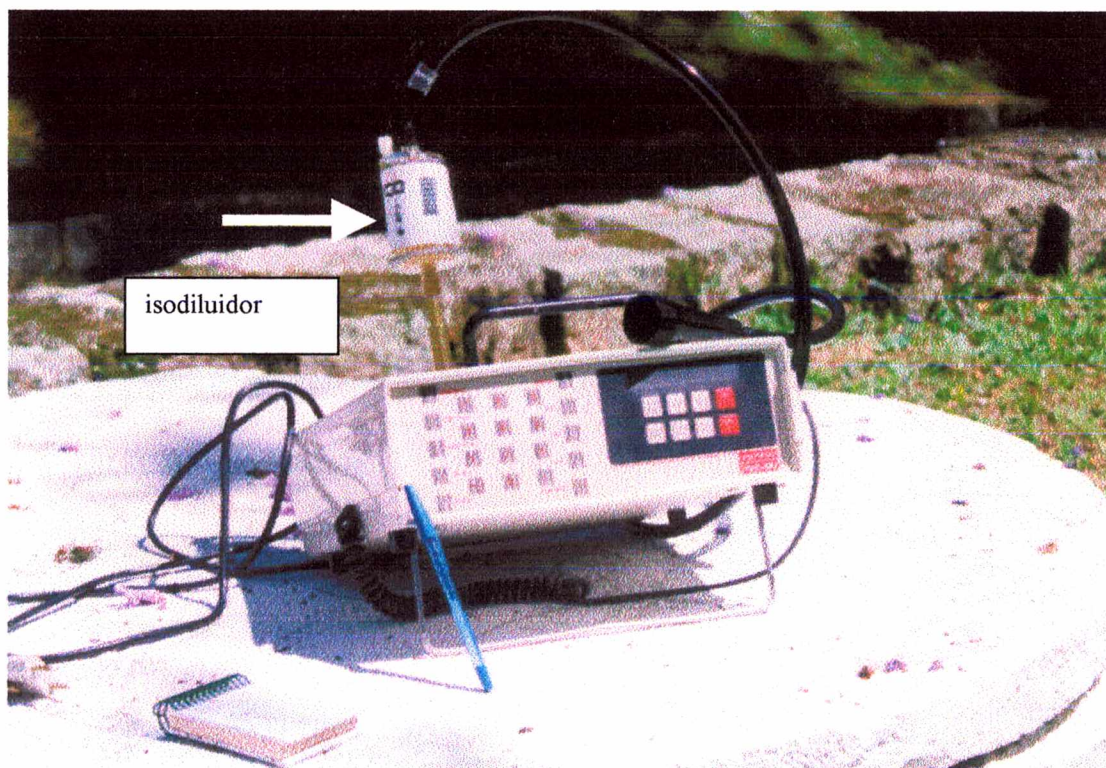


Figura 1.7 - Contador de partículas com o isodiluidor acoplado.

1.6.1 A eletrônica do HIAC/ROYCO 245 A

O contador de partículas é um aparelho eletrônico dimensionado para trabalhar à tensão de 110 V, com 48~63 Hz de frequência, ou que se esteja fazendo uso de um transformador de no mínimo 100 W de potência.

O aparelho deve estar posicionado sobre uma superfície plana, regular e distante de qualquer fonte emissora de campo eletromagnético.

A amostra de ar é captada através de uma bomba de sucção à uma taxa de fluxo de um pé cúbico por minuto (1 cfm). O ar passa por uma região central de um feixe de raio laser, emitida por um diodo laser. As partículas que se encontram neste fluxo de ar dispersam a luz a medida que elas atravessam o feixe luminoso. Esta luz é coletada e focalizada sobre um fotodetector o qual converte o sinal ótico em um sinal elétrico. A eletrônica do Contador processa o sinal elétrico para gerar impulsos que são utilizados no princípio de dimensionamento e contagem das partículas. Um microprocessador conta os impulsos em cada um dos quatro canais nas seguintes faixas granulométricas (0,5 μm – 5 μm ; 5 μm – 10 μm ; 10 μm – 25 μm ; >25 μm). Devido a isso, é possível determinar numericamente as concentrações de particulado existente no ar e estimar o seu possível destino nos diferentes ramos do trato respiratório. Além do mais pode-se acoplar uma impressora que emitirá um boletim com os dados de leitura obtidos.

O aparelho foi utilizado seguindo as instruções de seu manual original completo, em inglês (Hiac/Royco, 1991)¹. Visando a melhor utilização do aparelho em campo e em pesquisas futuras elaborou-se uma versão resumida, em português, de seu manual conforme apresentado no anexo 5.

O aparelho HIAC/ROYCO 245A foi originalmente desenvolvido para ser utilizado no controle atmosférico de processos tecnológicos em ambientes limpos, porém, através da pesquisa inovadora da Faculdade de Medicina da Universidade Charles, em Praga, Tchecoslováquia, em 1988, feita por Légath, Naus e Halik, determinou-se uma nova aplicação deste aparelho no campo de pesquisas médicas (Légath et al., 1988).

A aplicação em ambientes abertos foi viabilizada com a introdução de um acessório, chamado de isodiluidor, recomendado pelo fabricante do aparelho, procedimento este utilizado neste trabalho de dissertação.

1.6.2 Isodiluidor

O contador de partículas Hiac/Royco possui 3 tipos de isodiluidor, que são os seguintes: D5, D10 e D50.

O modelo D5 isodiluidor foi desenhado para permitir a operação do contador de partículas em mais altas concentrações, como em escritórios e ambientes externos. A concentração máxima nominal do contador de partículas, sem o D5 é de aproximadamente 4.000,00 partículas/pé cúbico.

O D5 aumenta este limite de concentração aproximadamente 5 vezes para mais ou menos 20.000,00 partículas/pé cúbico. A unidade trabalha dividindo o ar captado em duas partes, uma das quais é limpa com o filtro e a outra parte que passa direto sem ser filtrada. O efeito do D5 é de diluir a amostra de ar por um fator que é dado na folha de dados.

Os diluidores de ar modelos D10 e D50 fornecem uma diluição fixa e estável de aerossóis em aplicações ou ambientes em que a concentração de partículas de aerossóis está próxima ou além do limite de concentração do contador de partículas aerossóis. O modelo D-10 aumenta em aproximadamente 10 vezes a capacidade do contador e o modelo D-50 aumenta em aproximadamente 50 vezes a capacidade do contador de partículas

O limite de concentração do analisador de partículas é atingido quando o número de partículas por unidade de volume (partículas / pé cúbico) está além da capacidade do equipamento para analisar uma única partícula na zona de iluminação do sensor do contador de aerossóis. Normalmente, cada contador de partículas tem uma concentração máxima específica determinada pelas características do sensor.

O isodiluidor, utilizado nestes experimentos, foi o D-50, que é aconselhado para o modelo 245 A. O modelo D-50 pode ser visto na parte superior do contador de partículas indicado na Figura 1.7.

Para medir concentração de partículas além dos limites normais do contador Hiac/Royco, o isodiluidor é colocado no meio do fluxo para diluir a amostra e aumentar assim a faixa de aplicação do contador. Pegando-se uma amostra de 0,1 cfm e misturando-a com 0.9 cfm de ar filtrado, o limite de concentração da amostra pode exceder em até 10 vezes o limite de concentração do contador de partículas.

O Isodiluidor Hiac/Royco D50 fornece uma proporção estável de diluição e não afeta a distribuição dos tamanhos relativos das amostras, evitando a saída de partículas maiores. Para evitar afetar a distribuição dos tamanhos, a porta de entrada da seção da amostra foi desenhada para encontrar parâmetros de “amostragem isocinética”. Para evitar vazamentos, todas as áreas de fluxo nas quais a amostra parcial flui são mantidas turbulentas. A orientação é portanto feita verticalmente para evitar vazamentos de partículas maiores nas paredes dos tubos (Hiac/Royco, 1991)².

CAPITULO 2

METODOLOGIA

Neste capítulo será apresentado o desenvolvimento empírico de uma metodologia aplicada a obtenção de dados quantitativos e qualitativos de material particulado emitidos pelo motor Diesel, a partir do contador de partículas Royco, tendo como parâmetro as faixas de amplitude de graduação de cores da Escala de Ringelmann.

Os estudos a campo, relativos as emissões geradas por motores Diesel, foram realizados no Laboratório de Combustão e Motores Térmicos (LCMT) do Departamento de Engenharia Mecânica da UFSC. Para estes estudos necessário será a montagem de um motor Diesel, desativado a mais de oito anos. Tais procedimentos foram possíveis tendo em vista a aproximação e interação entre os Departamentos das Engenharias Sanitária-Ambiental e Mecânica, da UFSC.

2.1 OS ENSAIOS EM CAMPO

Os ensaios em campo foram viabilizados nas instalações do Laboratório de Combustão e Motores Térmicos (LCMT) do Departamento de Engenharia Mecânica da UFSC.

Para os ensaios contou-se com um motor Perkins, 4 cilindros, que foi montado em uma bancada pelo pessoal do LCMT. Estes ensaios foram viabilizados pela obtenção de apoio financeiro junto a Fundação Municipal do Meio Ambiente de Blumenau (FAEMA) e Coordenadoria da pós Graduação em Engenharia Ambiental, da UFSC, além de verba do FUNPESQUISA 99, também junto à UFSC.

Por questões de segurança, do pessoal no LCMT, as emissões geradas pelo motor Perkins 4 cilindros foram canalizadas para o lado externo do laboratório. Por outro lado não foi possível simular uma situação real, ou seja, de um veículo equipado com motor Diesel operando ao ar livre em condições normais. Devido às limitações encontradas, os experimentos de campo e a coleta de amostras, aqui apresentadas, foram realizados junto à parede oeste do prédio da Engenharia Mecânica. Esta imposição de ponto de

medida constituiu-se numa limitação técnica importante aos trabalhos realizados e que serão descritos no próximo capítulo.

2.2 PROCEDIMENTO PARA A COLETA DE DADOS

Os dados experimentais foram coletados com o contador de partículas já descrito no item 1.6.1, munido do isodiluidor, descrito no item 1.6.2. O uso do isodiluidor justifica-se devido à grande concentração de material particulado emitida pelo motor Diesel, principalmente após cada etapa envolvendo sua desregulagem. O procedimento para uso do contador de partículas foi feito de acordo com as instruções que constam no manual do aparelho.

Inicialmente, procedeu-se ao aquecimento da bomba de sucção, para que esta se estabilizasse. Desta maneira se assegurou uma taxa de fluxo estável, ou vazão de aspiração. O contador de partículas foi deixado em funcionamento durante trinta minutos sem interrupção.

Deve-se posicionar o contador de partículas sobre uma superfície plana, regular e distante de fontes emissoras de campos magnéticos. Após estes procedimentos iniciaram-se as coletas das amostras.

Devido a grande quantidade de material particulado emitido pelo Motor Diesel e considerando as limitações de espaço físico, as amostragens foram feitas com o aparelho contador de partículas a 3 metros de distância da saída do cano de escapamento. Procurando simular uma situação mais próxima da real, a saída do cano de escapamento foi colocada a uma altura de 80 cm do chão (altura de saída mais comum para gases de escapamento de ônibus e caminhões). Este valor é confirmado pelas práticas de campo realizadas pela Fundação Municipal do Meio Ambiente (FAEMA), durante as Blitz.

Após algumas análises preliminares, verificou-se a necessidade dos experimentos serem realizados com velocidade do vento abaixo de 1 m/s, devido ao efeito túnel de vento, provocado pelo “corredor” formado entre os prédios da Engenharia Mecânica e Reitoria, agravado pela presença do curso d’água retificado, junto a fonte de coleta de amostras (Figuras 2.1 e 2.2).



Figura 2.1 - Local de coleta de dados



Figura 2.2 - Local de coleta de dados, com seta indicando a saída do escapamento

A velocidade do vento pode desviar a pluma do ponto de análise, mascarando os resultados. Para medida da velocidade do vento foi usado um anemômetro portátil (Figura 2.3). Caso fossem registradas velocidades do vento acima de 1m/s o experimento era cancelado.

Obviamente que as condições de dia seco, sem chuva, foram também indispensáveis para as medidas.

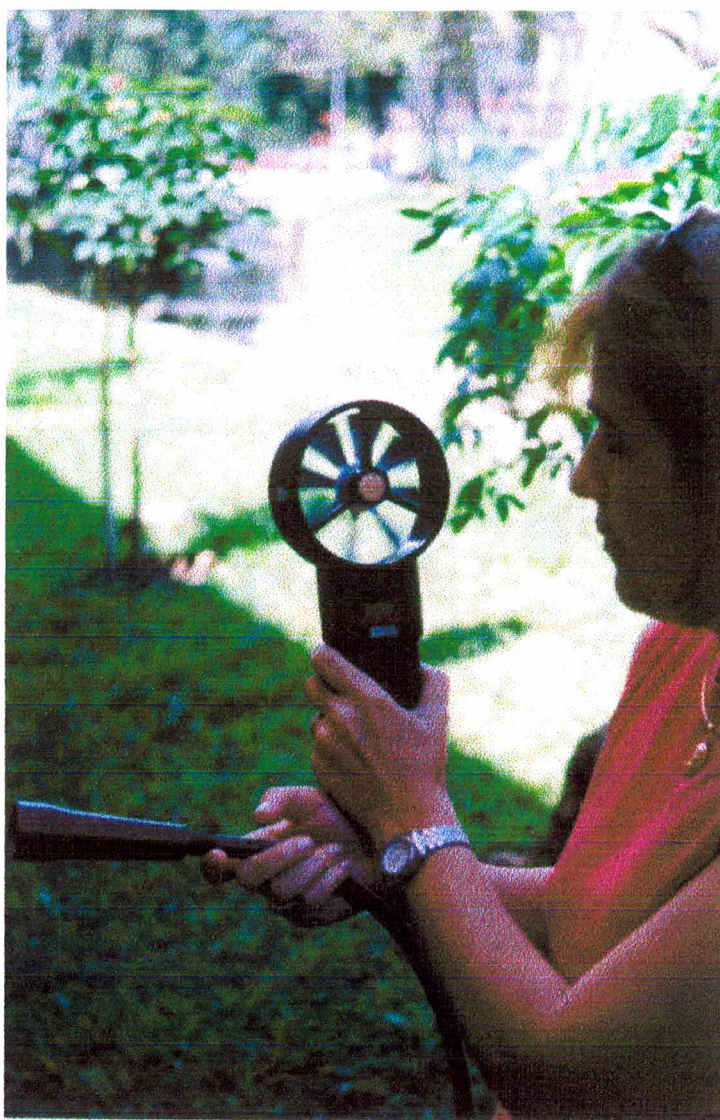


Figura 2.3 - Anemômetro

O uso do isodiluidor se fez necessário, pois a atmosfera simulada durante os ensaios acabava ficando bastante carregada de material particulado o que comprometia a fidelidade dos dados obtidos pelo contador, sendo que o próprio contador indicava em seu visor quando este adaptador era necessário. Este procedimento evitava também a contaminação e descalibração do aparelho. O intervalo entre uma medida e outra foi definido em campo, após as análises preliminares. O tempo ideal de duração de cada amostragem foi determinado como sendo de 20 segundos.

O contador de partículas Royco apresentou, para cada amostragem, os valores totais de partículas emitidas por pé cúbico, em quatro faixas granulométricas.

O nível da densidade da Fumaça Preta, emitido pelo motor para cada regulagem, foi aferido com o uso da Escala de Ringelmann (Figura 2.4), conforme NBR 6016 (anexo 3).

