

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ – UNIFEI**

**Análise das oportunidades e dos desafios regulatórios e socioeconômicos  
vinculados à Geração Distribuída fotovoltaica, resultante da Resolução  
Normativa 687/2015 da ANEEL, na região do Sul de Minas Gerais**

**Michele Aparecida de Oliveira**

**Orientador: Prof. Dr. Geraldo Lúcio Tiago Filho**

**Itajubá, setembro de 2017**

# **UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ – UNIFEI**

**Michele Aparecida de Oliveira**

**Análise das oportunidades e dos desafios regulatórios e socioeconômicos vinculados à Geração Distribuída fotovoltaica, resultante da Resolução Normativa 687/2015 da ANEEL, na região do Sul de Minas Gerais**

**Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Energia como parte dos requisitos para obtenção do Título de Mestre em Ciências em Engenharia de Energia.**

**Área de concentração: Planejamento e Gestão de Sistema Energético**

**Orientador: Prof. Dr. Geraldo Lúcio Tiago Filho**

**Setembro de 2017  
Itajubá**

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente agradeço a DEUS, por me iluminar, proteger e ser uma presença constante em minha vida.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Geraldo Lúcio Tiago Filho pelo apoio e incentivo durante esse processo. Muito obrigada pela oportunidade.

Aos meus amigos e colegas do GEER, que me ajudaram e alegraram neste tempo de estudo.

Aos meus grandes amores que acrescentam alegria aos meus dias, minha família. Obrigada pela paciência e compreensão, pelas horas ausentes, pela força e apoio em todos os momentos e pelo grande incentivo na conclusão desse trabalho. Com certeza eu não chegaria a esse momento tão especial sem vocês.

Por fim, agradeço a todos aqueles que de alguma forma estiveram e estão próximos a mim, fazendo a vida valer cada vez mais a pena.

## RESUMO

Desde quando entrou em vigor em abril de 2012 a Resolução Normativa N° 482/2012 editada pela Resolução 687/2015, regulamentada pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), é considerada o ponto de partida para a implementação da Geração Distribuída (GD) no Brasil. A partir dessa regulamentação os consumidores Brasileiros podem gerar a sua própria eletricidade por meio de fontes renováveis e fornecer o excedente para a rede de distribuição local. Devido à implementação dessa resolução normativa que estabelece novos paradigmas na geração do sistema elétrico brasileiro, notadamente nas questões da micro geração distribuída, o trabalho tem como objetivo abordar os gargalos regulatórios relativos à geração de energia pelo consumidor mediante análise jurídica, analisar o histórico de empreendimentos implantados após a edição da Resolução 482/2012, e revisão feita pela edição da Resolução 687/2015 ANEEL e apresentar uma correlação de dados de empreendimentos da fonte fotovoltaica com fatores que influenciam em seu crescimento, na região do Sul de Minas Gerais. Por meio das análises de correlação conclui-se que há a necessidade de melhorar significativamente o instrumento normativo para uma melhor aplicabilidade da resolução, promovendo o aumento dos micros e mini geradores e maximizando os impactos benéficos bem conhecidos da GD no Brasil.

**Palavras Chave:** Geração Distribuída, Fontes Renováveis de Energia, Resolução.

## ABSTRACT

Since it came into force in April 2012, Normative Resolution No. 482/2012 issued by Resolution 687/2015, regulated by the National Electric Energy Agency (ANEEL), is considered the starting point for the implementation of Distributed Generation (GD) in the Brazil. From this regulation, Brazilian consumers can generate their own electricity through renewable sources and provide the surplus to the local distribution network. Due to the implementation of this normative resolution that establishes new paradigms in the generation of the Brazilian electrical system, notably in the issues of distributed micro generation, the objective of this work is to address the regulatory bottlenecks related to the generation of energy by the consumer through legal analysis, analyze the history of developments implemented after the edition of Resolution 482/2012, and revision made by the edition of Resolution 687/2015 ANEEL and present a data correlation of developments of the photovoltaic source with factors that influence its growth, in the region of the South of Minas Gerais. The correlation analysis concludes that there is a need to significantly improve the normative instrument for a better applicability of the resolution, promoting the increase of micro and mini generators and maximizing the well-known beneficial impacts of DG in Brazil.

**Keywords:** Distributed Generation, Renewable Energy Sources, Resolution

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Mapa organizacional do Setor Elétrico Brasileiro .....	15
Figura 2 – Capacidades de energias renováveis no Mundo, na UE 27, no BRICS (Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul) e nos seis países destaques. ....	21
Figura 3 – Oferta interna de energia por fonte .....	22
Figura 4 – Capacidade eólica instalada no Brasil .....	24
Figura 5 – Sistema de Compensação de Energia .....	36
Figura 6 – Crescimento acumulado da micro e mini geração .....	53
Figura 7 – Crescimento anual da micro e mini geração. ....	54
Figura 8 – Empreendimentos por região e fonte. ....	55
Figura 9 – Irradiação Solar no Brasil Fonte: Solargis .....	55
Figura 10 – Crescimento Anual de Micro e mini geração até Março 2017.....	57
Figura 11 – Produto interno Bruto versus População de municípios do Sul de Minas. ....	60
Figura 12 – PIB per capita versus população de municípios do Sul de Minas.....	61
Figura 13 – PIBpc versus População da região do Sul de Minas, excluindo da amostragem os municípios de Ibiraci, Itaú de Minas e S. José da Barra, marcados em vermelho .....	62
Figura 14 – Potência instalada dos empreendimentos e o Produto Interno Bruto per capita com a população.....	64
Figura 15 – Número de empreendimentos e o Produto Interno Bruto per capita com a população.....	65
Figura 16 – Potência instalada dos empreendimentos e o PIBpc com o número de empreendimentos instalados com o PIBpc. ....	67

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 – Resumo das contribuições recebidas .....	38
Tabela 2 – Dados das cidades do Sul de Minas Gerais .....	42
Tabela 3 – Principais alterações da Resolução 482/2012 .....	46
Tabela 4 – Unidades Consumidoras de Geração Distribuída até março de 2017.....	56
Tabela 5 – Dados dos municípios das cidades do Sul de Minas Gerais .....	58

## LISTA DE SIGLAS

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica

CCEE – Câmara de Comercialização de Energia Elétrica

CMSE – Comitê de Monitoramento do Setor Elétrico

CNPE – Conselho Nacional de Política Energética

COFINS – Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social

EPE – Empresa de Pesquisa Energética

GD – Geração Distribuída

ICMS – Imposto sobre Circulação Mercadoria e Serviço

INMETRO – Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia

MME – Ministério das Minas e Energia

MP – Medida Provisória

ONS – Operador Nacional do Sistema Elétrico

PIS – Programa de Interação Social

PRODIST – Procedimentos de Distribuição

RN – Resolução Normativa

SIN – Sistema Interligado Nacional

SRD – Superintendente de Regulação dos Serviços de Distribuição

## SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO .....	10
1.1	Estrutura da Dissertação.....	11
1.2	Justificativa do Trabalho .....	11
1.3	Objetivos .....	12
2.	Revisão bibliográfica .....	13
2.1	O Setor Elétrico Brasileiro .....	13
2.1.1	Histórico .....	13
2.1.2	Membros do Setor Elétrico Brasileiro.....	15
2.1.3	Conselho Nacional de Política Energética (CNPE) .....	16
2.1.4	Ministério de Minas e Energia (MME) .....	16
2.1.5	Empresa de Pesquisa Energética (EPE) .....	17
2.1.6	Comitê de Monitoramento do Setor Elétrico (CMSE).....	17
2.1.7	Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL).....	17
2.1.8	Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS) .....	18
2.1.9	Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE) .....	18
2.2	Energia Renovável .....	19
2.2.1	Fontes renováveis de energia que participam da matriz elétrica brasileira.....	22
2.2.2	Energia Eólica .....	22
2.2.3	Biomassa .....	24
2.2.4	Energia Solar .....	25
2.3	Geração Distribuída .....	26
2.3.1	Conceitos .....	26
2.3.2	Limites de penetração para Geração Distribuída .....	27
2.3.3	Benefícios da Geração Distribuída.....	29
2.4	Regulação atual pertinente a Geração Distribuída no Brasil .....	31
2.4.1	Preliminares.....	31
2.4.2	Procedimentos de Distribuição (PRODIST) .....	32
2.4.3	Resolução nº 482/2012 da ANEEL .....	33
2.4.4	A mini geração e micro geração estabelecidas da Resolução nº 482/2012.....	34

2.4.5 Sistema de compensação de Energia.....	34
2.4.6 Resolução Normativa nº 517/2012 da ANEEL.....	36
2.4.7 Resolução Normativa nº 687/2015.....	37
3. Metodologia.....	39
3.1 Preliminares.....	39
3.2 Análise jurídica comparativa.....	39
3.3 Análise do crescimento da mini e micro geração de energia na matriz elétrica.....	40
3.4 Análise da correlação técnica e econômica de empreendimentos de mini e migro geração da região do Sul de Minas Gerais.....	40
3.4.1 Correlação entre os dados socioeconômicos.....	43
3.4.2 Indicadores para correlação socioeconômica e energética para sistemas solar-fotovoltaicos.....	44
4. resultados.....	46
4.1 Análise jurídica comparativa.....	46
4.2 Análise do crescimento da mini e micro geração de energia na matriz elétrica.....	52
4.3 Análise da correlação Sócio econômica de empreendimentos de mini e migro geração da região do Sul de Minas Gerais.....	58
4.3.1 Correlação de correlação entre os dados socioeconômicos.....	60
4.3.2 Análise dos indicadores para a correlação socioeconômica e energética para sistemas solar-fotovoltaicos.....	63
5. Conclusão.....	68
5.1 Recomendação para trabalhos futuros.....	70
6. Referências bibliográficas.....	71

# 1. INTRODUÇÃO

A questão energética vem sendo uma preocupação a nível mundial, devido às mudanças climáticas e ao aquecimento global. Muito se tem discutido sobre a otimização do uso dos recursos naturais e a utilização cada vez maior de fontes de energia com baixa emissividade de gases de efeito estufa e pequenos impactos ambientais. Tal fato vem se tornando uma grande repercussão no setor elétrico brasileiro. Ao lado da oferta, a geração distribuída pode dar importante contribuição para mitigar os problemas ligados ao forte crescimento do custo marginal de longo-prazo da geração de eletricidade no país e aos riscos de desabastecimento tão discutidos ultimamente. Associado aos problemas de oferta soma-se o aumento da demanda.

Com o crescimento do uso de energia, tem-se uma oportunidade de geração de energia elétrica por meio de pequenos sistemas com capacidade de produzir energia elétrica a partir de fonte renovável. Foi preciso dar atenção especial a esses setores de consumo, e a micro e mini geração que se acomodam, perfeitamente, as unidades consumidoras de pequeno porte como residências e unidades comerciais.

O Brasil somente regulou a micro e mini geração distribuída conectadas à rede de distribuição, a partir da edição da Resolução 482 em abril de 2012, e revisada pela Resolução 687/2015 da Aneel. A publicação da nova edição da resolução melhorou os incentivos ao desenvolvimento da micro geração de energia elétrica a partir de fontes renováveis de energia, principalmente a fotovoltaica.

Existem outras fontes de energias renováveis, mas para este estudo foi selecionado a geração de energia fotovoltaica, devido aos números quantitativos para realização das análises, como demonstrado no decorrer do trabalho, e por constituir a fonte mais utilizada, apresentado muitas vantagens.

Entretanto, para a consolidação de empreendimentos como estes há ainda alguns gargalos, jurídicos e sócio econômicos, fazendo com que esse crescimento não alcançasse grande escala como se tem almejado.

Neste contexto, mesmo sendo recente, a presente pesquisa se torna importante para que os cidadãos tomem conhecimento sobre os interesses e as repercussões desse Marco Regulatório.

## **1.1 Estrutura da Dissertação**

O presente trabalho se divide em cinco capítulos. O primeiro capítulo apresenta a introdução, com informações sobre a mini e micro geração de energia como uma forma de amenizar os impactos ocorridos pela emissividade dos gases de efeito estufa devido a utilização de energia, assim como os objetivos almejados e a justificativa para realização deste estudo.

No segundo capítulo é apresentada a revisão bibliográfica mostrando a importância da estrutura do setor elétrico do brasileiro mediante seus órgãos e também o conceito das principais fontes renováveis utilizadas no Brasil. Ainda, no segundo capítulo é apresentada a legislação pertinente a Geração Distribuída no Brasil, bem como os Procedimentos de Distribuição.

O terceiro capítulo apresenta as metodologias utilizadas neste trabalho, na análise do Jurídica comparativa: análise descritiva comparando as mudanças relacionada a Resolução 482/2012 mediante sua edição; na análise de crescimento de empreendimento foi utilizado o levantamento de dados do número de empreendimentos e análises correspondente a esse crescimento de 2012 até 2015. Também no capítulo três, na análise de correlação sócio econômica, foi avaliado o impacto da resolução quanto à penetração desses empreendimentos em alguns municípios da Região do sul de Minas Gerais.

O quarto capítulo apresenta os resultados obtidos a partir das metodologias descritas no capítulo três. Neste capítulo apresenta-se os resultados das análises de todos os dados levantados e comparados, possibilitando identificar o impacto e o perfil dos municípios que utilizam esse tipo de empreendimento. Esses resultados também são apresentados por meio de gráficos e tabela comparativa.

Por fim, o capítulo cinco traz as conclusões desta dissertação e sugestão de trabalhos futuros.

## **1.2 Justificativa do Trabalho**

A Geração Distribuída-GD, por se tratar de uma forma de geração de energia relativamente nova no Brasil, e ainda em pequena escala, se comparada com a capacidade total instalada da matriz elétrica nacional, vem se tornando cada dia uma forte aliada para parte da população no Brasil.

De um lado, ela vem favorecendo o atendimento à energia elétrica nas comunidades localizadas em áreas isoladas e remotas onde o atendimento por meio da extensão da rede convencional é precário e muitas vezes impossível, ou muito custoso por motivos naturais, como distância, dificuldade de acesso, localização dentro de reservas ambientais, áreas insulares ou montanhosas. Estudos como o realizado pelo Grupo de Estudos em Energias Renováveis – GEER (2012), em seu relatório de energias renováveis para comunidades isoladas na região Amazônica, citam que dentre vários pontos, o econômico se destaca pelo fato nas comunidades serem de baixa renda e pouco consumo de energia, assim, formando um mercado pouco atrativo para as concessionárias face aos grandes investimentos necessários para o atendimento sem perspectivas de retorno financeiro.

Por outro lado, dados econômicos de determinada cidade/região podem avaliar a influência do comportamento de crescimento da geração distribuída acreditando-se que esse tipo de geração se torne um reforço ao sistema elétrico.

Neste contexto, a pertinência do tema estudado se dá pelo momento atual no qual o interesse e a necessidade por esse tipo de geração de energia (fontes limpas e renováveis) jamais atingiram níveis tão altos de pesquisas; contudo é necessário incentivar a viabilização desse mercado, tornando-os mais atrativos, tanto economicamente quanto ambientalmente.

