

A BICICLETA E A REDUÇÃO DE CONSUMO DE ENERGIA NO SETOR DE TRANSPORTES

Mariana Oliveira da Silveira

Ronaldo Balassiano

Programa de Engenharia de Transportes – PET/COPPE/UFRJ

Rio de Janeiro, RJ, Brasil

mariana.oliveira@pet.coppe.ufrj.br, ronaldo@pet.coppe.ufrj.br

RESUMO

O consumo de energia nos sistemas de transportes varia em função do modo de transporte e do tipo de combustível utilizado. A tendência da sociedade moderna de buscar aumentar sua mobilidade utilizando-se na maioria das vezes do transporte rodoviário e mais especificamente do uso do automóvel é uma opção pouco coerente com o uso racional de energia. Este trabalho tem como principal objetivo avaliar o uso da bicicleta em viagens de menor extensão ou integradas a outros sistemas, visando subsidiar a adoção de políticas de redução de consumo de energia no setor de transportes.

Palavras-chave: Bicicleta, Energia

1. INTRODUÇÃO

O setor de transportes é um dos maiores consumidores de energia não renovável, sendo responsável por grande parte das emissões de poluentes para a atmosfera (Tolmasquim e Szklo, 2000).

A variação do tamanho das cidades e a densidade demográfica, além da estrutura econômica e social urbana, são importantes na determinação do nível de consumo de energia no setor de transportes. Outro fator é o aumento de espaços abertos nas cidades, quanto mais se tem, menor o consumo de energia, refletindo uma melhor qualidade de vida (Tolmasquim e Szklo, 2000).

Pode-se afirmar que o uso de energia neste setor é função do meio de transporte adotado, da distância viajada e da frequência das viagens. O baixo consumo de energia nos transportes está vinculado ao uso racional de automóveis, ao uso do transporte coletivo, a uma rede integrada de transportes e ao uso de transportes não motorizados, como a caminhada e a bicicleta (Tolmasquim e Szklo, 2000).

São consumidas 10,7 milhões de tep (Tonelada Equivalente de Petróleo) por ano em viagens urbanas no Brasil, sendo 75% no transporte individual e 25% no transporte coletivo. Considerando o consumo de energia por habitante no país, a mobilidade urbana é responsável pelo consumo médio de aproximadamente 100 mil gep (Grama Equivalente de Petróleo) por habitante por ano, sendo que os municípios maiores apresentam um consumo por habitante cerca de três vezes superior que o consumo nos municípios menores (PlanMob, 2007).

Este trabalho tem como objetivo propor o uso racional da energia no setor de transportes através da utilização dos conceitos de Gerenciamento da Mobilidade com o uso da bicicleta em viagens curtas ou integradas a modos de transporte coletivos.

2. TRANSPORTE E CONSUMO DE ENERGIA

O setor de transportes é responsável por mais da metade do consumo mundial de petróleo e de, aproximadamente, 30% do total da energia comercializada no mundo. Estima-se que 25% das emissões de CO₂ devidas à queima de combustíveis fósseis no planeta podem ser atribuídas ao transporte, e desse valor os países da OCDE (Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico) participam com mais de 30% (Dargay e Gatley, 1997).

De 1973 até 1993, o uso de energia no setor de transportes no mundo aumentou em 77%, com crescimento anual médio de 2,6%. Essa taxa de crescimento foi muito maior que o crescimento da demanda energética do setor industrial (1,9%) ou de outros setores de uso final (1,9%). A participação dos derivados de petróleo (diesel, gasolina, nafta e outros) no setor de transportes aumentou de 41,9% do total produzido em 1971 para 55,6% em 1993 (Wohlgemuth, 1997).

Em vez de proporcionar maior liberdade de movimento, o uso crescente do automóvel nos grandes centros urbanos está sendo responsável por enormes congestionamentos, o que causa custos enormes para muitas nações. Nos países da União Européia, por exemplo, o custo com congestionamentos é por volta de 2% do PIB anual (Wohlgemuth, 1997).

