

Políticas Estratégicas em Eficiência Energética e Contribuições da Qualidade da Energia Elétrica

Marco Akio Ikeshoji^{1,2}, André Nunes de Souza¹, Danilo Sinkiti Gastaldello³,
Haroldo Luiz Moretti do Amaral³, Juliana Aline Galan Maginador¹, Gustavo Vinicius Santana¹

¹ Faculdade de Engenharia, Univ. Estadual Paulista – UNESP, Bauru – SP, Brasil

² Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia – IFSP, Câmpus Birigui, Birigui – SP, Brasil

³ Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – USP, São Paulo – SP, Brasil

ikeshoji@uol.com.br; andrejau@feb.unesp.br; danilo.gastaldello@usp.br; agalema@gmail.com;
juliana_maginador@hotmail.com; gu.santi@gmail.com

Resumo — Expectativas futuras de crescimento no consumo de energia elétrica para o mercado brasileiro, demandam a necessidade de prover ações por meio de melhorias e implementações de novos instrumentos políticos, de gestão e tecnológicos, que garantam o desenvolvimento dos programas de conservação e eficiência energética nacional. Neste contexto, este artigo apresenta um panorama geral sobre as políticas estratégicas brasileiras voltadas para redução do consumo de energia de acordo com o Plano Nacional de Energia 2030, além das contribuições que a qualidade da energia pode proporcionar quando incluída nessas políticas, apontando-se as possíveis.

Palavras-chave — *Conservação de Energia, Eficiência Energética, Políticas Estratégicas, Qualidade da Energia.*

I. INTRODUÇÃO

Reduzir o desperdício e fazer o uso racional da energia são formas de promover a conservação e eficiência energética, pois, ambas buscam alcançar o mesmo resultado final que é diminuir o seu consumo, cada um ao seu modo, porém, correlacionados [1][2]. Adicionalmente, uma ampla gama de efeitos e benefícios comprovados [3] são proporcionados, como por exemplo: redução na emissão dos Gases do Efeito Estufa (GEEs), potenciais ganhos adicionais de reserva de energia, melhoria da produtividade industrial, bem-estar social, entre outros.

O termo qualidade da energia é associado frequentemente a conservação de energia por duas razões [4]: a primeira se refere ao uso de dispositivos ou equipamentos (como por exemplo, o inversor de frequência) acoplados a carga para economizar energia, porém, podem afetar a qualidade da energia devido as suas características funcionais; a segunda é que ambos os termos envolvem o interesse do consumidor, onde as concessionárias de energia ou governo assumem o papel de propagadores de novas tecnologias ou de uso obrigatórios (força de lei), logo, neste artigo os termos conservação, eficiência e qualidade da energia quando empregados são com o sentido de indicar ações de melhoria ou redução no consumo final da energia.

Considerando as atuais políticas estratégicas mundiais existentes, estudos recentes projetam que dois-terços do potencial da conservação de energia em 2035 permanecerá inexplorado [5], demonstrando a necessidade de melhoria contínua ou implementação de novas políticas estratégicas para que essa expectativa negativa seja atenuada.

Neste contexto, o objetivo deste artigo é apresentar o panorama geral das políticas brasileiras para redução do consumo de energia e os ganhos/contribuições que podem ser obtidos com a qualidade da energia quando considerada.

II. BREVE HISTÓRICO

1) Eficiência Energética: As primeiras iniciativas em conservação de energia e eficiência energética remetem ao início da década de 1970 com a crise do petróleo [6] [7]. Diante desse fato, os países consumidores percebem a necessidade de promover, além da diversificação da matriz energética, a melhora do aproveitamento da energia a partir do uso consciente, implantar melhorias nos processos produtivos e desenvolver tecnologicamente os equipamentos tornando-os mais eficientes. Em 1979, uma nova crise do petróleo ocorreu, sendo determinante para um maior empenho dos países consumidores sobre as políticas de conservação e eficiência energética [6]. Para [8] tal importância é dada a eficiência energética e seus benefícios que é considerada como quinto tipo de combustível mundial a ser explorado.

Embora essas crises tenham contribuído para avanços na redução do consumo energético, tais temas se sobressaíram somente após a Conferência Mundial do Meio Ambiente no Rio de Janeiro (ECO 92), influenciadas por questões relacionadas ao aquecimento global e aumento na emissão dos GEEs. O saldo positivo resultante foi a institucionalização mundial da conservação e eficiência energética com a criação de agências e legislações específicas que determinaram padrões e parâmetros mínimos em eficiência energética [9]. Diversos outros encontros sobre mudanças climáticas ocorrem após 1992, mas sem grandes avanços por divergências nos interesses econômicos de alguns países participantes. Somente em 2015, na 21ª Conferência das Partes (COP21) de Paris, chega-se em um acordo e cerca de 195 países ratificam o compromisso de reduzir a emissão dos GEEs para manter a elevação da temperatura média mundial cerca de 2°C abaixo do valor estimado para o ano de 2100 [10], intensificando assim os interesses atuais sobre ações de conservação e eficiência energética.

