

XI-083 - SUSTENTABILIDADE DO SETOR INDUSTRIAL: EVOLUÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA E RESULTADOS DE PROGRAMAS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Nágila Lucietti Schmidt⁽¹⁾

Engenheira de Energia graduada pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), mestranda em Engenharia de Energia na Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI) e pesquisadora do Centro de Excelência em Eficiência Energética (EXCEN/UNIFEI).

Lilian Carla Ferreira Freitas

Engenheira de Minas graduada pela Universidade do Estado de Minas Gerais (UEMG), mestranda em Engenharia de Energia na Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI) e pesquisadora do Núcleo de Excelência em Geração Termelétrica e Distribuída (NEST/UNIFEI).

Roberto Akira Yamachita

Professor da Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI), mestre e doutor em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI). Atua principalmente nos temas eficiência energética, gestão e planejamento energético, geração distribuída, fontes renováveis de energia e sustentabilidade energética.

Endereço⁽¹⁾: Avenida BPS, 1303 – Pinheirinho - Itajubá - MG - CEP: 37500-903 - Brasil - Tel: (35) 3629-1411 - e-mail: nagilals@unifei.edu.br

RESUMO

As implicações ambientais da produção e utilização de recursos energéticos constituem um grande desafio para as nações desenvolvidas e em desenvolvimento, pois o desenvolvimento está associado à geração de impactos. O setor industrial é o setor que apresenta o maior consumo de energia no país (33% do consumo final), contribuindo para emissões de gases de efeito estufa (GEE) em 4% das emissões brutas. O presente trabalho realizou uma análise do histórico de consumo de energia elétrica do setor industrial e das emissões de GEE associadas a este setor, bem como, sobre os demais impactos decorrentes das atividades industriais e do intenso consumo de energia elétrica neste setor. Foi realizada ainda, uma explanação das políticas de eficiência energética do setor industrial, avaliando as emissões evitadas, oriundas da implantação de ações de eficiência energética, pelos dois principais programas de fomento à eficiência energética no país, o PEE e o PROCEL. Verificou-se que os investimentos realizados em eficiência energética no setor industrial ainda são limitados, devido à uma série de entraves observados, e que a maior parte dos recursos públicos relacionados à programas de eficiência energética foram aplicados aos setores comercial, público e residencial, devido às características e peculiaridades de cada programa. Portanto, os processos industriais no Brasil, possuem ações políticas, tecnológicas e comportamentais com substancial potencial de mitigação de emissões de GEE e também mitigação de demais impactos do consumo intensivo de energia, voltados para a sociedade e para as próprias indústrias. Ao implementar ações sustentáveis nas indústrias, incluindo a gestão integrada das atividades, ocorre maior conscientização ambiental dos envolvidos, aumentando assim, o valor agregado dos produtos e valor final de mercado da companhia.

PALAVRAS-CHAVE: Sustentabilidade do Setor Industrial, Eficiência Energética, Consumo de Energia Elétrica, Dióxido de Carbono.

INTRODUÇÃO

A energia consiste em um insumo fundamental para o desenvolvimento social e econômico de um país. A restrição da oferta desse tão importante insumo pode desencadear crises, principalmente no âmbito econômico, enfraquecendo a economia diante da concorrência externa, tendo como consequência, o aumento do nível de dependência energética. O setor energético, embora fundamentalmente importante para qualquer atividade produtiva e para a promoção do bem-estar humano, é alvo crescente de estudos e críticas, devido às características potencialmente poluidoras, aos empreendimentos de grande porte, ao desperdício de recursos e ainda, devido a expressiva emissão de poluentes na geração (SILVA; GUERRA, 2009).

Os setores de energia e processos industriais no Brasil, possuem uma série de ações (tecnológicas, comportamentais e políticas) com grande potencial de mitigação de emissões de GEE. Como por exemplo, a

substituição de combustíveis fósseis por biocombustíveis, a melhoria e expansão da malha ferroviária de carga existente, o aumento da eficiência energética nas atividades industriais e a elevação da participação de fontes renováveis na matriz elétrica (SEEG, 2018).

As implicações ambientais da produção e uso de recursos energéticos representam um grande desafio para as nações desenvolvidas e em desenvolvimento, visto que a produção, distribuição e consumo de energia devem ser direcionados para garantir o crescimento econômico e social, minimizando impactos e efeitos negativos, tanto na sociedade, como no meio ambiente. Nos últimos anos, tornou-se objeto de vários estudos, a análise da relação entre consumo de energia, crescimento econômico e emissões de carbono. Ainda deve ser destacada, a importância das políticas voltadas à eficiência energética, que objetivam a mudança para hábitos de consumo conscientes, a substituição de equipamentos antigos e obsoletos por equipamentos eficientes e a contínua gestão de recursos e energia, para garantir a sustentabilidade dos setores econômicos (CAMIOTO; MARIANO; REBELATTO, 2014).

De acordo com o Balanço Energético Nacional (BEN) (EPE, 2018), o setor industrial é responsável pela maior parcela do consumo de energia do país, correspondendo a 32,9% de todo o consumo final registrado em 2017, seguido por 32,7% do setor de transportes. No ano de 2017, o segmento industrial apresentou um acréscimo de 0,9 milhões de tep em valores absolutos, registrando assim, o segundo maior aumento da demanda energética do país. Isto ocorreu em virtude do crescimento dos consumos de carvão mineral (8,4%) no setor siderúrgico e lixívia (3,6%) para produção de papel e celulose.

O total de emissões associadas à produção e ao uso de energia no país em 2017 foi de 435,80 MtCO₂ equivalente, sendo o setor industrial responsável por 18,9% dessas emissões (EPE, 2018). Em contrapartida, o Brasil emitiu cerca de 2.071 MtCO₂ equivalente em 2017, em sua totalidade, sendo os processos industriais responsáveis por 4,8% das emissões totais (SEEG, 2019). De acordo com Hille e Shahbaz (2019), as emissões de GEE continuam crescentes, visto que entre os anos de 1970 à 2014, as emissões de dióxido de carbono aumentaram cerca de 144% (WORD BANK, 2018).