### **1.3 Objetivos**

O objetivo geral do presente trabalho é análise jurídica e sócio econômica que envolvem a Resolução 482/2012, mediante sua revisão via pela Resolução 687/2015 ANEEL, no crescimento da participação da micro geração descentralizada na matriz elétrica nacional.

Com a finalidade de atingir os objetivos gerais propõe-se os seguintes objetivos específicos:

- Analisar as questões jurídicas e mudanças relacionadas a esse marco regulatório;
- Analisar o histórico de empreendimentos implantados após a edição da Resolução 482/2012, e revisão feita pela edição da Resolução 687/2015 ANEEL;
- E correlacionar dados de empreendimentos da fonte fotovoltaica com fatores que influenciam em seu crescimento, na região do Sul de Minas Gerais.

## **2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 O Setor Elétrico Brasileiro**

#### **2.1.1 Histórico**

Em meados da década de 90, e a partir do projeto de reestruturação do setor elétrico, o Ministério de Minas e Energia propôs e implementou mudanças institucionais e operacionais que culminaram no atual modelo do setor elétrico (CRUZ, 1994).

Com a promulgação de duas leis, Lei nº 8.987/95, que dispõe sobre o regime de concessão e permissão da prestação de serviços públicos e a Lei nº 9.074/95, que estabelece normas para outorga e prorrogações das concessões e permissões de serviços públicos iniciou-se o desencadeamento de mudanças significativas na estruturação do setor elétrico brasileiro.

O governo brasileiro, através de leis aprovadas entre 2003 e 2004 (Leis nº 10.847 e 10.848, de 15 de março de 2004, e pelo Decreto nº 5.163, de 30 de julho de 2004.), estabeleceu várias diretrizes para o funcionamento do atual modelo do Setor Elétrico Brasileiro (SEB), dando importantes passos no sentido de tornar menos vulnerável o setor elétrico nacional.

Baseando-se no consenso político-econômico do “estado regulador”, o qual deveria direcionar as políticas de desenvolvimento, bem como regular o setor, sem postar-se como executor em última instância. Assim, muitas empresas foram privatizadas e autarquias de caráter público e independente foram criadas, como é o caso da própria Agência Nacional de Energia Elétrica, a ANEEL.

Apesar das reformas, o novo modelo não garantiu a suficiente expansão da oferta de energia, levando o país a um grande racionamento em 2001 reconhecido internacionalmente.

Segunda a Associação Brasileira de Distribuidores de Energia Elétrica - ABRADDEE (2015), atribui-se o racionamento, entre outros fatores, à falta de planejamento efetivo e também de monitoramento eficaz centralizado. De acordo com essa associação, foi então, que a partir de 2004, novos ajustes ao modelo foram feitos pelo governo com o intuito de reduzir os riscos de falta de energia e melhorar o monitoramento e controle do sistema, norteados de

acordo com os princípios: a segurança energética, a modicidade tarifária e a universalização do atendimento

Os objetivos da criação do novo modelo, segundo o Ministério das Minas e Energia (MME,2016), foram:

- Assegurar a eficiência na operação e prestação do serviço aos Consumidores,
- Garantir a modicidade tarifária e criar um ambiente regulatório estável que seja estímulo à concorrência, mostrando-se atrativo ao ingresso de novos investimentos privados no setor e que mantenha orientação para as funções de planejamento setorial de longo, médio e curto prazos, e;
- Promover a inserção social no Setor Elétrico Brasileiro, em particular pelos programas de universalização de atendimento.

Apesar de alterações significativas em alguns mecanismos inicialmente previstos, como o de compra de energia por parte das distribuidoras, pode-se dizer que a espinha dorsal do modelo dos anos 1990 foi preservada em 2004.

Entretanto, um novo capítulo na história do setor elétrico iniciou-se com a edição da Medida Provisória 579, de setembro de 2012, posteriormente, convertida na Lei 12.783/2013, onde empresas geradoras e transmissoras foram induzidas a renovar antecipadamente seus contratos de concessão sob a condição de que seus preços fossem regulados pela ANEEL ocasionando mudanças significativas no contexto institucional do setor elétrico que passou a contar com um número razoável de “empresas geradoras que outrora atuavam em ambiente competitivo passaram a ter seus preços regulados”, da mesma forma que já ocorria com as distribuidoras e transmissoras, consideradas monopólios naturais

Devido a essa decorrência, de acordo com a (ABRADEE,2015), o setor elétrico brasileiro é atualmente caracterizado por:

- Desverticalização da indústria de energia elétrica, com segregação das atividades de geração, transmissão e distribuição;
- Coexistência de empresas públicas e privadas;
- Planejamento e operação centralizados;

- Regulação das atividades de transmissão e distribuição pelo regime de incentivos, ao invés do “custo do serviço”;
- Regulação da atividade de geração para empreendimentos antigos;
- Concorrência na atividade de geração para empreendimentos novos;
- Coexistência de consumidores cativos e livres;
- Livres negociações entre geradores, comercializadores e consumidores livres;
- Leilões regulados para contratação de energia para as distribuidoras, que fornecem energia aos consumidores cativos;
- Preços distintos para cada área de concessão, em substituição à equalização tarifária de outrora;

### 2.1.2 Membros do Setor Elétrico Brasileiro

Após várias reformas institucionais o setor elétrico consolidou sua estrutura de funcionamento arquitetada sob um ideal equilíbrio institucional entre agentes de governo, agentes públicos e privados. O novo modelo, então definiu a criação de novas instituições como demonstra a **Erro! Fonte de referência não encontrada..**

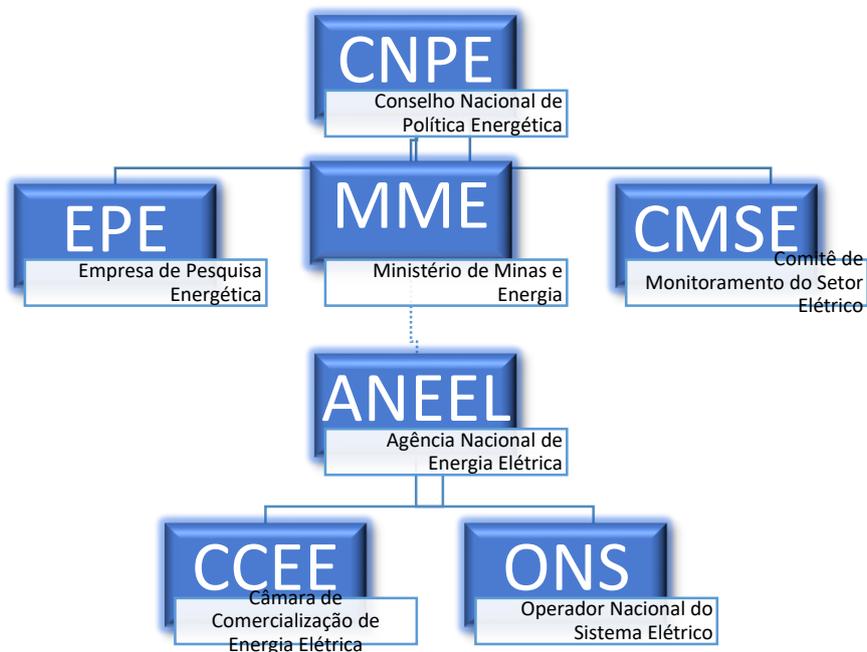


Figura 1 – Mapa organizacional do Setor Elétrico Brasileiro

Fonte: Elaboração Própria

### **2.1.3 Conselho Nacional de Política Energética (CNPE)**

Criado pela lei nº 9.478, de 6 de agosto de 1997, Conselho Nacional de Política Energética na condição de órgão de assessoramento do Presidente da República destinado à formulação de políticas e diretrizes energéticas visando sempre o aproveitamento natural dos recursos energéticos do país.

Agregam ao CNPE – Conselho Nacional de Políticas Energéticas: I - o Ministro de Estado de Minas e Energia, que o presidirá; II - o Ministro de Estado da Ciência e Tecnologia; III - o Ministro de Estado do Planejamento, Orçamento e Gestão; IV - o Ministro de Estado da Fazenda; V - o Ministro de Estado do Meio Ambiente; VI - o Ministro de Estado do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior; VII - o Ministro Chefe da Casa Civil da Presidência da República; VIII - o Ministro de Estado da Integração Nacional; IX - o Ministro de Estado da Agricultura, Pecuária e Abastecimento; X - um representante dos Estados e do Distrito Federal; XI - um representante da sociedade civil especialista em matéria de energia; XII - um representante de universidade brasileira, especialista em matéria de energia; XIII - o Presidente da Empresa de Pesquisa Energética - EPE; e XIV - o Secretário-Executivo do Ministério de Minas e Energia. (MME, 2016).

### **2.1.4 Ministério de Minas e Energia (MME)**

O Ministério de Minas e Energia (MME) foi criado em 1960, pela Lei nº 3.782, de 22 de julho de 1960. Anteriormente, os assuntos de minas e energia eram de competência do Ministério da Agricultura.

Após várias mudanças regulamentares e transferências de atribuições o MME ficou responsável pela formulação do planejamento e implementação de ações governamentais, no contexto da política energética nacional (MME, 2016).

O Ministério inclui como empresas vinculadas a Eletrobrás e a Petrobras, que são de economia mista. A Eletrobrás, por sua vez, controla, as empresas Furnas Centrais Elétricas S.A., Companhia Hidro Elétrica do São Francisco (Chesf), Companhia de Geração Térmica de Energia Elétrica (CGTEE), Centrais Elétricas do Norte do Brasil S.A. (Eletronorte),

Eletrosul Centrais Elétricas S.A. (Eletrosul) e Eletrobrás Termonuclear S.A. (Eletronuclear) e mantém como autarquias vinculadas as agências nacionais de Energia Elétrica (Aneel) e do Petróleo (ANP) e o Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM).

### **2.1.5 Empresa de Pesquisa Energética (EPE)**

A EPE é uma entidade criada e aprovada pelas lei Lei 10.847, de 15 de Março de 2004, Decreto 5.184, de 16 de Agosto de 2004 e com nova redação pelo Decreto 6.685, de 10 de dezembro de 2008 com o objetivo de desenvolver os estudos necessários para a construção de um planejamento energético necessário para tender a futuras demandas.

De acordo com o art 2º da Lei 10,847/20, sua finalidade é prestar serviços na área de estudos e pesquisas destinadas a subsidiar o planejamento do setor energético, tais como energia elétrica, petróleo e gás natural e seus derivados, carvão mineral, fontes energéticas renováveis e eficiência energética, dentre outras, (ONS, 2015).

### **2.1.6 Comitê de Monitoramento do Setor Elétrico (CMSE)**

Segundo o MME, 2015 o Comitê de Monitoramento do Setor Elétrico (CMSE) foi criado pela lei 10.848, de 2004, com a função de acompanhar e avaliar permanentemente a continuidade e a segurança do suprimento eletro energético em todo o território nacional.

### **2.1.7 Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL)**

A Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), é uma autarquia em regime especial vinculada ao Ministério de Minas e Energia, que foi criada para regular o setor elétrico brasileiro, por meio da Lei nº 9.427/1996 e do Decreto nº 2.335/1997.

A ANEEL iniciou suas atividades em dezembro de 1997, tendo como principais atribuições, (ANEEL, 2015):

- Regular a geração (produção), transmissão, distribuição e comercialização de energia elétrica;

- Fiscalizar, diretamente ou mediante convênios com órgãos estaduais, as concessões, as permissões e os serviços de energia elétrica;
- Implementar as políticas e diretrizes do governo federal relativas à exploração da energia elétrica e ao aproveitamento dos potenciais hidráulicos;
- Estabelecer tarifas;
- Mediar, na esfera administrativa, os conflitos entre os agentes e entre esses agentes e os consumidores, e
- Promover as atividades de outorgas de concessão, permissão e autorização de empreendimentos e serviços de energia elétrica, por delegação do Governo Federal.

### **2.1.8 Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS)**

O ONS tem como objetivo executar atividades de coordenação e controle da operação de geração e transmissão, no âmbito do Sistema Interligado Nacional (OLIVIERI, 2006).

É o órgão responsável pela coordenação e controle da operação das instalações de geração e transmissão de energia elétrica no Sistema Interligado Nacional (SIN), sob a fiscalização e regulação da Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel), desenvolvendo uma série de estudos e ações a serem exercidas sobre o sistema e seus agentes para manejar o estoque de energia de forma a garantir a segurança do suprimento contínuo em todo o País.

ONS, também é uma pessoa jurídica de direito privado, inscrita na forma de associação civil, sem fins lucrativos, criado em 26 de agosto de 1998, pela Lei nº 9.648/98, com as alterações introduzidas pela Lei nº 10.848/04 e regulamentado pelo Decreto nº 5.081/04.

### **2.1.9 Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE)**

A Câmara de Comercialização de Energia Elétrica- CCEE é uma pessoa jurídica de direito privado, sem fins lucrativos, criada com a finalidade de viabilizar a comercialização de energia elétrica. O período em que foi criada a CCEE é descrito pelo relatório visão geral das operações na CCEE (2011, p. 6) da seguinte forma:

Entre as principais mudanças institucionais implementadas nesse período, destacam-se a criação de uma instituição responsável pelo planejamento do setor elétrico a longo prazo (a Empresa de Pesquisa Energética – EPE), uma instituição com a função de avaliar permanentemente a segurança do suprimento de energia elétrica (o Comitê de Monitoramento do Setor Elétrico – CMSE) e uma instituição para dar continuidade às atividades do MAE, relativas à comercialização de energia elétrica no Sistema Interligado (a Câmara de Comercialização de Energia Elétrica – CCEE).

Mediante esses conceitos (OLIVIERI, 2006) descreve que a CCEE desempenha o papel estratégico para viabilizar as operações de compra e venda de energia elétrica, registrando e administrando contratos firmados entre geradores, comercializadores, distribuidores e consumidores, ou seja organiza leilões de compra e venda de energia elétrica; promove registro de dados das operações de compra e venda e outros dados aos serviços inerentes aos serviços de energia elétrica

No setor elétrico brasileiro, existem Agentes de Governo responsáveis pela política energética do setor, sua regulação, operação centralizada e comércio de energia. Efetivamente, os Agentes diretamente ligados à produção e transporte de energia elétrica são os de geração, transmissão e distribuição, por isso essa atual estrutura foi concebida sob um ideal de equilíbrio institucional entre Agentes de Governo, Agentes Públicos e Privados.

## **2.2 Energia Renovável**

O planeta sofre com a exploração de seus recursos naturais bem antes do início do século XX, com a poluição da atmosfera e com a degradação do solo. Considerado uma fonte de energia o petróleo, por exemplo, foi tão vorazmente extraído que a tendência de esgotamento de seus poços figura como uma veemente realidade. Um recurso ainda mais antigo, o carvão, também é considerado esgotável, assim como a energia nuclear, que traz o alerta para o perigo dos resíduos radioativos (REVISTA ECONTURISMO, 2009).

