



São Paulo - Brazil - May - 22nd to 24th - 2013

Acc4th INTERNATIONAL WORKSHOP ADVANCES IN CLEANER PRODUCTION

“INTEGRATING CLEANER PRODUCTION INTO SUSTAINABILITY STRATEGIES”

Análise Crítica da Integração em Larga Escala de Veículos Elétricos no Brasil

WITTMANN, D. ^{a, b*}, BERMANN, C., ^{a, c*}, WITTMANN, T. F. ^{d, e*}

a. Universidade de São Paulo, Instituto de Eletrotécnica e Energia, São Paulo

d. Multinacional da Área Privada, Gerência de Marketing e Produto, São Paulo

b dwit@usp.br; c* cbermann@iee.usp.br; e* thiago_wittmann@yahoo.com.br*

Resumo

O setor de transportes representa, mundialmente, entrave na busca de sustentabilidade. Mais de 850 milhões de veículos queimam anualmente trilhões de litros de combustível, em todo planeta, emitindo quase três bilhões de toneladas de dióxido de carbono. Uma alternativa que vem se firmando, ao redor do mundo, é representada por veículos elétricos. 4,5 milhões, sendo 95% híbridos, já estão, lá fora, em circulação. O Brasil, com sua frota de 35 milhões de veículos, licenciou, até 2012, somente 72 automóveis elétricos. Por quê? Este estudo objetiva fornecer uma análise crítica para integração em larga escala de veículos elétricos no Brasil. Especificamente são apresentados e discutidos os aspectos referentes à recarga, autonomia, investimento aquisitivo, custo operacional, impactos no sistema elétrico brasileiro, na cadeia do etanol e da gasolina, reflexos na matriz energética do país, e outros fatores relacionados. Os dados são apresentados por metodologia clássica de pesquisa, análise e síntese, ocorrendo seus tratamentos sob ótica multidisciplinar. É desenvolvida uma visão, de cunho científico, quantitativa e qualitativa, dos fatos presentes e de projeção futura, com eles apresentando respostas sobre a idealidade. O estudo conclui (1 a 6): 1) Os veículos elétricos representam opção não poluente dos centros urbanos, consumidora de menos combustível e vantajosa para países com recursos renováveis para transformação, caso do Brasil; 2) O governo tem se abastido, mantendo barreira à integração, devido à concentração dos esforços no etanol e nos motores bicompostíveis; 3) O principal determinante do crescimento será representado por políticas públicas que venham a ser adotadas; 4) Nos parâmetros atuais, a integração deverá ocorrer de início de forma lenta, sem introduzir grandes problemas na matriz de geração de eletricidade do país; 5) No longo prazo, a integração em alta escala seria capaz de propiciar redução de consumo final para a matriz energética; 6) O grande risco seria não integrar-se. O país se defasaria da vanguarda tecnológica e por consequência perderia a oportunidade de participação da economia brasileira em um mercado internacional que já cresce e tende a agigantar-se.

Palavras-chave: energia; veículos elétricos; planejamento energético; recursos renováveis; sustentabilidade.

1. Introdução

Em termos de energia, tem-se fundamental que soluções - *que permitam construir um futuro mais sustentável que o atual* - façam uso de tecnologias mais limpas e eficientes, e na medida do possível, a partir de fontes renováveis (Goldemberg, 2010).

Mundialmente, essa premissa - *de único caminho* - apresenta entrave na área de transportes. A população global, atualmente, na ordem de sete bilhões de pessoas, cada vez mais se concentra em áreas urbanas; com 26 cidades superando 10 milhões de habitantes. É projetado que, em 2030, 80% da riqueza mundial possa estar concentrada em áreas urbanas. Para locomover as pessoas e suas

“INTEGRATING CLEANER PRODUCTION INTO SUSTAINABILITY STRATEGIES”

São Paulo – Brazil – May 22nd to 24th - 2013

mercadorias, mais de 850 milhões de veículos consomem anualmente trilhões de litros de combustíveis fósseis, emitem quase três bilhões de toneladas de dióxido de carbono (CO₂), e congestionam caoticamente os grandes centros urbanos (Mitchell, 2010).

No Brasil, o entrave é similar. A frota ativa de veículos automotores está avaliada em 34,7 milhões de unidades, das quais, 32,2 milhões (92,8%) de veículos leves (ANFAVEA, 2012) – *números do Departamento Nacional de Trânsito - DENATRAN (2013) são ainda maiores, apontam 50,1 milhões, mas baseiam-se nos registros, sem considerar curva de sucateamento*. O setor de transportes foi responsável, em 2011, por 30,0% do consumo energético, consumindo 83% a partir de fontes não renováveis e liberando 48,2% das emissões, de CO₂, antrópicas do país (EPE, 2012).

