

REDUÇÃO DE DIÓXIDO DE CARBONO ATRAVÉS DA MAIOR UTILIZAÇÃO DA MODALIDADE HIDROVIÁRIA NO TRANSPORTE DE PASSAGEIROS: UM ESTUDO DE CASO DA LIGAÇÃO RIO-NITERÓI

Fatima Cristina Vaz Pinto

Robson Nogueira dos Santos

COPPE – Programa de Engenharia de Transportes

Universidade Federal do Rio de Janeiro

RESUMO

Este trabalho pretende analisar os potenciais de redução de emissões de dióxido de carbono (CO₂) produzidas pelo setor de transportes a partir da maior utilização de modalidades de transporte que apresentam maior eficiência energética, como é o caso da modalidade hidroviária. Para tal, foi feito um estudo de caso do sistema hidroviário de passageiros da ligação entre os municípios do Rio de Janeiro e de Niterói, sendo desenvolvidos dois cenários alternativos que contemplam os potenciais para a redução de emissões de CO₂ a partir da análise da demanda de passageiros do sistema de barcas da ligação Rio-Niterói. As principais conclusões deste estudo mostram que existem grandes potenciais para a redução de CO₂ a partir da maior utilização da modalidade hidroviária no transporte de passageiros desta ligação.

ABSTRACT

This work intends to analyze the potentials of reduction of carbon dioxide (CO₂) emissions produced by the sector of transports, starting from a larger use of transport modalities that present better energy efficiency, in which the maritime modality is included. For such, it was elaborated a case study of the maritime system of passengers that connects the cities of Rio de Janeiro and Niterói, being developed two alternative scenarios that contemplate the potentials of reduction of CO₂ emissions starting from the passenger demand analysis of the boats system of the Rio-Niterói connection. The main conclusions of this research indicate that there are great potentials of reduction of CO₂ starting from a larger use of the maritime modality in the passenger transport of this connection.

1. INTRODUÇÃO

Os efeitos das emissões atmosféricas oriundas dos transportes se dão tanto em escala local, quanto em níveis regionais e globais. As mudanças climáticas são os principais impactos causados pela poluição do ar em nível global, e apesar das alterações produzidas ao clima terem seus efeitos imediatos menos percebidos, as consequências em longo prazo, poderão ser desastrosas ao planeta. O acelerado aumento das concentrações de Gases de Efeito Estufa (GEE), sobretudo do dióxido de carbono (CO₂), um dos principais GEE, tem como uma de suas maiores consequências o aumento da temperatura média do planeta, o chamado aquecimento global, fenômeno que poderá provocar grandes prejuízos ambientais ao planeta. As emissões atmosféricas oriundas dos meios de transportes são resultantes, sobretudo da forma de utilização da energia, que prioriza o uso de combustíveis fósseis, como a gasolina e o óleo diesel. Tal fato, aliado ao aumento significativo do número de veículos circulando nas grandes cidades contribui para o agravamento do problema da poluição do ar, principalmente em áreas urbanas. No Brasil, os transportes ocupam a segunda posição em termos de consumo energético, sendo superado apenas pelo setor industrial. O transporte rodoviário participa com 90,2% de toda a energia consumida por todo o setor (MME, 2002).

O sistema de transporte público da Região Metropolitana do Rio de Janeiro apresenta uma configuração complexa operando na cidade os sistemas de: trens, metrô - subterrâneo e de superfície, barcas, além de ônibus - comuns e seletivos, micro-ônibus, vans e táxis. O transporte

por ônibus vem ocupando, desde a década de 50, o espaço destinado ao trem e ao metrô, estes sim modalidades de grande capacidade, enquanto que em 1950 representava 28% do total de viagens, atualmente o ônibus responde por quase 80% deste total. O modal rodoviário, a exemplo do que ocorre em outras grandes cidades do Brasil, é o predominante na Região Metropolitana do Rio de Janeiro. Somente no município do Rio de Janeiro o transporte por ônibus corresponde a mais de 70% dos deslocamentos, enquanto que as demais modalidades participam com menos de 30% do total de viagens produzidas pelos sistemas de transporte coletivos (Sectran, 2003). Atualmente, as demais modalidades em conjunto totalizam menos de 30%, sendo que a modalidade hidroviária representada pelo sistema de barcas representou apenas 0,9% das viagens realizadas pelo sistema de transporte de passageiros, como pode ser observado na Figura 1, a seguir.