Para MATTOS et al., (2009), a energia pode ser considerada renovável quando não se pode indicar o seu fim, ou seja, quando não se consegue delimitar a quantidade de sua utilização. Nestes casos podemos citar como exemplo o calor do Sol, o vento, a força do mar ou mesmo dos cursos dos rios.

PINTO JR. (2007) entende que energia renovável quer dizer inesgotável, no entanto é limitada quanto à quantidade de energia que se pretende produzir em determinada quantidade de tempo.

Segundo GOLDEMBERG (2003), com a exceção da biomassa, que através da dissolução dos resíduos orgânicos acaba liberando dióxido de enxofre e óxidos de azoto, e assim produz uma pequena emissão de gases de efeito estufa, as demais energias consideráveis renováveis são inteiramente “limpas” e não produzem qualquer impureza poluente, além de poderem ser produzidas no quintal de qualquer casa, sendo apenas necessário que o “produtor” adeque aquela que melhor lhe convém.

São consideradas também como “energias alternativas” em relação às fontes não renováveis, em relação a sua disponibilidade quanto aos menores impactos ao meio ambiente, por essas podem ser obtidas de fontes naturais capazes de se regenerar, e, portanto, virtualmente inesgotáveis (REVISTA ECONTURISMO, 2009).

A capacidade de energia renovável no mundo é dada por cinco tipos dessas energias a eólica, a solar fotovoltaica, a de biomassa, a geotérmica e a energia solar concentrada junto da energia de oceano segundo a (REN.21, 2013). Em escala mundial, a energia de maior participação na potência total instalada é a eólica, seguida da solar fotovoltaico, talvez por serem estas de maior destaque no desenvolvimento tecnológico atualmente como demonstra a figura 2

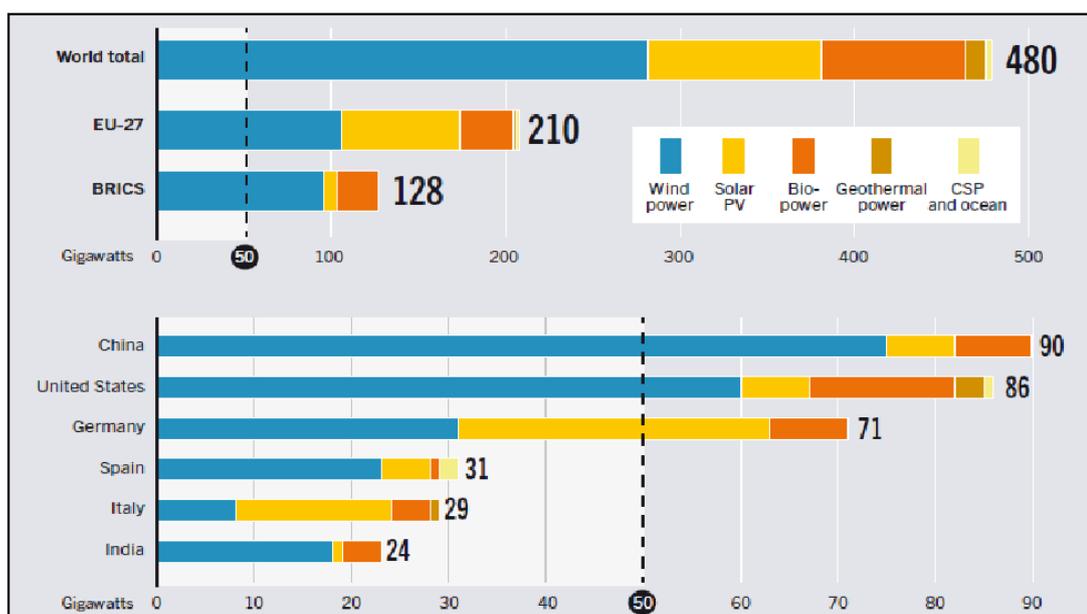


Figura 2 – Capacidades de energias renováveis no Mundo, na UE 27, no BRICS (Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul) e nos seis países destaques.

Fonte: REN21, 2013.

Os países que se destacam em relação a capacidade instalada de energias renováveis são: na liderança, a China, seguida dos Estados Unidos, Alemanha, Espanha, Itália e Índia. Em todos esses seis países a energia eólica tem maior participação na capacidade instalada, se diferenciando apenas a Alemanha e a Itália em que demonstram maior participação da energia solar fotovoltaica.

Estudos feitos pela EPE. (2015), o Brasil dispõe de uma matriz elétrica de origem predominantemente renovável, com destaque para a geração hidráulica que responde por 64,9% da oferta interna. As fontes renováveis representam 79,3% da oferta interna de eletricidade no Brasil, que é a resultante da soma dos montantes referentes à produção nacional mais as importações, que são essencialmente de origem renovável como demonstra a **Erro! Fonte de referência não encontrada.**

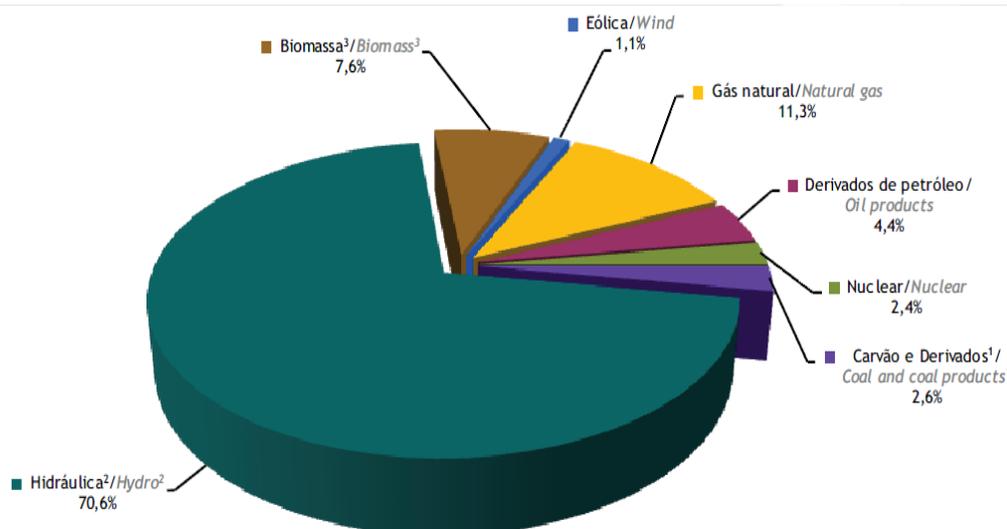


Figura 3 – Oferta interna de energia por fonte

Fonte: EPE, 2013

## 2.2.1 Fontes renováveis de energia que participam da matriz elétrica brasileira

A seguir serão apresentados alguns aspectos das fontes renováveis de energia que participam da matriz elétrica brasileira.

### 2.2.2 Energia Eólica

A geração de energia elétrica vem se tornando cada dia mais diversificada, com isso, as fontes de energia como eólica vem tomando espaço. Mas segundo (Silva, 2013), ela não ganhou espaço apenas devido à necessidade energética causada pela crise dos anos 70, mas sim pela intenção em se gerar eletricidade através de processos cada vez mais limpos. Assim, a energia eólica por ser uma fonte limpa, confiável e viável, entrou no mercado pelo destaque em ser além de uma alternativa energética, uma solução para contribuir com a economia mundial sustentável e o objetivo comum de atender a demanda de consumo energética.

Segundo, (Pacheco, 2011), considera-se eólica como energia cinética das massas de ar (ventos) provocadas pelo aquecimento desigual na superfície da Terra. A energia eólica

tem-se firmado, como uma grande alternativa na composição da matriz energética de diversos países. Aqui no Brasil, essa fonte de energia tem se mostrado uma excelente solução na busca de formas alternativas de geração de energia para a região Nordeste.

Ela se apresenta como uma alternativa interessante por não denegrir o ambiente e ser dependente de um recurso inesgotável, assim passou a ser utilizada como forma de complementariedade a outras fontes, o que proporcionou seu desenvolvimento e o seu crescimento na matriz. Atualmente sua participação é de cerca de 8% na matriz, porém com projeções de crescimento para 22 % até o ano de 2023, isso de acordo com os dados disponibilizados no Plano Decenal de Expansão de Energia (PDE 2023, 2015).

Segundo (Santos, 2015), o Brasil é um país privilegiado pelo vento, e existem regiões com favorecimento geográfico e abundância de vento, como no Nordeste brasileiro que contribui para que o setor cresça no país e, ainda gera novos meios de economia nas regiões, sem contar que devido ao volume de energia gerada, essas áreas despontam como maiores geradoras de energia dos ventos no Brasil, (Melo, 2013). Em razão desse quadro favorável, os maiores empreendimentos eólicos estão localizados nos estados do Nordeste, com destaque principalmente para estados como o Ceará e o Rio Grande do Norte. Existem ainda alguns empreendimentos localizados fora do grande polo de geração eólica como é o caso dos projetos instalados em Santa Catarina e no Rio Grande do Sul.

Embora o crescimento e a disponibilidade de potencial eólico presente no país, seja bom o Brasil ocupa ainda a 15ª posição no ranking mundial. Mesmo que em 2014 tenha crescido mais em energia eólica que a Alemanha, ainda se explora apenas 7% dos 500GW disponíveis no território nacional (Cresesb). Para aumentar o crescimento do percentual de exploração, o governo busca ações para a internalização da energia eólica, proporcionando o desenvolvimento de estudos e tecnologias nacionais e favorecendo o investimento em novos projetos.

As projeções indicam que até 2020 a energia eólica deva expandir ainda mais, aumentando 26 em quase 300% esse número Azevedo, (2015), e certamente irá superar e muito os 8% atuais de participação da matriz energética brasileira (ABEEólica).

Devido a vários incentivos o governo traçou metas de investimentos para que as novas fontes tornassem atrativas. Foi então promovido pelo MME novos leilões que tiveram como resultado um crescimento satisfatório na capacidade instalada como mostra na Figura 4 – onde adverte que desde 2005 houve um aumento de cerca de 300%.

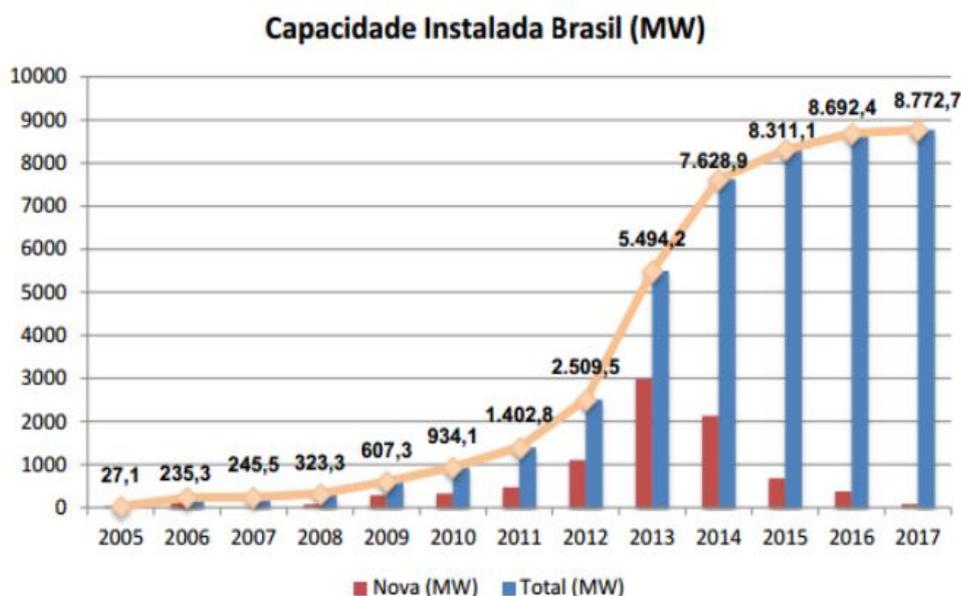


Figura 4 – Capacidade eólica instalada no Brasil

Fonte: Aneel/ABEEólica

O governo brasileiro na época traçou metas de investimentos para que as novas fontes se tornassem atrativas para investidores, e para que também passassem a ser desenvolvidas nacionalmente. As diretrizes do MME para o programa promoveram novos leilões de energia, que podem ter resultado em um crescimento satisfatório na capacidade instalada atual se comparada a 10 anos atrás, como na figura 2, onde indica que desde 2005 cresceu cerca de 300%.

### 2.2.3 Biomassa

Biomassa é a energia química produzida pelas plantas na forma de hidratos de carbono através da fotossíntese. Plantas, animais e seus derivados são biomassa. Sua utilização como combustível pode ser feita na sua forma bruta ou através de seus derivados. Madeira, produtos e resíduos agrícolas, resíduos florestais, excrementos animais, carvão vegetal, álcool, óleos animais, óleos vegetais, gás pobre, biogás são formas de biomassa utilizadas como combustível.

Segundo a Câmara de Comercialização de Energia, uma das vantagens da biomassa é que, embora de eficiência inferior à de outras fontes, seu aproveitamento pode ser feito diretamente, por meio da combustão em fornos e caldeiras e para aumentar a eficiência do processo e reduzir impactos socioambientais, tem-se desenvolvido tecnologias de conversão mais eficientes, como a gaseificação e a pirólise – decomposição térmica de materiais contendo carbono, na ausência de oxigênio.

Devido a imensidão de nosso território, principalmente, das regiões tropicais e chuvosas o país oferece uma excelente condição para a produção e o uso energético da biomassa em larga escala, com grande potencial no setor de geração de energia elétrica, contudo em parte do país, a produção de madeira, em forma de lenha, carvão vegetal ou toras, também gera grande quantidade de resíduos que podem igualmente ser aproveitados na geração de energia elétrica. No entanto, o recurso de maior potencial para geração de energia elétrica no país é o bagaço da cana-de-açúcar.

#### **2.2.4 Energia Solar**

A energia proveniente do sol pode ser utilizada diretamente para o aquecimento do ambiente, aquecimento de água e para produção de eletricidade, com possibilidade de reduzir em 70% o consumo de energia convencional. Além disso, a radiação solar pode ser utilizada diretamente como fonte de energia térmica, para aquecimento de fluidos e ambientes e para geração de potência mecânica ou elétrica. Pode ainda ser convertida diretamente em energia elétrica, por meio de efeitos sobre determinados materiais, entre os quais se destacam o termoelétrico e o fotovoltaico

Entre as alternativas tecnológicas para a implantação de microssistemas de geração de energia elétrica, micro geração distribuída, a energia fotovoltaica é, ultimamente a que mais vem sendo discutida e testada, devido à sua maior facilidade de instalação e mais simples operação e manutenção. A contínua redução de preço dos painéis fotovoltaicos no mercado internacional, principal insumo destes sistemas, também tem propiciado a disseminação desta fonte alternativa (IPEA, 2013).

Segundo relato de (Rodrigues, 2013), grande parte de algumas dessas fontes de energia já participantes do sistema de geração de energia em alguns países e que se destacam

por serem energias renováveis, algo importante pois estima-se por desenvolvimento sustentável.

Outro fator de grande valia é que em qualquer local do planeta é possível se diminuir a influência extrema reduzindo a importação de energia, causando assim grande impacto nas economias baseadas unicamente na extração de energias fósseis como gás e petróleo.