Internacionalmente, um prenúncio de ganho tecnológico que vem se firmando, em termos de veículos leves, é a opção por elétricos. O veículo leve elétrico (VE) se apresenta silencioso, não poluente dos centros urbanos e consumidor de menos combustível (Feldmann, 2013). Embora seja errôneo entender como solução para a questão da locomoção, o simples redirecionamento da atual tração a combustão interna, para a elétrica – *a solução mais abrangente se evidencia em maior e melhor oferta de transporte público* – os acenos dos VEs, especialmente como veículos urbanos, são inegáveis como representativos de unidades mais compactas, ecológicas e adequadas. Conforme dados da Associação Brasileira de Veículos Elétricos (ABVE, 2013) 4,5 milhões de veículos elétricos já estão, lá fora, em circulação; 95% deles, híbridos. Países mais avançados, como Estados Unidos (EUA), China e Japão, são os que apresentam maior número. No Japão, 10% do market share da frota nova (ERBER, 2012) já são representados por VEs.

Contudo, o desenvolvimento no Brasil, no tocante aos VEs, é bem aquém e diferente. Segundo dados de TRINGUEIRO (2013), existiriam em 02/2013, apenas 72 VEs leves – *72; não 72.000* - aqui, emplacados – *O DENATRAN ainda não disponibiliza números em separado – motos poderiam ser 1.500, sem fontes confiáveis*.

Por que o Brasil segue - *“deitado eternamente em berço esplêndido”* - à margem desse desenvolvimento?

Há hipóteses. Elas vêm-se ligadas: 1) Ao alto investimento aquisitivo; 2) À baixa autonomia; 3) Aos problemas com recargas; e 4) À falta de políticas públicas nacionais de incentivo aos VEs – *esta falta, supostamente, em razão de incertezas quanto aos possíveis impactos sobre o Sistema Elétrico Brasileiro (SEB), aos demais energéticos que compõem a matriz de geração de energia do país, e até aos atuais players envolvidos com a indústria automobilística nacional, notadamente no que tange aos aspectos ligados aos programas dos biocombustíveis e dos motores flexfuel*.

Este trabalho objetiva fornecer uma análise crítica da integração em larga escala dos VEs leves no Brasil. Especificamente traçando uma visão – *de cunho científico* - presente e de projeção futura, e daí buscando respostas para as quatro hipóteses formuladas, de forma poder-se concluir se há erro na atual conduta e qual a idealidade.

Os dados são apresentados por meio de metodologia clássica de pesquisa, análise e síntese; ocorrendo os seus tratamentos sob ótica multidisciplinar.

2. Veículos Elétricos

Breve Histórico

Ao surgir no final do século XIX, o automóvel representou acentuado avanço para a locomoção de pessoas, bens e serviços, bem como para o desempenho industrial e comercial das nações, mormente as mais desenvolvidas. Além de simples meio de transporte, veio a popularizar-se ao redor do mundo, também como objeto de desejo, prazer e status social. A frota atual, estimada na ordem de 850 milhões, é distributivamente desequilibrada. Enquanto em países subdesenvolvidos há falta de meios de locomoção até para necessidades emergenciais, um país desenvolvido, exemplo Estados Unidos (EUA), chega a dispor da média de um automóvel para cada 2,5 habitantes.

Quando do surgimento, a tração era constituída: 1) eletricamente - *interação de campos eletromagnéticos - lei de Lorentz*; 2) por combustão externa - *vapor - ciclo de Rankine*; e 3) por combustão interna - *ciclos Otto e Diesel*. Em 1900, 28% dos autos produzidos nos EUA eram elétricos. A partir de 1905, proliferaram os acionamentos a combustão interna, deve-se entender, em razão de maior autonomia e rápido desenvolvimento tecnológico, em somatória ao baixo custo, fartura - *na época* - e praticidade no uso dos derivados de petróleo. Sucedeu que em 1925, o automóvel elétrico passasse a ser considerado um produto comercialmente morto – *atente-se que a tração automotiva elétrica nunca chegou a sucumbir, tendo prosseguido insubstituível, no segmento de automotores leves, em aplicações específicas, a exemplo de locomoção em locais com limitações referentes a ventilação ou ruído, na forma de empilhadeiras e outros troles leves de locomoção*.

Com o caminhar do tempo, ocorreu que, devido ao aumento da tomada de consciência das questões ligadas à sustentabilidade do planeta, em somatória ao agravamento das condições de concentração de poluição atmosférica em grandes conglomerados urbanos, e principalmente, às questões geopolíticas desencadeadas a partir da crise do petróleo na década de 1970 e seus consequentes aumentos nos preços dos derivados fósseis; difundiu-se a constatação dos aspectos nocivos dos automóveis, citando-se como principais: 1) consumo de reservas fósseis; 2) emissão poluente – *química e sonora*; 3) abarrotamento de infraestrutura viária; e 4) baixa eficiência energética – *na ordem de 30% para motores Otto a um máximo ainda abaixo de 40% nos modernos motores Diesel*.

