

VEÍCULOS ELÉTRICOS: UMA ESPERANÇA RENOVADA DE GANHOS AMBIENTAIS E ECONÔMICOS PARA NOVOS INVESTIDORES EM ENERGIA NO BRASIL

Sérgio Pacca
Curso de Gestão Ambiental
Escola de Artes Ciências e Humanidades
Universidade de São Paulo

RESUMO

Novos veículos elétricos estão disponíveis no mercado internacional e os avanços recentes com relação às baterias revitalizam a inserção desta alternativa como um meio de locomoção urbano. Aliado a isso a penetração da bioeletricidade e o interesse por cogeração no mercado brasileiro associados com a contabilidade de créditos de carbono fazem com que veículos elétricos não somente sejam uma alternativa interessante do ponto de vista da poluição local como também da poluição global. O presente trabalho busca mostrar algumas análises quantitativas do uso da cogeração para produzir créditos de carbono através da substituição de combustíveis fósseis pelo uso de carros elétricos. O uso da bioeletricidade em veículos elétricos pode multiplicar por 7 os créditos de carbono disponíveis para o usineiro. Se todo o potencial de expansão da bioeletricidade no Estado de São Paulo previsto para o ano de 2009 fosse canalizado para veículos elétricos na cidade de São Paulo, a poluição urbana poderia ser reduzida em 27% e uma renda extra de US\$ 23 milhões poderia ser obtida com a venda de créditos de carbono. Já um shopping center com uma unidade de cogeração de energia a base de gás natural poderia movimentar uma frota de 5.500 carros elétricos e a cada 8.900 km rodados cada veículo evitaria a emissão de 1 tonelada de CO₂. Se todo o GNV comercializado pela Congás fosse utilizado dessa forma, seria possível garantir a mesma distância percorrida pelos veículos movidos diretamente a GNV e ainda sobraria gás para construir uma usina nova com 340 MW de potência. Os ganhos em eficiência energética e qualidade ambiental com os carros elétricos são inegáveis e podem significar uma esperança renovada de ganhos ambientais e econômicos para novos investidores em energia no Brasil.

INTRODUÇÃO

Em 2006 foi lançado nos EUA o filme “*Who killed the electric car?*” Este filme conta a história do EV1, carro elétrico que foi lançado pela GM naquele país no início dos anos 90. O projeto foi abandonado e os carros que eram usados pelos motoristas através de um contrato de *leasing* acabaram sendo retirados das ruas e destruídos. Apesar do desinteresse da empresa nos anos noventa, a situação atual é bem diferente.

No salão do automóvel em 2007 a mesma GM apresentou um novo carro conceito chamado Volt (GM-Volt 2007). O Volt é uma das armas que a GM prepara para enfrentar o crescimento desenfreado das vendas dos carros híbridos no mercado americano. Carros híbridos, que como o Toyota Prius apresentam uma eficiência de 26 km/l (Toyota 2007), têm sido bastante atrativos aos consumidores que desejam consumir menos combustíveis fósseis e reduzir as emissões de gases do efeito estufa sem prescindir de um meio de transporte autônomo. Carros elétricos como o Volt também podem reduzir o consumo de combustíveis fósseis e apresentar vantagens ambientais.

Mas o carro elétrico não é uma tecnologia interessante somente para o consumidor americano. No Brasil, apesar de já estarmos utilizando com sucesso um combustível renovável, o etanol, a introdução do carro elétrico pode levar a um aumento da eficiência no uso de combustíveis alternativos como o próprio etanol e o gás natural. Isto implicaria em menos consumo de combustíveis e menos emissão de gases do efeito estufa. Ainda mais significativos

são os ganhos ambientais devido ao uso de carros elétricos nos grandes centros urbanos. Cidades como São Paulo apresentam problemas com a qualidade do ar e a tecnologia dos carros elétricos poderia ser uma opção para melhorar a qualidade do ar local.

Neste trabalho pretende-se quantificar uma série de benefícios ambientais associados com os carros elétricos. Inicialmente faremos uma breve revisão do estado da arte da tecnologia dos carros elétricos e das baterias. Em seguida serão abordados os benefícios associados com uma melhor eficiência energética da tecnologia. Para finalizar, as vantagens ambientais do ponto de vista local e global serão abordadas.

A TECNOLOGIA

A tecnologia dos carros elétricos não é nova e os mesmos surgiram praticamente junto como os carros com motores a combustão interna. Um carro elétrico é um veículo que é tracionado por um motor elétrico alimentado por uma bateria que armazena energia sob a forma química.