A forma de amostragem realizada é do tipo "Amostra Instantânea", que consiste em coletas realizadas durante um curto intervalo de tempo, que pode ser fixado em 5 minutos ou menos. Desta forma os resultados correspondem às concentrações existentes neste intervalo de tempo. Elas permitem o registro das concentrações mais altas e mais baixas que podem ocorrer, obtendo-se uma média da concentração das partículas emitidas (Verani, 2000).

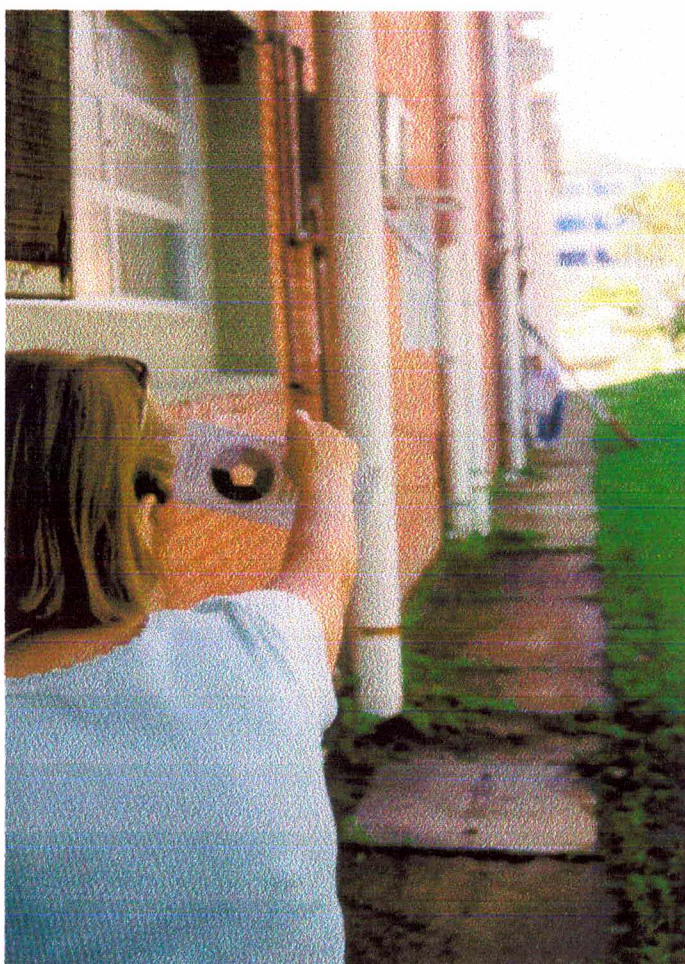


Figura 2.4 - Uso da Escala de Ringelmann

Pretendeu-se aferir a quantidade de Fumaça Preta emitida pelo motor Diesel nas diversas classes da Escala de Ringelmann. Para tanto foi procedida a desregulagem do

motor. O motor foi desregulado através da abertura gradativa do bico injetor (Figura 2.5). Esta atitude é chamada, comumente, de retirada do lacre.

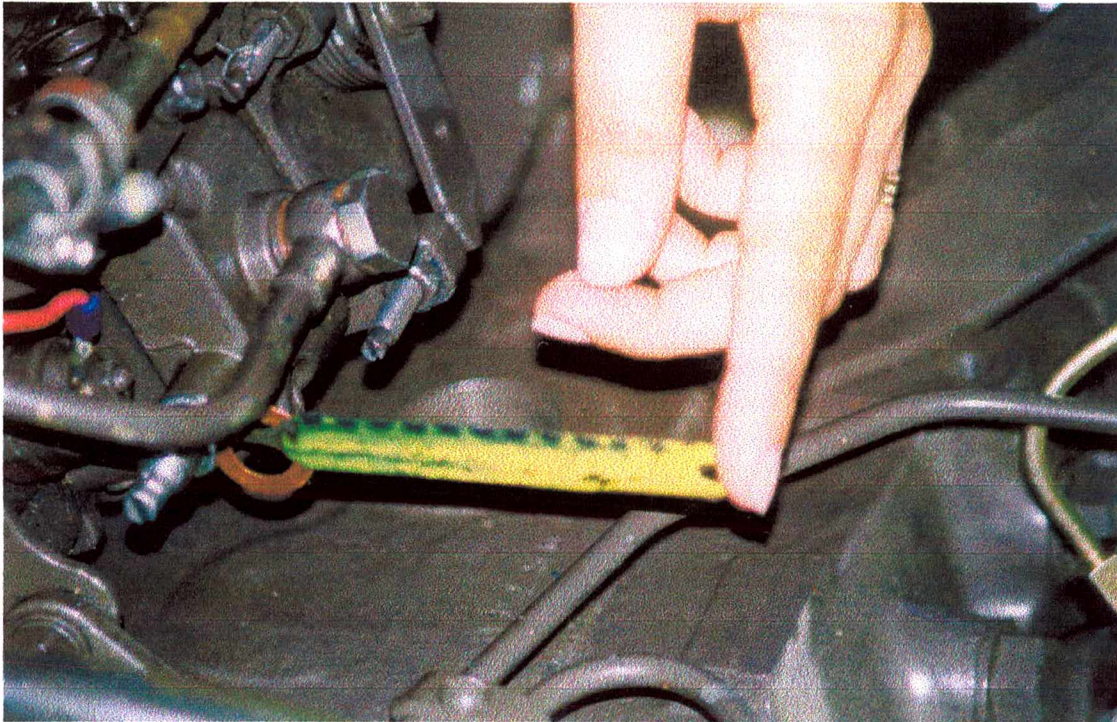


Figura 2.5 - Desregulagem do bico injetor

O lacre é instalado na bomba injetora para que esta não seja mexida. Este lacre é colocado por empresas autorizadas, que regulam o motor conforme as especificações do fabricante. Porém, alguns mecânicos, de forma não autorizada pelo fabricante do motor, e não permitida pelo Código Nacional de Trânsito, fazem a ruptura do lacre para aumentar a quantidade de combustível na câmara de combustão. Com esta atitude o motor aumenta o consumo de Diesel e o veículo consegue um pequeno incremento na potência, o que melhora um pouco o seu desempenho em aclives. Mas, em contrapartida a emissão de Fumaça Preta aumenta, pois o motor não consegue queimar todo o combustível que é injetado na câmara de combustão a tempo de transformá-lo em trabalho.

A operação de amostragem permitiu obter as seguintes informações:

- Data da coleta.
- Horário da coleta.

- Informações sobre a contagem – total de partículas; número de partículas por pé cúbico; número de partículas por metro cúbico.
- Tempo de amostragem, definido pelo operador.
- Número de coletas amostradas.
- Estação: indica o local de armazenagem dos dados dentro da memória do aparelho, registrando número de partículas por pé cúbico.

Após a coleta dos dados, estes ficam gravados no aparelho contador e posteriormente são transferidos para um microcomputador, através de um software. Este software foi fornecido juntamente com o aparelho e tem a finalidade de permitir a transferência e armazenamento de dados para um computador. Os dados transferidos estão em ambiente DOS. Portanto, para melhor visualização e tratamento, devem ser convertidos para ambiente Windows, por meio de planilha eletrônica, tal como a Excel.

2.3 ROTINA DO EXPERIMENTO

Inicialmente, antes da entrada em operação do motor, procedeu-se a coleta de um “branco” da atmosfera local, pelo contador de partículas. Este “branco” serviu para determinar a concentração de fundo, ou background, do MP.

O motor foi acelerado 9 vezes com intervalo de 4 segundos entre cada acelerada, conforme NBR 6016 (anexo 3). A amostragem pelo aparelho Royco foi realizada após a terceira aceleração, pois para a leitura feita pela Escala de Ringelmann também foram desprezadas as 3 primeiras acelerações, como recomenda a NBR 6016.

As amostragens foram feitas em duas etapas, com 3 coletas em cada uma delas, com duração de 20 segundos cada coleta e intervalo de 8 segundos entre as análises. Estes parâmetros foram otimizados empiricamente, após os ensaios preliminares.

Os dados foram coletados em número de partículas por pé cúbico e em seguida convertidos para número de partículas por metro cúbico. Os dados foram, posteriormente, trabalhados para que as amostras tivessem também como unidade o micrograma por metro cúbico ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), como será detalhado no item 2.4.

2.4 TRATAMENTO DOS DADOS OBTIDOS EM CAMPO

Após as coletas dos dados cada valor foi convertido de número de partículas por pé cúbico para número de partículas por metro cúbico, através da equação 2.1:

Eq.2.1

$$\text{N}^\circ \text{ de partículas}/\text{m}^3 = \text{N}^\circ \text{ de partículas}/\text{pé}^3 \times 35,33$$

Esta conversão permitiu a comparação com valores admissíveis pela legislação ambiental, para MP, caso necessário.

2.4.1. Conversão de número de partículas por metro cúbico para $\mu\text{g}/\text{m}^3$

De acordo com Lapple, 1961, as partículas que formam a fumaça de óleo, ou Fumaça Preta, possuem diâmetro entre 0,03 a 1,0 μm , o que não foi comprovado em campo, pois também foram encontradas partículas oriundas da combustão de diesel no canal com intervalo entre 5 μm a 10 μm . Conforme já exposto o aparelho contador de partículas possui quatro canais nas seguintes faixas granulométricas (0,5 μm – 5 μm ; 5 μm – 10 μm ; 10 μm – 25 μm ; >25 μm). Entretanto devido a esta característica da Fumaça Preta, somente o primeiro e o segundo canal, com intervalos de 0,5 μm a 5 μm e 5 μm a 10 μm , serão levados em consideração. Estes serão os canais de interesse, uma vez que nas outras faixas granulométricas não foram encontradas partículas oriundas da combustão do diesel em campo.

Amostras preliminares, realizadas em campo, no local dos experimentos confirmaram estas considerações, como demonstra a Tabela 2.1

Tabela 2.1 - Resultados das coletas de amostras nos diversos canais, ou faixas granulométricas, em número de partículas por pé cúbico.

Estação	Data	Horário (hora - minuto - segundo)	0.5 - 5.0 μm	5.0 - 10.0 μm	10.0 - 25.0 μm	> 25.0 μm
30	29/10/99	09:31:27	255.030,00	350,00	0,00	0,00
30	29/10/99	09:31:57	251.056,00	466,00	0,00	0,00
30	29/10/99	09:32:27	263.330,00	584,00	0,00	0,00
30	29/10/99	09:32:57	264.380,00	350,00	0,00	0,00
30	29/10/99	09:33:27	262.510,00	350,00	0,00	0,00

Como pode ser constatado na Tabela 2.1 não foram encontradas partículas com granulometria nas faixas entre 10.0 μm e 25.0 μm , porém, foram encontradas nos intervalos de 0,5 a 5 μm e 5 a 10 μm , contrariando o que se obteve em bibliografia.

Uma das razões para a presença de partículas de fumaça preta na faixa entre 5 e 10 μm pode estar ligada à turbulência excessiva no interior e na saída do tubo de escapamento, fato este que poderia contribuir para o crescimento, por impactação, das gotículas de óleo constituintes da nuvem de fumaça preta.

Tomando-se, por aproximação, o diâmetro aerodinâmico médio das partículas de diesel, ou seja, supondo-se que elas fossem esféricas dentro do intervalo granulométrico amostrado e utilizando-se o diâmetro médio de cada canal pode-se calcular o volume da partícula média representativa da fumaça preta, nos canais de interesse, mediante a Equação 2.2.

$$V = 1/6 \times \pi D^3$$

Eq.2.2

Onde: V = volume da partícula média
D = diâmetro aerodinâmico média da partícula

Deste modo, chega-se aos seguintes valores:

1. Para partículas entre 0,5 μm – 5,0 μm → diâmetro médio de 2,75 μm :

$$V = 10,889 \times 10^{-18} \text{ m}^3$$

2. Para partículas entre 5,0 μm – 10,0 μm \rightarrow diâmetro médio de 7,5 μm :

$$V = 220,893 \times 10^{-18} \text{ m}^3$$

A densidade do óleo diesel, segundo Adam (1988), é de 0,85g/cm³.

Com o valor da densidade do óleo diesel e com o volume da partícula média do MP no canal de interesse é possível determinar o valor da massa da partícula média para a faixa granulométrica ($m = \rho \times V$). Chega-se aos seguintes valores:

1. Para partículas entre 0,5 μm e 5,0 μm \rightarrow diâmetro médio de 2,75 μm :

$$m = 925,565 \times 10^{-8} \mu\text{g}$$

2. Para partículas entre 5,0 μm – 10,0 μm \rightarrow diâmetro médio de 7,5 μm :

$$m = 187,75905 \times 10^{-6} \mu\text{g}$$

De posse destes dados e sabendo-se o número de partículas por metro cúbico de ar, no canal de interesse, é possível determinar, aproximadamente, a concentração de partículas, em massa por metro cúbico, através da Equação 2.3.

Eq. 2.3

$$C = N^\circ \text{ de partículas/ m}^3 \times \text{massa da partícula média em cada canal de interesse}$$

CAPITULO 3 **RESULTADOS DOS ENSAIOS DE CAMPO**

Os ensaios de campo ocorreram nos meses de outubro e novembro de 1999, no Laboratório de Combustão e Motores Térmicos (LCMT) do Departamento de Engenharia Mecânica da UFSC. Foram feitas 6 medições em cada grau da Escala de Ringelmann em 3 dias alternados, totalizando 18 coletas em cada grau da escala.

Devido às restrições meteorológicas discutidas no item 2.2, diversas análises foram perdidas e alguns ensaios cancelados.

As Tabelas 3.1 a 3.6 apresentam a quantidade e concentrações de partículas de Fumaça Preta, obtidas na leitura do amostrador Royco, na faixa de 0,5 - 5,0 μm , medidas em campo, com a conversão segundo equações 2.1 e 2.3, já citadas no item 2.4, em função das variações na regulagem do motor, de modo a atender a amplitude da Escala de Ringelmann, nos valores 0, 1, 2, 3, 4, 5, respectivamente.

Estas tabelas também apresentam os valores das três leituras obtidos para os brancos, que consistem na leitura do MP encontrado na atmosfera imediatamente antes da ignição do motor diesel, no início do período de cada bateria de experimentação. Os valores médios destas leituras também são apresentados. No final de cada tabela as médias da quantidade de Fumaça Preta, resultantes dos experimentos, foram decrescidas da média dos brancos relativo a cada experimentação. Este último valor foi considerado como a média final, para MP emitido pelo motor diesel, relativo à cada Escala.

Tabela 3.1 – Número de partículas por pé cúbico na faixa de 0,5 - 5,0 µm e concentração de particulados, em µg/m³ com motor emitindo Fumaça Preta na Escala Ringelmann 0.