Em busca, tanto de eficiência, como de menor dependência de fósseis, diversos programas foram desenvolvidos, a exemplo dos biocombustíveis - *etanol (CH₃CH₂OH) a partir de cana-de-açúcar no Brasil, e de milho no EUA* - e da subsequente tecnologia flexfuel – *capacidade de operar com dois combustíveis, em separado ou simultâneo* – resultando que no Brasil, em 2011, 14,5% do consumo total de energia, no setor de transportes, foram supridos por etanol (EPE, 2012). Em paralelo, na revisão de conceitos, houve crescimento de tentativas, buscando tornar os VEs competitivos, culminando no final da década de 1990, com lançamentos comerciais que vêm se firmando seguidamente até os dias atuais – *veículos somente elétricos e veículos híbridos, estes combinando motores elétricos (MEs) com motores a combustão interna (MCAs)*.

Tecnologia Atual

Entendam-se como VEs, veículos que possuam um ou mais motores de tração, sendo um deles elétrico. Para efeito deste estudo, pode-se classificá-los (1 a 3) (Ver Quadro 1):

Tipo	Motorização	Gerador (GE)	Pacote de Baterias	Recarga	Princípio
1) VE Puro a Bateria	ME	Não possui	Usualmente a Íons de Lítio	Rede pública	Tração por ME acionado por controlador eletrônico e alimentado por energia armazenada em baterias recarregáveis externamente.
2) VE Híbrido	ME + MCA	GE	Íons de Lítio	Não requer	Há versões com tração por ME e versões com tração combinada ME + MCA. A energia é armazenada em baterias recarregadas por GE movido pelo MCA e por forças de desaceleração e frenagem. Módulo eletrônico mantém a recarga em nível ideal e o MCA em operação ótima ou desligado.
3) VE Híbrido Plug-in	ME + MCA	GE	Íons de Lítio	Rede pública opcional	Similar ao híbrido, porem podendo ser conectado à rede elétrica para recarga.

Quadro 1. Descrição sumária da tipificação dos VEs, em função da diferenciação do acionamento e da recarga. Obs.1: há outros tipos, o VE a célula de combustível, o VE conectado à rede de tróibus e o VE solar; estes não fazem parte do foco do trabalho. Obs.2: Elaboração a partir de dados da ABVE (2012).

É importante atentar do Quadro 1, que somente os VEs a bateria são totalmente dependentes da rede pública para recarga - *representam 5% da frota total atual de VEs, conforme já mencionado* - Já os VEs híbridos são autoprodutores, não necessitando de conexão à rede. Por fim, os VEs híbridos plug-in, também autoprodutores, podem ou não, opcionalmente, ser conectados, conforme seja conveniente, sendo que a conexão poderia ocorrer em ambos os sentidos - *corrente elétrica com fluxo direcionado à bateria ou à rede* - conforme a instalação assim o permitisse - *smart grids* - e fosse de conveniência.

As baterias em uso, em VEs, tendem na atualidade, na quase totalidade dos casos, à tecnologia de íons de lítio (Li). Para esse caso, a vida útil é função de características de projeto, com dimensionamento atingindo números da ordem de 2.000 a 3.000 ciclos de recarga, a uma seguridade mínima de 90% de sua capacidade, interagindo como variáveis dos valores, principalmente: temperatura, corrente elétrica e nível - *intervalo* - de descarga (A123, 2012). Significa que se um determinado VE a bateria – *pior situação, dentre os tipos de VEs, no tocante à expectativa de vida da bateria* - operando em condições normais, passar por um ciclo de recarga a cada dia, estaria propenso a apresentar uma vida de bateria da ordem de cinco anos ($2.000 \div 365 = 5,5$). A melhor situação, em termos de expectativa de vida da bateria, é a dos VEs híbridos, posto que nestes, há controle eletrônico - *inteligência computacional* - destinado a manter o nível de carga em intervalo percentual ideal, o que minimiza o ciclo. De encontro a isso, a garantia oferecida pela fabricante Toyota, para a bateria do híbrido recém-lançado no Brasil, o Prius, segundo informação da montadora, é de dez anos.

3. Integração em Larga Escala

Recarga e Autonomia

Inexiste, até o presente, rede de abastecimento para VEs no Brasil.

No Rio de Janeiro, houve a instalação do primeiro posto de abastecimento de VEs, em 2009, por parceria entre as empresas Nissan e Petrobrás (Estadão, 2009) – *A Nissan, dado seu interesse comercial, firmou ao nível mundial, cerca de 100 parcerias com governos e entidades privadas* – Há informações, não oficiais, de desenvolvimento de acordo entre a Nissan e a Petrobrás para unidades de abastecimento de VES em instalações da rede de postos tradicionais.

