



 [imprimir o artigo](#)

E3-3.4T291

## X SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

### ESTUDOS DA POLUIÇÃO VEICULAR DE JUIZ DE FORA - MG

Pedro Higgins Ferreira de Lima – [pedrohflima@yahoo.com.br](mailto:pedrohflima@yahoo.com.br)  
Nathan Belcavello de Oliveira – [belcavello@hotmail.com](mailto:belcavello@hotmail.com)  
Cássia de Castro Martins Ferreira – [caeu@interfire.com.br](mailto:caeu@interfire.com.br)  
Luiz Alberto Martins – [alberto@artnet.com.br](mailto:alberto@artnet.com.br)

Universidade Federal de Juiz de Fora  
Cidade Universitária - Juiz de Fora - MG

Palavras-chave: Climatologia; veículos; poluição.  
Eixo 3: Aplicação da Geografia física à pesquisa  
Sub-eixo 3.4: Aplicações temáticas em estudos de casos

### INTRODUÇÃO

O presente trabalho tem por finalidade analisar de forma consistente e precisa, alguns dados obtidos a partir da estação climatológica localizada nas instalações da Polícia Federal, no bairro Manoel Honório, na cidade de Juiz de Fora, estado de Minas Gerais, juntamente com dados colhidos na Gerência de Trânsito e Transporte Urbano – GETTRAN, órgão da Prefeitura de Juiz de Fora, que gerencia o trânsito.

Os dados obtidos na estação climatológica são: temperatura, pressão atmosférica, umidade relativa do ar, velocidade dos ventos, direção dos ventos, precipitação e material particulado. Por sua vez, junto à GETTRAN foram coletados dados de fluxo de veículos na circunvizinhança da estação climatológica.

Infelizmente, para fins de análise, somente conseguimos cruzar dados relativos ao dia 02 de julho de 2002, uma vez que a GETTRAN não possuía dados sobre o fluxo de veículos nas proximidades da estação climatológica do Manoel Honório

em outros dias. Não foi possível também fazermos um trabalho de contagem de veículos, como feito pela GETTRAN, pois isso demandaria uma equipe sobremodo grande, que também demandaria recursos financeiros que não teríamos. Contudo, para a finalidade deste trabalho, os dados que dispomos são mais do que satisfatórios para as análises.

O trabalho se divide em três partes, para sua melhor compreensão.

A primeira parte trata de uma caracterização do sítio urbano e clima da cidade de Juiz de Fora, necessários às análises que serão feitas. A segunda parte trata de um levantamento bibliográfico feito sobre a poluição atmosférica veicular, realizando uma panorâmica geral do crescimento do número de veículos no mundo e no Brasil, a importância do transporte no consumo de energia e sua conseqüente poluição, além de ser feita uma caracterização do trânsito no centro de Juiz de Fora. Para finalizar, foi-se feito o estudo de caso, contando com os dados supracitados da estação climatológica e da GETTRAN, analisando a partir deles a relação entre o fluxo de veículos, a poluição veicular atmosférica e os fenômenos meteorológicos registrados.

Faz-se indispensável registrar que a realização deste trabalho não teve por intenção dirimir toda a problemática a respeito da poluição veicular atmosférica em Juiz de Fora, mesmo porque não dispúnhamos de dados necessários para tal. Todavia, acreditamos que as análises aqui feitas possam servir para o início de um estudo mais aprofundado da problemática aqui contemplada.

Mapa 1.0 – Núcleo Central de Juiz de Fora



Sem Escala

Fonte: Adaptado de <http://www.acesa.com/jfmapas/centro.apl>, acessado no dia 16 de agosto de 2003.

## 1. CARACTERIZAÇÃO DO SÍTIO URBANO E CLIMA DE JUIZ DE FORA – MG

O município de Juiz de Fora se localiza na mesorregião da Zona da Mata Mineira, tendo como coordenadas de referência 21°45'36" de latitude sul e 43°21'00" de longitude oeste.

Juiz de Fora está na unidade serrana da Zona da Mata, pertencente à Região da Mantiqueira Setentrional. Sua característica marcante é o conhecido Mar de

Morros (ou Meias Laranjas), devido à seqüência de morros que dão a impressão de ondas em um mar. Possui altitudes que chegam a ultrapassar 1.000 metros nos pontos mais elevados; no fundo do vale do rio Paraibuna as altitudes ficam em torno de 670 a 750 metros, estando os níveis médios do município por volta de 800 metros.