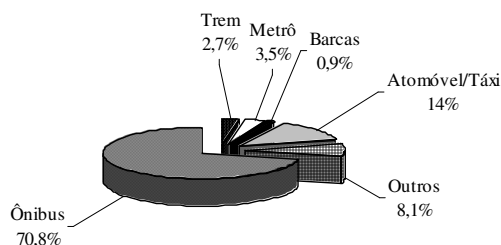


Figura 1 - Divisão Modal em Viagens na Região Metropolitana do Rio de Janeiro em 2001 (Sectran, 2003).

A falta de um melhor planejamento para o transporte coletivo de passageiros, envolvendo mecanismos que viabilizem a expansão de modalidades de transporte energeticamente mais eficientes, e por consequência menos poluentes, vem sendo nos últimos anos umas das importantes questões a serem consideradas dentro do contexto da utilização racional dos sistemas de transportes urbanos. Devido ao grande consumo energético e à intensidade das emissões poluentes produzidas pelos sistemas rodoviários torna-se relevante o incentivo aos sistemas de transporte com um menor consumo de combustível por passageiro transportado, investindo em modalidades de maior capacidade no transporte de passageiros, como a modalidade hidroviária, que tendo o seu potencial de ocupação bem aproveitado em relação à sua capacidade total de transporte, apresenta vantagens como o melhor aproveitamento em termos energéticos, além de permitir a redução do número de veículos automotores nas vias, contribuindo com isso para a redução das emissões de poluentes. Desta forma, o trabalho pretende mostrar o potencial para a redução de emissões de CO₂ com a maior utilização de uma modalidade de transporte energeticamente mais eficiente, como o caso do sistema de barcas, principal componente do sistema hidroviário de passageiros do Rio de Janeiro, e que juntamente com o sistema de transporte por ônibus, via ponte, executa o transporte coletivo de passageiros na ligação Rio-Niterói.

2. EMISSÕES DE CO₂ E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

A intensidade energética, ou seja, a quantidade de energia consumida para realizar trabalho, no setor de transporte é representada pela razão entre o consumo de combustível e o número de passageiros transportados ou quantidade de carga transportada a uma determinada distância. As diferentes modalidades de transporte apresentam intensidades distintas quanto ao consumo energético total, bem como, quanto à quantidade de energia gasta para o transporte de um determinado número de passageiro, consumo específico. As variações relacionadas ao uso de energia e à eficiência energética das diversas modalidades de transporte irão refletir na maior ou menor intensidade nas emissões de GEE.

No Brasil a utilização de energia para os transportes aumentou bastante da década de 90 ao início do século XXI, sobretudo na modalidade rodoviária que de 1990 até o ano 2001 obteve um aumento em cerca de 51% do consumo energético (MME, 2002). Constatou-se que no caso do Brasil os sistemas de transporte de passageiros pelas modalidades rodoviárias são os predominantes mesmo apresentando-se nos últimos anos como os mais intensivos em consumo energético e também em níveis de emissões. A Tabela 1, a seguir, apresenta o consumo de energia de 1990 a 2001 pelas modalidades de transporte no Brasil. É possível constatar que o setor hidroviário nos últimos anos vem apresentando um menor consumo, obtendo inclusive uma redução em torno de 4% de 1990 a 2001.

Tabela 1: Consumo de Energia (em 10³ tep) por Modalidade de Transporte no Brasil de 1990 a 2001

Modalidade	1990	1995	1999	2000	2001
Rodoviária	28.478	36.343	42.791	42.067	43.113
Ferrovária	610	526	440	503	557
Aérea	1.915	2.371	2.951	3.456	3.237
Hidroviária	1.058	1.076	1.056	1.080	1.015

Fonte: MME, 2002.

Shipper *et al* (1999) considera alguns fatores relacionados aos sistemas de transportes para a redução de GEE, estes se encontram classificados em uma metodologia denominada de metodologia ASIF, onde cada letra representa um dos fatores. A letra S corresponde à estrutura modal dos sistemas de transporte, representada pela razão entre passageiros/quilômetros ou toneladas/quilômetros transportados pelas diferentes modalidades de transportes. Portanto, considera-se que a intensidade energética das diferentes modalidades de transporte constitui um elemento dos mais significativos dentro do contexto das emissões de CO₂ e da melhor utilização de energia pelos sistemas de transportes.

