

## MUDANÇA DE PARADIGMA NA GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA BRASILEIRA A EXPERIÊNCIA DE MINAS GERAIS

Cleuber Vieira dos Santos da Silva\*

**Resumo:** Este trabalho objetiva compreender a expansão da energia fotovoltaica no Brasil e em Minas Gerais, partindo da compreensão de quatro *drives* importantes para o desenvolvimento econômico, bem como para a construção da matriz energética que são: as condições iniciais, isto é, o ponto de partida para alterar a matriz energética; segundo, a inovação tecnológica que não é somente as novas tecnologias, mas também as inovações gerenciais que permitam a construção de novas fontes energéticas; o terceiro são os marcos regulatórios que dão segurança jurídica para novos empreendimentos e por fim, o quarto *drive* que são os investimentos para que sejam implantada a potência instalada fotovoltaica. A metodologia pressupõe uma bibliografia teórica e normativa pertinente, a consulta e registro dos dados da Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL, com a finalidade de verificar o desempenho da legislação e dos investimentos na fonte energética solar fotovoltaica. Basicamente há dois documentos que regulamentam a geração de energia no Brasil (a Resolução Normativa da ANEEL nº 482/2012 e Revisão da 482 em 2015, pela 687) e os dois que norteiam a geração em Minas Gerais (a Lei 20.824/31/07/2013 e a Lei 22.866/9/2018). Foram estes documentos que possibilitaram a expansão da potência instalada, em energia fotovoltaica no Brasil e em Minas Gerais, realizando em Dezembro de 2018, a meta para ser alcançada em Dezembro de 2019, conforme dados da ANEEL. Os resultados são robustos para o Brasil e Minas Gerais, sendo que em Minas, os resultados são mais destacados, devido a regulação que fora construída pelo estado de Minas Gerais que estimulou a implantação desta

---

\* Professor da UNIMONTES e doutorando em Estudos do Desenvolvimento no ISEG, Lisboa.

fonte energética e, pelo estado ter abundância solar, conforme o seu mapa solarimétrico. Por isso que Minas Gerais contribui com 21,8% de energia solar fotovoltaica na matriz energética nacional; o Rio Grande do Sul contribui com 15,7%, São Paulo com 12,2%; o Paraná com 6,1%; Santa Catarina com 5,4% e o Rio de Janeiro com 4,2% em 2018. A conclusão é que Minas Gerais em relação ao Brasil, no que se refere a fonte energética solar fotovoltaica, se destaca, a partir de 2012, devido as suas condições iniciais, a sua regulação atualizada e a implantação de plantas solares, tornando o estado de Minas, a frente em termos de potência instalada, contemplado todos os elementos da teoria que suporta este trabalho: o 4 *drives* do desenvolvimento, elencados por Fatás e Mihov.

**Palavras-chave:** Desenvolvimento, Energia Solar, Inovação, Regulação, Investimento.

**Abstract:** This work aims to understand the expansion of photovoltaic energy in Brazil and Minas Gerais, starting from the understanding of four important drives for economic development, as well as for the construction of the energy matrix, which are: the initial conditions, that is, the point starting point to change the energy matrix; second, technological innovation that is not only new technologies, but also managerial innovations that allow the construction of new energy sources; the third is the regulatory frameworks that provide legal certainty for new ventures and, finally, the fourth drive, which is the investment to implement the installed photovoltaic power. The methodology presupposes a pertinent theoretical and normative bibliography, consultation and recording of data from the National Electric Energy Agency - ANEEL, in order to verify the performance of legislation and investments in the photovoltaic solar energy source. There are basically two documents that regulate energy generation in Brazil (ANEEL Normative Resolution No. 482/2012 and Review of 482 in 2015, by 687) and the two that guide generation in Minas Gerais (Law 20,824 / 31/07 / 2013 and Law 22.866 / 9/2018). These documents enabled the expansion of installed power in photovoltaic energy in Brazil and Minas Gerais, realizing in December 2018, with goal to be reached in December 2019, according to data from ANEEL. The results are robust for Brazil and Minas Gerais, and in Minas, the results are more outstanding, due to the regulation that was built by the state of Minas Gerais that stimulated the implantation of this energy source and, because the state has solar abundance, according to the solarimetric map. That is why Minas Gerais contributes 21.8% of photovoltaic solar energy to the national energy matrix; Rio Grande do Sul contributed with 15.7%, São Paulo with 12.2%; Paraná with 6.1%; Santa Catarina with 5.4% and Rio de Janeiro with 4.2% in 2018. The conclusion is that Minas Gerais, in relation to Brazil, as regards the photovoltaic solar energy source, stands out, from 2012, due its initial conditions, its updated regulation and the implantation of solar plants, making the state of Minas,

the front in terms of installed power, contemplating all the elements of the theory that supports this work: the 4 development drives, listed by Fatás and Mihov.

**Keywords:** Development, Solar Energy, Innovation, Regulation, Investment.

**Resumen:** Este trabajo tiene como objetivo comprender la expansión de la energía fotovoltaica en Brasil y Minas Gerais, a partir de la comprensión de cuatro impulsores importantes para el desarrollo económico, así como para la construcción de la matriz energética, que son: las condiciones iniciales, es decir, el punto punto de partida para cambiar la matriz energética; segundo, innovación tecnológica que no es solo nuevas tecnologías, sino también innovaciones gerenciales que permiten la construcción de nuevas fuentes de energía; el tercero son los marcos regulatorios que brindan seguridad jurídica para nuevas empresas y, finalmente, el cuarto impulsor, que es la inversión para implementar la energía fotovoltaica instalada. La metodología presupone una bibliografía teórica y normativa pertinente, consulta y registro de datos de la Agencia Nacional de Energía Eléctrica - ANEEL, para verificar el desempeño de la legislación y las inversiones en la fuente de energía solar fotovoltaica. Básicamente, existen dos documentos que regulan la generación de energía en Brasil (Resolución Normativa ANEEL No. 482/2012 y Revisión de 482 en 2015, por 687) y los dos que guían la generación en Minas Gerais (Ley 20.824 / 31/07 / 2013 y la Ley 22.866 / 9/2018). Fueron estos documentos los que permitieron la expansión de la energía instalada, en energía fotovoltaica en Brasil y Minas Gerais, logrando en diciembre de 2018, el objetivo que se alcanzaría en diciembre de 2019, según datos de ANEEL. Los resultados son sólidos para Brasil y Minas Gerais, y en Minas, los resultados son más sobresalientes, debido a la regulación que fue construida por el estado de Minas Gerais que estimuló la implantación de esta fuente de energía y, debido a que el estado tiene abundancia solar, según el Su mapa solarimétrico. Es por eso que Minas Gerais aporta el 21.8% de la energía solar fotovoltaica a la matriz energética nacional; Rio Grande do Sul contribuyó con el 15.7%, São Paulo con el 12.2%; Paraná con 6.1%; Santa Catarina con 5.4% y Río de Janeiro con 4.2% en 2018. La conclusión es que Minas Gerais en relación con Brasil, en lo que respecta a la fuente de energía solar fotovoltaica, se destaca, a partir de 2012, por sus condiciones iniciales, su regulación actualizada y la implantación de plantas solares, hacen del estado de Minas, el frente en términos de potencia instalada, contemplando todos los elementos de la teoría que respalda este trabajo: los 4 impulsos de desarrollo, enumerados por Fatás y Mihov.

