

João Alencar Oliveira Júnior



# O Uso do Gás Natural no Transporte Público

---

# **O Uso do Gás Natural no Transporte Público**



**João Alencar Oliveira Júnior**

# **O Uso do Gás Natural no Transporte Público**

– Aspectos ambientais, tarifários e jurídicos –

Fortaleza  
2006

Copyright © by João Alencar Oliveira Júnior

www.geocities.com/joao\_alencar  
www.det.ufc.br

Email:  
jalencarjr@yahoo.com  
alencar@det.ufc.br

Edição: 2006

Edições Livro Técnico  
Rua Dom Joaquim, 54 – Centro – 60.110-100 – Fortaleza – CE  
Fone: +55 85 3433.9494 Fax: +55 85 3433.9495  
www.livrotecnico.com.br  
Email: livrotecnico@livrotecnico.com

ISBN: 858921530-X

048g OLIVEIRA JR., João Alencar

O Uso do Gás Natural no Transporte Público / João Alencar Oliveira Júnior.  
Fortaleza: Edições Livro Técnico, 2006.

278 p.

Original apresentado como tese de doutorado em Engenharia de Transportes na Universidade Federal do Rio de Janeiro com o título: A utilização de cenários normativos para formulação de políticas públicas – a adoção do gás natural veicular (GNV) no sistema de transporte público por ônibus no município de Fortaleza

1 – Planejamento do transporte público por ônibus. 2 – Poluentes atmosféricos locais e de efeito estufa. 3 – Transportes públicos e o protocolo de Quioto. 4 – Tarifa do transporte público por ônibus. 5 – Políticas públicas de transportes. 6 – Direito aplicado aos transportes públicos. 7 – Direito tributário

CDU 662.767:656.121

TODOS OS DIREITOS RESERVADOS – É proibida a reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio. A violação dos direitos de autor (Lei 9.610/98) é crime estabelecido pelo artigo 184 do Código Penal.

Depósito legal na Biblioteca Nacional conforme a Lei Nº 10.994, de 14 de dezembro de 2004.

Impresso no Brasil / Printed in Brazil

*À Isabel (em memória), que me ensinou a dádiva  
de conhecer a intensidade da paixão e a dor  
da perda, através da real dimensão da morte.*



# A Obra

---

**Por Luiz Eduardo Barbosa de Moraes**

**Secretário da Infra-Estrutura do Estado do Ceará**

Ao conhecer a tese de doutorado do Professor João Alencar, me deparei com um trabalho extremamente bem estruturado, versando sobre um tema palpitante, do mais elevado nível de complexidade e de fundamental importância: o transporte coletivo urbano de Fortaleza, Capital do Estado do Ceará.

O Professor fundamenta bem sua pesquisa utilizando, como base, índices e metodologias recomendadas pelo Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (*The Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC*), órgão credenciado pela Organização das Nações Unidas (ONU) e pela Organização Mundial de Meteorologia (*The World Meteorological Organization – WMO*). Não poderia deixar de ressaltar a indiscutível credibilidade da instituição que aprovou a tese, a Universidade Federal do Rio de Janeiro, através do Programa de Pós-Graduação de Engenharia (COPPE/UFRJ), parceira do Estado do Ceará nos projetos de pesquisas em fontes alternativas para geração de energia elétrica.

A idéia de publicar a tese, em forma de livro, foi excelente. O transporte coletivo urbano e, principalmente, o gás natural são assuntos carentes de pesquisas e obras desse porte.

Assim, esse grande trabalho multidisciplinar pode ser levado, mais rapidamente, além do meio acadêmico. Oferece, pois, uma fonte de referência para outros pesquisadores, estudantes, profissionais das mais diversas áreas e equipes governamentais que buscam formas de melhorar o transporte urbano do País, ressaltando as vantagens do gás natural e mostrando caminhos para uma política tarifária que leva em conta não apenas os custos financeiros/operacionais, mas, de forma ambiciosa, inclui os custos indiretos como a poluição e os danos à saúde pública, no cálculo da tarifa.

Nos capítulos iniciais o livro expõe a estrutura da pesquisa em relação aos Gases de Efeito Local (GEL) e de Efeito Estufa (GEE), gerados a partir do setor de transporte urbano da capital cearense. Considera a realidade atual de utilização do *diesel* como energético motriz e uma situação hipotética com a substituição do *diesel* pelo gás natural veicular (GNV).

Para compreender como foi estruturado o Sistema Integrado de Transporte de Fortaleza (SIT-FOR), o livro traça um histórico desde os anos 70 através do Estudo de Transportes Urbanos da Região Metropolitana de Fortaleza (ETURB/FOR) até o Plano de Transportes Urbanos de Fortaleza (PTUF), sempre com uma análise focada nos aspectos ambientais.

O gás natural, mesmo produzindo mais energia, ainda é menos poluente que o *diesel*, como é comprovado no capítulo 3. Ali, o autor quantifica as emissões dos Gases de Efeito Local e Estufa, e, através de cenários, calcula a redução dos poluentes na hipótese de substituição do *diesel* pelo GNV.

A diferença entre a quantidade gerada de gases no uso do *diesel* e do GNV, permitiu estimar a redução em poluentes no período de estudo da pesquisa. Para uma melhor compreensão ou facilitar comparações com outras localidades, os resultados são apresentados por diversos indicadores.

Observa-se que, a partir dos capítulos 4, 5 e 6, a obra cresce em importância, porquanto o autor inova quando, após transformar os índices de poluição em valores monetários, introduzindo o conceito de Valoração Econômica do Recurso Ambiental (VERA), utilizando-se de valores do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA) e do Protocolo de Kyoto, através dos valores adotados pelo Governo



Holandês quanto à  $tCO_{2EQ}$  (tonelada de dióxido de carbono equivalente), extrapola esses valores incluindo-os ao cálculo da tarifa, procurando, no entanto, não onerar a tarifa mediante uma contra-proposta de políticas públicas que viabilizem a tecnologia do GNV no transporte público, uma vez que retira do usuário direto o peso da amortização dos investimentos numa frota de veículos dotados de tecnologia menos poluente.

Diante da urgente necessidade de buscar fontes energéticas limpas, essa obra se destaca como mais uma ferramenta de incentivo à utilização do gás natural, que já é uma realidade no setor automotivo, além de ser estratégico à economia do país, melhorando a balança comercial e reduzindo a inflação, tornando o Brasil menos dependente do petróleo importado.

Ressalte-se, por fim, o extraordinário ganho para a população e gerações futuras, principalmente das grandes metrópoles, pelo imenso legado que lhes caberá, quanto à saúde e bem-estar social.

## O Autor

---

### **Por Francisco de Queiroz Maia Júnior**

#### **Vice-Governador e Secretário de Planejamento do Estado do Ceará**

Não é nada fácil falar de pessoas, pois nunca sabemos inferir o que há de mau ou de bom no íntimo do ser humano. Às vezes julgamos má uma pessoa virtuosa, e boa, uma de caráter especioso.

No entanto, este não é o caso do Prof. Alencar, a quem conheço há bastante tempo. Trata-se de uma pessoa íntegra, bom caráter, temente a Deus, ótimo filho, que excele em virtude.

O Prof. João Alencar Oliveira Júnior é engenheiro civil sênior, com doutorado em Engenharia de Transportes, cursado na Universidade Federal do Rio de Janeiro, além de estar se bacharelando em Direito. Desde 2001, é professor do Departamento de Engenharia de Transportes (DET), da Universidade Federal do Ceará, tendo realizado diversos trabalhos ligados à sua área de formação.

São de sua autoria ou co-autoria vários trabalhos apresentados em diferentes seminários e simpósios realizados no País e no exterior, dentre os quais, apenas para citar alguns, sobressaem *O Marco Regulatório do Protocolo de Quioto e o Transporte Público por Ônibus*, *Caracterização Regulatória do Sistema de Transporte Rodoviário Intermunicipal de Passageiros do Estado do Ceará*, *O Impacto Tarifário da Adoção de Frota Movid a GNV no Sistema Integrado de Transporte de Fortaleza (SIT-FOR)*, *O Paradigma Rodoviário, sua Gêner e Impactos sobre o Espaço Regional Subdesenvolvido – o caso do Estado do Ceará*, *Modelo de Avaliação Econômica do Uso do Gás*, e *The Brazilian Motorcycle Taxi Phenomenon*.

Os seus livros publicados, dentro ou fora da sua área de formação, são bem aceitos e recomendados por todos os que tiveram a oportunidade de lê-los, destacando-se, entre eles, *Ao Correr do Cursor crônicas jornalísticas*, em 2002, e *Planejamento, Política de Transportes e Desenvolvimento Regional*, em 1996. Encontram-se no prelo, devendo cedo virem a lume, *O Uso do Gás Natural no Transporte Público* e *Filosofia de Botequim*.

Como estudioso que é, esta obra do Prof. Alencar perscruta todos os aspectos relacionados ao gás natural no transporte público, devendo, por isso, servir como livro de cabeceira de todos quantos desejarem pesquisar a matéria.



## Agradecimentos

---

Os agradecimentos expressam o reconhecimento de pessoas e instituições que colaboraram para a execução deste trabalho de pesquisa. Neste enfoque gostaria inicialmente de agradecer aos colegas professores do Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal da Paraíba – UFPB, do Campus de Campina Grande, que viabilizaram o início do curso de doutorado na UFRJ em 2000. Em particular ao amigo Walter Santa Cruz, pelo apoio incontestado e, recentemente, por ter recuperado a tese revisada que havia sido remetida inadvertidamente ao meu antigo endereço residencial.

