

## **Contribuições sobre a participação na matriz energética e os papéis estratégicos do gás natural (e demais gases combustíveis) e das oportunidades para captura e uso de carbono no PNE 2050**

Contribuições encaminhadas por:

RCGI – Research Center for Gas Innovation - da Universidade de São Paulo – USP

O RCGI tem como co-fundadores a SHELL Brasil e da FAPESP (através do Centro de Pesquisa em Engenharia - Fapesp Proc. 2014 / 50279-4) e se encontra hospedado pela Universidade de São Paulo. Conta com o importante apoio estratégico prestado pela ANP (Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis do Brasil) através do regulamento de promoção de atividades de P&D.

Tendo como fundamento as suas vocações em P&D e conforme previsto na Portaria do MME num. 276 de 03 de julho de 2020, o RCGI / USP apresenta as seguintes contribuições ao PNE 2050, as quais enfatizam as temáticas de inovação e pesquisa para o uso sustentável do gás natural, biogás, hidrogênio e gestão, transporte, armazenamento e uso de CO2 em escala global. Sugere-se que o PNE 2050 possa enfatizar ainda mais as ações voltadas à difusão do conhecimento e o despertar no Brasil (e em outros países) do potencial econômico e energético do gás natural, biogás e do hidrogênio, bem como das diferentes possibilidades de se capturar, armazenar e/ou utilizar o carbono, contendo-se, desta forma, as crescentes emissões de gases de efeito estufa.

=====

### **Da necessária “Energia Humana” requerida para a implementação de qualquer Plano Energético:**

Sugestão: Acreditamos que o PNE 2050 se completaria ainda mais se, em seu preâmbulo, o planejador incluísse a necessária **“energia humana”**, como parte fundamental no sistema de forças que movimenta a sociedade.

A **“energia humana”** ativa objetos, pessoas e processos que movimentam a sociedade, atuando de modo inteligente, intencional e crítico. Sua gestão, através de um planejamento de longo prazo como o PNE 2050, requer compreensão e direcionamento de suas interfaces, seu uso e sua articulação com as demais formas de energia. Nenhum plano energético torna-se definitivamente efetivo apenas através de sua publicação e pelo conjunto de direcionamentos proposto pelo planejador. Um plano energético necessita ser **comprado** pela sociedade e, para tal, há de se identificar e ativar a **“energia humana”** que produzirá as transformações requeridas. Sua gestão dentro do PNE 2050 passa obrigatoriamente pela compreensão do comportamento do consumidor de energia, aferição da percepção pública das políticas governamentais, levantamento das motivações dos *stakeholders*, entendimento e legitimação dos planos estratégicos, análise das resistências e a provisão de indicadores que facilitem a

elaboração e viabilização de projetos dedicados ao suprimento de energia sustentável para a sociedade e o planeta.

Esse conjunto de ações não se apresenta claramente definido nem no preâmbulo, nem em capítulo específico e tampouco distribuído no conjunto dos capítulos. Tais temas demandam pesquisa contínua e amplos debates, que exponham a cultura, os riscos a legitimação das mudanças entre outros recursos, em busca dos futuros sustentáveis demandados pela sociedade.

### **Ainda Dos Aspectos relativos à percepção pública e Da Comunicação do PNE2050:**

#### **Comentários relativos ao que PNE-2050 diz no item: Comportamento do consumidor de energia (p. 51)**

Nossas Recomendações:

1. Discriminar quais serão os investimentos em pesquisas para compreender o comportamento do consumidor de energia brasileiro

O que o relatório diz:

Compreender as mudanças de comportamento dos consumidores, no contexto brasileiro, é um desafio complexo que pode ser atendido pela condução de pesquisas rigorosas. Sugere-se que os desenhos das políticas públicas estejam baseados em evidências, extraídas de avaliações de impacto para teste da confiabilidade e da amplitude da política, de estudos de intervenção para testar a escalabilidade, e de pesquisas sobre a durabilidade dos efeitos. Tais esforços serão necessários para testar as mudanças de comportamento dos consumidores de energia, tanto no curto quanto no longo prazo. Por exemplo, projetos pilotos para compreender o comportamento do consumidor frente ao uso de veículos elétricos e do car-sharing nas grandes cidades, bem como o desenvolvimento de soluções para o aproveitamento de big data gerados por veículos, pode ser uma importante ferramenta para avaliar o impacto de mudanças tecnológicas sobre o comportamento, bem como sobre a matriz energética brasileira.

Comentários:

Na apresentação e implantação de um Plano Nacional de Energia, é fundamental a compreensão da formação e mudança de percepções, atitudes, resistências e outras características subjetivas da população brasileira relacionadas às questões de clima e tecnologias voltadas ao setor de energia. Assim, no que se refere a pesquisas para compreender o comportamento do consumidor de energia brasileiro, sugerimos:

2) Incluir no Plano pesquisas que possam levantar aspectos culturais e subjetivos ligados à percepção, atitudes, resistências e o imaginário referente às tecnologias aplicadas no setor de energia, bem como seus efeitos.