**Palabras clave:** Desarrollo, Energía Solar, Innovación, Regulación, Inversión.

## Introdução

A energia elétrica é um bem essencial a todos os setores socioeconômicos, sendo seu fornecimento ininterrupto, com qualidade e preços módicos, imprescindível para o desenvolvimento. Conforme destaca Tolmasquim (2012), a capacidade de um país em prover energia para o desenvolvimento de sua produção, com segurança e em condições competitivas e ambientalmente sustentáveis, é um dos fundamentos para sua sustentabilidade econômica. A energia é um insumo, entretanto, ele não é diretamente estocável em grandes quantidades, implicando na necessidade de que sua geração e consumo se deem simultaneamente de forma a haver um equilíbrio instantâneo, segundo Pinto *et al.* (2007).

O Setor Elétrico vem passando por transformações expressivas, que estão alterando o seu paradigma tradicional, marcado pelas alterações do papel passivo do consumidor final em um consumidor ativo, do fluxo unidirecional de energia elétrica para o fluxo bidirecional e pela geração centralizada à descentralizada.

Este artigo tem por objetivo demonstrar como o paradigma de geração de energia elétrica tem se alterado disruptivamente à luz dos *drivers* que determinam o desenvolvimento, bem como mostrar o comportamento das instituições e dos estímulos aos investimentos em Minas Gerais em termos de geração distribuída.

Segundo Fatás e Mihov (2009), alguns *drivers* para o desenvolvimento são importantes e, a infraestrutura energética que é um dos suportes do desenvolvimento, é muito impactada pelos *drivers* elencadas pelos autores citados, sendo que o primeiro são as condições iniciais, isto é, o ponto de partida em que se encontra a região observada das fronteiras mais avançadas em termos de desenvolvimento; o segundo são as condições de absorção de inovação tecnológica que a própria macro região tem; o terceiro, são as condições institucionais e regulatórias que a região dispõe e, por fim a quarta, são as condições de incentivo e investimento disponíveis.

É importante ressaltar, com base em Fatás e Mihov que as condições institucionais e de investimento são fundamentais para a Oferta de Energia, mas igualmente importante é o acesso as inovações tecnológicas, devido as

alterações climáticas que são manifestas em nosso tempo e que urge a mudança na matriz energética nacional, principalmente na complementariedade à fonte hídrica, devido à escassez hídrica.

## **1 Condições iniciais de ajuste do modelo de geração de energia no Brasil**

Conceitualmente é importante considerar que quanto mais longe um país estiver da fronteira de desenvolvimento dos mais avançados, maiores serão as suas taxas de crescimento e quando um país se aproxima desta fronteira de desenvolvimento, o seu crescimento desacelera e o aumento acentuado modera-se para a mesma taxa daqueles países avançados. Assim, os países pobres têm o potencial de recuperar o atraso, ou seja, crescer às taxas muito mais rápidas que os países ricos, até convergirem para a mesma renda *per capita*. Uma vez atingido esta convergência seu crescimento diminui. E, para que esta convergência ocorra, é necessário um ambiente em que a tecnologia e os bens possam fluir livremente entre os países.

Cabe ressaltar que é a

combinação de um ambiente político internacional estável (pelo menos entre esses países), o aumento do comércio e fluxos de capital, com o surgimento de grandes corporações multinacionais, além da redução no custo de transporte e comunicação, (é o) que está por trás da forte convergência que se obteve em vários países, após a década de 1950 (FATÁS, A.; MIHOV I, 2009).

Seguindo a história recente do setor elétrico brasileiro, principalmente ao longo da segunda metade da década de 1990 até 2002 vigorou no país um modelo para o setor elétrico com tendências liberais. Conforme destacado por Tolmasquim (2011), a reforma liberal dos anos de 1990 mostrou-se ineficaz na garantia dos principais objetivos de um serviço público, como confiabilidade de suprimento, a modicidade tarifária e a universalidade. Ademais, nesse período o planejamento setorial foi relegado a segundo plano, sendo transferido para responsabilidade dos agentes privados, conforme Castro *et al.* (2012). A ausência de planejamento somada a questões técnicas e ambientais culminaram em 2001, em uma grave crise de abastecimento que gerou diversos questionamentos acerca dos rumos do Sistema Elétrico

Brasileiro. Conseqüentemente iniciou-se a implantação de um novo modelo que trouxe a retomada da coordenação e planejamento com atuação mais ativa do Estado. E que foi instaurado entre os anos de 2003 e 2004. Este novo modelo alterou o método de contratação de energia elétrica e trouxe a retomada do planejamento centralizado ao setor.

Em contraste com o momento anterior de cunho mais liberal, o modelo instaurado a partir de 2003 caracterizou-se por ser mais híbrido e marcado por uma maior participação estatal através de parcerias público-privadas, com o Estado tendo um papel de complementariedade e orientação em relação às empresas privadas. Este modelo foi construído com base em três grandes objetivos que fora a expansão da capacidade instalada para atender crescimento da demanda, a modicidade tarifária e a universalização do acesso à eletricidade, conforme destaca Castro *et al.* (2012).