O setor industrial é responsável por atividades oriundas de processos de transformações químicos e físicos nos produtos, sendo associado à esses processos, a geração de algumas substâncias nocivas para o agravamento das mudanças climáticas e da saúde humana, tais como, dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), monóxido de carbono (CO), óxido nitroso (N₂O), compostos orgânicos voláteis não metânicos (NMVOC), óxidos de nitrogênio (NO_x), hidrofluorcarbonos (HFC-23, HFC-32, HFC-125, HFC-134a, HFC-143a, HFC-152a), perfluorcarbonos (CF₄ e C₂F₆) e hexafluoreto de enxofre (SF₆) (AZEVEDO *et al.*, 2018).

Há no Brasil algumas legislações que abrangem os impactos ambientais causados pelo setor industrial, como forma de fiscalizar e controlar os danos causados, entretanto, muitas vezes a falta de rigidez no cumprimento da legislação, permite o avanço destes impactos. Sobre as legislações existentes, pode-se citar a Lei nº 9.605/1998 para crimes ambientais, a Lei nº 12.305/2010 para resíduos sólidos, a Lei nº 9.985/2000 para proteção à natureza, a Lei nº 12.651/2012 referente ao Código Florestal Brasileiro, além das leis de zoneamento das indústrias, a Lei nº 6.938/1981 da Política Nacional de Meio Ambiente, entre outras. Essas leis e outras medidas existentes, como decretos e atos normativos, regulamentam as atividades relacionadas ao setor industrial. Entretanto, as indústrias devem seguir a legislação do Estado e do município onde atuam, visto que o atendimento às normas existentes, bem como práticas responsáveis ao meio ambiente e a sociedade, são ações sustentáveis. Atualmente, já se tem visto uma maior preocupação das empresas, aliando práticas socioambientais ao desenvolvimento econômico. Sabe-se que a gestão ambiental nas organizações tem aumentado sua credibilidade e valor de mercado, ao introduzir em suas atividades, normas de proteção ambientais.

A energia consiste em um fator de custo e não de resultados, para a indústria em geral, porém, para alguns segmentos de empresas de grande porte, o peso da energia no custo final do produto produzido pode atingir até 60% do custo total de produção. Em linhas gerais, o investimento em eficiência energética concorre com investimentos na produção, demonstrando uma visão de curto prazo na aplicação de recursos e a ausência de uma cultura de gestão energética. O consumo específico na produção e o custo da energia em si representam fatores de competitividade, sendo que, dentro de parâmetros de economicidade, o setor industrial brasileiro deveria empenhar-se em praticar níveis de eficiência energética comparáveis a níveis internacionais, uma vez que o setor também compete nesse mercado (MME, 2011).

A economia de energia pela implantação de medidas de eficiência energética, é um importante fator na área de planejamento da oferta, enquanto que o custo médio da energia conservada para muitos setores, é inferior ao custo marginal de expansão do sistema elétrico, tornando a oferta de redução do consumo uma alternativa à construção de novas usinas. Ademais, é fundamental o acompanhamento de indicadores de eficiência energética, para os vários setores da economia, considerando os diversos usos finais envolvidos. Estes indicadores informam o patamar em que se encontra a contribuição da eficiência energética, para que seja possível analisar se os resultados realizados até o momento estão evoluindo a uma taxa capaz de atingir as metas propostas para eficiência energética, estabelecidas em instrumentos de planejamento energético.

O Plano Nacional de Eficiência Energética (PNEf), elaborado pelo Ministério de Minas e Energia (MME) em 2011, apresenta uma projeção do potencial de eficiência energética, ou recuperação de perdas, para o período de 2010 a 2030. A meta global adotada consiste em uma redução de 10% do consumo de energia elétrica para o ano 2030, sendo que pretende-se diminuir aproximadamente 106.623 GWh ao final do período, o que percentualmente, corresponde à 10,37% do consumo base (1.027.896 GWh) projetado para 2030 (MME, 2011). De acordo com o Plano Nacional de Energia 2030 (PNE 2030), considerando os diversos usos finais de energia elétrica (força motriz, calor de processo, aquecimento direto, iluminação, eletroquímica e outros), o potencial técnico de conservação de energia na indústria corresponde a 41%, enquanto o potencial econômico e de mercado correspondem a 21% e 12%, respectivamente (MME, 2007).

Nesse ínterim, este estudo visa realizar o levantamento de dados sobre a evolução do consumo de energia elétrica do setor industrial brasileiro, analisando a contribuição da economia pela eficiência energética neste setor que possui um enorme potencial para efficientização. Foram apresentadas as emissões de CO₂ evitadas, em consequência da implementação das políticas de eficiência energética no setor. As principais iniciativas que fomentam a eficiência energética no Brasil foram avaliadas, podendo-se citar o Programa de Eficiência Energética (PEE), executado pelas concessionárias de distribuição de energia elétrica e regulado pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), bem como, o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL), coordenado pelo Ministério de Minas e Energia (MME) e executado pela Eletrobrás, na sua área de atuação do PROCEL Indústria. Também foi efetuada uma avaliação sobre os principais impactos ambientais decorrentes da utilização energointensiva no setor industrial e um panorama geral das emissões de CO₂ nos principais setores industriais.

METODOLOGIA

Consumo de energia elétrica e resultados de programas de eficiência energética

Os dados referentes ao histórico do consumo de energia elétrica do setor industrial foram obtidos do Balanço Energético Nacional 2018 (ano base 2017), disponibilizado anualmente pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE). Foi considerada a série histórica de consumo de energia elétrica do setor industrial do período de 1990 a 2017. Optou-se por analisar os resultados do setor industrial, uma vez que consiste em um setor de intenso consumo energético e com grande capacidade de implantação de ações de eficiência energética. Os dados referentes aos resultados de economia realizados no PEE para o setor industrial foram obtidos do site da ANEEL. Os resultados referentes às ações do PROCEL Indústria foram obtidos de relatórios de resultados anuais do PROCEL e literaturas correlatas.