Em São Paulo, o primeiro posto de abastecimento de VEs foi instalado em 2012, no Instituto de Eletrotécnica e Energia (IEE) da Universidade de São Paulo (USP). Trata-se de iniciativa público-privada obtida de parceria com empresas particulares – *citem-se EDP Energia, Sinapsis e Mitsubishi* – com o IEE e a Fundação Instituto de Administração (FIA). Até o momento, o eletro posto está disponibilizado a convênios com entidades públicas e privadas de pesquisa. É composto por três unidades de carregamento, da marca Efacec (recargas rápida, lenta e residencial), com potência de 50 kW em corrente contínua (Feldmann, 2013).

O eletro posto do IEE abriga também um programa em parceria com a Prefeitura de São Paulo, no abastecimento de frota de 10 taxis VEs da marca Nissan (Feldmann, 2013). De conversa verbal com dois taxistas, foi levantado que seus VEs têm rodado em percursos variando entre 115 a 160 km por dia e por recarga. O custo da recarga elétrica tem se apresentado na ordem de 25% de um equivalente MCA. O tempo da recarga tem variado de 30 minutos a seis horas, em função do nível da recarga e do tipo de conexão – *rápida ou lenta*. O desempenho urbano tem sido satisfatório e a manutenção nula.

Estes valores apontados condizem com outras fontes pesquisadas, para o caso de VEs a bateria. Para o caso de VEs híbrido plug-in, tenha-se em conta que a autonomia obtida – *ampliada por GE a bordo* – pode atingir número da ordem de 500 km; e no caso dos híbridos autônomos, é irrestrita.

Perceba-se, na inexistência de infraestrutura de recarga no Brasil, problema com conotação embrionária - *de círculo vicioso devido ao estágio zero da curva de aprendizado: não há eletro postos porque não circulam VEs nas ruas & não circulam VEs nas ruas porque não há como abastecê-los* - Os players envolvidos com os VEs ainda não lograram êxito em afinar-se com o governo, no esclarecimento do saldo entre benefícios e impactos dos VES. O governo - por razões à frente

discutidas - se mantém absterido - *tem-se aí uma clara necessidade de difusão de correto conhecimento; e de políticas públicas, capazes de nortear as atividades da iniciativa privada.*

Exemplos internacionais não faltam; eles dão conta do startup, bem sucedido, por meio do apoio governamental, a exemplo do desenvolvido nos EUA, no Japão, na China e em Portugal, este com frota atual em mais de 30 mil VEs a bateria (Feldman, 2013). Ao nível global, existem hoje cerca de 2 mil eletro postos, sendo projetado para 2030 um número da ordem de 200 mil (ABVE, 2013).

É de se entender um primeiro passo de solução para a interface, o declínio unificando a adoção por qual das tecnologias disponíveis. Se normalização por substituição dos packs de baterias, caso da fabricante Renault, ou se por recarga das baterias mantidas a bordo, caso da maior parte dos demais fabricantes; bem como outras questões como potência individual, localização, formato, manuseio e regime horário. O passo subsequente seria a oficialização das respectivas diretrizes de ordem legal. A iniciativa privada estaria, assim, norteadas, a partir destas medidas; tal qual historicamente se verificou ocorrer quando da introdução de outros avanços tecnológicos, a exemplo da telefonia móvel e da transmissão televisiva em alta definição (HDTV).

Impactos na rede são passíveis de vir ou não a ocorrer, conforme se administre a questão dos horários de ponta. A integração dos VEs híbridos não esbarra nas questões da interface elétrica, posto ser autoprodutores. Isso, em parte, explica a opção dos atuais lançamentos nacionais – *Toyota Prius e Ford Fusion* - no mercado nacional. Já os VEs híbridos plug in poderiam, no futuro no caso da adoção das redes inteligentes – *smartgrids* – até contribuir, atuando como buffers na rede.

Investimento Aquisitivo

Há estimativas de que o custo referente ao conjunto propulsor, frente ao custo total de fabricação de um VE, chegue a representar 50% - *entenda-se por conjunto propulsor, o conjunto formado pelo pacote de baterias, motorização, mais os periféricos eletroeletrônicos, a bordo, parte de seu funcionamento: capacitores, controladores e demais acessórios* – Certo ou errado, esse número, de toda forma, permite que se aceite que um VE venha a apresentar um preço mais elevado do que um automóvel equivalente a MCA. E isso representa a alegação propagada para o elevado preço no mercado. Seria verdade? Mais certo para entender vem a ser analisar o assunto por meio dos vieses que o compõem: os aspectos técnicos, mercadológicos e tributários.