Para atingir esses objetivos, uma das mudanças foi a criação de dois ambientes de contratação de energia: sendo o primeiro o Ambiente de Contratação Livre - ACL, com capacidade de negociação dos contratos de suprimento; e o Ambiente de Contratação Regulada - ACR, no qual a compra de energia se dá observando o critério de menor tarifa através de leilões. A contratação de energia no ACR é formalizada por meio de contratos bilaterais regulados celebrados entre agentes vendedores e distribuidores que participam desses leilões, como nos irá ensinar Costa (2016).

A partir do ano de 2004, passou a vigorar um novo modelo para o Setor Elétrico Brasileiro, com base na garantia da expansão da capacidade instalada, na modicidade tarifária e na universalização do acesso à eletricidade. Para atingir estes objetivos, foi retomado o planejamento subordinado à responsabilidade do Estado, que havia sido transferido para os agentes privados a partir dos anos 1990 e com a criação da Empresa de Pesquisa Energética (EPE) buscou-se atender a esta finalidade e, através do Plano Decenal de Expansão de Energia - PDE, procurou-se formular anualmente as previsões de expansão de oferta, com base na demanda de energia para um período de 10 anos seguintes, transformando-se em importante instrumento de planejamento para o setor elétrico brasileiro. A contratação de nova capacidade instalada passa então a ser adquirida através de leilões de energia, através dos quais é realizada a concessão de novas usinas e garante-se o atendimento à totalidade da expansão da demanda prevista pelas distribuidoras para os consumidores cativos como pontua Costa (2016).

Para um setor tão sensível à sociedade e a produção de bens e serviços, como é o setor elétrico, o planejamento é indispensável à garantia da segurança energética nacional, devendo considerar três aspectos centrais: econômico, social e ambiental. Com base nestes aspectos, no ano de 2004 foi autorizada a criação da Empresa de Pesquisas Energética - EPE, como já referida acima, com a finalidade de elaborar estudos e pesquisas destinados a subsidiar o planejamento do setor energético, norteando o governo e demais agentes em sua tomada de decisão e estabelecimento de diretrizes. Os estudos desenvolvidos pela EPE abrangem horizontes diversos, realizando projeções de cenários econômicos e energéticos de modo a garantir a oferta futura segura e economicamente viável para a sociedade como um todo. Dentre tais estudos destaca-se o Plano Decenal de Energia (PDE), com periodicidade anual, que fórmula as previsões de expansão de oferta, com base na demanda de energia para um período de 10 anos. Para tanto, são elaborados cenários de oferta de energia sustentáveis dos pontos de vista econômico, técnico e ambiental, através da análise de variáveis macroeconômicas, ambientais, sociais e tecnológicas. Tais projeções são de suma importância para um setor no qual os investimentos são intensivos em capital e com longo prazo de maturação, ou seja, suas diretrizes devem ser determinadas com responsabilidade e antecedência. Assim, o PDE se mostra como um importante instrumento de planejamento para o setor elétrico.

Esta alteração institucional que ocorreu em 2004 foi importante para dar previsibilidade e estimular os agentes econômicos interessados, tanto nacionais como internacionais em gerar energia a se organizarem e pleitearem, através de leilões regulados ou livres, a sua participação no mercado gerador de energia elétrica nacional.

## **2 Inovação tecnológica e seus impactos no paradigma tradicional**

Outro fator importante quando se pensa o desenvolvimento é a Inovação Tecnológica. Frequentemente, associamos a inovação as novas tecnologias ou novos produtos, mas na realidade, uma quantidade significativa de inovação também se refere a novas formas de produzir as mesmas coisas antigas através de um melhor gerenciamento e uma melhor organização da produção.

Usamos o termo inovação para significar invenções tecnológicas e inovações gerenciais ou organizacionais (FATÁS, A.; MIHOV I, 2009).

Nesta discussão é útil introduzir o conceito da fronteira tecnológica mundial, pois um país cujas possibilidades de produção e estrutura organizacional estão localizadas nessa fronteira, utiliza-se das tecnologias mais avançadas, o capital mais avançado, a mão-de-obra mais qualificada e implementa as melhores práticas gerenciais para produzir uma variedade de bens e serviços.

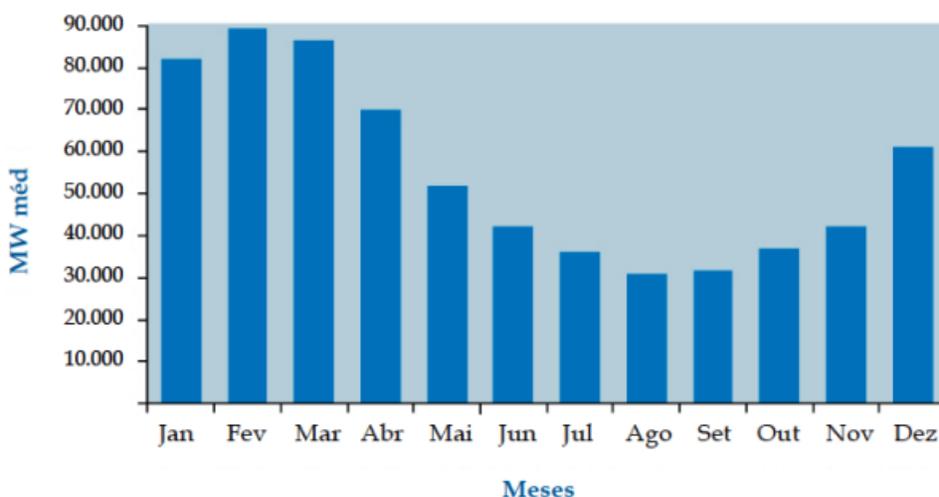
Como o crescimento do PIB *per capita* é principalmente o resultado da inovação e do investimento em tecnologia, a estabilidade da taxa de crescimento indica que o progresso tecnológico foi um processo contínuo sem pausa por mais de 130 anos nos países mais avançado na fronteira do desenvolvimento. A afirmação mais precisa é a de que “a adoção de inovações tecnológicas e organizacionais ocorreu na proporção que implica uma taxa de crescimento constante da economia de 1,85% ao ano”, como sustenta Fatás (2009). Assim, embora possa haver surtos de inovação, a adoção de novas tecnologias prossegue a um nível taxa relativamente estável.