Na década de 1970, muitas análises do ambiente e instrumentos legais de controle estavam concentrados em poluentes convencionais, como o dióxido de enxofre (SO₂), os óxidos de nitrogênio (NO_x), o monóxido de carbono (CO) e particulados. Recentemente, a preocupação ambiental tem se estendido para o controle de outros poluentes, incluindo substâncias químicas tóxicas (mesmo presentes em pequenas quantidades), bem como poluentes de significativo impacto global, como o dióxido de carbono (CO₂) (Dincer, 1999).

Diante do exposto, o uso racional da energia através do aumento da eficiência energética no setor de transportes consiste, também, em um elemento de importância estratégica no contexto do planejamento energético e nas políticas de preservação do meio ambiente.

3. GERENCIAMENTO DA MOBILIDADE

Uma das estratégias possíveis de atuação para o uso racional da energia é o Gerenciamento da Mobilidade. A definição do termo Gerenciamento da Mobilidade é bastante abrangente, incorporando um conjunto de aspectos específicos relacionados à adequação da movimentação dos diferentes fluxos existentes em uma rede de transportes. O termo caracteriza soluções democráticas, flexíveis, econômicas e ambientalmente corretas (Balassiano e Real, 2001). Também pode ser entendido como a busca de um equilíbrio mais estável entre a oferta de infra-estrutura de transportes e o atendimento adequado da demanda por viagens (deslocamentos). Seu conceito admite a possibilidade de diferentes soluções na busca desse equilíbrio, considerando ainda a racionalização na utilização de recursos financeiros e a garantia de redução dos impactos ao meio ambiente gerados pelos sistemas de transportes (Rocha et al, 2006).

A tendência da adoção de soluções individualizadas para o setor transporte (maior uso do automóvel) tem produzido aumento significativo nos índices de motorização de diferentes metrópoles. Este modelo demonstra-se ineficiente quando analisado sob diferentes aspectos (ambientais, energéticos, de ocupação espacial, entre outros) e se reconhece que produz impactos de grande magnitude na qualidade de vida das cidades, pois impõe expansões indefinidas da infra-estrutura de transportes.

É importante enfatizar que ao tornar o uso do automóvel menos atrativo, os meios de transportes devem ser melhorados (transporte público, infra-estrutura para o usuário da bicicleta, infra-estrutura para caminhadas, etc) (Gärbling et al., 2003).

De forma mais abrangente, o Gerenciamento da Mobilidade pode ser descrito como uma estratégia que ajuda na redução do volume total de tráfego através do encorajamento nas mudanças no comportamento de indivíduos e de organizações. Dentro da estratégia de redução e otimização dos bens de produção de transporte o Gerenciamento da Mobilidade engloba aspectos como:

- Estimular indivíduos, companhias ou instituições a satisfazer suas necessidades por transporte através do uso eficiente e integrado das facilidades de transportes disponíveis (Bradshaw, 1998);
- Gerenciamento da Mobilidade no transporte de passageiros objetiva a reduzir o número, a distância e a necessidade de viagens em veículos particulares. Ele envolve o planejamento da viagem e busca influenciar a divisão modal em direção a modos sustentáveis tais como transporte público, ciclismo e pedestrianismo (Bradshaw, 1998);
- A racionalização do uso de derivados de petróleo e gás natural que contemplam a matriz energética brasileira e a preservação do meio ambiente e o estudo das diversas opções para substituição parcial ou total do óleo diesel na frota urbana (ANP, 2008).

Dentre as estratégias de Gerenciamento da Mobilidade está a alternativa do uso da bicicleta para mitigar problemas gerados com a intensa circulação de veículos em áreas urbanas.

