

ANÁLISE DO CONSUMO DE COMBUSTÍVEL DE ÔNIBUS URBANO

Gilmar Silva de Oliveira
Rômulo Dante Orrico Filho

Universidade Federal do Rio de Janeiro
Coordenação dos Programas de Pós Graduação em Engenharia – COPPE

RESUMO

Este trabalho de pesquisa investiga o comportamento do consumo de combustível de ônibus urbano, em condições reais de operação, com o objetivo de identificar os principais fatores que influenciam a sua variação. A pesquisa de campo analisou e tratou uma massa considerável de dados e obteve parâmetros e indicadores de consumo para veículos do tipo *Microônibus*, *Leve (ou convencional)* e *Padron*, três tecnologias que são predominantes nos sistemas de transporte das cidades brasileiras. O trabalho permitiu comparações entre os resultados da pesquisa de campo com os valores recomendados pelo GEIPOT/MT (1994) e com os índices adotados pelos municípios brasileiros e mostrou que, apesar da evolução tecnológica, os coeficientes de consumo de combustível usados nas planilhas de cálculo tarifário, ainda reproduzem as ineficiências comuns ao setor.

ABSTRACT

This work of search investigates the behavior of fuel consume by urban bus, in real conditions of operation, with a goal to identify the main factors of influencing their variation. The camp search analysed and treated a big mass of data and found parameters and values of consume to vehicles the kind of *Microônibus*, *Leve (or convencional)* and *Padron*, three tecnologies that are predominant of transportation system of brazilian cities. The work allowed comparison between the results of camp search with the values advisable by GEIPOT/MT (1994) and with the index adopted by brazilian cities and showed that, in spite of tecnology evolution, the coefficient of oil consume used in the plans of tariff calc, already reproduce inefficiencies typical of that sector.

1. INTRODUÇÃO

O transporte coletivo por ônibus no Brasil possui destacada importância para o desenvolvimento econômico e social dos municípios brasileiros, apesar da crise atual cujo sintoma mais evidente é a redução gradativa de usuários. Diante deste cenário, se torna muito importante conhecer e analisar, em profundidade, os principais componentes ligados ao custo de produção do serviço, de modo que seja possível melhorar a eficiência e a produtividade do setor.

Desde que o governo federal transferiu aos municípios a responsabilidade pela definição das tarifas do transporte público, no início dos anos 80, tem havido uma evolução muito lenta no aspecto do cálculo tarifário, especialmente na determinação dos índices que expressam os custos de operação destes serviços. A introdução em 1983 da planilha GEIPOT forneceu aos municípios brasileiros um importante referencial para definir a política local de preços, entretanto, com o passar do tempo e com a falta de novas pesquisas que atualizassem os coeficientes técnicos de consumo sugeridos no documento, algumas referências ali presentes tornaram-se ultrapassadas.

Nas *Instruções Práticas para Cálculo da Tarifas de Ônibus Urbanos* publicada pelo GEIPOT em 1983, conhecida como Planilha de 1983, o índice máximo de consumo de combustível foi estabelecido em 0,38 litros por km, admitindo-se, nos casos em que a linha apresente trechos não pavimentados superiores a 20% de sua extensão, um acréscimo 10% no índice acima, ou seja, poderia alcançar 0,418 l/km. A versão dessa Planilha em 1991 tece algumas mudanças em outros pontos mas, quanto ao item combustível, mantém o mesmo índice (0,38 l/km) e as mesmas observações. A versão atualizada dessas *Instruções*, resultante das atividades

desenvolvidas por um Grupo de Trabalho do Ministério dos Transportes em 1993 (republicada em 1996), apresenta não mais um único valor, porém uma faixa de variação com mínimos e máximos e também levando em conta a categoria veicular (Leve, Pesado ou Especial).

Cabe lembrar que em 1986 o GEIPOT, a pedido da EBTU – Empresa Brasileira de Transportes Urbanos, levou a cabo uma experiência sobre o consumo de combustível em área urbana com diversos tipos de veículo em situação de pico, fora de pico e tráfego livre, buscando índices que pudessem mais tarde subsidiar políticas públicas para o setor, na época uma atribuição da EBTU.

Os valores médios observados em tal pesquisa e os índices constantes da Planilha de 1994 são sintetizados nas tabelas abaixo:

Tabela 1: Coeficientes de consumo de combustível (em litros / km)

Coeficientes de Consumo de Combustível (em litros por quilômetro), 1994.				
Tecnologia	Potência	Índice mínimo	Índice máximo	Índice médio
Leve	até 200 HP	0,35	0,39	0,370
Pesado	acima de 200 HP	0,45	0,50	0,475
Especial	acima de 200 HP	0,53	0,65	0,590
Fonte: Ministério dos Transportes - Cálculo de Tarifas de Ônibus Urbanos. Instruções Práticas Atualizadas, 1994				

Tabela 2: Pesquisa sobre o consumo de combustível (em litros / km)

Valores médios de consumo (l/km) observados, 1986.				
Condições de Tráfego	Veículo	MB-O-364	Padron/Volvo	Scania Articulado
	Potência	130 CV	260 CV	296 CV
Pico		0,38	0,63	0,68
Fora de Pico		0,38	0,61	0,64
Tráfego Livre		0,33	0,54	0,57
Geral		0,37	0,60	0,63
Fonte: GEIPOT/EBTU - Pesquisa sobre consumo de Combustível em área urbana - CONSURB, 1986				