Aos colegas professores que me incentivaram durante o ano de 2000 ao reinício das atividades discentes e aos funcionários que facilitaram minha condição de aluno de doutorado no Programa de Engenharia de Transportes – PET, da Coordenação dos Programas de Pós-Graduação em Engenharia – COPPE, na Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Em particular devo não somente agradecer, mas gratidão pela confiança mais uma vez depositada na minha pessoa pelo Prof. Márcio Peixoto de Sequeira Santos, que me aceitou novamente como seu orientado e pela Profa. Suzana Kahn Ribeiro, que passei a desfrutar da sua amizade e orientação. Não apenas indicando onde buscar as informações, mas sempre procurando deixar-me calmo e tranquilo quanto à condução dos trabalhos. Os meus agradecimentos aos colegas Prof. Raul De Bonis Almeida Simões, Prof. Carlos Felipe Grangeiro Loureiro e ao Prof. Marcos Sebastião de Paula Gomes pelas críticas e contribuições ao trabalho.

Devo um particular agradecimento aos colegas e, em especial, aos amigos do Departamento de Transportes – DET, do Centro de Tecnologia – CT, da Universidade Federal do Ceará – UFC, que viabilizaram o meu retorno ao Ceará em 2001, sendo este um dos motivos da demora na conclusão dos trabalhos, pois ao retornar a casa e interromper minha permanência no Rio de Janeiro, me envolvi em atividades docentes de ensino, pesquisa, extensão e administrativas, embora esteja dentro do prazo estabelecido para a conclusão do curso. O reconhecimento incide na confiança depositada em minha capacidade de somar esforços ao DET e, em particular, ao Programa de Engenharia de Transportes – PETRAN, que vem nos últimos anos se consolidando como um Curso de Mestrado em franco desenvolvimento, bem como aos colegas que fazem a Unidade de Topografia e de Transportes, que durante o meu afastamento de um ano, supriram minha ausência nas aulas da graduação.

Agradeço ao Engo. Marcos Lima Leandro Sucupira, que orientei como bolsista da ANP e no seu trabalho de conclusão do curso de engenharia civil, quando o mesmo se dispôs a implementar um espelho da planilha de cálculo tarifário da ETTUSA, que utilizamos para simular a tarifa do SIT-FOR.

A CAPES, que por apenas um ano me disponibilizou uma bolsa de doutorado, devendo-me, ainda, os demais anos e os recursos próprios que tive de desembolsar para custear a conclusão da tese de doutorado e a devolução de parte da bolsa de estudo que segundo esta, era indevida.

Agradeço de coração aos primos Maria Aleuda Cavalcante (Liduina) e ao seu esposo Raimundo Nonato Coelho, que são o meu ponto de apoio no Rio de Janeiro, pois sempre pude contar com eles para tudo que foi e é preciso.

Algumas pessoas muitas vezes não conseguem compreender o quanto de esforço é necessário para levar a cabo tal tarefa. Em certos momentos, o isolamento e a reclusão se tornam imperativos para que os prazos e a conclusão dos trabalhos tenham bom êxito. Desta forma, pessoas mais próximas e familiares são afetados com este comportamento recluso, que aproveito para pedir desculpas e

agradecer a compreensão.

Ao Grande Arquiteto do Universo devemos à vida e às realizações que nos propormos fazer, mesmo quando sequer sabíamos que teríamos tal missão. Certamente, a decisão de permanecer como professor da Universidade Federal do Ceará, que tive de tomar em 2001, foi um fator determinante para que esta tarefa de obter a titulação de Doutor permanecesse como um objetivo de vida a ser perseguido e, que hoje concluo, mesmo com o sacrifício pessoal, seja de ordem financeira, emocional e de saúde pelas longas horas passadas à frente do computador, até que a dor nas costas indicasse que era hora de parar. Acredito que a vida nos ensina, antes de tudo, a ser persistente e a não desistir dos sonhos. Somos uma fábrica de sonhos, pois na medida que atingimos um deles, logo surgem mil outros requerendo atenção. Pelas próximas décadas tenho muitos a realizar.

É certo que esta capacidade de sonhar é alimentada e provida por aqueles que nos ensinaram a caminhar com as próprias pernas, nunca rindo dos nossos tombos, mas sempre dando a mão amiga e nos indicando o melhor caminho e, quase sempre, com sacrifícios pessoais e horas mal dormidas. Aos meus pais João Alencar Oliveira e Maria Mirian Mendonça Alencar que não quero agradecer mais uma vez, mas sempre, pelo apoio incondicional que deram, embora algumas vezes não compreendendo minha paixão e compulsão pelos livros.

Ao mano Caio Alencar Mendonça, que neste ano dá continuidade, após muitos anos, à sua carreira de pesquisador com o início do seu mestrado na área de medicina, fica o testemunho do quanto é gratificante, não a busca da titulação, mas sim do conhecimento. À maninha Cristiane Alencar Mendonça, que cumpre o papel dos demais irmãos ao constituir família e a nos dar dois sobrinhos o Arthur e a Júlia, realizando o sonho dos avós. Ao caçula Adriano Alencar Mendonça fica o exemplo de que nada vem de graça ou de forma fácil, requer esforço, disciplina e persistência, mas, principalmente, a definição clara dos objetivos de vida.

A edição de um livro é um trabalho hercúleo, pois é sabido da dificuldade de publicações em língua portuguesa que tratam da temática abordada, que se mostra rara, servindo para suprir a bibliografia nas áreas de engenharia de transportes, meio ambiente e direito, sendo o público preferencial desse trabalho de pesquisa. Embora seja uma tese de doutorado, com o rigor científico exigido, como autor e escritor tive o cuidado de torná-la uma obra de fácil compreensão, o que sem dúvida beneficiará os alunos da graduação e da pós-graduação, representando a principal motivação para a busca de apoios institucionais não encontrados na própria academia para viabilizar um formato de maior abrangência junto ao público técnico-acadêmico e aos tomadores de decisão.

Conforme dito no início, os agradecimentos traduzem o reconhecimento de pessoas e instituições que colaboraram para a transformação dessa tese de doutorado em livro. Neste enfoque gostaria inicialmente de agradecer ao Sr. Francisco de Queiroz Maia Júnior, Vice-Governador e Secretário de Planejamento do Estado do Ceará, ao Sr. Luiz Eduardo Barbosa de Moraes, Secretário da Infra-Estrutura do Estado do Ceará e ao Sr. José Rêgo Filho, Presidente da Companhia de Gás do Ceará (CEGAS), que, de pronto, identificaram no trabalho de pesquisa o mérito necessário para transformá-lo no livro intitulado "*O Uso do Gás Natural no Transporte Público*", inclusive fazendo as devidas apresentações do autor, do livro e da importância do assunto abordado. Passo agora às mãos dos leitores, no sentido de que as idéias e sugestões tenham uma repercussão amplificada onde somente um livro pode provocar e, dessa forma, a sociedade possa beneficiar-se da utilização de um energético menos poluente e amigo do clima com o gás natural.

# Índice

<b>Capítulo 1</b>	<b>Introdução</b> .....	<b>25</b>
1.0	Introdução .....	27
1.1	Objetivos da Pesquisa .....	28
1.2	Relevância da Pesquisa .....	29
1.3	Organização da Pesquisa .....	30
<b>Capítulo 2</b>	<b>Os Transportes Públicos por Ônibus em Fortaleza</b> .....	<b>33</b>
2.0	Os Transportes Públicos por Ônibus em Fortaleza .....	35
2.1	Os Transportes Públicos por Ônibus no Brasil .....	35
2.2	Os Planos de Transporte Público por Ônibus do Município de Fortaleza .....	40
2.2.1	Recomendações para Implantação Imediata (RII/FOR) .....	41
2.2.2	Estudo de Transportes Coletivos de Fortaleza (TRANSCOL/FOR) .....	42
2.2.3	Plano Diretor de Transportes Urbanos para a Região Metropolitana de Fortaleza (PDTU/FOR) .....	44
2.2.4	Programa de Ação Imediata Integrada de Transporte e Tráfego (PAITT) .....	46
2.2.5	Plano de Transporte Urbano de Fortaleza (PTUF) .....	47
2.3	Programa de Implantação do Trem Metropolitano de Fortaleza (METROFOR) .....	62
2.4	O Município de Fortaleza e a sua Divisão Modal .....	62
2.5	O Sistema Integrado de Transporte de Fortaleza (SIT-FOR) .....	64
2.5.1	A Criação da Estrutura Administrativa da ETTUSA e do SIT-FOR .....	64
2.5.2	Análise dos Indicadores de Desempenho do SIT-FOR .....	66
2.5.2.1	Análise da Demanda e da Quilometragem Rodada do SIT-FOR .....	66
2.5.2.2	Análise da Frota de Ônibus e Quantidade de Linhas do SIT-FOR .....	70
2.5.2.3	Análise dos Custos Tarifários do SIT-FOR .....	74
<b>Capítulo 3</b>	<b>A Energia Produzida e as Emissões de Gases de Efeito Local e Estufa - Aspectos Metodológicos do Cálculo dos GELs, GEEs e do CO<sub>2EQ</sub> Emitidos pelos Transportes Públicos por Ônibus</b> .....	<b>83</b>
3.0	A Energia Produzida e as Emissões de Gases de Efeito Local e Estufa - Aspectos Metodológicos do Cálculo dos GELs, GEEs e do CO <sub>2EQ</sub> Emitidos pelos Transportes Públicos por Ônibus .....	85
3.1	O Balanço Energético Nacional e o Setor Transportes - Evolução e Tendências .....	85
3.2	A Queima dos Combustíveis Fósseis <i>Diesel</i> e GNV - Tipos de Poluentes Produzidos, Importância, Abrangência e os Danos Ambientais .....	90
3.3	Metodologia da Estimativa dos Poluentes Oriundos da Queima dos Combustíveis Fósseis ( <i>Diesel</i> e GNV) .....	92
3.3.1	Os Fatores de Emissões dos Poluentes do Tipo GEEs e GELs .....	92