Ao compararmos as diferenças entre eficiências energéticas apresentadas pelas modalidades rodoviária e hidroviária, objeto de estudo deste trabalho, é possível identificar que comparada ao transporte rodoviário, a modalidade hidroviária apresenta-se como uma das menos intensivas em consumo de energia. A potência de uma barca para transportar de 2.000 a 2.100 passageiros corresponde a 1.230 kw (quilowatt), enquanto que para transportar o mesmo número de passageiros por ônibus seriam necessários 30 veículos, correspondendo a 3.357 kw, tendo um consumo muito maior de combustível (USACE, 1999).

A Figura 2, a seguir, mostra a comparação entre o consumo energético de uma embarcação e das modalidades ferroviária e rodoviária para o transporte de uma tonelada de carga ou passageiro para cada litro de combustível consumido.

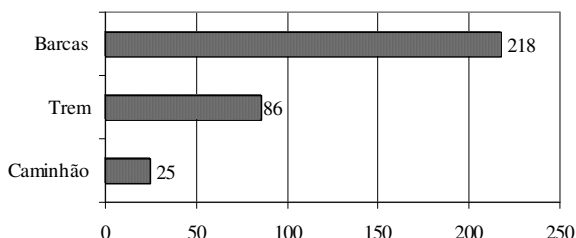


Figura 2: Comparação de Eficiência Energética (em kw) entre as Modalidades de Transporte (USACE, 1999).

Deve-se ressaltar, no entanto, que para serem feitas comparações entre a eficiência energética das diferentes modalidades de transportes, além do consumo de combustível, outros elementos também devem ser considerados, tais como: os equipamentos utilizados em cada modalidade, as condições técnicas dos locais bem como os procedimentos operacionais (Ribeiro, 2002).

O sistema hidroviário por ser de alta capacidade para o transporte de passageiros apresenta um menor consumo de energia *per capita*, destaca-se, porém, que em uma embarcação a eficiência energética só é totalmente aproveitada com a plena utilização de sua capacidade de transporte, ou seja, o consumo energético não se justificaria caso a embarcação trafegasse com capacidade ociosa de passageiros ou de carga.

2.1. Emissões de CO₂ pelos Transportes no Município do Rio de Janeiro

Durante a década de 90 ocorreu um crescimento das emissões de CO₂ por unidade de energia consumida, o que pode ser justificado pelo decréscimo no consumo de álcool etílico e de álcool etílico hidratado no município do Rio de Janeiro durante esse período. Em um intervalo de oito anos, ou seja, de 1990 a 1998, o consumo de álcool no município obteve uma queda de 561.909 m³ em seu consumo. Em contrapartida o álcool etílico anidro que correspondia a 22% do consumo, a partir de 1998 passou a representar 24%, não sendo, porém esse aumento representativo para a diminuição das emissões de CO₂ por unidade de energia consumida no município do Rio de Janeiro. No final da década de 90 o transporte coletivo efetuado principalmente por ônibus no município do Rio de Janeiro obteve uma participação de 36% das emissões de CO₂ do total de emissões produzidas pelos setores de transportes analisados, como é mostrado a seguir pela Figura 3, correspondendo a 24% dos totais de emissões de GEE.

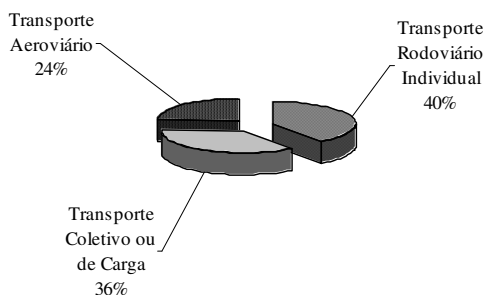


Figura 3: Emissões de CO₂ no Setor de Transportes no Município do Rio de Janeiro em 1998 (SMAC/COPPETEC, 2000).

De acordo com o “Inventário de Gases de Efeito Estufa do Município do Rio de Janeiro”, elaborado em 2000, apesar do maior consumo de combustíveis do transporte rodoviário individual, no início da década de 90 o transporte coletivo e de carga lideravam as emissões de CO₂ no segmento de transporte rodoviário. Em 1990 o transporte rodoviário individual participava com 16,94% passando a representar 26,23% das emissões em 1998, o transporte coletivo e de carga tinham uma participação de 22,21%, e no final da década de 90 representavam 23,41% das emissões totais de CO₂. Nesse mesmo período, o setor de transportes rodoviário totalizava 49,64% das emissões comparadas aos demais setores de uso energético.