No que se refere aos aspectos técnicos, considerem-se - *aqui* - os dados como são. Não se vai neste estudo curto, querer ter a pretensão de indicar melhorias aos projetos existentes; frutos que são de milhares e milhares de horas, dólares, massa encefálica, testes, protótipos, experimentos,..., acumulados em pesquisa e desenvolvimento.

Do ponto de vista mercadológico, é de se entender que mais certo que avaliar o fator custo aquisitivo, simplesmente pelo seu valor presente - *preço é uma variável relativa frente ao tempo, ao mercado e à escala - trata-se esta premissa de um princípio da ciência da Economia* – seria pelo seu potencial diminutivo ao longo do tempo, ou seja, sua “curva de aprendizado” característica. Esta, sim, capaz de antever potencial de penetração. O problema é que, nos limites deste estudo, não foram levantados dados confiáveis capazes de determinar a “taxa de progresso”, fator determinante para equacionar a curva. Há analistas considerando possibilidades entre 10% a 20% de redução, por escala, para até 2020, todavia esses valores, se vistos por raciocínio lógico, são pessimistas frente ao verificado com o ocorrido com outras tecnologias recém-desenvolvidas, a exemplo do campo da informática e das câmeras e televisores digitais. O mais certo se mostra considerar que, do ponto de vista mercadológico, o atual patamar de preço prossegue como barreira para penetração em larga escala.

Em termos de tributação, tem-se no Brasil, uma carga podendo atingir 120%. São 25% relativos ao imposto sobre produtos industrializados (IPI), 35% de imposto de importação (II), 13% de PIS/COFINS, 12% a 18% de imposto de circulação de mercadorias (ICMS), conforme o Estado. Além de taxas alfandegárias e outras despesas decorrentes. Os VEs são enquadrados na categoria “outros” por inexistência de específica. A simples equiparação aos MCA flexfuel de menor cilindrada – *já que poluem menos, consomem menos e permitem participação de fontes renováveis* - já traria redução do IPI de 25% para 7%. Outras medidas, como por exemplo, equiparação, a menor, do Imposto de

Propriedade de Veículos Automotores (IPVA), poderiam atuar, em somatória, como impulsionadoras, tal qual o Governo administrou, todo um conjunto de medidas, para que se lograsse êxito nos programas do etanol, do biodiesel e dos motores flexfuel – *em 2010 a participação dos flexfuel atingiu 86% da frota nacional de automóveis, conforme dados de BARAN (2012)*. Os players interessados nos VES são unânimes em considerar que a atual carga tributária está inviabilizando os VEs frente aos seus congêneres a MCA. O Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT) acena com redução tributária, mas adverte que o Governo só estaria intervindo, havendo produção nacional. Ora, quem vai investir sem viabilidade financeira? É uma situação, para startup, de necessidade de intervenção do Estado – *premissa da Economia*. Tem-se, pois no aspecto tributário, outra clara falta de políticas públicas, para que se obtenha integração em larga escala dos VEs.

Custo Operacional

Por divergência entre diferentes fontes pesquisadas, é apresentada a seguir, tabela elaborada buscando visualizar comparativo entre o custo operacional de um VE, um VE híbrido (VEH) e um veículo convencional similar a MCA, levando-se em conta a parcela de custo referente à depreciação do capital (Ver Tab. 1).

Tabela 1. Comparativo de custo operacional entre um VE, um VE híbrido e um MCA, agregando-se a depreciação do capital ao custo de combustível.

(1) Auto	(2) Investimento aquisitivo (R\$)	(3) Consumo/ km	(4) Custo do combustível (R\$)	(5) = (3) x (4) Custo por combustível/km (R\$/km)	(6) = (2) ÷ 365.000 Custo por depreciação do investimento (100 km/dia x 10 anos = 365.000 km) (R\$/km)	(7) = (5) + (6) Custo operacional resultante (R\$/km)
VE Nissan Leaf	95.000	0,165 kWh	0,3768/kWh	0,062	0,2603	0,3223
VE Híbrido Toyota Prius	120.000	0,0667 l gasolina	2,5/l	0,1668	0,3288	0,4956
MCA Congêneres (hatch médio)	55.000	0,1 l álcool	1,9/l	0,19	0,1507	0,3407

Obs.: (1) Considerado o Leaf por ter sido o VE do programa de taxis de São Paulo e o Prius por ter sido o lançamento já existente em comercialização. (3) Valores médios disponibilizados pela mídia especializada (4) o custo de eletricidade referente a uma instalação residencial típica em São Paulo e composto por fornecimento acrescido de tributos. Elaboração própria.