Comentários:

Pesquisas internacionais sobre percepção pública são bem evoluídas em regiões como a Europa, o Reino Unido, a Austrália e Estados Unidos, mas não são comuns no Brasil. Conforme identificado na literatura, é importante considerar os aspectos culturais (Karimi and Toikka, 2018) na compreensão do comportamento humano e sua relação com as fontes e tecnologias energéticas, o que reforça a necessidade de um estudo focado na população brasileira, tema que será tratado a partir de 2021 pelo Research Centre for Gas Innovation.

Para ilustrar os aspectos de percepção pública podemos relacioná-los a exploração de reservas de óleo e gás da região do pré-sal brasileiro, bem como aos compromissos assumidos pelo país para mitigação de gases de efeito estufa, pelos quais será necessário implementar mecanismos de captura e armazenagem dos gases de efeito estufa (CCS – Carbon Capture and Storage). Essas tecnologias não são conhecidas pela população e podem gerar resistências difíceis de serem vencidas, uma vez que tenham emergido e se estabelecido no imaginário dos cidadãos. Tais resistências estão muitas vezes associadas a percepção de riscos ambientais, sociais, financeiros, de saúde e de segurança. Estudos bem desenvolvidos e comunicados são capazes de dar conta de responder a tais inseguranças antes do início de qualquer projeto polêmico (Feenstra, Mikunda and Brunsting, 2011; Dowd et al., 2014).

Para exemplificar o impacto da percepção pública e das conseqüentes reações humanas em questões relativas à energia, podemos citar o projeto de Barendrecht na Holanda (Feenstra, Mikunda and Brunsting, 2011; Ashworth et al., 2012; van Egmond and Hekkert, 2015), que implicava na implantação de tecnologias para captura e armazenagem de gases de efeito estufa para redução das emissões geradas pelo uso de combustíveis fósseis. Embora o projeto usufrísse de apoio político e fosse praticamente aprovado pelos governantes municipais, foi revertido e cancelado em função da pressão da população. A comunidade local se colocou contra o projeto, pois não houve um diálogo prévio em que os governantes e a empresa envolvida tivessem procurado entender os receios das pessoas e realizassem uma comunicação neutra que endereçasse tais questões antecipadamente. Lições aprendidas mostram que ações como o tratamento da percepção pública e da comunicação teriam evitado custos desnecessários, problemas de reputação para a imagem do governo e da empresa envolvida, além de desgastes gerados pela reação NIMBY (Not In My Back Yard, tradução para “não no meu quintal”) muito comum em projetos de grande porte em que a população não é envolvida (Braun, 2017; Guo et al., 2019).

3) Recomenda-se que as pesquisas voltadas para a compreensão e reação da população sejam encaminhadas por pesquisadores acadêmicos com competência comprovada para identificação e leitura dos fenômenos subjetivos e que são anteriores ao comportamento reativo a partir de leitura de grids energéticos.

Comentários:

As reações descritas acima podem ser suscitadas por qualquer tipo de projeto que venha a alterar o ambiente físico, social, econômico ou ambiental da região, seja uma nova hidroelétrica, a implantação de usinas nucleares, projetos voltados a bioenergia e qualquer outro projeto relacionado a energia que gere mudanças, incluindo a instalação de usinas eólicas ou painéis solares (Musall and Kuik, 2011; Huijts, Molin and Steg, 2012).

4) Também sugerimos a comunicação transparente do plano nacional de energia para toda a população em linguagem clara e acessível, por meio de diversos veículos de comunicação, em plano detalhado para explicar a complexidade e os efeitos de tais ações.

5) No plano de comunicação, outro fator a ser abordado refere-se à educação do consumidor sobre o efeito de seu comportamento de uso e desperdício de energia, para que aprendam sobre os benefícios e riscos, com a consciência da responsabilidade sobre seus impactos atuais e futuros, sobre o planeta, o ambiente, o clima, e principalmente sobre as futuras gerações.

### **Do Item sobre Mudanças Climáticas (página 39)**

Não há qualquer menção sobre os mecanismos de sequestro de carbono, seja na vegetação ou no solo. Há vasta literatura sobre o assunto e uma série de projetos em desenvolvimento sobre o assunto. Trata-se de uma forte recomendação da Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas embasadas nos vários relatórios do IPCC.

**Recomendação:** inserir menção sobre o mecanismo de fixação de carbono na vegetação e solo (sequestro de carbono) como uma das oportunidades dentre os itens mencionados dentro de “Políticas em Vigor para o Setor de Energia”.

### **Do Item sobre Descarbonização (página 42)**

**Sugestão:** mencionar os 3 principais gases do efeito estufa: metano (CH<sub>4</sub>), óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) e dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>).

Na versão atual somente o CO<sub>2</sub> é mencionado. Isso é impreciso e incompleto. Se a opção for pela simplificação, então ao menos a unidade equivalente deve ser utilizada, ou seja, “equivalente em CO<sub>2</sub>” (CO<sub>2</sub>eq) que contempla os demais gases e seus respectivos potenciais de aquecimento global.

### **Do Item sobre Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (página 62)**

**Sugestão:** inclusão de sentença mencionando projetos relativos a “Soluções Baseadas na Natureza” (“*Nature Based Solutions*”), como potenciais alternativas para reduzir emissões de gases do efeito estufa e aumento do sequestro de carbono no solo e vegetação.