Estação	Data	Horário	Número de partículas/CF entre 0,5 - 5,0 µm	Número de partículas/m ³ entre 0,5 - 5,0 µm	Concentração µg/m ³	Velocidade do vento
41	29/10/99	16:03:52	1.004.583,00	35.491.917,39	328,50	0,50 m/s
41	29/10/99	16:04:11	1.417.284,00	50.072.643,72	463,45	
41	29/10/99	16:04:31	1.428.678,00	50.475.193,74	467,18	
41	29/10/99	16:04:59	1.250.556,00	44.182.143,48	408,93	
41	29/10/99	16:05:19	1.004.055,00	35.473.263,15	328,33	
41	29/10/99	16:05:39	1.075.584,00	38.000.382,72	351,72	
42	30/10/99	09:22:00	1.421.555,20	50.223.545,22	464,85	0,40 m/s
42	30/10/99	09:22:20	1.128.568,00	39.872.307,44	369,04	
42	30/10/99	09:22:40	1.235.580,80	43.653.069,66	404,04	
42	30/10/99	09:23:08	1.137.918,40	40.202.657,07	372,10	
42	30/10/99	09:23:28	1.333.009,44	47.095.223,52	435,90	
42	30/10/99	09:23:48	1.239.788,48	43.801.727,00	405,41	
10	27/11/99	08:59:52	1.135.580,80	40.120.069,66	371,34	0,43 m/s
10	27/11/99	09:00:07	1.133.009,44	40.029.223,52	370,50	
10	27/11/99	09:00:22	1.141.658,56	40.334.796,92	373,32	
10	27/11/99	09:00:45	1.083.477,60	38.279.263,61	354,30	
10	27/11/99	09:01:00	1.150.775,20	40.656.887,82	376,31	
10	27/11/99	09:01:15	1.218.590,88	43.052.815,79	398,48	
		Média	1.196.680,71	42.278.729,52	391,32	
Branco	29/10/99	15:36:18	346.605,00	12.245.554,65	113,34	
Branco	30/10/99	08:18:25	327.672,00	11.576.651,76	107,15	
Branco	27/11/99	09:35:08	323.289,00	11.421.800,37	105,72	
		Média do branco	332.522,00	11.748.002,26	108,74	
		Média final	864.158,71	30.530.727,26	282,58	

Tabela 3.2 - Número de partículas por pé cúbico na faixa de 0,5 - 5,0 μm e concentração de particulados, em $\mu\text{g}/\text{m}^3$ com motor emitindo Fumaça Preta na Escala Ringelmann 1.

Estação	Data	Horário	Nº de partículas/CF entre 0,5 - 5,0 μm	Nº de partículas/ m^3 entre 0,5 - 5,0 μm	Concentração $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Velocidade do vento
40	29/10/99	15:38:54	1.742.154,00	61.550.300,82	569,69	0,43 m/s
40	29/10/99	15:39:14	1.668.693,00	58.954.923,69	545,67	
40	29/10/99	15:39:34	1.773.537,12	62.659.066,45	579,95	
40	29/10/99	15:41:09	2.231.706,72	78.846.198,42	729,77	
40	29/10/99	15:41:29	1.679.331,84	59.330.793,91	549,15	
40	29/10/99	15:41:49	1.699.668,96	60.049.304,36	555,80	
42	30/10/99	09:57:39	1.658.304,80	58.587.908,58	542,27	0,40m/s
42	30/10/99	09:57:59	1.821.653,76	64.359.027,34	595,68	
42	30/10/99	09:58:19	1.635.211,84	57.772.034,31	534,72	
42	30/10/99	09:58:34	1.675.369,28	59.190.796,66	547,85	
42	30/10/99	09:58:54	1.784.264,80	63.038.075,38	583,46	
42	30/10/99	10:59:14	1.856.115,04	65.576.544,36	606,95	
11	27/11/99	09:38:15	2.173.965,00	76.806.183,45	710,89	0,41 m/s
11	27/11/99	09:38:30	1.972.350,00	69.683.125,50	644,96	
11	27/11/99	09:38:45	1.562.970,00	55.219.730,10	511,09	
11	27/11/99	09:39:08	1.904.850,00	67.298.350,50	622,89	
11	27/11/99	09:41:38	1.616.430,00	57.108.471,90	528,58	
11	27/11/99	09:42:08	1.971.822,00	69.664.471,26	644,79	
		Média	1.801.577,68	63.649.739,28	589,12	
Branco	29/10/99	15:36:18	346.605,00	12.245.554,65	113,34	
Branco	30/10/99	08:18:25	327.672,00	11.576.651,76	107,15	
Branco	27/11/99	09:35:08	323.289,00	11.421.800,37	105,72	
		Média do branco	332.522,00	11.748.002,26	108,74	
		Média final	1.469.055,68	51.901.737,02	480,38	

Tabela 3.3 - Número de partículas por pé cúbico na faixa de 0,5 - 5,0 µm e concentração de particulados, em µg/m³ com motor emitindo Fumaça Preta na Escala Ringelmann 2.

Estação	Data	Horário	Nº de partículas/CF entre 0,5 - 5,0 µm	Nº de partículas/m ³ entre 0,5 - 5,0 µm	Concentração µg/m ³	Velocidade do vento
12	29/10/99	09:59:52	4.509.632,53	159.325.317,28	1.474,66	0,44 m/s
12	29/10/99	10:00:07	5.331.857,12	188.374.512,05	1.743,53	
12	29/10/99	10:00:22	4.932.386,56	174.261.217,16	1.612,90	
12	29/10/99	10:00:45	4.477.022,08	158.173.190,09	1.464,00	
12	29/10/99	10:01:00	3.157.162,56	111.542.553,24	1.032,40	
12	29/10/99	10:01:15	4.794.885,12	169.403.291,29	1.567,94	
43	30/10/99	11:16:42	4.421.387,20	156.207.609,78	1.445,80	0,38 m/s
43	30/10/99	11:17:02	3.946.178,40	139.418.482,87	1.290,41	
43	30/10/99	11:17:22	4.297.911,36	151.845.208,35	1.405,43	
43	30/10/99	11:20:34	4.281.705,62	151.272.659,55	1.400,13	
43	30/10/99	11:20:54	3.261.942,56	115.244.430,64	1.066,66	
43	30/10/99	11:21:14	4.524.364,80	159.845.808,38	1.479,48	
21	27/11/99	09:49:57	4.558.668,00	161.057.740,44	1.490,69	0,44 m/s
21	27/11/99	09:50:12	3.572.493,00	126.216.177,69	1.168,21	
21	27/11/99	09:50:27	4.299.018,00	151.884.305,94	1.405,79	
21	27/11/99	09:52:11	5.899.515,00	208.429.864,95	1.929,15	
21	27/11/99	09:52:26	3.063.705,00	108.240.697,65	1.001,84	
21	27/11/99	09:52:41	3.194.310,00	112.854.972,30	1.044,55	
		Média	4.251.341,38	150.199.891,09	1.390,20	
Branco	29/10/99	08:45:15	271.740,00	9.600.574,20	88,86	
Branco	30/10/99	08:18:25	327.672,00	11.576.651,76	107,15	
Branco	27/11/99	09:35:08	323.289,00	11.421.800,37	105,72	
		Média do branco	307.567,00	10.866.342,11	100,58	
		Média final	3.943.774,38	139.333.548,98	1.289,62	

Tabela 3.4 - Número de partículas por pé cúbico na faixa de 0,5 - 5,0 µm e concentração de particulados, em µg/m³ com motor emitindo Fumaça Preta na Escala Ringelmann 3.

Estação	Data	Horário	Nº de partículas/CF entre 0,5 - 5,0 µm	Nº de partículas/m ³ entre 0,5 - 5,0 µm	Concentração µg/m ³	Velocidade do vento
10	29/10/99	09:30:38	6.827.946,40	241.231.346,31	2.232,75	0,42 m/s
10	29/10/99	09:30:53	7.208.690,88	254.683.048,79	2.357,26	
10	29/10/99	09:31:08	7.909.269,60	279.434.494,97	2.586,35	
10	29/10/99	09:31:31	7.421.387,20	262.197.609,78	2.426,81	
10	29/10/99	09:31:45	6.946.178,40	245.408.482,87	2.271,42	
10	29/10/99	09:32:00	5.735.142,21	202.622.574,28	1.875,40	
45	30/10/99	12:02:46	7.296.466,00	257.784.143,78	2.385,96	0,43 m/s
45	30/10/99	12:03:06	6.771.735,00	239.245.397,55	2.214,37	
45	30/10/99	12:03:26	5.899.515,00	208.429.864,95	1.929,15	
45	30/10/99	12:04:35	5.688.780,00	200.984.597,40	1.860,24	
45	30/10/99	12:04:55	6.617.445,00	233.794.331,85	2.163,92	
45	30/10/99	12:05:15	6.543.817,00	231.193.054,61	2.139,84	
11	27/11/99	09:58:36	5.602.784,96	197.946.392,64	1.832,12	0,44 m/s
11	27/11/99	09:58:51	7.333.518,72	259.093.216,38	2.398,08	
11	27/11/99	09:59:06	5.602.784,96	197.946.392,64	1.832,12	
11	27/11/99	09:59:29	6.331.857,12	223.704.512,05	2.070,53	
11	27/11/99	10:00:32	6.932.386,56	244.921.217,16	2.266,91	
11	27/11/99	10:00:47	6.477.022,08	228.833.190,09	2.118,00	
		Média	6.619.262,62	233.858.548,23	2.164,51	
Branco	29/10/99	08:45:15	271.740,00	9.600.574,20	88,86	
Branco	30/10/99	08:18:25	327.672,00	11.576.651,76	107,15	
Branco	27/11/99	09:35:08	323.289,00	11.421.800,37	105,72	
		Média do branco	307.567,00	10.866.342,11	100,58	
		Média final	6.311.695,62	222.992.206,12	2.063,94	

Tabela 3.5 - Número de partículas por pé cúbico na faixa de 0,5 - 5,0 µm e concentração de particulados, em µg/m³ com motor emitindo Fumaça Preta na Escala Ringelmann 4.

Estação	Data	Horário	Nº de partículas/CF entre 0,5 - 5,0 µm	Nº de partículas/m ³ entre 0,5 - 5,0 µm	Concentração µg/m ³	Velocidade do vento
40	29/10/99	16:28:54	12.666.986,88	447.524.646,47	4.142,13	0,43 m/s
40	29/10/99	16:29:14	11.461.954,08	404.950.837,65	3.748,08	
40	29/10/99	16:29:34	10.694.753,76	377.845.650,34	3.497,21	
40	29/10/99	16:31:09	11.210.532,12	396.068.099,80	3.665,87	
40	29/10/99	16:31:29	10.652.147,36	376.340.366,23	3.483,27	
40	29/10/99	16:31:49	11.372.964,64	401.806.840,73	3.718,98	
43	30/10/99	11:20:34	10.071.432,72	355.823.718,00	3.293,38	0,38 m/s
43	30/10/99	11:20:54	12.192.278,76	430.753.208,59	3.986,90	
43	30/10/99	11:21:14	12.171.591,00	430.022.310,03	3.980,14	
43	30/10/99	11:22:57	11.134.044,00	393.365.774,52	3.640,86	
43	30/10/99	11:23:17	11.422.794,00	403.567.312,02	3.735,28	
43	30/10/99	11:23:37	10.459.590,00	369.537.314,70	3.420,31	
12	27/11/99	10:16:47	12.096.144,96	427.356.801,44	3.955,46	0,50 m/s
12	27/11/99	10:17:02	10.108.483,68	357.132.728,41	3.305,50	
12	27/11/99	10:17:17	11.009.862,24	388.978.432,94	3.600,25	
12	27/11/99	10:17:40	10.270.479,36	362.856.035,79	3.358,47	
12	27/11/99	10:18:35	11.015.238,72	389.168.383,98	3.602,01	
12	27/11/99	10:18:50	12.791.580,96	451.926.555,32	4.182,87	
		Média	11.266.825,51	398.056.945,39	3.684,28	
Branco	29/10/99	15:36:18	346.605,00	12.245.554,65	113,34	
Branco	30/10/99	08:18:25	327.672,00	11.576.651,76	107,15	
Branco	27/11/99	09:35:08	323.289,00	11.421.800,37	105,72	
		Média do branco	332.522,00	11.748.002,26	108,74	
		Média final	10.934.303,51	386.308.943,13	3.575,54	

Tabela 3.6 - Número de partículas por pé cúbico na faixa de 0,5 - 5,0 μm e concentração de particulados, em $\mu\text{g}/\text{m}^3$ com motor emitindo Fumaça Preta na Escala Ringelmann 5.

Estação	Data	Horário	Nº de partículas/CF entre 0,5 - 5,0 μm	Nº de partículas/ m^3 entre 0,5 - 5,0 μm	Concentração $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Velocidade do vento
14	29/10/99	08:47:05	15.120.582,40	534.210.176,19	4.944,46	0,38 m/s
14	29/10/99	08:47:09	13.341.080,00	471.340.356,40	4.362,56	
14	29/10/99	08:47:13	14.067.148,00	496.992.338,84	4.599,99	
14	29/10/99	08:47:59	13.445.592,00	475.032.765,36	4.396,74	
14	29/10/99	08:48:03	15.479.321,25	546.884.419,76	5.061,77	
14	29/10/99	08:48:07	14.667.931,44	518.218.017,78	4.796,44	
43	30/10/99	13:54:19	13.544.697,24	478.534.153,49	4.429,14	0,42 m/s
43	30/10/99	13:54:23	13.288.554,72	469.484.638,26	4.345,39	
43	30/10/99	13:54:27	13.052.924,64	461.159.827,53	4.268,33	
43	30/10/99	13:54:39	14.087.663,28	497.717.143,68	4.606,70	
43	30/10/99	13:54:43	15.388.888,32	543.689.424,35	5.032,20	
43	30/10/99	13:54:47	13.462.647,48	475.635.335,47	4.402,31	
13	27/11/99	10:34:22	13.852.851,36	489.421.238,55	4.529,91	0,45 m/s
13	27/11/99	10:34:37	15.046.196,16	531.582.110,33	4.920,14	
13	27/11/99	10:34:52	15.741.632,16	556.151.864,21	5.147,55	
13	27/11/99	10:35:15	14.362.448,16	507.425.293,49	4.696,55	
13	27/11/99	10:39:54	14.575.946,88	514.968.203,27	4.766,37	
13	27/11/99	10:40:09	13.519.743,36	477.652.532,91	4.420,98	
		Média	14.224.769,38	502.561.102,22	4.651,53	
Branco	29/10/99	08:45:15	271.740,00	9.600.574,20	88,86	
Branco	30/10/99	13:51:55	352.566,00	12.456.156,78	115,29	
Branco	27/11/99	09:35:08	323.289,00	11.421.800,37	105,72	
		Média do branco	315.865,00	11.159.510,45	103,29	
		Média final	13.908.904,38	491.401.591,77	4.548,24	

De posse dos dados da quantidade de particulados em cada graduação da Escala de Ringelmann obtém-se uma tabela com a média da quantidade de partículas amostradas em cada graduação da Escala de Ringelmann, conforme Tabela 3.7.