4. O USO DA BICICLETA

Diferentes aspectos podem ser apontados como motivadores à inclusão da opção do uso da bicicleta em um plano estratégico de transportes (Câmara, 1999):

- Em centros urbanos congestionados, a bicicleta pode oferecer rapidez e flexibilidade nos deslocamentos, especialmente nos horários em que se registram fluxos mais intensos de veículos nos principais corredores de tráfego;
- Pode garantir ao usuário, maior confiabilidade ao longo do trajeto, uma vez que o tempo de viagem será primordialmente determinado pelas condições físicas de seu condutor e da velocidade que este imprimir na viagem realizada;
- Oferece economia em relação a outros modos de transporte motorizados, uma vez que o custo incorrido mais significativo dessa opção é o de aquisição do veículo;
- Exige pouca manutenção e tem grande durabilidade;
- Outra vantagem comparativa da bicicleta em relação a modos motorizados está relacionada ao impacto praticamente nulo imposto ao meio ambiente;

- Pode ainda ser considerado um meio de transporte que garante boas condições de saúde a seus usuários, com destaque para prevenção de problemas circulatórios e de obesidade.

No caso dos grandes centros urbanos, pode-se admitir que a possibilidade mais realista de incentivar uma maior utilização da bicicleta em viagens convencionais realizadas diariamente, seria considerá-la como um meio de transporte complementar de uma viagem normalmente mais longa (Rietveld et al., 2001). Observa-se em alguns casos que os usuários, de forma espontânea, já realizam na prática, essas viagens integradas. Esses ciclistas estacionam suas bicicletas às margens dos principais corredores expressos de tráfego e complementam sua viagem até o destino final, utilizando de forma integrada, uma outra modalidade de transporte público (ônibus, trem, metrô, etc.). Essa integração é realizada mesmo não existindo ciclovias, faixas de tráfego para bicicletas ou mesmo equipamentos urbanos específicos para guarda ou estacionamento adequado. As bicicletas ficam normalmente presas por correntes e cadeados junto a passarelas de pedestres, postes de iluminação, de sinalização vertical ou árvores, muitas vezes causando transtornos à circulação de pedestres (Maia et al, 2003).

Esse cenário evidencia a necessidade de identificação de possíveis ligações urbanas, onde viagens integradas realizadas por bicicleta e complementadas por outro modo de transporte, seriam viáveis.

5. EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E A BICICLETA

Qualquer atividade em uma sociedade moderna só é possível com o uso intensivo de uma ou mais formas de energia. Dentre as diversas formas de energia interessam, em particular, aquelas que são processadas pela sociedade e colocadas à disposição dos consumidores onde e quando necessárias, tais como a eletricidade, a gasolina, o álcool, óleo diesel, gás natural, entre outros (INEE, 2008).

A energia é usada em aparelhos simples (lâmpadas e motores elétricos) ou em sistemas mais complexos que encerram diversos outros equipamentos (geladeira, automóvel ou uma fábrica) (INEE, 2008). Estes equipamentos e sistemas transformam formas de energia. Uma parte dela sempre é perdida para o meio ambiente durante esse processo (INEE, 2008). Por exemplo: pode-se avaliar a eficiência de um automóvel dividindo a quantidade de energia que o veículo proporciona com o seu deslocamento pela que estava contida na gasolina originalmente.

Um veículo parado em um engarrafamento está usando mais energia do que a necessária por conta do tempo que fica parado no congestionamento. A questão da eficiência energética abordada com o uso da bicicleta traria o uso racional da energia, pois com menor uso de fontes primárias há poucos impactos ambientais. Sendo assim, é preciso que haja trocas de meios de transporte que gastam mais energia pela opção da bicicleta, seja para viagens de menor distância ou para integração com meios coletivos de transporte.

5.1. A Bicicleta e o consumo de Energia

A bicicleta é o modo de transporte não motorizado que apresenta o menor consumo de energia primária em MJ (Mega Joule) por passageiro-km, o automóvel é o modo que apresenta o maior consumo (tanto o veículo grande quanto o pequeno) (Figura 1). A invenção

da bicicleta no século XIX (Heskett, 1998) parece ter sido a grande conquista do homem no que se refere ao uso racional da energia para o transporte. Se comparando com a opção de caminhar (Figura 1), o uso da bicicleta moderna consome metade da energia a uma velocidade três vezes maior (assumindo-se velocidades de 5 km/h para a caminhada e 15 km/h para a bicicleta).