Hoje os sistemas de transporte urbano no Brasil vivem, seguramente, uma realidade por demais diferente da vivenciada na época de tais pesquisas. A introdução de novas tecnologias implicou na estratificação dos tipos de veículos, antes restritos basicamente aos modelos Convencional, Padron e Especial (articulado e bi-articulado), hoje convivendo com veículos menores, em especial os micro-ônibus. A presença do transporte dito “alternativo” em diversas cidades brasileiras também fez a indústria de ônibus se adaptar a este novo cenário e produzir veículos de menor porte, mais ágeis e adequados à operação confusa nos grandes centros urbanos e em regiões periféricas que apresentam baixa densidade demográfica e dificuldade de acesso. A tecnologia também passou por uma grande evolução, principalmente os motores a combustão, que incorporaram sistemas eletrônicos de injeção e mecanismos de redução do consumo e do nível de poluentes emitidos.

Além disso, muitas empresas de transporte coletivo participam de programas de economia e redução de poluentes emitidos no processo de queima do óleo diesel, como o projeto *Economizar*, mantido pela Petrobrás. De acordo com os resultados mais recentes do programa, participam 3.189 empresas, com uma frota total de 133.075 veículos sob avaliação em 22 estados da federação. O Projeto Economizar, de acordo com o CONPET (2004), garantiu a redução no consumo de óleo diesel e aumento da eficiência dos processos em todas as empresas participantes. Dados deste projeto registram a economia total de 2,87 milhões de litros de óleo diesel por ano.

Não obstante a evolução tecnológica e a existência de programas como o *Economizar*, que sem dúvida representam melhoria significativa de produtividade e eficiência na operação dos sistemas de transporte coletivo por ônibus, as planilhas de custos destes serviços, feitas pela parcela majoritária dos municípios brasileiros, sobretudo os de médio porte, ainda possuem como referência, os antigos parâmetros de consumo de combustíveis. Ou seja, é importante que todas as ações que objetivem reduzir os custos ou melhorar a produtividade de serviços públicos essenciais sejam revertidos em ganhos de eficiência para o usuário, através da modicidade tarifária.

Os resultados deste trabalho, feito com dados pesquisados em veículos sob condições reais de operação, mostram coeficientes de consumo de combustíveis significativamente mais baixos que os referenciais da Planilha de 1994 e, como também se observou nos anuários da ANTP, ainda mais baixos que os valores adotados em grande parte de municipalidade brasileira nas suas planilhas de cálculo de tarifas. Esta constatação mostra a necessidade de realização de novas e abrangentes pesquisas de campo com vista à obtenção de parâmetros de consumo adequados às realidades e especificidades de cada uma de nossas cidades, de modo que as tarifas praticadas nessas localidades sejam as mais próximas das reais condições de operação e de eficiência.

2. PESQUISAS E ESTUDOS DESENVOLVIDOS

Os principais estudos examinados sobre o consumo de combustíveis por ônibus urbanos buscam desenvolver modelos econométricos de ajuste de uma curva de consumo de combustível com relação às diferentes variáveis e características operacionais. Usualmente tais estudos apontam a velocidade média (nas razões direta, inversa e quadrada), como a principal variável determinante para explicação do comportamento do índice de consumo (l/km), não apenas para o ônibus urbano, mas para todos os demais tipos veículos analisados naqueles estudos.

Outras variáveis também são postas em destaque por alguns estudiosos. O carregamento do veículo por Balassiano (1980), ressaltando, porém, a dificuldade em modelar e utilizar esta variável em um sistema urbano complexo formado por diversas linhas em diversas situações ao longo da jornada diária de operação. Outro aspecto que foi importante para auxiliar na definição das variáveis investigadas neste trabalho de pesquisa, foi a variável *inclinação do pavimento*, chamada de “alinhamento vertical” nos estudos Ferraz (1976), FINEP/ENGEVIX (1982) e GEIPOT (1986). Adotada como variável explicativa se mostrou importante, apesar de não terem sido feitos testes práticos com veículos do tipo ônibus urbano nos dois primeiros trabalhos. Estudos mais recentes feitos por Nassi *et al.* (2003) e por Costa (2003) não apontaram coeficientes médios de consumo de combustível, mas atualizaram as curvas de

consumo, considerando as condições tecnológicas atuais para os veículos do tipo *Microônibus*, *Leve* (ou convencional) e *Padron*.

Mais recentemente há que se destacar o levantamento realizado pela ANTT (2003) para o sistema de transporte semi-urbano no entorno de Brasília. Apesar de se tratarem linhas com características predominantes de transporte intermunicipal, foi encontrado um coeficiente médio de consumo mais baixo que o referencial mínimo do GEIPOT/MT (1994). Estes referenciais metodológicos foram muito importantes para orientar a escolha das principais variáveis presentes neste trabalho, quais sejam: *Tecnologia*, *Idade da Frota*, *Congestionamento*, *Rampa*, *Carregamento* e *Velocidade Média*.

3. ESTUDO DE CASO

A pesquisa de campo foi preparada para investigar o consumo de combustível do sistema de transporte urbano de Petrópolis, cidade da região serrana do estado do Rio de Janeiro que possui características topográficas e de circulação que restringem fortemente a operação do transporte coletivo por ônibus. De acordo com Kraus (1997), o 1º Distrito do município de Petrópolis, distrito sede, é condicionado decisivamente pela sua topografia, que influenciou o processo de desenvolvimento urbano, notadamente quanto à ocupação do solo e à formação do sistema viário. O sistema de transporte converge para a Rua do Imperador, onde se localiza o Terminal Rodoviário e os pontos terminais de ônibus, próximos a supermercados, ao Mercado Municipal, ao Centro de Saúde e à Universidade Católica. O sistema viário de Petrópolis permite a ligação entre os diversos bairros e os distritos e tende a relacionar-se, em seu conjunto, com o centro da cidade. “Essa concentração, todavia, é fator determinante do colapso viário do centro da cidade (Kraus, 1997)”.