O Perímetro Urbano de Juiz de Fora se insere praticamente todo no curso médio do rio Paraibuna (vide imagem 1.0). O núcleo central se encontra exatamente na planície aluvionar deste local, que chega a alcançar dois quilômetros de largura, proporcionando uma área plana, sem empecilhos à construção, sendo, pois, lugar preferencial ao surgimento e crescimento da cidade. Assim, a ação antrópica nesta área é intensa; sua urbanização é, sobretudo, caracterizada pela verticalização das edificações, a fim de se aproveitar ao máximo as áreas planas, uma vez que o relevo da área apresenta amplitudes topográficas que chegam a ultrapassar 200 metros. Também a de se destacar que o vale do rio Paraibuna acaba sendo estrangulado à jusante, por uma barra resistente, restringindo o crescimento da cidade ao sul.

O tipo climático predominante do município, de acordo com a classificação climática de W. Köppen (1900-1918), tendo como base os dados coletados pela Estação Climatológica Principal da Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF)/ 5º Distrito de Meteorologia (5º DISME – Belo Horizonte) é o Cwb, um tipo climático mesotérmico, com uma concentração, em grande escala, das chuvas no período do verão, sendo este brando a moderadamente quente e um inverno frio e estio. Podemos classificar, genericamente, o clima como sendo Tropical de Altitude, por ser um clima com características tropicais influenciadas por fatores altimétricos, por possuir o local, altitudes médias em torno dos 800 metros. A média térmica anual oscila em torno de 18,9°C, sendo o mês mais quente fevereiro, com média próxima a 21,7°C; e o mês mais frio julho, com 16,1°C (vide tabela 1.0).

Imagem 1.0 – Núcleo Central da cidade de Juiz de Fora



Fonte: Adaptado de <http://www.cdbrasil.cnpm.embrapa.br>, acessado no dia 16 de agosto de 2003.

O índice pluviométrico apresenta uma média anual de 1.524 milímetros, sendo que as precipitações mais intensas ocorrem no mês de janeiro, tendo sido registrado, durante o período de 1973 a 1995, a média de 298,6 milímetros. As

precipitações do período mais chuvoso são do tipo convectivo, típicas de final de tarde, com uma concentração pluviométrica exacerbada em um curto tempo. Por sua vez, o mês com o menor índice pluviométrico médio registrado no período é julho, com 18,8 milímetros. No período de estiagem, as poucas precipitações são do tipo frontais, que costumam permanecer durante dias, mas com um índice pluviométrico baixíssimo. Outra característica marcante do clima em Juiz de Fora é a distribuição dos deslocamentos de massa de ar.

“Com relação à distribuição dos deslocamentos de massa de ar, os dados mostram a presença marcante de ventos do quadrante norte. Esta característica, aliada à existência de uma depressão alongada ao longo do fundo de vale do rio Paraibuna, com direção aproximadamente coincidente, forma um corredor preferencial de deslocamento de massas de ar que dirigem para o centro urbano da cidade, localizado ao sul”

(PJF, 1999: 77).

Este deslocamento de massas de ar predominante no ano são atribuídos à atuação da massa de ar Tropical Continental (mTc) – com pouca umidade e quente – e a Tropical Atlântica (mTa) – mais úmida e, igualmente, quente – sendo a última a mais atuante. Todavia, durante o inverno, nos meses de junho e julho, a atuação da massa de ar Polar Atlântica (mPa) faz com que os ventos de superfície vindos do quadrante sul passem a prevalecer.

Somando à distribuição dos deslocamentos de massa de ar à localização do núcleo central de Juiz de Fora, com suas características de relevo e de ocupação; e às características de temperatura e pluviosidade, teremos características climáticas peculiares, dinamizadas pelas alterações ambientais causadas pelos processos antrópicos. Isto acaba criando, ao mesmo tempo, fenômenos como a Ilha de Calor como, também, locais no núcleo central que apresentam temperaturas abaixo das médias de outras áreas, devido ao intenso sombreamento, proporcionado pela verticalização e pelas características do relevo.

Todavia, o que destacamos neste trabalho são as conseqüências que os deslocamentos de massa de ar, aliados às características antrópicas e de relevo do núcleo central, oferecem à poluição atmosférica, sobretudo veicular, em Juiz de Fora.