No contexto geral, alguns países, como por exemplo a Alemanha, dissociou o consumo energético do crescimento econômico no início da década de 70 com a crise do petróleo, mantendo-o estável em relação a sua expansão econômica até 1990, quando então preservando sua Paridade do Poder de

Compra (PPC), iniciou a redução de sua intensidade energética em 1,8% ao ano (média) até 2009, sendo grande parte dessa contribuição creditada as melhorias em eficiência energética [11]. No Brasil, ações sobre conservação de energia se iniciaram também no começo da década de 70, sendo considerado um marco importante o primeiro seminário de conservação de energia organizado em 1975 pelo Grupo de Estudo sobre Fontes Alternativas de Energia (GEFAE) e o Programa de Estudos de Conservação de Energia. Avaliações feitas entre o período 1984 a 2004, após a implantação de outras diversas medidas políticas, representaram em média uma redução no consumo de energia elétrica de 0,81% ao ano [12].

2) *Qualidade da energia*: Para [13], o termo qualidade da energia mais antigo que conhece foi mencionado em 1968 num artigo da Marinha Americana sobre especificações de energia para equipamentos eletrônicos de seu uso, sendo depois sucedido de várias outras publicações relacionadas a fontes de alimentação para aplicação aérea. Paralelamente, em meados de 1970, surge o termo alta qualidade da energia para fontes industriais associada a questões de segurança, confiabilidade, baixo custo inicial e operacional, sendo que neste mesmo período o termo qualidade de tensão foi utilizado nos países escandinavos e na União Soviética, principalmente para variações de baixa magnitude da tensão. Desde então, os termos qualidade de tensão e qualidade da energia passaram a ser utilizados frequentemente, sendo o último mais comum.

No Brasil [14], o termo qualidade da tensão foi tratado inicialmente nas portarias nº46 e 47 do Departamento Nacional de Aguas e Energia Elétrica (DNAEE) de 1978, mesmo que de forma simples e limitada tecnicamente. A partir deste momento as legislações referentes a continuidade do serviço e qualidade da tensão passaram a ser ajustadas timidamente e somente em 2000, com a resolução nº24 da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), foram apresentadas importantes contribuições. Assim em 2008, através da resolução nº345 da ANEEL é aprovado o documento que trata dos Procedimentos de Distribuição (PRODIST) que normatiza e padroniza as atividades técnicas referentes ao funcionamento e desempenho do sistema de distribuição de energia elétrica, incluindo os limites de qualidade da energia que são empregados até hoje em suas devidas revisões.

III. FATORES TÉCNICOS E ECONÔMICOS DA QUALIDADE DA ENERGIA

1) *Normas e procedimentos*: A *International Electrotechnical Commission* (IEC) possui uma gama completa de normas para avaliação da qualidade da energia destinadas ao funcionamento adequado de equipamentos, dentro dos limites especificados de distúrbios radiados e conduzidos (série IEC 61000-3 e CISPR11/14/22), além de métodos de medição de qualidade da energia elétrica (IEC 61000-4-30). Já o *Institute of Electrical and Electronics Engineers* (IEEE), conta com a norma 1159 que se refere as práticas recomendadas para monitoramento da qualidade da energia e a 519 sobre controle de harmônicas em sistemas de energia elétrica.

Com diferentes abordagens na análise de harmônicas nas correntes [15] [16], a IEEE 519 se preocupa apenas com o impacto que cada consumidor pode ocasionar à rede elétrica no Ponto de Acoplamento Comum (PAC), indiferentemente

do que existe internamente nas instalações do mesmo, ao contrário da IEC 61000-3-2 que foca no controle individual dos equipamentos e de seus impactos negativos a rede elétrica, sendo esse um dos motivos que têm dificultado o consenso para padronização dessas normas, pois, dependendo do tipo de carga, as medições podem apresentar resultados equivalentes ou bastante discrepantes [17] [18].

No Brasil, normas relacionadas ao assunto podem ser encontradas nos sites: da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), que em alguns casos adota normas internacionais de modo parcial ou completo (exemplo, ABNT NBR IEC 61000-4-30); da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), com destaque ao Capítulo 8 da norma PRODIST sobre qualidade da energia elétrica; do Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO), entre outros. Porém, destaca-se a pouca ou até ausência de normas nacionais e políticas públicas que obriguem o atendimento aos requisitos mínimos de qualidade da energia e compatibilidade eletromagnética para diversos equipamentos residenciais e industriais.

2) *Efeitos e mitigação da má qualidade da energia*: A má qualidade da energia é caracterizada por qualquer tipo de anormalidade que ocorre na rede elétrica e desvia os valores de tensão, corrente e frequência, provocando desde o mau funcionamento até a falha total nos equipamentos dos consumidores [19]. Estima-se globalmente que cerca de 70% dos problemas de qualidade da energia são originados na instalação dos consumidores e 30% nas redes [20]. A Tabela I apresenta o resultado de pesquisas realizadas sobre os tipos de distúrbios mais comuns ocorridos nas redes de distribuições de energia dos EUA e na Europa, onde observa-se valores elevados de problemas relacionados a interrupções, desvios da tensão e harmônicas (somente para os EUA).

TABELA I. DISTÚRBIOS ELÉTRICOS COMUNS NOS EUA E EUROPA [20].