Cabe destacar, no *driver* da inovação tecnológica para o desenvolvimento que, a geração de energia, como pontua Castro (2017), seguia um fluxo unilateral, no tradicional paradigma do setor elétrico, baseando-se no princípio de que a geração segue a carga, ou seja, a produção é uma variável dependente da demanda de energia elétrica. A energia é produzida em uma unidade geradora e, através de linhas de transmissão e redes de distribuição, segue um fluxo unidirecional até os centros de carga ou demanda, para atender os consumidores finais, pois historicamente, as centrais geradoras são grandes empreendimentos com alta capacidade instalada, conectadas às linhas de transmissão e que se localizam longe dos centros de consumo. O paradigma permanece sendo a geração centralizada, com a energia elétrica seguindo um fluxo unidirecional de energia através de linhas de transmissão e da rede de distribuição, até chegar aos consumidores finais, ou seja, o princípio é “a geração segue a carga”.

No entanto, como os reservatórios hidrelétrico brasileiros, principalmente no período seco como se pode observar no Gráfico 01, a partir dos dados dos reservatórios do Organizador Nacional do Sistema, que apresenta a Ener-

gia Natural Afluyente, entre o período úmido do ano (Dezembro, Janeiro, Fevereiro, Março e Abril) e, o período seco (Maio, Junho, Julho, Agosto, Setembro e Outubro), permitiu que o Brasil atendesse sua demanda energética através da hidroeletricidade através da construção de grandes reservatórios capazes de estocar água no período úmido do ano e a conservação desta reserva em energia elétrica no período seco do ano. Contudo, não se pode abster da constatação que a oferta de energia hidroelétrica no médio e longo prazo é em função das afluências verificadas e, neste sentido é preciso que a capacidade instalada do sistema seja consideravelmente superior à demanda de ponta do sistema e que o sistema tenha centrais térmicas instaladas e atuando como *backup* estrutural para o parque gerador. Como a construção de grandes reservatórios não podendo ser mais possível construir devido o potencial hidrelétrico atual está localizado em regiões de topografia suave, com quedas pouco pronunciadas nas partes mais caudalosa, tornou-se urgente pensar alternativas complementares ao Parque Hídrico como Térmicas a Gás natural e Nuclear, Bioeletricidade, Eólica, Solar e Carvão, não deixando de considerar a forte tradição renovável da matriz elétrica brasileira.

**Gráfico - 01 - Média Histórica dos Resevatórios do ONS**



Fonte: ONS, 2008.

Assim, para atender esta circunstância, o advento das novas tecnologia, principalmente na geração das energias renováveis - Eólica e Solar, provo-

cou a mudança do paradigma tradicional do setor elétrico, impulsionada pelas diversas mudanças associadas, em grande medida, à difusão e participação dos Recursos Energéticos Distribuídos, que criou um processo de mudança, determinando a necessidade de se estabelecer novos arcabouços técnicos, econômicos e principalmente regulatório, capazes de recepcionar, viabilizar e difundir as inovações tecnológicas.

Com a difusão da geração distribuída, a característica da geração centralizada tem se alterado e hoje é crescente o número de centrais geradoras de capacidade reduzida, cujos proprietários são novos consumidores / *pressumidores*, conectados diretamente à rede de distribuição, ou seja, a tendência é que cada vez mais, a geração não esteja somente concentrada em grandes centrais geradoras, mas descentralizada e localizada perto dos centros de consumo o que, dentre os seus benefícios, tem o potencial de reduzir as perdas técnicas associadas ao transporte de energia e a necessidade de investimentos em linhas de transmissão.

Um dos vetores desta ruptura é o potencial de expansão dos recursos energéticos distribuídos, impondo a tendência de descentralização e acelerada difusão de sistemas de micro e de minigeração distribuída em alguns países. Em paralelo, observa-se que as políticas de *demand response* estão se tornando cada vez mais relevantes, permitindo flexibilizar a demanda por energia elétrica (Castro, Nilvade *et all* (2017).

Quando se fala em micro geração distribuída, deve compreender que é uma central geradora de energia elétrica com potência instalada menor ou igual a 75 kW e que utiliza a cogeração qualificada ou fontes renováveis de energia elétrica, conectada na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras, já a mini geração distribuída é uma central geradora de energia elétrica, com potência instalada superior a 75 kW e menor ou igual a 3 MW para fontes hídricas ou menor ou igual a 5 MW para cogeração qualificada, conforme regulamentação da ANEEL, ou para as demais fontes renováveis de energia elétrica, conectada na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras, conforme a redação dada pela REN ANEEL 687, de 24.11.2015.

Neste contexto de mudança de paradigma de geração de energia elétrica, destacam-se os Recursos Energéticos Distribuídos, principalmente a ge-

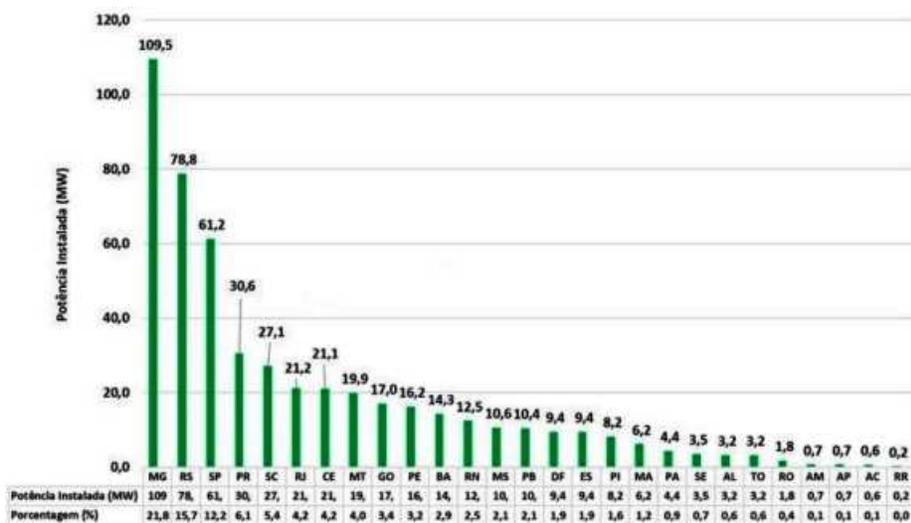
ração solar fotovoltaica que é uma nova tecnologia que há dez anos o seu impacto disruptivo era ínfimo na matriz energética brasileira.

No Brasil, a título de exemplo, a geração solar fotovoltaica é atualmente a fonte predominante nos empreendimentos de micro e mini geração distribuída.