Sem dúvida, o sistema viário local com ruas estreitas e íngremes e com pavimento em paralelepípedo, agravado pela ocupação residencial informal da encostas e fraldas dos morros da cidade, reúne um conjunto de adversidades importantes à operação dos transportes por ônibus e apontam para valores elevados de consumo de combustível.

Conforme cita Oliveira (2004), o serviço de transporte coletivo é operado por cinco empresas permissionárias locais que atendem em regiões distintas, salvo a área central do município, onde existem os principais pontos de embarque e desembarque e também à exceção das chamadas “linhas interbairros”, que são operadas em conjunto pelas empresas que já prestam o serviço em cada extremidade. De acordo com esse autor, em Petrópolis, existem muitas linhas que operam em trechos com rampas acentuadas, e também muitas vias submetidas a congestionamentos frequentes, sobretudo na área central da cidade. O sistema transporta mensalmente cerca de cinco milhões de usuários, é operado por cerca de 300 ônibus em dias úteis, sendo esta frota composta por veículos dos tipos Microônibus, Leve (ou convencional) e Padron. Esta classificação tecnológica foi baseada na potência dos motores, de acordo com a seguinte ordem: Micro (até 150cv), Leve (de 150cv a 200cv) e Padron (acima de 200cv).

4. COLETA DE DADOS

Preliminarmente à coleta de dados propriamente dita, foi realizado um levantamento de dados e informações sobre índices de consumo de combustíveis em cidades brasileiras que estivessem disponíveis em anuários estatísticos ou *sites* institucionais no Brasil. A principal fonte a esse respeito é o Anuário Estatístico da Associação Nacional de Transportes Públicos - ANTP que desde 1998 reúne informações de uma vasta gama de cidades e sistemas urbanos

brasileiros. Foram examinados os anuários de 1998 (sob essa ótica é o mais completo) de 1999/2000 (não contém dados segregados por tecnologia veicular) e de 2001/2002 (obtido em meio eletrônico na página da instituição). Embora listados mais de 60 (sessenta) municípios em cada anuário, muitos não apresentavam dados completos que permitissem uma análise abrangente, de modo que foram selecionados, ao todo, 48 municípios no Anuário de 1998 e 27 no de 2001/2002. Como apenas os veículos do tipo *Leve* são comuns aos municípios cujos relatórios continham os dados necessários, as análises desta fonte foram baseadas neste tipo tecnológico.

Complementarmente se incluem os resultados da pesquisa de campo realizada pela ANTT para o sistema de transporte semi-urbano no entorno de Brasília. Trata-se de linhas semi-urbanas com características predominantes de transporte intermunicipal embora em boa parcela dos trechos sofra os mesmos problemas urbanos de nossas grandes cidades. Os Dados Primários utilizados neste trabalho resultam de pesquisa de campo realizada no sistema de transporte coletivo da cidade de Petrópolis, no Estado do Rio de Janeiro. Em princípio, esperava-se definir um tamanho de amostra representativo do universo de veículos que operam no sistema de Petrópolis, porém, dado o tamanho relativamente pequeno da frota e a razoável estrutura de fiscalização do órgão de gestão local, optou-se pela medição em todos os cerca de 300 veículos que fazem parte da operação diária do sistema. Este intenso trabalho de campo foi realizado com um grupo de apoio de oito pessoas, que realizou medições e anotações nas garagens das empresas operadoras, nos meses de janeiro e novembro de 2003, durante dois dias consecutivos em cada mês, sempre ao final da jornada de operação.

No primeiro dia, com uso de formulário próprio, foi anotado o registro do hodômetro de cada um dos veículos após o término da operação e depois de verificar o abastecimento completo do tanque de combustível. No segundo dia, foram anotados, além do prefixo do veículo e o registro do hodômetro, o número da linha de serviço naquele dia e o volume de abastecimento do tanque de combustível, em litros. Dessa forma, foi possível obter a quilometragem percorrida por cada um dos coletivos, tomando como base o hodômetro do dia anterior e o consumo em litros por km, relativo à operação de cada veículo. A conferência de integridade da quilometragem percorrida foi feita posteriormente pela leitura dos discos diagrama de tacógrafo, referentes aos dias de coleta, onde ficam registrados os percursos feitos pelos coletivos em suas respectivas escalas de serviço.

As informações complementares sobre os veículos em si foram obtidas com base na documentação da frota de cada empresa, das Notas Fiscais de aquisição junto aos fabricantes e das informações cadastrais de prefixo e tipo de veículo, adotados pelo órgão gestor. Também foi necessário levantamento específico sobre as características físicas das linhas, tais como a velocidade média, a existência de rampas e a extensão do itinerário submetido às retenções de tráfego.