3.3.2	Fatores de Ponderação dos Gases de Efeito Estufa (GEEs) - Potencial de Aquecimento Global (PAG) por Poluente pelo IPCC 2001	98
3.4	Estimativa das Emissões dos GELs, GEEs e do CO <sub>2EQ</sub> do Diesel e do GNV da Frota de Ônibus do SIT-FOR	99
3.4.1	Estimativa das Emissões de Poluentes do Diesel da Frota de Ônibus do SIT-FOR - Cenário 1 ( <i>baseline scenario</i> )	100
3.4.2	Estimativa das Emissões de Poluentes do GNV da Frota de Ônibus do SIT-FOR - Cenário 2	102
3.5	Análise das Emissões de Poluentes do Diesel e do GNV dos Cenários 1 e 2	105
3.5.1	Análise dos Indicadores das Emissões de Poluentes do Diesel para o Cenário 1	106
3.5.1.1	Cálculo do Indicador de Emissão em Tonelada por Ônibus por Ano (t/ônibus/ano)	106
3.5.1.2	Cálculo do Indicador de Emissão em Grama por Passageiro por Dia (g/pass/dia)	107
3.5.1.3	Cálculo do Indicador de Emissão em Grama por Quilômetro (g/km)	108
3.5.2	Análise dos Indicadores das Emissões de Poluentes do GNV para o Cenário 2	109
3.5.2.1	Cálculo do Indicador de Emissão em Tonelada por Ônibus por Ano (t/ônibus/ano)	109
3.5.2.2	Cálculo do Indicador de Emissão em Gramas por Passageiro por Dia (g/pass/dia)	109
3.5.2.3	Cálculo do Indicador de Emissão em Gramas por Quilômetro (g/km)	110
<b>Capítulo 4</b>	<b>A Questão Conceitual da Valoração Econômica do Recurso Ambiental do Ar Atmosférico - Aspectos Metodológicos do Cálculo da Externalidade dos GELs, GEEs e do CO<sub>2EQ</sub> Emitidos pelos Transportes Públicos por Ônibus</b>	<b>113</b>
4.0	A Questão Conceitual da Valoração Econômica do Recurso Ambiental do Ar Atmosférico - Aspectos Metodológicos do Cálculo da Externalidade dos GELs, GEEs e do CO <sub>2EQ</sub> Emitidos pelos Transportes Públicos por Ônibus	115
4.1	A Questão Conceitual da Valoração Econômica do Recurso Ambiental do Ar Atmosférico - Custo da Externalidade da Poluição	115
4.2	Metodologias da Valoração Ambiental da Externalidade da Poluição	124
4.2.1	Métodos de Estimativa da Externalidade ou Dano Ambiental	130
4.2.1.1	Método da Função Dose-Resposta	130
4.2.1.2	Método de Quantificação da Variação do Bem-Estar	132
4.2.1.3	Método da Produtividade Marginal	134
4.2.1.4	Método de Despesas de Reposição	135
4.2.1.5	Método de Despesas de Relocalização	135
4.2.1.6	Método de Despesas de Prevenção ou Mitigação	135
4.2.1.7	Método de Despesas de Proteção	136
4.2.1.8	Método de Preços Hedônicos	136
4.2.1.9	Método de Custo da Viagem	136
4.2.1.10	Método da Valoração Contingente (MVC)	138
4.2.1.11	Método do Impacto Direto (MID)	140

4.3	Metodologia da Estimativa do Valor Econômico do Recurso Ambiental do Ar Atmosférico ( $VERA_{AR}$ ) .....	141
4.3.1	Cálculo da Estimativa do Valor Econômico do Recurso Ambiental do Ar Atmosférico de Efeito Local ( $VERA_{AR\ LOCAL}$ ) .....	144
4.3.1.1	Cálculo da Estimativa do Valor Econômico do Recurso Ambiental do Ar Atmosférico de Efeito Local ( $VERA_{AR\ LOCAL}$ ) para o Cenário 1 ( <i>baseline scenario</i> ) e 2 .....	144
4.3.2	A Questão Conceitual da Valoração Econômica do Custo da Externalidade da Poluição de Efeito Estufa .....	147
4.3.2.1	A Estimativa do Preço Marginal do $CO_2$ e do $CO_{2EQ}$ segundo Modelos da IEA e do IPCC .....	150
4.3.2.2	A Estimativa do Preço Marginal do $CO_{2EQ}$ segundo o Mercado Internacional de Emissões (MIE) .....	155
4.3.2.3	Cálculo da Estimativa do Valor Econômico do Recurso Ambiental do Ar Atmosférico de Efeito Estufa ( $VERA_{AR\ ESTUFA}$ ) para o Cenário 1 ( <i>baseline scenario</i> ) e 2 .....	164
4.3.2.4	Cálculo da Estimativa do Valor Econômico do Recurso Ambiental do Ar Atmosférico ( $VERA_{AR}$ ) para o Cenário 1 ( <i>baseline scenario</i> ) e 2 .....	166
<b>Capítulo 5</b>	<b>As Políticas Públicas para o Transporte de Passageiros por Ônibus</b> .....	<b>169</b>
5.0	As Políticas Públicas para o Transporte de Passageiros por Ônibus .....	171
5.1	As Políticas Públicas para o Transporte de Passageiros por Ônibus do Governo Fernando Henrique .....	171
5.2	As Políticas Públicas para o Transporte de Passageiros por Ônibus do Governo Lula .....	174
5.3	As Políticas Públicas de Transportes de Passageiros por Ônibus na Visão da Sociedade Organizada .....	177
5.4	A Política Tributária para os Transportes de Passageiros por Ônibus .....	178
5.4.1	Aspectos Constitucionais Tributários .....	179
5.4.2	A Legislação Tributária Infraconstitucional do Imposto sobre Serviços de Qualquer Natureza (ISSQN) .....	180
5.4.2.1	Sujeito Ativo e Passivo da Relação Tributária .....	180
5.4.2.2	A Hipótese de Incidência e o Fato Gerador da Obrigação Tributária .....	181
5.4.2.3	A Base de Cálculo e Alíquotas .....	181
5.4.3	A Legislação Tributária Infraconstitucional do Imposto sobre Produtos Industrializados (IPI) .....	185
5.4.4	A Legislação Tributária Infraconstitucional do Imposto sobre Circulação, Mercadorias e Serviços (ICMS) .....	186
5.4.5	A Legislação Tributária Infraconstitucional das Contribuições Sociais e de Intervenção no Domínio Econômico (PIS/PASEP, COFINS e CIDE) .....	187
5.4.6	A Desoneração da Folha de Pagamento .....	189
5.5	A Política Tarifária enquanto Política Pública de Transportes de Passageiros por Ônibus .....	190
5.5.1	A Tarifa de Transporte Público de Passageiro por Ônibus .....	193
5.5.2	A Metodologia de Cálculo da Tarifa de Transporte Público por Ônibus .....	195
5.6	A Política Pública de Transporte de Passageiro por Ônibus Pró-GNV .....	199



<b>Capítulo 6</b>	<b>A Tarifa do SIT-FOR e os Subcenários Normativos Tributotarifários</b>	<b>203</b>
6.0	A Tarifa do Transporte Público de Passageiros por Ônibus do Município de Fortaleza e os Subcenários Normativos Tributotarifários para os Cenários 1 ( <i>baseline scenario</i> ) e 2	205
6.1	A Metodologia de Cálculo da Tarifa do SIT-FOR	205
6.1.1	Planilha 1: Valor e Variação dos Insumos Básicos	205
6.1.2	Planilha 2: Consumo, Índices e Alíquotas	206
6.1.3	Planilha 3: Frota de Veículos por Idade e Classe por Empresa	207
6.1.4	Planilha 4: Depreciação e Remuneração da Frota de Veículos por Idade e Classe por Empresa	207
6.1.5	Planilha 5: Frota de Veículos por Empresa e por Dia da Semana	209
6.1.6	Planilha 6: Dados Operacionais	209
6.1.7	Planilha 7: Custos Variáveis	209
6.1.8	Planilha 8: Custos Fixos	209
6.1.9	Planilha 9: Serviço Programado	210
6.1.10	Planilha 10: Custo Unitário por Passageiro e por Quilômetro	210
6.1.11	Planilha 11: Cálculo do Custo do Serviço Programado	210
6.1.12	Planilha 12: Cálculo do Valor da Tarifa Técnica	211
6.1.13	Planilha 13: Percentual de Reajuste	211
6.1.14	Planilha 14: Previsão de Arrecadação do ISSQN	211
6.1.15	Planilha 15: Quadro Comparativo de Custos	211
6.2	A Simulação da Tarifa do SIT-FOR nos Cenários 1 e 2	213
6.2.1	A Simulação da Tarifa do SIT-FOR - Cenário 1 ( <i>baseline scenario</i> )	215
6.2.2	A Simulação da Tarifa do SIT-FOR - Cenário 2	217
6.3	Definição dos Subcenários Normativos Tributotarifários para os Cenários 1 ( <i>baseline scenario</i> ) e 2	219
6.3.1	Descrição dos Subcenários Normativos da Tarifa do SIT-FOR para os Cenários 1 e 2	220
6.3.1.1	Redução das Alíquotas dos Tributos Municipais	220
6.3.1.2	Redução da Alíquota do Imposto sobre Produtos Industrializados (IPI)	220
6.3.1.3	Redução do Preço e da Alíquota do Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS) Incidente nos Combustíveis ( <i>Diesel</i> e GNV)	221
6.3.1.4	Redução da Alíquota do ICMS e IPI Incidentes no Material Rodante do Ônibus a <i>Diesel</i> e a GNV	221
6.3.1.5	Redução da Alíquota do Imposto sobre ICMS Incidente no Material Rodante do Ônibus e do ICMS do Combustível a <i>Diesel</i> e a GNV	222
6.3.1.6	Alteração nos Percentuais das Gratuidades do SIT-FOR	222
6.3.1.7	Alteração na Vida Útil e Valor Residual da Frota de Ônibus do SIT-FOR	222
6.3.1.8	Alteração Simultânea no Percentual das Gratuidades e no ICMS Incidente no Material Rodante e nos Combustíveis	223
6.4	Análise dos Subcenários Normativos Tributotarifários para os Cenários 1 ( <i>baseline scenario</i> ) e 2	225
6.4.1	Análise dos Subcenários Normativos Tributotarifários para o Cenário 1 ( <i>baseline scenario</i> )	225