## **2.3 Geração Distribuída**

### **2.3.1 Conceitos**

Em geral, não existe uma definição única para o termo Geração Distribuída, embora seja entendida como uma denominação genérica de um tipo de geração de energia elétrica que se diferencia da realizada pela geração centralizada por correr em locais em que não seria instalada uma usina geradora convencional, contribuindo para aumentar a distribuição da geração de energia elétrica em determinada região. (Rodrigues, 2013).

A geração distribuída é caracterizada pela distribuição de energia elétrica próxima aos centros de carga, utilizando apenas o sistema de distribuição local e normalmente de pequeno porte, não necessitando do Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS). Compete a ANEEL propiciar o acesso de pequenas centrais geradoras de energia elétrica com potência instalada de até 1MW e que tal fonte energética seja renovável, como: a solar, eólica, biomassa, hídrica e cogeração qualificada<sup>1</sup>. Geralmente, essas pequenas centrais geradoras são conectadas na rede de baixa ou média tensão (ANEEL, 2012).

Entretanto, ainda não existe um consenso quanto à real definição de GD. Ribeiro & Picarelli (2014). Autores definem a Geração distribuída como:

"GD é uma planta de 20 MW ou menos, situada no centro de carga ou próxima a ele, ou situada ao lado do consumidor, e que produz eletricidade no nível de voltagem do sistema de distribuição." CEC (2001), (RODRIGUEZ, 2002). Ribeiro & Picarelli, (2014)

"GD indica um sistema isolado ou um sistema integrado de geração de eletricidade em plantas modulares pequenas - na faixa de poucos kW até os 100 MW - seja de concessionárias, consumidores ou terceiros "Rodriguez (2002) apud Brasil (2014) Ribeiro & Picarelli (2014).

"GD é definida como o uso integrado ou isolado de recursos modulares de pequeno porte por concessionárias, consumidores e terceiros em aplicações que beneficiam o sistema elétrico e/ou consumidores específicos." TURKSON, (2001). Ribeiro & Picarelli, (2014)

Geração distribuída é o termo que se usa para a geração elétrica junto ou próxima do (s) consumidor (es), com potências normalmente iguais ou inferiores a 30 MW. Ela ainda inclui: cogeneradores, geradores de emergência, geradores para operação no horário de ponta, módulos fotovoltaicos e Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs)" INEE, (2014). Ribeiro & Picarelli, (2014)

Estas diferentes definições demonstraram a falta de consenso com respeito ao tipo e tamanho da tecnologia utilizável para GD, mas mostram também alguns aspectos comuns ao conceito geral. Ribeiro & Picarelli, (2014).

### **2.3.2 Limites de penetração para Geração Distribuída**

Segundo Santos (2013), é trivial encontrar na literatura relativa a limites de penetração para GD, sugestões de limites como percentuais de:

- Capacidade nominal do alimentador;
- Capacidade instalada de transformação de uma concessionária;
- Potência instalada do parque gerador nacional;
- Potência instalada de uma subestação;
- Demanda máxima da subestação;
- Demanda máxima do alimentador;
- Demanda máxima da unidade consumidora;
- Energia gerada pela geração centralizada;
- Queda de tensão no alimentador.

Observa-se que existem limites relacionados a capacidades nominais, potências de equipamentos, demanda e energia, assim sendo, não existe ainda consenso a respeito do limite de penetração para GD, Santos, (2013).

Um projeto concebido pela *Intelligent Energy for Europe*, chamado *PV in Urban Policies – Strategic and Comprehensive Approach for Long-term Expansion PV-UP-SCALE6* editou, em 2008, um documento denominado *Recommendations for Utilities*, fazendo as seguintes considerações sobre o limite de penetração de GD.

- Limitar a capacidade de GD instalada na rede a 70% da potência nominal do transformador de distribuição;
  - A modificação da faixa de tensões considerada como adequada afeta o limite de penetração na rede;
  - A preocupação relacionada ao aumento de tensão é acentuada quando a geração está localizada no final do alimentador, por apresentar maior impedância;
  - O ajuste da relação de transformação dos transformadores para uma tensão ligeiramente inferior aumenta a capacidade de GD que pode ser inserida, por ficar mais distante do limite de tensão máximo considerado adequado; e
  - A quantidade de GD que pode ser inserida em um alimentador depende da localização das fontes ao longo do ramal. Próximo do transformador o limite é maior, e no final do alimentador é menor, devido à impedância do condutor.
- SANTOS, (2013)

Visando aumentar a capacidade de GD que pode ser inserida na rede, o relatório recomendava ainda:

- Ajustar a relação de transformação do transformador de baixa tensão, para reduzir a tensão de saída, para aproximadamente 98% do valor nominal. Isso é válido se todos os ramais atendidos por este transformador possuírem GD;
- Reduzir a potência injetada pela GD, quando a tensão estiver no limite regulamentar;
- Reduzir o valor da tensão através do fornecimento de potência reativa. O fator de potência da GD pode ser controlado pelos dispositivos de eletrônica de potência do inversor, ajustando a tensão enquanto continua fornecendo

potência ativa. Entretanto, em determinadas situações, as perdas na rede podem ficar elevadas Shayani,( 2010);

- Fazer o gerenciamento pelo lado da demanda, aumentando a quantidade de cargas que operam durante o dia; e
- Reforçar a rede, diminuindo sua impedância.

### **2.3.3 Benefícios da Geração Distribuída**

A GD própria é uma opção para o consumidor que não deseja ser prejudicado por eventuais interrupções no fornecimento de energia e nem pagar tarifas mais elevadas nos horários de pico. Além de que, o excesso da geração própria pode ser vendido para as companhias de distribuição, possibilitando que o produtor independente tenha lucros participando ativamente do mercado de energia elétrica. (MarquesI, MoránII, AbreuII, SilvaIII, & FreitasIII)

A geração distribuída proporciona diversos benefícios, pelo fato de ser uma geração que se localiza próxima à carga. Além disso, permite o atendimento da demanda crescente de forma ágil, já que a construção de grandes usinas hidrelétricas é um processo demorado. (MarquesI, MoránII, AbreuII, SilvaIII, & FreitasIII).

As vantagens concedidas à GD são contempladas pela temática da sociedade, do meio ambiente e do setor elétrico.

- Qualidade e confiabilidade superiores do abastecimento por meio de tecnologias de GD, porque seu sistema elétrico não aceita variações de frequência e/ou tensão;
- Aumento da confiabilidade do suprimento aos consumidores próximos à geração local, por adicionar fonte não sujeita a falhas na transmissão e distribuição;
- A eletricidade gerada pela GD tem menor custo para o consumidor;
- Contribuição para o aumento da geração, levando a um maior segurança do suprimento energético;

- Geração de empregos e estabilidade na produção pela indústria nacional gerando desenvolvimento econômico;
- Contribuição para o desenvolvimento local (social e econômico), devido ao uso de recursos próprios da região na qual está inserida a instalação elétrica; OLADE, (2011).
- O meio ambiente,
- Contribuição na redução das emissões de GEE e para a mitigação da mudança climática devido ao uso de recursos energéticos distribuídos.
- Minimização dos impactos ambientais, pela redução das necessidades de grandes instalações de geração de cargas e extensas linhas de transmissão;
- Diminuição do uso de fontes de energia não renováveis;
- Diminuição do impacto ambiental;
- Possibilidade de melhorar a eficiência energética;
- Uso adequado dos recursos renováveis.
- O setor elétrico,
- A GD é economicamente atraente na medida em que reduz os custos, adia investimentos em subestações de transformação e em capacidade adicional para transmissão, além de reduzir perdas nas linhas de transmissão e distribuição, perdas reativas de potência e estabilidade na tensão elétrica. HOFF et al., apud OLADE, (2011)
- A diversidade de investimentos privados gerados pela GD, tende a ampliar o número de agentes geradores e participantes do setor elétrico, distribuídos regionalmente COGEN, (2013);
- Atendimento mais ágil ao crescimento da demanda (ou à demanda reprimida) por ter um tempo de implantação inferior ao de acréscimos à GD e reforços das respectivas redes de transmissão e distribuição;
- Agilização no atendimento ao crescimento da demanda, inserindo menor prazo e menor complexidade no licenciamento e na liberação para implantação dos projetos COGEN,(2013);
- Aumento da estabilidade do sistema elétrico, pela existência de reservas de geração distribuída INEE, (2001);

- Redução das perdas na transmissão e dos respectivos custos, e adiamento no investimento para reforçar o sistema de transmissão INEE (2001);
- Redução dos investimentos para implantação, inclusive os das concessionárias para o suprimento de ponta, dado que este passa a ser compartilhado (“peak sharing”), e os de todos os produtores para reservas de geração (que podem ser alocadas em comum) INEE, (2001);
- Redução dos riscos de planejamento;
- O uso de unidades de menor capacidade propicia o equilíbrio na busca de melhores taxas variáveis de crescimento de demanda, contribuindo na redução de risco associados a erros de planejamento e oscilações de preços ao sistema elétrico. WALTER et al., apud OLADE, (2011)

## **2.4 Regulação atual pertinente a Geração Distribuída no Brasil**

### **2.4.1 Preliminares**

Mediante a portaria nº 1.447/2012, a ANEEL, aprovou a agenda regulatória indicativa da Superintendente de Regulação dos Serviços de Distribuição (SRD), na qual consta em um de seus itens. “Diminuir os obstáculos para o acesso de pequenas centrais geradoras aos sistemas de distribuição”.

Para realizar instrumentos regulatórios no Brasil e incentivar a geração distribuída de pequeno porte, a partir de fontes renováveis de energia, conectada na rede de distribuição houve a necessidade de uma regulação específica, pois não era mencionado em nenhum momento o conceito de mini e micro geração.

Um importante momento foi se iniciado, foram recebidas várias contribuições dos agentes e da sociedade de modo que, essas barreiras já existentes, fossem reduzidas, questões estas que foram abertas na consulta pública nº 15/2010 apresentadas na Nota Técnica nº 0043/2010-SRD/ANEEL que selecionou 33 questões divididas em seis temas: Caracterização

dos empreendimentos, Conexão à rede, Regulação, Comercialização de Energia, Propostas e Questões Gerais.

Com base nesse questionário foram recebidas 577 respostas/contribuições de 39 agentes, incluindo representantes das distribuidoras, geradoras, universidades, fabricantes, consumidores, comercializadores, e demais interessados no tema. Consolidou então com o estudo de normas internacionais e consideração das contribuições recebidas na Consulta Pública para elaboração de proposta de revisão dos regulamentos da ANEEL, no que se referem à geração distribuída, com a abertura de Audiência Pública.

Apresentada a análise e o resultado das contribuições pela Nota Técnica nº 0004/2011-SRD/ANEEL, de 9/02/2011, a Procuradoria Geral da ANEEL – PGE apresentou parecer jurídico favorável, permitindo a Aneel competência reguladora e adicionalmente, os regulamentos podem obrigar a distribuidora a adotar o Sistema de Compensação de Energia se o consumidor com geração distribuída solicitar, desde que sejam respeitadas as condições técnicas das redes e que os custos pela troca dos medidores sejam arcadas pelo acessante.

Em 2011, foi aberta a Audiência Pública nº 42/2011 para receber mais contribuições, com seção presencial na sede da ANEEL, disponibilizando minuta de resolução e minuta de nova seção (seção 3.7) do módulo 3 do PRODIST com propostas para reduzir barreiras para geração distribuída de micro geração e mini geração.

#### **2.4.2 Procedimentos de Distribuição (PRODIST)**

De acordo com a ANEEL.2016, Procedimentos de Distribuição - PRODIST são documentos elaborados pela ANEEL e normatizam e padronizam as atividades técnicas relacionadas ao funcionamento e desempenho dos sistemas de distribuição de energia elétrica.

Foram um conjunto de regras com vistas a subsidiar os agentes e consumidores do sistema elétrico nacional na identificação e classificação de suas necessidades para o acesso ao sistema de distribuição, disciplinando formas, condições, responsabilidades e penalidades relativas à conexão, tanto no planejamento da expansão, ora no planejamento de operação e medição da energia elétrica, formalizando a troca de informações entre as partes, além de estabelecer critérios e indicadores de qualidade.

Esse procedimento de Distribuição é dividido em 9 módulos:

- Módulo 1: Introdução
- Módulo 2: Planejamento da Extensão do Sistema de Distribuição
- Módulo 3: Acesso ao sistema de distribuição
- Módulo 4: Procedimentos operativos do Sistema de Distribuição
- Módulo 5: Sistemas de Medição
- Módulo 6: Informações Requeridas e Obrigações
- Módulo 7: Cálculo de Perdas na Distribuição
- Módulo 8: qualidade de Energia Elétrica
- Módulo 9: Ressarcimento de Danos Elétricos
- Cartilha de Acesso ao Sistema de Distribuição

O módulo 3 do PRODIST relaciona as principais alterações a partir da Resolução 482/2012, que se refere aos procedimentos para acesso da micro e mini geração distribuída aos sistemas de distribuição de eletricidade delimitados desde as etapas para a viabilização do acesso; critérios técnicos e operacionais; requisitos dos projetos; implantação de novas conexões; requisitos para operação, manutenção e segurança da conexão; bem como sistema de medição; e contratos.

### **2.4.3 Resolução nº 482/2012 da ANEEL**

A criação da Resolução Normativa 482/12 alterou de forma significativa o ambiente de geração de energia elétrica para os novos de micro geradores ou mini geradores de energia elétrica.

Essa Resolução Normativa nº 482 da ANEEL de 17 de abril de 2012 estabeleceu as condições gerais para o acesso de micro geração e mini geração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica e também instituiu o método de compensação de energia elétrica.

Essa resolução deve ser compreendida como um importante marco regulatório no que diz respeito ao acesso efetivo de pequenos produtores às redes de distribuição, também, são definidas duas categorias em que se enquadram os pequenos produtores de energia

elétrica: a primeira, de micro geração distribuída contempla os produtores que possuem potência instalada de até 100 kW.

Por esse sistema, a unidade geradora instalada em uma residência, por exemplo, ficava habilitada a produzir energia e a injetar no sistema da distribuidora o excedente não consumido, podendo utilizar o crédito para abater o consumo nos 36 meses subsequentes. As informações sobre os créditos constarão da fatura do consumidor Relatório Aneel (2012).

#### **2.4.4 A mini geração e micro geração estabelecidas da Resolução nº 482/2012**

A micro geração distribuída é uma central geradora de energia elétrica, com potência instalada menor ou igual a 100 kW e que utiliza fontes com base em energia hidráulica, solar, eólica, biomassa ou cogeração qualificada, conforme regulamentação da ANEEL, conectada na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras. (ANEEL, 2010).

A segunda categoria contempla os produtores que possuem potência instalada superior a 100 kW e igual ou inferior a 1 MW, ou seja, a mini geração distribuída é uma central geradora de energia elétrica, com potência instalada superior a 100 kW e menor ou igual a 1 MW para fontes com base em energia hidráulica, solar, eólica, biomassa ou cogeração qualificada, conforme regulamentação da ANEEL, conectada na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras. (ANEEL, 2010).