### **Do Item sobre Bioenergia (página 116)**

**Sugestão:** Na primeira sentença deste item, sugiro incluir também o aspecto relativo ao “conhecimento técnico-científico”.

O Brasil não tem sucesso na produção vegetal somente por causa do solo e clima. A sentença atual além de ser incompleta, deixa de reconhecer todo o esforço de décadas na geração de conhecimento científico por parte das universidades e centros de pesquisa do país.

**Recomendação:** inserir menção sobre o mecanismo de fixação de carbono no solo em áreas cultivadas com plantas utilizadas como matéria prima para a produção de bioenergia (sequestro de carbono no solo) como uma das importantes oportunidades para o Brasil.

A exemplo do que foi relatado para outros itens, não há qualquer menção sobre os mecanismos de sequestro de carbono, seja na vegetação ou no solo. Há vasta literatura sobre o assunto e uma série de projetos em desenvolvimento sobre o assunto. Trata-se de uma forte recomendação da Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas embasadas nos vários relatórios do IPCC.

#### **Do CCS e do BECCS (presentes exclusivamente no capítulo do Carvão):**

As menções ao CCS e ao BECCS são feitas no Capítulo do Carvão (da pag 136 a 140). Com efeito, as relações com o CO<sub>2</sub> definem a maior ou menor competitividade do carvão em qualquer cenário estratégico de longo prazo. No entanto, ao se dar ênfase ao CCS e mesmo ao BECCS somente no texto da página 137 e 138, entendemos que o PNE pode oferecer uma sinalização distorcida, na qual se refere a captura e armazenamento de carbono apenas na perspectiva da indústria carvoeira.

Recorte do texto pag. 137:

“Captura e armazenamento de carbono (CCS): é geralmente considerada uma solução tecnológica potencial para a redução das emissões de CO<sub>2</sub> relacionadas à combustão de carvão. Pode ser aplicada ao gás natural e à biomassa, ou biogás/biometano, quando o saldo passa a negativo e é conhecido como BioCCS. Existem três estágios principais no CCS - capturar o CO<sub>2</sub>, transportá-lo e sequestrá-lo - cada um com seu próprio conjunto de tecnologias. Capturar o CO<sub>2</sub> é o primeiro estágio, o qual pode ser feito de várias maneiras. Em termos gerais, existem quatro tipos diferentes de tecnologias: pós-combustão, pré-combustão, combustão de oxícombustível e biofixação”.

Recorte do texto pág. 138:

“Na captura de CO<sub>2</sub> por biofixação há várias propostas, tais como: plantio de florestas energéticas para exploração de biomassa, cultivo de hortaliças ou plantas ornamentais em estufas com crescimento acelerado em ambiente enriquecido com CO<sub>2</sub> e cultivo de microalgas em reatores alimentados com os gases de combustão, para posterior produção de biocombustíveis (essa possibilidade de uso do CO<sub>2</sub> capturado amplia o conceito de CCS para CCUS). Ainda há necessidade de comprovação da real eficiência na redução de emissões em larga escala e, especialmente no caso das microalgas, mais pesquisas são necessárias para o domínio dos parâmetros do processo em escala industrial e para a viabilização econômica. Também é possível realizar o BioCCS capturando o CO<sub>2</sub> com alta concentração disponível nas dornas de fermentação de etanol e em usinas de tratamento de biogás para obtenção de biometano.

**Recomendações:** Sugerimos que os tratamentos sobre CCS e BECCS sejam deslocados para o capítulo das Tecnologias Disruptivas. Alternativamente, esses temas talvez ficassem mais bem abrigados nos itens sobre Mudanças Climáticas, Descarbonização, ou de P&D.

#### **Das oportunidades de conversão e utilização do CO<sub>2</sub> e do CH<sub>4</sub>:**

Recorte do texto p. 183:

A viabilidade econômica da utilização do gás natural dependerá da distância, do volume transportado, do custo de produção, do preço de venda e do desenvolvimento tecnológico da alternativa escolhida. Neste caso, deve haver o desenvolvimento de novas soluções como a produção de GNL embarcado, transformação em hidratos de metano, a reforma a vapor para produção de hidrogênio, ou adsorção em carvão ativado, a tecnologia gas-to-liquids (GTL) e as soluções gas-to-wire (GTW) e gas-to-chemicals (GTC). A definição de adequado tratamento regulatório e tributário para cada uma destas soluções é imprescindível para sua efetiva implementação.

**Recomendação:** As oportunidades de conversão de metano estão colocadas de forma bastante geral, sem discriminar potenciais desafios e consequências de cada tecnologia. Sugere-se incluir a bioconversão de metano.

**Recomendação:** Seria importante que o PNE2050, em algum momento, incluísse a parte de conversão de CO<sub>2</sub> e introduzisse o conceito de CCUS mais abrangente.. Como visto acima, o texto faz referência muito tênue e específica à parte de conversão de CO<sub>2</sub> na página 138, quando fala em biofixação. Seria importante o PNE 2050

**Recomendação:** Considerar os processos CCUS de forma mais completa e abrangente, uma vez que, além da captura e estocagem de CO<sub>2</sub> já mencionadas, as tecnologias disruptivas de conversão de CO<sub>2</sub> podem ser determinantes para a mitigação das emissões, em vários segmentos da indústria química e do setor de energia.