Tabela 1.0 – Dados meteorológicos médios mensais de Juiz de Fora de 1973 a 1999

MESES	PRECIPITAÇÕES (mm)	TEMPERATURA MÉDIA COMPENSADA (°C)
Janeiro	295,9	21,3
Fevereiro	192,2	21,8
Março	181,6	20,9
Abril	85,6	19,3
Maiο	48,7	17,5
Junho	23,5	16,3
Julho	16,9	16,1
Agosto	21,3	17,0
Setembro	72,6	17,5
Outubro	127,3	18,6
Novembro	195,4	19,6
Dezembro	263,0	20,4

MÉDIA ANUAL	1.524,0	18,9
-------------	---------	------

Fonte: ECP/UFJF

## 2. A POLUIÇÃO VEICULAR ATMOSFÉRICA

A principal fonte de poluição atmosférica nas concentrações urbanas de maior densidade é proveniente da intensa circulação de veículos, do crescimento da frota e da sua crescente predominância como meio de transporte. O transporte tem uma importância tão grande que aproximadamente metade do petróleo consumido no mundo destina-se a este setor.

Segundo PENNA (1999), em 1950, havia um carro para cada 46 pessoas no mundo, em 1970 essa proporção já era de um carro para cada 18 pessoas e em 1997, era de um para 12, demonstrando que o crescimento do número de carros no mundo é maior que o crescimento demográfico, proporcionalmente. Em 1950, a frota mundial era de 50 milhões de carros, já em 1997 este número alcançava o valor de 501 milhões. O número de carros nos países ricos está se estabilizando, assim como suas populações, mas o número de quilômetros rodados vem aumentando substancialmente. A distância média anual andada por um norte-americano em 1950 era de 3800 km e em 1990 passou para 9700 km.

No Brasil este quadro se torna mais preocupante ao se levar em conta que a frota circulante tem média de idade superior a 10 anos e manutenção deficiente, o que resulta em níveis de emissão superiores aos que seriam normalmente observados.

Assim como no mundo, a quantidade de carros no Brasil cresce rapidamente, na cidade de São Paulo, por exemplo, havia 165 mil veículos em 1960, em 1970 esse número atingia 640 mil, em 1980 1,8 milhões e em 1998 4,7 milhões.

As cidades não conseguem crescer com planejamento no mesmo ritmo em que cresce o número de veículos. Daí vê-se nas cidades de grande e médio porte congestionamentos que duram horas, e agravam a poluição atmosférica.

O nível de poluição do ar é medido pela LIMA-E-SILVA et al (1999) poluente é a “substância ou agente físico que provoca, de forma direta ou indireta, qualquer alteração ou efeito adverso no ambiente, seja nos ecossistemas ou na saúde humana. Na verdade, qualquer substância artificial, mesmo que inicialmente não poluente, se adicionada a um meio acima de sua capacidade assimilativa, pode se tornar para este meio, um poluente”, os poluentes são classificados em primários, aquele emitido diretamente ao ambiente, sem sofrer qualquer alteração química e secundários que são aqueles derivados da mistura entre dois poluentes primários ou entre um poluente primário e uma ou mais substâncias presentes no ambiente.

Os principais poluentes emitidos pelo escapamento do veículo são:

- monóxido de carbono (CO), que tem a sua formação regulada principalmente pela relação oxigênio/combustível presente na câmara de combustão e pela eficiência da queima da mistura ar/combustível;
- hidrocarbonetos (HC), também conhecidos como combustíveis não queimados ou ainda como frações de compostos orgânicos, são frações do combustível que não foram queimados ou que sofreram apenas oxidação parcial;
- óxidos de nitrogênio (NOx), que tem a sua formação regulada, principalmente pela temperatura no interior da câmara de combustão;
- óxidos de enxofre (SOx), que resultam da oxidação do enxofre presente nos combustíveis fósseis por ocasião da queima do combustível;
- material particulado (MP) ou partículas em suspensão, que resultam da combustão as frações mais complexas de hidrocarbonetos em condições

de insuficiência de oxigênio e de tempo para queima adequada, bem como de condensação de aerossóis e vapores ou deterioração de materiais;

- aldeídos (R-CHO) que resultam da oxidação parcial do combustível durante a queima. Os principais aldeídos em termos de quantidade emitida são o formaldeído e o acetaldeído.

As cidades, quanto maiores vão ficando, e quanto menos áreas verdes têm são protagonistas de uma concentração térmica de um gradiente cada vez mais elevado, conforme vai se caminhando da periferia para o centro, conhecido como ilha de calor. A ilha de calor é responsável por uma circulação do ar característica, onde o ar da região central se aquece e sobe, e o ar da periferia converge para o centro da cidade, nas palavras de NUCCI (2001), formando um “domo” de poluição no centro da cidade.