#### **2.4.5 Sistema de compensação de Energia**

O sistema de compensação de energia elétrica instituído pela Agência Nacional de Energia Elétrica e definido pela Resolução funciona semelhantemente ao método adotado em alguns países, denominado “*net metering*”, ou seja, não há venda da energia produzida, e sim créditos gerados, e de acordo com Stadler (2010), esse sistema está implantado em pelo menos 10 países e em 43 estados dos Estados Unidos (EUA), onde o consumo a ser faturado, referente à energia elétrica ativa, é a diferença entre a energia consumida e a injetada, por posto horário, quando for o caso.

A origem do *net metering* está na própria iniciativa governamental, de aumentar o crescimento econômico local, os investimentos privados de energias renováveis, aumentar o uso de diferentes tipos de fontes de energia e também melhorar o meio ambiente (RODRÍGUEZ, 2012).

Para RODRIGUES (2013), o entendimento correto desse sistema como está escrito na resolução é muito importante para que não ocorra nenhum equívoco quanto ao seu uso, tanto do lado do consumidor quanto para o da distribuidora.

A energia ativa injetada à rede elétrica da distribuidora pela unidade consumidora é tida como título de empréstimo gratuito para a distribuidora, sendo esse crédito, ou seja, o excedente, que não foi compensado no mês corrente, deve ser utilizado para compensar o consumo dos meses subsequentes. Além disso, os créditos devem ser utilizados dentro de um prazo máximo de 36 (trinta e seis) meses (Res. 482/2012), após este período eles expiram para o cliente e os créditos que restarem são revertidos em prol de modicidade tarifária.

Além da possibilidade de compensar os créditos no próprio local de geração de energia elétrica, por meio desta resolução é possível cadastrar outros estabelecimentos que são denominados como “participantes do sistema de compensação”, desde que possua o mesmo CNPJ ou CPF, o que restou de créditos em um determinado mês pode ser utilizado nos meses subsequentes em outros estabelecimentos, e se houver participantes o suficiente, os créditos são completamente diluídos ao longo das compensações, aproveitando assim todo o benefício que a geração distribuída pode proporcionar ao mini ou micro gerador.

**A Erro! Fonte de referência não encontrada.**, define como funciona o sistema de compensação da Resolução 482/2012.

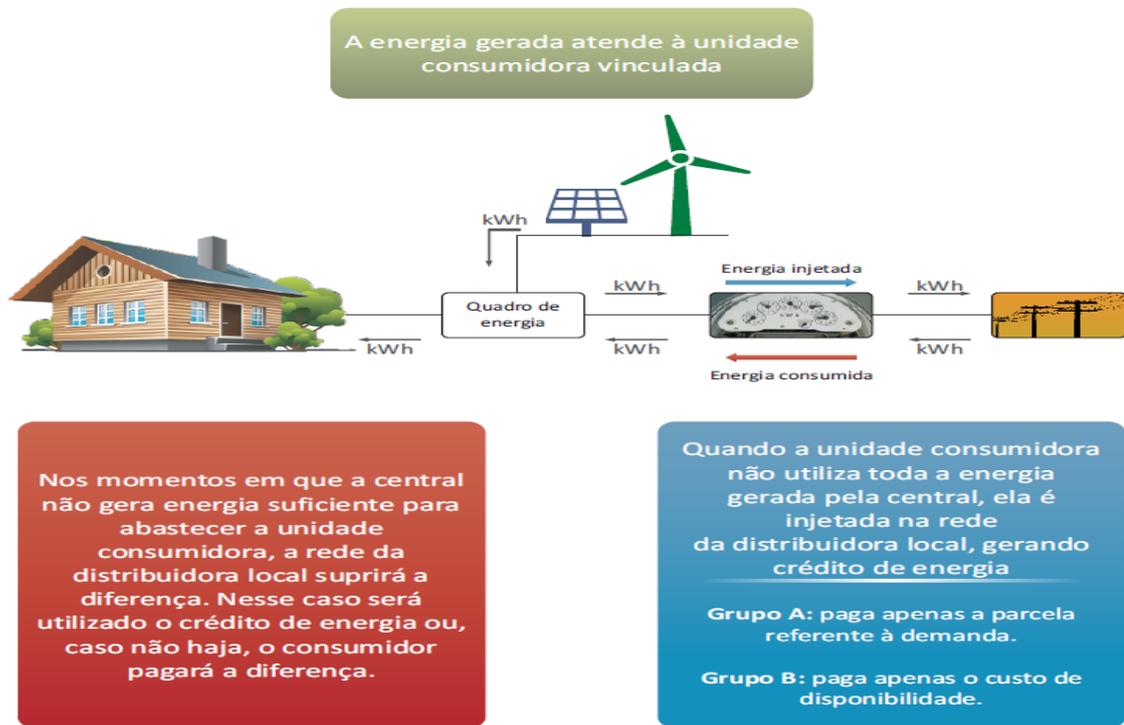


Figura 5 – Sistema de Compensação de Energia (Fonte: ANEEL, 2015)

#### 2.4.6 Resolução Normativa nº 517/2012 da ANEEL

A resolução 517, de dezembro de 2012, altera RN (Resolução Normativa) nº 482, de 17 de abril de 2012, e o Módulo 3 do PRODIST adiciona algumas considerações, aprimorando a definição de alguns termos, como “sistema de compensação de energia elétrica”, por exemplo, anulando a primeira definição dada pela 482 e tornando válida uma mais completa.

Foram adicionadas informações relativas aos valores de potências instaladas para micro e mini geradores, limitando-os inicialmente à carga instalada, para consumidores atendidos em tensões abaixo de 2,3 kV (grupo B), ou à demanda contratada, para consumidores do grupo A.

Cita, ainda, os encargos e responsabilidades da conexão de novas unidades geradoras à rede, da adesão ao sistema de compensação e seu funcionamento, do faturamento de energia e de como ocorrerá o abatimento no consumo, explicando-se também as possibilidades de compensação em meses subsequentes caso necessário, ou ainda em outras unidades

consumidoras do mesmo titular. Finalmente, a nova norma trata do sistema de medição de energia, seus custos, especificações técnicas e os responsáveis pela sua instalação (ANEEL, 2012).

#### **2.4.7 Resolução Normativa nº 687/2015**

Desde 2012, quando a ANEEL, estabeleceu condições de acesso para micro e mini geração distribuída por meio da Res 482/2012 e da seção 3.7 do PRODIST, surgiram diversas questões técnicas associadas à integração desses equipamentos à rede, à certificação dos equipamentos pelo INMETRO, ao faturamento das unidades consumidoras e à incidência dos tributos federais (PIS e COFINS) e estadual (ICMS) sobre a energia produzida pelo consumidor, dentre outras, foi aprovada pela Portaria nº 3.376, 16/12/2014, e revista pela Portaria nº 3.604, de 30/6/2015 a realização de Audiência Pública para tratar da revisão da referida Resolução.

Nesse período, permitiu identificar diversos pontos da regulamentação que necessitam de aprimoramento, então, foi emitida Nota Técnica nº 0017/2015-SRD/ANEEL, em 13/4/2015, que analisou a situação atual, as barreiras existentes e as ações da Agência para reduzi-las apresentando propostas para seu aperfeiçoamento. Foi decidido em reunião no dia 5/5/2015, abrir a Audiência Pública - AP nº 26/2015, no período de 7/5/2015 a 22/6/2015, para o recebimento de contribuições da sociedade sobre as propostas de aperfeiçoamento das regras vigentes.

No período de 7/5/2015 a 22/6/2015, a AP nº 26/2015, recebeu 610 contribuições e 110 agentes dentre eles, consumidores, bancos universitários, fabricantes, etc, as quais contaram com grande participação dos interessados com seções presenciais realizadas em São Paulo, no dia 17/6/2015, e em Brasília, no dia 18/6/2015.

Como demonstra a **Erro! Fonte de referência não encontrada.** o total de contribuições recebidas, 44% foram total ou parcialmente aceitas, 50% não foram aceitas e 6% não se aplicavam.

Tabela 1 – Resumo das contribuições recebidas

	<b>Resolução Normativa nº 482/2012</b>	<b>Seção 3.7 do Módulo 3 do PRODIST</b>
Total de contribuições	479	197
Percentual de contribuições aceitas total ou parcialmente	41%	51%
Percentual de contribuições não aceitas	54%	42%
Percentual de contribuições não aplicáveis	5%	7%

Fonte: ANEEL,2015

Das diversas contribuições das que mais se destacaram são:

- Conceito de micro e mini geração distribuída
- Áreas contíguas x comunhão de interesse de fato ou direito
- Geração longe da carga: comunidade solar x autoprodução com carga remota
- Limites de potência instalada para conexão da geração
- Regra de faturamento dos créditos
- Informações na fatura
- Realização da solicitação de acesso pela internet
- Alocação dos custos de medição e de adequação da rede
- Especificação de proteções
- Formulários de solicitação de acesso
- Contratos: ampliar a simplificação x aumentar exigências
- Permitir a operação isolada por inversor híbrido (com bateria)
- Prazos para: validade dos créditos; conexão, alterações no faturamento e entrada em vigor da resolução.
- Venda de energia excedente
- Incidência de ICMS
- Certificação de inversores

- Recursos para financiamento

## **3. METODOLOGIA**

### **3.1 Preliminares**

Face a revisão bibliográfica discutida nos capítulos anteriores, de forma a alcançar os objetivos propostos para o desenvolvimento desse trabalho, elaborou-se as seguintes análises:

- i) Análise jurídica comparativa das mudanças relacionadas a Resolução n° 482/2012 editada pela Resolução 687/2015 da ANEEL;
- ii) Análise do crescimento da mini e micro geração de energia na matriz elétrica dentro das normas da Resolução;
- iii) Análise da correlação sócio econômica de empreendimentos de mini e micro geração na região do Sul de Minas Gerais.

### **3.2 Análise jurídica comparativa**

A metodologia adotada para essa análise foi a pesquisa descritiva, tomando como base o modelo descrito analítico, visto que o mesmo descreve o comportamento dos fenômenos.

Segundo, Barros e Lehfeld (2007), esse tipo de pesquisa é usado para identificar e obter informações sobre as características de um determinado problema ou questão, ou seja, além da descrição das características, os fatos são analisados e explicados, justificando o porquê de estarem acontecendo.

Primeiramente, analisou-se as principais mudanças que passaram a valer desde o dia 1° de março de 2016, também se analisou os principais impactos econômicos causados desde 2012 até a mudança do marco regulatório, traçando assim, os aspectos positivos e negativos.

### **3.3 Análise do crescimento da mini e micro geração de energia na matriz elétrica**

A metodologia adotada nesta análise, foi a pesquisa descritiva e exploratória. A pesquisa descritiva, segundo Perovano (2014), visa à identificação, registro e análise das características, fatores ou variáveis que se relacionam com o fenômeno ou processo, ou seja, esse tipo de pesquisa pode ser entendido que, após, a coleta de dados, é realizada uma análise das relações entre as variáveis para uma posterior determinação dos efeitos resultantes em uma empresa, sistema de produção ou produto.

Logo, na pesquisa exploratória registra fatos, analisa-os, interpreta-os e identifica suas causas. Essa prática visa ampliar generalizações, definir leis mais amplas, estruturar e definir modelos teóricos, relacionar hipóteses em uma visão mais unitária do universo ou âmbito produtivo em geral e gerar hipóteses ou ideias por força de dedução lógica, segundo (Lakatos e Marconi 2011).

Por meio desses métodos foi possível levantar dados do número de conexões fornecidos pela ANEEL, nos quais foram feitas análises referente a fatores que influenciam, ou não, o número de crescimento da mini e micro geração no país.

### **3.4 Análise da correlação técnica e econômica de empreendimentos de mini e migro geração da região do Sul de Minas Gerais**

Como metodologia de avaliação do impacto da Resolução 482/2012 da Aneel e de sua revisão pela resolução 687/2015, quanto à penetração da fonte solar através de microssistemas fotovoltaicos, propôs-se verificar a evolução da implantação deste tipo de sistema nos municípios mais significativos da região do Sul de Minas.

O estado de Minas Gerais é o estado brasileiro que possui o maior número de municípios em um total de 853, e para a referida análise foram analisados apenas os 155 municípios da região do sul do estado de Minas Gerais. Destes municípios foram selecionadas as cidades onde possuíam registros de instalações de mini e micro geração.

De acordo, também, com dados disponibilizados pela Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL, no Banco de Informações de Geração, foram identificados o número de empreendimentos de mini e micro geração instalados em cada município (Z) e o potencial instalado desses empreendimentos (kW).

Com base nos dados disponibilizados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, ano base 2016, foram identificados os dados Sócio econômicos tais como; a população (POP), o Produto Interno Bruto (PIB), e o Produto Interno Bruto per capita (PIBpc) de cada município analisado.

De forma a se verificar o impacto das Resoluções 482/2012 editada pela Res. 687/2015 e correlacionar o atual grau de penetração da tecnologia na sociedade, procurou-se correlacionar os dados sócio econômicos, fornecidos pelo IBGE, e com os dados técnicos dos sistemas fotovoltaicos implantados nos respectivos municípios, de acordo com dados fornecidos pela ANEEL.

A correlação é fundamental para avaliar a influência do comportamento econômico regional como incentivo à micro geração distribuída e verificar a efetividade das políticas públicas de incentivo à micro geração, numa região homogênea, como é caso dos municípios da região do Sul Minas, uma vez que, na sua maioria, vinculam essas alternativas tecnológicas com a geração de uma cadeia produtiva local de bens e consumos.

A análise não entra no mérito do impacto do fator de capacidade de cada uma das tecnologias analisadas e nem do potencial local de geração de energia não explorado na evolução dos parâmetros macroeconômicos e sim da reposta da sociedade à uma proposta da universalização da auto-geração de energia elétrica, face as condições de custo tarifário e segurança no suprimento oferecidas pelo mercado regulado, representado pela concessionária de distribuição de energia elétrica.