Para obter os dados sobre a velocidade média, foi feita leitura pormenorizada dos discos de tacógrafo de cada linha nos dias de realização das coletas de dados. O cálculo da velocidade média foi feito através da divisão do somatório dos quilômetros operados em cada viagem pelo tempo total gasto, excluindo-se os tempos de parada nos pontos de controle. A tarefa de analisar os discos de tacógrafo é feita periodicamente pelo controle de oferta do órgão gestor para efeito de verificar o cumprimento da programação horária (escala de viagens) definida para cada linha. A informação sobre as linhas cujos itinerários ficam submetidos a trechos

com rampas, também foi trabalhosa e exigiu análise detalhada dos dados cadastrais, além de complemento com pesquisas em campo, que foram necessárias para medir trechos do itinerário de algumas linhas próximas à área central do município, sobretudo em suas extremidades, onde geralmente existe grande variação na inclinação do pavimento. Neste estudo a variável *rampa* foi tratada como uma variável binária, onde o valor “1” foi atribuído às linhas submetidas a esta condição e o fator “0” às linhas sem presença de rampa.

Para obter a informação sobre o trecho do itinerário de cada linha submetido às retenções de tráfego, também foi necessário recorrer aos dados cadastrais das linhas, onde estão registradas as extensões de percurso nos dois sentidos de operação (bairro x centro e vice e versa). Além disso, neste caso também foi necessário ir a campo mapear a área central e identificar a extensão das vias mais expostas aos congestionamentos. Assim, foi possível apropriar a relação entre trechos submetidos e não submetidos a retenções de tráfego em de cada linha.

5. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Os resultados alcançados com a pesquisa são aqui apresentados em três tempos. Inicialmente os resultados globais obtidos e separados por tecnologia veicular predominante, em seguida as comparações com as fontes secundárias de dados e o exame das divergências encontradas e, por fim, uma análise de conjunto é apresentada com as principais variáveis identificadas como significativas para o consumo de combustível de ônibus urbano.

5.1. Os Resultados Globais Obtidos

Os coeficientes médios de consumo encontrado nas duas coletas, para cada um dos três tipos de tecnologia predominantes (Micro, Leve e Padron) são apresentados na Tabela 2 abaixo.

Tabela 3: Coeficientes Técnicos de Consumo por Tipo de Veículo

Tecnologia	1ª Coleta			2ª Coleta		
	Frota	Coef.	DesvPad	Frota	Coef.	DesvPad
Micro	10	0,232	0,05	16	0,263	0,05
Leve	267	0,331	0,06	246	0,329	0,06
Padron	6	0,418	0,02	5	0,419	0,06
Total	283			267		

Pode-se verificar na tabela acima que os coeficientes encontrados são significativamente mais baixos (melhores) que os valores recomendados na Planilha GEIPOT. No caso dos veículos do tipo Leve, o coeficiente médio nas duas coletas é inferior em 11% ao índice médio recomendado pelo GEIPOT (0,37 litro por km) e até mesmo em 6% inferior ao limite mínimo recomendado pelo GEIPOT (0,35 litro por km). Para veículos do tipo Padron, os coeficientes de consumo encontrados na pesquisa também são mais baixos 16% que a média GEIPOT e em 7% que o limite mais baixo recomendado pelo órgão (0,45 litro por km).

5.2. Veículos do tipo Padron

Comparando os valores médios da pesquisa de campo com as informações de algumas cidades brasileiras, nota-se uma certa variabilidade nos coeficientes de consumo dos veículos do tipo Padron. Do Anuário de 2001/2002 da ANTP, neste item, constam dados de apenas seis municípios e os índices de consumo são muito divergentes: variam de 0,42 l/km a 0,62 l/km. A mediana 0,52 está acima até mesmo do valor máximo dos parâmetros do

GEIPOT/MT (1994). Apenas duas cidades utilizam índices compatíveis com os apurados em Petrópolis, as demais cidades usam coeficientes acima de 0,50 litro por km. A figura 1 compara os valores mínimos, médios e máximos da pesquisa de campo em Petrópolis, com os limites de consumo admitidos pelo GEIPOT/MT (1994) e com os dados dos seis municípios que constam do anuário da ANTP, para veículos do tipo Padron.

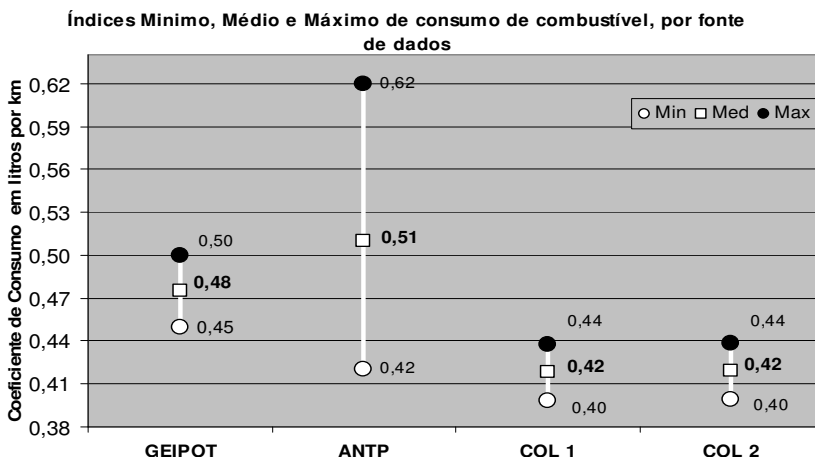


Figura 1: Gráfico Comparativo de Coeficiente de Consumo (veículo Padron)

5.3. Veículos do tipo Leve

Para os ônibus do tipo Leve (ou convencional), o manual do GEIPOT/MT (1994) recomenda coeficientes de consumo entre 0,35 a 0,39 l/km, para as condições suaves e mais severas de operação respectivamente. Tomando-se os valores constantes dos Anuários da ANTP (1998 e 2001/2002) em que tais dados estavam disponíveis (em caso de repetição optou-se em usar o dado mais novo) pode-se ter um pequeno panorama nacional na matéria. O histograma abaixo mostra a distribuição de frequência desses índices de consumo.