“A ilha de calor intensifica os problemas de poluição no ambiente urbano. Sua dissipação se dá pela ação dos ventos, portanto, o aumento da rugosidade causada pela verticalização das cidades pode atrapalhar a dissipação dos poluentes devido à queda da velocidade do vento”

(NUCCI, 2001:44).

Juiz de Fora de acordo com o censo 2000 do IBGE tem 456 mil habitantes, e como a grande maioria das cidades médias, tem atingido um alto grau de complexidade em seu sistema viário central que, por sua vez constitui-se como importante fator ligado ao desenvolvimento urbano. Atualmente o centro de Juiz de Fora se apresenta como uma região de intenso fluxo de veículos, como pode ser visto na tabela 2.0 em 2001, Juiz de Fora apresenta 106 mil veículos, sendo 80 mil carros. Há uma forte concentração do tráfego da cidade na área de estudo (a região central da cidade), essa característica é atribuída ao crescimento do centro como núcleo comercial e prestador de serviços. Todos esses atributos fazem dessa área um lugar atrativo, um local de enorme fluxo de bens e pessoas e, que muito merece a atenção quanto ao planejamento e gestão.

A tabela 2.1 mostra que 54 mil ou 68% dos carros de Juiz de Fora tem mais de seis anos (foram fabricados em 1995 ou anteriormente), assim como 57% das caminhonetes e 84% dos caminhões registrados em Juiz de Fora.

Tabela 2.0. Veículos registrados no DETTRAN de Juiz de Fora por tipo – 2001

TIPO	QUANTIDADE
<b>Carro</b>	79 884
<b>Caminhonete</b>	5 470
<b>Caminhão</b>	3 658
<b>Camionete</b>	3 837
<b>Motocicleta</b>	7 381
<b>Ônibus</b>	1 131
<b>Outros</b>	4 774
<b>TOTAL</b>	106 135

Fonte: Anuário estatístico de Juiz de Fora, 2002.

Tabela 2.1. Veículos por tipo e ano de fabricação em Juiz de Fora

TIPO	ANO DE FABRICAÇÃO				
	2001	2000	1999/98	1997/96	#1995
<b>Carro</b>	3 718	3 565	7 367	10 068	54 954

<b>Caminhonete</b>	389	437	723	753	3 151
<b>Caminhão</b>	95	125	202	163	3 072
<b>Camionete</b>	83	144	244	508	2 849
<b>Motocicleta</b>	1 261	894	989	1 020	3 147
<b>Ônibus</b>	59	84	222	138	627
<b>Outros</b>	326	357	567	481	3 025
<b>TOTAL</b>	5 931	5 606	10 314	13 131	70 825

Fonte: Anuário estatístico de Juiz de Fora, 2002.

### 3. ESTUDO DE CASO: A POLUIÇÃO VEICULAR ATMOSFÉRICA NO BAIRRO MANOEL HONÓRIO

A partir dos dados obtidos na estação climatológica localizada nas instalações da Polícia Federal, na avenida Brasil, próximo ao cruzamento com a avenida Barão do Rio Branco, no bairro Manoel Honório (local este entre o núcleo central de Juiz de Fora e o restante do vale do rio Paraibuna a montante), confeccionamos os gráficos 3.0, 3.1, 3.2, 3.3 e 3.4. com os dados obtidos junto à GETTRAN, confeccionamos os gráficos 3.5. Com a estação climatológica conseguimos dados somente de material particulado na atmosfera ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), contudo, este dado já se faz satisfatório para a análise de poluição veicular atmosférica. Também ressaltamos que os dados obtidos junto à GETTRAN são dados de um cruzamento próximo ao da avenida Brasil com a Barão do Rio Branco, mas que também se faz satisfatório à análise, uma vez que não há diferença substancial com o fluxo deste cruzamento com o qual conseguimos os dados.

Antes de partirmos para a análise dos dados, destacamos que no dia em que estes foram obtidos era inverno, onde a atuação da mPa se faz presente, como já foi dito no primeiro capítulo.