Atente-se da Tabela 1 a confirmação de maior economia no custo de energia por quilômetro (km) rodado, para os VEs, mas que essa vantagem tende a desaparecer quando se acresce o custo de depreciação; nesse caso tornando os VEs menos econômicos quando em baixas escalas de quilometragem.

Impactos no Sistema Elétrico Brasileiro (SEB)

Pesquisas apontam que a penetração, dos VEs, deve ocorrer, no início paulatinamente, à medida que os consumidores se apercebem de suas vantagens (ABVE, 2013) - *para a associação, tem-se a dificuldade de tratar uma mudança de paradigma, com processo de adaptação para os players tradicionais e necessidade de superação de barreiras mercadológicas, políticas e culturais* - Mas

seguida, em segundo instante, de aumentos substanciais. Estes aumentos conduziram a números em patamares entre 1,5 milhão a 4 milhões de unidades, para por volta de 2020, segundo convergência de levantamentos entre a ABVE (2013), Feldmann (2013) e Borba (2012; 2013), entre outros.

Mesmo para o cenário otimista (4 milhões em 2020), os VEs ainda não estariam representando problemas insolúveis para o SEB, vindo a significar 1% do consumo projetado para aquele ano (BORBA, 2012; 2013; Tringueiro, 2013).

Atente-se que para o SEB existe vantagem na transformação de energia elétrica em mecânica; posto que a maior parte da eletricidade do SEB tem origem hidráulica - *fonte na maior parte renovável, primária, sem consumo de combustível* - Em 2011, a geração hidráulica supriu 81,9% do consumo de energia elétrica do país (EPE, 2012), isso a partir de um potencial viável explorado até 2008 em 33,7% (ANEEL, 2011).

Para um futuro mais distante, além das reservas hídricas, há opções como a expansão da geração eólica, solar e por biomassa, isso sem contar com a expansão do programa nuclear e com todo possível excedente de gás e óleo, ainda não definido, oriundo do pré-sal.

Cabe acrescentar que opção representada por queima de gás, óleo ou etanol em UTEs, para fins de eletrificação automotiva, poderia significar ganho energético e ambiental para o país. Por quê? Em matemática simplista, percebe-se que produzir a eletricidade em uma UTE de última geração, a ciclo combinado - Brayton-Rankine - pode significar obter eletricidade com rendimento (?) da ordem de 55% (Moreira, 2010). O resultado desse processo de transformação pode ser indicado por 90% (? de um motor elétrico, conforme Halliday *et al*, 2009) $\times 55\% = 49,5\%$; contra os cerca de 30% obtidos da queima direta em motor Otto, ou seja, 60% mais eficiente - *mesmo deduzindo as perdas técnicas verificadas no SEB, este ganho situaria acima de 40%* - Além do fato das emissões ambientais serem mais passíveis de tratamento e controle em uma instalação de UTE, do que nos escapes automotivos, e estarem ocorrendo não necessariamente dentro dos grandes centros urbanos (ver Fig. 1).