Um empecilho para a adoção em larga escala desta tecnologia não é o motor elétrico em si, mas a armazenagem da energia por ele utilizada. Mesmo assim é inegável que tenham existido melhorias nas baterias e tais avanços tenham propiciado a concepção de carros elétricos a bateria para certos nichos de mercado. Entre os modelos disponíveis internacionalmente podemos citar:

- Tesla <http://www.teslamotors.com/index.php>
- GEM <http://www.gemcar.com/>
- Reva <http://www.revaindia.com/>
- Zap <http://www.zapworld.com/index.asp>
- Think <http://www.think.no/>

O Tesla é um carro elétrico com apelo esportivo. Com velocidade máxima de 209 km/h, aceleração de 0 a 100 km/h em 4 segundos o veículo apresenta um conjunto de tecnologia de ponta, desenvolvido no Vale do Silício na Califórnia, e custa US\$ 98.000. Se o Tesla é um carro com apelo esportivo que pelo seu valor pode ser consumido por poucos, existem outros veículos elétricos com preço bastante acessível que podem perfeitamente atender as necessidades de motoristas que fazem pequenos deslocamentos urbanos. A tabela 1 compara algumas das características desses veículos com o Tesla.

	Potência	Autonomia	Bateria	Vel. Max.	Preço	Eficiência
Reva	2,2 kW	77 km	ácido chumbo	72 km/h	US\$ 17.400	7.5 km/kWh
Zap Xebra	5 kW	40 km	ácido chumbo	65 km/h	US\$ 10.500	8.4 km/kWh
Gem-e2	3,7 kW	40 km	níquel hidreto	56 km/h	US\$ 7.700	8.0 km/kWh
Tesla	185 kW	320 km	íon de lítio	209 km/h	US\$ 98.000	4.0 km/kWh

No Brasil, recentemente, alunos de uma escola de engenharia desenvolveram uma versão elétrica de um veículo com motor a combustão interna comercializado no país (Guimarães 2007). Este fato mostra que seria possível considerar a fabricação de veículos elétricos no Brasil. Isto já parece interessante, pois outros veículos também poderiam se aproveitar da tecnologia desenvolvida com os veículos elétricos.

Além dos carros elétricos a bateria, existem outros veículos que também utilizam um motor elétrico e várias outras tecnologias associadas com ele. Podemos citar os veículos híbridos, que já são comercializados em grande escala, e os veículos com células de combustível.

Os veículos híbridos possuem um motor a combustão interna acoplado a um motor elétrico e uma bateria. Dependendo da exigência ao dirigir o carro pode ser propulsionado por um motor a combustão interna ou um motor elétrico. O Toyota Prius, que é vendido com sucesso nos EUA, tem um rendimento de 26 km/l na cidade, que é o dobro do modelo comparável da mesma empresa que é propulsionado somente por um motor a gasolina (Edmunds 2007). Além disso, este modelo que vem batendo recordes de venda nos EUA tem tecnologias modernas como um freio regenerativo, que durante uma frenagem transmite parte da energia cinética do carro para as baterias. Esta tecnologia permite carregar a bateria com uma energia que seria normalmente perdida e, portanto, contribui para a eficiência energética do veículo.

Outra tecnologia automotiva que utiliza um motor elétrico é o carro a célula de combustível. A célula de combustível para aplicação automotiva utiliza o hidrogênio como *energy carrier* para a produção de eletricidade. A energia é armazenada sob a forma de hidrogênio e transformada em eletricidade na célula de combustível. A eletricidade é então consumida em um motor elétrico que propuliona o carro. Apesar de ser bastante interessante do ponto de vista ambiental, a viabilidade comercial desta tecnologia ainda está distante (Demirdoven and Deutch 2004).

Se um carro com uma célula de combustível armazena energia sob a forma de hidrogênio, um carro elétrico com baterias armazena a energia sob a forma química. A bateria e as substâncias químicas que produzem elétrons no seu interior constituem o estoque de energia dos carros elétricos. Em comparação com o carro com a célula de combustível, no caso de um veículo elétrico tradicional a bateria faz o papel da célula de combustível.

A diferença entre as duas formas de armazenar energia é que a existência de baterias comercialmente disponíveis, que podem ser utilizadas por veículos elétricos vem se tornando cada vez mais tangível ao passo que a existência de uma célula de combustível que possa ser comercializada a um custo razoável ainda está longe de se tornar factível. O custo de uma célula de combustível é cerca de US\$4000/kW (Romm 2006). Em comparação o custo extra de um veículo elétrico em comparação com um veículo a gasolina é US\$4220, sendo que dirigir um carro elétrico, levando em consideração o custo do veículo e o custo da eletricidade, fica mais barato do que dirigir um carro a gasolina (DOT 2003).