6.4.2	Análise dos Subcenários Normativos Tributo-Tarifários para o Cenário 2 com 25% de Incremento no Preço do Ônibus a GNV.....	230
6.4.3	Análise dos Subcenários Normativos Tributo-Tarifários para o Cenário 2 com 36% de Incremento no Preço do Ônibus a GNV.....	235
6.4.4	Análise dos Subcenários Normativos Tributo-Tarifários para o Cenário 2 com 50% de Incremento no Preço do Ônibus a GNV.....	240
<b>Capítulo 7</b>	<b>Conclusões e Recomendações .....</b>	<b>247</b>
7.0	Conclusões e Recomendações.....	249
7.1	Conclusões.....	249
7.1.1	Quanto ao Planejamento dos Transportes Públicos por Ônibus no Município de Fortaleza .....	249
7.1.2	Quanto ao Sistema Integrado de Transportes do Município de Fortaleza (SIT-FOR) .....	250
7.1.3	Quanto às Estimativas da Emissão de Poluentes Atmosféricos do Sistema Integrado de Transportes do Município de Fortaleza (SIT-FOR).....	250
7.1.4	Quanto às Estimativas de Valoração Econômica da Emissão dos Poluentes Atmosféricos do Sistema Integrado de Transportes do Município de Fortaleza (SIT-FOR).....	251
7.1.5	Quanto às Políticas de Transportes Públicos .....	252
7.1.6	Quanto às Políticas Tributárias dos Transportes Públicos.....	253
7.1.7	Quanto à Tarifa dos Transportes Públicos.....	254
7.1.8	Quanto aos Subcenários Normativos Tributo-Tarifários.....	255
7.2	Recomendações.....	257
7.2.1	Quanto à Necessidade de Pesquisas .....	257
7.2.2	Quanto à Elasticidade da Demanda.....	258
7.2.3	Quanto ao Impacto do Subsídio no Orçamento Público.....	258
7.2.4	Quanto a Estudos de Viabilidade Econômica.....	258
7.2.5	Quanto aos Aspectos Tecnológicos .....	259
7.2.6	Quanto aos Aspectos Jurídico-Tributários .....	259
7.2.7	Quanto à Política Ambiental dos Transportes.....	260
7.2.8	Quanto à Política de Transportes .....	260
	<b>Referências Bibliográficas .....</b>	<b>263</b>

# Índice de Figuras

<b>Capítulo 2</b>	<b>Os Transportes Públicos por Ônibus em Fortaleza</b>	
2-1	Evolução da Demanda de Passageiros Transportados nas Capitais Brasileiras .....	36
2-2	Evolução da Quilometragem Rodada em 8 Capitais Brasileiras .....	36
2-3	Evolução do Índice de Passageiro por Quilômetro (IPK) nas Capitais Brasileiras .....	37
2-4	Eixos Complementares de Transportes Públicos do PTUF .....	51
2-5	Corredores e Eixos de Transportes Públicos do PTUF .....	52
2-6	Rede de Terminais Integrados do SIT-FOR .....	66
2-7	Passageiros Transportados pelo SIT-FOR .....	67
2-8	Quilometragem Rodada pela Frota do SIT-FOR .....	68
2-9	Evolução do Percurso Médio Mensal (PMM) do SIT-FOR .....	69
2-10	Evolução do Índice de Passageiros por Quilômetro (IPK <sub>REAL</sub> ) do SIT-FOR .....	69
2-11	Perfil da Classe e Número de Veículos da Frota do SIT-FOR .....	72
2-12	Percentual da Classe de Veículos na Frota do SIT-FOR .....	73
2-13	Perfil da Idade Média por Classe de Veículos na Frota do SIT-FOR .....	73
2-14	Percentual dos Custos do SIT-FOR no Ano de 2002 .....	78
<b>Capítulo 4</b>	<b>A Questão Conceitual da Valoração Econômica do Recurso Ambiental do Ar Atmosférico - Aspectos Metodológicos do Cálculo da Externalidade dos GELs, GEEs e do CO<sub>2EQ</sub> Emitidos pelos Transportes Públicos por Ônibus</b>	
4-1	Taxonomia do Valor Econômico do Meio Ambiente (VERA) .....	125
4-2	Contribuição do Poluente na Estimativa do VERA <sub>AR LOCAL</sub> em 2002 .....	146
4-3	Custo Marginal da Redução para o Comprador .....	148
4-4	Custo Marginal da Redução para o Vendedor .....	149

# Índice de Tabelas

<b>Capítulo 2</b>	<b>Os Transportes Públicos por Ônibus em Fortaleza</b>	
2-1	Classes de Renda Brasileira .....	38
2-2	Uso Habitual do Transporte Público Municipal por Ônibus em 2002 .....	38
2-3	Uso Habitual do Transporte Individual por Automóvel em 2002 .....	39
2-4	Ordem de Citação de Preferência quanto ao Modo de Transporte .....	40
2-5	Variáveis Projetadas pelo PTUF .....	49
2-6	Corredores de Transportes e Cenários de Implantação do PTUF .....	53
2-7	Configuração do PTUF para o Ano de 2020 .....	55
2-8	Hipóteses Consideradas no PTUF .....	56
2-9	Tecnologias de Ônibus Consideradas no PTUF .....	57
2-10	Localização das Estações de Monitoramento Ambiental da SEMACE .....	59
2-11	Divisão Modal da Cidade de Fortaleza em 1996 .....	63
2-12	Divisão Modal da Cidade de Fortaleza, por Alguns Modos, em 1996 .....	63
2-13	Indicadores Operacionais do SIT-FOR entre 1991 e 2002 .....	67
2-14	Distribuição Percentual das Linhas do SIT-FOR em 2002 .....	71
2-15	Nomenclatura e Tipo de Serviço das Linhas do SIT-FOR .....	71
2-16	Características dos Veículos da Frota Operante do SIT-FOR - Potência e Comprimento do Chassi .....	74
2-17	Características dos Veículos da Frota Operante do SIT-FOR - Número de Assentos e de Portas e Área Útil .....	74
2-18	Percentuais dos Itens de Custo da Tarifa do SIT-FOR .....	75
2-19	Custo Quilométrico Variável da Tarifa do SIT-FOR .....	76
2-20	Custo Quilométrico Fixo da Tarifa do SIT-FOR .....	77
2-21	Custo Quilométrico Total da Tarifa do SIT-FOR .....	77
2-22	Custo Unitário por Passageiro-Equivalente da Tarifa do SIT-FOR .....	79
2-23	Tarifa Cobrada pelo SIT-FOR .....	79
2-24	Diferença entre a Tarifa e o Custo por Passageiro-Equivalente do SIT-FOR .....	80
<b>Capítulo 3</b>	<b>A Energia Produzida e as Emissões de Gases de Efeito Local e Estufa - Aspectos Metodológicos do Cálculo dos GELs, GEEs e do CO<sub>2eq</sub> Emitidos pelos Transportes Públicos por Ônibus</b>	
3-1	Evolução do Uso dos Tipos de Energia no Setor de Transportes (10 <sup>3</sup> tep) .....	88
3-2	Evolução da Participação Percentual do Uso dos Tipos de Energia no Setor de Transportes .....	88
3-3	Fatores de Emissão dos Gases de Efeitos Estufa (GEEs) e Locais (GELs) .....	98