Se em março de 2016, os sistemas de micro e instalados no país correspondiam a uma capacidade de 24,7 MW, este valor quadruplicou em um ano, chegando a 107,6 MW, em março de 2017. Atualmente, a capacidade instalada somente da geração solar fotovoltaica atinge quase 1.000 MW. Além disso, os registros de projetos desta fonte nos Leilões de Energia A-4 e A-6, estruturados pelo MME, EPE e ANEEL, indicam claramente o vetor desta tecnologia exponencial e disruptiva.

Ao observar o Gráfico 02, pode-se observar os estados brasileiros que lideram o *ranking*: Minas Gerais, Rio Grande do Sul, São Paulo, Paraná e Santa Catarina.

**Gráfico 02: Ranking Nacional de Potência Instalada em Geração Distribuída Fotovoltaica por UF - 2019**



Fonte: ANEEL / ABSOLAR, Janeiro/2019.

Nota-se um crescimento exponencial da difusão da geração solar fotovoltaica, justificada pelas políticas de incentivo adotadas, com destaque

para o sistema de compensação de energia, estabelecido no âmbito da Resolução Normativa nº 482/2012, da ANEEL, as quais possibilitaram o desenvolvimento de sua cadeia produtiva e, conseqüentemente, a redução do seu custo. Deste modo, o desenvolvimento da geração solar fotovoltaica é um vetor dinâmico e direto de alteração dos paradigmas do Setor Elétrico tradicional centralizado.

Segundo a ANEEL, o Brasil ultrapassou a marca de 1 gigawatt de potência instalada em micro e minigeração distribuída de energia elétrica e, este avanço foi proporcionado em grande medida pela regulação da ANEEL (Resoluções Normativas 482/2012 e 687/2015).

O impacto da inovação tecnológica da geração distribuída transformou os antigos consumidores que somente recebiam energia de forma passiva da rede de distribuição centralizada, em geradores de energia para atender parte de sua demanda. Os eventuais excedentes passaram a ser injetados na rede de distribuição e, este dinâmico e irreversível processo criou a categoria de novos consumidores / *prossumidores*, abrindo um novo cenário de ação mais ativa dos consumidores.

Outro elemento importante que emerge com estas novas tecnologias são os medidores inteligentes pois, no que diz respeito ao papel ativo dos consumidores de energia elétrica, os medidores inteligentes são fundamentais no sentido de possibilitar o gerenciamento da carga pelo lado da demanda. Apesar de a demanda de energia elétrica ser tradicionalmente reconhecida por sua baixa elasticidade, com os medidores inteligentes o consumidor passa a controlar e adaptar os seus hábitos de consumo de maneira mais precisa e qualificada, dando condições e respaldo para a capacidade e dinâmica de resposta dos consumidores aos sinais de preço. Neste sentido, a variável demanda de energia elétrica, sob controle dos consumidores, ganha uma flexibilidade inexistente no velho paradigma.

A ruptura das bases que marcam o paradigma tradicional, como é o caso da transformação do consumidor passivo para um cliente “empoderado” está diretamente relacionada às inovações tecnológicas introduzidas na sociedade nos últimos anos. Como exemplo podem ser citadas a difusão dos celulares, as interações através das redes sociais e a internet das coisas, tornando os consumidores mais conectados e exigentes no que diz respeito

às prestações de serviços públicos e privados. Destaca-se que, com os Recursos Energéticos Distribuídos, este paradigma está sendo diretamente impactado. Como examinado anteriormente, na geração distribuída, os novos consumidores com excedente de geração em relação ao seu consumo podem injetar energia na rede de distribuição, o que rompe com a tradicional unidirecionalidade do fluxo de energia.

os consumidores terão um comportamento mais ativo, a demanda será flexível e os fluxos de energia serão multidirecionais, é imperativa a utilização de tecnologias de comunicação e de informação que possibilitem o estabelecimento de redes inteligentes (Castro, 2017).

É importante ressaltar que a alteração do comportamento dos consumidores, pois as modificações prospectadas estão associadas a um comportamento mais ativo e participativo por parte dos *pressumidores*. Neste sentido, o interesse dos consumidores aumentará, na medida em que estas novas tecnologias e comportamentos possibilitem reduções nos dispêndios com energia elétrica e aumento da qualidade de fornecimento, a ponto de compensar os investimentos necessários. Mas o processo não se resume a isso, pois existe um desejo do consumidor em ser mais autossuficiente no que concerne ao seu suprimento de energia elétrica e de posicionar-se na sociedade como um indivíduo adepto a *práticas* sustentáveis.

Um terceiro elemento, decorrente da inovação tecnológica, no caso da geração distribuída, é o desenvolvimento de baterias com uma difusão tecnológica ainda bem menos desenvolvida do que a geração distribuída, mas o armazenamento de energia em baterias e em veículos elétricos, também possui o condão de alterar o fluxo da energia, uma vez que as baterias podem desempenhar as funções de fonte de geração, no cenário previsível de implementação de tarifas horárias que irá dar mais flexibilidade ao sistema elétrico. Neste sentido, haverá injeção de energia na rede em momentos, por exemplo, de grande demanda, quando a tarifa de energia elétrica estiver mais elevada, ou armazenamento de energia, quando esta for mais abundante e barata. Como reforça Nilvade (2017) “*o desenvolvimento de sistemas de armazenamento de energia, tornandoos economicamente viáveis em um futuro próximo, principalmente no âmbito dos veículos elétricos, pois, mais que o acréscimo na demanda por energia elétrica que os mesmos podem ocasionar,*

*destaca-se a possibilidade do uso das baterias destes veículos para armazenamento de energia e posterior injeção na rede”.*

Como se pode observar, a mudança disruptiva das novas tecnologias, principalmente na geração de energia fotovoltaica, tem permitido alterações não somente no comportamento dos consumidores, mas também no modo de produzir e consumir energia de modo mais elástico.

### **3 Instituições como ambiente adequado para favorecer o investimento**

Uma pergunta muito recorrente é porque os investimentos que produzem o desenvolvimento não se materializam nos países pobres?

A resposta está relacionada ao *driver* institucional e regulatório dos países pobres, pois se pensarmos os porquês das empresas e indivíduos não avaliarem ser atraente investir em países com oportunidades potenciais e bons índices de retornos, verifica-se que é porque as taxas de retornos desses investimentos agregam um risco elevado. O retorno e o risco são, em última análise, determinados por uma longa lista de fatores que reunimos sob o rótulo de instituições, como pontua Fatás (2009).