A tecnologia das baterias vem evoluindo e opções atualmente disponíveis como as baterias de níquel-hidreto metálico (Ni-HM) não utilizam metais tóxicos como o cádmio e apresentam uma densidade energética maior do que baterias mais tradicionais de níquel cádmio (Ambrosio & Tiacinelli 2001). Dentre as vantagens apresentadas por esse tipo de baterias estão:

- Capacidade de armazenamento de carga maior que as baterias de níquel cádmio
- Não há necessidade de manutenção
- Isenta de cádmio; problemas ambientais bastante reduzidos
- Rápida capacidade de recarga
- Ciclo de vida longo
- Vida longa em qualquer estado de carga

Mais recentemente têm sido desenvolvidas baterias, a partir da nanotecnologia que contêm manganês. Pesquisadores do Argonne National Laboratory, ligado ao departamento de energia americano dizem ter usado nanotecnologia para produzir uma bateria que retém uma densidade de carga duas vezes maior do que as produzidas atualmente a base de Lítio (Gruener 2007). Além disso o custo de produção das baterias que utilizam manganês é mais baixo. Caso esta tecnologia venha a ser adotada pelos carros elétricos, estes podem ter a autonomia dobrada e o seu custo reduzido. Esta tecnologia já interessou empresas que fabricam baterias para carros elétricos como a 123 (A123systems 2007).

A produção e o uso em massa de baterias não estão livres de problemas ambientais. Contudo, seria possível reciclar as baterias o que propiciaria uma oportunidade de negócio e um uso mais racional dos metais envolvidos na fabricação das mesmas.

EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Apesar do combustível do carro elétrico ser a eletricidade, fontes de energia distintas podem ser utilizadas para gerar eletricidade e a performance ambiental do carro elétrico está relacionada com o tipo de energia primária utilizada para este fim. Se num carro híbrido ou a célula de combustível, a eletricidade é gerada dentro do próprio veículo, em um carro elétrico com bateria a eletricidade é gerada remotamente. Isto implica em mudanças na eficiência energética global e nos impactos ambientais.

Neste estudo vamos analisar as repercussões do uso de bioeletricidade produzida através do bagaço de cana e do uso da eletricidade produzida a partir de cogeração com gás natural. O uso da bioeletricidade foi escolhido porque o potencial de exploração desta fonte energética está crescendo bastante na esteira dos novos projetos para produção de álcool (Silvestrin 2007). Além disso, como a bioeletricidade é uma energia renovável, o seu uso pode apresentar benefícios ambientais.

Já o uso do gás natural foi escolhido porque atualmente este combustível é utilizado diretamente em motores de combustão interna e portanto já existe a vocação para o uso automotivo desta fonte. Contudo, a eficiência da conversão da energia do gás natural veicular (GNV) para movimentar um carro equipado com um motor ciclo Otto é muito baixa. Enquanto um carro a GNV anda 12 km com 1 m³ de gás, um carro elétrico rende 2 a 3 vezes mais.

Segundo a Associação Brasileira das Empresas Distribuidoras de Gás Natural (Abegas), a Companhia de Gás de São Paulo (Congás) comercializou 140 milhões de m³ de gás para uso automotivo no terceiro semestre de 2006. Se o gás natural fosse utilizado para produzir eletricidade e carregar a bateria de carros elétricos, cerca de 90 milhões de m³ de gás poderiam ter sido economizados no mesmo período. Isso poderia abastecer uma termoelétrica a gás natural de 340 MW de potência instalada¹.

Em comparação com o uso do gás natural para produzir energia de forma centralizada em uma usina de grande porte, o combustível poderia ser utilizado de forma descentralizada em usinas menores. Um shopping center, por exemplo, poderia ter uma pequena termoelétrica de alta eficiência e ciclo combinado que produzisse tanto eletricidade como vapor para ser utilizado no sistema de ar condicionado do edifício. Este tipo de cogeração aumenta significativamente a eficiência do uso do gás natural. Como um shopping center opera geralmente entre as 10 e as 22h e no restante do período a turbina poderia ficar ociosa pois não existe demanda de eletricidade e nem de vapor, o equipamento poderia ser operado durante a noite para carregar uma frota de carros elétricos e produzir gelo que seria estocado para o uso durante o dia com o sistema de ar condicionado. Um shopping center com um mini gerador de 2 MW de potência instalada poderia abastecer uma frota de 5.500 carros elétricos². O uso do gás natural neste esquema seria altamente eficiente pois a energia térmica da transformação do recurso em eletricidade também seria aproveitada. Isto é mais difícil de ocorrer em uma grande usina centralizada e certamente não ocorre quando o gás natural é consumido em motores a combustão interna, como a atual frota de carros a GNV.