Os dados do Inventário mostram ainda que as taxas geométricas de crescimento anual para as emissões de CO₂ oriundas do consumo de combustíveis fósseis e as emissões totais de CO₂ acompanharam o crescimento da população do município em relação ao país. Conclui-se que ocorreu um aumento das emissões no município durante o período de 1996 a 1998, apresentando crescimento médio anual da ordem de 3,6% ao ano. Os sistemas de transportes são a segunda maior fonte em emissões de CO₂ em todo o Brasil, e no caso do município do Rio de Janeiro, o setor de transportes, representado, sobretudo pelo sistema rodoviário, é a principal fonte emissora de CO₂, e a exemplo do que ocorre no restante do país, este é o gás de efeito estufa emitido também em maior quantidade considerando as emissões feitas pelo total das atividades econômicas.

3. ESTUDO DE CASO

Tendo como peculiaridade o fato de ser operada tanto pelo sistema hidroviário quanto pelo sistema rodoviário de transporte de passageiros, a ligação entre os municípios do Rio de Janeiro e de Niterói apresenta um intenso tráfego de veículos, sobretudo, pela ponte Rio-Niterói, o que agrava os problemas de congestionamentos dificultando o transporte de passageiros nesta ligação. A ponte Rio-Niterói foi projetada para absorver um tráfego de 55 mil veículos/dia, apresentando atualmente um fluxo diário de 130 mil veículos, o que ultrapassa o dobro de sua capacidade. A capacidade máxima de escoamento da Ponte Rio-Niterói é de aproximadamente 6.000 veículos/hora em cada sentido, havendo, em horários de pico, um excedente de dois mil veículos por hora na pista em direção ao Rio de Janeiro, causando graves problemas de congestionamentos

nas alças de acesso à ponte e nas cidades de Niterói e de São Gonçalo. Apesar da paisagem da Baía de Guanabara proporcionar viagens mais prazerosas e também do trajeto ser feito em um menor tempo (20 minutos) que nas viagens via ponte (30 minutos), devido à não ocorrência de congestionamentos, durante os últimos anos, vem sendo observado um crescente aumento da preferência dos passageiros pelo sistema rodoviário em detrimento ao sistema hidroviário na travessia Rio-Niterói (BNDES, 1999).

3.1. Área de Estudo

A ligação de transporte de passageiros entre os municípios do Rio de Janeiro e de Niterói é uma das mais importantes dentro da Região Metropolitana do Rio de Janeiro, sendo realizada simultaneamente pelos modos rodoviários e hidroviários, sendo este último composto por: barcas aerobarcos e catamarãs. Os principais municípios geradores de viagens são Niterói e São Gonçalo, e a modalidade hidroviária assume nesta ligação características de transporte de massa, existindo também a possibilidade de escolha por parte dos passageiros pelo acesso rodoviário feito através da ponte Rio-Niterói. Tal fato confere a esta ligação características particulares dentro do segmento de transportes de passageiros no país (Cid *et al*, 1999).

A partir da inauguração da ponte Rio-Niterói (em 1974) ocorreu a entrada em operação de linhas de transporte rodoviário competindo diretamente com os sistemas hidroviários. As modalidades rodoviárias, atualmente são os principais meios de transporte dentro do sistema de transporte coletivo de passageiros nesta ligação. Atualmente, cerca de 75 mil passageiros são transportados por barcas, sendo, porém, o transporte coletivo por ônibus e por automóveis os mais utilizados, deslocando cerca de 121.000 passageiros/dia, tendo um fluxo de veículos pendular, todos os veículos vão e voltam de Niterói para o Rio de Janeiro e vice-versa, sendo feita por isso a cobrança de pedágio somente em um sentido (Ponte S.A., 2004).

3.2. Variáveis

As variáveis utilizadas correspondem ao consumo de combustível, número de viagens produzidas, distância percorrida e total de passageiros transportados pelas barcas na ligação Praça XV-Niterói. As informações utilizadas neste estudo foram retiradas da pesquisa feita em Pinto (2004), e disponibilizadas pelos seguintes órgãos: Secretaria de Transportes do Rio de Janeiro Sectran-RJ, Departamento de Transportes Rodoviário do Rio de Janeiro Detro-RJ, Agência Reguladora dos Serviços Públicos Concedidos Asep-RJ e Concessionária Barcas S.A.