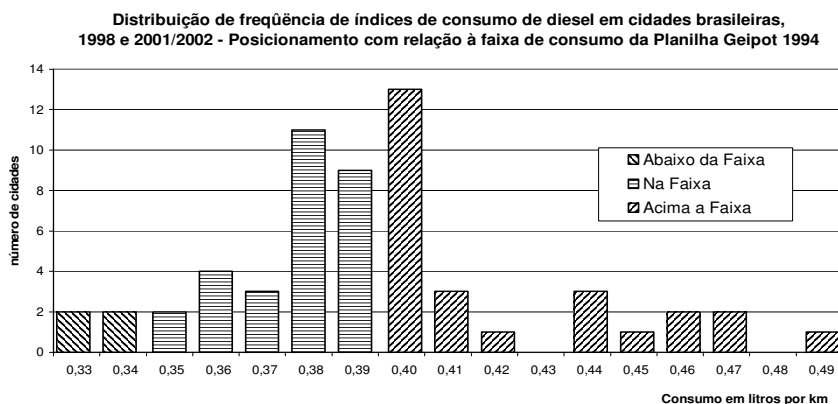


Figura 2: Distribuição de frequência do coeficiente de consumo de combustível em cidades brasileiras

Vê-se na figura 2 que quase metade das cidades (44%) pratica índices acima da faixa recomendada pelo GEIPOT (0,35 a 0,39) alcançando até 0,50 l/km, ou seja, 35% acima do valor médio sugerido. Considerando apenas as cidades cujos valores estejam dentro da faixa, ainda assim vê-se em 70% dos casos o uso dos valores elevados da faixa. Deve-se ressaltar, entretanto, a possibilidade de que as informações fornecidas pelos órgãos gestores à ANTP não tenham seguido a mesma uniformidade. É possível que em alguns casos tenha-se atribuído a alguns veículos a classificação *Leve* quando deveria ser *Padron*.

A pesquisa feita pela ANTT (2003) para a região metropolitana de Brasília, obteve coeficiente médio de 0,34 l/km. Embora o relatório não explicita claramente a composição tecnológica da frota, é plausível considerar que a maioria dos veículos seja do tipo *Leve* (ou convencional). O valor encontrado, ao contrário dos constantes das cidades no Anuário da ANTP, situa-se abaixo do valor mínimo da faixa de variação sugerida na Planilha Geipot.

A expectativa deste levantamento realizado em Petrópolis seria encontrar valores próximos aos limites máximos do GEIPOT, dadas as características do sistema viário local, que como dito, grande parte das linhas está em vias estreitas, íngremes e com diversos trechos submetidos a congestionamento, resultando em condições severas de operação. Ainda assim, o coeficiente médio de consumo encontrado nas duas coletas (0,33 l/km), feitas com pouco menos de 300 veículos cada, foi significativamente inferior ao limite mínimo recomendado pelo GEIPOT/MT (1994).

Para efeito de comparação foi admitida variabilidade semelhante à do GEIPOT (limites mínimos e máximos variando em $\pm 0,02$ dígito da média). A figura 2 ilustra e mostra a significância dos valores encontrados frente aos parâmetros do GEIPOT/MT (1994), os valores da pesquisa da ANTT e os dados dos Anuários da ANTP, para o caso de veículos do tipo *Leve* (ou convencional). A figura a seguir mostra claramente os coeficientes obtidos com a pesquisa de campo são significativamente mais baixos que os valores sugeridos em 1994 (GEIPOT), e ligeiramente inferiores aos resultados da pesquisa feita pela ANTT em Brasília. E mais, são ainda mais baixos que os utilizados nas cidades brasileiras em geral.

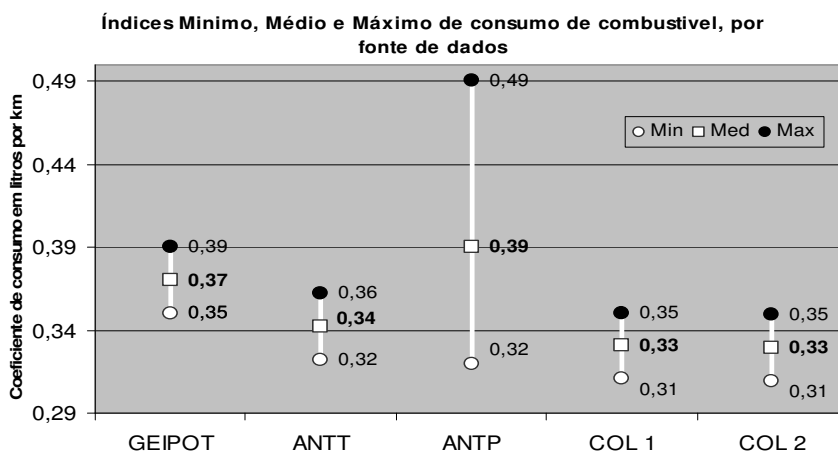


Figura 3: Gráfico Comparativo de Coeficiente de Consumo (veículo leve)

Comparando os resultados da pesquisa com os valores adotados em cidades de porte similar a Petrópolis (faixa de 250 a 350 mil habitantes), encontram-se diferenças significativas. Das 10 cidades extraídas dos anuários 1998 e 2001/2002 da ANTP, nesta faixa de população, apenas Blumenau informa coeficiente compatível com o resultado da pesquisa (0,34 litro por km). Na faixa Geipot encontram-se seis: duas cidades informam 0,37 l/km e quatro dizem 0,38. Acima da faixa ficam quatro, com 0,40, 0,41, 0,43 e 0,45 litros por km.