Portanto a substituição de carros a GNV por carros elétricos poderia melhorar a eficiência no uso do gás. Devido à limitação com relação à disponibilidade deste recurso, poderia ser atraente a sua utilização para produzir eletricidade e abastecer carros elétricos pois haveria um ganho na eficiência global do uso deste combustível. Quer dizer, para cada quilômetro rodado com um carro abastecido com gás natural seria possível rodar mais quilômetros com um carro elétrico que utilizasse a mesma quantidade de GNV para produzir eletricidade e depois carregar as baterias do carro elétrico.

Além disso, os carros elétricos são mais eficientes pois os modelos modernos tem freios

¹ Para este cálculo foi considerada uma eficiência de 9000 Btu/kWh e um fator de capacidade de 50%

² Para este cálculo foi considerado um uso de 12.000 km por ano, um consumo de 0,16 kWh/km e um fator de capacidade de 60%

regenerativos que transformam a energia mecânica durante uma frenagem em eletricidade e quando parados no trânsito os carros elétricos não consomem energia.

A substituição de carros de combustão interna movidos a gás natural por carros elétricos movidos a eletricidade produzida através da combustão do mesmo gás natural é vantajosa não somente do ponto de vista da eficiência energética, como também do ponto de vista ambiental.

Na seção seguinte é analisado o benefício ambiental do uso de carros elétricos utilizando a eletricidade produzida pelo GNV e pelo bagaço de cana.

BENEFÍCIOS AMBIENTAIS ASSOCIADOS COM O USO DE CARROS ELÉTRICOS

Os benefícios mais significativos do uso dos carros elétricos é que eles não emitem poluentes durante o seu uso. No caso dos esquemas propostos (uso do gás natural e uso da bioeletricidade), além dos benefícios causados pela diminuição da poluição local, também ocorrem benefícios devido à redução na emissão de carbono por quilômetro rodado. Na verdade o Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC) tem buscado apoiar alternativas que não somente melhorem a qualidade do ambiente global mas também contribuam para a melhoria do ambiente local (IPCC 2001).

Centros urbanos, como a cidade de São Paulo, apresentam um nível alto de poluição atmosférica e decisões acerca de meios de transporte nestes locais vão afetar no curto prazo a emissão de poluentes e a saúde pública e no longo prazo vão também impactar as mudanças climáticas globais (Bell 2006). O uso de veículos elétricos em São Paulo e outras cidades pode combinar benefícios locais e globais.

MELHORIA DA QUALIDADE DO AMBIENTE LOCAL

Os carros são grandes vilões com relação à emissão de poluentes e algumas alternativas vêm sendo consideradas para diminuir a contribuição dos meios de transporte a esse problema. Um artigo recente, analisando a substituição de carros a gasolina por carros a diesel na Europa, afirma que, apesar dos benefícios do ponto de vista do ambiente global, o crescimento na frota de veículos a diesel poderia comprometer a qualidade ambiental local e produzir impactos na saúde humana (Mazzi 2007). Este tipo de resultado difere do tipo de análise que geralmente é encontrado na literatura que afirma que as políticas de mitigação dos impactos climáticos poderiam apresentar co-benefícios, tais como, a melhoria na saúde pública devido ao controle da poluição local (Davis et al. 1997, Cifuentes et al. 2001, IPCC 2001, Klimont 2006).

A qualidade do ar na cidade de São Paulo é preocupante; anualmente uma grande quantidade de poluentes é emitida para a atmosfera e a maior fonte de poluentes é o tubo de escapamento de veículos que utilizam um motor a combustão interna (tabela 2).

Tabela 2: Contribuição relativa das fontes de poluição do ar na RMSP em 2006

FONTE DE EMISSÃO		POLUENTES (%)				
		CO	HC	NO _x	SO _x	MP ₁₀ ¹
TUBO DE ESCAPAMENTO DE VEÍCULOS	GASOLINA C	43,48	18,40	13,16	19,47	9,90
	ÁLCOOL	12,59	5,76	3,77	-	-
	DIESEL	24,53	15,75	77,79	13,74	28,28
	TÁXI	0,12	0,27	0,61	-	-
	MOTOCICLETA E SIMILARES	16,74	9,11	0,61	1,53	1,82
CÁRTER E EVAPORATIVA	GASOLINA C	-	32,91	-	-	-
	ÁLCOOL	-	4,35	-	-	-
	MOTOCICLETA E SIMILARES	-	6,57	-	-	-
OPERAÇÕES DE TRANSFERÊNCIA DE COMBUSTÍVEL	GASOLINA C	-	3,32	-	-	-
	ÁLCOOL	-	0,32	-	-	-
OPERAÇÃO DE PROCESSO INDUSTRIAL (1990)		2,54	3,24	4,06	65,27	10,00
RESSUSPENSÃO DE PARTÍCULAS		-	-	-	-	25,00
AEROSSÓIS SECUNDÁRIOS		-	-	-	-	25,00
TOTAL		100	100	100	100	100

(Cetesb 2006)

A concentração dos poluentes emitidos pelos veículos afeta diretamente a saúde humana. Já foi demonstrado que a adoção de políticas de redução da emissão de gases do efeito estufa em cidades como Santiago, São Paulo, Cidade do México e Nova Iorque, podem reduzir a emissão de poluentes, diminuindo o número de mortes prematuras, os casos de bronquite crônica e os dias perdidos no trabalho por causa da poluição (Cifuentes 2001).