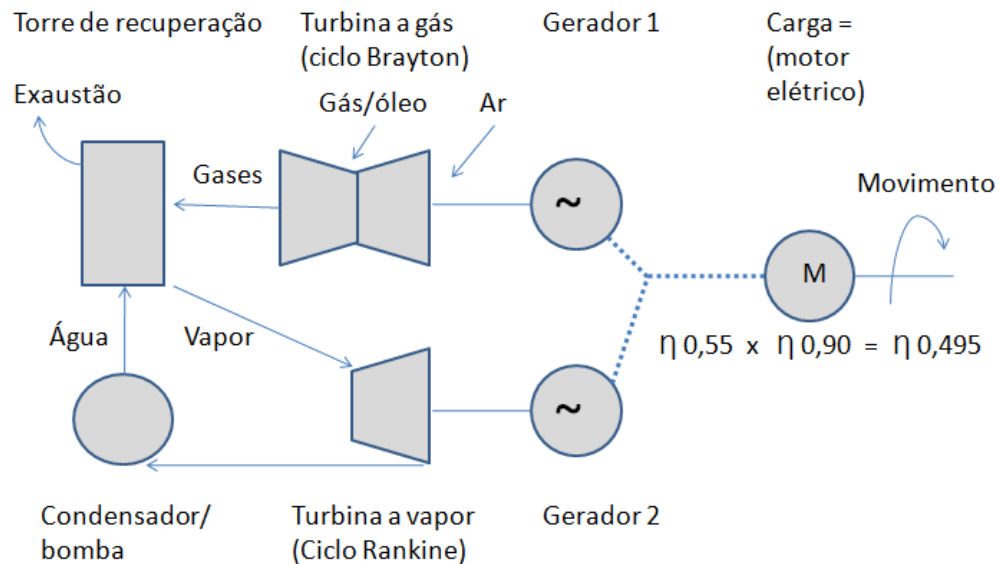


Fig. 1. Esquema de geração de eletricidade em UTE a ciclo combinado Brayton-Rankine. Uma primeira turbina é acionada a gás ou óleo. Os gases de exaustão são direcionados a uma torre de recuperação de calor, produzindo vapor. Uma segunda turbina é acionada com esse vapor. Cada turbina aciona um gerador. Da soma de ambos geradores é obtida energia elétrica com $\eta = 55\%$. Essa energia elétrica deixa a usina, despachada na rede. No consumo é transformada em energia mecânica por meio de um motor elétrico com $\eta = 90\%$. Encadeia-se, assim, um processo onde energia fóssil é transformada em mecânica, com $\eta = 49,5\%$. Este valor resulta 60% (superior a 40% deduzidas perdas técnicas do sistema) mais eficiente que a opção usual via um MCA automotivo a ciclo Otto, o qual se situa em $\eta = 30\%$. Fonte: elaboração própria com base em MOREIRA (2010) e HALLIDAY *et al* (2009).

Impactos na Cadeia do Etanol, da Gasolina e Reflexos na Matriz Energética Brasileira

Apesar das projeções oficiais no Brasil indicarem que o aumento de demanda provocado por elevado crescimento esperado no transporte individual, em médio prazo, será devidamente atendido pelo pré-sal, há dúvidas quanto ao programa do etanol ser capaz de acompanhar esse crescimento e atender a futura demanda (Baran, 2012).

Por outro lado - *assim como a idade da pedra não terminou por falta de pedra* – mais benéfico para efeito futuro do país seria, cada vez mais, privilegiar os energéticos, notadamente os fósseis, para aplicações e maior valor agregado, a exemplo dos compostos plásticos e da química fina, do que sua simples queima.

Sobre esse conjunto, acima, de raciocínio, a integração em larga escala dos VEs, aparenta só ter a contribuir. O balanço futuro final a partir da sinergia obtida da integração poderá compor decréscimo no consumo total.

Em projeção para 2031, estudo de BARAN (2012) aponta o balanço do saldo – *aumento de eletricidade & diminuição de etanol e gasolina* – como promotor de redução entre 9,2% a 27,5% no consumo energético da frota nacional, para aquele ano, conforme a composição da frota.

A Face Oculta

Cabe ainda outra discussão. Estaria hoje o Governo simplesmente preocupado com a evolução, ao longo prazo, do equilíbrio das curvas de oferta e demanda de energia elétrica no país, ou mantendo barreira por considerar os motores a álcool e bicomcombustível - *flexfuel* - como a maior contribuição brasileira para a sustentabilidade?

Ao nível do presente estudo não há como afirmar. Todavia é bem possível que sim; pois em nosso regime político por representação democrática, maiores benefícios, é evidente, obtêm as classes com maior poder de representatividade – *players somados das cadeias do etanol, das autopeças, das montadoras, e dos lubrificantes*.

Estando isto ocorrendo, pode tratar-se de erro estratégico passível de acarretar enormes prejuízos futuros para a nação. Por série de principais razões (1 a 6): 1) O motor flexfuel é, por definição, menos eficiente, energeticamente, que um similar monocombustível; 2) O etanol já atingiu, na atualidade, o patamar de commodity com mercado comprador, sendo essa a tendência a prosseguir, inclusive ao nível de mercado internacional; 3) A queima de etanol, destinada a usinas termoeletricas (UTES) de última geração a ciclo combinado - *ciclo Brayton-Rankine* - poderia propiciar ? 40% superior ao da queima direta em MCA a ciclo Otto - *como demonstrado*; 4) O direcionamento dos energéticos poderia produzir maior agregação de valor em aplicações mais nobres do que a simples queima – *como citado*; 5) a sinergia obtida da integração permitiria decréscimo no consumo total, estimada em 27,5% em por volta de 2030 – *como citado*; 6) A defasagem à vanguarda da tecnologia dos VEs pode implicar na perda da oportunidade de participação, da economia brasileira, em um mercado internacional que cresce e se agiganta, capaz de cifras vultuosas, ainda incomensuradas – *há previsões de que ao nível mundial, em 15 anos, metade da frota de automóveis (Feldmann, 2013) possa vir a estar composta por VEs*.

4. Conclusão

De todo o exposto, pode-se extrair que o estudo entende os VEs como opção não poluente dos centros urbanos, consumidora de menos combustível e direcionada para fontes de energia renováveis. Vantajoso para países que têm recursos renováveis para a transformação em energia elétrica. Caso do Brasil.

O governo até agora se absteve. Supostamente há uma barreira política imposta à integração em larga escala de VEs no nosso país, devido à concentração dos esforços na presença do etanol, bem como nos motores flexfuel; considerados pelo governo e pelos players interessados, como a grande contribuição brasileira para a sustentabilidade.