3.3. Metodologia

De forma que se possa ter uma base comum de comparação entre as emissões de gases de efeitos estufa dos diferentes países, foi elaborada pelo *Intergovernmental Panel on Climate Change* - IPCC uma metodologia para a quantificação de emissões de CO₂ a ser seguida e apresentada nas “Diretrizes para Inventários Nacionais de Gases de Efeito Estufa” de 1996 (MCT, 2002), a metodologia do IPCC foi oficialmente adotada pela Convenção do Clima na elaboração das Comunicações Nacionais dos diversos países signatários da convenção, dentre eles o Brasil.

De acordo com os dados disponíveis, a metodologia do IPCC pode ser aplicada a partir de duas abordagens distintas: a abordagem *top-down* ou a abordagem *bottom-up*. A aplicação de uma ou de outra depende basicamente do nível de agregação dos dados disponíveis. A metodologia *top-*

down permite o cálculo das emissões de CO₂ usando apenas os dados relativos à oferta sem o detalhamento a respeito do consumo, assim, para este estudo de caso a escolha da metodologia *top-down* deu-se em função dos dados obtidos para hidroviário de passageiros estudado. Para tal, as variáveis diretamente utilizadas correspondem ao consumo e tipo de combustível fóssil utilizado.

Resumidamente, em uma primeira etapa da aplicação da metodologia *top-down* é preciso converter o consumo aparente do combustível para uma unidade comum de energia, ou seja, o tera-joules (TJ), que corresponde a um tep brasileiro (45,2 x 10⁻³ TJ). Em seguida, procede-se à transformação do consumo aparente do combustível em conteúdo de carbono pela multiplicação do fator de emissão de carbono relativo ao tipo de combustível utilizado. Os fatores de emissão, de conversão e correção de unidades de massa e volume foram obtidos no Balanço Energético Nacional do Ministério das Minas e Energia (2002).

De forma simplificada, o cálculo do volume de CO₂ em derivados de petróleo é feito a partir da aplicação da equação 1, abaixo :

$$CC = CA \times F_{Conv} \times 45,2 \times 10^{-3} \times F_{Corr} \quad (1)$$

Sendo:

CC = Consumo de Energia (TJ)

CA = Consumo Aparente do Combustível (unidade física: m³, L, t, etc.)

FConv = Fator de Conversão (tep/unidade física)

FCorr = Fator de Correção de Poder Calorífico (adimensional)

A última etapa da metodologia *top-down* consiste no cálculo das emissões reais de CO₂ (ERCO₂), que é feito a partir das emissões reais de carbono. Desta forma, pode-se então calcular as emissões reais de CO₂ (ERCO₂) oriundas da utilização de energia. Para esse cálculo, leva-se em conta seu conteúdo de carbono (em 44 ton de CO₂ há 12 ton de carbono, ou seja, 1 ton CO₂ = 0,2727 tC). A partir da equação 2 mostrada a seguir, é feito o cálculo da ERCO₂.

$$ERCO_2 = ERC \times (44/12) \quad (2)$$

Sendo:

ERCO₂ = Emissões Reais de CO₂ (GgCO₂)

ERC = Emissões Reais de Carbono (GgC)

Para facilitar comparações entre os resultados, a unidade recomendada pelo IPCC para os inventários é o GgCO₂ (Giga grama de CO₂), sendo que 1GgCO₂ equivale a 1.000 toneladas de CO₂.

4. CENÁRIOS ALTERNATIVOS

A partir do desenvolvimento de cenários futuros para o sistema de transporte por barcas, busca-se investigar o quanto em emissões de CO₂ poderiam ser evitadas caso ocorresse uma maior utilização da modalidade hidroviária nesta ligação. Serão apresentados neste estudo dois cenários alternativos em que as projeções foram feitas projeções para as emissões de CO₂ por um período de dez anos, de 2004 a 2013. Os cenários mostram duas situações distintas: o primeiro deles

estabelecerá a hipótese de que nenhuma alteração venha a ocorrer no sistema hidroviário para os próximos dez anos (Cenário Alternativo A), no segundo, serão considerados os potenciais de redução para as emissões de CO₂ *per capita*, caso haja um aumento na demanda de passageiros no sistema hidroviário (Cenário Alternativo B). Inicialmente, no item a seguir, descreve-se uma análise de referência que apresenta as tendências de crescimento verificadas para os níveis de emissões de CO₂ relativas aos últimos dez anos.