Sendo assim, qualquer tecnologia que evite a emissão de poluentes na cidade de São Paulo pode ter um efeito positivo na saúde pública da população. A ocorrência de doenças cardiovasculares em idosos na cidade de São Paulo é fortemente afetada pela poluição (Martins 2006) e poluentes como NO₂, SO₂, CO, O₃ e PM₁₀ tem efeito sinérgico deletério durante o período perinatal (Lin 2004). O uso de veículos elétricos que desloque o uso de veículos com motores a combustão pode eliminar diretamente a emissão de poluentes e precursores de poluentes como ozônio e o material particulado secundário que afetam a saúde da população.

A emissão de poluentes pelos veículos é proporcional ao consumo de combustível e depende do seu tipo. Contudo, tanto veículos a gasolina como veículos a álcool emitem poluentes (tabela 3). Além disso, mesmo veículos mais novos, com tecnologias melhores para o controle da emissão de poluentes, ainda emitem poluentes. Como a emissão depende diretamente do volume de combustível consumido pelos motores a combustão, veículos mais eficientes emitem menos poluentes do que veículos menos eficientes. Um caso extremo seriam veículos elétricos que não consomem combustível algum durante a sua operação.

Tabela 3: Fatores médios de emissão de veículos leves novos em gramas por litro de combustível

ANO MODELO	COMBUSTÍVEL	CO (g/l)	HC (g/l)	NOx (g/l)	CHO (g/l)	CO ₂ (g/l)
2002 ²	Gasolina C	4,71	1,20	1,31	0,044	2164
	Álcool	5,34	1,16	0,58	0,123	1378
2003 ³	Gasolina C	4,47	1,23	1,34	0,045	2164
	Álcool	5,79	1,20	0,68	0,143	1377
	Flex Gasol.C	5,15	0,51	0,41	0,041	2164
	Flex Álcool	3,52	1,04	0,97	0,138	1380
2004 ⁴	Gasolina C	3,99	1,25	1,03	0,046	2164
	Álcool	7,04	1,46	0,69	0,138	1377
	Flex Gasol.C	4,20	0,86	0,54	0,032	2165
	Flex Álcool	3,35	1,02	1,02	0,102	1382
2005 ⁵	Gasolina C	3,83	1,13	1,02	0,046	2165
	Álcool	7,04	1,46	0,69	0,138	1377
	Flex Gasol.C	5,18	1,27	0,58	0,035	2162
	Flex Álcool	2,99	1,08	0,77	0,108	1382
2006 ⁶	Gasolina C	3,73	0,90	0,90	0,023	2167
	Álcool	4,62	0,83	0,35	0,097	1380
	Flex Gasol.C	5,61	1,17	0,58	0,035	2164
	Flex Álcool	3,67	0,86	0,55	0,109	1382

(Cetesb 2006)

Se a emissão de poluentes locais veicular pode ser em parte controlada por tecnologias na ponta do tubo de escape dos carros, sempre que ocorre queima de um combustível fóssil ocorre a emissão de dióxido de carbono, que atualmente é o principal gás causador do efeito estufa. Dependendo da fonte de energia utilizada para carregar as baterias dos veículos elétricos, as emissões de dióxido de carbono poderiam ser significativamente reduzidas.

CRÉDITOS DE CARBONO

Se a fonte da eletricidade que carrega as baterias do carro for renovável, a substituição da gasolina pode ser contabilizada como créditos de carbono. A quantidade de créditos depende da eficiência do carro a ser substituído, da fonte utilizada para a geração da eletricidade e da quilometragem anual do veículo. Nas análises foi adotada uma quilometragem anual de 12.000 km.

Assumindo que a eficiência média de carros a gasolina é de 11,3 km/l, a cada km percorrido um carro a gasolina emite 52 g de carbono (192 g de CO₂).