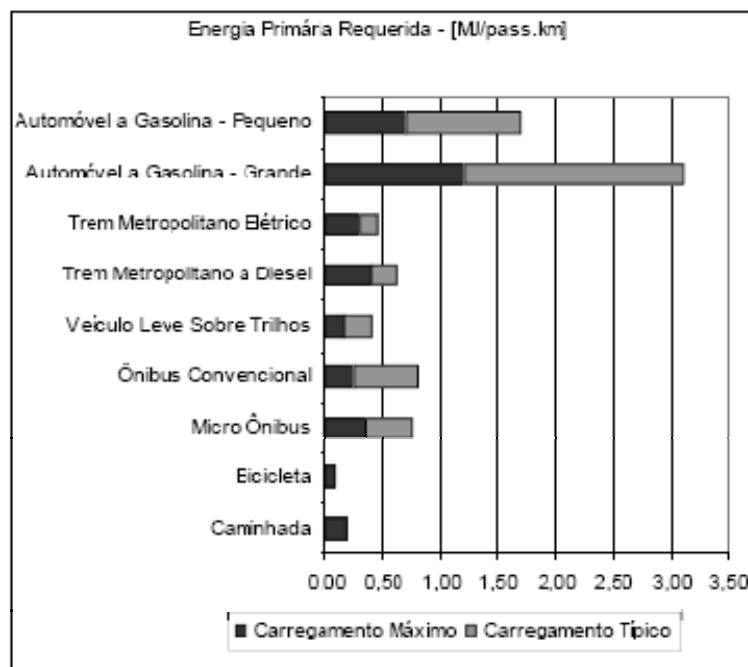


Figura 1: Consumo de energia primária por modo de transporte (Hughes, 1994)

Embora a bicicleta tradicional seja a não motorizada, dentre as inovações tecnológicas começam a existir bicicletas híbridas, nestas também há o uso racional da energia pelo pouco impacto ambiental e pouco uso de fontes primárias de energia.

6. BICICLETAS MOTORIZADAS

Dentre os aspectos motivadores à inclusão da bicicleta em prol de um uso racional de energia, alguns já citados no item 4 (O uso da bicicleta), ainda há a possibilidade de uso de bicicletas híbridas, que apesar da desvantagem do maior custo, pode influenciar os ciclistas que desejam ter maior autonomia no deslocamento.

A inserção do motor elétrico na bicicleta, que já possui pedal, torna a bicicleta um meio de transporte híbrido.

O uso de veículos híbridos elétricos contribui efetivamente para aumentar a eficiência energética no setor de transporte, reduzir a emissão de poluentes atmosféricos e o ruído nas cidades. Trata-se de veículos automotores que utilizam pelo menos um motor movido a eletricidade para sua tração. Caracterizam-se principalmente, pela alta eficiência energética e pelo baixo ou nulo nível de emissões de poluentes e de ruídos (Nunes, 2008).

6.1. Bicicletas híbridas utilizando propulsão humana com elétrica a partir de baterias

A força gerada pelo motor, que é proveniente do acumulo energético da bateria, é aplicada à corrente, o que possibilita que a bicicleta funcione 100% a pedal ou 100% elétrica, ou ainda qualquer combinação pedal/elétrico que o usuário desejar. Caso o usuário esteja disposto a pedalar, andará mais rápido e ainda aumentará a autonomia da bicicleta. Em uma subida, por exemplo, caso queira mais velocidade, pode-se pedalar, o que vai gerar maior eficiência.

Pode-se avaliar a eficiência de uma bicicleta elétrica com baterias, dividindo a quantidade de energia que a bicicleta proporciona com o seu deslocamento pela que estava contida na bateria originalmente.

As Vantagens do sistema híbrido nas bicicletas utilizando propulsão humana com elétrica a partir de baterias são:

- Desaceleração/ Frenagem: o motor torna-se um gerador elétrico pelo uso da inércia da bicicleta. A energia gerada é estocada nas baterias. Este sistema é chamado de sistema de freio regenerativo (Ribeiro, 2001);
- Para pessoas com mobilidade limitada à capacidade de caminhar, o uso da bicicleta elétrica é ideal, pois há autonomia da bicicleta no deslocamento (Ulrich, 2005);
- Possibilidade de uso integrado aos meios de transportes coletivos;
- Redução da utilização de automóvel nos ambientes urbanos congestionados. O uso de automóveis pode impor substanciais custos associados com a poluição do ar, ruído, consumo de recursos não renováveis, congestionamentos, parque de estacionamento e acidentes de trânsito (Ulrich, 2005);
- Transporte silencioso e limpo.