Emissões de CO₂ evitadas e impactos do consumo energointensivo do setor industrial

Ressalta-se que no Brasil, os fatores propulsores dos programas de eficiência energética são principalmente, de ordem econômica (diminuição de custos) e energética (segurança no suprimento de energia elétrica). Entretanto, deve ser dada atenção especial aos impactos ambientais causados pela geração e pelo consumo crescente de energia elétrica nos diversos setores, uma vez que as mudanças climáticas já visíveis, são causadas pela quantidade excessiva de emissões de GEE. A Tabela 1, inclui os principais impactos ambientais relacionados à geração e ao uso da energia, destacando-se a utilização energética na indústria (GOLDEMBERG, 2001).

Posteriormente, são apresentados os impactos ambientais envolvidos no processo, e avaliados os ganhos ambientais com a implantação de ações e programas de eficiência energética, através da redução das emissões de GEE para o setor industrial. A Tabela 1 apresenta os impactos ambientais e as causas relacionadas ao setor energético.

Tabela 1: Energia e o problema ambiental.

Problema ambiental	Fonte de problema
Poluição urbana do ar	Energia (usinas termelétricas, indústria e transportes)
Chuva ácida	Energia (queima de combustível fóssil)
Diminuição da camada de ozônio	Indústria
Aquecimento por efeito estufa/mudanças climáticas	Energia (queima de combustível fóssil)
Degradação costeira e marinha	Transporte e energia (vazamentos de petróleo, aquecimento das águas para resfriamento de usina térmica, represamento de rios para barragens, entre outros)
Desmatamento e desertificação	Energia (30 a 40% da população mundial depende da lenha para cozinhar)
Resíduos tóxicos, químicos e perigosos	Indústria e energia nuclear

Fonte: Goldemberg (2001)

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Consumo de energia elétrica no setor industrial

A Figura 1 apresenta o histórico de consumo de energia elétrica (em GWh) do setor industrial, considerando o período de 1990 a 2017. Os dados históricos foram obtidos do BEN 2018. De acordo com a Figura 1, percebe-se a tendência de crescimento do consumo de energia elétrica ao longo do tempo, com alguns períodos de diminuição do consumo (2001, 2008-2009 e 2014-2015), ocasionados principalmente por períodos de recessões econômicas.

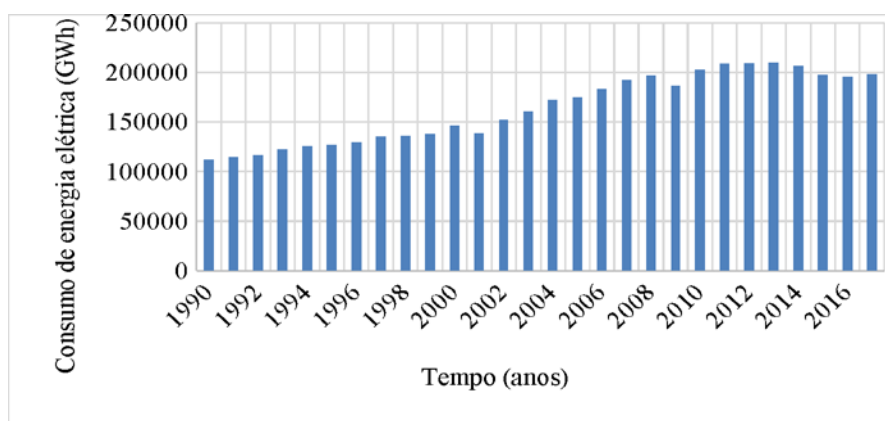


Figura 1: Consumo de energia elétrica (GWh) do setor industrial no período de 1990 a 2017.

Fonte: Adaptado de EPE (2018)

O setor industrial vem apresentando um crescimento expressivo na demanda energética desde a década de 70, sendo responsável por 40% do crescimento no consumo de energia no Brasil entre 1970 e 1996 (WACHSMANN *et. al*, 2009). O consumo energético neste segmento é fortemente ligado a atividade econômica no país, sendo possível destacar na Figura 1, três períodos de decaimento do consumo no setor, a crise de racionamento de energia elétrica em 2001, a crise econômica de 2008-2009 e a crise energética de 2014-2015, com impactos diretos na atividade industrial. O padrão de crescimento do consumo de energia elétrica no setor industrial é praticamente linear, porém, em períodos de crise econômica anunciada, as atividades industriais apresentam uma diminuição em sua produção, impactando o consumo de energia.

O crescimento do consumo de energia elétrica pelo setor industrial, aliado ao aumento das tarifas de energia elétrica praticadas, acarreta em maiores custos de produção para as empresas do setor, prejudicando inclusive a

sustentabilidade energética das empresas. Ressalta-se que os custos com energia elétrica no Brasil são muito elevados, atingindo em 2019 o valor médio de tarifa de fornecimento industrial de R\$ 636,10/MWh, conforme Figura 2. A crise energética observada entre 2014-2015 foi resultante de um conjunto de choques entre a oferta e a demanda de energia. Os efeitos da forte seca de 2012-2013, aliados à decisões de política energética do governo em reduzir as tarifas de energia elétrica em 2013, consequentemente aumentando o consumo, em pleno período de escassez do principal insumo para geração de energia, a água. Em 2015, houve um novo choque negativo na economia devido ao realinhamento de preços, o que culminou com a elevação da taxa de juros pelo Banco Central, como medida para controlar a inflação (BARBOSA FILHO, 2017).

A Figura 2 apresenta a evolução da tarifa média de fornecimento (R\$/MWh) para o setor industrial, demonstrando o que foi exposto anteriormente, com ênfase na redução da tarifa pelo governo brasileiro em 2013, ocasionando uma série de eventos que culminou com o aumento das tarifas em cerca de 70% entre 2014 e 2015, permanecendo elevadas até os dias atuais, conforme apresentado na Figura 2 (os dados não contemplam mercados de suprimento e livre).