Para a análise da correlação mencionada, e com as informações fornecidas pelo IBGE e pela ANEEL, foi possível levantar os dados socioeconômicos e de geração fotovoltaico conforme apresentado na **Erro! Fonte de referência não encontrada..**

Tabela 2 – Dados das cidades do Sul de Minas Gerais

<b>Município</b>	<b>UF</b>	<b>PIB em R\$ (mil)</b>	<b>PIB per capita em R\$</b>	<b>Z N° Painéis</b>	<b>População</b>
Pouso Alegre	MG	5.930.552	40.750,01	51	145.535
Varginha	MG	4.581.570	34.348,72	13	133.384
Passos	MG	2.104.434	18.491,25	30	113.807
Lavras	MG	2.110.722	20.855,29	8	101.208
Itajubá	MG	2.689.708	27.865,98	22	96.523
Alfenas	MG	1.962.461	24.771,67	5	79.222
Três Corações	MG	1.843.495	23.491,79	10	78.474
Três pontas	MG	988.014	17.370,45	3	56.879
Santa Rita do Sapucaí	MG	1.360.815	32.488,54	2	41.886
São Lourenço	MG	818.074	18.127,86	17	45.128
Caxambu	MG	282.204	12.701,02	1	22.219
Andradas	MG	727.445	18.002,95	13	40.407
Borda da Mata	MG	256.645	13.598,53	2	18.873
Boa Esperança	MG	652.310	16.141,49	3	40.412
Bom Repouso	MG	110.613	10.269,52	3	10.771
Coqueiral	MG	127.907	13.540,86	3	9.446
Carmo de Minas	MG	168.024	11.402,28	2	14.736
Guaxupé	MG	1.835.197	35.219,10	40	52.108
Ibiraci	MG	434.033	32.284,51	3	13.444
Itaú de Minas	MG	614.595	38.431,40	6	15.992
Jacuí	MG	93.544	11.997,43	2	7.797
São José da Barra	MG	317.429	43.346,85	6	7.323
São Sebastião do Paraíso	MG	1.480.939	21.136,34	14	70.066
<b>Sul de Minas (parcial)</b>		<b>TOTAL</b>	<b>Médio</b>		<b>TOTAL</b>
		<b>31.490.730</b>	<b>25.904,65</b>	<b>259</b>	<b>1.215.640</b>

Com base nos dados da Tabela 2, foram feitas as seguintes correlações que resultaram nos gráficos e linhas de tendências apresentadas nos resultados.

### 3.4.1 Correlação entre os dados socioeconômicos

a. Produto Interno Bruto, PIB, com a população, POP, dos municípios, que resulta na seguinte equação:

$$\begin{aligned} PIB &= 0,0002.POP^2 + 1,795.POP + 272925 \\ R^2 &= 0,9173 \end{aligned} \quad 1)$$

b. O produto Interno Bruto per capita, PIB pc, com a população POP dos municípios, que resulta na seguinte equação:

$$\begin{aligned} PIB_{pc} &= 0,0582.POP + 21108 \\ R^2 &= 0,0596 \end{aligned} \quad 2)$$

c. O Produto Interno Bruto per capita, PIBpc versus População POP da região do Sul de Minas, excluindo da amostragem os municípios de Ibiraci, Itaú de Minas e S. José da Barra, marcados em vermelho.

$$\begin{aligned} PIB_{pc} &= 0,1549.POP + 11999 \\ R^2 &= 0,53 \end{aligned} \quad 3)$$

### 3.4.2 Indicadores para correlação socioeconômica e energética para sistemas solar-fotovoltaicos

Para a correlação dos dados sócio econômicos com os dados energéticos dos sistemas solar-fotovoltaicos, optou-se por fazê-la através de indicadores que correlacionassem essas duas dimensões de forma a se obter relação consistentes. Das diversas correlações tentadas, as que se obteve melhores resultados são as conforme definidas a seguir:

- a) Capacidade média instalada por sistema fotovoltaico instalado.

$$P_{PVM} = \frac{P_{total\ PV}}{Z_{sistemas\ PV}} \quad 4)$$

- b) Quantidade Específica de Número de Sistemas instalados.

É a relação entre o número de sistemas fotovoltaicos instalados em um município pelo milhar de seus habitantes.

$$d_{z_{PV}} = \frac{Z_{PV}}{1000.hab} \quad 5)$$

- c) Capacidade Específica de geração instalada

É a relação entre a capacidade de geração fotovoltaica instalada em um município pelo milhar de seus habitantes

$$d_{P_{PV}} = \frac{P_{PV}}{1000\ hab} \left[ \frac{kW}{1000.hab} \right] \quad 6)$$

d) Intensidade de Capacidade Instalada

A Intensidade da Capacidade Instalada aqui definida pela relação entre capacidade instalada do município pelo seu Produto Interno Bruto per capta, KW/ PIB pc

$$I_{P_{PV}} = \frac{P_{PV}}{PIB_{pc}} \left[ \frac{kW}{R\$} \right] \quad 7)$$

e) Intensidade de Empreendimentos

É a relação entre o número de empreendimentos de micro geração fotovoltaicos instalados, Z, em um determinado municípios pelo respectivo PIB per capta

$$I_{Z_{PV}} = \frac{Z_{PV}}{PIB_{pc}} \left[ \frac{Unid}{R\$} \right] \quad 8)$$

f) Intensidade de Capacidade Média Instalada dos sistemas fotovoltaicos

É a relação entre a capacidade média instalada pelo PIB per capta do município

$$I_{P_{PVM}} = \frac{P_{PVM}}{PIB_{pc}} \left[ \frac{kW/unid}{R\$} \right] \quad 9)$$

Para a análise da correlação mencionada acima foram gerados gráficos. Para tal foi utilizado o software Microsoft Excel® para obtenção das equações de melhor ajuste e do coeficiente de correlação R<sup>2</sup>. Quanto mais próximo de 1 este coeficiente, maior é a correlação entre os parâmetros analisados.

## 4. RESULTADOS

### 4.1 Análise jurídica comparativa

É importante salientar que repercussões causadas por alterações de estratégias de mercado e de modelos regulatórios somente são observadas em médio e longo prazo, podendo gerar resultados satisfatórios, assim como por outro lado, resultados catastróficos e dificilmente reversíveis.

Portanto, já passados mais de quatro anos da resolução, e com esse aprimoramento provindo no ano de 2016, avaliou-se também as principais repercussões causadas, para que fossem feitas reflexões sobre a viabilidade de mudanças de estratégias e de modelos de regulação, contudo, algumas repercussões provenientes da mudança do marco já podem ser observadas.

Após a identificação de pontos que necessitavam ser melhorados, visando o maior incentivo, a revisão da Resolução 482/2012 trouxe inúmeras melhorias importantes e incentivos, posicionando o Brasil na vanguarda das políticas de incentivo ao desenvolvimento da geração distribuída junto à população. Na **Erro! Fonte de referência não encontrada.** abaixo são citadas as principais mudanças.

Tabela 3 – Principais alterações da Resolução 482/2012

<b>Resolução 482/2012</b>	<b>Resolução 678/2015</b>
Micro geração distribuída: Central geradora de energia elétrica, com potência instalada menor ou igual a 100 kW. Mini geração distribuída: Central geradora de energia elétrica, com potência instalada superior a 100 kW e menor ou igual a 1 MW.	Micro geração distribuída: Central geradora de energia elétrica, com potência instalada menor ou igual a 75 kW. Mini geração distribuída: 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 fins de compensação, a energia ativa injetada no sistema de distribuição pela	Para fins de compensação, a energia ativa injetada no sistema de distribuição pela

unidade consumidora, será cedida a título de empréstimo gratuito para a distribuidora, passando a unidade consumidora a ter um crédito em quantidade de energia ativa a ser consumida por um prazo de 36 (trinta e seis) meses.	unidade consumidora será cedida a título de empréstimo gratuito para a distribuidora, passando a unidade consumidora a ter um crédito em quantidade de energia ativa a ser consumida por um prazo de 60 (sessenta) meses.
Compete à distribuidora a responsabilidade pela coleta das informações das unidades geradoras junto aos micro geradores e mini geradores distribuídos e envio dos dados constantes nos Anexos das Resoluções Normativas nos 390 e 391, ambas de 15 de dezembro de 2009, para a ANEEL.	A distribuidora deve disponibilizar, a partir de 1º de janeiro de 2017, sistema eletrônico que permita ao consumidor o envio da solicitação de acesso, de todos os documentos elencados nos anexos da Seção 3.7 do Módulo 3 do PRODIST, e o acompanhamento de cada etapa do processo.
<b>Mudanças acrescentadas pela Res.687/2015</b>	
Estabelecimento das modalidades de autoconsumo remoto e geração compartilhada	
Possibilidade de compensação de créditos de energia entre matrizes e filiais	
Sistemas de geração distribuída condominiais	
Redução dos prazos de tramitação de pedidos junto às distribuidoras e Padronização dos formulários de pedido de acesso para todo o território nacional	

Segundo o Portal Brasil (2015), a modernização da resolução se insere nas medidas coordenadas pelo Governo Federal para que cada vez mais brasileiros gerem sua energia. Além da alteração da resolução, o Ministério de Minas e Energia (MME) também estimulou a mudança na tributação da energia produzida.

Diversas mudanças técnicas da nova resolução normativa nº687/2015 favoreceram o incentivo da geração de energia solar. O menor número de exigências e a redução nos prazos trazem agilidade ao processo, tornando mais rápido a implantação do sistema.

Na **Erro! Fonte de referência não encontrada.** citou-se de forma clara os principais pontos e inovações implementadas. Um ponto importante a ser destacado é o aumento no limite da potência instalada de 1MW para 3MW, o que dá fator de escala e favorece projetos maiores. Isso amplia o escopo e a eficiência dos projetos, pois permite explorar mais o

potencial local. O fato de ampliar a validade dos créditos para cinco anos também foi um fator positivo, pois posterga a penalização ao empreendedor e dá mais flexibilidade para a liquidação futura desses créditos.

A modernização da resolução também possibilita a transferência de créditos de energia para serem compensados em outras unidades consumidoras, bastando apenas comprovar vínculos entre os integrantes. Uma das mudanças mais importantes foi a possibilidade de distribuição desses créditos entre matrizes e filiais (desde que na mesma área de concessão) e a geração distribuída condominial, considerada uma mola propulsora da geração distribuída no Brasil.

Os sistemas não precisam ser necessariamente dimensionados para atender uma demanda específica local. Pode haver excedente de energia e esta parcela ser distribuída para outros pontos de consumo. Isso permitiu ao desenvolvedor elaborar projetos com melhor custo de implantação e performance de geração, pois permite instalações de unidades com maior fator de capacidade, ademais, permite aos fomentadores e financiadores de projetos dessa natureza trabalharem com uma maior proteção financeira e permite um fluxo de caixa bem mais adequado, considerando taxas mínimas de atratividade acima da SELIC, por exemplo.

Um outro ponto de análise, são os condomínios. Isso impulsionou iniciativas locais de prefeituras, que associaram este tipo de geração com isenção no IPTU. A maioria dos condôminos que adotam Geração Distribuída se favorecem de um desconto de IPTU, que em alguns casos, como São Paulo por exemplo, contribuem significativamente no fluxo de caixa do empreendimento.

Esse novo modelo amplia a geração de energia no país, mas, possui gargalos que ainda devem ser analisados para seu melhor crescimento. Uma das grandes barreiras relacionadas à essa Resolução se refere à cobrança do ICMS.

O ICMS, é um Imposto Sobre a Circulação de Mercadorias e Serviços exigido pelos estados, imposto este constitucionalmente previsto e regulamentado por Lei, mesmo sendo esclarecido em nota técnica que temas relacionados à incidência de ICMS, certificação de inversores e criação de linhas de financiamento específicas, para micro e mini geração distribuída, não foram tratados na revisão da Resolução nº 482/2012 é um assunto que ainda traz questionamentos técnicos e doutrinários.

Alguns incentivos como Isenção de ICMS – Pelo Convênio ICMS 101/97, celebrado entre as secretarias da Fazenda de todos os Estados, há isenção do imposto Sobre Circulação de Mercadorias (ICMS) para as operações com equipamentos e componentes para o aproveitamento das energias solar e eólica, válido até 31/12/2021 e Isenção de ICMS, PIS e Cofins na Geração Distribuída – Os convênios ICMS 16, 44 e 52, 130 e 157, de 2015, do Conselho Nacional de Política Fazendária (CONFAZ), firmados pelos Estados do AC, TO, MA, CE, RN, PE, AL, BA, MG, RJ, SP, RS, MS, MT, GO e DF, isentam o ICMS sobre a energia que o consumidor gerar. O tributo se aplica apenas sobre o excedente que ele consumir da rede, e para instalações inferiores a 1 MW. O mesmo vale para o PIS e Cofins (Lei 13.169, de 6/10/2015), contribuíram para o aumento do número de conexões, mas esta questão não foi equacionada em alguns estados

Tome-se como exemplo um consumidor residencial, que possui um custo de disponibilidade com a Distribuidora referente ao consumo de 100 kWh. Esse consumidor injeta na rede em um determinado mês 300 kWh com seu sistema fotovoltaico (o restante da geração foi consumido pelas cargas da casa antes de ser injetada na rede, e não cobrado ICMS sobre tal parcela). Caso no mesmo mês essa residência consuma da rede 300 kWh, ao final do mês o consumidor receberá uma fatura cobrando o ICMS sobre o seu consumo antes de qualquer compensação e pagará ainda o custo de disponibilidade correspondente a 100 kWh.

Neste sentido quando referimos às condições gerais para o acesso de micro geração e mini geração distribuídas aos sistemas de distribuição de energia elétrica e o sistema de compensação de energia elétrica se apresentam com três situações:

- A produção de energia elétrica pode ser igual à energia consumida;
- A produção de energia elétrica pode ser superior à energia consumida; e
- A produção de energia elétrica pode ser inferior à energia consumida.

Se a energia elétrica produzida for idêntica à energia elétrica consumida, haverá uma compensação que resolverá por si só, não gerando grandes dúvidas acerca deste encontro de contas.

Se a energia elétrica produzida for superior à energia elétrica consumida, a própria resolução explica que a energia excedente será utilizada para abater o consumo nos meses subsequentes. Existindo um acumulo de créditos com validade de 60 meses que, inclusive,

podem ser utilizados em outros estabelecimentos consumidores de titularidade do mesmo produtor.

Quando a energia elétrica produzida for inferior à energia elétrica consumida, o produtor/consumidor terá que utilizar, quanto ao excedente, a energia elétrica disponibilizada pela distribuidora, pagando o respectivo valor.

Nas ocorrências onde a produção de energia elétrica é igual e superior a energia consumida não haverá qualquer incidência de ICMS, tendo em vista que, nestes casos, não haverá fato gerador para incidência do Imposto.

Já em relação a situação produção de energia inferior ao consumo a incidência do ICMS, se limitará a diferença entre o valor consumido e o produzido, portanto, o ICMS só incidirá sobre a parcela excedente do consumo.

Como dito anteriormente o ICMS, é um Imposto Sobre a Circulação de Mercadorias e Serviços exigido pelos estados, imposto este constitucionalmente previsto e regulamentado por Lei. Não é mais objeto de debate no meio jurídico que a circulação exigida pela Lei não é meramente física, mas jurídica. Neste sentido, para que a mercadoria efetivamente circule, deverá haver, necessariamente, transferência de titularidade.

No tocante a mercadoria, o bem móvel será assim considerado se sujeito à mercancia. Não é qualquer bem móvel que é mercadoria, mas apenas aquele que se submete à comercialização e este bem é especificado e amparado nos artigos do Código Civil; compreende-se que toda mercadoria é bem móvel, mas nem todo bem móvel será mercadoria.

Da origem da palavra, percebe-se que para ser considerada mercadoria e gerar a incidência do ICMS, a operação deverá ser realizada por dois sujeitos distintos, o alienante e adquirente.

Obtendo esses conceitos, entende, claramente, que a operação realizada pelos consumidores- produtores não poderá sofrer a incidência do ICMS uma vez que o bem por eles produzidos não é objeto de circulação e tampouco pode ser considerado mercadoria.