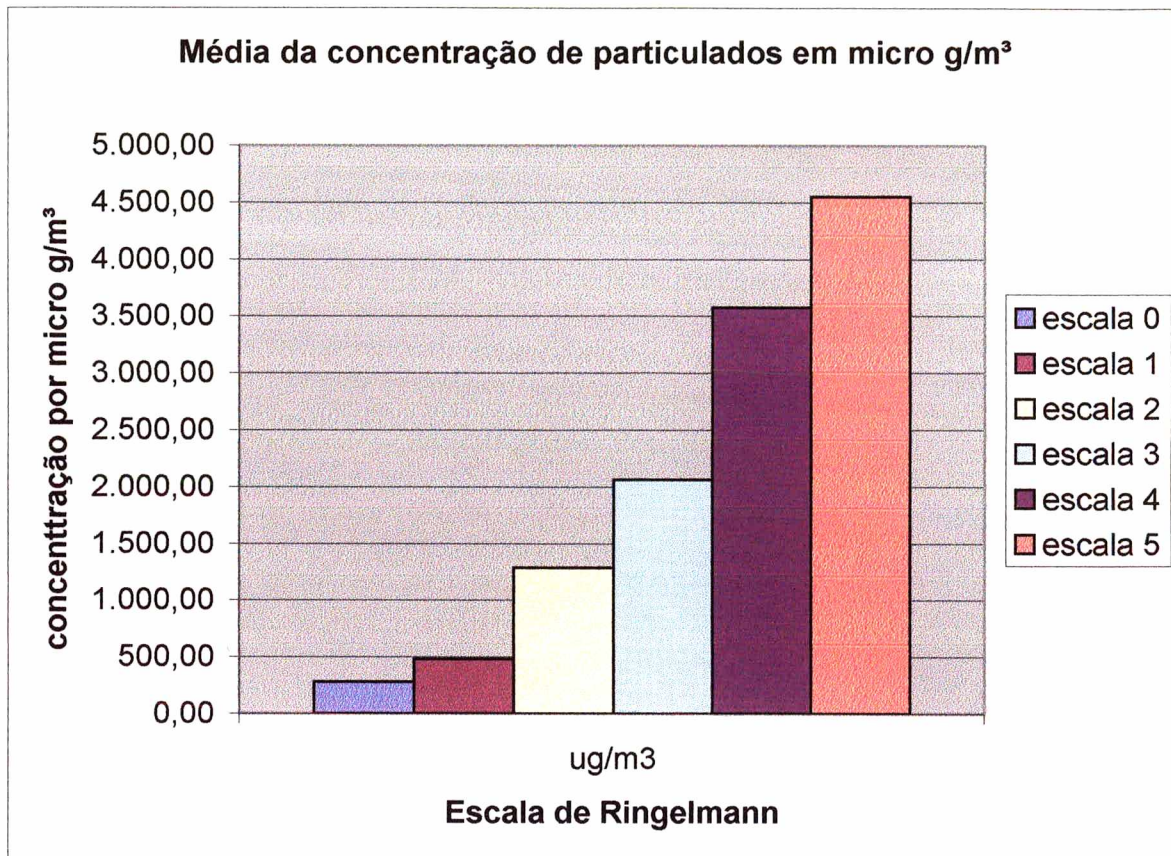
Tabela 3.7 - Médias das quantidades de partículas na faixa de 0,5 - 5,0 μm e concentração de particulados com o motor diesel emitindo Fumaça Preta na Escala de Ringelmann de 0 a 5.

Escala Ringelmann	Número de partículas/CF entre 0,5 - 5,0 μm	Número de partículas/ m^3 entre 0,5 - 5,0 μm	Concentração $\mu\text{g}/\text{m}^3$
0	864.158,71	30.530.727,26	282,58
1	1.469.055,68	51.901.737,02	480,38
2	3.943.774,38	139.333.548,98	1.289,62
3	6.311.695,62	222.992.206,12	2.063,94
4	10.934.303,51	386.308.943,13	3.575,54
5	13.908.904,38	491.401.591,77	4.548,24

Com dados originados da Tabela 3.7 montamos o gráfico 3.1, que reflete a relação entre a concentração de particulados em $\mu\text{g}/\text{m}^3$ e a graduação da Escala de Ringelmann, a qual poderia vir a ser substituída pelo uso do aparelho Royco. Desta forma poder-se-ia obter resultados mais exatos, e menos subjetivos, na execução das blitz em campo, em fiscalizações de rotina.

Conforme dispõe a Norma NB 225 da ABNT, para a aferição da Fumaça Preta, será utilizada a Escala de Ringelmann, ou outros meios cujos resultados possam ser comparados com a referida escala.

Figura – 3.1 Médias de concentração de partículas em microgramas por metro cúbico com as faixas da Escala de Ringelmann

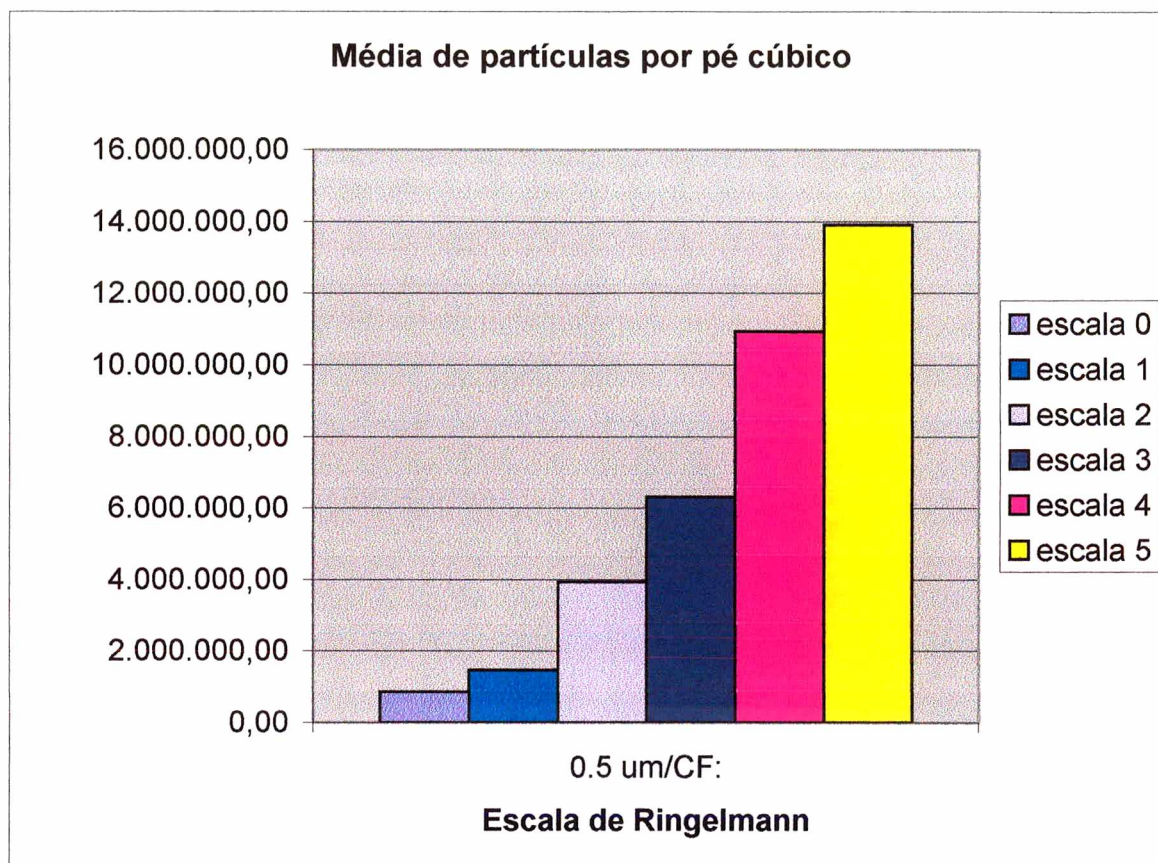


Fazendo-se uma análise dos resultados, verifica-se um acréscimo bastante significativo do MP entre os diversos graus da Escala de Ringelmann, uma vez que se trata de uma curva quase exponencial. Por exemplo, entre os níveis 1 e 2, a concentração de MP dá um salto de 480,38 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para 1.289,62 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Um veículo Diesel na Escala 3 tem capacidade poluidora, em relação a MP, maior do que 4 veículos Diesel na Escala 1. Caso emitisse na Escala 4 este veículo Diesel teria uma capacidade poluidora, em relação a MP, superior a 7 veículos Diesel na Escala 1. Da mesma maneira, um veículo Diesel na Escala 5 tem capacidade poluidora, em relação a MP, superior a 9 veículos Diesel na Escala 1.

Para ser usado de forma direta, ou seja, a campo, o aparelho Royco, pode-se demonstrar a relação entre a quantidade média de particulados na faixa de 0,5 a 5,0 μm por pé cúbico. Esta relação pode ser vista na Figura 3.2

Figura - 3.2 - Médias das quantidades de particulados na faixa de 0,5 a 5,0 μm por pé cúbico.



As Tabelas 3.8 a 3.13 apresentam a quantidade de partículas de Fumaça Preta, obtidas na leitura do amostrador Royco, na faixa de 5,0 a 10 μm , medidas em campo com a conversão segundo equações 2.1 e 2.3, já citadas no item 2.4, em função das variações na regulagem do motor, de modo a atender a amplitude da Escala de Ringelmann, nos valores 0, 1, 2, 3, 4, 5, respectivamente.

Estas tabelas também apresentam os valores das três leituras obtidas para os brancos, que consistem na leitura do MP encontrado na atmosfera imediatamente antes da ignição do motor diesel, no início do período de cada bateria de experimentação. Os valores médios destas leituras também são apresentados. No final de cada tabela as médias da quantidade de Fumaça Preta, resultantes dos experimentos foram decrescidas

da média dos brancos relativos a cada experimentação. Sendo este último valor considerado a média final, para MP emitido pelo motor Diesel, relativa a cada Escala.

Tabela 3.8 – Número de partículas por pé cúbico na faixa de 5,0 - 10 µm e concentração de particulados, em µg/m³, com motor emitindo Fumaça Preta na Escala Ringelmann 0.

Estação	Data	Horário	Nº de partículas/CF entre 5,0 - 10 µm	Nº de partículas/m ³ entre 5,0 - 10 µm	Concentração µg/m ³	Velocidade do vento
41	29/10/99	16:03:52	6,22	219,75	0,04	0,50 m/s
41	29/10/99	16:04:11	525,00	18.548,25	3,48	
41	29/10/99	16:04:31	699,00	24.695,67	4,64	
41	29/10/99	16:04:59	0,00	0,00	0,00	
41	29/10/99	16:05:19	525,00	18.548,25	3,48	
41	29/10/99	16:05:39	699,00	24.695,67	4,64	
42	30/10/99	09:22:00	90,00	3.179,70	0,60	0,40 m/s
42	30/10/99	09:22:20	15,00	529,95	0,10	
42	30/10/99	09:22:40	0,00	0,00	0,00	
42	30/10/99	09:23:08	90,00	3.179,70	0,60	
42	30/10/99	09:23:28	0,00	0,00	0,00	
42	30/10/99	09:23:48	0,00	0,00	0,00	
10	27/11/99	08:59:52	15,00	529,95	0,10	0,43 m/s
10	27/11/99	09:00:07	15,00	529,95	0,10	
10	27/11/99	09:00:22	0,00	0,00	0,00	
10	27/11/99	09:00:45	0,00	0,00	0,00	
10	27/11/99	09:01:00	30,00	1.059,90	0,20	
10	27/11/99	09:01:15	0,00	0,00	0,00	
		Média	150,51	5.317,60	1,00	
Branco	29/10/99	15:36:18	0,00	0,00	0,00	
Branco	30/10/99	08:18:25	0,00	0,00	0,00	
Branco	27/11/99	09:35:08	5,00	176,65	0,03	
		Média do branco	1,67	58,88	0,01	
		Média final	148,85	5.258,71	0,99	

Tabela 3.9 - Número de partículas por pé cúbico na faixa de 5,0 - 10 μm e concentração de particulados, em $\mu\text{g}/\text{m}^3$, com motor emitindo Fumaça Preta na Escala Ringelmann 1.

Estação	Data	Horário	Nº de partículas/CF entre 5,0 - 10 μm	Nº de partículas/ m^3 entre 5,0 - 10 μm	Concentração $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Velocidade do vento
40	29/10/99	15:38:54	40,00	1.413,20	0,27	0,43 m/s
40	29/10/99	15:39:14	20,00	706,60	0,13	
40	29/10/99	15:39:34	24,00	847,92	0,16	
40	29/10/99	15:41:09	0,00	0,00	0,00	
40	29/10/99	15:41:29	0,00	0,00	0,00	
40	29/10/99	15:41:49	28,00	989,24	0,19	
42	30/10/99	09:57:39	44,00	1.554,52	0,29	0,40m/s
42	30/10/99	09:57:59	24,00	847,92	0,16	
42	30/10/99	09:58:19	0,00	0,00	0,00	
42	30/10/99	09:58:34	0,00	0,00	0,00	
42	30/10/99	09:58:54	36,00	1.271,88	0,24	
42	30/10/99	10:59:14	28,00	989,24	0,19	
11	27/11/99	09:38:15	32,00	1.130,56	0,21	0,41 m/s
11	27/11/99	09:38:30	16,00	565,28	0,11	
11	27/11/99	09:38:45	36,00	1.271,88	0,24	
11	27/11/99	09:39:08	20,00	706,60	0,13	
11	27/11/99	09:41:38	20,00	706,60	0,13	
11	27/11/99	09:42:08	12,00	423,96	0,08	
		Média	21,11	745,86	0,14	
Branco	29/10/99	15:36:18	0,00	0,00	0,00	
Branco	30/10/99	08:18:25	0,00	0,00	0,00	
Branco	27/11/99	09:35:08	32,00	1.130,56	0,21	
		Média do branco	10,67	1.130,56	0,21	
		Média final	10,44	369,00	0,07	

Tabela 3.10 - Número de partículas por pé cúbico na faixa de 5,0 - 10 μm e concentração de particulados, em $\mu\text{g}/\text{m}^3$, com motor emitindo Fumaça Preta na Escala Ringelmann 2.

Estação	Data	Horário	Nº de partículas/CF entre 5,0 - 10 μm	Nº de partículas/ m^3 entre 5,0 - 10 μm	Concentração $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Velocidade do vento
12	29/10/99	09:59:52	4,00	141,32	0,03	0,44 m/s
12	29/10/99	10:00:07	8,00	282,64	0,05	
12	29/10/99	10:00:22	4,00	141,32	0,03	
12	29/10/99	10:00:45	16,00	565,28	0,11	
12	29/10/99	10:01:00	0,00	0,00	0,00	
12	29/10/99	10:01:15	12,00	423,96	0,08	
43	30/10/99	11:16:42	4,00	141,32	0,03	0,38 m/s
43	30/10/99	11:17:02	0,00	0,00	0,00	
43	30/10/99	11:17:22	0,00	0,00	0,00	
43	30/10/99	11:20:34	12,00	423,96	0,08	
43	30/10/99	11:20:54	20,00	706,60	0,13	
43	30/10/99	11:21:14	20,00	706,60	0,13	
21	27/11/99	09:49:57	8,00	282,64	0,05	0,44 m/s
21	27/11/99	09:50:12	44,00	1.554,52	0,29	
21	27/11/99	09:50:27	8,00	282,64	0,05	
21	27/11/99	09:52:11	0,00	0,00	0,00	
21	27/11/99	09:52:26	0,00	0,00	0,00	
21	27/11/99	09:52:41	0,00	0,00	0,00	
		Média	8,89	314,04	0,06	
Branco	29/10/99	08:45:15	5,00	176,65	0,03	
Branco	30/10/99	08:18:25	0,00	0,00	0,00	
Branco	27/11/99	09:35:08	0,00	0,00	0,00	
		Média do branco	1,67	58,88	0,01	
		Média final	7,22	255,16	0,05	

Tabela 3.11 - Número de partículas por pé cúbico na faixa de 5,0 - 10 μm e concentração de particulados, em $\mu\text{g}/\text{m}^3$, com motor emitindo Fumaça Preta na Escala Ringelmann 3.