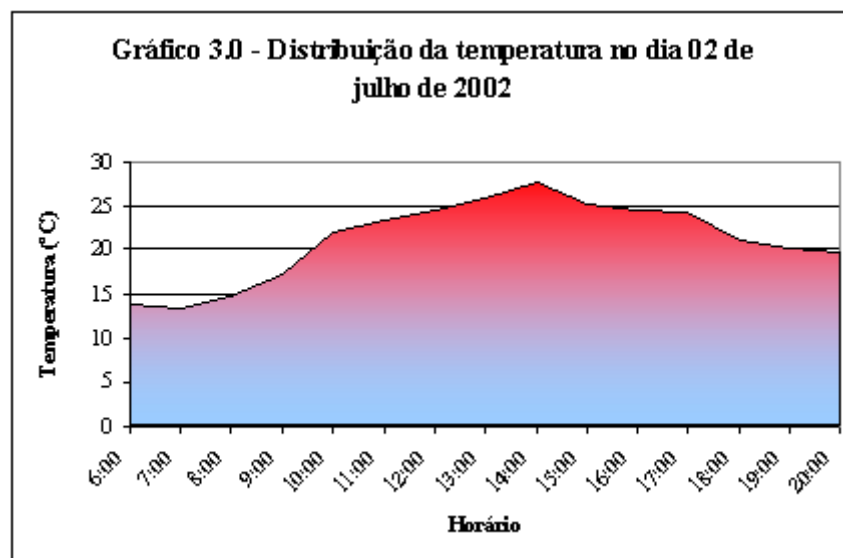
Como podemos verificar no gráfico 3.0, a temperatura esteve, aparentemente, dentro da normalidade para um dia de inverno em Juiz de Fora, tendo alcançado a temperatura máxima dentro do período previsto, por volta das 14 horas.

Todavia, ao verificarmos o gráfico 3.1, veremos que nele há uma anormalidade, considerando que a direção dos ventos muda durante o decorrer do período, não se mantendo na direção do quadrante norte, que seria a normal para o período, uma vez que, como já destacamos, a atuação da mPa se faz presente. Como podemos observar no gráfico, até por volta das nove horas da manhã a direção dos ventos era para o quadrante norte. A partir das nove horas, a direção dos ventos se inverte, passando a seguir para o quadrante sul, até por volta das 17 horas, quando os ventos voltam a ter a mesma direção da manhã. Podemos explicar tal fato, baseados no fenômeno da ilha de calor. Durante a manhã, quando o Sol ainda não aqueceu o núcleo central da cidade, formado por grande concentração de edificações e pavimentos asfálticos, o que proporciona a atuação 'normal' da mPa sobre o local. Mas com o aquecimento do núcleo central da cidade, que vai se dar de uma maneira bem mais elevada do que em relação a sua circunvizinhança, principalmente à montante do rio Paraibuna (exatamente à noroeste do núcleo central), que possui em seu vale uma concentração de vegetação, que forma a mata do Krambeck, fará com que os ventos passem a se direcionar para este, como podemos constatar no gráfico 3.1, anulando a atuação da mPa.

Contudo, a formação da ilha de calor e a mudança da direção dos ventos não estariam ligadas somente ao aquecimento das edificações e pavimentos asfálticos do núcleo central de Juiz de Fora. Se pegarmos os gráficos 3.4 e 3.5, verificaremos que o fluxo de veículos e a quantidade de material particulado no horário em que a mudança da direção dos ventos se dá, vai ser bem próxima, o que nos leva a constatar que a poluição veicular atmosférica auxilia no fenômeno da ilha de calor nos centros urbanos.

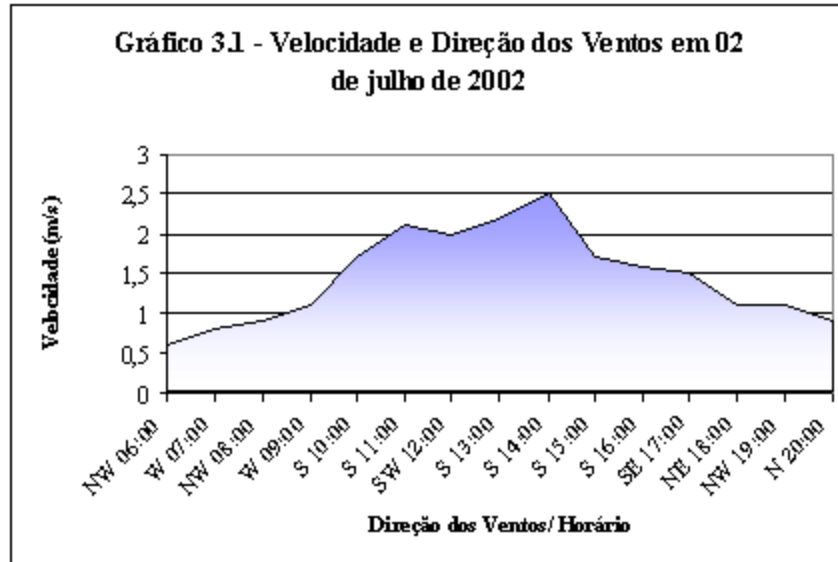
Outro fenômeno que estaria ligado à poluição veicular atmosférica seria a precipitação. Dentre os dados que obtemos, está que no período de nove às dez