Tipos de distúrbios	EUA (%)	Europa (%)
Sobretensão (<i>Swell</i>)	48*	-
Afundamento de tensão (<i>Sag</i> ou <i>Dip</i>)	-	23,6
Interrupção de curta duração	-	18,8
Interrupção de longa duração	-	12,5
Harmônicas	22	5,4
Transitórios e surtos	6	29
Outros	24	10,7

* Percentual de sobretensão e afundamento de tensão agregados.

As causas desses distúrbios são diversas e podem ter origens em: partidas de cargas pesadas, redes subdimensionadas, chaveamentos de bancos de capacitores, atuações dos dispositivos de proteções, quedas de raios, usos de conversores estáticos e muitos outros. Como consequências, podem provocar: de mau funcionamento até danos em equipamentos, interferências eletromagnéticas, redução da eficiência energética e da vida útil em máquinas, entre outros, cujo resultado negativo final acaba sendo sempre de ordem econômica.

Diversas soluções estão disponíveis e em desenvolvimento para mitigar os efeitos indesejáveis dos distúrbios nos sistemas elétricos, dentre os quais podem ser citadas [21]: Dimensionamento, planejamento e manutenção adequada da rede energia; Uso de dispositivos de armazenamento de energia (supercapacitores, bobinas supercondutoras, sistemas de energia cinética); Fontes distribuídas (geradores com motores alternativos, microturbinas, células de energia,

sistemas fotovoltaicos e eólicos); Dispositivos de interface ativos (supressores de surto, filtros de harmônicos passivos e ativos, compensadores estáticos de reativos, transformadores isoladores e de tensão constante).

Assim, conhecer o tipo de distúrbio que ocasiona a má qualidade da energia é fator de extrema importância, uma vez que soluções mais eficazes de correções podem ser adotadas, entretanto, [4] alertam que apesar dessas diversas soluções contribuírem para redução de perdas técnicas e financeiras, o resultado obtido pode ser aquém das expectativas esperadas pelo consumidor, merecendo assim um maior cuidado no processo de avaliação da solução a ser implementada.

3) Expectativas de ganhos em eficiência energética: Dentre os distúrbios apresentados na Tabela I, existem aqueles que contribuem com uma parcela significativa para perda em eficiência energética, principalmente em máquinas elétricas rotativas, é o caso do desbalanceamento de tensão entre circuitos polifásicos [22], do afundamento da tensão (dentro de certos limites operacionais) e da distorção harmônica [21], esse último motivo de grande preocupação em virtude do crescente uso de equipamentos geradores do distúrbio, como por exemplo, equipamentos eletrônicos (som, TV, iluminação de alta eficiência), equipamentos de processamento de dados, conversores estáticos para acionamento/controle de velocidade de motores elétricos, entre outros. Em um estudo [27] realizado nos consumidores residenciais de Manaus, as perdas provocadas somente com distorção harmônica representaram cerca de aproximadamente 6,8% (6,31GWh/mês) do consumo total mensal da cidade para os perfis de consumidores considerados, demonstrando a representatividade do impacto na conservação de energia somente com a qualidade da energia.

Em termos de alimentação de motores elétricos, somente no Brasil em 2014 foram consumidos 43,7% de toda a energia elétrica produzida no país [23], já nos EUA foram cerca de 17% do total em 2006 [24] e em termos globais aproximadamente 15% [25] de toda a energia usada pela indústria mundial. Assim, em um outro estudo de caso [26] realizado agora para otimização de sistemas motrizes em uma determinada indústria do Paraná, devido à distorção harmônica e outros distúrbios de qualidade da energia, ocorreram perdas da ordem de 4,1% (306,4 MWh) de toda energia consumida nos quatro meses de avaliação, mais uma vez refletindo em energia desperdiçada.

Além disso, com o surgimento das redes elétricas inteligentes, que permitem integrar no sistema elétrico à geração distribuída de fontes de energias renováveis (eólicas e solares), os sistemas de armazenamento de energia e também veículos elétricos, tendem a agravar ainda mais esta situação de harmônicos na rede de energia, determinando que ações planejadas em políticas estratégicas sejam adotadas como meio de controlar e permitir o crescimento organizado da rede, garantindo a qualidade da energia e os compromissos com a segurança, confiabilidade e redução do consumo energético.

4) Impactos Econômicos: Uma das grandes preocupações sobre a questão da qualidade da energia é a determinação dos impactos econômicos (prejuízos) provocados pelos distúrbios que ocorrem na rede e que recaem sobre os consumidores. Tais prejuízos [21] são caracterizados por: Custos diretos relacionados à danos em equipamentos, parada de produção,

perda de material e outros; Custos indiretos que são mais difíceis de se medir e podem ser relacionados à imagem da empresa por atrasos nos prazos de entrega, perdas de vendas e outros; Custos imateriais que são aqueles não expressos diretamente em moeda, mas avaliados com base no valor em que o consumidor está propenso a pagar para evitar o desconforto.