Estação	Data	Horário	Nº de partículas/CF entre 0,5 - 5,0 μm	Nº de partículas/ m^3 entre 0,5 - 5,0 μm	Concentração $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Velocidade do vento
10	29/10/99	09:30:38	0,00	0,00	0,00	0,42 m/s
10	29/10/99	09:30:53	0,00	0,00	0,00	
10	29/10/99	09:31:08	0,00	0,00	0,00	
10	29/10/99	09:31:31	0,00	0,00	0,00	
10	29/10/99	09:31:45	174,00	6.147,42	1,15	
10	29/10/99	09:32:00	15,00	529,95	0,10	
45	30/10/99	12:02:46	0,00	0,00	0,00	0,43 m/s
45	30/10/99	12:03:06	15,00	529,95	0,10	
45	30/10/99	12:03:26	0,00	0,00	0,00	
45	30/10/99	12:04:35	0,00	0,00	0,00	
45	30/10/99	12:04:55	0,00	0,00	0,00	
45	30/10/99	12:05:15	15,00	529,95	0,10	
11	27/11/99	09:58:36	0,00	0,00	0,00	0,44 m/s
11	27/11/99	09:58:51	0,00	0,00	0,00	
11	27/11/99	09:59:06	15,00	529,95	0,10	
11	27/11/99	09:59:29	30,00	1.059,90	0,20	
11	27/11/99	10:00:32	15,00	529,95	0,10	
11	27/11/99	10:00:47	0,00	0,00	0,00	
		Média	15,50	547,62	0,10	
Branco	29/10/99	08:45:15	5,00	176,65	0,03	
Branco	30/10/99	08:18:25	0,00	0,00	0,00	
Branco	27/11/99	09:35:08	0,00	0,00	0,00	
		Média do branco	1,67	58,88	0,01	
		Média final	13,83	488,73	0,09	

Tabela 3.12 - Número de partículas por pé cúbico na faixa de 5,0 - 10 μm e concentração de particulados, em $\mu\text{g}/\text{m}^3$, com motor emitindo Fumaça Preta na Escala Ringelmann 4.

Estação	Data	Horário	Nº de partículas/CF entre 5,0- 10 μm	Nº de partículas/ m^3 entre 5,0 - 10 μm	Concentração $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Velocidade do vento
40	29/10/99	16:28:54	30,00	1.059,90	0,20	0,43 m/s
40	29/10/99	16:29:14	0,00	0,00	0,00	
40	29/10/99	16:29:34	15,00	529,95	0,10	
40	29/10/99	16:31:09	525,00	18.548,25	3,48	
40	29/10/99	16:31:29	522,00	18.442,26	3,46	
40	29/10/99	16:31:49	876,00	30.949,08	5,81	
43	30/10/99	11:20:34	1.050,00	37.096,50	6,97	0,38 m/s
43	30/10/99	11:20:54	36,00	1.271,88	0,24	
43	30/10/99	11:21:14	27,00	953,91	0,18	
43	30/10/99	11:22:57	1.050,00	37.096,50	6,97	
43	30/10/99	11:23:17	814,00	28.758,62	5,40	
43	30/10/99	11:23:37	232,00	8.196,56	1,54	
12	27/11/99	10:16:47	348,00	12.294,84	2,31	0,50 m/s
12	27/11/99	10:17:02	350,00	12.365,50	2,32	
12	27/11/99	10:17:17	466,00	16.463,78	3,09	
12	27/11/99	10:17:40	584,00	20.632,72	3,87	
12	27/11/99	10:18:35	350,00	12.365,50	2,32	
12	27/11/99	10:18:50	350,00	12.365,50	2,32	
		Média	423,61	14.966,18	2,81	
Branco	29/10/99	15:36:18	103,00	3.638,99	0,68	
Branco	30/10/99	08:18:25	0,00	0,00	0,00	
Branco	27/11/99	09:35:08	0,00	0,00	0,00	
		Média do branco	34,33	1.213,00	0,23	
		Média final	389,28	13.753,18	2,58	

Tabela 3.13 - Número de partículas por pé cúbico na faixa de 5,0 - 10 µm e concentração de particulados, em µg/m³, com motor emitindo Fumaça Preta na Escala Ringelmann 5.

Estação	Data	Horário	Nº de partículas/CF entre 5,0 - 10 µm	Nº de partículas/m ³ entre 5,0 - 10 µm	Concentração µg/m ³	Velocidade do vento
14	29/10/99	08:47:05	0,00	0,00	0,00	0,38 m/s
14	29/10/99	08:47:09	1.752,00	61.898,16	11,62	
14	29/10/99	08:47:13	1.400,00	49.462,00	9,29	
14	29/10/99	08:47:59	932,00	32.927,56	6,18	
14	29/10/99	08:48:03	934,00	32.998,22	6,20	
14	29/10/99	08:48:07	816,00	28.829,28	5,41	
43	30/10/99	13:54:19	116,00	4.098,28	0,77	0,42 m/s
43	30/10/99	13:54:23	90,00	3.179,70	0,60	
43	30/10/99	13:54:27	15,00	529,95	0,10	
43	30/10/99	13:54:39	8,00	282,64	0,05	
43	30/10/99	13:54:43	16,00	565,28	0,11	
43	30/10/99	13:54:47	15,00	529,95	0,10	
13	27/11/99	10:34:22	116,00	4.098,28	0,77	0,45 m/s
13	27/11/99	10:34:37	90,00	3.179,70	0,60	
13	27/11/99	10:34:52	89,00	3.144,37	0,59	
13	27/11/99	10:35:15	102,00	3.603,66	0,68	
13	27/11/99	10:39:54	1.050,00	37.096,50	6,97	
13	27/11/99	10:40:09	27,00	953,91	0,18	
		Média	420,44	14.854,30	2,79	
Branco	29/10/99	08:45:15	5,00	176,65	0,03	
Branco	30/10/99	13:51:55	102,00	3.603,66	0,68	
Branco	27/11/99	09:35:08	0,00	0,00	0,00	
		Média do branco	35,67	1.260,10	0,24	
		Média final	384,78	13.594,20	2,55	

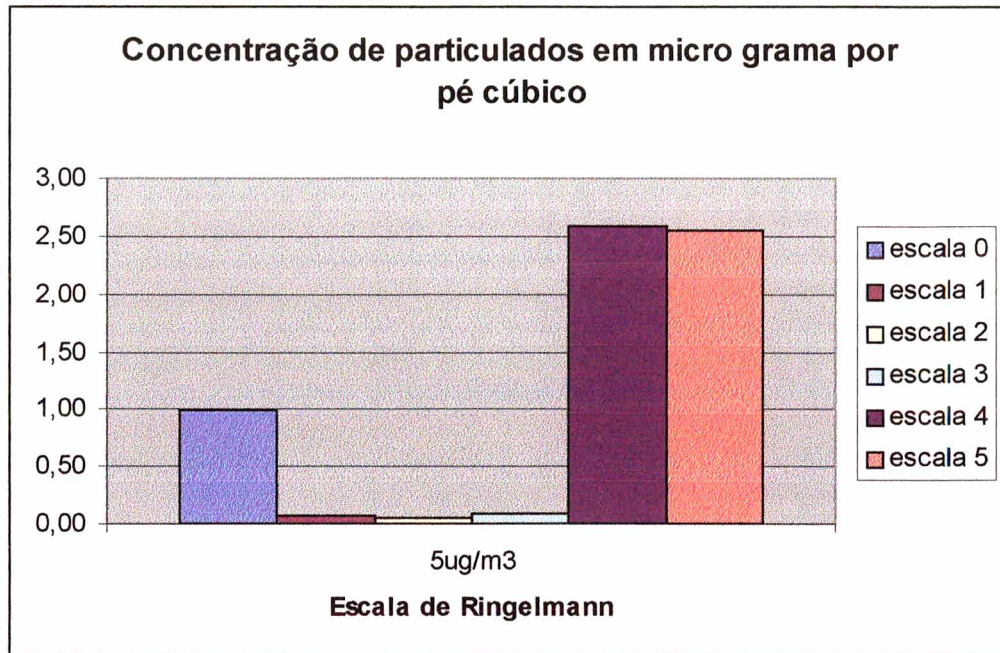
De posse dos dados da quantidade de particulados em cada graduação da Escala de Ringelmann obtem-se uma tabela com a média da quantidade de partículas amostradas em cada graduação da Escala de Ringelmann, conforme Tabela 3.14.

Tabela 3.14 - Médias das quantidades de partículas na faixa de 5,0 - 10 μm e concentração de particulados com motor emitindo Fumaça Preta na Escala de Ringelmann de 0 a 5.

Escala Ringelmann	Número de partículas/CF entre 5,0 - 10 μm	Número de partículas/ m^3 entre 5,0 - 10 μm	Concentração $\mu\text{g}/\text{m}^3$
0	148,85	5.258,71	0,99
1	10,44	369,00	0,07
2	7,22	255,16	0,05
3	13,83	488,73	0,09
4	389,28	13.753,18	2,58
5	384,78	13.594,20	2,55

Com dados originados da Tabela 3.14 montamos a Gráfico 3.3, que reflete a relação entre a concentração de particulados em $\mu\text{g}/\text{m}^3$ e a graduação da Escala de Ringelmann, no canal 2 , que abrange o particulado na faixa de 5,0 – 10,0 μm .

Figura - 3.3 - Relação entre a escala de Ringelmann e a concentração de particulado na faixa de 5,0 – 10,0 μm



Não foi encontrada uma relação de concentração de partículas no intervalo de grandeza entre 5,0 e 10,0 μm com o mesmo grau de correlação que no intervalo de 0,5 a 5,0 μm . Uma explicação para este comportamento aparentemente ilógico pode estar no mecanismo de contagem de partículas. Mediante a presença de atmosferas muito carregadas em MP o contador de partículas pode contabilizar a luz que atravessa um conjunto de partículas menores como sendo referente a uma partícula maior. A presença do isodiluidor tende a inibir este tipo de ocorrência. É possível que, apesar do uso do isodiluidor este fenômeno esteja ocorrendo, hipótese esta que requer maior investigação.

CAPITULO 4 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O uso do aparelho contador de partículas com o isodiluidor acoplado, mostrou-se potencialmente eficiente em medições fora de ambiente fechado, desde que se observem as condições meteorológicas e de uso do equipamento.

Comparando-se as concentrações de material particulado obtidas em campo em relação à Escala de Ringelmann, pode-se desenvolver uma faixa de concentração relativa à cada número da escala. A substituição da Escala de Ringelmann pela leitura direta da concentração obtida pelo aparelho contador de partículas, permitiria que se emitisse, prontamente, um boletim com as características da emissão, de forma mais precisa. Esta comparação poderá ser feita em termos de $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para contraste com os padrões de qualidade do ar ou estimativa de emissão, ou em número de partículas por pé cúbico para o caso de aplicação direta do contador de partículas em campo, durante a fiscalização de veículos. Assim teremos uma leitura menos subjetiva, sem depender da acuidade visual do indivíduo que está fazendo a leitura e que se encontra de posse da escala de Ringelmann. Desta, forma também teremos como calcular a capacidade poluidora dos veículos movidos a diesel em relação à emissão de particulados.

Como a Escala de Ringelmann é uma escala de variação de cores entre o branco e o preto, esta não possui correlação com a concentração de particulados emitidas, o que poderia vir a ser feito, como bem foi visto, após as análises dos resultados dos experimentos.

Com os dados desta pesquisa e fazendo-se a comparação entre um veículo diesel na Escala 1 e nas outras Escalas que são passíveis de multas, pretende-se sugerir a possibilidade de se fazer uma graduação do valor da multa relativa ao enquadramento do veículo, ou seja, a multa deveria ser crescente, conforme o número da Escala de Ringelmann. Este procedimento teria mais precisão se acoplado a um equipamento mais exato para a caracterização da infração, tal como o equipamento aqui descrito.

Estes dados poderão ser utilizados pela Fundação Municipal do Meio Ambiente (FAEMA) para melhor fundamentar o Índice de Sustentabilidade de Blumenau (ISB) relativo à qualidade do ar, que atualmente se baseia em dados percentuais de veículos fiscalizados e enquadrados na Escala de Ringelmann.

Seria recomendável a continuidade deste trabalho, para que seja realizada uma quantidade maior de coleta de dados, e que estas sejam feitas em condições mais próximas às encontradas em campo, durante fiscalização dos órgãos ambientais.

Maiores investigações sobre o uso do contador de partículas acoplado com o isodiluidor, em atmosferas muito poluídas, serão necessárias para maior precisão de uma futura escala de enquadramento dos veículos Diesel a partir deste tipo de equipamento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADAM,B. (1978) - **Motores Diesel**, Editora Hemus, São Paulo, SP. 632p.
- ALONSO, C. D. (1996) - **Aspectos da poluição do ar em São Paulo.** – Revista Meio Ambiente Industrial, Ed. 2 n° 1 São Paulo, SP.52p.
- AURÉLIO, B. H. (1986) - **Novo dicionário da língua portuguesa.** Editora. Nova Fronteira, Rio de Janeiro, RJ, 2ª ed.875p.
- BAUMBACH,G. (1996) - **Air Quality Control.** Spring-Verlag, Heidelberg, Germany.326p.
- BENN, F.R e MACAULIFFE, C.A, (1981) - **Química e poluição.** Livros Técnicos e Científicos Editora S.A, Rio de Janeiro, RJ.232p.
- BRAILE, P.M. (1988) - **Curso sobre poluição do ar e água.** Instituto Brasileiro de Petróleo.64p.
- BRANCO, S. M. (1988) - **Meio ambiente em debate.** Editora Moderna, São Paulo, SP.67p.
- BRIGHT, M (1991) - **Poluição do tráfego.** Cia Melhoramentos de São Paulo, São Paulo, SP,63p.
- CERQUEIRA, L.(1999) - **Situação preocupante, porém controlada** - Revista Saneamento Ambiental, n° 55 – janeiro/fevereiro, 52p.
- CERQUEIRA, L (2000) - **Veículos comprometem a qualidade do ar** - Revista Saneamento Ambiental, n° 64 – Abril, 62p.

CONAMA- Portaria MINTER/Nº 100, de 14 de julho de 1980. **Define os padrões de emissão de fumaça, a serem seguidos pelos veículos movidos a óleo Diesel.** 2p.

CONAMA/N.º 003 de 28 de junho de 1990. **Institui o monitoramento e controle no País; do número de poluentes atmosféricos.**7p.

DEMILLO, R. (1998) - **Como funciona o clima.** Editora Quarkbooks, São Paulo, SP, 226p.

GRALLA, P. (1998) - **Como funciona o meio ambiente.** Editora Quarkbooks, São Paulo, SP.213p.

HIAC/ROYCO (1991)¹ – **Manual de funcionamento do modelo HIAC/ROYCO 245 A** Pacific Scientific Company.14p.

HIAC/ROYCO (1991)² - **Isokinetic air diluter models D5, D10, D50.** Pacific Scientific Company.12p.

LAPPLE, C. E. (1961) - **Characteristics of particles and aero dispersoids.** Stanford Research Institute Journal, 525p.

LÉGATH, L.; HALIK, J. e NAUS (1988) - **Determining the basic characteristics of aerosols Suitable for studies of deposition in the respiratory tract.** Journal of Hygiene, Epidemiology, Microbiology and Immunology, 32, nº 3, 287-297.

MASTERS, G. M. (1989) – **Introduction to environmental engineering and science.** Ed. Prentice Hall, new Jersey, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. 52p.

MELLO, M.V. (1998) - **Avaliação da qualidade do ar da bacia aérea de Cubatão – Centro .** PETROBRÁS, 45p.

MÖCKER,V. e BARTHOLOMAE, H. (1989) - **Was Sie schon immer über Luftreinhaltung wissen wollten.** Verlag W. Kohlhammer. Berlin. 146p.

NBR 5478 Dez/1985 - **Metodologia de medição do teor de fuligem de gás de escapamento emitido por motor Diesel, correlação de unidades e fórmula para construção de curva limite.** 6p.

NBR 6016 (1983) - **Gás de escapamento emitido por motores Diesel – avaliação do teor de fuligem com a Escala de Ringelmann Reduzida– Método de Ensaio.** 2p.