3-4	Índice PAG dos Poluentes Efeitos Globais e Locais do IPCC (1990).....	98
3-5	Especificações e Índice de Emissão do <i>Diesel</i> - Cenário 1.....	100
3-6	Quilometragem, Consumo do <i>Diesel</i> e Energia Produzida pelo SIT-FOR - Cenário 1.....	101
3-7	Emissão de Gases de Efeito Local (GELs) do <i>Diesel</i> (t/ano).....	101
3-8	Emissão de Gases de Efeito Estufa (GEEs) do <i>Diesel</i> (t/ano).....	102
3-9	Especificações e Índice de Emissão do GNV - Cenário 2.....	102
3-10	Quilometragem, Consumo de GNV (Equivalência = 0,8 l/m <sup>3</sup> ) e Energia Produzida pelo SIT-FOR - Cenário 2.....	103
3-11	Emissão de Gases de Efeito Local (GELs) do GNV (t/ano).....	104
3-12	Emissão de Gases de Efeito Estufa (GEEs) e de CO <sub>2EQ</sub> do GNV (t/ano).....	104
3-13	Varição (±) nas Quantidades de Gases de Efeito Local (GELs) na Troca do <i>Diesel</i> pelo GNV (t/ano).....	105
3-14	Varição (±) nas Quantidades de Gases de Efeito Estufa (GEEs) na Troca do <i>Diesel</i> pelo GNV (t/ano).....	105
3-15	Redução Potencial <i>versus</i> Efetiva dos Gases de Efeitos Estufa (GEEs) e Locais (GELs).....	106
3-16	Emissão de Gases de Efeito Local (GELs) do <i>Diesel</i> por Ônibus por Ano (t/ônibus/ano).....	107
3-17	Emissão de Gases de Efeito Estufa (GEEs) do <i>Diesel</i> por Ônibus por Ano (t/ônibus/ano).....	107
3-18	Emissão de Gases de Efeito Local (GELs) do <i>Diesel</i> por Grama por Passageiro por Dia (g/pass/dia).....	107
3-19	Emissão de Gases de Efeito Estufa (GEEs) do <i>Diesel</i> por Grama por Passageiro por Dia (grama/pass/dia).....	108
3-20	Emissão de Gases de Efeito Local (GELs) do <i>Diesel</i> em Grama por Quilômetro (g/km).....	108
3-21	Emissão de Gases de Efeito Estufa (GEEs) do <i>Diesel</i> em Grama por Quilômetro (g/km).....	108
3-22	Emissão de Gases de Efeito Local (GELs) do GNV por Ônibus por Ano (t/ônibus/ano).....	109
3-23	Emissão de Gases de Efeito Estufa (GEEs) do GNV por Ônibus por Ano (t/ônibus/ano).....	109
3-24	Emissão de Gases de Efeito Local (GELs) do GNV Por Grama por Passageiro por Dia (g/pass/dia).....	110
3-25	Emissão de Gases de Efeito Estufa (GEEs) do GNV por Grama por Passageiro por Dia (g/pass/dia).....	110
3-26	Emissão de Gases de Efeito Local (GELs) do GNV em Grama por Quilômetro (g/km).....	111
3-27	Emissão de Gases de Efeito Estufa (GEEs) do GNV em Grama por Quilômetro (g/km).....	111
3-28	Índice de Emissão dos Poluentes Locais em g/km.....	112
<b>Capítulo 4</b>	<b>A Questão Conceitual da Valoração Econômica do Recurso Ambiental do Ar Atmosférico - Aspectos Metodológicos do Cálculo da Externalidade dos GELs, GEEs e do CO<sub>2EQ</sub> Emitidos pelos Transportes Públicos por Ônibus</b>	
4-1	Benefícios da Redução de 20% nas Emissões dos Poluentes na Cidade de Bangkok, 1989.....	122

4-2	Características dos Modos de Transportes e seus Impactos no Meio Ambiente .....	123
4-3	Distribuição da Contribuição da Poluição Atmosférica por Modo em Regime de Congestionamento Severo em Cidades Brasileiras, em 1997 .....	123
4-4	Métodos de Valoração Ambiental .....	133
4-5	Custo em Reais (R\$) de 1997 dos Poluentes Locais .....	141
4-6	Custo Ambiental dos Poluentes (US\$ 1995) .....	141
4-7	Custo em Reais (R\$) da Tonelada dos GELs .....	144
4-8	Estimativa do Valor Econômico do Recurso Ambiental do Ar Atmosférico de Efeito Local ( $VERA_{AR\ LOCAL}$ ) para o <i>Diesel</i> , em Reais (R\$) de 2002 .....	145
4-9	Estimativa do Valor Econômico do Recurso Ambiental do Ar Atmosférico de Efeito Local ( $VERA_{AR\ LOCAL}$ ) para o GNV no SIT-FOR, em Reais (R\$) de 2002 .....	145
4-10	Estimativa da Redução do Valor Econômico do Recurso Ambiental do Ar Atmosférico de Efeito Local ( $VERA_{AR\ LOCAL}$ ) na Substituição da Frota a <i>Diesel</i> pelo GNV no SIT-FOR, em Reais (R\$) de 2002 .....	146
4-11	Custo Marginal de Redução do $CO_2$ com e sem o Mercado de Permissões (US\$/ $tCO_2$ , Ano 2000) .....	151
4-12	Cenários do Custo Marginal do $CO_2$ com e sem o Mercado de Permissões do Anexo B (US\$/ $tCO_2$ , do Ano de 1990) .....	153
4-13	Estimativa de Redução Anual dos GEEs e o Custo por Tonelada do $CO_{2EQ}$ .....	154
4-14	Codificação do Potencial e Probabilidade da Redução do $CO_{2EQ}$ .....	154
4-15	Países em Negociação dos MEs com o Mecanismo MDL .....	156
4-16	Países do Anexo B e Preferências em Relação ao Mercado de Emissões .....	162
4-17	Estimativa do Valor Econômico do Recurso Ambiental do Ar Atmosférico de Efeito Estufa ( $VERA_{AR\ ESTUFA}$ ) para o <i>Diesel</i> , em Reais (R\$) de 2002 .....	165
4-18	Estimativa do Valor Econômico do Recurso Ambiental do Ar Atmosférico de Efeito Estufa ( $VERA_{AR\ ESTUFA}$ ) para o GNV no SIT-FOR, em Reais (R\$) de 2002 .....	165
4-19	Estimativa da Redução do Valor Econômico do Recurso Ambiental do Ar Atmosférico de Efeito Estufa ( $VERA_{AR\ ESTUFA}$ ) na Substituição da Frota a <i>Diesel</i> pelo GNV no SIT-FOR, em Reais (R\$) de 2002 .....	165
4-20	Estimativa do Valor Econômico do Recurso Ambiental do Ar Atmosférico ( $VERA_{AR}$ ) para o <i>Diesel</i> , em Reais (R\$) de 2002 .....	166
4-21	Estimativa do Valor Econômico do Recurso Ambiental do Ar Atmosférico ( $VERA_{AR}$ ) para o GNV, em Reais (R\$) de 2002 .....	166
4-22	Estimativa da Redução do Valor Econômico do Ar Atmosférico ( $VERA_{AR}$ ) na Substituição da Frota a <i>Diesel</i> pelo GNV no SIT-FOR, em Reais (R\$) de 2002 .....	167
<b>Capítulo 5</b>	<b>As Políticas Públicas para o Transporte de Passageiros por Ônibus</b>	
5-1	Alíquotas dos Tributos Federais, Estaduais e Municipais em 2002 .....	201
<b>Capítulo 6</b>	<b>A Tarifa do SIT-FOR e os Subcenários Normativos Tributário-Tarifários</b>	
6-1	Preço Médio do Chassi e Carroceria dos Ônibus a <i>Diesel</i> do SIT-FOR em Setembro de 2002 (R\$ de 2002) .....	206

6-2	Coeficientes de Depreciação e Fatores de Remuneração dos Ônibus Micro, Leve e Semipesado do SIT-FOR, (Setembro/2002).....	207
6-3	Coeficientes de Depreciação e Fatores de Remuneração dos Ônibus Pesado e Especial do SIT-FOR, (Setembro/2002).....	208
6-4	Custo Total por Quilômetro e por Passageiro do SIT-FOR, (Setembro/2002).....	210
6-5	Demanda Média e Número de Dias Trabalhados do SIT-FOR, (Setembro/2002).....	210
6-6	Demanda Real e Equivalente, Custo Operacional e Total do SIT-FOR, (Setembro/2002).....	211
6-7	Quadro de Custos da Tarifa do SIT-FOR (Setembro/2002).....	212
6-8	Quadro Comparativo de Custo do Ônibus a Diesel e Gás Natural da Empresa DAIMLER-CHRYSLER para São Paulo/SP, em R\$ de 1998.....	214
6-9	Valores Tarifários do SIT-FOR para o Cenário 1, em R\$ de 2002.....	216
6-10	Valores Tarifários do SIT-FOR para o Cenário 2, em R\$ de 2002.....	217
6-11	Incremento de Custo no SIT-FOR para o Cenário 2, em R\$ de 2002.....	219
6-12	Alíquotas dos Subcenários Normativos para o Cenário 1.....	223
6-13	Alíquotas dos Subcenários Normativos para o Cenário 2.....	224
6-14	Alteração dos Parâmetros Tarifários dos Subcenários Normativos para o Cenário 2.....	224
6-15	Subcenários Normativos e o Comportamento da Tarifa do SIT-FOR para o Cenário 1 - Sem $VERA_{AR}$ (R\$ de 2002).....	226
6-16	Subcenários Normativos e o Comportamento da Tarifa do SIT-FOR para o Cenário 1 - Com $VERA_{AR}$ (R\$ de 2002).....	227
6-17	Subcenários Normativos e o Comportamento da Tarifa do SIT-FOR para o Cenário 1 - Com $VERA_{AR, LOCAL}$ (R\$ de 2002).....	228
6-18	Subcenários Normativos e o Comportamento da Tarifa do SIT-FOR para o Cenário 1 - Com $VERA_{AR, ESTUFA}$ (R\$ de 2002).....	229
6-19	Subcenários Normativos e o Comportamento da Tarifa do SIT-FOR para o Cenário 2 (+25%) - Sem $VERA_{AR}$ (R\$ de 2002).....	230
6-20	Subcenários Normativos e o Comportamento da Tarifa do SIT-FOR para o Cenário 2 (+25%) - Com $VERA_{AR}$ (R\$ de 2002).....	232
6-21	Subcenários Normativos e o Comportamento da Tarifa do SIT-FOR para o Cenário 2 (+25%) - Com $VERA_{AR, LOCAL}$ (R\$ de 2002).....	233
6-22	Subcenários Normativos e o Comportamento da Tarifa do SIT-FOR para o Cenário 2 (+25%) - Com $VERA_{AR, ESTUFA}$ (R\$ de 2002).....	235
6-23	Subcenários Normativos e o Comportamento da Tarifa do SIT-FOR para o Cenário 2 (+36%) - Sem $VERA_{AR}$ (R\$ de 2002).....	236
6-24	Subcenários Normativos e o Comportamento da Tarifa do SIT-FOR para o Cenário 2 (+36%) - Com $VERA_{AR}$ (R\$ de 2002).....	237
6-25	Subcenários Normativos e o Comportamento da Tarifa do SIT-FOR para o Cenário 2 (+36%) - Com $VERA_{AR, LOCAL}$ (R\$ de 2002).....	238
6-26	Subcenários Normativos e o Comportamento da Tarifa do SIT-FOR para o Cenário 2 (+36%) - Com $VERA_{AR, ESTUFA}$ (R\$ de 2002).....	239
6-27	Subcenários Normativos e o Comportamento da Tarifa do SIT-FOR para o Cenário 2 (+50%) - Sem $VERA_{AR}$ (R\$ de 2002).....	240
6-28	Subcenários Normativos e o Comportamento da Tarifa do SIT-FOR para o Cenário 2 (+50%) - Com $VERA_{AR}$ (R\$ de 2002).....	241