**Justificativa:** A captura de carbono associada a sua conversão pode gerar valor no setor industrial, e poderá ser empregada em vários segmentos que emitem CO<sub>2</sub> como na produção de cimento, amônia, ferro-gusa e aço, em unidades de geração de hidrogênio e craqueamento catalítico no setor de refino, em termoelétricas a carvão e no processo de fermentação das destilarias de etanol. Será necessário investimento em tecnologias inovadoras para reduzir os custos de processos de conversão que podem ser catalíticos, fotocatalíticos, eletrocatalíticos ou baseados em bioconversão.

Esses processos de conversão podem transformar o CO<sub>2</sub> em produtos *drop in*, como por exemplo, metanol e outros álcoois superiores, hidrocarbonetos, olefinas e até intermediários para polímeros. Investimentos serão necessários a longo prazo para que essas tecnologias se desenvolvam. A única experiência comercial bem-sucedida em relação à captura e conversão de CO<sub>2</sub> é a planta Georg Olah em Grindavik, Islândia, que produz metanol usando energia

hidroelétrica e geotérmica; no entanto, apesar do grande sucesso, as condições específicas que tornam esse processo viável são difíceis de serem implantadas em outro lugar, uma vez que o calor do processo é basicamente “gratuito”, o hidrogênio é produzido localmente com energia elétrica limpa e o CO<sub>2</sub> está facilmente disponível.

Na verdade, a disponibilidade de CO<sub>2</sub> não é um assunto trivial, uma vez que muitas fontes de emissão consistem em misturas gasosas complexas e geralmente resultam de gases de combustão, que precisam ser purificados antes de passar por um processo de valorização. Dessa forma, fontes mais limpas de CO<sub>2</sub> resultantes de processos de produção de bioenergia têm sido apontadas como soluções promissoras e mais fáceis de implementar processos de valorização de CO<sub>2</sub>. Essa possibilidade é bastante importante no Brasil, principalmente devido à indústria do bioetanol. Na fermentação, a razão molar entre etanol e CO<sub>2</sub> é igual a um, o que significa que uma quantidade enorme de CO<sub>2</sub> é produzida por meio desse processo.

A utilização desse CO<sub>2</sub> poderia reduzir drasticamente as emissões de CO<sub>2</sub> associadas a essa atividade industrial. Além disso, algumas das usinas de bioetanol utilizam o bagaço da cana-de-açúcar para produzir energia elétrica, o que significa que uma quantidade importante de calor está disponível e pode ser eventualmente utilizada em uma transformação química do CO<sub>2</sub>. Assim, as condições da indústria brasileira de bioetanol replicam, em certa medida, as condições que permitiram a transformação do CO<sub>2</sub> na Islândia: disponibilidade de fontes sustentáveis de calor e energia e disponibilidade de uma fonte limpa de CO<sub>2</sub>. Para explorar esse enorme potencial, um dos possíveis processos é conversão de CO<sub>2</sub> em etanol.

O potencial do Brasil nestes campos é extremamente grande, pois o etanol além de ser um biocombustível também pode ser uma plataforma para a produção de diferentes moléculas químicas. Na verdade, o etanol já foi utilizado no passado (principalmente de 1950 a 1990) como plataforma química para a produção de ácido acético, acetato de etila e outros produtos químicos, em sua maioria idênticos aos produtos petroquímicos (drop-in). Infelizmente, a indústria de etanolquímica perdeu seus incentivos e foi abandonada após a consolidação da indústria petroquímica a partir de 1990. No entanto, devido à atual produção de etanol com custo competitivo e também ao aumento da conscientização do público para produtos derivados de recursos renováveis, motivou o renascimento da etanolquímica no Brasil. Um excelente exemplo desse renascimento foi trazido pela empresa química brasileira - Braskem - que se tornou a primeira e maior produtora de biopolietileno a partir do etanol. O polímero bi-derivado tem as mesmas propriedades químicas, físicas e mecânicas que o petroquímico, o que significa que todas as aplicações do polímero fóssil atual podem ser substituídas por produtos químicos bio-derivados.

#### **Das questões voltadas ao transporte (a partir da pg 204):**

##### **Na Pg 206, item 5 - Dos Veículos Elétrico:**

Em referência aos veículos elétricos é importante que o PNE 2050 saliente que todas as ações e políticas públicas devem considerar os impactos ambientais de forma sistêmica, incluindo, por exemplo, questões ambientais referente à produção e descarte das bateria, avaliação do consumo de água na cadeia de produção, impactos da extração do lítio e contaminação do solo no descarte são aspectos importantes.

### **Na Pg 207 – Dos Cenários e Desafios da Expansão do Transporte de Carga:**

Este parágrafo considera uma expansão dos setores ferroviário e hidroviário. Apesar de serem mais eficientes que o rodoviário, principalmente para o transporte de bens de menor valor agregado, como commodities agrícolas e minerais brutas, é importante que o PNE 2050 aponte de forma enfática os enormes desafios para um país continental como o Brasil reduzir sua dependência do modal rodoviário. Para uma tal transformação setorial, há de se ter em conta que o horizonte do plano de 2050 pode representar um prazo insuficiente, já que as condições jurídicas, econômicas, ambientais, políticas, de financiamento e mesmo de engenharia, partem, em 2020, de um quadro muito desfavorável.