A perda econômica de maior representatividade no consumidor é com o afundamento de tensão e interrupção no fornecimento de energia, somente na Europa estima-se que no período de 2003 e 2004, os prejuízos financeiros totais ocasionados por problemas com a qualidade da energia em 62 indústrias e setores de serviços de 25 países pesquisados, foram superiores a 150 bilhões de euros [20]. Nos EUA, o departamento de energia americano estima um custo anual com problemas de qualidade da energia da ordem de 150 bilhões de dólares para os consumidores [21]. Para o Brasil [28], a estimativa em 2005 era da ordem de 2,5 bilhões de dólares para um PIB 2,5 vezes menor ao de 2015.

Embora as estimativas dos valores dos custos financeiros apresentadas sejam determinadas pelas extensões dos danos e metodologias consideradas nos respectivos estudos, a conclusão que se chega é que as perdas financeiras são sensíveis a qualidade da energia fornecida.

IV. POLÍTICAS ESTRATÉGICAS EM EFICIÊNCIA E QUALIDADE DA ENERGIA NO BRASIL

Uma das chaves para o sucesso da política energética futura é o aumento da sua eficiência [29]. Os indicadores empregados para avaliar o desempenho do programa de eficiência energética são obtidos observando-se o comportamento do consumo final de energia, utilizados na produção de bens e serviços sobre os seguintes setores da atividade econômica: indústria, edificações, transporte, agropecuária e agricultura.

Neste contexto, o consumo brasileiro de energia primária para o ano base 2015 [30] foi de 260,7 milhões de toneladas equivalentes de petróleo (Mtep) distribuídos em proporções de: 32,5% na indústria, 32,2% no transporte, 14,4% nas edificações/serviços e 4,4% para agropecuária. Desse total, em eletricidade consumiu-se aproximadamente 516,2 TWh.

1) Políticas em eficiência energética: Em uma avaliação internacional considerando 35 métricas (medidas) sobre desempenho em eficiência energética nos setores da indústria, transporte, edificações e esforços nacionais promovida pela *American Council for an Energy-Efficiency Economy* (ACEEE) em 2016 [31], o Brasil aparece na penúltima colocação geral entre os 23 países considerados, demonstrando assim a necessidade de promover ações governamentais eficazes por meio de políticas estratégicas e de desempenho, uma vez que o seu plano nacional [32] prevê uma meta de conservação em energia elétrica nos principais setores da atividade econômica de 107 TWh (~10%) para um consumo total de 1.139 TWh, ambos totais estimados para o ano de 2030. Nessa mesma avaliação, verifica-se que além da existência de uma boa quantidade de métricas com baixa pontuação entre os setores brasileiros analisados, também há outras que não foram pontuadas seja por razões de políticas inexpressivas, lentidão nas ações de implementação dessas políticas, ou até mesmo pela ausência delas, sendo

determinante na atribuição das pontuações obtidas por setores conforme mostrado na Fig. 1. De 100 pontos possíveis na avaliação (25 pontos por setor), o Brasil totalizou 32,5 pontos no geral e isso indica que há muito espaço para implementação e melhoria de novas políticas estratégicas em todos os principais setores.

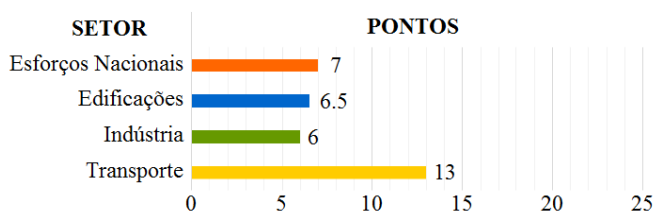


Fig. 1. Desempenho brasileiro em eficiência energética setorializado [31].

Para a ACEEE [31], as seguintes características de desempenho por setor foram observadas:

- **Esforços nacionais** - ressen-te-se a pouca presença das empresas de gestão de projeto em conservação de energia (ESCO's), uma vez que estas sinalizam o esforço do país em promover a eficiência energética, nenhuma política para uso eficiente da água cuja demanda é inversamente proporcional a redução no consumo de energia, além dos gastos gerais com a eficiência energética nas empresas de energia e no governo serem considerados relativamente baixos;
- **Transporte** – foi aquele que apresentou melhor desempenho, figurando entre as oito melhores posições, favorecido pelo programa de etiquetagem voluntário de veículos leves e investimentos nas rodovias e ferrovias brasileiras [33]/[36]. Melhorias ainda podem ser obtidas com a implementação de normas de economia de combustível para veículos, principalmente os pesados, bem como conhecer os valores estimados dos fretes praticados por atividade econômica;
- **Edificações** - ainda carece de regulamentações obrigatórias em eficiência energética para as edificações residenciais e comerciais privadas, além de possuir poucas normas para equipamentos e aparelhos se comparado atualmente com a China, Canadá, EUA, entre outros. Consta-se que somente em 2014 o Ministério do Orçamento e Gestão [37] tornou obrigatória a eficiência energética em edificações públicas novas ou em caso de reformas, já em edificações comerciais e residenciais a obrigatoriedade será requerida em 2025 e 2030, respectivamente;
- **Industrial** - menos de 1% da energia elétrica é gerada pela combinação de calor e energia. Estudos [38] sobre os segmentos industriais energo-intensivos de maiores potenciais técnicos de conservação de energia no Brasil obteve resultados modestos na redução do consumo em comparação as experiências de outros países. Isto significa que há bastante espaço para melhoria com políticas adicionais obrigatórias ou atualizadas, como por exemplo, acordos voluntários com fabricantes, políticas e leis para gestão de energia, auditorias de energia obrigatórias, entre outras, que proporcionem ganhos em eficiência energética.