Em média, o coeficiente de consumo de combustível adotado nesses municípios está quase 20% acima do resultado encontrado na pesquisa de campo em Petrópolis.

Face às informações e aos resultados do estudo, o cenário revelado é preocupante, pois, possivelmente, uma boa parcela de municípios brasileiros não dispõe de dados confiáveis sobre índices de consumo de combustível e tais dados são fundamentais para efetivação do cálculo tarifário.

5.4. Veículos do tipo Microônibus

O estudo feito por COSTA (2003) destaca a importância hoje em dia assumida pelos veículos do tipo microônibus nos sistemas de transporte de muitas cidades brasileiras. Usado principalmente com o objetivo de combater o transporte clandestino, os microônibus estão ganhando cada vez espaço nos sistemas urbanos, em razão de sua já destacada agilidade, rapidez e conforto que pode oferecer ao usuário. Isso faz com que a configuração tradicional dos sistemas locais, antes restritos somente aos ônibus do tipo convencional, seja alterada e incorpore cada vez mais veículos com essa característica tecnológica.

Tendo em conta a diferença de potência entre tais veículos e os outros ônibus em geral, a expectativa é, naturalmente de que o índice de consumo de combustível (diesel) dos veículos menores seja significativamente mais baixo que o dos outros. No anuário de 2001/2002 da ANTP constam treze municípios com informações sobre consumo de combustível por veículos de pequeno porte, no caso microônibus, e os valores encontrados variam de 0,21 l/km a 0,38 l/km.

Os valores médios índice de consumo de combustível para veículos do tipo microônibus encontrados nas duas coletas da pesquisa em Petrópolis foram 0,232 l/km e 0,263 l/km, contrariando inclusive a expectativa inicial de encontrar índices mais altos, já que esses veículos em Petrópolis, sem exceção, operam exclusivamente em regiões de difícil acesso, dadas as restrições topográficas que impedem a circulação de ônibus do tipo convencional em razão da sinuosidade, declividade e dimensão reduzida destas vias.

O coeficiente médio de consumo na segunda coleta apresentou uma sensível variação comparada com o resultado da primeira, algo que não ocorreu com os veículos do tipo Leve e Padron. Uma possível explicação para esta diferença pode ser atribuída à variação relativa no número de veículos entre as duas coletas: eram 10 e passaram a 16. Quando selecionados na segunda coleta apenas os veículos também registrados na primeira, a diferença reduziu e o índice máximo ficou em 0,25 litro por km.

Comparando os resultados obtidos na pesquisa de Petrópolis com os dados constantes do Anuário da ANTP vê-se que, como regra geral, os valores utilizados nos municípios são mais elevados. Registram-se caso com índices de consumo para veículos do tipo microônibus em

0,35 l/km, 0,37 l/km e até mesmo 0,38 l/km, situados em mais de 50% do coeficiente médio encontrado na pesquisa de campo. Merece destaque o fato de que um determinado município utiliza o valor de 0,20 l/km. A figura 4 mostra um comparativo entre os valores da pesquisa de campo e dados de municípios brasileiros constantes do anuário da ANTP.

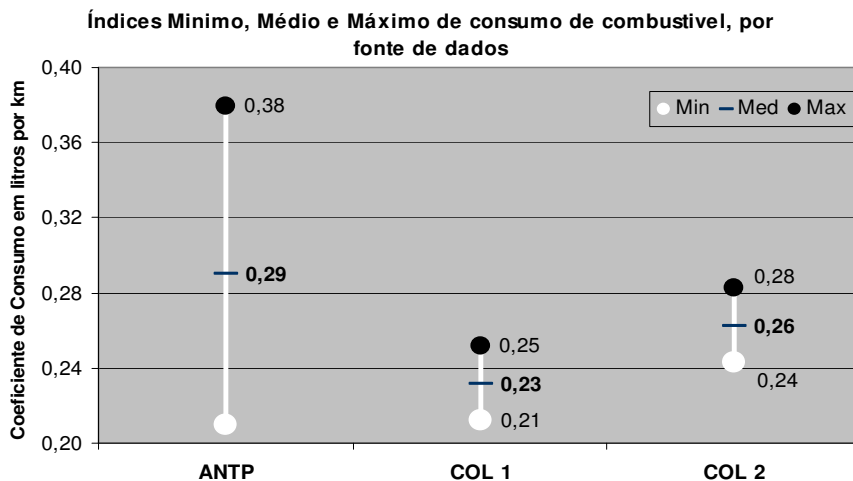


Figura 4: Gráfico Comparativo de Coeficiente de Consumo (microônibus)

Os coeficientes médios de consumo obtidos para microônibus são aproximadamente 40% inferiores aos valores encontrados para ônibus do tipo convencional, ou seja, 0,23 contra 0,33 litro por km. As diferenças encontradas relativamente a esses números nas cidades brasileiras podem ter as mais diversas razões e fogem ao escopo deste trabalho. De forma idêntica à ponderação quanto às diferenças nos índices de consumo dos ônibus leves, cabe também ressaltar a hipótese de que os municípios podem não estar informando adequada e uniformemente seus dados à ANTP. Em todo caso é importante verificar se por ausência de informações não estejam adotando para microônibus índices iguais aos adotados para veículos do tipo convencional.