Além disso, há sempre um trade-off a ser considerado entre esforços massivos de diversificação do transporte de matérias primas brutas e os esforços de industrialização (ainda que parcial) dessas mesmas matérias primas em suas localidades de origem, deslocando as necessidades de transporte para produtos de maior densidade econômica, os quais poderão requerer formas de transporte alternativas, flexíveis e mais rápidas (em última instância requerendo um foco logístico mais voltado à modernização das infraestruturas já dominantes no país, isto é, rodoviário, naval e aéreo). Até 2050, é provável que o Brasil continuará experimentando situações de intensa escassez de capital de longo prazo, obrigando a realização de escolhas importantes.

Por fim, o PNE 2050 deveria indicar que a predominância do uso do diesel nos modais férreo e hidroviário acarreta em uma séria de externalidades e de emissões de GEE e poluentes, que não estão compatíveis com outros objetivos apontados no Plano. Assim, é importante a ênfase do planejador de longo prazo em indicar a necessidade de adoção de soluções energéticas de baixo carbono e menos poluentes também para esses modais.

### **Pg 209 – Dos Cenários e Desafios da Expansão da Mobilidade Urbana:**

É importante que o PNE 2050 enfatize sobre a estreita relação do Planejamento Urbano e o Plano de Mobilidade Urbana. As demandas de mobilidade desenvolvem-se em função de estratégias de organização e crescimento das cidades, incluindo, por exemplo, estratégias de descentralização das atividades e ofertas de empregos; consolidação de políticas de ocupação de centros históricos, normalmente abandonados e deteriorados; processos de verticalização no entorno dos grandes eixos de transporte público etc.

Por mais que o PNE 2050 indique uma tendência “inequívoca” de taxas de motorização do país entre 2020 e 2050, o planejador de longo prazo deveria igualmente sinalizar a necessidade de se reduzir a quantidade e o tamanho dos deslocamentos motorizados, levando os serviços e o emprego para próximo das moradias, e a moradia próxima do comércio e o serviço. Cidades densas e verticalizadas tendem a reduzir sua pegada carbônica, inclusive pela utilização mais intensiva de formas de mobilidade não motorizadas.

Por fim, o PNE 2050 também deveria indicar de forma mais enfática que a predominância do uso do diesel nos transportes urbanos acarreta uma séria de externalidades e de emissões de GEE e poluentes, que não estão compatíveis com outros objetivos apontados no Plano. Assim, é importante a ênfase do planejador de longo prazo em indicar a necessidade de adoção de soluções energéticas de baixo carbono e menos poluentes também para essa modalidade.



**Pg 213 – Dos Desafios na Definição de Governança de Políticas Públicas na área de Transportes:**

**Sugestão inicial:** Ampliar o título e adicionar “Mobilidade Urbana”. Assim, o título deveria ser: **“Definir Governança de Políticas Públicas na área de Transportes e Mobilidade Urbana”**

Um dos maiores desafios a ser apontado pelo PNE 2050 refere-se ao adensamento urbano e a diversificação no uso e na ocupação do solo, mesclando, por exemplo, como já citado, diferentes usos e populações de diferentes classes sociais. Além disso, adensando ao longo dos eixos de transportes ao mesmo tempo que se cria uma forte descentralização. As políticas energéticas raramente são definidoras das políticas de transporte. Quase sempre, as decisões de planejamento geográfico e urbano determinam as demandas de transporte e geram as consequentes demandas energéticas derivadas.

**Recomendações:**

(1) enfatizar a necessidade de alinhamento com autoridades envolvidas em políticas de planejamento geográfico e urbano, que estarão ligadas àquelas envolvidas com os setores de transportes, buscando-se a discussão, definição e implementação de planos, políticas, programas e projetos que sejam coerentes entre si e com os objetivos e estratégias apontados no PNE 2050.

Entre as recomendações apontadas no PNE2050, cita-se: “um alinhamento do setor de energia às autoridades envolvidas em políticas ligadas ao transporte de passageiros e de carga”.

É importante que este alinhamento seja mais profundo e se efetue, também, junto aos setores de planejamento geográfico e urbano.

(2) no tópico de desafios principais, sugere-se a adição do ponto sobre a aceitação do consumidor. A introdução de qualquer tecnologia no mercado depende de uma série de fatores, como é o caso dos veículos elétricos leves e caminhões a GNL, onde ainda há pouca divulgação nacional sobre isso. Um desafio enfrentado é a aceitação do consumidor em relação a essa nova tecnologia. Prevalencem incertezas referentes ao seu funcionamento, sua manutenção de longo prazo, a disponibilidade de manutenção em todo território nacional, os custos associados à manutenção e operação; as capacidades de revenda de veículos como motorização alternativa etc. Eliminar todas essas dúvidas frequentemente envolve processos de muito longo prazo, que impactam diretamente nas taxas de difusão das tecnologias. Deve-se reconhecer o “poder” e a “inércia” da cultura do diesel em um país como o Brasil.