Podemos pensar em instituições legais (direitos de propriedade), instituições políticas (processos de tomada de decisão), instituições econômicas (impostos e procedimentos aduaneiros), normas sociais (como a desigualdade será resolvida) e o espírito empreendedor (o comportamento de assumir riscos). Em resumo, podemos pensar as instituições como o ambiente para fazer negócios e é esse importante ambiente que chamamos de instituições (Fatás e Mihov, 2009).

No entanto, existem outros indicadores que revelam um razoável ambiente institucional, como por exemplo o acesso ao crédito, a observância dos direitos de propriedade, a facilidade de fechamento de negócios, etc.

Mas é importante destacar que existe uma correlação muito forte entre regulamentação e instituições e o desenvolvimento econômico, pois todos os países ricos têm instituições de alta qualidade, enquanto o contrário também é verdadeiro, para os países pobres. É essa medida de qualidade institucional que fornece aos países e governos diretrizes claras sobre o que fazer para acelerar as reformas e o crescimento, pois um dos objetivos do

governo deve ser o de estabelecer o ambiente certo para os negócios, em vez de buscar gerenciar o investimento, pois uma vez que o ambiente existe, uma vez que é previsível economizar e investir, tendo no horizonte que a incerteza sobre pagamentos futuros se foi, tanto indivíduos e como empresas passam a reservar mais recursos para investimentos e a retomada do crescimento, torna-se viável.

Quando pensamos a questão da alteração da matriz energética brasileira dentro de um ambiente de alteração paradigmática temos que perguntar, com as instituições e a regulação estão se comportando e configurando. Como ressalta Castro (2009), a natureza regulada do setor elétrico, especialmente dos segmentos geração, transmissão e distribuição, faz com que as mudanças nas diretrizes regulatórias sejam tão ou mais importantes que as políticas públicas em um sentido mais amplo, pois a necessidade de ajustes e inovações regulatórias advém do descompasso entre as tradicionais diretrizes normativas frente às características e potencialidades das novas tecnologias. Nota-se que o arcabouço regulatório vigente comumente incita as empresas a optarem pela tecnologia convencional, em função da compatibilidade entre a estrutura de custos destas tecnologias e os modelos regulatórios tradicionais. Em paralelo, a modificação das relações entre os agentes, conjugada com o surgimento de novos agentes, resulta na necessidade de se examinar novas estruturas de mercado e de se regulamentar novos modelos de negócios. E, é dentro deste contexto, que surge a Resolução Normativa ANEEL nº 482/2012 que define o Sistema de Compensação de Energia Elétrica que possibilita benefícios aos consumidores que desejam gerar energia elétrica para consumo próprio a partir de fontes de energia renováveis e cogeração qualificada ou fornecer o excedente para a rede de distribuição. A energia injetada por unidade consumidora com micro ou minigeração distribuída é cedida, por meio de empréstimo gratuito, à distribuidora local e posteriormente compensada com o consumo de energia elétrica. Posteriormente alterada pela Revisão da 482 em 2015, pela 687, que buscou prever novas modalidades de geração distribuída através de condomínios e geração compartilhada por cooperativas e consórcios com potência máxima de GD de até 5MW e com créditos disponíveis por 60 meses.

O estado de Minas Gerais, partindo da regulação da ANEEL 482/2012 buscou criar condições para estimular a Geração Distribuída com uma le-

gislação que prevê instrumentos específicos de fomento para pequenas centrais geradoras. Em 09/01/18, foi publicado no Diário Oficial de Minas Gerais a Lei 22.866, que altera a legislação estadual já existente de incentivo, com o objetivo de estimular a energia fotovoltaica, acrescentando um parágrafo ao artigo 4º da Lei 11.396, de 1994, que cria o Fundo de Fomento e Desenvolvimento Socioeconômico de Minas Gerais – Fundese. Esta alteração permite que o fundo financiasse a implantação de sistemas de micro e mini geração distribuída de energia elétrica de fonte solar fotovoltaica em empresas de pequeno e médio porte, além de cooperativas.

Historicamente, no entanto, desde 2011/012 o Governo de Minas Gerais criou um grupo de trabalho sobre energia renováveis e estimulou a Companhia Energética do estado – a CEMIG a elaborar o mapa solarimétrico de Minas Gerais / CEMIG. Em 2013, através da Lei 20.824/31/07/2013 se estimulou a desoneração do ICMS para equipamentos relacionados à geração, bem como isenção do ICMS relativo ao seu fornecimento. Ainda no ano de 2013, através da Lei 20.849/08/08/2013 institui a política estadual de incentivo ao uso da energia solar onde no seu Art. 1, inciso IX, que propõe estimular a implantação, em território mineiro, de indústrias de equipamentos e materiais utilizados em sistemas de energia solar; no Art. 1, inciso X, estimular o desenvolvimento e a capacitação de setores comerciais e de serviços relativos a sistemas de energia solar e no Art. 2, inciso II, estabelece instrumentos fiscais e creditícios que incentivem a produção e a aquisição de equipamentos e materiais empregados em sistemas de energia solar. Já o Decreto 46.296/14/08/2013, dispõe sobre o Programa Mineiro de Energia Renovável e de medidas para incentivo à produção e uso de energia renovável, com incentivos para o setor (solar, eólica, biomassas, biogás e hídrica, além das provenientes de PCHs e CGHs). No seu Art. 2º diz que serão concedidos incentivos fiscais e tratamento tributário diferenciado aos empreendimentos localizados em Minas Gerais, na forma da legislação tributária, nos seguintes casos: I – na produção de peças, partes, componentes e ferramentas utilizados na geração de energia renovável; II – no material a ser utilizado como insumo nas obras de construção civil necessárias aos empreendimentos de geração de energia renovável; III – na infraestrutura de conexão e de transmissão que se faça necessária aos empreendimentos geradores de energia renovável para sua interligação no Sistema Interliga-