Alguns modelos de bicicletas híbridas utilizando propulsão humana com elétrica a partir de baterias. A E-bike (Brazil Electric, 2008), (Figura 2) comercializada pela Brazil Electric Sports e Bike, utiliza bateria de íon-lítio (5,8kg), não possui qualquer tipo de “efeito memória” que obrigue que estas sejam descarregadas até o final para receber nova carga. Segundo o idealizador da E-bike, Marlos de Souza, para poupar a carga da bateria é aconselhável que o condutor utilize os pedais nas arrancadas e nos trechos de maior aclave.

A autonomia é de 30 a 35 km, e velocidade máxima de até 50 km/h (os resultados podem variar em até 50%, dependendo do peso do ciclista, percurso, subidas, pneus utilizados, etc.). Se o condutor pedalar em auxílio ao motor a autonomia melhora sensivelmente. A E-bike pode ser pedalada normalmente, com a utilização do câmbio traseiro. Possui alta eficiência energética (97,6% - mínima perda por atrito ou aquecimento).



Figura 2: Modelo E-bike (brasileira) (Brazil Electric, 2008)

A E-solex (Solex, 2008), (Figura 3) fabricada na França, equipada com motor elétrico, pode alcançar a velocidade de 35 km/h e autonomia em torno de 30 km. Utiliza bateria de íon-lítio, que precisa de 6 horas para recarga de 100%. Pode ser carregada 500 vezes. Possui 85% de eficiência energética (mínima perda por atrito ou aquecimento).



Figura 3: Modelo E-solex (francesa) (Solex, 2008)

6.2. Bicicletas híbridas utilizando propulsão humana com elétrica a partir de pilha combustível

Diferente do exemplo citado no item 6.1, onde a energia para a propulsão elétrica se armazena nas baterias, a energia deste sistema se armazena na pilha a combustível.

As pilhas a combustível são dispositivos que convertem a energia química de um redutor, quase sempre hidrogênio, com o auxílio de um oxidante, usualmente o oxigênio, diretamente em energia elétrica sem a necessidade da passagem pelo ciclo do calor (combustão) (Bloomen, 1993).

As pilhas de combustível a hidrogênio são líderes de uma mudança de modelo energético, cada vez mais defendida: a utilização de energias renováveis e não poluentes, em substituição das energias fósseis (petróleo, gás) responsáveis pelas emissões poluentes atuais (IFDEC, 2008). As células de combustível oferecem assim um potencial tecnológico altamente eficiente para o desenvolvimento da nova geração energética.

Vantagens do hidrogênio (Miranda, 2002):

- Veículos movidos a hidrogênio não terão motor à combustão. Os motores serão elétricos, o que evitará a poluição do meio ambiente;
- O processo de geração de energia é descentralizado. O hidrogênio pode ser produzido a partir de várias fontes: água, combustíveis fósseis e biomassa. Essa produção pode ainda ser feita com o aproveitamento da energia solar ou eólica;
- Fonte renovável, inesgotável e não poluente. A produção de energia pode ser realizada em qualquer lugar;
- A geração de energia por meio de pilhas a combustível é pelo menos duas vezes mais eficaz do que a obtida pelos processos tradicionais.

As pilhas a combustível se diferenciam das baterias porque enquanto estas são meros acumuladores, as pilhas a combustível geram a bordo sua própria energia elétrica. As baterias necessitam de recarga e a pilha a combustível, não (Ribeiro, 2001).

A produção de eletricidade através do hidrogênio e do oxigênio implica uma baixa emissão de CO₂ e de outros poluentes ambientais. Devido à maior eficiência energética do processo, a produção de hidrogênio reformado, a partir de hidrocarbonetos, provoca uma libertação significativamente menor de dióxido de carbono, em relação a qualquer outro processo convencional (IFDEC, 2008).