4.1. Análise de Referência

A linha de barcas que faz a ligação Praça XV-Niterói é a maior do Brasil, em número de passageiros transportados, frota e capacidade das embarcações, porém, é possível constatar que nos últimos anos o número total de passageiros transportados na ligação Praça XV-Niterói vem sofrendo um decréscimo. A média diária de passageiros transportados em dias úteis sofreu significativas alterações, passando de 71.500 passageiros transportados no final de 1998 para 52.500 no final de 2003. Segundo a operadora do sistema, o decréscimo na demanda ocorrido, sobretudo a partir do ano de 2002, se deve à necessidade de revitalização da frota operante iniciada a partir de 2002, sendo a revitalização da frota uma das cláusulas do contrato de concessão à iniciativa privada, feito a partir de 1998, quando a operação do sistema hidroviário de passageiros do Rio de Janeiro foi transferido à iniciativa privada, passando a ser administrado pela Concessionária Barcas S.A. O tempo de docagem necessário ao processo de reparo das embarcações tem duração de aproximadamente 4 a 7 meses, o que retira de operação as embarcações em manutenção, reduzindo com isso o número de viagens produzidas na ligação durante este período.

Com relação aos aspectos operacionais do sistema hidroviário Praça XV-Niterói, a frota é composta por 14 embarcações, sendo o percurso percorrido a cada viagem de 2,7 milhas, o que corresponde a 5,0 Km. A capacidade total de transporte das embarcações, esta é de 23.370 passageiros. O combustível utilizado é o óleo diesel marítimo, com um consumo de 135,11 litros por viagem (Barcas S.A, 2003). A quantificação das emissões de CO₂ foi feita a partir da aplicação da metodologia *top-down* anteriormente descrita, utilizando-se os dados relativos ao consumo anual de diesel marítimo. A seguir, são mostradas na Tabela 2 as variações anuais para o consumo de combustível e emissões de CO₂ pelo sistema de barcas relativas ao período de 1994 a 2003.

Tabela 2: Consumo de Combustível e Emissões de CO₂ de 1994 a 2003

Ano	Consumo de Combustível (l/ano)	Emissão/Passageiro	Ano	Consumo de Combustível (l/ano)	Emissão/Passageiro
1994	6.446.098	0,0008	1999	6.474.471	0,0009
1995	6.436.640	0,0008	2000	7.029.908	0,0009
1996	6.485.550	0,0009	2001	7.016.938	0,0009
1997	6.465.014	0,0010	2002	5.951.190	0,0010
1998	6.446.098	0,0009	2003	5.574.909	0,0010

Constata-se que durante o período analisado ocorreu uma queda da eficiência energética do sistema, e como consequência o aumento das emissões *per capita* de CO₂. As emissões médias apresentadas no período foram de 0,0009 Gg CO₂ por passageiro/ano.

4.2. Cenário Alternativo A

O cenário alternativo A apresenta a tendência observada para as emissões de CO₂ pelo sistema de barcas assumindo a hipótese de que nenhuma alteração seja produzida ao sistema pelos próximos dez anos. Neste caso, a demanda de passageiros manterá a mesma tendência apresentada nos dez anos anteriores, e as emissões *per capita* de CO₂ apresentarão um aumento para os próximos dez anos, caso não ocorra nenhuma alteração ao sistema e ao número de passageiros transportados.

As previsões para este cenário indicam que haverá uma redução da eficiência energética do sistema e previsões de que ocorra um aumento em cerca de 0,0001 Gg por passageiro transportado, passando para o próximo período a 0,0011 GgCO₂ por passageiro/ano. A Tabela 3 mostra as estimativas para as emissões de CO₂ projetadas de 2004 a 2013.