horas houve uma precipitação de 0,2 milímetro (uma garoa bem suave). Porém, se pegarmos o gráfico 3.2, observaremos que a umidade relativa antes das nove horas não estava próxima de sua saturação. O que teria, então, proporcionado esta precipitação, mesmo que tão mínima? O gráfico 3.4 pode, mais uma vez, nos auxiliar na resposta desta indagação, pois a quantidade de material particulado neste período é elevada. Este material particulado na atmosfera serviu como agregador para a formação de gotículas de água, que precipitaram em forma de garoa. Isto é justificado pelo próprio gráfico 3.4, uma vez que, após a precipitação, a quantidade de material particulado registrado cai abruptamente, havendo uma dissipação da poluição advinda, com certeza do fluxo de veículos que, no período da manhã, começa a aumentar, uma vez que as pessoas se deslocam de suas casas para o trabalho. A pressão atmosférica (vide gráfico 3.3) também pode ter auxiliado na precipitação, mas, com certeza, a quantidade elevada de material particulado na atmosfera foi o principal responsável pela garoa. Como podemos ver no gráfico 3.1, a velocidade dos ventos em direção ao núcleo central de Juiz de Fora aumenta após a ocorrência da precipitação, o que, com certeza, 'mascarou' os dados sobre a quantidade de material particulado na atmosfera que, segundo o gráfico 3.4, tem um aumento por volta do meio-dia, seguindo o aumento do fluxo de veículos, caindo a zero no período das 14 às 15 horas, coincidindo com o período de maior velocidade dos ventos, e se elevando gradualmente até as 20 horas, sem que esta elevação tenha sido significativa. Com certeza ainda há muitas análises que ainda podem ser feitas a partir dos dados que obtemos. Todavia, acreditamos que as análises feitas já foram satisfatórias para observarmos a relação que há entre a poluição veicular atmosférica e os fenômenos meteorológicos dentro de uma dinâmica urbana. Com isso, destacamos a importância do estudo de tal tema dentro da problemática dos estudos de Climatologia em áreas urbanas, além de ser importante também para um planejamento consistente de formas de se amenizar os efeitos de fenômenos como a ilha de calor, exemplificado neste trabalho.

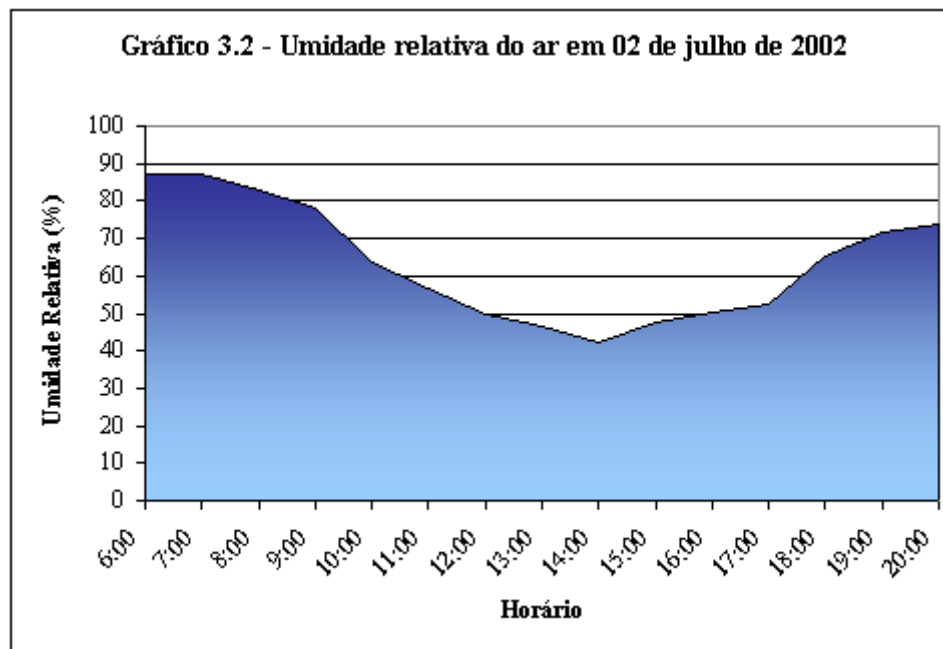


Fonte: ECMH.