do Nacional; e IV – no fornecimento da energia elétrica produzida a partir de usinas geradoras de energia de fonte solar, eólica, biogás, biomassa de reflorestamento, biomassa de resíduos urbanos, biomassa de resíduos animais ou hidráulica de CGHs, por um prazo de quinze anos a contar da data de sua entrada em operação. Já no seu Art. 3º, a empresa de geração de energia renovável poderá solicitar ao Estado a implantação de infraestrutura de linhas de transmissão, por meio de contrato de parceria, nos termos da Lei nº 18.038, de 12 de janeiro de 2009, nos casos em que se fizerem necessários. Em 2015, através da Lei 21.713, 07/07/2015 se amplia o prazo para concessão de crédito de ICMS relativo à aquisição de energia solar no Estado, em conformidade com linha de financiamento, de modo a estimular esse tipo de energia e, a Lei 22.866/9/2018, passa a incentivar a produção de energia solar em Minas Gerais e incorpora a micro e minigeração distribuída fotovoltaica ao Fundese, permitindo na prática o desenvolvimento de novas opções de financiamento para que microempresas, empresas de pequeno porte, médias empresas e cooperativas tenham melhores condições para investir em sistemas solares fotovoltaicos. A lei altera a legislação do Fundo de Fomento e Desenvolvimento Socioeconômico do Estado de Minas Gerais (Fundese), permitindo que ele financie a implantação de sistemas de micro e minigeração distribuída de energia solar em cooperativas e empresas de pequeno porte. Esses sistemas produzem energia elétrica por consumidores a partir de pequenas centrais, por meio de fontes renováveis de energia elétrica, como painéis fotovoltaicos e microturbinas eólicas. A lei também pretende estimular a implantação, em Minas, de indústrias de equipamentos para esses sistemas.

Como se pode observar, a legislação mineira ao tomar como referência a Resolução Normativa da Aneel nº 482/17/04/2012, procurou estabelecer condições também regulatórias para a geração distribuída, no estado de Minas Gerais.

Na Figura 01, podemos observar graficamente como o ambiente regulatório em Minas Gerais se desenvolveu, bem como se processou os leilões, que são a realização da legislação em termo de potência instalada.

**Figura 01: Histórico da Legislação para Geração Distribuída em Minas Gerais.**



Outro dado importante, quando o Governo do estado de Minas Gerais resolveu estimular a energia distribuída, foi quando constatou, através do Atlas Solarimétrico do estado, produzido pela CEMIG, a forte incidência solar no estado, principalmente nas regiões Norte, Noroeste, Triângulo e Sul de Minas, conforme mapa da radiação solar média diária anual, conforme Figura 02.

**Figura 02 – Radiação Solar Média Diária Anual de Minas Gerais**



Fonte: Atlas Solarimétrico/CEMIG.

#### 4 Investimentos

Como se comportaram os investimento em geração distribuída em Minas Gerais, como preconiza Fatás e Mihov (2009) quando afirmam que somente após um razoável ambiente institucional/regulatório que os investimentos seja por parte de indivíduos e empresas são realizados?

Castro irá afirmar que este

conjunto de novas tecnologias inicialmente apresenta custos superiores às tecnologias convencionais, tornando a implementação de políticas públicas condição essencial para a realização desta transformação do Setor Elétrico. Dentro desta dinâmica, é importante que os investimentos em pesquisa e desenvolvimento possam garantir o equacionamento de desafios técnicos, o aumento da eficiência e a redução dos custos das novas tecnologias (Castro, 2017)

Como os investimentos no setor elétrico são também de capital intensivo com longo prazo de maturação, como sustenta Siffert *et al.* (2009), a combinação destas características imprime ao setor a necessidade de planejamento de médio e longo prazo, tornando-se uma atividade crucial e estratégica para o setor elétrico brasileiro e exigindo profundo entendimento de seu funcionamento, mecanismos e possíveis ajustes para garantir o equilíbrio entre oferta e demanda.

Efetivamente, nota-se robustos investimentos em projetos de recursos energéticos distribuídos e de redes inteligentes no mundo, no Brasil e em Minas Gerais, incluindo a implementação de projetos de demonstração que buscam validar tecnicamente a tecnologia desenvolvida. Por sua vez, a inserção comercial destas novas tecnologias exige a criação de condições propícias. Embora a adoção de incentivos fiscais e desonerações tributárias consistam em uma estratégia tipicamente utilizada com vistas a dotar as novas tecnologias de competitividade, em muitos casos é necessário a criação de nichos de mercado específicos.

Sabemos que crescimento deve vir de aumentos de produtividade ou aumentos de insumos, no entanto, se imaginarmos um país como uma grande fábrica (no final, é isso que o PIB mede, a produção de todos os bens e servi-

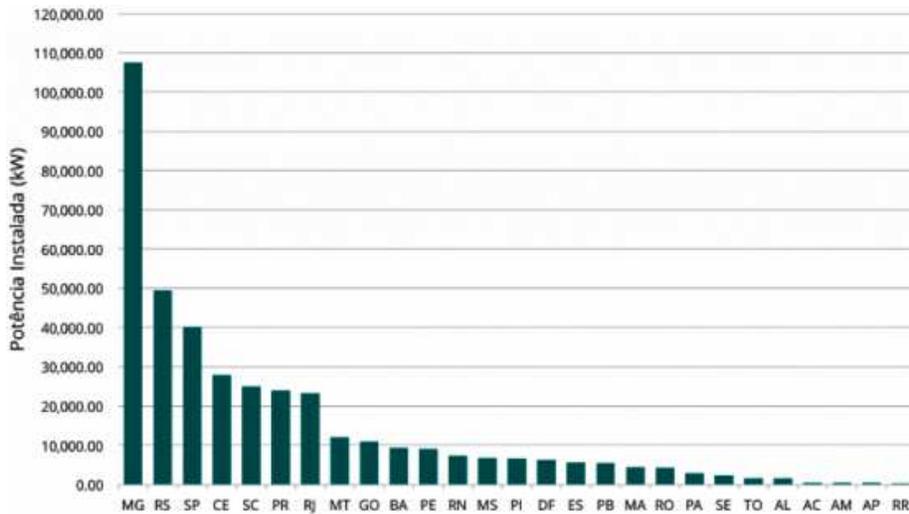
ços finais que as empresas produzem em um determinado país durante um período de tempo), por produção por trabalhador para crescer, precisamos de uma fábrica maior, mais máquinas, novas tecnologias, novas formas de organizar a produção, uma força de trabalho mais qualificada. Tudo isso vem do investimento em infraestrutura, em capital humano, em conhecimento e em equipamentos.