Tabela 3: Emissões de CO₂ (em GgCO₂) - Cenário A

Ano	Emissão/Passageiro	Ano	Emissão/Passageiro
2004	0,0010	2009	0,0011
2005	0,0010	2010	0,0012
2006	0,0011	2011	0,0012
2007	0,0011	2012	0,0012
2008	0,0011	2013	0,0013

4.3. Cenário Alternativo B

Investimentos estão sendo feitos em um projeto de expansão do sistema hidroviário do Rio de Janeiro tendo a participação do Banco Nacional de Desenvolvimento Social - BNDES e do Fundo de Marinha Mercante. Tais projetos visam à melhoria do sistema e a intensificação do transporte hidroviário de passageiros. De acordo com as previsões, com a introdução de melhorias, dentre elas a reforma dos terminais, reforma da frota operante e expansão das linhas pretende-se atrair os usuários dos sistemas rodoviários, aumentando a demanda do sistema hidroviário de passageiros para os próximos anos. Atualmente, a taxa de ocupação do sistema de barcas fora dos horários de pico é de 50%, havendo desta forma, um potencial para a expansão do número de passageiros transportados por embarcação nos horários intermediários.

O cenário B foi desenvolvido a partir da hipótese de que as expectativas da empresa operadora se confirmem, considerando que ocorra um aumento para a demanda de passageiros do sistema hidroviário o que de acordo com a própria operadora estima-se em torno de 80% para o próximo período. A seguir, a Tabela 4 apresenta o cálculo para as emissões de CO₂ estimadas para o cenário B.,

Tabela 4: Emissões de CO₂ (em GgCO₂) - Cenário B

Ano	Emissão/Passageiro	Ano	Emissão/Passageiro
2004	0,0006	2009	0,0007
2005	0,0006	2010	0,0007
2006	0,0006	2011	0,0007
2007	0,0007	2012	0,0008
2008	0,0007	2013	0,0008

5. COMPARAÇÃO ENTRE OS CENÁRIOS E EMISSÕES EVITADAS

Desenvolvidos os cenários alternativos, são mostradas a seguir as emissões de CO₂ reduzidas a partir da comparação entre os resultados obtidos nos dois cenários. É possível constatar que caso haja um aumento da demanda de passageiros, hipótese estabelecida no cenário B, haverá uma redução de emissões de CO₂ em média para 0,0004 GgCO₂/ano por passageiro transportados pelo sistema de barcas, ou seja, cerca de 0,4 tonelada de CO₂ por passageiro serão reduzidas a cada ano. A Tabela 5 a seguir apresenta a redução de emissões de CO₂ projetadas a partir da comparação entre os cenários alternativos A e B.

Tabela 5: Emissões de CO₂ (em GgCO₂) Evitadas - Comparação entre os Cenários

Ano	Emissões Evitadas	Ano	Emissões Evitadas
2004	0,0004	2009	0,0004
2005	0,0004	2010	0,0005
2006	0,0005	2011	0,0005
2007	0,0004	2012	0,0004
2008	0,0004	2013	0,0005

É importante destacar que considerando as emissões totais evitadas em todo o sistema de transporte da ligação Rio-Niterói, com a maior utilização do transporte por barcas, além de menores emissões *per capita* do próprio sistema hidroviário, ocorrerão também reduções a partir da menor utilização do transporte por ônibus, o que se dará através da transferência de passageiros usuários do sistema rodoviário ao hidroviário.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho procurou enfatizar os potenciais para a redução de emissões de CO₂, um dos principais gases de efeito estufa, com a maior utilização da modalidade hidroviária no transporte de passageiros, que dentre as modalidades de transporte é uma das que apresentam maior eficiência energética e menores níveis de emissões. Conclui-se pelos resultados apresentados nos cenários alternativos, que caso não ocorra nenhuma alteração à demanda de passageiros do sistema hidroviário Rio-Niterói haverá a redução de sua eficiência energética e um aumento dos níveis *per capita* de emissões de CO₂. Ao contrário, caso ocorra um aumento da demanda com a maior ocupação das embarcações por parte dos passageiros, o que se prevê com a introdução de reformas ao sistema de barcas, as emissões de CO₂ apresentariam uma redução expressiva para os próximos dez anos.