NBR 8969 (1985) - **Poluição do ar. Terminologia.** 26p.

PORTÃO, S.B.(1999) - **Coletânea de legislação do trânsito.** Gráfica e Editora Copiart. Tubarão SC. 2ª Edição, 24,352p.

PETROBRÁS, (1999) - **Informações Técnicas.** (internet – <http://www.petrobras.br>)

SENAI, (1999) - **Curso de medição e prevenção da poluição atmosférica para técnicos do SENAI.** Santos, SP,90p.

SZWARC, A. (1988) - **A poluição do ar na região metropolitana de São Paulo e a contribuição dos veículos automotores.** CETESB, São Paulo,SP, 13p.

UENO, P. T. e YAMAMOTO (1979) - **Estudos de Física.** Cia Editora Moderna. Saõ Paulo, SP, 234p.

VERANI,L. H. W. (2000) - **Contaminantes Químicos.** Material didático do Curso de Especialização Engenharia de Segurança do Trabalho, Florianópolis, UFSC,120p.

WALSH, M. P. e MOORE, C. A (1988.) - **Motor vehicle contribution to global and transported air pollution, 3rd U.S. – Dutch Internacional Synposium, Nijmegen, The Netherlands, May 9-13,.**

Anexos

Anexo 1

PORTARIA N.º 100 de 14 DE JULHO DE 1980

O Ministro de Estado do Interior, acolhendo propostas do Secretário do Meio Ambiente, no uso das atribuições que lhe confere o artigo 4º, do decreto n.º 73.030, de 30 de outubro de 1973:

Considerando o que estabelece a Portaria n.º 231, de 27 de abril de 1976, que trata dos Padrões de Qualidade do Ar;

Considerando que as emissões de fumaça, dos veículos que utilizam óleo diesel como combustível, contribuem para deteriorização da qualidade do ar nos grandes centros urbanos;

Considerando que o excesso de emissão de fumaça constitui, também, um dos fatores de desperdício de combustível;

Considerando que o Conselho Nacional do Petróleo, órgão do Ministério das Minas e Energia, vincula, na Instrução Normativa CNP/DIRAB n.º 02, de 10 de maio de 1972, o aumento da quota de óleo diesel, para empresas de transporte, à apresentação de Certificado do Órgão do Meio Ambiente, indicando o índice de emissão de fumaça.

Resolve:

Art. 1º - A emissão de fumaça por veículos movidos a óleo diesel, em qualquer regime de trabalho, não poderá exceder ao padrão n.º 2(dois), na Escala Ringelmann, quando testados em localidades situadas até 500(quinhetos) metros acima do nível do mar, e o padrão n.º 3(três), na mesma escala, para localidades situadas acima daquela altitude.

Parágrafo único - Excetuam-se do dispositivo neste artigo os veículos de circulação restrita aos centros urbanos, os quais, mesmo em localidades situadas acima de 500(quinhetos) metros acima do mar, terão a emissão de fumaça limitada ao padrão n.º 2(dois), na Escala Ringelmann.

Art. 2º - Os responsáveis pelo lançamento de fumaça, além do nível estabelecido nesta portaria, ficarão sujeitos às penalidade previstas na legislação aplicável.

Art. 3º - A Secretaria Especial do Meio Ambiente, através de Instrução Normativa, estabelecerá os procedimentos que forem necessários à aplicação da presente Portaria.

Art. 4º - A fiscalização do cumprimento da Presente Portaria fica a cargo do Conselho Nacional de Trânsito - CONTRAN, em atendimento a Lei n.º 5.108; de 21 de dezembro de 1966, em seu art. 89, inciso XXX, alínea "a" e Resolução n.º 425/70 - CONTRAN, de 17 de março de 1970.

Anexo 2

RESOLUÇÃO/CONAMA/N.º 003 de 28 de junho de 1990

O CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA, no uso das atribuições que lhe confere o inciso II, do Art. 6º, da Lei n.º 7.804, de 18 de julho de 1989, e tendo em vista o disposto na Lei n.º 8.028, de 12 de abril de 1990, Decreto n.º 99.274, de 06 de junho de 1990 e,

Considerando a necessidade de ampliar o número de poluentes atmosféricos passíveis de monitoramento e controle no País;

Considerando que a Portaria GM 0231, de 27.04.76, previa o estabelecimento de novos padrões de qualidade do ar quando houvesse informação científica a respeito;

Considerando o previsto na Resolução CONAMA n.º 05, de 15.06.89, que instituiu o Programa Nacional de Controle da Qualidade do Ar "PRONAR, RESOLVE:

Art. 1º - São padrões de qualidade do ar as concentrações de poluentes atmosféricos que, ultrapassadas, poderão afetar a saúde, a segurança e o bem-estar da população, bem como ocasionar danos à flora e à fauna, aos materiais e ao meio ambiente em geral.

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, ao uso e gozo da propriedade e às atividades normais da comunidade.

Art. 2º - Para os efeitos desta Resolução ficam estabelecidos os seguintes conceitos:

I - Padrões Primários de Qualidade do Ar são as concentrações de poluentes que, ultrapassadas, poderão afetar a saúde da população.

II - Padrões Secundários de Qualidade do Ar são as concentrações de poluentes abaixo das quais se prevê o mínimo efeito adverso sobre o bem-estar da população, assim como o mínimo dano à fauna, à flora, aos materiais e ao meio ambiente em geral.

Parágrafo Único - Os padrões de qualidade do ar serão o objetivo a ser atingido mediante à estratégia de controle fixada pelos padrões de emissão e deverão orientar a elaboração de Planos Regionais de Controle de Poluição do Ar.

Art. 3º - Ficam estabelecidos os seguintes Padrões de Qualidade do Ar:

I - Partículas Totais em Suspensão

a) Padrão Primário

1 - concentração média geométrica anual de 80 (oitenta) microgramas por metro cúbico de ar.

2 - concentração média de 24 (vinte e quatro) horas de 240 (duzentos e quarenta) microgramas por metro cúbico de ar, que não deve ser excedida mais de uma vez por ano.

b) Padrão Secundário

1 - concentração média geométrica anual de 60 (sessenta) micro gramas por metro cúbico de ar.

2 - concentração média de 24 (vinte e quatro) horas de 150 (cento e cinquenta) microgramas por metro cúbico de ar, que não deve ser excedida mais de uma vez por ano.

II - Fumaça

a) Padrão Primário

1 - concentração média aritmética anual de 60 (sessenta) microgramas por metro cúbico de ar.

2 - concentração média de 24 (vinte e quatro) horas de 150 (cento e cinquenta) microgramas por metro cúbico de ar, que não deve ser excedida mais de uma vez por ano.

b) Padrão Secundário

1 - concentração média aritmética anual de 40 (quarenta) microgramas por metro cúbico de ar.

2 - concentração média de 24 (vinte e quatro) horas de 100 (cem) microgramas por metro cúbico de ar, que não deve ser excedida uma de urna vez por ano.

III - Partículas Inaláveis

a) Padrão Primário e Secundário

1- concentração média aritmética anual de 50 (cinquenta) microgramas por metro cúbico de ar.

2 - concentração média de 24 (vinte e quatro) horas de 150 (cento e cinquenta) microgramas por metro cúbico de ar, que não deve ser excedida mais de uma vez por ano.

IV - Dióxido de Enxofre

a) Padrão Primário

1- concentração média aritmética anual de 80 (oitenta) microgramas por metro cúbico de ar.

2- concentração média de 24 (vinte e quatro) horas de 365 (trezentos e sessenta e cinco) microgramas por metro cúbico de ar, que não deve ser excedida mas de uma vez por ano.

b) Padrão Secundário

1 - concentração média aritmética anual de 40 (quarenta) microgramas por metro cúbico de ar.

2 - concentração média de 24 (vinte e quatro) horas de,100 (cem) microgramas por metro cúbico de ar, que não deve ser excedida mas de urna vez por ano.

V- Monóxido de carbono

a) Padrão Primário e Secundário

1- concentração médio de 8 (oito) horas de 10.000 (dez mil) microgramas por metro cúbico de ar (9 ppm), que não deve ser excedida mais de uma vez por ano.

2 - concentração média de 1 (urna) hora de 40.000 (quarenta mil) microgramas por metro cúbico de ar (35 ppm), que não deve ser excedida mais de uma vez por ano.

VI- Ozônio

a) Padrão Primário e Secundário

1 - concentração média de 1 (uma) hora de 160 (cento e sessenta) microgramas por metro cúbico do ar, que não deve ser excedida mais de uma vez por ano.

VII - Dióxido de Nitrogênio

a) Padrão Primário

1 - concentração média aritmética anual de 100 (cem) microgramas por metro cúbico de ar.

2 - concentração média de 1 (uma) hora de 320 (trezentos e vinte)

microgramas por metro cúbico de ar.

b) Padrão Secundário

1- concentração média aritmética anual de 100 (cem) microgramas por metro cúbico de ar.

2 - concentração média de 1 (uma) hora de 190 (cento e noventa) microgramas por metro cúbico de ar.

Art. 3º - Ficam estabelecidos os seguintes métodos de amostragem e análise dos poluentes atmosféricos a serem definidos nas respectivas Instruções Normativas:

a) Partículas Totais em Suspensão - Método de Amostrador de Grandes Volumes ou Método Equivalente.

b) Fumaça - Método da Refletância ou Método Equivalente.

c) Partículas Inaláveis - Método de Separação Inercial/Filtração ou Método Equivalente.

d) Dióxido de Enxofre - Método de Pararonasilina ou Método Equivalente.

e) Monóxido de Carbono - Método do infravermelho não Dispersivo ou Método Equivalente.

f) Ozônio - Método da Quimioluminescência ou Método Equivalente.

g) Dióxido de Nitrogênio - Método da Quimioluminescência ou Método Equivalente.

§ 1º - Constitui-se Método de Referência, os métodos aprovados pelo Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial - INMETRO e na ausência deles os recomendados pelo IBAMA como os mais adequados e que deva ser utilizado preferencialmente.

§ 2º - Poderão ser adotados métodos equivalentes aos métodos de referência, desde que aprovados pelo IBAMA.

§ 3º - Ficam definidas como condições de referência a temperatura de 25°C e a pressão de 760 milímetros de coluna de mercúrio (1.013,2 milibares).

Art. 4º - O monitoramento da qualidade do ar é atribuição dos Estados.

Art. 5º - Ficam estabelecidos os Níveis de Qualidade do Ar para elaboração do Plano de Emergência para Episódios Críticos de Poluição do Ar, visando providências dos governos de Estado e dos Municípios, assim como de entidades privadas e comunidade geral, com o objetivo de prevenir grave e iminente risco à saúde da população.

§ 1.º - Considera-se Episódio Crítico de Poluição do Ar a presença de altas concentrações de poluentes na atmosfera em curto período de tempo, resultante da ocorrência de condições meteorológicas desfavoráveis à dispersão dos mesmos.

§ 2.º - Ficam estabelecidos os Níveis de Atenção, Alerta e Emergência, para a execução do Plano.

§ 3.º - Na definição de qualquer dos níveis enumerados poderão ser consideradas concentrações de dióxido de enxofre, partículas totais em suspensão, produto entre partículas totais em suspensão e dióxido de enxofre, monóxido de carbono, ozônio, partículas inaláveis, fumaça, dióxido de nitrogênio, bem como a previsão meteorológica e os fatos e fatores intervenientes previstos e esperados.

§ 4.º - As providências a serem tomadas a partir da ocorrência dos Níveis de Atenção e de Alerta tem por objetivo evitar o atingimento do Nível de Emergência.

§ 5.º - O Nível de Atenção será declarado quando, prevendo-se a manutenção das emissões, bem como condições meteorológicas desfavoráveis à dispersão dos poluentes nas 24 (vinte e quatro) horas subseqüentes, for atingida uma ou mais das condições a seguir enumeradas:

1. concentração de dióxido de enxofre (SO₂), média de 24 (vinte e quatro) horas, de 800 (oitocentos) microgramas por metro cúbico;
2. concentração de partículas totais em suspensão, média de 24 (vinte e quatro) horas, de 375 (trezentos e setenta e cinco) microgramas por metro cúbico;
3. produto, igual a 65×10^3 , entre a concentração de dióxido de enxofre (SO₂) e a concentração de partículas totais em suspensão - ambas em microgramas por metro cúbico, média de 24 (vinte e quatro) horas;
4. concentração de monóxido de carbono (CO), média de 08 (oito) horas, de 17.000 (dezesete mil) microgramas por metro cúbico (15 ppm);
5. concentração de ozônio, média de 1 (uma) hora, de 400 (quatrocentos) microgramas por metro cúbico;
6. concentração de partículas inaláveis, média de 24 (vinte e quatro) horas, de 250 (duzentos e cinquenta) microgramas por metro cúbico;
7. concentração de fumaça, média de 24 (vinte e quatro) horas, de 250 (duzentos e cinquenta) microgramas por metro cúbico.

8. concentração de dióxido de nitrogênio (NO₂), média de 1 (uma) hora, de 1130 (hum mil cento e trinta) microgramas por metro cúbico.

§ 6º - O Nível de Alerta será declarado quando, prevendo-se a manutenção das emissões, bem como condições meteorológicas desfavoráveis à dispersão de poluentes nas 24 (vinte e quatro) horas subseqüentes, for atingida uma ou mais das condições a seguir enumeradas:

1. concentração de dióxido de enxofre (SO₂), média de 24 (vinte e quatro) horas, 1.600 (hum mil e seiscentos) microgramas por metro cúbico;
2. concentração de partículas totais em suspensão, média de 24 (vinte e quatro) horas, de 625 (seiscentos e vinte e cinco) microgramas por metro cúbico;
3. produto, igual a 261 x 103, entre a concentração de dióxido de enxofre(SO₂) e a concentração de partículas totais em suspensão - ambas em microgramas por metro cúbico, média de 24 (vinte e quatro) horas;
4. concentração de monóxido de carbono (CO), média de 8 (oito) horas, de 34.000 (trinta e quatro mil) microgramas por metro cúbico (30 ppm);
5. concentração de ozônio, média de 1 (uma) hora. de 800 (oitocentos) microgramas por metro cúbico;
6. concentração de partículas inaláveis, média de 24 (vinte e quatro) horas, de 420 (quatrocentos e vinte) microgramas por metro cúbico.
7. concentração de fumaça. média de 24 (vinte e quatro) horas, de 420 (quatrocentos e vinte) microgramas por metro cúbico.
8. concentração de dióxido de nitrogênio (NO₂), média de 1(urna) hora de 2.260 (dois mil, duzentos e sessenta) microgramas por metro cúbico:

§ 7º - O nível de Emergência será declarado quando prevendo-se a manutenção das emissões, bem como condições meteorológicas desfavoráveis à dispersão dos poluentes nas 24 (vinte e quatro) horas subseqüentes, for atingida uma ou mais das condições a seguir enumeradas:

1. concentração de dióxido de enxofre (SO₂); média de 24 (vinte e quatro) horas, de 2.100 (dois mil e cem) microgramas por metro cúbico;
2. concentração de partículas totais em suspensão, média de 24 (vinte e quatro) horas, de 875 (oitocentos e setenta e cinco) microgramas por metro cúbico;

3. produto, igual a 393×103 , entre a concentração de dióxido de enxofre (SO₂) e a concentração de partículas totais em suspensão - ambas em microgramas por metro cúbico, média de 24 (vinte e quatro) horas;
- d) concentração de monóxido de carbono (CO), média de 8 (oito) horas, de 46.000 (quarenta e seis mil) microgramas por metro cúbico (40 ppm);
- a) concentração de ozônio, média de 1 (uma) hora de 1.000 (hum mil) microgramas por metro cúbico;
- b) concentração de partículas inaláveis, média de 24 (vinte e quatro) horas, de 500 (quinhentos) microgramas por metro cúbico;
- c) concentração de fumaça, média de 24 (vinte e quatro) horas, de 500 (quinhentos) microgramas por metro cúbico;
- d) concentração de dióxido de nitrogênio (NO₂), média de 1 (uma) hora de 3.000 (três mil) microgramas por metro cúbico.