ELETRICIDADE A PARTIR DO GÁS NATURAL

Se o gás natural é utilizado como fonte de eletricidade para carregar as baterias do carro elétrico, deve-se levar em conta as emissões de carbono associadas com este combustível que é queimado em uma usina termoeletrica. Assumindo as eficiências de 9000 Btu/kWh para a usina elétrica e 110 Wh/km para o carro elétrico, a cada quilômetro percorrido o carro elétrico seria responsável pela emissão de 16 g de carbono.

Portanto, em comparação com o uso de um carro a gasolina, o uso de um carro elétrico, que se alimenta de eletricidade produzida em uma usina a gás natural, evita 37 g de carbono (136 g de CO₂) por quilômetro rodado; o que significa que após rodados aproximadamente 7300 km

poder-se-ia evitar a emissão de 1 tonelada de CO₂. Já em comparação com um carro com um motor a combustão interna movido a GNV, após rodados aproximadamente 8900 km poder-se-ia evitar a emissão de 1 tonelada de CO₂³. Portanto, mesmo que a fonte de energia para gerar eletricidade venha de um combustível fóssil como o gás natural, o uso do carro elétrico pode ser vantajoso com relação à redução das emissões de carbono.

Mas os benefícios são maiores ainda se a fonte para produção da eletricidade é renovável. Um exemplo, nesse caso, é o uso de eletricidade produzida pela queima do bagaço nas usinas de álcool.

BIOELETRICIDADE

No caso do uso de energia renovável para gerar a eletricidade armazenada nas baterias do carro elétrico, seria necessário rodar apenas 5100 km com este veículo para se evitar a emissão de 1 tonelada de CO₂. Ou seja, em cerca de 5 meses de uso do veículo, o nosso usuário padrão estaria evitando a emissão de 1 tonelada de CO₂. O deslocamento de km rodados por veículos a gasolina poderia ser revertido em créditos de carbono e comercializados. Contudo, para que os créditos de carbono sejam postulados é necessário que a eletricidade seja fruto de um novo investimento. Esse pode ser o caso de eletricidade produzida através da biomassa.

Um exemplo de eletricidade da biomassa seria a utilização da bioeletricidade produzida a partir do bagaço de cana-de-açúcar. No caso da eletricidade excedente produzida através do bagaço de cana, como esta também é uma fonte renovável e geralmente ela é fruto de um novo investimento, seria possível obter créditos de carbono e comercializá-los. Atualmente espera-se que o potencial de bioeletricidade aumente. Segundo a Associação Paulista de Cogeração de Energia (COGEN) o potencial para a inserção da bioeletricidade na matriz energética no centro sul do Brasil é considerável (tabela 4).

Tabela 4: Impactos Econômicos da Inserção da Bioeletricidade na Matriz Energética - Centro Sul do Brasil

ANO	Receita Energia Comercializada (R\$ milhões)	Energia Comercializada (MW med.)	Expansão Potência Instalada (MW)
2008	38	31	86
2009	205	136	371
2010	926	588	1646
2011	1846	750	2099
2012	2715	709	1986

(Silvestrin 2007)

Com base nessas previsões, o potencial de expansão do sistema em 2008 corresponderia a cerca de 260 GWh e o potencial de expansão em 2009 corresponderia a 2.180 GWh. Portanto em 2008 seria possível alimentar uma frota de carros elétricos que corresponderia a 6% da frota da cidade de São Paulo. Esta frota evitaria a emissão de 490.000 toneladas de CO₂ e a venda dos créditos de carbono correspondentes renderia cerca de US\$ 5 milhões, ou seja 26% a mais do que se espera obter somente com a comercialização da energia.

Já em 2009 seria possível alimentar uma frota de carros elétricos que corresponderia a 27% da frota da cidade de São Paulo. Isto significa uma redução na emissão de poluentes locais em 27%. Este resultado de redução na poluição local está bastante próximo da meta de 30% divulgada recentemente pela Prefeitura da Cidade de São Paulo (OESP 2007). Esta frota evitaria

³ Assumindo que 2,2 kg de CO₂ são emitidos pela queima do GNV e que a eficiência do carro com motor a combustão interna abastecido com GNV é 12,75 km/m³.

ainda a emissão de 2.350.000 toneladas de CO₂ e a venda dos créditos de carbono correspondentes renderia cerca de US\$ 23 milhões, ou seja 22% a mais do que se espera obter somente com a comercialização da energia.

Atualmente qualquer projeto de geração de energia elétrica de uma fonte renovável que queira postular créditos de carbono na região Sudeste Centro Oeste poderia receber créditos correspondentes aos fatores de emissão do Sistema Interligado Nacional (SIN) (Tabela 4). Os Fatores de Emissão de CO₂, resultantes da geração de energia elétrica do SIN verificada no do Brasil, são calculados a partir dos registros de geração das usinas despachadas centralizadamente pelo Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS) e, em especial, nas usinas termoeletricas. Essas informações são necessárias aos projetos de energia renovável conectados à rede elétrica e implantados no Brasil no âmbito do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) do Protocolo de Quioto.