**Sugestão de reformatação da Fig. 71:**

Tomando como base a ênfase que foi dada no texto sobre a expansão significativa dos veículos elétricos e da utilização do gás natural liquefeito em veículos pesados, seria necessário mostrar

como evoluirá a distribuição de mercado da eletricidade e do gás natural dentro da categoria dos outros combustíveis até o ano de 2050.

### **Da participação dos gases combustíveis na Mobilidade de Baixo Carbono e Reduzida Poluição Local:**

Em momento algum o PNE 2050 trata da questão de se “purificar” um gás combustível antes da sua injeção em motores veiculares. Todo o foco é atribuído ao tratamento dos gases de exaustão após a combustão de vapores líquidos mistos que adentram conjuntamente nos motores e impedem a queima estequiométrica perfeita. Com isso, as eficiências e os graus de emissão atingidos pelos veículos a GNV no Brasil deixam muito a desejar e não entregam os cenários mais otimistas esperados.

Em 2020, a prestigiada revista Suíça, ECOMOBILISTE, publicou o ranking dos 10 veículos TOP, em desempenho e emissões, dos quais 7 deles, todos de marcas tradicionais, operam a biometano e metano puro. Os outros três são híbridos, em categorias que não incluem os carros a gás. A mistura do metano com biometano é um processo efetivo para se chegar aos limites vigentes de emissões e produzir importantes ganhos em termos de emissões de gases de efeito estufa em comparação com os combustíveis líquidos fósseis.

Assim, para o Brasil, cujos desafios são intensos no objetivo do PNE 2050 de se desenvolver mercados robustos para o gás natural offshore (e também onshore) de difícil monetização, há de se desenvolver como cenário alternativo:

- Uma solução de transição energética na área de transporte com muito mais participação dos gases combustíveis. Chegamos a propor até 70% a 80% da demanda energética de transporte baseada em motores de combustão interna operando com metano ou biometano puro ou PURIFICADO. Uma tal solução, se verdadeiramente abraçada pelo planejador de longo prazo, pode substituir o diesel e a gasolina nos existentes motores a combustão interna em período compatível com o prazo de vigência do PNE, isto é, 2050. Tal penetração pode ser acelerada dependendo das políticas ambientais que se implementem. Neste cenário, no Brasil, o petróleo já teria outro destino ou buscaria mercados exportadores.

- o gás bruto já vem “naturalmente” com uma composição ideal de metano, mas dopado com etano e outros componentes mais pesados. É necessário purificá-lo com a retirada, inclusive a bordo, desses componentes pesados. Com isso o gás se transforma no melhor combustível. O processo hoje entendido como de transição poderá estender-se por mais longo prazo, poupando recursos da nação em “desnecessária antecipação de renovação de frotas”.

- Em seguida, dentro das linhas de ruptura tecnológica com o hidrogênio, pode-se conceber a adição de pequena concentração de H<sub>2</sub> no metano/biometano puro, para ativar a deflagração do gás natural com aumentos de eficiência e ganhos em emissões. O hidrogênio poderá ser produzido a bordo permitindo grandes ganhos de desempenho nos motores a combustão já existentes.

- As tecnologias de purificação do gás, já disponíveis, e de produção e ativação com hidrogênio, ainda a serem desenvolvidas, têm alcance global, já que podem ser adotadas em todos os modais, veículo leves, carros utilitários, caminhões, ônibus, barcos, locomotivas. Nesse sentido, trata-se de um cenário tecnológico não explorado pelo PNE 2050, mas que se encontra ao alcance da indústria e dos centros de pesquisa brasileiros. Trata-se, apenas, de

propor soluções alternativas a programas inteligentes de injeção, que procurem encontrar nos gases combustíveis puros ou purificados os caminhos mais rápidos e eficientes na busca por tecnologias limpas.

- O custo de uma tal transição energética ancorada na utilização mais intensa dos gases purificados pode ser estimado como relativamente baixo, quando comparado a qualquer penetração mais profunda de veículos elétricos ou a hidrogênio. Cabe ao PNE 2050 propor estudos econômicos comparativos que procurem estimar os custos e os resultados obtidos a partir de diferentes estratégias de conversão de longo prazo da frota. Veículos a gás podem difundir-se com margens positivas significativas para todos os agentes econômicos envolvidos e podem até substituir o diesel e a gasolina em sua missão fiscal de coleta de tributos para estados e municípios. Uma tal cenarização econômica será ainda mais favorecida em função das políticas que busquem a promover a eficiência energética e a redução das emissões no setor de transporte. Por exemplo, estima-se na Europa, que um veículo projetado com motor a gás custará muito menos do que outras tecnologias. O custo total de um carro a gás natural por uma vida acima de 400.000 km será somente de 6 a 8 euros / km.

- Além disso, os processos utilizados para o transporte poderão igualmente ser aplicados nos processos industriais que envolvem força motriz, com vantagens significativas para as instalações de cogeração, que poderão encontrar um novo cenário de expansão entre 2020 e 2050 graças às eficiências obtidas e os baixos custos para reduzir as emissões de poluentes, particulados e mesmo CO<sub>2</sub>. Com isso, a poluição urbana pode ser reduzida em mais de 60% a 70% no médio prazo, isto é, bem antes do fim do período de vigência do PNE 2050.