É relevante destacar, que na prática, o processo de substituição de modalidades mais poluentes como a rodoviária por outras que provoquem menos impactos ambientais apresenta uma série de limitantes, tais como: facilidades para o embarque e desembarque de passageiros, o fator tempo, infra-estrutura do sistema de transportes, a tecnologia empregada, além dos aspectos econômicos relativos à implantação e manutenção do sistema. Todavia, existem grandes perspectivas para o transporte hidroviário de passageiros, tanto a nível mundial quanto nacional. O Brasil segue a tendência internacional e tenta recuperar o papel do transporte hidroviário em cidades que dispõem dessa modalidade de transporte de passageiros. Uma das iniciativas brasileiras nesse sentido foi pretendida com a concessão de vários sistemas hidroviários à iniciativa privada com um maior envolvimento dos órgãos governamentais gestores com a questão dos tempos de

viagem, além de investimentos em projetos de reestruturação dos sistemas e melhoria das embarcações. Com destaque para o uso de novas tecnologias de motorização e propulsão proporcionando o aumento da velocidade e novos *lay-outs* para os terminais de embarque e desembarque, diminuindo com isso, o tempo gasto nestes procedimentos.

Quanto às estratégias para a mitigação das emissões de CO₂, assim como de outros GEE oriundos do setor de transportes, estas devem ser analisadas de modo a serem estabelecidas interações entre a redução das emissões locais, buscando com isso reduzir as emissões em níveis globais. Como exemplo de ações locais temos a Campanha Cidades na Proteção do Clima (*Cities for Climate Protection* - CCP). A cidade do Rio de Janeiro é uma das integrantes da campanha desde 1998, assumindo com isso o compromisso de promover metas de ações locais para a redução dos níveis de GEE em todos os setores econômicos, por este motivo torna-se de extrema importância conhecer a evolução de emissões de CO₂ nas grandes cidades brasileiras, tendo no setor de transportes da cidade do Rio de Janeiro um alvo de grande interesse para o desenvolvimento de estratégias de reduções de tais emissões. Os resultados deste estudo mostram que a expansão do sistema hidroviário de passageiros produziria ganhos ambientais, no sentido de mitigar o problema do efeito estufa além de um melhor planejamento dos sistemas de transportes públicos no município do Rio de Janeiro, com a expansão de sistemas de alta capacidade de transporte de passageiros.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARCAS S.A. (2003). Comunicação pessoal com a empresa.
- BNDES (1999). "Transporte Hidroviário Urbano de Passageiros", *Cadernos de Infra-Estrutura* nº 13, Set/99.
- CID, L. C., SARAÇA, C. E. dos SANTOS e CARREGOSA, A. C. A (1999). "População" in: *Niterói: Perfil de Uma Cidade*. pp. 95-154, Secretaria Municipal de Ciência e Tecnologia, Niterói.
- MCT (2002). *Primeiro Inventário Brasileiro de Emissões Antrópicas de Gases de Efeito Estufa – Relatórios de Referência* "Emissões de Dióxido de Carbono por Queima de Combustíveis: Abordagem top-down, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro.
- MME (2002). *Balanço Energético Nacional – BEN 2001*, Ministério das Minas e Energia, Brasília - DF.
- RIBEIRO, S., K., (org.) (2002). "*Barreiras na Implantação de Alternativas Energéticas para o Transporte Rodoviário no Brasil*", Centro de Estudos Integrados Sobre Meio Ambiente e Mudanças Climáticas – Centro Clima - COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro.
- PINTO, F., C., V., (2004). *Potencial de Redução de Dióxido de Carbono Através do Emprego de Modalidades de Transporte Energeticamente Mais Eficientes: O Caso da Travessia Rio-Niterói*. Tese de M. Sc. PET/COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro.
- PONTE S.A. (2004). Comunicação pessoal com a empresa.
- SCHIPPER, L., & MARIE-LILLIU, C., (1999). *Transportation and CO₂ Emissions: Flexing the Link – a path for the World Bank*, International Energy Agency, Paris.
- SECTRAN (2003). Disponível em: <http://www.sectran.rj.gov.br>.
- SMAC/COPPETEC (2000). *Inventário de Gases do Efeito Estufa do Município do Rio de Janeiro*, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro.
- USACE - U.S. Army Corps of Engineers (1999). *Transportation Mode Comparison*.

ENDEREÇO DOS AUTORES

Universidade Federal do Rio de Janeiro – COPPE – Programa de Engenharia de Transportes
Centro de Tecnologia Bloco H sala H-11 – Ilha do Fundão, CEP: 21945-790, Rio de Janeiro, RJ.
Tel: 21 560-4697 Fax: 21 290-6626

Fatima Cristina Vaz Pinto: fatimavaz@yahoo.com.br
Robson Nogueira dos Santos: bsns@globo.com