Existe um protótipo de bicicleta híbrida utilizando propulsão humana com elétrica a partir de pilha combustível. Desenvolvido pela empresa chinesa Pearl Hydrogen (Pearl Hydrogen, 2008), (Figura 4) a bicicleta é movida a hidrogênio, onde não há combustão e sim a transformação de hidrogênio em energia elétrica por um processo físico-químico. Então um motor elétrico move a roda da bicicleta. Atinge 25 km/h e tem autonomia de 100 km.



Figura 4: Bicicleta híbrida com célula combustível de hidrogênio (chinesa) (Pearl Hydrogen, 2008)

7. CONCLUSÕES

De maneira geral, as variáveis que influenciam nas estratégias que definem os sistemas de transportes numa determinada cidade ou região tratam de forma secundária o consumo e conservação da energia.

A redução de consumo de energia em sistemas de transportes que operam em áreas urbanas, e mais especificamente a redução do consumo de combustíveis fósseis, pode promover a redução de impactos causados ao meio ambiente por esses sistemas. Pode-se esperar uma melhor qualidade de vida para os habitantes dessas áreas. O uso eficiente e integrado dos modos sustentáveis como o transporte público, ciclismo e pedestrianismo é necessário para que haja o uso racional da energia.

Neste trabalho observou-se ser possível relacionar o consumo de energia com estratégias de Gerenciamento da Mobilidade através do uso da bicicleta. Uma estrutura de procedimentos foi apresentada onde se observam na questão do Gerenciamento da Mobilidade a possibilidade da redução do uso de automóveis, contribuindo para a diminuição dos congestionamentos, da poluição atmosférica e do consumo de energia. Isto é possível com a melhoria da infra-estrutura dos transportes públicos e do sistema cicloviário.

A rede integrada em um sistema de mobilidade organizado e hierarquizado onde cada modo desempenha uma função específica é determinante para que o usuário disponha de boas alternativas. A integração da bicicleta aos sistemas convencionais é possível, e deve ser considerada como elemento do desenho urbano, que contemple a implantação de infra-estruturas, bem como novas reflexões sobre o uso e a ocupação do espaço urbano.

Com foco na melhoria de vida dos habitantes, na medida em que gera um padrão de tráfego mais calmo e sendo positivo no aspecto ambiental, deve haver estratégias para incentivar o uso da bicicleta. O potencial de utilização da bicicleta varia de cidade pra cidade, porém há diversas situações típicas em que ela pode ser introduzida ou estimulada na questão da integração, conectando áreas residenciais aos grandes equipamentos de transporte público (terminais e corredores), principalmente na integração com sistemas coletivos de média e alta capacidade (metrô, trens de subúrbio e barcas) (PlanMob, 2007).

A análise energética da bicicleta não basta com a verificação do uso final da energia, mas de todo um ciclo de vida que conta com o uso da energia, desde os materiais para se fazer a bicicleta até a energia gasta no sistema de propulsão, mas quando comparada aos outros meios de transportes, ela se destaca pela sua eficiência energética em prol da melhoria da qualidade do ar, da melhoria do nível de ruído, do esgotamento de fontes primárias e dos desperdícios de energia.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANP, *Agência Nacional do Petróleo* (2008), web, disponível em: <http://www.anp.gov.br/energias/projetos.asp>, acessado em: 22/08/2008.

BALASSIANO, R., Real, M. V. (2001), *Identificação de Prioridades para Adoção de Estratégias de Gerenciamento da Mobilidade: O Caso do Rio de Janeiro*, in XV Congresso da ANPET, Campinas, Panorama Nacional da Pesquisa em Transportes 2001, (2), 273- 282, ANPET, Rio de Janeiro.

BLOMMEN, J. M. J, Murgewa, N. (1993), *Fuel Cell Systems*. New york, Plenum Press.

BRADSHAW, R., Perril, S., Servill, D. (1998), *An International Review of Mobility Management Initiatives*. Published: World Conference on Transport Research (forthcoming) (ref: TSG98/21).