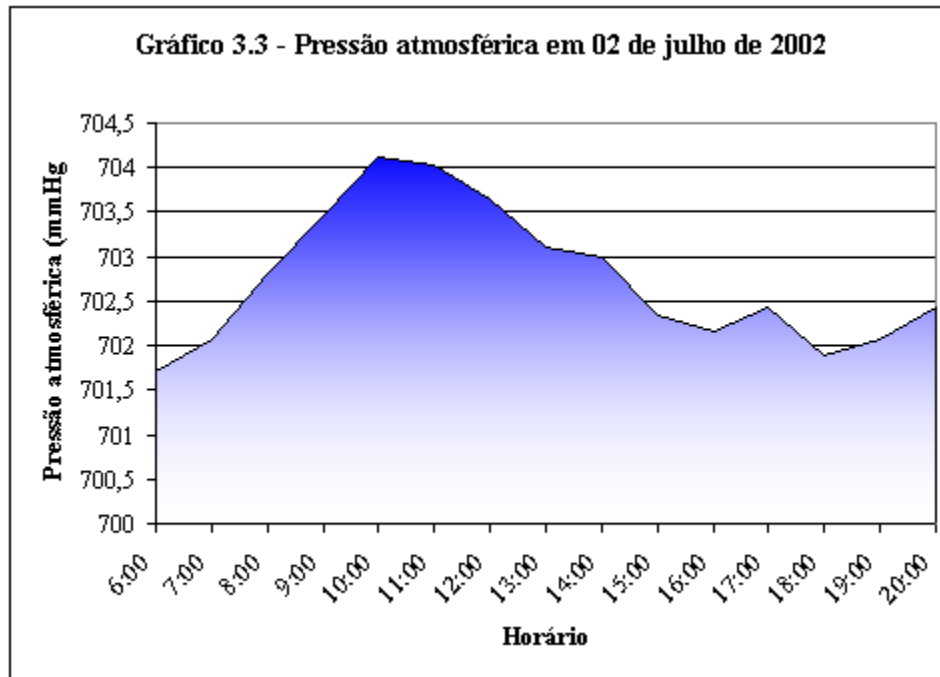




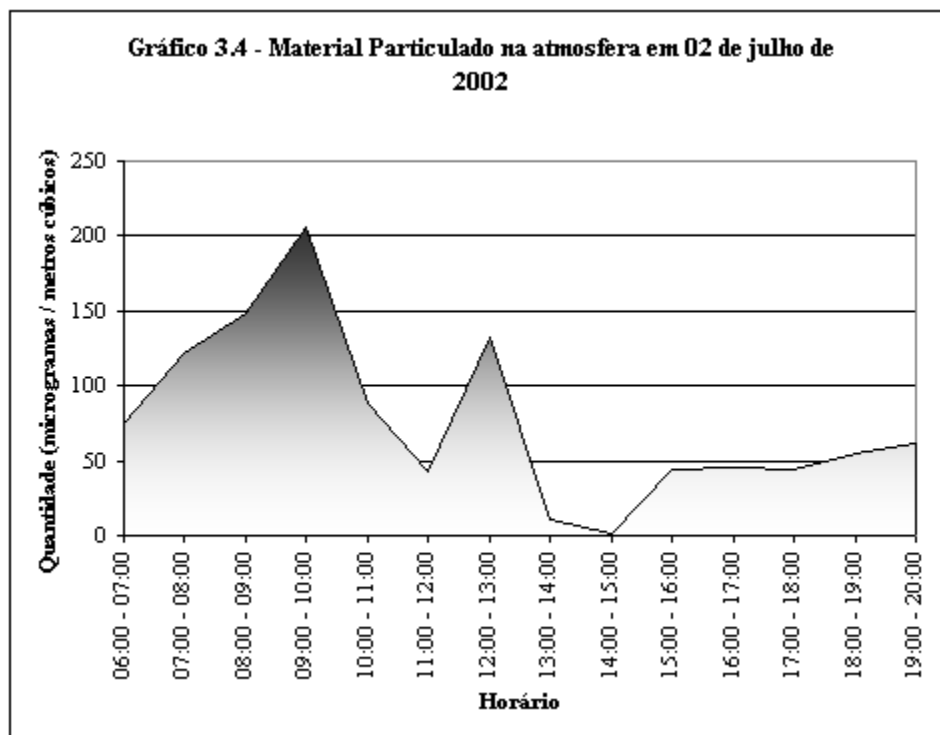
Fonte: ECMH.