6-29	Subcenários Normativos e o Comportamento da Tarifa do SIT-FOR para o Cenário 2 (+50%) - Com $VERA_{AR\ LOCAL}$ (R\$ de 2002).....	242
6-30	Subcenários Normativos e o Comportamento da Tarifa do SIT-FOR para o Cenário 2 (+50%) - Com $VERA_{AR\ ESTUFA}$ (R\$ de 2002).....	243
6-31	Valores Tarifários dos Subcenários Normativos Tributo-Tarifários Viáveis para o SIT-FOR no Cenário 2 (R\$ de 2002).....	245







# CAPÍTULO *I*

---

Introdução



## 1.0 – Introdução

Esta pesquisa apresenta e discute maneiras de viabilizar os transportes públicos por ônibus, no ambiente urbano, que emitam menos poluentes na forma de gases de efeito local (GELs) que causam danos à saúde pública e, por consequência, degradam a qualidade de vida nas cidades. Subsidiariamente se analisa a contribuição destes no processo de aquecimento global do planeta, que agravam a concentração dos gases de efeito estufa (GEEs). Além da estimativa das quantidades de cada um dos poluentes, buscou-se na bibliografia nacional e internacional valorá-los monetariamente.

Como estratégia para implantação da frota urbana de ônibus movida a gás natural veicular (GNV), gás natural (GN) ou gás natural comprimido (GNC), analisou-se o benefício ambiental (local e global) da mudança do combustível. Portanto, considerou-se, como hipótese, a identificação das possíveis vantagens socioeconômico-ambientais da adoção do GNV em substituição ao *diesel* na frota de ônibus do Sistema Integrado de Transportes de Fortaleza (SIT-FOR) assim como a consideração do passivo ambiental da poluição atmosférica no cálculo tarifário, quando se pretendem analisar as repercussões destas mudanças na tarifa cobrada dos usuários diretos.

A simulação do cálculo tarifário permitirá analisar os impactos no valor da tarifa, em razão da troca do insumo de produção. Esta análise de sensibilidade possibilitará delinear cenários normativos, de forma a subsidiar a formulação de políticas públicas de ordem tributária que ultimem a viabilização desta alternativa menos poluente de combustível, de tal forma que possa ser utilizado na frota urbana de ônibus em Fortaleza.

Foram adotados os índices de emissão dos poluentes locais e globais recomendados pelo Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (*The Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC*) – órgão independente criado em 1988 e formado por técnicos pertencentes à Organização Mundial de Meteorologia (*The World Meteorological Organization – WMO*) e ao Programa Ambiental das Nações Unidas (*The United Nation Environment Programme – UNEP*) sendo credenciado pelas Nações Unidas para a normatização do monitoramento dos gases de efeito estufa (GEEs). Utilizou-se dos cenários definidos em seu último Relatório sobre Mudanças Climáticas (IPCC, 2001), bem como das discussões internacionais sobre o valor econômico do CO<sub>2EQ</sub>, a ser utilizado como moeda ambiental na aquisição das *permissões de poluir* no mercado internacional de emissões de carbono, obtendo-se suas cotações de mercado nas bolsas de valores americanas e européias e junto às instituições financeiras internacionais que intermedeiam as negociações das emissões. Implica dizer que a poluição emitida a menos por um país pode ser comercializada no mercado internacional. Este *saldo* somente poderá ser comercializado se for o resultado do uso de tecnologia mais limpa para realizar o abatimento do carbono.

Portanto, a quantidade reduzida da poluição dos GEEs, devido à substituição do *diesel* pelo GNV como energético motriz dos transportes públicos de passageiros, poderia ser utilizada como moeda de troca e servir para alavancar recursos para investimento em frota de ônibus menos poluentes nas cidades e no planeta, assim como justificar o investimento público em tecnologias mais limpas em função da conceituação legal do papel do Estado na preservação ambiental do recurso econômico do ar

atmosférico. Cumpre-lhe, pois a disponibilização de mecanismos legais, econômicos e financeiros que viabilizem um ar mais limpo, ou, em outras palavras, um ar menos poluído.

Desta maneira, aproveita-se a oportunidade de discutir qual o papel dos transportes públicos por ônibus na sua parcela de contribuição dos problemas da poluição atmosférica nas cidades brasileiras, nos seus aspectos quantitativo, valorativo e de justiça social, ou seja, de equidade. Neste enfoque, cumpre analisar a repercussão na tarifa do transporte público, pois na estrutura tarifária vigente (*cost plus*), os custos do provimento do serviço recaem sobre o usuário (beneficiário direto), sem que se distribuam os custos por toda a sociedade (beneficiário indireto), que também se beneficia do sistema de transporte público, e o próprio setor privado que explora este mercado de transportes – as empresas operadoras, numa realidade vigente de não internalização do custo da poluição como insumo da produção.

Entretanto, considerá-lo como custo variável, que, somado ao custo de amortização e depreciação de uma frota mais cara devido ao preço maior do material rodante do GNV, poderá aumentar o custo final dos transportes para os usuários, o que poderia representar uma situação indesejável de iniquidade.

Acredita-se que a abordagem deste trabalho traga uma contribuição às discussões que se iniciam no panorama internacional da vigência do Protocolo de Quioto e dos seus mecanismos de abatimento do carbono na atmosfera, de forma tal que o setor de transportes, em especial os transportes públicos de passageiros, não fique de fora da sua contribuição enquanto fonte emissora que pode cooperar na redução dos poluentes, utilizando-se do mercado internacional das emissões que se avizinham, mediante a utilização da tecnologia mais limpa do GNV.

Entretanto, convém salientar que este trabalho de pesquisa não se trata de um projeto MDL (Mecanismo de Desenvolvimento Limpo) a ser submetido no âmbito do Protocolo de Quioto. As premissas utilizadas que caracterizam a possibilidade de projetos de transportes públicos serem utilizados no âmbito do Protocolo serviram apenas como suporte teórico para a utilização dos fatores de emissão dos poluentes atmosféricos de efeito local e estufa. Assim como a introdução do valor de mercado do carbono equivalente na valoração econômica do recurso ambiental do ar atmosférico, que foi utilizado para caracterizar a externalidade ambiental a ser considerada na formação dos custos dos serviços públicos de transporte de passageiros por ônibus, expresso na forma da tarifa cobrada aos usuários.

No âmbito local, espera-se que os órgãos reguladores do setor de transporte público de passageiros por ônibus passem a adotar tecnologias menos poluentes e que os investimentos necessários não sejam amortizados unicamente sobre os usuários diretos, quando se tratar da repartição dos custos do provimento dos serviços, que requer uma repactuação entre quem usa e se beneficia da existência do sistema de transporte de passageiros nas áreas urbanas.

## 1.1 – Objetivos da Pesquisa

Como objetivo geral, a pesquisa busca conceituar aspectos relevantes do problema ambiental da poluição atmosférica provocada pelo sistema de transportes públicos de passageiros por ônibus, com estudo de caso na cidade de Fortaleza.

A conceituação teórica abrange aspectos tecnológicos do *diesel* e do GNV, quanto às suas emissões e reduções possíveis de se obterem pela troca dos combustíveis, considerando os problemas relacionados à poluição urbana e ao conceito dos gases de efeito estufa, ponderados pelo seu potencial de aquecimento global especificado pelo IPCC (2001) e internacionalmente conhecido como Potencial de Aquecimento Global – PAG (*Global Warming Potential – GWP*).

Focando a questão ambiental dos transportes públicos de passageiros por ônibus, procurou-se identificar a necessidade de novas abordagens que viabilizassem os mecanismos de financiamento dos

certificados de emissões de poluição para o setor e também estimaram-se os impactos desta troca de energético sobre a tarifa de uma hipotética frota de ônibus movida a gás natural na cidade de Fortaleza.