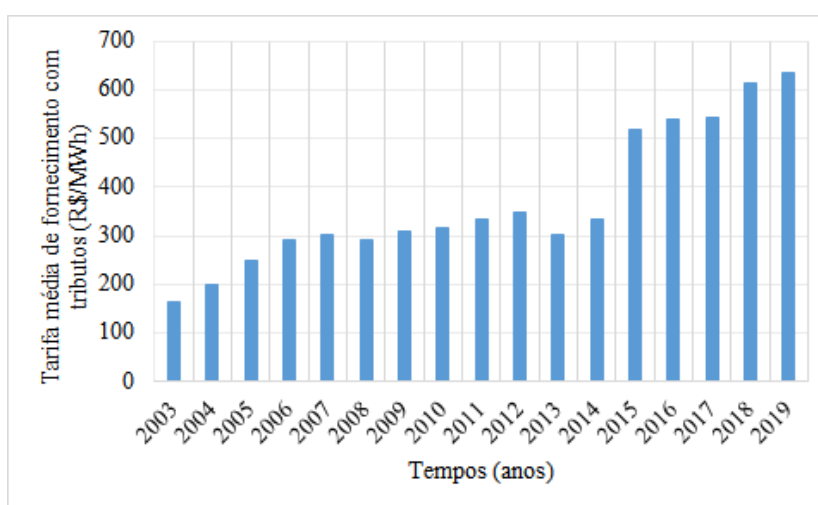


Figura 2: Evolução da tarifa média de fornecimento (R\$/MWh) para o setor industrial de 2003 a 2019.

Fonte: Adaptado de ANEEL (2019)

Com o expressivo aumento de tarifas de energia elétrica, e com o setor industrial no processo de recuperação da crise sofrida entre 2014-2015, compreende-se a importância que as políticas de eficiência energética exercem sobre a sustentabilidade energética e financeira do setor. Em tempos de recessão econômica e de elevação gradual nos preços de tarifas, o investimento em eficiência energética nas empresas do setor industrial promove redução de custos e torna os processos mais eficientes, com a menor utilização de um insumo cada vez mais escasso e oneroso, como a energia elétrica.

Resultados do PEE e PROCEL para o setor industrial

Os resultados do PEE para o setor industrial indicam um investimento da ordem de R\$ 107,38 milhões de reais, sendo obtido 174,39 GWh/ano de energia economizada e 12,21 MW de demanda retirada do horário de ponta. Embora o setor industrial seja o maior consumidor de energia do país, os investimentos do PEE voltados à este setor são de apenas 2% do investimento total registrado no período. Registra-se que desde a publicação da Resolução Normativa ANEEL nº 300, de 12 de fevereiro de 2008, até março de 2016, foram implementados o total de 1.704 projetos no âmbito do PEE das distribuidoras, totalizando 4.629 GWh/ano de energia economizada e 1.403 MW de demanda retirada da ponta e um investimento de R\$ 5,07 bilhões (ANEEL, 2018).

Dentre os projetos executados no âmbito do PEE, no período mencionado, somente 65 projetos estiveram voltados ao setor industrial, o que corresponde a apenas 4% do total de projetos implantados pelo programa, sendo que a maior parte foi destinada à unidades consumidoras de baixa renda (27%) e ao poder público (25%). Explica-se esse fato, em partes, pela obrigatoriedade de se aplicar um alto percentual dos recursos para projetos de eficiência energética em consumidores beneficiados pela Tarifa Social de Energia Elétrica (TSEE), sendo um ponto de críticas ao programa, pois destina grande parte dos recursos para um setor que representa uma pequena

parcela do consumo total de energia no país. A Figura 3 apresenta os resultados obtidos por setor, dos projetos implantados no âmbito do PEE, ressaltando a sucinta participação dos resultados do setor industrial dentre os resultados gerais do programa.

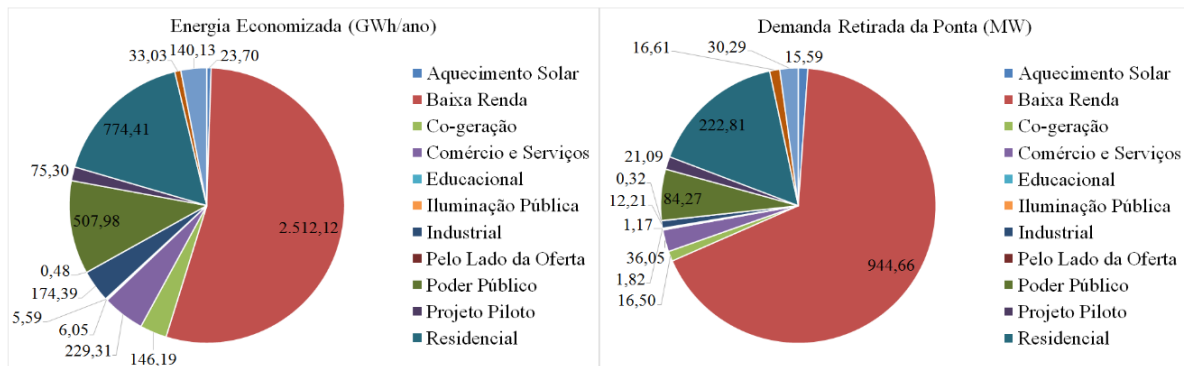


Figura 3: Energia economizada e redução de demanda na ponta dos projetos do PEE por setor.

Fonte: Adaptado de ANEEL (2018)

Os resultados realizados no setor industrial para a energia economizada e para a redução de demanda na ponta correspondem à 3,8% e 0,9%, respectivamente, do total da economia reportada pelo programa. A quantidade de projetos implantados, bem como, os resultados realizados pelo programa no setor industrial, indicam que é necessária a realização de maiores esforços no sentido de ampliar a abrangência do PEE para o setor industrial, visto que o potencial de eficiência do setor é enorme.

Devido à aversão aos riscos técnicos, com linhas de financiamento escassas e burocráticas, e de que projetos da tipologia industrial dependem de contratos de performance ou desempenho para a sua execução junto ao PEE, verificou-se que nos últimos anos, a maior parte dos recursos públicos destinados à eficiência energética foram aplicados aos setores residencial, comercial e público, sendo que as ações voltadas ao setor industrial, concentraram-se na eficiência de sistemas motrizes, sendo o uso final responsável por cerca de 68,3% do consumo de energia no setor industrial.