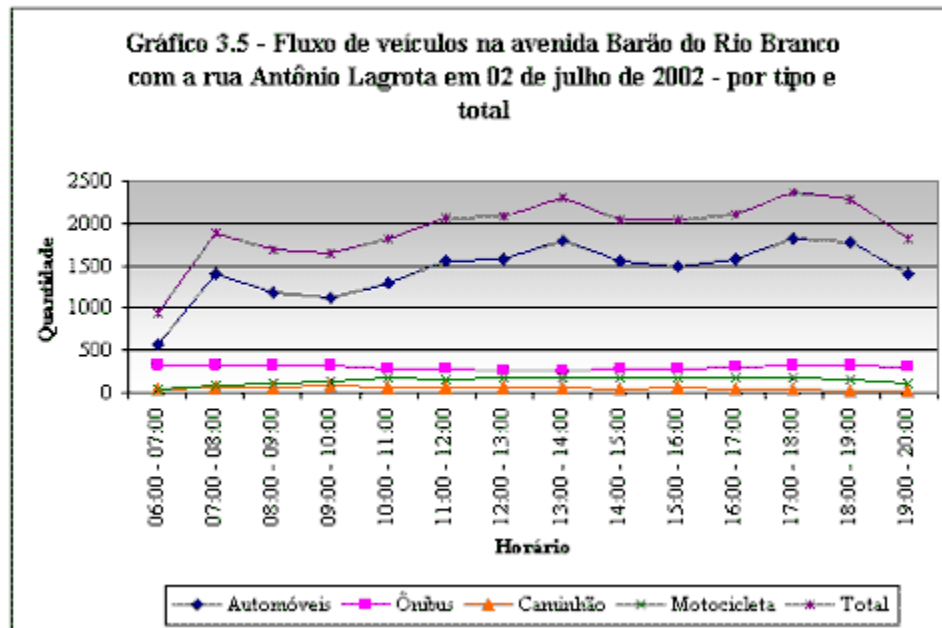
Fonte: ECMH.



Fonte: ECMH.



Fonte: ECMH.



Fonte: GETTRAN/JF.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AYOADE, J. O. Introdução à Climatologia para os trópicos. 5 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998.

DESENVOLVIMENTO E MEIO AMBIENTE: Cidade e ambiente urbano. Curitiba: UFPR, n. 3, 2001.

GUERRA, A. J. T. et Cunha, S. B. da. Avaliação e perícia ambiental. 3 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2002.

\_\_\_\_\_. Impactos ambientais urbanos no Brasil. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001.

<http://www.cdbrasil.cnpm.embrapa.br>, acessado no dia 16 de agosto de 2003.

<http://www.acesa.com/jfmapas/centro.apl>, acessado no dia 16 de agosto de 2003.

LIMA-E-SILVA, P. P. de; GUERRA, A. J. T.; MOUSINHO, P.; BUENO, C.; ALMEIDA, F. G. De; MALHEIROS, T. et SOUZA JÚNIOR, Á. B. de. Dicionário brasileiro de Ciências Ambientais. Rio de Janeiro: Thex, 1999.

MYNIHAN, D. P. O desafio urbano. São Paulo: Cultrix, 1969.

MACHADO, P. J. de O. Notas de aula de Climatologia – apostila 02s/00. Juiz de Fora: UFJF, julho de 2000.

\_\_\_\_\_. Notas de aula de Meteorologia – apostila 01s/00. Juiz de Fora: UFJF, fevereiro de 2000.

MARTINS, L. A. A temperatura do ar em Juiz de Fora - MG: Influências do sítio e da estrutura urbana. Unesp, Campus Rio Claro, 1996. Dissertação de Mestrado.

NUCCI, J. C. Qualidade ambiental e adensamento urbano: um estudo de ecologia e planejamento da paisagem aplicado ao distrito de Santa Cecília (MSP). São Paulo: Humanitas/FFLCH/USP, 2001.

PENNA, C. G. O estado do planeta – sociedade de consumo e degradação

ambiental. Rio de Janeiro: Record, 1999.

PREFEITURA DE JUIZ DE FORA. Plano diretor de desenvolvimento urbano de Juiz de Fora. Juiz de Fora: IPPLAN/JF, vol. II, 1999.

ROSS, J. L. S. (org.). Geografia do Brasil. 3 ed. São Paulo: USP, 2000.

SECRETARIA DE ESTADO DE MEIO AMBIENTE. Plano de controle da poluição por veículos em uso – PCPV, a que se refere a resolução SMA no. 31, de 28 de dezembro de 2000. São Paulo: Diário Oficial de São Paulo, 2000.

---