Com base na análise de sensibilidade da tarifa com a substituição da frota a *diesel* por uma a GNV e a inclusão do passivo ambiental da poluição como valor econômico do recurso ambiental (VERA) a ser considerado no cálculo da tarifa, pretende-se delinear políticas públicas através da cenarização de hipóteses normativas, onde se pretende iniciar a discussão sobre a quem cabe financiar os recursos necessários à melhoria ambiental, seja de forma percentual ou integral, em relação aos beneficiários diretos e indiretos, envolvendo tanto os usuários, quanto os operadores de transportes e o poder público, ou seja, tentar responder à seguinte questão: De que forma a sociedade pode ou não pagar para degradar o meio ambiente?

## 1.2 – Relevância da Pesquisa

A crescente evidência científica da interferência das atividades humanas no equilíbrio do clima do planeta vem, a cada dia, sendo confirmada por vários estudos em escala planetária, principalmente, devido à ocorrência de eventos significativos, tais como: a) a redução da calota polar; b) o degelo mais precoce da neve nas montanhas; c) os fenômenos climáticos das secas no semi-árido da América do Sul e da África, em especial na região Nordeste do Brasil; d) catástrofes de enchentes na Europa, na China e no Brasil; e) incêndios de proporções incontroláveis como ocorreram na Califórnia (Estados Unidos da América) e f) os fenômenos *El Niño* (aquecimento do Oceano Pacífico) e *La Niña* (esfriamento do Oceano Pacífico), como possíveis conseqüências das mudanças climáticas.

O desequilíbrio do clima nestas proporções passou a preocupar a humanidade nas últimas duas décadas e que persiste nesta, haja vista que o fenômeno atinge um período de tempo centenário, obrigando o estudo mais detalhado do que poderia estar causando estes fenômenos. Segundo o IPCC (2001), existem conclusões robustas (aquelas que, mediante metodologias, abordagens e modelagens, são menos afetadas pelas incertezas) sobre estas mudanças climáticas e a sua relação com as atividades do homem, tais como:

- a. Observações demonstram que a superfície da Terra está sendo globalmente aquecida. A década de 1990 foi a que apresentou o maior aquecimento medido por instrumentos.
- b. A concentração dos gases antropogênicos ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$  e  $\text{N}_2\text{O}$ ) cresceu substancialmente desde o ano de 1750.
- c. Alguns gases antropogênicos ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{N}_2\text{O}$  e o ozônio troposférico –  $\text{O}_3$ ) possuem vida longa.
- d. Muito do aquecimento observado nos últimos 50 anos e do aumento da concentração dos gases de efeito estufa, provavelmente são oriundos das atividades humanas.
- e. O aumento da concentração do  $\text{CO}_2$  sobre o século 21 deverá ser proveniente das emissões dos combustíveis fósseis.
- f. A estabilização da concentração do  $\text{CO}_2$  na atmosfera nos níveis de 450, 650 ou 1.000 ppm exige que a emissão global do  $\text{CO}_2$  caia para os níveis dos anos 90, nas próximas décadas, e, aproximadamente, no próximo ou nos dois séculos seguintes continuem regularmente sendo limitados de forma tal que seja apenas uma pequena fração dos níveis atuais. As emissões deverão ter um pico de 450 ppm, nas próximas duas décadas, e quase de 1.000 ppm em um século.

Estas evidências apontam para um problema de ordem global, onde a ação isolada de determinado país

para reduzir suas emissões de GEEs pode ser mais cara do que a negociação com aqueles que ainda possuem *folga* para poluir. Entretanto, esta comercialização deve-se dar através de implementações conjuntas bi ou multilaterais, envolvendo tecnologias mais limpas do ponto de vista ambiental, entre os países aptos a utilizarem os mecanismos do protocolo, isto é, aqueles que são signatários do Protocolo de Quioto.

A pertinência temática do problema ambiental dos transportes públicos, associada às forças motrizes internacionais, considerando o ambiente local e o planetário, torna este objeto de estudo uma pesquisa de cunho interdisciplinar que se coaduna com a abordagem sistêmica dos problemas de transportes, ainda mais quando se incorpora à análise a dimensão econômico-ambiental.

Existe, também, uma relação econômica que perpassa a dimensão do problema, ao analisar qual seria a repercussão do passivo ambiental na questão tarifária, considerando o custo de capital a ser amortizado (maior para uma frota movida a GNV) e a possibilidade de abatimento deste provável custo adicional mediante os mecanismos de financiamento de tecnologias amigas do clima ou o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo – MDL (*Clean Development Mechanism – CDM*), bem como doações ou empréstimos a fundo perdido pela redução dos gases de efeito estufa (GEEs) e dos gases de efeito local (GELs) que também podem ser precursores dos GEEs. A abordagem ambiental e a sua repercussão nos custos finais aos usuários também são analisadas quanto à internalização dos custos ambientais.

A redução dos gases de efeito local (GELs) apresenta ganhos ambientais na melhoria da qualidade do ar local com reflexos na qualidade de vida das cidades e na saúde pública, em particular na população de idosos e crianças.

Deseja-se que a presente pesquisa aponte caminhos para a redução dos problemas ambientais, através da criação de mecanismos menos excludentes da internalização da poluição nos custos de provisão dos serviços, sem que onere, em demasia, a tarifa final paga pelo usuário. Na realidade, este é um excluído e não provoca maior redução na demanda pagante que utiliza os transportes públicos para usufruir a cidade e os seus serviços, obtendo-se, por fim, o direito à cidadania e garantido o direito de ir e vir, hoje inviabilizado pelo custo dos transportes públicos de passageiros em nossas cidades.

O delineamento de mecanismos menos excludentes implica a necessidade de formulação de políticas públicas de transportes com tais objetivos. Como se trata da repercussão do custo da provisão de serviços de transportes, com a internalização do custo ambiental, ocorre a necessidade de as políticas de transportes estarem voltadas ao equacionamento dos custos exigidos aos usuários na forma de tarifa. Portanto, as políticas públicas possuem o foco voltado para a questão da desoneração tarifária dos transportes que possam viabilizar a tecnologia GNV no SIT-FOR.

### 1.3 – Organização da Pesquisa

No primeiro capítulo apresentam-se as hipóteses básicas da pesquisa em relação à questão dos gases de efeito local e estufa emitidos pelo setor de transportes públicos por ônibus na cidade de Fortaleza, considerando a situação atual da queima do *diesel* como energético motriz do SIT-FOR e a hipotética situação futura da utilização do GNV.

No segundo capítulo procedeu-se ao levantamento dos planos de transportes realizados em Fortaleza desde os anos 70, com a realização do Estudo de Transportes Urbanos da Região Metropolitana de Fortaleza – ETURB/FOR. (GEIPOT, 1981.) O referido estudo foi elaborado mediante convênio firmado entre o Governo do Estado do Ceará e o Governo Federal, através da Empresa Brasileira de Planejamento de Transportes (GEIPOT) no ano de 1977, até a contemporaneidade do Plano de Transportes Urbanos de Fortaleza (PTUF). O objetivo primordial consistia em olhar para o passado e compreender como foi estruturado o Sistema Integrado de Transportes de Fortaleza (SIT-FOR), nos seus aspectos morfológicos e de integração unimodal, mas sempre com a análise focada nos aspectos

ambientais dos transportes por ônibus, existente ou não, nos planos governamentais que abrangem mais de duas décadas.

Caracterizou-se o setor e os usuários do transporte público por ônibus no país, onde Fortaleza não foge à regra do aumento da quilometragem rodada e da queda na demanda, gerando uma tendência de queda no Índice de Passageiros por Quilômetro (IPK). Foi identificado o perfil de baixa renda que caracteriza os usuários deste modo. Isto preocupa na medida em que se discute a inclusão de um novo componente de custo na equação tarifária, com a consideração do passivo ambiental enquanto custo variável, o que pode implicar uma situação de iniquidade, caso não se repactue a forma de financiar o serviço público de transporte por ônibus nas cidades brasileiras. Foram analisadas as informações operacionais e características do SIT-FOR do ponto de vista da demanda e da oferta do mercado de transporte por ônibus em Fortaleza.

No Capítulo 3 quantificaram-se as estimativas de emissões dos gases de efeito local (GELs) e estufa (GEEs), a partir da adoção da metodologia usada para a elaboração de inventários dos poluentes recomendada pelo IPCC para a situação atual da queima de *diesel* pela frota de ônibus do SIT-FOR. Conceitualmente se denominaria de *baseline scenario* e, a partir da qual, se calculam as reduções dos poluentes obtidas com a hipotética utilização do GNV na referida frota, o que se denominou, respectivamente, de Cenário 1 e 2.

A subtração das quantidades estimadas dos GELs, GEEs e  $CO_{2EQ}$  para o *diesel* e o GNV permitiram estimar os montantes em toneladas por ano (t/ano) que poderiam ter sido reduzidas pela troca dos combustíveis, considerando os anos de 1991, 2002, no período acumulado entre 1991 e 2002, e a média anual. A obtenção destas estimativas permitiu o cálculo dos indicadores de emissões expressos em toneladas por ano (t/ano), toneladas por ônibus por ano (t/ônibus/ano), gramas por quilômetro (g/km), gramas por passageiro transportado por dia (g/passageiro/dia) para que se pudesse compreender melhor os indicadores encontrados ou mesmo compará-los com outras localidades.