§ 8º - Cabe aos Estados a competência para indicar as autoridades responsáveis pela declaração dos diversos níveis, devendo as declarações efetuar-se por qualquer dos meios usuais de comunicação de massa.

§ 9º - Durante a permanência dos níveis acima referidos, as fontes de poluição do ar ficarão, na área atingida sujeitas às restrições previamente estabelecidas pelo órgão de controle ambiental.

Art. 6º - Outros Padrões de Qualidade do Ar para poluentes, além dos aqui previstos, poderão ser estabelecidos pelo CONAMA, se isto vier a ser julgado necessário.

Art. 7º - Enquanto cada Estado não deferir as áreas de Classe I, II e III mencionadas no item 2, sub item 2.3, da Resolução/CONAMA n.º 005/89, serão adotados os padrões primários de qualidade do ar estabelecidos nesta Resolução.

Anexo 3

NBR 6016 MARÇO /83

GÁS DE ESCAPAMENTO EMITIDO POR MOTORES DIESEL AVALIAÇÃO DO TEOR DE FULIGEM COM ESCALA RINGELMANN REDUZIDA

1 OBJETIVO

1.1 Esta norma prescreve o método de avaliação do teor de fuligem do gás de escapamento emitido por motores diesel, de injeção direta ou indireta, com ou sem superalimentação e em qualquer condição usual de trabalho, utilizando a escala Ringelmann reduzida.

1.2 esta norma serve como método para uma simples e rápida avaliação do estado de manutenção de motores diesel.

2.NORMA E /OU DOCUMENTO COMPLEMENTAR

Na aplicação desta Norma é necessário consultar:

NBR 5478 - Unidade de medição para determinação de níveis de fumaça no gás de escape de motores diesel - Procedimento.

3. DEFINIÇÃO

Para efeitos desta Norma é adotado a definição de 3.1.

3.1. Ponto de medição

Região na qual deve ser feita a avaliação do teor de fuligem, abrangendo a região de saída do tubo de descarga do motor e de dispersão de fumaça na atmosfera.

4. APARELHAGEM

Escala gráfica com padrões de 1 a 5 da escala de Ringelmann conforme definida na NBR 5478.

5 EXECUÇÃO DO ENSAIO

Para a execução do ensaio devem ser observadas as condições de 5.1 a 5.5

5.1 O motor deve estar funcionando, em qualquer condição usual de trabalho e sob quaisquer condições de pressão barométrica e temperatura ambiente.

5.2 Para se avaliar o teor máximo de fuligem, o motor deve estar sob a condição mais severa de solicitação.

5.3 O observador deve estar a uma distância de (20 a 50)m do ponto de medição e não deve olhar em direção à luz do sol.

5.4 O observador deve segurar a escala de Ringelmann reduzida com o braço esticado e avaliar o teor de fuligem no ponto de medição através do orifício da escala, contra um fundo claro, preferencialmente branco.

5.5 O observador deve determinar, olhando através do orifício da escala de Ringelmann reduzida, qual dos padrões mais se assemelha à tonalidade do gás emitido.

6 RESULTADOS

6.1 Devem ser anotados:

- a) a tonalidade padrão da escala de Ringelmann que corresponde ao teor de fuligem do gás emitido;
- b) qualquer observação constatada no ensaio;
- c) outros dados que caracterizam o motor, se necessário

6.2 O ensaio é considerado válido quando, durante a avaliação sob as mesmas condições, não houver variação superior a uma unidade da escala de Ringelmann.

Anexo 4

NBR 5478 FEVEREIRO DE 1995

MÉTODO DE MEDIÇÃO DO GRAU DE ENEGRECIMENTO DO GÁS DE ESCAPAMENTO EMITIDO POR MOTOR DIESEL- CORRELAÇÃO DE UNIDADES E CURVA-LIMITE

1 OBJETIVO

Esta Norma fixa os procedimentos e as fórmulas de correlação entre os métodos de medição do grau de enegrecimento do gás de escapamento emitido por motor Diesel e a construção da curva-limite

2 DOCUMENTOS COMPLEMENTARES

Na aplicação desta Norma é consultar:

NBR 6016 - Gás de escapamento emitido por motor diesel - avaliação do teor de fuligem com escala Ringelmann reduzida - Método de ensaio

NBR 6065 - Veículos equipados com motor Diesel - Determinação do grau de enegrecimento do gás de escapamento - Método de aceleração livre - Método de ensaio

NBR 7026 - Gás de escapamento emitido por motores Diesel - Medição do teor de fuligem com amostrador por elemento filtrante - Método de ensaio

NBR 7027 - Gás de escapamento emitido por motores Diesel - Determinação do teor de fuligem em regime constante - Método de ensaio

NBR 8969 - Poluição do ar - Terminologia

NBR 12897 - emprego do opacímetro para medição do teor de fuligem de motor Diesel - Método de absorção de luz - Procedimento

NBR 13037 - Gás de escapamento emitido por motor Diesel em aceleração livre - determinação da opacidade - Método de ensaio

ISO 1585 - Road vehicles - engines test wole - Net power

3 DEFINIÇÕES

Para efeitos desta Norma são adotadas as definições 3.1 a 3.10.

- 3.1 Fuligem** - Aglomeração de partículas, predominantes de carbono, impregnadas de compostos orgânicos, provenientes de combustão incompleta de matéria orgânica, conforme a NBR 8969.
- 3.2 Fumaça** - Aerossol constituído por partículas resultantes da combustão incompleta de materiais orgânicos, geralmente com diâmetro de 1µm, conforme NBR 8969.
- 3.3 Reprodutibilidade da medição** - Expressão quantitativa da concordância entre os resultados de medição de uma mesma grandeza, quando as condições individuais forem feitas utilizando-se métodos diferentes e/ou laboratórios/locais diferentes, e/ou instrumentos diferentes, e/ou observadores diferentes, e/ou condições diferentes, e/ou intervalos diferentes de tempo longos comparados com o tempo de uma medição individual.
- 3.4 Repetibilidade da medição** - expressão quantitativa da concordância entre os resultados de medição sucessivas de uma mesma grandeza, executadas pelo mesmo método, mesmo laboratório/local, mesmos instrumentos, mesmo observador e mesmas condições, no menor intervalo de tempo possível, suficiente para repetição da medição
- 3.5 Grau de enegrecimento de filtro(f)** - Conforme definido na NBR 7026
- 3.6 Concentração carbônica (c)** - Teor de fuligem presente no gás de escapamento, expresso emg/m³.
- 3.7 Opacidade** - Propriedade que caracteriza o impedimento de passagem de um feixe de luz ao atravessar uma pluma de fumaça.
- 3.8 Coeficiente da absorção de luz** - Conforme o definido na NBR 12897.
- 3.9 Aceleração livre** - Conforme definido nas NBR 13031 e NBR 6065.

3.10 Regime constante - Conforme definido na NBR 7027

4 Métodos para determinação do grau de enegrecimento

4.1.1 Medição através do opacímetro

Opacímetros, conforme a NBR 12897, medem a opacidade ou o coeficiente de absorção de luz, de forma contínua para todos os componentes do gás de escapamento emitido por motor diesel, que alteram a visibilidade ambiental, podendo ser utilizados em regime constante ou não. São aceitas as seguintes medições:

- a) Coeficiente de absorção de luz (K), expresso em m^{-1} ;
- b) Porcentagem de opacidade (N), em função do comprimento efetivo do opacímetro(L) ou do diâmetro do tubo de escapamento, conforme a NBR12897, expressa em %,
- c) Unidade de fumaça *Hartrindge*(HSU), definida para $L=0,43m$, expressa em %.

4.1.2 Medição através de elementos filtrantes

Utilizando-se o princípio do amostrador por elementos filtrante, avalia-se o grau de enegrecimento do filtro(f), através de reflectância, expresso em unidade de fumaça *Bosch*(UB), conforme a NBR 7026, ou da massa de fuligem depositada em um elemento filtrante(método gravimétrico⁽¹⁾).

4.1.3 Medições visuais⁽²⁾

São avaliações da tonalidade do gás de escapamento, feitas através de comparação visual com a escala de Ringelmann(ver NBR 6016 e NBR 8969).

Anexo 5

MANUAL DO CONTADOR DE PARTÍCULAS HIAC/ROYCO

(traduzido para o português pela Engenheira Sanitarista Cristiane M.M. Baixo)

1.1 - Ligando o Contador

Certifique-se de que o aparelho esteja conectado à uma tomada de 110V com 48~63 Hz de frequência ou que se esteja fazendo uso de um transformador de no mínimo 100 VA de potência.

Para que o aparelho entre em funcionamento deve-se ligar a chave seletora que se encontra na parte traseira do aparelho e pressionar a tecla [ON/1] posicionada no painel frontal.

O operador deve posicionar o contador sobre uma superfície plana regular e distante de qualquer fonte emissora de campo eletromagnético. Caso o aparelho se desligar por tal motivo desligue-o por volta de 15 segundos e torne a ligá-lo em lugar seguro para que possa reassumir suas funções normais.

1.2 - Caneta de Leitura Ótica

O contador possui uma caneta de leitura ótica que se encontra fixada a um prendedor na parte lateral do aparelho. Tal dispositivo serve para a leitura do código de barras que se encontra no painel frontal do contador.

A caneta fica ativa no momento em que o operador liga o contador. Para que a leitura seja efetuada a caneta deve ser posicionada com uma inclinação de aproximadamente 60 graus em relação ao código de barras. A luz que é emitida pela caneta não é prejudicial pois não é laser.

1.3 - Aquecendo a Bomba de Sucção

O processo que será descrito a seguir deve ser feito sempre que o Contador for utilizado para que se possa estabilizar o funcionamento da bomba de sucção

assegurando assim uma taxa de fluxo estável durante as operações de contagem de particulados.

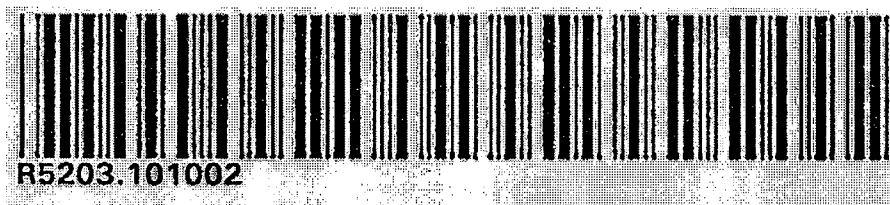
1. Ajuste o tempo de amostragem do Contador em zero varrendo o código de barras do Tempo de Amostragem [SMPL TIME] seguido do código de barras numérico “0”, “0”, “0” e “0”.
2. Pressione a tecla [START/STOP]. A bomba do Contador começará a funcionar e o mostrador principal mostrará alguns dados que devem ser ignorados.
3. Deixe o Contador funcionar por 30 minutos e então pare seu funcionamento pressionando novamente a tecla [START/STOP].

1.4 - Operações de Amostragem

Há duas formas possíveis de se operar o Contador de partículas: através de “macros” de código de barras e por operações manuais.

1.4.1 - Operações Através do Macro de Código de Barras

Este tipo de operação facilita bastante o trabalho do operador pois ele permite que o operador selecione os parâmetros de funcionamento e inicie a contagem com uma simples varrida de um único macro de código de barras. Para tal basta posicionar o Contador em local como já explicado, ligá-lo e passar a caneta ótica sobre o código de barras que se encontra na página 1-4 do Manual de Operações e que foi reproduzido aqui a seguir.



Os dados citados aqui como exemplo não são pré-programados de fábrica, o operador é que deve ajustar tais parâmetros e sempre que preciso poderá iniciar a operação de contagem de partículas com uma simples varredura do código de barras.

Exemplo:

Usando-se o macro fornecido pelo código de barras acima, o Contador começará a coletar dados imediatamente após um intervalo de cinco segundos para que se estabilize o fluxo da bomba. O aparelho fará três coletas de amostras de 1 minuto cada, com um intervalo de 10 segundos entre cada coleta. Caso mais de 500 partículas sejam detectadas no canal mais sensível em qualquer uma das coletas de amostras o alarme será acionado. O aparelho armazenará estes dados sob a estação de número 002.

OBS.: Mais adiante será tratado o assunto da programação de macros para o código de barras.

1.4.2 - Operações Manuais

O operador também pode fazer a entrada dos parâmetros das amostras individualmente através da interface de código de barras localizada na parte frontal do Contador.

As instruções que serão apresentadas aqui mostram como programar o Contador para que ele faça a mesma operação exemplificada acima com o macro do código de barras. A verdadeira função do código de barras do painel frontal será explicada em maiores detalhes no desenvolvimento do presente trabalho.

1. Ligue o Contador.
2. Passe a caneta de leitura ótica sobre o código de barras do alarme [ALARM] seguido dos códigos de barras numéricos “5”, “0” e “0”. Pressione a tecla [SEL] até que apareça o canal mais sensível de 0,5 μ m no canto superior direito do mostrador.
3. Passe a caneta sobre o código de barras do número de coletas de amostra [# RUNS]. *(Quando isto é feito o aparelho armazena os dados do alarme na memória)* Passe a caneta sobre o código de barras do número “3”.
4. Passe a caneta sobre o código de barras do tempo de amostragem [SMPL TIME]. *(Quando isto é feito o aparelho armazena o número de coletas de amostra na*

memória) Passe então a caneta sobre os códigos de barras dos números “0”, “1”, “0” e “0”.

5. Passe a caneta sobre o código de barras do tempo de intervalo [DELAY TIME].
(Quando isto é feito o aparelho armazena o tempo da amostra na memória) Passe então a caneta sobre os códigos de barras dos números “0”, “0”, “1” e “0”.
6. Passe a caneta sobre o código de barras do número da estação [STATION#].
(Quando isto é feito o aparelho armazena o tempo de intervalo na memória) Passe então a caneta sobre os códigos de barras dos números “0”, “0”, e “2”.
7. Inicie a contagem pressionando a tecla [START/STOP]

OBS.: O fabricante do aparelho aconselha o uso de macros através do código de barras ao invés de operação manual devido à relativa ineficiência das operações manuais, pois um macro claramente representa um modo mais rápido de se realizar as operações de contagem com menores chances de erros por parte do operador.

2 DESENVOLVIMENTO:

Operação Detalhada do Contador de Partículas

ROYCO modelo 245A

Todos os dados que podem ser obtidos através dos procedimentos aqui citados podem ser transferidos para um computador, já que o Contador possui uma memória capaz de armazenar até 500 amostras, incluindo dados de umidade, temperatura, alarmes e classificação de acordo com a norma FED- STD-209E.

A amostra de ar entra no contador a uma taxa de fluxo de um pé cúbico por minuto (1cfm).

2.1 - A eletrônica do Contador

O ar passa por uma região central de um feixe de luz laser emitida por um diodo laser. As partículas que se encontram neste fluxo de ar dispersam a luz ao passo que elas atravessam o feixe luminoso. Esta luz é coletada e focalizada sobre um fotodetector o

qual converte o sinal ótico em um sinal elétrico. A eletrônica do Contador processa o sinal elétrico para gerar pulsos que são utilizados no princípio de dimensionamento das partículas. Um microprocessador conta os pulsos em cada um dos quatro canais de tamanho (0,5; 5; 10; 25).