BRASIL ELECTRIC (2008), web, disponível em: <http://www.brazilelectric.com.br/index.htm>, acessado em: 07/08/2008.

CÂMARA, P. (1999), *O potencial da bicicleta como modalidade de transporte e como meio de promover saúde*. Congresso da ABRAMET, Rio de Janeiro.

DARGAY, J., Gately, D. (1997), *Vehicle ownership to 2015: implications for energy use and emissions*. Energy Policy, v. 25, n. 14/15, p. 1121-1127.

DINCER, I. (1999) *Environmental impacts of energy*. Energy Policy, v. 27, p. 845-854.

GÄRLING, T, Eek, D, Loukopoulos, P, Fujii, S, Johansson-Stenman, O, Kitamura, R, Pendyala, R. e Vilhelmson, B. (2003), *A Conceptual Analysis of Impact of Travel Demand Management on Private Car Use*. Running Head: Impacts of Travel Demand Management. Transport Policy, 9(1), p. 59-70.

HESKETT, J.(1998), *Desenho Industrial* (2ª Ed.). José Olympio Editora, Rio de Janeiro, RJ.

HUGHES, P. (1994), *Planning for reduced carbon dioxide emissions from transport sources*. Transportation Planning Systems, v.2, no 1, p.29-40.

IFDEC, (2008), *Instituto Fomento do Desenvolvimento Econômico – Pilhas de Combustível*, web, disponível em: http://web.ifdec.org.pt/index.php?option=com_content&task=view&id=46&Itemid=0, acessado em: 21/08/2008.

INEE, (2008), *Instituto Nacional de Eficiência Energética*. web, disponível em: http://www.inee.org.br/eficiencia_o_que_eh.asp?Cat=eficiencia#o_que_eh, acessado em: 07/08/2008.

MAIA, A.D.G., Braga, M.G.C., Balassiano, R., Faria, E. (2003). O. *Potencial de uso da bicicleta como modo de transporte integrado no município do Rio de Janeiro*, XVII Congresso Nacional da ANPET, Rio de Janeiro.

MIRANDA, P.E., (2002), *Hidrogênio: o combustível do século XXI entrará em cena nos próximos dez anos*. Laboratório de Hidrogênio da Coppe/UFRJ, FAPERJ.

NUNES, A. (2008), *A vez do veículo elétrico*. Híbrida, ano 1, nº0, Rio de Janeiro, RJ.

PEARL HYDROGEN, (2008), *Pearl Hydrogen fuel cell*. web, disponível em: URL:<http://ecogadget.net/2007/09/30/pearl-hydrogens-fuel-cell-bike/&sa=X&oi=translate&resnum=1&ct=result&prev=/search%3Fq%3DPearl%2BHydrogen%26hl%3Dpt-BR%26sa%3DG>, acessado em: 07/08/2008.

PlanMob, Ministério das Cidades (2007), *Construindo a cidade sustentável: Caderno de Referência para Elaboração de Plano de Mobilidade Urbana*. Brasília: Secretaria Nacional de Transportes e da Mobilidade Urbana.

RIBEIRO, S.K. (2001), *Transporte Sustentável: alternativas para ônibus urbanos*. editora – Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ.

RIETVELD, P., Bruinsma, F., Vuuren, D. (2001), *Coping with unreliability in public transport chains: A case study for Netherlands*. Transportation Research, Part A 35, pp. 539 – 559.

SOLEX, (2008), E-Solex, web, disponível em: <http://www.e-solex.fr/index.html>, acessado em: 07/08/2008.

TOLMASQUIM, M.J., SZKLO, A. S. (2000), *A matriz energética brasileira na virada do milênio*. Ed. COPPE/UFRJ. Energe (Centro de Estudos de Energia).

ULRICH, T. (2005), *Estimating the technology frontier for personal electric vehicles*. Transportation Research Part C 13,448–462.

WOHLGEMUTH, N. (1997), *World transport energy demand modelling*. Energy Policy, v. 25, n. 14/15, p. 1109-1119.