5.5. Análise de variáveis independentes

Na tentativa de melhor entender as variações do consumo de combustível de ônibus urbano, foram selecionadas algumas variáveis antecipadamente consideradas relevantes e, através da pesquisa de campo, buscou-se medir a influência e a importância destas variáveis no sistema analisado. Das variáveis escolhidas para estudo, *tecnologia*, *rampa*, *congestionamento* e *velocidade média* tiveram destaque e apresentaram alguma influência sobre a variação no consumo.

5.5.1. Tecnologia

Dada a divisão inicial entre veículos Micro, Leves e Padron, verificou-se que o sistema de Petrópolis apresenta uma grande uniformidade tecnológica, ao menos para os *Leves*, que representaram 95% e 92% do universo de veículos aferidos respectivamente nas duas coletas realizadas. No tratamento destes dados buscou-se examinar a possível existência de variação no coeficiente médio de consumo de combustível internamente dentre os veículos do tipo Leve (ou convencional).

Os dados foram segregados e reclassificados em categorias, e os veículos, diferenciados pela potência do motor e pelo peso bruto, em dois grupos, a saber: um representado pelos modelos OF-1620 e OF-1721, com potência aproximada de 200hp e outro representado pelos demais tipos de veículos leves pesquisados, com potência aproximada de 180hp.

Tabela 4: Distribuição dos Coeficientes Médios de Consumo para Veículos Convencionais

Tecnologia	Amostra	Distribuição %	Coef. Médio (litros / km)
OF 1620 e OF 1721	187	70%	0,36
Demais veículos Leves	80	30%	0,32

Os resultados mostraram, de acordo com os dados coletados, que existe uma pequena diferenciação de consumo entre uma e outra categoria, em face desta classificação tecnológica, já que os modelos OF 1620 e OF 1721, reconhecidamente mais potentes, apresentaram coeficiente médio de consumo superior ao que fora registrado para os menos potentes (OF 1318, OF 1417 e os outros), confirmando desse modo uma das expectativas iniciais do estudo.

5.5.2. Rampa

Com a expectativa de identificar a influência exercida pela variável *rampa* sobre o consumo de combustível de ônibus urbano, os dados foram segregados em duas categorias: veículos que operaram em linhas com rampa e em linhas sem a presença de rampa. A média dos índices de consumo dos veículos submetidos a rampas (fator 1), foi maior que a dos veículos que operaram em linhas sem rampa (fator 0), conforme mostra a tabela abaixo.

Tabela 5: Distribuição do Coeficiente Médio de Consumo por Presença de Rampa

		COLETA 1		COLETA 2	
Referência	Amostra	Coef. Médio (litros / km)	Amostra	Coef. Médio (litros / km)	
Rampa 0	142	0,32	121	0,31	
Rampa 1	125	0,35	125	0,35	

A cidade de Petrópolis, assim como Salvador, Ouro Preto e Olinda, é reconhecida como uma cidade de topografia íngreme, com ruas estreitas e de difícil circulação. Ainda assim, tomando-se em separado os veículos que trafegam em itinerários com rampa (excluindo-se os que trafegam em trechos sem rampa), a média de consumo registrou 0,35 litros por km, valor que é significativamente mais baixo que a média dos valores recomendados pela Planilha GEIPOT (0,37 litro por km) e também mais baixo que a média dos valores informados pelas cidades brasileiras constantes dos anuários da ANTP (0,39 litro por km).

5.5.3. Congestionamento

Para facilitar essa análise, foram criadas três faixas de congestionamento, a saber: “0% a 10%”, “10% a 30%” e “mais de 30%”, como forma de analisar grupos de veículos submetidos a esta condição de tráfego. Esta classificação considera a proporção dos itinerários submetidos a congestionamento e que foram percorridos pelos veículos no dia da coleta. Essa distribuição em três faixas foi feita com o propósito de incorporar uma amostra significativa de veículos em cada faixa.

A tabela 6 apresenta o resultado desta análise e vê-se que são coerentes com a expectativa: o aumento do congestionamento resulta na variação do coeficiente de consumo de combustível, que passa de 0,32 litro por km, nível de congestionamento mais leve, para 0,35 litro por km, nível mais intenso.

Tabela 6: Distribuição do Coeficiente Médio de Consumo por Faixa de Congestionamento

Faixa de Congestionamento	COLETA 1		COLETA 2	
	Amostra	Coef. médio (litros / km)	Amostra	Coef. médio (litros / km)
0% - 10%	110	0,32	86	0,32
10% - 30%	84	0,33	88	0,33
> 30%	73	0,34	72	0,35

5.5.4. Velocidade Média

Face aos objetivos deste trabalho, a variável velocidade adotada foi velocidade média, resultado da operação de cada veículo no dia da coleta de dados. A maioria dos estudos, como dito anteriormente, busca a relação de consumo com a variação pontual da velocidade. Os usos são, portanto, distintos. Foram definidas duas faixas, a saber: velocidades médias de até 20 km/h e acima de 20 km/h, conforme demonstrado na tabela a seguir:

Tabela 7: Distribuição do Coeficiente Consumo por Faixa de Velocidade Média

Faixa	COLETA 1		COLETA 2	
	Amostra	Coef. Médio (litros / km)	Amostra	Coef. Médio (litros / km)
Até 20 km/h	136	0,35	134	0,35
> 20km / h	131	0,32	112	0,32