2.2 - Funções das teclas do painel frontal

O operador pode utilizar as teclas do painel frontal para ligar e desligar o aparelho, acessar dados e parâmetros operacionais e para apagar ou imprimir dados armazenados.

2.2.1- A tecla PRINT DATA

Pressionando a tecla [PRINT DATA] fará com que o aparelho imprima todos os dados de amostras armazenados na memória com o auxílio de uma impressora conectada a ele através da saída RS-232.

Esta função não apaga a memória e caso o aparelho esteja conectado diretamente a uma impressora ligada os dados das amostras serão imprimidos automaticamente ao fim de cada coleta de dado. O Contador de ser ligado antes de se ligar a impressora.

2.2.2 - A tecla CLEAR DATA

Pressionando a tecla [CLEAR DATA] pode-se apagar os dados de uma coleta de amostras recém completada, todos os dados da memória ou dados de coletas de amostras de estações selecionadas.

2.2.2.1 - Apagando os dados de uma coleta de amostras recém completada

O operador deve pressionar a tecla [CLEAR DATA] num intervalo de cinco segundos após o término da presente coleta de dados

2.2.2.2 - Apagando dados de coletas de amostras de estações selecionadas

Se o operador pressionar a tecla [CLEAR DATA] após o término do período de 5 segundos mencionado no item anterior, o aparelho mostrará o número da primeira estação, “---“, e o número da última estação cujos dados serão apagados. O intervalo das estações que serão apagadas da memória pode ser alterado. O operador pode fazê-lo entrando com um novo intervalo das estações a serem apagadas através do código de barras dos números do intervalo [RANGE NUMBERS] e então inserindo o novo número da primeira estação (em ordem crescente) do intervalo das estações a ser apagado, seguido do código de barras de (:) e finalmente do número da última estação a ser apagada. Quando o operador pressionar [CLEAR DATA] novamente todos os dados destas estações serão apagados da memória.

2.2.2.3 - Apagando todos os dados da memória

Quando a tecla [CLEAR DATA] for pressionada duas vezes consecutivas, todos os dados da memória do Contador serão apagados.

Quando [CLEAR DATA] é usado os dados apagados não poderão mais ser recuperados.

O operador pode sair da operação [CLEAR DATA] pressionando outra tecla qualquer.

2.2.3 - A tecla DATA

Pressionando a tecla [DATA] os dados da última coleta de amostras serão exibidos no mostrador. A cada vez que se pressiona a tecla [DATA] os dados dos próximos canais na seqüência serão mostrados.

2.2.4 - A tecla COUNT MODE

Ao se pressionar a tecla [COUNT MODE] os dados exibidos no mostrador mudam entre o modo de contagem de partículas por volume e o modo de contagem do número total de partículas.

2.2.5 - A tecla de seleção SEL

Pressionando-se a tecla de seleção de canais [SEL] faz com que os dados do mostrador avancem para o número da próxima estação.

2.2.6 - A tecla START/STOP

A tecla [START/STOP] pára ou inicia uma coleta de amostras. Caso uma coleta de amostras esteja em andamento e se pressione esta tecla o Contador parará. O Contador não armazena dados de coletas de amostras interrompidas.

Quando o operador selecionar um tempo de amostragem de zero, o Contador operará no modo manual. Sob estas condições, a tecla [START/STOP] inicializará o contador e a coleta de dados de uma amostra começará. O Contador continuará coletando dados até que o operador pressione a tecla [START/STOP] novamente. Tais dados serão armazenados na memória ao fim da coleta de dados.

2.2.7 - A tecla ON/1

Esta tecla liga o Contador.

2.2.8 - A tecla OFF/0

Esta tecla desliga o Contador. O Contador armazena na memória todos os parâmetros das coletas de amostras e dados de coletas anteriores. Caso o operador desligar o Contador durante uma coleta de amostras, o contador interrompe a coleta e não armazena seus dados na memória.

2.3 - Utilização da Caneta de Leitura Ótica com as Funções do Código de Barras.

O Contador vêm equipado com uma caneta de leitura ótica que permite que o operador dê comandos ao instrumento através de códigos de barras que seguem o padrão do “código 39”.

2.3.1 - O operador pode programar o Contador de duas maneiras

1. O operador pode criar macros customizados de código de barras usando um software apropriado para a geração de código de barras. Estes macros permitem a programação de todos os parâmetros de operação com uma única leitura de um código de barras.
2. O operador pode usar as funções individuais do código de barras encontrado no painel frontal do Contador para entrada manual dos dados.

2.3.2 - Para ler as informações do código de barras

Para executar a leitura de um código de barras:

1. Pegue a caneta ótica como se fosse pegar uma caneta para escrever e incline-a levemente em relação ao código de barras.
2. Posicione sua extremidade à aproximadamente 0,5 cm para qualquer um dos lados do código de barras. A leitura pode ser feita em qualquer direção, da esquerda para a direita ou vice-versa. Certifique-se de que a caneta esteja em contato com o painel de código de barras. OBS.: Não é necessário pressionar muito o código de barras para que se execute sua leitura.
3. Passe a caneta sobre o código de barras com um movimento rápido e suave. A caneta deve passar por toda a extensão do código para que seja feita uma leitura correta.

2.3.3 - O operador pode corrigir eventuais erros de três maneiras

1. Passar a caneta sobre o código de barras [BACKSPACE]. Desta forma o último número entrado será removido do mostrador.
2. Passar a caneta sobre o código de barras[*]. Desta forma o parâmetro originalmente exibido será restaurado no mostrador.
3. Passar a caneta sobre um código de barras de outra função. O Contador sairá da função ativa, mas salvará a informação deste novo valor atribuído a esta função.

2.4 - Funções do Painel Frontal de Código de Barras

O operador não têm obrigação de usar macros de código de barras. O painel frontal possui uma interface que permite que o operador ajuste os mesmos parâmetros críticos de funcionamento que podem ser fornecidos por um macro.

2.4.1 - STATION

Quando tal função está ativa, um indicador no lado esquerdo do mostrador acenderá.

O operador pode atribuir um único número de estação a cada local de coleta de amostras. O número das estações não precisam ser em ordem seqüencial.

O operador determina o número de locais requeridos por algum padrão de aplicação como FED-STD-209E.

Para entrar com um número específico de estação, passe a caneta sobre o código de barras STATION# e sobre os números que correspondem a estação desejada. Quando o código de barras de outra função for lido o valor da estação estará ajustado.

2.4.2 - SMPL TIME

Quando tal função está ativa, um indicador no lado esquerdo do mostrador acenderá.

O operador determina o tempo de amostragem requerido usando procedimentos de aplicações de determinadas localidades, pesquisas locais ou uma aplicação padrão como a FED-STD-209E. O tempo de amostragem pode variar de um segundo (.01) a 99 minutos e 99 segundos (99.99).

Após determinar o tempo de amostragem, passe a caneta sobre o código de barras [SMPL TIME] e depois sobre os números correspondentes ao tempo desejado.

2.4.3 - DELAY TIME

Quando tal função está ativa, um indicador no lado esquerdo do mostrador acenderá.

O operador deve determinar o tempo de atraso, o intervalo de tempo antes de executar a amostragem de grupos de coletas. Tal parâmetro pode variar de zero a (99.99)

O operador ajusta o intervalo de tempo passando a caneta sobre o código de barras [SMPL TIME] e depois sobre os números correspondentes ao intervalo desejado.

2.4.4 - # RUNS

Quando tal função está ativa, um indicador no lado esquerdo do mostrador acenderá.

O operador determina o número de coletas a fazer. O número de coletas pode variar de 1 a 99. Ajustar o número de coletas a zero fará com que o Contador colete dados continuamente do momento em que o operador pressionar a tecla [START/STOP] até que ele o faça novamente.

O operador ajusta o número de coletas passando a caneta sobre o código de barras [#RUNS] e depois sobre os números correspondentes ao número de coletas desejado.

2.4.5 - ALARM

Quando tal função está ativa, um indicador no lado esquerdo do mostrador acenderá.

O operador determina se um alarme para a contagem de partículas é necessário ou não. Os limites do alarme variam de 1 a 1 000 000. Quando a contagem de partículas exceder o valor ajustado para o alarme o Contador emitirá um “ beep” e o indicador do alarme no lado esquerdo do mostrador irá piscar.

Caso se esteja na função do alarme e se pressione a tecla [SEL]o operador poderá mudar o canal do tamanho de partículas ao qual o alarme será atribuído. Os alarmes não podem ser ajustados para mais de um canal por vez.

O operador ajusta o nível de disparo do alarme passando a caneta sobre o código de barras [ALARM] e depois sobre os números correspondentes à contagem de partículas limite desejada.

Ajustando-se o valor do alarme em um (1) é criada uma aplicação especial para a função alarme. Caso o operador faça isto, o Contador se comportará como um detector de taxa e emitirá um beep cada vez que uma partícula for detectada. O aparelho pode emitir até 10 beeps por segundo.

2.4.6 - DISPLAY

A função DISPLAY permite que se revise dados armazenados na memória do Contador. O operador pode rever os dados armazenados em dois formatos: em uma listagem cronológica de todos os dados armazenados, dos registros mais antigos para os mais recentes; ou em uma listagem de dados de uma determinada estação, dos dados mais antigos aos mais recentes. Após a escolha de um dos formatos de exibição, o operador visualiza os dados de um determinado registro pressionado a tecla [DISPLAY]. Quando a informação é exibida será acesa uma luz indicadora apropriada aos dados. Os tipos de informação que podem ser acessados com a função DISPLAY são:

DATE	Data da coleta
TIME	Horário da coleta
ALARM	Informações sobre o alarme
TOTAL CNT, CNT/ft ³ , CNT/m ³	Informações sobre a contagem
TEMP	Informações sobre a temperatura (Se o aparelho possuir um transdutor)
HUMIDITY	Informações sobre umidade relativa (Se o aparelho possuir um transdutor)
STATION# usuário	Número da estação definida pelo usuário
SMPL TIME	Tempo de amostragem definido pelo usuário

0.5, 5.0, 10.0 e 25.0
dimensão

Exibição de dados deste canal de

#RUNS

Número de coletas amostradas em média
(somente no modo 209E, dados médios)

A função inicial exibida pela função DISPLAY (tempo de amostragem, horário tempo, data, etc.) será a última função exibida durante o uso anterior da função DISPLAY.

Os dados de um registro de coleta de amostras são exibidos ciclicamente. Por exemplo, pressionando a tecla [DATA] quando SMPL TIME está sendo exibido fará com que o mostrador volte para a informação da data. O operador pode visualizar os dados de contagem de cada canal em contagens totais, por pé cúbico ou por metros cúbicos bastando pressionar a tecla [COUNT MODE]

2.4.6.1 - Exibindo todos os dados armazenados

Para tal, passe a caneta sobre o código de barras [DISPLAY] duas vezes . Após o segundo passe, o mostrador principal do contador exibirá a informação da data da coleta mais antiga armazenada na memória e o indicador da data [DATE] acender-se-á.

Para observar os dados dentro de um determinado registro de coletas de amostras, pressione a tecla [DATA]. para seguir para o próximo registro da memória, passe a caneta sobre o código de barras [DISPLAY]. A informação sobre a data do registro da próxima coleta será exibida no mostrador principal do Contador. Quando a função “display” (exibição) chegar ao fim dos dados armazenados o Contador emitirá um beep e mostrará a mensagem EOL (end-of-list). Para sair da função DISPLAY passe a caneta sobre o código de barras de outra função.

2.4.6.2 - Exibindo os dados armazenados em uma determinada estação

Passe a caneta sobre o código de barras da função DISPLAY uma vez . Depois então sobre o código de STATION#. O mostrador exibirá o número da última estação utilizada pelo Contador. Agora passe a caneta sobre os números referentes a estação de

interesse seguido de outro passe sobre [DISPLAY]. Neste momento o Contador estará mostrando os dados armazenados sob o número desta estação somente, do mais antigo ao mais recente. Para a visualização siga os mesmos passos descritos no item anterior.

2.4.7 - DATE

Quando tal função está ativa, um indicador no lado esquerdo do mostrador acenderá.

O operador pode alterar a data passando a caneta ótica sobre [DATE] seguido dos números que correspondem a data. Por exemplo o operador pode entrar com a data 27 de setembro de 1998 no formato de datas americano passando a caneta sobre [DATE] seguido de “0”, “9”, “2”, “7”, “9” e “8” e o mostrador principal mostrará então 09.27.98.

A data também pode ser exibida seguindo o formato internacional (DD.MM.AA). O operador pode selecionar o formato passando a caneta ótica sobre um dos códigos de barras da página 2-12 do manual.

2.4.8 - TIME

Quando tal função está ativa, um indicador no lado esquerdo do mostrador acenderá.

O operador pode alterar o horário passando a caneta ótica sobre [TIME] seguido dos números que correspondem ao horário em formato de 24 horas (HH.MM.SS). Por exemplo o operador pode entrar com o horário 2:45 p.m. passando a caneta sobre [TIME] seguido de “1”, “4”, “4”, “5”, “0” e “0” e o mostrador principal mostrará então “14.45.00.

2.4.9 - LOCK

O Contador possui uma característica de segurança por senha, ou chaveamento de dados. A característica de chaveamento previne a modificação dos parâmetros do Contador e o apagamento dos dados da memória. Quando o LOCK está ativado somente

os parâmetros operacionais, de aplicação e os dados coletados podem ser mostrados. Para acessar outros dados, o operador deve entrar com uma senha correta de 4 dígitos.

2.5 - Indicadores de Estado

O operador poderá monitorar as atividades do Contador através da monitoração das seguintes luzes indicadoras de estado:

2.5.1 - SAMPLE

Tal indicador estará aceso quando uma análise de amostragem estiver sendo executada.

2.5.2 - TOTAL CNT

Quando este indicador está aceso o Contador mostra os dados da contagem total de partículas da amostra.

2.5.3 - CNT/ft³

Quando este indicador está aceso o Contador mostra os dados da contagem em partículas por pé cúbico.

2.5.4 - CNT/m³

Quando este indicador está aceso o Contador mostra os dados da contagem em partículas por metro cúbico.

2.5.5 - MEM FULL

O indicador de MEM FULL aparece quando a memória interna do Contador está cheia. O Contador emitirá beeps quando isto ocorrer, e então passará a sobrepor (e

assim apagando) os dados cronologicamente armazenados, sendo que o mais antigo será o primeiro a ser apagado.

O operador tem duas opções quando a memória está cheia:

1. Transferir os dados para um computador usando o cabo RS-232 e o software Logger de emulação de terminal que acompanham o aparelho.
2. Imprimir os dados com o auxílio de uma impressora compatível com o padrão RS-232.

OBS.: Em nenhum destes casos a memória é apagada. Para tal, deve-se ainda, ao fim da transferência dos dados para um local seguro, pressionar a tecla [CLEAR DATA] duas vezes.

2.5.6 – OK

O indicador “OK” monitora a taxa de fluxo gasosa através do Contador para alertar o operador quanto a sérios erros de fluxo, tal como condições de alto ou baixo fluxo.

O indicador permanece aceso permanentemente quando o Contador está com uma taxa de fluxo de 1 cfm. Se a taxa de fluxo gasosa for restringida, o indicador [OK] piscará e o alarme soará. Isto continuará até o fim da coleta de amostras ou até que o operador pressione a tecla [START/STOP]. Caso o indicador de OK continuar a piscar após o operador verificar que não há obstrução de ar, ele deverá contactar o Serviço de Manutenção da HIAC/ ROYCO.