Já para o PROCEL, baseando-se em estimativas de mercado e aplicação de metodologias específicas de avaliação de resultados, estima-se que em 2017 o programa foi responsável por uma economia de energia da ordem de 21,2 bilhões de kWh (considerando todas as áreas de atuação do PROCEL). Tratando-se do setor industrial, no período de 2003 a 2015, o PROCEL foi responsável por uma economia de energia correspondente a 12.932,43 GWh/ano, sendo este resultado superior aos resultados apurados no PEE para o setor industrial no período entre 2008 a 2016. Embora os resultados reportados pelo PROCEL considerem os resultados acumulados no período de doze anos, nota-se a maior contribuição deste programa para o setor, em relação à contribuição do PEE, com apenas 174,39 GWh/ano de energia economizada no período de oito anos.

Dentre as ações de conservação de energia do setor industrial, o PROCEL tem como foco principal, a otimização de sistemas motrizes, que compreende instalações elétricas, motores elétricos, transmissão mecânica, cargas acionadas, instalações mecânicas e uso final, sendo reconhecido que esses sistemas representam a maior parcela do consumo de energia elétrica na indústria, além de apresentarem o maior potencial técnico de conservação de energia elétrica. Além dos sistemas motrizes, o programa também possui ações que atuam em sistemas térmicos e nos processos. O PROCEL possui em suas áreas de atuação, o objetivo de transformar o mercado de eficiência energética, realizando suas atividades por meio de convênios, protocolos de cooperação técnica e memorandos de entendimento com agentes nacionais e internacionais.

Emissões de CO₂ evitadas por programas de eficiência energética

As ações do PEE evitaram a liberação de cerca de 1,42 MtCO₂ para a atmosfera, no período entre 2009 a 2015, os quais foram contabilizadas para diferentes regiões e setores econômicos do país. Para o setor industrial, o PEE foi responsável por evitar a emissão de 34.849,30 tCO₂ na atmosfera (2% do valor total alcançado pelo PEE) (VIEIRA; NOGUEIRA; HADDAD, 2018).

Considerando que a indústria é o setor responsável pelo consumo de energia de cerca de 33%, o resultado reportado é pequeno, visto o grande potencial existente para reduzir emissões por meio de ações de eficiência energética. Sendo o PEE um mecanismo de destinação de recursos para o financiamento de ações de conservação de energia, a alocação destes para o segmento industrial traria não somente vantagens energéticas, mas também benefícios ambientais e melhor competitividade no setor, reforçando as críticas observadas às regulamentações impostas ao programa.

O montante de energia economizada no ano de 2017 (incluindo todas as áreas de atuação do PROCEL) ajudou o país a evitar que 1,965 MtCO₂ equivalentes fossem liberadas na atmosfera. No período de 2003 a 2015, o PROCEL foi responsável por evitar a emissão de 4,28 MtCO₂ para o ambiente, proveniente de ações de eficiência energética realizadas (VIEIRA, 2016; PROCEL, 2018).

Tanto para o PEE (Figura 4) como para o PROCEL (Figura 5), verifica-se que a maior parte dos resultados de emissões evitadas no setor industrial corresponde ao uso de sistemas motrizes, com uma pequena participação da iluminação.

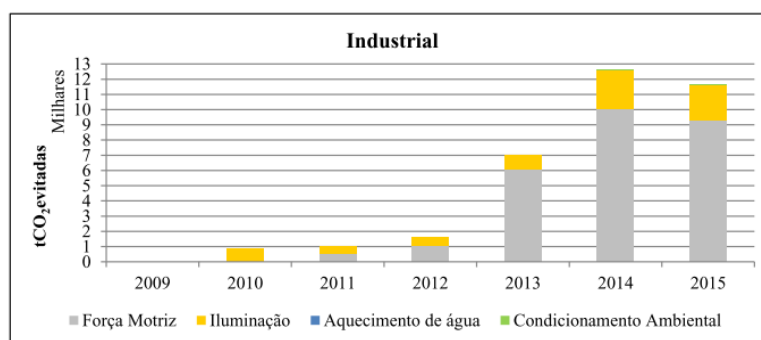


Figura 4: Distribuição das emissões evitadas no setor industrial pelo PEE, de 2009 a 2015.
Fonte: VIEIRA (2016)

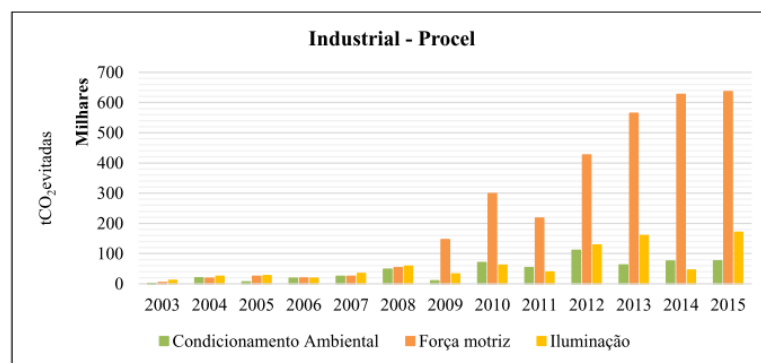


Figura 5: Distribuição das emissões evitadas no setor industrial pelo PROCEL, de 2003 a 2015.
Fonte: VIEIRA (2016)

Os sistemas motrizes são grandes colaboradores para a redução das emissões no setor, cujo impacto começou a ser maior a partir de 2013 para o PEE, conforme observado na Figura 4, e a partir de 2009 para o PROCEL, conforme Figura 5. Nota-se que a partir de 2009, devido à retomada econômica após a crise de 2008, provocou maior consumo energético, principalmente em razão da força motriz utilizada nas indústrias. Outro fato que impulsionou as emissões evitadas foi a melhoria da eficiência energética de equipamentos de força motriz, a exemplo, os motores elétricos de indução.

O Decreto nº 4.508/2002, regulamentando a Lei nº 10.295/2001, definiu níveis mínimos de eficiência energética para motores elétricos trifásicos de indução rotor gaiola de esquilo, de fabricação nacional ou importados, para comercialização ou uso no Brasil. Além disso, a Portaria Interministerial nº 553/2005, estabeleceu que apenas motores de alto rendimento seriam fabricados no país, ou seja, sem a distinção entre níveis de rendimento nominal das linhas padrão e alto rendimento de motores elétricos de indução. Com isso, foi estabelecido prazos limites para a fabricação, comercialização e importação dos novos motores, culminando no ano de 2009, como

pode ser percebido pela Figura 5, em que a força motriz apresentou maior valor de emissões evitadas, em comparação aos anos anteriores.