Na base de dados *Energy Efficiency Policies and Measures Databases* (EE PAMS) da IEA [39] sobre políticas e medidas governamentais adotadas para atingir as metas de conservação de energia no Brasil, é possível verificar a existência de diversos mecanismos de incentivos que envolvem políticas

multissetoriais e específicas de 1991 a 2013, com destaque (elemento chave) para a diretriz política sobre a mistura de etanol na gasolina para redução das emissões do GEEs, entretanto, também se verifica diversas políticas relacionadas ao Programa de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL), que para o governo [31] será um dos meios para alcançar a meta de conservação até 2030.

O PROCEL é um programa do governo federal de grande inserção no Brasil, criado com o objetivo de reduzir o desperdício e promover o emprego eficiente da energia elétrica através do uso consciente e emprego da tecnologia. Entre 1986 e 2015, esse programa proporcionou uma redução de 92,2 TWh [40] no consumo de energia, distribuídos nos diversos setores da economia através dos seus programas de: Etiquetagem de eletrodomésticos e equipamentos; Reluz para iluminação pública e semaforica; Indústria para melhoria de equipamentos e processos; Edifica e prédios públicos; Gestão municipal de energia; Educação nas escolas; Informação em eficiência energética; Saneamento ambiental.

Porém, apesar da existência de outros bons programas complementares ao PROCEL tais como, o Programa de Eficiência Energética (PEE) das distribuidoras de energia elétrica que entre 1998 e 2014 economizaram 8,5 TWh/ano, o PROESCO para melhorias na iluminação e processos com estimativa de economia de 70 GWh/ano, e o programa de apoio à Micro, Pequena e Média Empresa Inovadora (MPME Inovadora) para aumento da produtividade e eficiência nos setores comerciais e de serviço, na visão da IEA ainda existem desafios para implementação da eficiência energética à saber [41]:

- **Ministério de Minas e Energia (MME)** proporcionar uma eficaz coordenação e gestão em várias frentes de trabalho por todo o país compostas por diversas instituições governamentais e privadas interessadas;
- **Extinguir a insegurança dos investidores do setor de energia** provocados pelos efeitos da redução dos fundos públicos destinados ao desenvolvimento dos programas de eficiência (exemplo, fundo da Reserva Global de Reversão), além de destinar corretamente os recursos financeiros obtidos aos programas ao invés de subsidiar os preços de energia;
- **Realizar o fortalecimento dos agentes do mercado de energia.**

Assim, baseado nas perspectivas expostas, a percepção com relação as políticas estratégicas brasileiras para redução do consumo de energia é que em alguns setores carecem de celeridade e parecem limitadas a obrigação do alcance apenas da meta de redução no consumo de energia para 2030. No caso, superar as metas em um menor espaço de tempo, significaria garantir uma margem maior de reserva de energia para o futuro e a antecipação de muitos outros benefícios.

2) Políticas em qualidade da energia: No Brasil se pratica a política de incentivos (*benchmark*) e penalidade (compensações), como meio de controle e regulação da qualidade dos serviços de energia prestados pelas empresas distribuidoras [42]. Os indicadores utilizados como medidas de avaliações dos serviços são baseados na continuidade do fornecimento de energia cujas metas ou limites de valores a serem alcançados são impostos pela ANEEL. Tais indicadores podem ser: coletivos como o DEC e FEC (duração e frequência equivalente de interrupção, respectivamente) para as subdivisões das distribuidoras/conjuntos elétricos

compostos de vários consumidores; ou individuais por unidade de consumo DIC e FIC (duração e frequência de interrupção, respectivamente), DMIC (duração máxima de interrupção contínua) e DICRI (duração da interrupção ocorrida em dia crítico). Dois outros indicadores recorrentes de penalizações, referem-se à transgressão do nível de tensão em regime permanente, o DRP (duração relativa precária) e DRC (duração relativa crítica), conforme pode ser visto em [43] para todas as concessionárias e permissionárias de energia no Brasil.

Para [44], as políticas de incentivo brasileiras não são percebidas pelas empresas distribuidoras de energia uma vez que não há recompensa diretas da ANEEL por superar as metas impostas pela própria agência, de outro modo, [45] as empresas distribuidoras privadas buscam atingir as metas para evitarem as penalidades sobre as mesmas e porque visam aumento de produtividade e lucratividade, já no caso das empresas públicas, o alcance das metas estão relacionadas mais com o bem-estar da população do que propriamente com os lucros dos acionistas.

Com relação à política de qualidade do produto, mesmo com os limites impostos nos procedimentos do PRODIST para qualidade da energia, se por um lado há obrigações técnicas das distribuidoras e dos consumidores a serem cumpridas, o mesmo não se pode dizer da pouca atenção dada as políticas de apoio existentes e voltadas para normatizações nacionais em qualidade da energia em equipamentos, visto que podem contribuir com a redução do impacto sobre a rede. Para [46] as normas específicas contribuiriam para regulamentar e impedir a fabricação e/ou comercialização de equipamentos de baixa qualidade em eficiência e de energia.