Neste sentido, mesmo nas situações nas quais a produção de energia for superior ao consumo, ainda assim, não haverá um fato econômico relevante, uma vez que aquele que deu causa a produção excedente, não será remunerado em virtude dela, mas poderá compensar a energia excedente nos meses subsequentes.

Se não houve alteração da propriedade de bem, não há que se falar em circulação de mercadoria. Tendo em vista que o bem foi produzido e utilizado para próprio consumo, impossível a incidência do ICMS, pois não houve qualquer ato de mercancia.

O bem móvel a qual se refere “energia elétrica” é um bem que se encontra em constante trânsito, sendo consumido na medida que é produzido, ou seja, instantaneamente, sendo impertinente a cobrança de ICMS sobre a energia gerada e consumida pelo próprio consumidor. A distribuidora jamais detém a propriedade do bem que, tão somente, transita por suas redes de transmissão.

A ocorrência na qual a produção de energia é maior que o consumo, o excedente continuará pertencendo ao produtor, afastando, assim, a incidência do ICMS. Ainda que este excedente retornasse ao sistema de distribuição e fosse utilizado por um terceiro consumidor, o ICMS será cobrado deste consumidor, e não de quem produziu a energia excedente.

Uma questão também, importante de ser analisada é o fato de tudo estar baseado em uma Resolução da ANEEL. Uma resolução de uma Agência Reguladora, são consideradas um instrumento relativamente fraco para embasar todo um mercado futuro. Se houver uma alteração de “humor”, ou seja, da personalidade na diretoria, a resolução pode ser revista ou até mesmo revogada. O mercado de GD deverá se expandir conforme as tecnologias vão ficando mais baratas devido ao fator escala. De certa forma, o mecanismo de créditos vem sendo uma boa alternativa, mas à medida em que os projetos se tornam mais robustos e deixamos de nos balizarmos pela geração autoconsumo junto à carga, as dificuldades começam a surgir.

A própria resolução abre espaço para novas configurações de modelo de negócio, tais como a autoprodução compartilhada ou o condomínio energético, mas são modelos que exigem mais do que um mecanismo infra legal. Para que o empreendedor possa explorar essas alternativas é necessário um respaldo técnico-jurídico que permita o projeto alçar dimensões maiores.

Quando se fala de autoprodução compartilhada muitas vezes se refere a projetos já não mais dimensionados pela demanda de carga do consumidor, mas sim pelo potencial de geração local. Agora são várias unidades de consumo sendo atendidas e isso exige um projeto de maior porte. E esse salto do pequeno autoprodutor para um conjunto de unidades consumidoras, muitas vezes significa uma mudança no perfil do consumidor.

Ultrapassando a discussão da tributação que já está sendo amplamente debatida e em alguns estados solucionadas, como mencionado anteriormente temos a questão da possibilidade da “terceirização dos créditos”, ou em outras palavras a discricionariedade do usuário ceder seus créditos para um terceiro.

Certamente isso exigirá um mecanismo legal, um contrato bilateral, entre eles, mas com total respaldo no direito civil, o que é preciso é que esta transação não seja interpretada juridicamente como venda de energia, o que é ilegal. A energia deve ser tratada como um serviço e não um insumo primário como se a energia fizesse parte de um pacote de serviços que estão sendo disponibilizados. Essa terceirização derruba por terra a necessidade de constituir uma SPE ou mesmo um consórcio e de certa forma desburocratiza esses projetos maiores.

Um outro ponto que merece uma análise jurídica certamente é o artigo 6-A da atual resolução, onde diz que: “Art. 6-A A distribuidora não pode incluir os consumidores no sistema de compensação de energia elétrica nos casos em que for detectado, no documento que comprova a posse ou propriedade do imóvel onde se encontra instalada a micro geração ou mini geração distribuída, que o consumidor tenha alugado ou arrendado terrenos, lotes e propriedades em condições nas quais o valor do aluguel ou do arrendamento se dê em reais por unidade de energia elétrica.”.

A questão da compensação de dispor o terreno para construção de um mini parque por meio do arrendamento do terreno é algo que vem sendo amplamente praticado, principalmente pela solar fotovoltaica, mas há sempre um ponto de dúvida na interpretação desse artigo.

A maioria dos empreendedores embute na fatura além dos créditos gerados, os custos de demanda e do terreno. Os contratos não são fechados em R\$/kWh gerados para não bater de frente com o artigo, mas na composição dos custos entra o arrendamento, de forma que, indiretamente, está havendo uma previsão de utilização do espaço mensurada em energia gerada.

## **4.2 Análise do crescimento da mini e micro geração de energia na matriz elétrica**

No mesmo ano de criação da resolução, 2012, algumas unidades de micro geração fotovoltaica foram conectadas à rede, no total de 5 unidades. No ano de 2013, houve um crescimento, em 10 vezes, da geração fotovoltaica e o incremento de outras fontes: eólica e térmica a biogás.

Pode-se dizer que em 2014 o crescimento foi o mais significativo, **(Erro! Fonte de referência não encontrada.)**, foram inseridas mais de 250 unidades de sistemas fotovoltaicos e, além das demais fontes inseridas no ano anterior, foram introduzidas ainda a híbrida (eólica e solar) e a fonte hidráulica.

Até o mês de maio de 2015, haviam sido conectados mais sistemas de geração eólica do que todo acumulado até então, cerca de 20 unidades. Apenas as fontes hidráulica e térmica a biogás ainda não apresentaram novas unidades no ano de 2015.

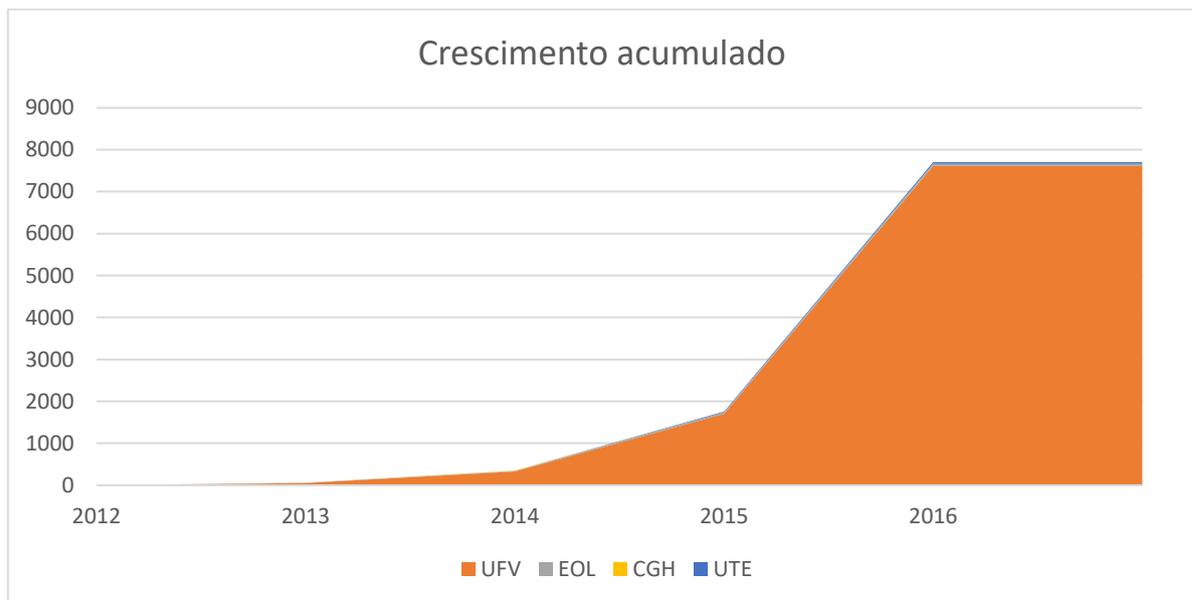


Figura 6 – Crescimento acumulado da micro e mini geração

Fonte: ANEEL, 2015

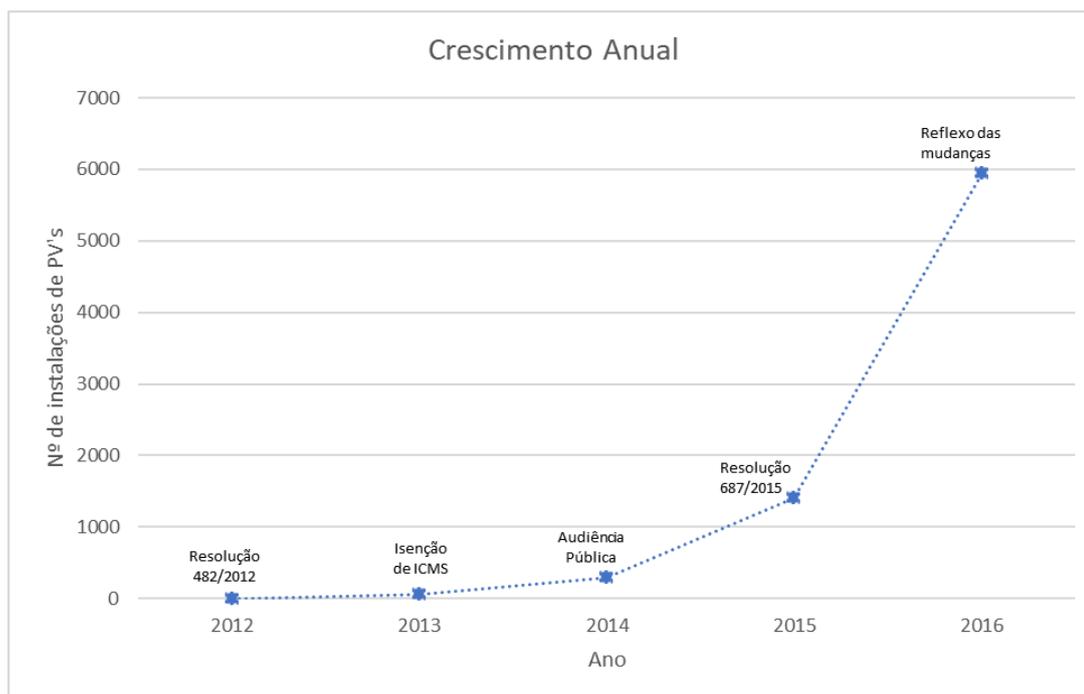


Figura 7 – Crescimento anual da micro e mini geração.

Fonte: ANEEL, 2015

Nota-se um crescimento bem significativo na **Erro! Fonte de referência não encontrada.**, nos anos de 2013 para 2014, pelo fato de alguns estados terem aderido à isenção de ICMS, (Oliveira, 2016). Também é interessante analisar onde estão registrados os micro e mini geradores. Na **Erro! Fonte de referência não encontrada.** é possível notar que a maioria dos sistemas estão na região Sudeste, sendo este dominado pela fotovoltaica e eólica, seguida da região Sul, que além de apresentar significativa quantidade de fotovoltaica e eólica, possui a maior diversidade de fontes entre todas as regiões. O Norte do país mostra uma entrada pequena de sistemas fotovoltaicos, exclusivamente, da mesma forma que acontece na região Centro Oeste.

O Nordeste embora conte com grande potencial, ainda se mantém intermediário, com quantidade de sistemas um pouco menor do que a região Sul e cerca do dobro da região Centro Oeste.

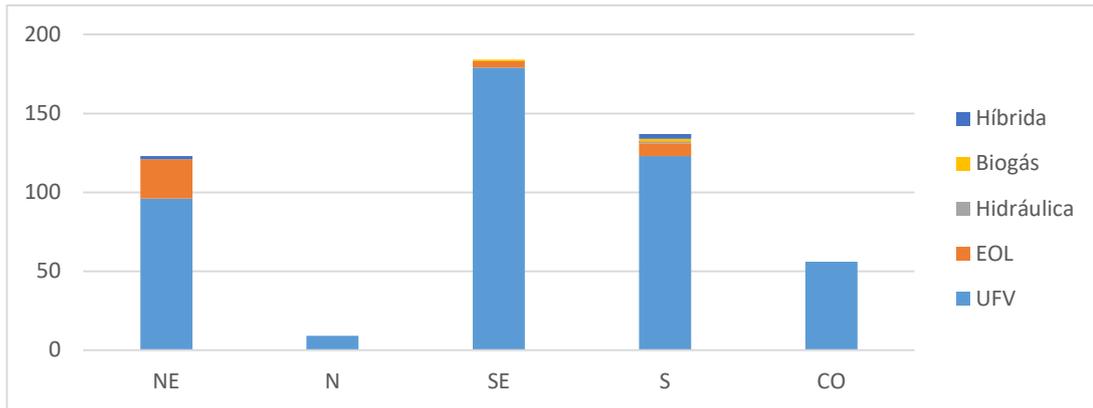


Figura 8 – Empreendimentos por região e fonte.

Fonte: ANEEL, 2015

Como já descrito anteriormente, e disposto na Resolução, a micro e a mini geração distribuída consistem na produção de energia elétrica a partir de qualquer fonte renovável, conectadas à rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras. O número crescente de conexões principalmente a solar fotovoltaica justifica-se devido o Brasil apresentar uma grande extensão de radiação solar incidente condições extremamente favoráveis para a produção de energia como demonstrado na **Erro! Fonte de referência não encontrada.**

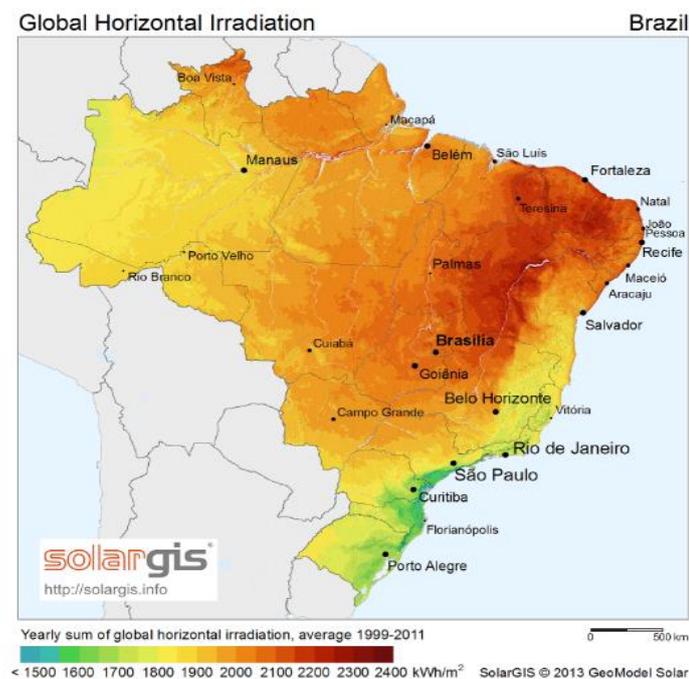


Figura 9 – Irradiação Solar no Brasil Fonte: Solargis

De acordo com dados retirados do banco de registros de unidades consumidoras da ANEEL, o número de conexões não para de crescer. De 2012 à março de 2017, foram feitas 9.775 novas conexões (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**), valor 6,5 vezes superior ao mesmo período de 2015, quando foram feitas 413 conexões. Com as novas instalações, o país já gera de forma distribuída 106.881,75 megawatts (kW). Como destacado anteriormente, dentre as energias renováveis mais utilizadas, a solar fotovoltaica é a fonte que mais cresce, com 9.675 conexões, seguida pela energia eólica, com 48 conexões. Em termos de capacidade total instalada, a energia gerada pelo sol também sai na frente com 73.272,85 kW (mais de 80% do total), apresentados na **Erro! Fonte de referência não encontrada.**

Tabela 4 – Unidades Consumidoras de Geração Distribuída até março de 2017

UNIDADES CONSUMIDORAS COM GERAÇÃO DISTRIBUÍDA			
Tipo	Quantidade	Quantidade de UCs que recebem os créditos	Potência Instalada (kW)
GH	11	34	7.115,00
OL	48	49	10.168,10
FV	9.675	10.707	73.272,85
TE	41	144	16.325,80

Fonte: ANEEL,2017



Figura 10 – Crescimento Anual de Micro e mini geração até Março 2017

Fonte: ANEEL, 2017

Esse aumento dos empreendimentos mini e micro geração como demonstrado na **Erro! Fonte de referência não encontrada.0**, advém em grande parte da redução dos custos de instalações desses sistemas e a consolidação de fornecedores desse tipo de solução no mercado. Havia no passado uma carência de mão de obra especializada para apoio a este tipo de empreendimento e a instrumentação e controle eram robustos e caros.