Novamente, conforme o esperado, nota-se que as linhas com velocidade média abaixo de 20 km/h apresentaram consumo 9% superior àquelas com velocidades acima de 20 km/h. Como as linhas de ônibus em Petrópolis circulam por vias que não permitem desenvolver altas velocidades, não foi possível considerar a influência das altas velocidades na variação do consumo. É importante observar que foram encontrados os mesmos valores nas duas coletas, dando maior consistência aos resultados: ou seja, 0,35 litro por km como coeficiente médio de consumo para veículos que percorreram linhas com velocidade média de até 20 km/h e 0,32 litro por km para veículos que percorreram linhas com velocidade média acima de 20 km/h.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Um dos primeiros resultados da pesquisa foi, infelizmente, a constatação de que os principais parâmetros de coeficientes de consumo de combustível pelos ônibus urbanos no Brasil estão efetivamente desatualizados, muito embora o país tenha registrado um formidável avanço em termos de desenvolvimento tecnológico da indústria automobilística, de qualidade do óleo diesel e mesmo de atuação no sistema viário das cidades. A grande pesquisa de campo, que pautou os dados ainda em uso como referenciais, é de 1986. Na documentação da Planilha de 1994 não há referência explícita à pesquisa de campo, mas a dados aportados pelos membros do Grupo de Trabalho. Ainda assim, seriam dados de 1993, ou seja, coletados há mais de dez anos.

O trabalho buscou também estabelecer, ao menos para a situação estudada, parâmetros mais atuais sobre o consumo de combustível de ônibus urbano, nas três categorias veiculares predominantes nos sistemas de transporte das cidades brasileiras, examinando as condições reais de operação. Os resultados são expressos em variáveis facilmente mensuráveis e utilizáveis pelos organismos gestores de transporte público dessas cidades.

Constatou-se também que — em que pesem as condições adversas do sistema viário de Petrópolis — os índices encontrados na pesquisa de campo são significativamente mais baixos que os recomendados na Planilha GEIPOT/MT. Constatou-se também que grande parte das cidades brasileiras (cujos dados estavam disponíveis nos Anuários da ANTP) utiliza em suas planilhas de cálculo de tarifas, índices que são superiores aos parâmetros do GEIPOT e, evidentemente, muito acima dos valores encontrados no estudo de caso.

A obtenção de resultados diferenciados para os três tipos de veículos pesquisados (Microônibus, Leve e Padron), e mesmo entre alguns modelos de veículos do tipo Leve, revela a importância da diferenciação tecnológica na determinação do consumo de combustível nos transportes públicos, fato que expressa a necessidade de investigar essa variável com mais profundidade em outros estudos do gênero.

Há necessidade, portanto, de um sério trabalho de atualização em nível nacional que não prescindirá de uma grande coleta na busca de índices mais adequados às diferentes situações encontráveis nas cidades brasileiras, seja de tecnologia, seja de condições operacionais e que resulte em instrumentos a serem utilizados pelos organismos gestores locais.

Por fim, tendo em conta a importância crescente do peso do óleo diesel no valor das tarifas recomenda-se maior atenção tanto na mensuração do índice de consumo, quanto, efetivamente na regulamentação dos motores, como parte de um necessário programa nacional de melhoria da produtividade e qualidade dos transportes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANTP (1998) “Anuário de Transportes Urbanos 1998”. São Paulo, SP, Brasil.
- ANTP (2003) “Anuário de Transportes Urbanos 2001/2002”. Disponível na Internet pelo site: http://www.antp.org.br/produtos_antp.htm. Capturado em 22 de novembro de 2003.
- ANTT (2003) “Estudo para a Revisão da Planilha Tarifária das Linhas Semi-urbanas do entorno de Brasília.” Relatório Final. Brasília, DF, Brasil.
- BALASIANO, Ronaldo (1980) Uma Função de Consumo de Combustível para ônibus em Tráfego Urbano. Tese de Mestrado COPPE/UFRJ - Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
- COSTA, Hildemar Rodrigues (2003) Uma Função de Consumo de Combustível para Veículos do Tipo Microônibus. Tese de Mestrado COPPE/UFRJ – Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
- FERRAZ, Antonio Clóvis Pinto (1976) Predeterminação do Consumo de Combustível de Veículos Equipados com Motor de Ciclo OTTO. Tese de Mestrado. USP, São Paulo, SP, Brasil.
- FINEP/ENGEVIX. (1982) “Conservação de Energia no Setor de Transportes – Pesquisa de consumo de energia no transporte urbano”. Minuta do Relatório Final, São Paulo, SP, Brasil.
- GEIPOT/MT (1994) “Cálculo de Tarifas de ônibus Urbanos. Instruções Práticas Atualizadas”, 2ª ed. Brasília, DF, Brasil.
- KRAUS, Márcia F. C. (1997) Moderação do Tráfego – Recomendações e Critérios visando sua Aplicação nas Áreas Urbanas Brasileiras. Tese de Mestrado COPPE/UFRJ – Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
- OLIVEIRA, Gilmar S. de (2004) Análise do Consumo de Combustível de Ônibus Urbano. Tese de Mestrado COPPE/UFRJ - Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
- NASSI *et al.*, (2003) “Análise da Variação de Consumo de Combustíveis Líquidos e das Emissões Atmosféricas para Rotas de Tráfego na Cidade do Rio de Janeiro”. Relatório Final. PET-COPPE-UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.