Quanto aos instrumentos de investimentos em melhoria da qualidade da energia nas concessionárias [47] e consumidores, muitas vezes tem origem nos seus próprios recursos financeiros, pois são os primeiros a serem beneficiados com a própria ação, ou podem ser provenientes dos programas de financiamento de projetos por meio de instituições financeiras como o BNDES e Banco do Brasil [48] e de recursos do P&D da ANEEL e FINEP, entre outros. Os recursos também podem muitas vezes estarem vinculados aos instrumentos de financiamento sob a forma de partes da solução conjunta completa nos projetos de conservação e eficiência energética, logo, dificultando medir sua contribuição.

V. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O crescimento da produção de bens e serviços tem obrigado diversos países a se movimentarem em busca de soluções que contribuam para atendimento ao aumento da demanda de energia. Assim, ações direcionadas as descobertas ou explorações de fontes de energias limpas e renováveis, melhoria da eficiência energética em processos e equipamentos, além de pesquisa e desenvolvimento de novas tecnologias, estão sendo feitas por várias empresas e instituições de pesquisas. Neste contexto, observa-se que países bem-sucedidos na redução do consumo de energia, somente alcançaram essa condição, respaldados por inúmeras medidas políticas governamentais que foram implementadas segundo os seguintes instrumentos disponíveis [41]: regulatórios (fiscalização, leis, normas, programas), de políticas de apoio (criações de instituições, planejamento estratégico), econômicos (realização de investimentos diretos,

incentivos fiscais e financeiros), de educação e informação (programa de etiquetagem, qualificação profissional, assistência/apoio na implementação de programas), de abordagens voluntárias (acordos negociáveis setor público-privado, programas públicos voluntários, compromissos unilaterais do setor privado) e de Projeto e Desenvolvimento (programas de P&D, projetos demonstrativos).

Os programas de conservação de energia e eficiência energética brasileiro têm apresentado resultados positivos com o PROCEL, PEE das concessionárias de energia e muitos outros, porém, questões que envolvem soluções de apoio para mitigar a má qualidade da energia caminham lentamente, o que demonstra a necessidade de implementação de diversos instrumentos políticos para que acelerem seu desenvolvimento.

Do mesmo modo, o setor de edificações privado carece de maior atenção das políticas públicas, pois, protelar a obrigatoriedade no atendimento aos regulamentos de eficiência energética somente para 2025 pouco colabora. Outras contribuições adicionais com a melhoria da qualidade da energia nos eletrodomésticos e equipamentos eletrônicos residenciais, iluminação, entre outros, podem proporcionar excelentes ganhos em conservação de energia conforme mostra o estudo de caso sobre consumidores residenciais de Manaus [37]. Do mesmo modo, o setor industrial brasileiro também carece de muitas medidas que através dos seus instrumentos políticos possam promover ganhos com a conservação, eficiência e a qualidade da energia, pois, entende-se que à medida que se busca melhores resultados globais na redução do consumo, não há como querer negligenciar a qualidade da energia visto que ela contribui para o aumento de perdas conforme mostrado em [26], além disso há um enorme potencial para ser explorado conforme propõe os estudos em [38]. No transporte, o setor encontra-se razoavelmente apoiado em seus instrumentos políticos, porém, há espaço para melhorias conforme exposto nesse artigo.

Uma outra questão que merece atenção das políticas estratégicas em energia são as redes inteligentes (*Smart Grids* - SG) consideradas o sistema elétrico do futuro. Sendo uma de suas características a possibilidade de integração de todo o tipo de geração de energia distribuída, a SG possui alto potencial de impacto sobre a qualidade da energia, conseqüentemente, também na redução da eficiência energética do sistema elétrico se não tomadas as devidas precauções, o que remete à elaboração de políticas para seu apoio e desenvolvimento.

Enfim, os vários benefícios que a conservação, eficiência e qualidade da energia produzem para a população estão mais que provados e não há como evitar que sejam implementados. Entretanto, o sucesso na elaboração e implementação das políticas estratégicas de conservação e eficiência energética dependem do intenso envolvimento do governo, de organizações não governamentais, associações industriais e centro de pesquisas, cada qual contribuindo com os seus conhecimentos específicos e responsabilidades na busca da redução do consumo de energia, conforme pode ser visto nos países líderes nesses assuntos.

Portanto, para o caso brasileiro, a velocidade com que os objetivos do Plano Nacional de Energia 2030 serão atendidos dependerá da intensidade dos esforços de todos os envolvidos, a começar pela redução de barreiras institucionais, financeiras, tecnológicas, entre outros, que dificultam atingir e ultrapassar o potencial pretendido.