Assim, no contexto atual de redefinição da matriz energética nacional, na direção do incremento de fontes de produção renováveis e sustentáveis que representem alternativas à fonte hidráulica, demanda a criação de mecanismos que possibilitem aumentar a participação da energia solar na matriz energética do estado de Minas Gerais, que é um insumo estratégico para o desenvolvimento.

Minas Gerais ao estimular um ambiente institucional e regulatório, favorável à Geração de Energia Distribuída, assumiu a liderança do ranking em quantidade de usinas solares no Brasil e se tornou referência para os demais estados e, de acordo com os dados da ANEEL, tem-se 32.622 unidades de usinas fotovoltaicas instaladas no país, sendo que Minas Gerais possui 6.595 sistemas, correspondendo a 20% do total, seguido por São Paulo e Rio Grande do Sul com 6.238 e 3.973 sistemas respectivamente.

No que se refere a potência instalada, a diferença de Minas Gerais para os demais estados da federação é considerável, pois segundo dados da ANEEL, conforme o Gráfico 03, em Julho de 2018, Minas Gerais possuía uma potência instalada de 107.468,43 kW representando 27% da potência total de 393.968,88 kW, seguido por São Paulo com 49.352,43 kW e Rio Grande do Sul com 40.043,67 kW, representando 12,5% e 10,1% da potência total instalada, respectivamente.

**Gráfico 03 - Potência Instalada em Minas Gerais em MW em 2018**



Fonte: ANEEL, em 2018.

Minas também se destaca na quantidade de unidades consumidoras que recebem créditos, com 16.037 unidades, correspondendo a aproximadamente 35% do total de 45.917 unidades no país, segundo o Gráfico 04. A diferença na quantidade de unidades consumidoras para unidades consumidoras que recebem créditos se dá através da Resolução Normativa da ANEEL de nº687/2015 que possibilitou que uma única central geradora atendesse mais de uma unidade consumidora através da geração compartilhada e o autoconsumo remoto, Minas Gerais também tem um destaque acentuado perante os demais estados da federação, sendo também seguido por São Paulo, Rio Grande do Sul e Santa Catarina, conforme o Gráfico 04.

**Gráfico 04: Quantidade e Qualidade de Unidade Geradoras e Unidades Consumidoras em Minas Gerais**



Fonte: ANEEL, em 2018.

## 5 Conclusão e conclusões

Referenciando-se em Fatás e Mihov que estabelece as Condições Iniciais, a Inovação Tecnológica, o Ambiente Institucional e o Investimento como *drivers* do desenvolvimento, pode-se concluir que estes quatro *drivers* estão presentes no desenvolvimento da energia distribuída em Minas Gerais.

Em Minas Gerais, pode-se observar pelos marcos regulatórios, que foi o primeiro estado do Brasil a criar as condições institucionais para que a energia distribuída se desenvolvesse e se alterasse de forma significativa o paradigma tradicional e centralizado, para o distribuído.

O número que MW instalado em energia distribuída, cresceu através dos incentivos proporcionados pelo estado de Minas Gerais à produção de energia distribuída, tornando o estado líder, entre os demais estados do Brasil.

Por fim, a matriz elétrica brasileira é uma das matrizes mais renováveis do mundo. Mesmo assim, há em curso um processo de transição dentro do conjunto das fontes renováveis. A incapacidade de o Brasil construir novas usinas hidroelétricas por imposição da legislação ambiental determinou o fim da hegemonia desta fonte no processo de expansão da capacidade produtiva, mas em paralelo, as fontes eólica e solar estão ampliando a sua participação na matriz e as projeções da Empresa de Pesquisa Energética (EPE) indicam que, para 2027, que estas três fontes vão representar 79% de toda a capacidade instalada nacional. Ou seja, o padrão da matriz elétrica, de característica renovável vai se manter graças ao aproveitamento do imenso potencial eólico e solar que possuímos, configurando uma transição, da geração hidroelétrica, para estas fontes. Porém, dentro da perspectiva pragmática que sempre rege a política energética, serão necessárias novas usinas térmica a gás natural, alavancadas pela grande oferta do pré-sal, para manter a predominância da matriz de fontes renováveis, tendo em vista as suas características de intermitência e sazonalidade. Assim para manter a matriz renovável é preciso de uma fonte não renovável. Em suma, são distintos os processos de transição elétrica mundial e brasileiro, mas, neste campo, o Brasil tem uma posição privilegiada, que deverá ser mantida pela política e planejamento energético que garantem um cenário de estabilidade essen-

cial e fundamental para dar segurança aos investimentos privados. Segundo a ANEEL, o Brasil ultrapassou a marca de 1 gigawatt de potência instalada em micro e minigeração distribuída de energia elétrica e, este avanço foi proporcionado em grande medida pela regulação da ANEEL (Resoluções Normativas 482/2012 e 687/2015).

## Referências

ANEEL, Agência Nacional de Energia Elétrica. Geração Distribuída. Unidades Consumidoras com Geração Distribuída. Disponível em: [http://www2.aneel.gov.br/scg/gd/GD\\_Fonte.asp](http://www2.aneel.gov.br/scg/gd/GD_Fonte.asp).

ANEEL, Agência Nacional de Energia Elétrica. Nota Técnica no 0056/2017-SRD/ANEEL. Brasília, 2017.

ATLAS SOLARIMÉTRICO DO ESTADO DE MINAS GERAIS, CEMIG.

CASTRO, Nilvade *et al.* A Ruptura do paradigma tecnológico e os desafios regulatórios do Setor Elétrico. Brasília: ANEEL. Revista de P&D. 7. ed. , 2017, p. 10-12. ISBN 1981- 9803.

COSTA, Ana Thereza Carvalho *et al.* Análise dos determinantes da matriz elétrica brasileira. *X Congresso Brasileiro de Planejamento energético*. Gramado – RS, 2016.

FATÁS, A.; MIHOV I. The 4 I's of Economic Growth. INSEAD, 2009.

SIFFERT, N. F. *et al.* *O papel do BNDES na expansão do setor elétrico nacional e o mecanismo de project finance*. Rio de Janeiro: BNDES Setorial, n 29, 2009, p. 3-36.

TOMASQUIM, Maurício. *Matriz Energética Brasileira: uma perspectiva*. 2012.