Ressalta-se que o desenvolvimento econômico de países emergentes, como é o caso do Brasil, consiste em uma das principais causas para o considerável aumento das emissões de CO₂ e do consumo de energia. Embora esses países possam reduzir as emissões de CO₂ por unidade de uso da energia, o desenvolvimento econômico propicia o aumento do consumo total de energia muito rapidamente. Portanto, países em desenvolvimento possuem o desafio de determinar um modo de crescimento econômico sustentável, aliado à conservação de energia e redução das emissões.

As emissões evitadas fazem referência aos danos que não serão causados, em virtude da ausência de operações que emitem GEE ou pela menor emissão de GEE em atividades sustentáveis. Há para esses casos uma linha de base para a averiguação do cenário com e sem emissões. São benefícios diretos para o meio ambiente em termos da mitigação dos impactos ambientais. Quando as atividades seguem uma política de sustentabilidade, podem ter uma equivalência na redução de GEE, e paralelamente, trazem benefícios para a sociedade em termos ambientais e socioeconômicos, e de forma geral melhoram a qualidade de vida das populações.

Investir em ações de eficiência energética, é uma necessidade para auxiliar na redução dos impactos ambientais, pois contribui com a redução das emissões de GEE. Além disso, técnicas modernas e equipamentos eficientes também podem aumentar a competitividade e credibilidade nos preços de produtos e de serviços.

Emissões de CO₂ e impactos ambientais do consumo energointensivo do setor industrial

O setor energético apresenta-se como o setor de maior crescimento em emissões dos últimos anos, sendo assim, de fundamental importância a utilização de fontes renováveis na geração de energia, junto às políticas de eficiência energética, bem como, a conscientização da população sobre estas questões. Nota-se ainda que as maiores emissões ocorrem, atualmente, para uso da terra, o que é coerente, dadas as características de uso do solo no Brasil, como representado na Figura 6. Já para o setor industrial, as emissões triplicaram, porém em uma escala menor.

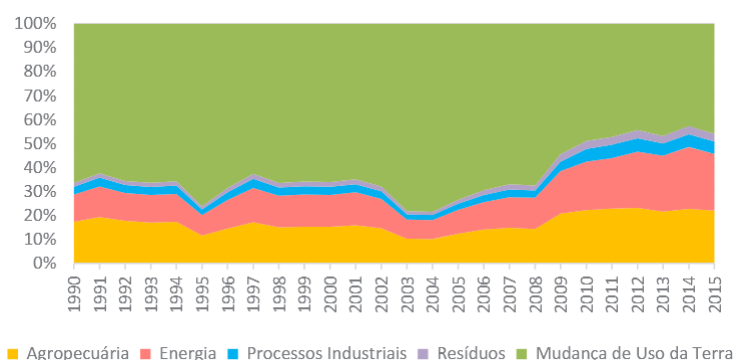


Figura 6: Participação das emissões brutas de CO₂ por setor.

Fonte: SEEG (2018)

As Figuras 7 e 8, apresentam a distribuição das emissões dentro do setor industrial e um resumo das emissões evitadas considerando os setores consumidores, respectivamente. Este último inclui uma estimativa de redução destas emissões, conforme o compromisso brasileiro de redução até o ano de 2020, de 36,1% a 38,9% do total de emissões. No setor industrial, como mostra a Figura 7, a produção de metais corresponde à atividade com maior número de emissões.

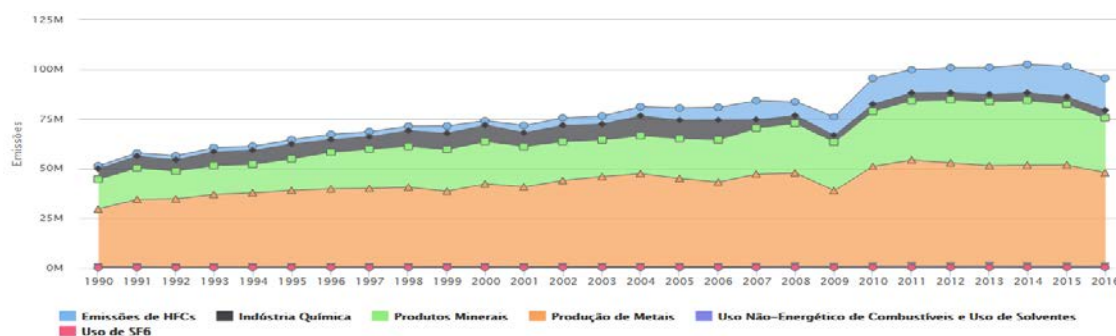


Figura 7: Detalhamento das emissões para o setor industrial.

Fonte: SEEG (2018)

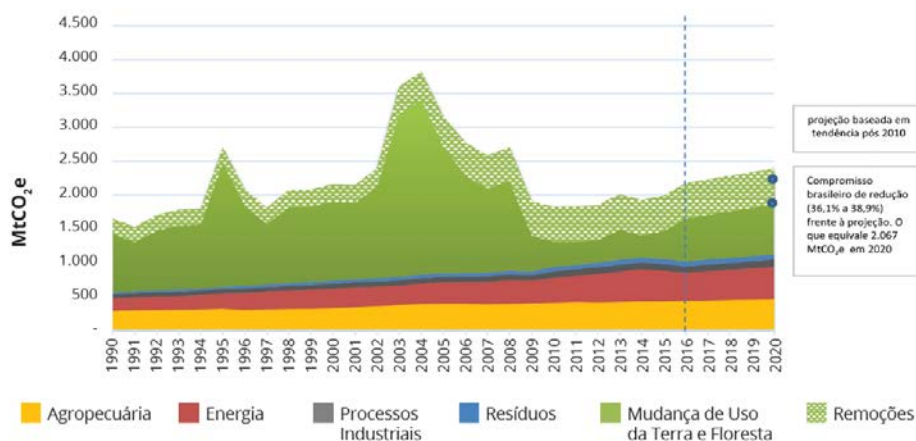


Figura 8: Projeção de emissões no Brasil por setor (Mt CO₂).