Durante a fase da pesquisa sobre a influência da qualidade da energia na eficiência energética, verificou-se diversos estudos de casos realizados em indústrias e setores de serviços específicos, em residências de determinados bairros ou cidade, com características mais localizadas e restritas fisicamente, nada expandido a nível nacional em razão da complexidade existente determinadas pelas diversas variáveis influenciadas por características geográficas, culturais e econômicas tornando-se, portanto, um grande desafio a pesquisa e análise que apresentem estimativas técnicas e econômicas mais precisas sobre o impacto, permitindo a melhor gestão da qualidade da energia como meio de redução do consumo energético.

VI. REFERÊNCIAS

- [1] Governo Federal, “Plano de Eficiência Energética – Premissas e diretrizes básicas”, 2011.
- [2] M. Croucher, “Potential problems and limitations of energy conservation and energy efficiency”. *Energy Policy*, vol. 39, n. 10, pp. 5795-5799, 2011.
- [3] IEA - International Energy Agency, “Capturing the Multiple Benefits of Energy Efficiency”, 2014.
- [4] D. J. Carnovale & T. J. Hronek, “Power Quality Solutions and Energy Savings—What is Real?”, *Energy Engineering: Journal of the Association of Energy Engineers* 106(3), pp. 26-50, 2009.
- [5] IEA - International Energy Agency, “World Energy Outlook 2012”, 2012.
- [6] ACNEEP - Alliance Commission on National Energy Efficiency Policy, “The History of Energy Efficiency”, 2013.
- [7] E. Batista, “Alta do petróleo fez País viver crise nos anos 1970”, 2014 - Disponível em: <<http://acervo.estadao.com.br/noticias/acervo,alta-do-petroleo-fez-pais-viver-crise-nos-anos-1970,10618,0.htm>>. Acesso em: 03 jan. 2017.
- [8] The Economist apud J. F. Caldeira, “Estudo e desenvolvimento de uma plataforma de comunicação sem fio para redes elétricas inteligentes”, Dissertação mestrado, UFRJ/COPPE, RJ, 2012.
- [9] M. Menkes, “Eficiência energética, políticas públicas e sustentabilidade”, Tese doutorado, UnB, DF, 2004.
- [10] R. Garcia R, “COP21: representantes de 195 países aprovam acordo global do clima”, 2015. Disponível em: <<http://g1.globo.com/natureza/noticia/2015/12/acordo-de-paris-sobre-o-clima-veja-perguntas-e-respostas.html>>. Acesso em: 03 jan. 2017.
- [11] S. Pasquier & A. Saussay, “Progress Implementing the IEA 25 Energy Efficiency Policy Recommendations”, 2011.
- [12] EPE – Empresa de Pesquisa Energética, “Consumo Final e Conservação de Energia Elétrica (1970 – 2005)”, 2006.
- [13] M. H. Bollen, “Understanding Power Quality Problems: Voltage sags and interruption”, Wiley-IEEE Press, Ed. 1, 2000.
- [14] A. C. Januzzi, “Regulação da Qualidade de Energia sob Foco do Consumidor”, Dissertação de mestrado, Publicação PPGENE DM-302A/07 Departamento de Engenharia Elétrica, UnB, DF, 2007.
- [15] D. S. M. Deckmann & J. A. Pomilio, “Avaliação da Qualidade da Energia”, UNICAMP/FEEC/DSE, 2017. Disponível em: <<http://www.dsce.fee.unicamp.br/~antenor/pdf/qualidade/a2.pdf>>. Acesso em: 03 jan. 2017.
- [16] F. M. F. Santos, “Qualidade de Energia – Comparação das Normas IEC 61000-3-2 e IEEE 519”, Monografia Curso de Engenharia Elétrica, 2007. Disponível em: <<http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10000459.pdf>>. Acesso em: 03 jan. 2017.
- [17] L. F. W. Souza & R. P. D. Ross, “Algumas Experiências Relevantes em Monitoração e Análise de Qualidade de Energia Elétrica – Harmônicos”, V SBQEE, Anais. Aracaju – SE: Faculdade Pio X, 2003.
- [18] Lamedica et al., “Harmonic analysis procedures: a comparison between IEEE and IEC guidelines”, 8th International Conference on Harmonics and Quality of Power. Proceedings, vol. 1, pp. 470-475, Athens, 1998.
- [19] Dugan et al., “Electrical Power Systems Quality”, McGraw-Hill, Ed. 2, 2004.
- [20] A. E. Emanuel & J. A. McNeil apud S. Bhattacharyya & S. Cobben, “Consequences of Poor Power Quality – An Overview, Power Quality”, Mr Andreas Eberhard (Ed.), InTech, 2011.
- [21] A. Almeida; L. Moreira; J. Delgado, “Power Quality Problems and New Solutions”, Proceedings of the International Conference on Renewable Energy and Power Quality, vol. 1, n. 1, pp 150-158, 2003.
- [22] E. Mehl, “Qualidade da Energia Elétrica”, Curso de pós-graduação em Engenharia Elétrica, UFPR, 2013. Disponível em: <<http://www.eletrica.ufpr.br/mehl/downloads/qualidade-energia.pdf>>. Acesso em: 03 fev. 2017.