Tabela 4: Fator Médio Mensal em 2006 (tCO₂/MWh)

Jan.	Fev.	Mar.	Abr.
0,1586	0,1802	0,1349	0,0782
Mai.	Jun.	Jul.	Ago.
0,1256	0,1178	0,1539	0,1657
Set.	Out.	Nov.	Dez.
0,1607	0,1456	0,1104	0,1569

(MCT 2007)

O fator médio anual do SIN em 2006 corresponde a 0,14 toneladas de CO₂/MWh. Já o uso de um carro elétrico abastecido a cogeração com bagaço de cana poderia gerar um crédito de carbono de 1 tonelada de CO₂/MWh de eletricidade produzida⁴, o que significa 7 vezes mais créditos para o usineiro. O uso do carro elétrico iria adicionar valor à bioeletricidade produzida pelo usineiro.

NEGÓCIO

Com base no que foi exposto, tanto o uso do gás natural por cogeneradores de porte médio, como um shopping center, e o uso da bioeletricidade poderiam ser interessantes como um negócio que agregaria valor para o empreendedor e para a sociedade. O negócio poderia ser viabilizado se o empreendedor oferecesse a mobilidade para o usuário, ou seja, o empreendedor seria o dono do carro elétrico e ele faria um leasing para o usuário dirigir o carro, garantindo a produção de eletricidade e contabilizando os créditos de carbono. Alternativamente, o gerador poderia vender a eletricidade para um grupo de usuários de carro elétrico que constituiriam uma espécie de cooperativa e seriam caracterizados como um consumidor final de energia de uma escala considerável.

DISCUSSÃO

O carro elétrico pode aliar benefícios ambientais globais com benefícios ambientais locais. Pode trazer benefícios imediatos para a qualidade do ar em ambientes urbanos e melhoria para a saúde pública. Um carro elétrico com a tecnologia atual não substitui um carro com um motor a combustão interna. Tanto a autonomia quanto a velocidade máxima de um carro que poderia ser adquirido a um custo competitivo com o de um carro popular tradicional são limitadas. Sendo assim, um carro elétrico não poderia ser utilizado para viagens onde velocidade e autonomia são fatores importantes. Contudo um carro elétrico seria uma boa opção para uma

⁴ As eficiências consideradas para este cálculo são 0,16 kWh/km para o carro elétrico e 13 km/l para o carro a gasolina

família que já dispõe de um outro veículo.

A aquisição de um veículo extra é comum para algumas famílias de classe média de São Paulo que o utilizam para fugir da proibição semanal de circular com veículos durante um dia. O objetivo desta medida é retirar carros da rua, diminuindo a frota, reduzindo os congestionamentos e a emissão de poluentes.

A diminuição na emissão de poluentes é um objetivo que poderia ser contemplado pelo uso de veículos elétricos. A substituição de carros com motor de combustão interna por carros elétricos também contribui para a melhoria da qualidade do ar da cidade. Assim, a eventual adoção de um veículo elétrico por uma família de classe média poderia contribuir para a melhoria da qualidade do ar da cidade que seria benéfica para toda a população da cidade.

Apesar do carro elétrico aquecer a demanda por eletricidade e já estarmos esperando problemas com relação ao atendimento da demanda, esta tecnologia pode ser um incentivo para a viabilização de geradores de capacidade menor do que as grandes hidrelétricas que atualmente constituem o tipo de expansão característico do setor elétrico. Tanto um cogeração a bagaço ou a gás natural podem ser viabilizados com o valor agregado à eletricidade, a partir do credenciamento e da venda dos créditos de carbono obtidos através do negócio do carro elétrico.

A criação de uma frota de veículos elétricos pode ser uma etapa intermediária importante na tecnologia para o desenvolvimento de veículos com células de combustível. Apesar das baterias apresentarem alguns problemas ambientais, a busca de solução para tais problemas pode propiciar o estabelecimento de redes de reciclagem e a disposição final dos resíduos de forma correta e localizada pode ser vantajosa se comparada com a diminuição da poluição atmosférica nas cidades, que já está fora de controle.