Fonte: SEEG (2018)

A grande utilização de fontes renováveis na matriz energética brasileira, confere ao país uma redução das emissões de GEE em termos absolutos, entretanto, o consumo de energia de forma intensiva na indústria, pelo uso de combustíveis fósseis tem aumentado as emissões de CO₂ per capita (CAMIOTO; MARIANO; REBELATTO, 2014).

A Figura 9 apresenta as atividades da Figura 6, que são as atividades com maior contribuição para as emissões de GEE do setor industrial, com foco nas quantidades, para maior detalhamento. A indústria de produção de metais é a maior emissora (corresponde a 51% das emissões), e nesse setor, 83% está relacionado a produção de ferro e aço. No setor de produção de minerais (27%), as maiores emissões estão na produção do cimento e cal, com 74% e 23%, respectivamente. Já para os 4% gerados na indústria química, a maior parte das emissões é devida a indústria de amônia (53%), negro de fumo (17%) e ácido nítrico (5%). Para as emissões de HFC's são um total de 17% e para as atividades de uso não energético de combustíveis e uso de solventes somados às emissões de SF₆ equivalem a somente 1% do total das emissões.

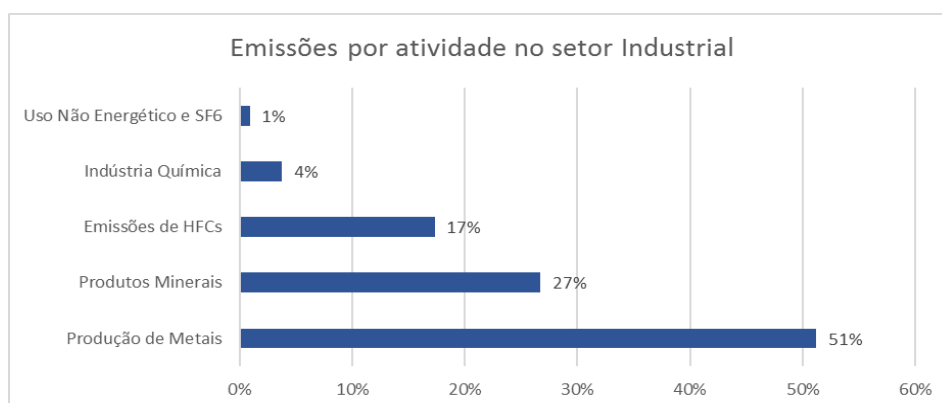


Figura 9: Contribuição das emissões por atividade no setor industrial.

Fonte: SEEG (2019)

A Tabela 2 apresenta os principais gases emitidos em cada uma das principais atividades pertencentes ao setor industrial.

Tabela 2: Principais gases gerados no setor industrial.

Produção de Metais	Produtos Minerais	Emissões de HFC's	Indústria Química	Uso Não Energético
N ₂ O	CO ₂	HFC	No _x	SF ₆
CH ₄			CO ₂	CO ₂
No _x			COVNM	COVNM
COVNM			N ₂ O	
CO			CO	
CF ₄			CH ₄	
C ₂ F ₆				
CO ₂				

Fonte: SEEG (2016)

Diferentemente dos setores doméstico, transporte e outros, o setor industrial apresenta impactos em variadas vertentes. A poluição derivada do setor industrial inclui transformações no ar atmosférico, nas águas, no solo e ainda, existe a possibilidade de acidentes ambientais, como vazamentos de óleo, escapes de gases danosos ao meio ambiente e à saúde, materiais particulados, efluentes líquidos, entre outros (JURAS, 2015). A quantidade e composição (química, física e biológica) dos resíduos industriais gerados depende do tipo de indústria e dos produtos por ela produzidos. É fundamental a caracterização desses resíduos, tratamento e correta disposição final.

A poluição atmosférica advém dos processos industriais, de transportes, da queima de combustíveis fósseis, das queimadas originadas no desmatamento, da geração de energia elétrica, e ainda, proveniente da cana de açúcar no setor sucroalcooleiro. Estes impactos podem alterar a composição do ar atmosférico, bem como alterar a composição de materiais expostos ao ambiente e ainda causar danos à saúde humana e comprometer a integridade de animais e vegetais. Dentre os impactos causados pelo setor industrial em relação às águas, podem ser citados, os compostos químicos (solventes e agrotóxicos orgânicos e inorgânicos), contaminantes biológicos, metais (chumbo, mercúrio, zinco, cobre), descarte de efluentes utilizados em torres de refrigeração, material particulado em suspensão, produtos farmacêuticos e produtos de cuidados pessoais. O conhecimento da vazão e da composição do efluente líquido possibilita a identificação das cargas de poluentes, o que é fundamental para correto tratamento.

Para os impactos relacionados ao solo, a grande preocupação está na destinação final de resíduos e nas áreas possuidoras de um histórico industrial, aliado à falta de legislação e/ou efetivo cumprimento sobre resíduos perigosos (tratamento e descarte final), o que criou um quadro não sustentável de áreas contaminadas e pouca disponibilidade de dados correlatos. É recomendada a prática de ações como incineração, compostagem ou reciclagem de resíduos sólidos de modo a reduzir o grau de poluição destes resíduos, e ainda, obter subprodutos que podem ser aproveitados e possuem valor de comercialização.

A geração de produtos sustentáveis está relacionada à criação e ao uso de sistemas e processos não poluentes, que conservam a energia e os recursos naturais, de forma segura e saudável para colaboradores, consumidores, comunidade e todas as partes interessadas, a curto e longo prazo. Assim, o setor industrial, pode atuar de forma responsável para uma produção limpa e desta forma minimizar os impactos inerentes à sua atividade.

CONCLUSÕES

Os resultados realizados pelo PEE e PROCEL ao longo dos anos, demonstram como ainda são pequenas as economias obtidas, frente a todo o potencial existente no setor com maior demanda de energia elétrica do país. Devido às características e particularidades de cada programa, o setor industrial, muitas vezes, enfrenta desafios e burocracias envolvidas desde a aprovação de um projeto junto ao órgão de financiamento, incluindo contratos de desempenho, até a sua efetiva implantação. Porém, os desafios existentes não podem consistir em empecilhos para a execução de um projeto de eficiência energética industrial. Os benefícios oriundos dessa ação podem superar todos os esforços demandados na concepção e execução do projeto, consistindo em benefícios de ordem financeira, econômica e ambiental.