No Capítulo 4 se introduziu o conceito relativo à valoração econômica do recurso ambiental (VERA), aplicado ao ar atmosférico ( $VERA_{AR}$ ), bem como foram obtidos os valores monetários dos GELs e GEEs, a partir de referências nacionais e internacionais. Na valoração dos GELs utilizou-se dos valores expressos em reais (R\$ de 2002) do IPEA (1999), enquanto para os GEEs se empregou o preço internacional da  $tCO_{2EQ}$ , cotada pelo governo holandês, enquanto potencial comprado de  $CO_{2EQ}$  na modalidade MDL do Projeto Transmilênio de Bogotá, Colômbia. Embora se tenham pesquisado outros valores estimados pelas instituições financeiras internacionais que intermedeiam a compra e venda do direito de poluir. Portanto, obteve-se o valor monetário da poluição do SIT-FOR, no que tange aos GELs, GEEs e  $CO_{2EQ}$ .

No Capítulo 5 foram recuperadas as principais discussões das Políticas Nacionais de Transportes Públicos levadas a termo pelo Governo Federal na última gestão, representada pela Secretaria Especial de Desenvolvimento Urbano da Presidência da República (SEDU/PR) e na atual pelo Ministério das Cidades. Também foram consideradas as propostas apresentadas pelo Movimento Nacional pelo Direito ao Transporte Público de Qualidade para Todos (MDT). Em particular, aquelas voltadas para a desoneração tributária com o objetivo de reduzir as tarifas dos transportes públicos. Estas delinearão forças motrizes resultantes das discussões que podem ser traduzidas como políticas públicas necessárias, para que se tenha o transporte público como a Constituição Federal o considera, ou seja, um serviço público de caráter essencial. Portanto, na busca da inclusão social e de um transporte ambientalmente mais limpo, propõem-se políticas públicas de caráter tributário que desonem a tarifa o suficiente para viabilizar a tecnologia GNV na frota de transporte público por ônibus em Fortaleza.

Embora as propostas do MDT visem o imediatismo da redução do preço dos transportes com tecnologia *diesel* (Cenário 1), aproveitou-se destas para ampliar a discussão no sentido de incluir o Cenário 2, que seria a adoção da tecnologia GNV no transporte público por ônibus.

Para a análise dos Cenários 1 e 2 foi realizada uma análise de sensibilidade com a introdução de 22



subcenários normativos tributo-tarifários, considerando-se uma majoração média de 36% no preço da tecnologia GNV em relação à tecnologia *diesel*, bem como valores mínimos de 25% e máximo de 50% do preço do ônibus *diesel*. O objetivo desta análise de sensibilidade seria a de delinear políticas públicas que viabilizassem o GNV na frota de ônibus do SIT-FOR sem que ocorresse aumento tarifário, mantendo a tarifa do GNV menor ou igual àquela praticada em setembro/2002, a tarifa-base de R\$ 1,20 da tecnologia *diesel*.

O foco da política pública pró-GNV estaria voltada à desoneração tributária incidente na provisão dos serviços pelos diversos entes federados, enquanto sujeitos ativos da relação tributária, que permitisse a viabilização da tecnologia GNV sem aumento de tarifa. Entretanto, na medida em que se estima o valor final da tarifa e o quanto esta é superior à do *diesel*, permite-se quantificar o montante de recursos necessário para subsidiar o uso do GNV na frota de ônibus, cabendo ao Poder Público Municipal tomar a decisão política de fazê-lo ou não, caso não se consiga o consenso político de uma nova agenda para o setor de transportes, que, realmente, considere sua essencialidade e, por consequência, seja menos tributado.

Apresenta-se conceitualmente, o que seja uma tarifa de transporte público por ônibus, mostrando seus principais componentes de custo e a forma de calculá-los, onde prevalece a metodologia do *cost plus*, com a tarifa resultando do rateio entre os custos do serviço e aqueles que, efetivamente, o pagam, ou seja, os passageiros-equivalentes.

No Capítulo 6 apresentam-se detalhadamente os itens de custo da tarifa-base do SIT-FOR referente ao mês de setembro/2002, utilizado como parâmetro de análise das simulações para os cenários 1 e 2 e os respectivos subcenários normativos, levando em conta a inclusão integral do VERA<sub>AR</sub> e as suas parcelas desagregadas em relação aos efeitos locais e estufa.

No Capítulo 7 apresentam-se as conclusões obtidas com a pesquisa, principalmente, devido aos resultados dos subcenários viáveis que podem ser transformados em políticas públicas pelo poder público, bem como suas limitações e a potencialidade de novas linhas de pesquisas que podem ser aprofundadas a partir da presente análise. Na bibliografia se apresentam as referências bibliográficas consultadas ao longo de todo o trabalho.

Este livro amplia a abrangência e torna públicos os resultados da pesquisa de Doutorado em Engenharia de Transportes, que analisou a contribuição dos ônibus para a poluição atmosférica, considerando os gases de efeito local (GELs) e do aquecimento global do planeta, mediante emissões antropogênicas que agravam a concentração dos gases de efeito estufa (GEEs). Além da estimativa das quantidades de cada um dos poluentes, buscou-se na bibliografia nacional e internacional valorá-los monetariamente.

Como estratégia para implantação da frota urbana de ônibus movida a gás natural veicular (GNV), gás natural (GN) ou gás natural comprimido (GNC), analisou-se o benefício ambiental (local e global) da mudança do combustível. Portanto, considerou-se como hipótese básica a identificação das vantagens socioeconômicas e ambientais da adoção do GNV em substituição ao *diesel* na frota de ônibus do Sistema Integrado de Transportes de Fortaleza (SIT-FOR).

Em razão da implementação do Protocolo de Quioto em escala internacional e da adoção dos índices de emissão dos poluentes locais e globais recomendados pelo Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (*The Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC*) apresentam-se as discussões internacionais sobre o valor econômico do  $CO_{2EQ}$  a ser utilizado como moeda ambiental na aquisição das *permissões de poluir* no mercado internacional de emissões de carbono. Implica dizer que a poluição emitida a menos por um país pode ser comercializada no mercado internacional. Este *saldo* somente poderá ser negociado se for o resultado do uso de tecnologia mais limpa para realizar o abatimento do carbono, como o uso do GNV nos transportes públicos por ônibus, através do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) dos países signatários do Protocolo de Quioto.

Recomenda-se este livro aos estudantes de graduação e pós-graduação nas áreas de engenharia de transportes, meio ambiente e direito, assim como aos profissionais que pretendam atualizar-se com o papel dos transportes na poluição atmosférica de efeito local e estufa nos centros urbanos.

João Alencar Oliveira Júnior

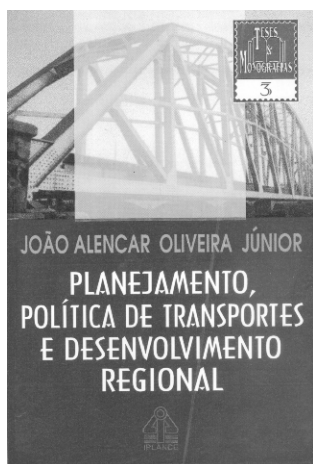
## Apoio Cultural:

---



# Adquira os Livros Publicados

---

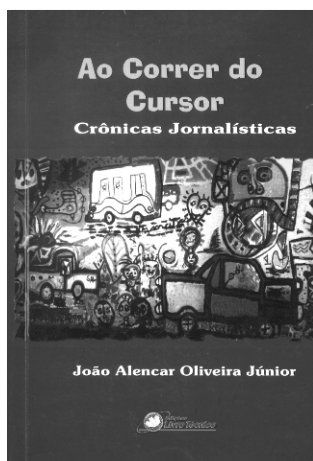


## **Planejamento, Política de Transportes e Desenvolvimento Regional**

Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará (IPECE)

Centro Administrativo Gov. Virgílio Távora  
Av. General Afonso Albuquerque Lima, S/N  
Ed. SEPLAN - 2º andar Setor de Publicações - Cambéa -  
60.839-900 - Fortaleza-CE

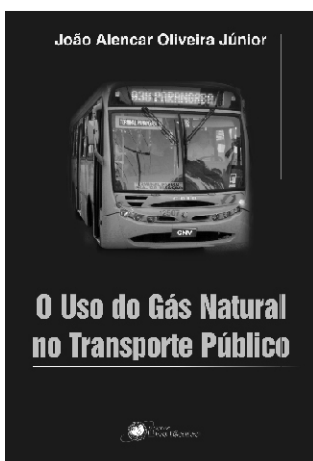
Fone: +55 85 3101 3512  
Fax: +55 85 3101 3500  
<http://www.ipece.ce.gov.br>  
e-mail: [ipece@ipece.ce.gov.br](mailto:ipece@ipece.ce.gov.br)



## **Ao Correr do Cursor – Crônicas Jornalísticas**

Livraria e Editora Livro Técnico  
Rua Dom Joaquim, 46 Centro  
Fone: +55 85 3433.9492/9493  
Fax: +55 85 3433.9495  
<http://www.livrotecnico.com>  
Email: [livrotecnico@livrotecnico.com](mailto:livrotecnico@livrotecnico.com)

Vendas On-line  
Jannier Magalhães  
Fone: +55 85 3433.9497  
Email: [jannier@livrotecnico.com.br](mailto:jannier@livrotecnico.com.br)



## **O Uso do Gás Natural no Transporte Público**

Livraria e Editora Livro Técnico  
Rua Dom Joaquim, 46 Centro  
Fone: +55 85 3433.9492/9493  
Fax: +55 85 3433.9495  
<http://www.livrotecnico.com>  
Email: [livrotecnico@livrotecnico.com](mailto:livrotecnico@livrotecnico.com)

Vendas On-line  
Jannier Magalhães  
Fone: +55 85 3433.9497  
Email: [jannier@livrotecnico.com.br](mailto:jannier@livrotecnico.com.br)