REFERÊNCIAS:

- A123systems 2007 <http://www.a123systems.com/newsite/index.php#/technology/life/> (acessado em 07/07/2007)
- Abegas 2007 <http://www.abegas.org.br/news/news.asp?nwCod=1321> (acessado em 07/07/2007)
- Bell ML, Davis DL, Gouveia N, Borja-Aburto VH, Cifuentes LA. The avoidable health effects of air pollution in three Latin American cities: Santiago, São Paulo, and Mexico City. : *Environmental Research* 2006 Mar;100(3):431-40. Epub 2005 Sep 19.
- Cifuentes L, Borja-Aburto VH, Gouveia N, Thurston G, Davis DL Assessing the health benefits of urban air pollution reductions associated with climate change mitigation (2000-2020): Santiago, São Paulo, México City, and New York City. : *Environmental Health Perspectives*. 2001 Jun;109 Suppl 3:419-25.
- Cetesb 2006 Relatório de Qualidade do Ar no Estado de São Paulo. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (Cetesb). São Paulo, SP
- Cifuentes, L.; Borja-Aburto, V. H.; Gouveia, N.; Thurston, G.; Davis, D. L. Hidden health benefits of greenhouse gas mitigation. *Science* **2001**, *293*, 1257-1259.
- Davis, D. L.; Kjellstrom, T.; Sloof, R.; McGartland, A.; Atkinson, W.; Hohenstein, W.; Nagelhout, P.; Woodruff, T.; Divita, F.; Wilson, J.; Deck, L.; Schwartz, J. Short-term improvements in public health from global-climate policies on fossil-fuel combustion: An interim report. *The Lancet* **1997**, *350*, 1341-1349.
- Demirdoven, N. Deutch, J. Hybrid Cars Now, Fuel Cell Cars Later. *Science* 13 August 2004 305(5686) 974-976
- DOT, 2003. Fuel Options for Reducing Greenhouse Gas Emissions from Motor Vehicles. US Department of Transportation Center for Climate Change & Environmental Forecasting, Washington, DC DOT-VNTSC-RSPA-03-03 <http://climate.volpe.dot.gov/docs/fuel.pdf>.
- Edmunds 2007 www.edmunds.com (acessado em 07/07/2007)
- GM Volt: A Site Dedicated to the General Motors Chevrolet Volt Electric Car. <http://www.gm-volt.com/about> 2007. (acessado em 07/07/2007)

- Gruener, W. 2007. Scientists double the capacity of rechargeable lithium batteries. Trendwatch Tuesday, May 08, 2007 <http://www.tgdaily.com/content/view/31939/118/> (acessado em 07/07/2007)
- Guimarães, C. Alunos de Engenharia Fazem Astra Movido a Eletricidade. O Estado de São Paulo, 29 de julho de 2007, CA1 p.2 Autos.
- IPCC. *Climate Change 2001: Mitigation*; Intergovernmental Panel on Climate Change: Geneva, 2001.
- [Lin CA](#), [Pereira LA](#), [Nishioka DC](#), [Conceição GM](#), [Braga AL](#), [Saldiva PH](#). Air pollution and neonatal deaths in São Paulo, Brazil. *Braz J Med Biol Res*. 2004 May;37(5):765-70. Epub 2004 Apr.
- [Martins LC](#), [Pereira LA](#), [Lin CA](#), [Santos UP](#), [Prioli G](#), [Luiz Odo C](#), [Saldiva PH](#), [Braga AL](#). The effects of air pollution on cardiovascular diseases: lag structures. *Revista Saude Publica*. 2006 Aug;40(4):677-83.
- MCT 2007 Fatores de Emissão de CO₂ pela geração de energia elétrica no Sistema Interligado Nacional do Brasil. Mecanismo de Desenvolvimento Limpo. Ministério da Ciência e Tecnologia. <http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/50862.html>
- Miraglia, S.G. Saldiva, P.H. Bohm, G.M. An evaluation of air pollution health impacts and costs in São Paulo, Brazil. *Environmental Management* 2005 May; 35(5):667-76
- OESP 2007 Kassab Promete Medidas Amargas para Reduzir Poluição do Ar em 30%. O Estado de São Paulo – Caderno C, quinta feira 17 de maio de 2007
- Romm, J. *Energy Policy* Volume 34, Issue 17, November 2006, Pages 2609-2614
- Seade 2007 Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados - Seade. Frota de Veículos, segundo Tipos, Município de São Paulo 1998-2002 www.seade.gov.br/produtos/msp/tra/tra2_002.xls (acessado em 07/07/2007)
- Silvestrin, C.R. Propostas para Fomento da Indústria da Cogeração de Energia, Cogen, 2007 http://www.cogensp.com.br/cogensp/workshop/2007/ABESCO_Silvestrin_22052007.pdf
- Van Vuuren, D.; Cofala, J.; Eerens, H.; Oostenrijk, R.; Heyes, C.; Klimont, Z.; den Elzen, M.; Amann, M. Exploring the ancillary benefits of the Kyoto protocol for air pollution in Europe. *Energy Policy* 2006, 34, 444-460