O setor industrial apresenta alta demanda de energia e portanto possui grande potencial de eficiência energética, e todo esse potencial pode ser explorado através de políticas de promoção ao uso de equipamentos industriais mais eficientes e também, por meio da melhoria na eficiência geral dos processos, com a implementação do gerenciamento de energia. A busca pela ampliação da eficiência energética poderá reduzir a necessidade de aumentar a capacidade de geração e de novos investimentos no setor, consequentemente, liberando recursos para investimento em medidas de proteção ambiental, de segurança e melhoria das usinas geradoras já existentes, em tecnologias limpas, entre outras.

Deve haver uma maior integração da sustentabilidade no setor industrial, de modo a implementar práticas sustentáveis que visem a preocupação social, econômica e redução do consumo de energia, somadas as políticas relativas aos incentivos governamentais, que podem promover o desenvolvimento sustentável nas indústrias. Para tratar as questões ambientais, é fundamental uma gestão integrada das atividades das empresas de modo a responsabilizar os setores e aumentar a conscientização ambiental dos envolvidos, e desta forma, aumentar o valor agregado aos produtos e o consequente valor final de mercado da organização.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). **Investimento no PEE desde a publicação da RN 300/2008 até março de 2016**. 2018. Disponível em: www.aneel.gov.br/documents/656831/14930488/PEE+Projetos+junho2016/7a401677-72ac-4557-8532-adb200c1a753. Acesso em: 22 nov. 2018.
2. AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). **Relatórios de Consumo e Receita de Distribuição**. 2019. Disponível em: www.aneel.gov.br/relatorios-de-consumo-e-receita. Acesso em: 08 abr. 2019.
3. AZEVEDO, T. R. de *et al.* Estimates of Brazilian greenhouse gas emissions from 1970 to 2015. **Scientific Data**, v. 5, mai. 2018.
4. BARBOSA FILHO, F. H. A crise econômica de 2014/2017. **Estudos Avançados**, v. 31, n. 89, p. 51-60, 2017.
5. CAMIOTO, F. de C.; MARIANO, E. B.; REBELATTO, D. A. do N. Efficiency in Brazil's industrial sectors in terms of energy and sustainable development. **Environmental Science & Policy**, v. 37, p. 50-60, mar. 2014.
6. EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). **Relatório Síntese Balanço Energético Nacional 2018: Ano base 2017, 2018**. Rio de Janeiro, 2018. 62 p.
7. GOLDEMBERG, J. **Energia, Meio Ambiente & Desenvolvimento**. São Paulo, Editora da Universidade de São Paulo, 2001.
8. HILLE, E.; SHAHBAZ, M. Sources of emission reductions: Market and policy-stringency effects. **Energy Economics**, v. 78, p. 29-43, 2019.
9. JURAS, I. A. G. M. Os impactos da indústria no meio ambiente. Consultoria Legislativa. Anexo III. Brasília, 2015.
10. MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (MME). **Plano Nacional de Eficiência Energética: premissas e diretrizes básicas**. 2011. Brasília: MME, 2011. 134 p.

11. MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (MME). **Plano Nacional de Energia 2030: Eficiência Energética**. 2007. Brasília: MME/EPE, 2007. 271 p. 12 v.
12. PROCEL. **Resultados PROCEL 2018: ano base 2017**. 2018. Rio de Janeiro: Eletrobrás, 2018. 60 p.
13. SANTANA, P. H. de M.; BAJAY, S. V. New approaches for improving energy efficiency in the Brazilian industry. **Energy Reports**, v. 2, p. 62-66, nov. 2016.
14. SEEG - Sistema de Estimativa de Emissão de Gases de Efeito Estufa. **Emissões de GEE do Brasil. Documento de Análise, 2018**. Período 1970-2016. Observatório do Clima. 2018.
15. SEEG - Sistema de Estimativa de Emissão de Gases de Efeito Estufa. **Emissões Totais**. 2019. Disponível em: http://plataforma.seeg.eco.br/total_emission. Acesso em: 03 abr. 2019.
16. SEEG - Sistema de Estimativa de Emissão de Gases de Efeito Estufa. **Estimativa de Emissões de Gases de Efeito Estufa no Brasil em 2016**. Resumo por setores. Infográfico. 2016.
17. SILVA, R. C.; MARCHI NETO, I.; SEIFERT, S. S. Electricity supply security and the future role of renewable energy sources in Brazil. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 59, p. 328-341, 2016.
18. SILVA, F. I. A.; GUERRA, S. M. G. Analysis of the energy intensity evolution in the Brazilian industrial sector - 1995 to 2005. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 13, n. 9, p. 2589-2596, dez. 2009.
19. UHR, D. A. P.; CHAGAS, A. L. S.; UHR, J. G. Z. Estimation of elasticities for electricity demand in Brazilian households and policy implications. **Energy Policy**, v. 129, p. 69-79, 2019.
20. VIEIRA, N. D. B. **Avaliação dos impactos energéticos na redução das emissões de CO₂ associadas aos mecanismos de Eficiência Energética no Brasil: uma proposta metodológica e estudo de caso**. 2016. 118 p. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós Graduação em Engenharia de Energia, Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2016.
21. VIEIRA, N. D. B.; NOGUEIRA, L. A. H.; HADDAD, J. An assessment of CO₂ emissions avoided by energy-efficiency programs: A general methodology and a case study in Brazil. **Energy**, v. 142, p. 702-715, jan. 2018.
22. WACHSMANN, U.; WOOD, R.; LENZEN, M.; SCHAEFFER, R. Structural decomposition of energy use in Brazil from 1970 to 1996. **Applied Energy**, n. 86, p. 578-587, 2009.
23. WORLD BANK. **World development indicators**. Disponível em: <http://databank.worldbank.org/data/reports.aspx?source=world-development-indicators>. Acesso em: 2 mai. 2018.