- Uma tal rota de transição energética permite manter intactas as estruturas de produção, marketing e pós-venda, preservando-se empregos e sem deslocamento de pessoas gerados por precoce sucateamento da existente indústria automobilística no país. Trata-se, portanto, de uma combinação acessível de crescimento sustentável e sustentado, promotor de desenvolvimento de inovações, em particular no que diz respeito aos programas de injeção e aos motores de extrema eficiência. Contudo, o ponto mais importante a ser destacado será a fácil adaptação dos atuais centros de produção de veículos, que se adaptarão rapidamente a tecnologias facilmente transferíveis. Tal condição é fundamental e ainda abre canais exportadores para os veículos a gás brasileiros em países atrasados, mas que já possuem imensas reservas de gás. Por exemplo, as principais nações africanas lusófonas, Angola e Moçambique, encontram-se nessa situação. O desenvolvimento de indústrias vinculadas aos setores de transporte continuará sendo um vetor de desenvolvimento industrial nos países do sul.

**Consideração 1:**

O capítulo do gás natural, desde o seu preâmbulo, é fortemente concentrado no segmento que tem recebido maiores atenções dos *stakeholders*, inclusive, como demonstra o PNE 2050, do planejador de longo prazo, isto é, a geração termelétrica a gás natural. Um tal olhar, principalmente no Brasil, tende a colocar o gás natural em situação de desvantagem tecnológica e em relação às percepções públicas, ambas, atualmente, amplamente favoráveis à rápida penetração de novas tecnologias de geração elétrica renovável, cada vez mais abundantes, iniciando-se com a bioeletricidade (a biomassa), geração eólica onshore, geração solar onshore e, rapidamente, migrando para o ambiente offshore, tanto para a geração eólica como para outras formas disruptivas tratadas no PNE 2050.

**Sugestão 1:**

No capítulo de gás natural, o PNE 2050 deveria ser enfático em apontar uma visão mais realista dos usos finais da energia, qual seja: 55% a 60% (para energia térmica, calor ou frio), 25% a 30% (força motriz) e 10% a 20% em usos diversos e específicos da eletricidade.

Como tal, o PNE 2050 poderia obviamente apontar todos os gases combustíveis como a opção mais apropriado para atender a predominante demanda por energia térmica da sociedade, com eficiência, segurança e qualidade.

**Consideração 2:**

Partindo-se do segmento que envolve grandes blocos de consumo de gás, isto é, a geração termelétrica, o PNE 2050 debruça-se em diversas problemáticas, as quais, em resumo, tem como objetivo reduzir as incertezas e as atuais dificuldades de ampliação das malhas dutoviárias, que serão necessárias para o suprimento desses grandes blocos.

**Sugestão 2:**

Ao se priorizar, porém, o dominante mercado de energia térmica, depara-se com demandas agregadas muito dispersas e distribuídas em função da distribuição populacional, agrícola, industrial e de serviços do país. Neste quadro, apenas raramente convergirão situações que garantirão grandes blocos de demanda “âncora” para os gasodutos.

Os sistemas de distribuição de gás a granel, GNC, GNL e GLP constituirão os principais modais de transporte / distribuição de gás. Ainda assim, na ponta de consumo dos consumidores, o uso final sempre será gasoso, beneficiando a utilização de equipamentos de alta performance e com elevadas eficiências.

**Consideração 3:**

Sistemas de transporte e distribuição de gases a granel envolvem maiores custos logísticos em função das tecnologias adotadas. O PNE 2050 aponta os maiores custos de sistemas a GNL em pequena e média escala. De fato, os sistemas de GNL de pequena escala convencionais tendem a custar mais caro do que o GNC, por exemplo.

#### **Sugestão 3.1:**

O capítulo do gás do PNE 2050 também deveria apresentar uma seção sobre tecnologias disruptivas, assim como o faz com o hidrogênio e outras tecnologias. Por exemplo, a liquefação de gás natural em condições pressurizadas é uma veia de P&D não explorada no PNE 2050. Estima-se que a liquefação do GNL a 25 bar (e temperatura negativa de - 100 °C em vez de - 162 °C) pode ser realizada de forma acelerada e custando cerca de 2 vezes menos do que o GNL à pressão atmosférica.

#### **Sugestão 3.2:**

O gasoduto de grande porte como o GABOL (conectando a Bolívia ao Brasil) ou o GASENE (ligando as regiões Sudeste e Nordeste) não são apropriados ao operarem de forma isolada, já que permitem baixo alcance dos mercados dispersos acima mencionados. Para o cenário até 2050, é louvável que o PNE busque indicar caminhos para que se efetue a expansão da malha dutoviária do País. Contudo, tão ou mais importante seria indicar caminhos de integração logística que pudessem usufruir e otimizar a infraestrutura existente.