- [23] W. Freire, “Aneel estuda incentivar troca de motores elétricos na indústria brasileira”, 2015. Disponível em: <<http://www.abesco.com.br/pt/novidade/aneel-estuda-incentivar-troca-de-motores-eletricos-na-industria-brasileira/>>. Acesso em: 30 jan. 2017.
- [24] US Energy Department, “Premium Efficiency Motor Selection And Application Guide - A Handbook For Industry”, 2014.
- [25] IEA, “Tracking Industrial Energy Efficiency and CO2 Emissions”, 2007.
- [26] J. G. Correia; D. R. Reis; J. L. Kovalesky, “Estudo de Viabilidade Técnica e Econômica para Aumento da Eficiência Energética numa Indústria”, XXVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 2007.
- [27] A. J. S. Damasceno, “Estimativa do potencial de conservação de energia elétrica no setor residencial de Manaus a partir da avaliação da qualidade da energia”, Dissertação mestrado, UFAM, AM, 2012.
- [28] F. Couto, “Sociedade Brasileira da Qualidade de Energia Elétrica é criada durante SNPTE”, 2005. Disponível em: <<http://www.sbgqe.org.br/sbgqe/canal-energia>>. Acesso em: 18 fev. 2017.
- [29] BMWi, “Second National Energy Efficiency Action Plan (NEEAP) of Federal Republic of Germany”, 2011.
- [30] EPE, “Balanço Energético Nacional 2016 – Relatório Síntese Ano Base 2015”, 2016.
- [31] ACEEE - American Council for an Energy-Efficiency Economy, “The 2016 International Energy Efficiency Scorecard”, 2016.
- [32] EPE, “Plano Nacional de Energia 2030”, 2007. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/PNE/20070626_1.pdf>. Acesso em: 03 jan. 2017.
- [33] ACEEE, “The 2014 International Energy Efficiency Scorecard”, 2014.
- [34] Brasil, “Portal do Planalto. Governo incentiva expansão da malha ferroviária nos últimos dez anos”, abr. 2015. Disponível em: <<http://www2.planalto.gov.br/noticias/2015/06/governo-incentiva-expansao-a-malha-ferroviaria-nos-ultimos-dez-anos>>. Acesso em: 03 jan. 2017.
- [35] Brasil, “Portal do Planalto. Dilma assina contratos de concessão das rodovias BR-163 e BR-040”, jul. 2014. Disponível em: <<http://www2.planalto.gov.br/centrais-de-conteudos/videos/dilma-assinacontratos-de-concessao-das-rodovias-br-163-e-br-040>>. Acesso em: 03 jan. 2017.
- [36] Brasil, “Portal do Planalto. Rodovias terão investimento de R\$66,1 bilhões em nova fase de programa”, jun. 2015. Disponível em: <<http://www2.planalto.gov.br/noticias/2015/06/rodovias-terao-investimento-e-r-66-1-bilhoes-em-nova-fase-de-programa/view>>. Acesso em: 03 jan. 2017.
- [37] Eletrobrás, “Manual para Etiquetagem de Edificações Públicas”, 2014.
- [38] S. V. Bajay; F. D. Gorla; O. F. J. G. V. Bordoni, “Os segmentos industriais energo-intensivos de maiores potenciais técnicos de conservação de energia no Brasil”, *Revista Brasileira de Energia*, vol. 15, p. 89-107, 2009.
- [39] IEA, “Polices and measurements: Brazil – statistics”, 2016.
- [40] Eletrobrás, “Resultados PROCEL Ano Base 2015”, 2016.
- [41] IEA, “Market Trends and Medium-Term Prospects”, *Energy Efficiency - Market Report* 2015, 2015.
- [42] I. O. Cyrillo & N. Kagan, “Determinação do nível de qualidade do serviço baseado no consumidor e na distribuidora”. In: XI CBQEE, 2015, Campina Grande/PB.
- [43] ANEEL, “Indicadores de Conformidade do Nível de Tensão (DRP e DRC)”, Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/conformidade>>. Acesso em: 03 jan. 2017.
- [44] Silvestre et al., “Privatização: bom ou ruim? Lições do setor de distribuição de energia elétrica do nordeste brasileiro”, *Revista de Administração de Empresas*, vol. 50, n.1, 2010.
- [45] Arnold apud Silvestre et al., “Privatização: bom ou ruim? Lições do setor de distribuição de energia elétrica do nordeste brasileiro”, *Revista de Administração de Empresas*, vol. 50, n.1, 2010.
- [46] Sauer et al., “Power quality and energy efficiency assessment and the need for labelling and minimum performance standard on uninterruptible power systems (UPS) in Brazil”, *Energy Policy*, vol. 41, pp. 885-892, 2012.
- [47] Ascom/SDR, “Investimento de mais de R\$ 1 bilhão em qualidade da energia no meio rural”, 2012. Disponível em: <http://www.sdr.rs.gov.br/conteudo.php?cod_menu=2&cod_conteudo=1896>. Acesso em: 03 jan. 2017.
- [48] J. Dalla & H. Passos, “Out 2015 – Bancos oferecem linhas de financiamento para projetos de eficiência energética”, 2015. Disponível em: <<http://www.eficien.com.br/noticias/out-2015-bancos-oferecem-linhas-de-financiamento-para-projetos-de-eficiencia-energetica/>>. Acesso em: 03 jan. 2017.