O principal determinante do crescimento dos VEs será representado por políticas públicas que venham a ser adotadas. Essas políticas caberiam aos VEs, não apenas com vistas ao desenvolvimento quantitativo da economia, mas, em somatória, também ao desenvolvimento qualitativo da sociedade brasileira.

É de se antever que, nos parâmetros atuais, a integração deverá ocorrer, de início de forma lenta à medida que a percepção, das vantagens, seja levada aos consumidores; e a partir daí de forma acentuada, sem no entanto introduzir problemas insolúveis na matriz de geração de energia do país. No longo prazo haveria possibilidade de redução do consumo total dos energéticos do país.

Em síntese final, o saldo se mostra de benefícios. O grande risco, e maior dano, seria, por não integrar-se, o país defasar-se da vanguarda tecnológica e por consequência perder a oportunidade de participação internacional, da economia brasileira, em um mercado que cresce e tende a agigantar-se.

Referências

A123 Systems, Inc. 2012. (Desenvolvedor e fabricante de sistemas de acumulação de energia para transporte) Releases. Disponível em: www.a123systems.com. Acesso em 05.03.2013.

ABVE – Associação Brasileira dos Fabricantes de Veículos Elétricos. 2013. Dados e notícias. Disponível em: WWW.abve.org.br. Acesso em 04.02.2013.

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. 2008. Atlas de Energia Elétrica do Brasil. 3^a. Ed. ANEEL, Brasília.

ANFAVEA - Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores. 2012. Anuário Estatístico da Indústria Automobilística Brasileira. ANFAVEA, São Paulo.

Baran, R. 2012. A Introdução de Veículos Elétricos no Brasil: Avaliação do Impacto no Consumo de Gasolina e Eletricidade. Tese (Doutorado). Universidade Federal do Rio de Janeiro. Programa de Pós-Graduação e Pesquisa em Engenharia – COPPE, Rio de Janeiro.

Borba, B. S. M. C. 2012. Modelagem Integrada da Introdução de Veículos Leves Conectáveis à Rede Elétrica no Sistema Energético Brasileiro. Tese (Doutorado). Universidade Federal do Rio de Janeiro. Programa de Pós-Graduação e Pesquisa em Engenharia – COPPE, Rio de Janeiro.

_____. 2013. Utilização do MESSAGE para Análises do Impacto de Novas Tecnologias no Setor de Transporte. Terceiro Workshop Internacional de Verão em Planejamento Energético. Universidade de São Paulo. Instituto de Eletrotécnica e Energia, São Paulo.

DENATRAN – Departamento Nacional de Trânsito. 2013. Estatística. Disponível em: www.denatran.gov.br. Acesso em 15.02.2013.

EPE - Empresa de Pesquisa Energética. 2012. Balanço Energético Nacional 2012 – Ano base 2011. EPE, Rio de Janeiro.

Erber, P. Comentários da ABVE sobre o Artigo “Carro Elétrico Vale a Pena?”. Artigo. Disponível em: www.inee.org.br/informacoes_imprensa_artigo.asp?id=571&Cat=info. Acesso em 06.02.2013.

Estadão. 2009. Petrobrás Inaugura Posto para Motos e Carros Elétricos. Matéria. Estadão.com. 10.06.2009. Disponível em: www.estadao.com.br/noticias/vidae,petrobras-inaugura-posto-para-motos-e-carros-eletricos,385502,0.htm Acesso em 15.01.2013

Feldmann, P. R. 2013. Entrevista. Revista Cesvi Brasil, edição 83 de 05.02.2013.

Goldemberg, J. 2010. Energia e Desenvolvimento Sustentável. Blucher, São Paulo.

Halliday, D.; Resnick, R.; Walker, J. 2009. Fundamentos de física. 8^a. Edição, 4 volumes. LTC, Rio de Janeiro.

Mitchell, W. J. 2010. A Reinvenção do Automóvel: Mobilidade Urbana Pessoal para o Século XXI / Wilian J. Mitchell, Christopher E. Borroni-Bird e Lawrence D. Burns. Tradução de Eric R. R. Heneault. Alaúde, São Paulo.

Moreira, J. R. S. 2010. Engenharia Termodinâmica Aplicada em Termelétricas. Apostila do curso de Pós-Graduação Lato Sensu em Gestão de Usinas Termelétricas. Universidade de São Paulo. Instituto de Eletrotécnica e Energia, São Paulo.

Tringueiro, A. 2013. Utilização de Carros Elétricos Cresce Lentamente no Brasil. Matéria Jornal da Globo 18.02.2013. Disponível em: <http://www.abve.org.br/destaques/2013/destaque13004.asp>. Acesso em 05.03.2013.