Ao longo das malhas dutoviárias existentes, o PNE 2050 poderia sinalizar soluções a serem exploradas de conexão dos dutos que operam com elevada ociosidade e elevada modulação, a um sistema espalhado de unidades de liquefação e armazenamento, para operar como corte de pico; para compensar as quedas noturnas e de fim de semana nos consumos; e para abastecer centenas de cidades com redes de satélite.

#### **Consideração 4:**

O PNE 2050 deve partir de um pressuposto de que os mercados térmicos dos gases são consolidados e com abundante oferta de soluções tecnológicas. As tecnologias de usos finais dos gases são convencionais e podem ser adquiridas imediatamente pelos consumidores, mediante adequada sinalização econômica e regulatória.

#### **Sugestão 4.1:**

Recomenda-se que o PNE 2050 inclua uma seção integralmente focada nas dimensões do acesso às tecnologias de uso final dos gases. No Brasil, inexistem soluções a gás consolidadas e facilmente acessíveis em praticamente nenhuma das aplicações de uso final do gás, incluindo as mais simplórias como o aquecimento residencial de água a gás. Os equipamentos são predominantemente importantes e, portanto, sujeitos às volatilidades cambiais que persistem e deverão continuar ao longo do período de vigência do PNE 2050.

O PNE 2050 deveria explorar o desenvolvimento de aplicações de gás e a criação de tecnologias nacionais, que pudessem ter maior penetração e difusão. Os esforços de P&D nesse campo, desde aqueles passados, liderados pela Petrobras através da Rede Gás e Energia,

como os atuais, patrocinados por poucas distribuidoras de gás canalizado, que são cobradas por investimentos compulsórios em P&E, demonstram baixa articulação, focos equivocados e resultando reduzido impacto. Por exemplo, mais de 100 projetos foram financiados pela COMGAS em seu programa de P&D, regulamentado pela ARSESP, porém, sugere-se ao PNE 2050 que se pesquise sobre o impacto deste esforço tecnológico, buscando compreender quais tecnologias foram transferidas e absorvidas pelo sistema produtivo; quais foram incorporadas em grande escala pelos consumidores e em quais medidas essas tecnologias têm gerado competitividade e atratividades para esses mesmos consumidores.

#### **Sugestão 4.2:**

O reconhecimento de que as tecnologias de uso final de gás são relativamente bem consolidadas implica em um desafio de P&D para os gases combustíveis que será distinto daquele apontado para o hidrogênio e outras tecnologias disruptivas. Há de se promover um esforço de P&D que não se restrinja ao ambiente acadêmico, mas, ao contrário, que se desenvolva voltado à absorção como processo produtivo pela indústria, que internalizará no Brasil uma parcela significativa da produção de equipamentos que atendam as aplicações à gás. Pesquisa, inovação (obviamente com o apoio da UNIVERSIDADE), mas também transferência de tecnologias e industrialização do conhecimento desenvolvido.

A indústria nacional, quando bem coordenada, tem sabido propor soluções de uso final dos gases extremamente competitivas, robustas, eficientes e exportáveis para vários mercados da África e América Latina. Nesse processo, têm buscado respostas específicas na Universidade brasileira, quase sempre através de projetos de P&D privados, voluntários e não subsidiados. Cabe ao planejador de longo prazo estabelecer uma antena tecnológica que permita identificar e aprender dessas operações de sucesso, e propor formas de ampliação desses esforços em todo o território nacional.

#### **Consideração 5:**

No capítulo do gás natural do PNE 2050, estão evidentes as preocupações relacionadas aos sistemas de financiamento da indústria do gás. Tece-se grandes esperanças na chegada de grandes investidores privados internacionais, que possam aportar as dezenas de bilhões de Reais estimadas para a ampliação das malhas de dutos e grandes projetos de GNL e termelétricidade. De fato, o acesso ao capital é variável crítica para qualquer país emergente desejoso de ampliar suas infraestruturas energéticas e gasíferas.

#### **Sugestão 5:**

Recomenda-se, porém, ao PNE 2050 que se estenda a discussão do financiamento também para o campo dos usos finais das tecnologias a gás. Claramente, cabe ao consumidor final tomar a decisão de promover sua própria transição tecnológica e energética rumo ao uso dos gases combustíveis. Porém, para que tais rotas se materializem, há de se buscar os instrumentos financeiros apropriados ao público alvo. As soluções tecnológicas que a indústria nacional concebe podem ser aprimoradas se canais de financiamento puderam promover uma maior aproximação entre a indústria e a Universidade. E, ainda mais importante, será garantir aos usuários finais as condições de financiamento que permitam a aquisição e o acesso às tecnologias a serem desenvolvidas. Atualmente, no Brasil, como demonstra a experiência da USP em seu Research Center for Gas Innovation, mesmo tecnologias com resultados

extraordinários comprovados, quase sempre sucumbem previamente e não chegam aos destinatários finais, pois os consumidores dessas tecnologias, que serão os geradores espontâneos das demandas de gás, enfrentam condições muito precárias de acesso ao crédito e às garantias requeridas pelo sistema financeiro. O PNE 2050 encarará um período de planejamento até 2050 que tende a ser muito mais favorável e com melhores condições para a superação dessas barreiras históricas do País. Contudo, há de se colocar a correta dimensão financeira no TOPO da AGENDA do planejador