Com o aprimoramento da tecnologia, o ganho de escala advindo dos leilões de tecnologias associadas, como solar e eólico, os custos reduziram, a cadeia tecnológica amadureceu e a confiança neste tipo de geração aumentou. Isso pode ser observado no regramento de conexão estabelecido no PRODIST. As exigências de controle e qualidade dessas conexões ao GRID exigiam equipamentos caros e inviabilizam a maioria dos projetos.

A maioria das distribuidoras adotaram procedimentos de conexão mais simples e adotaram exigências na qualidade da energia gerada mais brandas. Basta ver as regras de conexão exigidas pelas distribuidoras e o que está estabelecido no PRODIST, que é o documento base da ANEEL.

O mercado se especializou e os fornecedores migraram para um outro patamar. Eles não fornecem apenas a tecnologia. Muitas empresas estão fornecendo um modelo de financiamento que já dá ao consumidor uma solução completa para o investimento inicial, que ainda é alto para a maioria da população de consumo de residencial.

### 4.3 Análise da correlação Sócio econômica de empreendimentos de mini e migro geração da região do Sul de Minas Gerais

Para a análise, foram selecionados dados de 23 municípios do Sul de Minas Gerais correlacionando dados socioeconômicos com os sistemas fotovoltaicos como mostra a **Erro! Fonte de referência não encontrada.**

Tabela 5 – Dados dos municípios das cidades do Sul de Minas Gerais

Município	UF	Z N° Painéis	P kW	Pu kW/Z	$d_{Z_{PV}}$	$d_{PPV}$ (kW/1000 hab)	$I_{Z_{PV}}$ (Z/ PIB PC)	$I_{PPV}$ (kW/ PIB pc)	$I_{PPVM}$ (kW/z/PIB pc)
Pouso Alegre	G	51	31,55	0,220255	0,35043117	1,5910262	0,0012515	145,535	116285,33
Varginha	G	13	0,67	0,183954	0,09746296	0,5298237	0,0003785	133,384	352428,46
Passos	G	30	186,23	0,161091	0,26360417	1,6363668	0,0016224	113,807	70147,8
Lavras	G	8	137,88	0,058021	0,07904513	1,3623429	0,0003836	101,208	263840,25
Itajubá	G	22	85,37	0,257702	0,22792495	0,8844524	0,0007895	96,523	122259,45
Alfenas	G	5	15,74	0,317662	0,06311378	0,1986822	0,0002018	79,222	392492,2
Três Corações	G	10	31,04	0,322165	0,12743074	0,395545	0,0004257	78,474	184349,5
Três pontas	G	3	5,7	0,526316	0,05274354	0,1002127	0,0001727	56,879	329338
Santa Rita do Sapucaí	G	2	56,7	0,035273	0,04774865	1,3536743	6,156E-05	41,886	680407,5
São Lourenço	G	17	80,64	0,210813	0,37670626	1,7869172	0,0009378	45,128	48122
Caxambu	G	1	3	0,333333	0,04500653	0,1350196	7,873E-05	22,219	282204

Andradas	G	13	46,36	0,280414	0,32172643	1,147326	0,0007221	40,407	55957,308
Borda da Mata	G	2	6,6	0,30303	0,10597149	0,3497059	0,0001471	18,873	128322,5
Boa Esperança	G	3	61,84	0,048512	0,07423538	1,5302385	0,0001859	40,412	217436,67
Bom Repouso	G	3	6,8	0,441176	0,27852567	0,6313249	0,0002921	10,771	36871
Coqueiral	G	3	8,7	0,344828	0,31759475	0,9210248	0,0002216	9,446	42635,667
Carmo de Minas	G	2	29,7	0,06734	0,13572204	2,0154723	0,0001754	14,736	84012
Guaxupé	G	40	106,72	0,374813	0,76763645	2,048054	0,0011357	52,108	45879,925
Ibiraci	G	3	11,58	0,259067	0,22314787	0,8613508	9,292E-05	13,444	144677,67
Itaú de Minas	G	6	53,31	0,112549	0,37518759	3,3335418	0,0001561	15,992	102432,5
Jacuí	G	2	33	0,060606	0,25650891	4,2323971	0,0001667	7,797	46772
São José da Barra	G	6	22,32	0,268817	0,81933634	3,0479312	0,0001384	7,323	52904,833
São Sebastião do Paraíso	G	14	38,9	0,359897	0,19981161	0,5551908	0,0006624	70,066	105781,36

Onde:

Z = Número de Paineis Fotovoltaicos

Com base nos dados da **Erro! Fonte de referência não encontrada.** e **Erro! Fonte de referência não encontrada.**, foram feitas as seguintes correlações que resultaram nos gráficos e linhas de tendências apresentadas a seguir.

### 4.3.1 Correlação de correlação entre os dados socioeconômicos

a) Produto Interno Bruto, PIB, com a população, POP, dos municípios

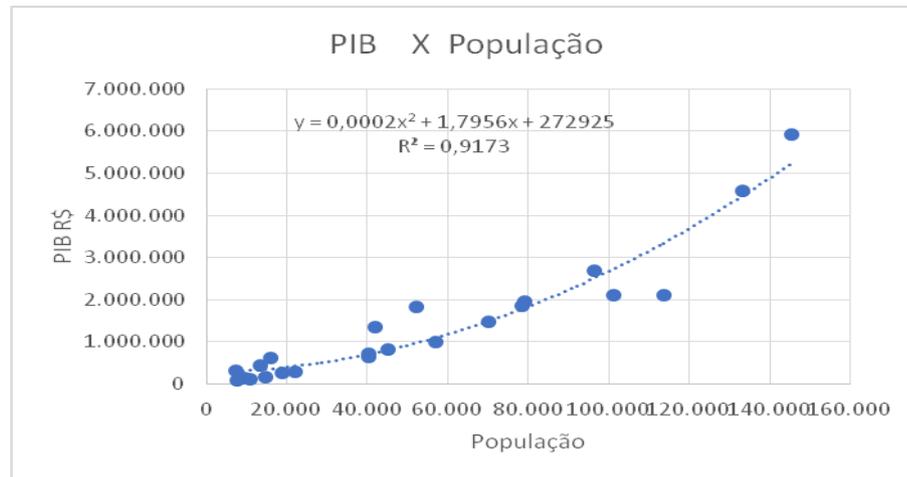


Figura 11 – Produto interno Bruto versus População de municípios do Sul de Minas.

Que resulta na seguinte equação para a curva de tendência:

$$PIB = 0,0002 \cdot POP^2 + 1,795 \cdot POP + 272925$$

$$R^2 = 0,9173$$

1)

b) O produto Interno Bruto per capita, PIB pc, com a população

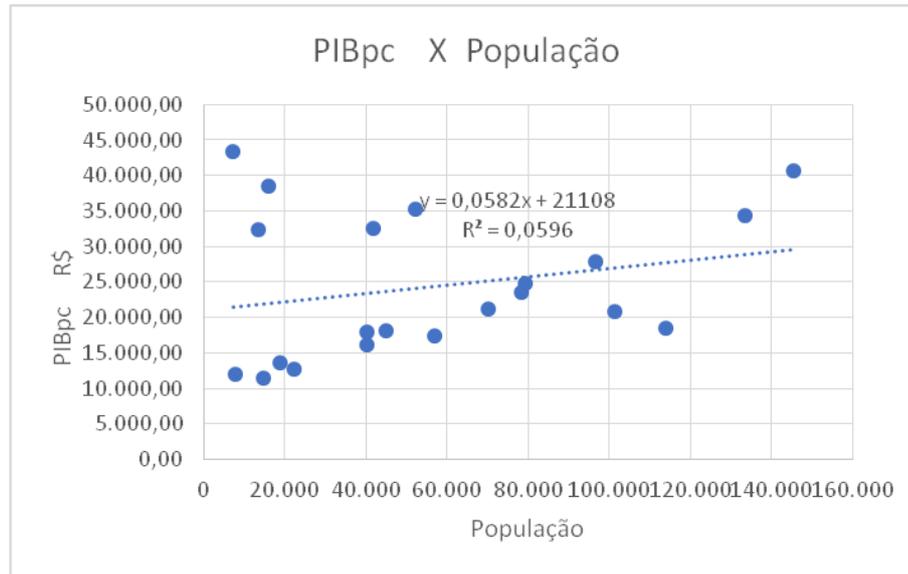


Figura 12 – PIB per capita versus população de municípios do Sul de Minas

Que resulta na seguinte equação para a linha de tendência:

$$PIB_{pc} = 0,0582 \cdot POP + 21108$$

$$R^2 = 0,0596$$

2)

- c) O Produto Interno Bruto per capita, PIBpc versus População POP da região do Sul de Minas, excluindo da amostragem os municípios de Ibiraci, Itaú de Minas e S. José da Barra, marcados em vermelho

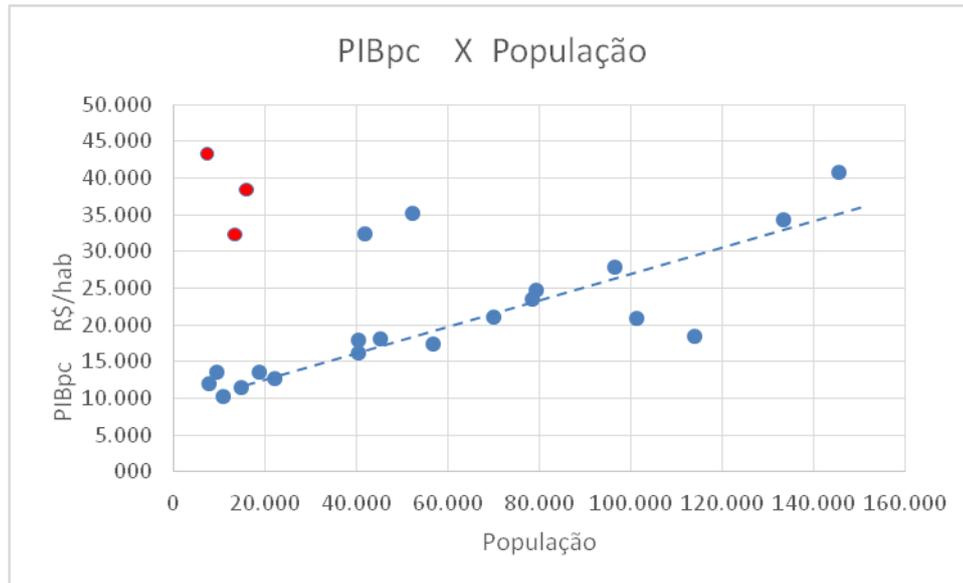


Figura 13 – PIBpc versus População da região do Sul de Minas, excluindo da amostragem os municípios de Ibiraci, Itá de Minas e S. José da Barra, marcados em vermelho

Que resulta na seguinte linha de tendência:

$$PIB_{pc} = 0,1549 \cdot POP + 11999$$

$$R^2 = 0,53$$

3)

Dos dois resultados apresentados, verifica-se que o PIB de um município tem boa correlação com o tamanho da população, mas não necessariamente reflete na correlação do PIB per capita com a população, cuja resolução mostrou-se muito baixa

A correlação apresentada na **Erro! Fonte de referência não encontrada.** (PIB versus POP) indica o comportamento da distribuição de riqueza nos municípios analisados. É observado se o município mais populoso detém o maior PIB local. Pode ocorrer o caso de um município pequeno com um polo industrial de alto valor agregado (tecnologia da informação, “vale do silício”, etc.) e poucos habitantes. Entretanto este caso não foi verificado na seleção dos municípios que compõem o universo amostra desse estudo; como mostra a **Erro! Fonte de referência não encontrada..**

Verifica-se, ainda, que na mini e microrregião analisada a concentração de riquezas está nos municípios mais populosos. No universo analisado, a cidade de Pouso Alegre concentra a maior população da região e o maior PIB local. Ou seja, com base nessa figura,

em termos apenas de PIB, por enquanto, é possível afirmar que os locais mais favoráveis para a implantação de sistemas de micro geração distribuída são as cidades mais populosas em detrimento às cidades menores, independente dos potenciais naturais locais como irradiação solar, velocidade de ventos, disponibilidade de biomassa ou de algum recurso hídrico interessante. Como essa análise é muito superficial, parte-se para o gráfico que indica a riqueza per capita.

Já na **Erro! Fonte de referência não encontrada.**, leva-se em consideração o PIBpc. O indicador econômico mais utilizado para a medição de riqueza é o PIBpc, uma vez que não há possibilidade de distorções como na correlação anterior. A relação desse parâmetro econômico com a população pode indicar o potencial de introdução dessas tecnologias naquela região na opção de um autoprodutor de energia por exemplo. Um alto valor de riqueza per capita pode sinalizar um ambiente favorável para a instalação desses sistemas de geração, uma vez que este indicador aponta regiões com maior concentração de riqueza (recursos financeiros). Com este gráfico será possível identificar se a microrregião é um local favorável para a evolução da mini e micro geração distribuída, uma vez que ainda são soluções caras para a maioria da população brasileira.

Na **Erro! Fonte de referência não encontrada.**, sendo desconsiderado os municípios cujos PIBpc mostram-se muito acima dos municípios de mesmo porte, populações inferiores a 16.000 pessoas, no caso os municípios de Ibiraci, Itaú de Minas e S. José da Barra, a equação da nova linha de tendência tende a ser mais representativa, conforme mostrado na **Erro! Fonte de referência não encontrada.** e equação 3, cujo coeficiente de regressão  $R^2$ , de 0,0596 passa a ser 0,53.

### 4.3.2 Análise dos indicadores para a correlação socioeconômica e energética para sistemas solar-fotovoltaicos

a) Intensidade da Capacidade Instalada,  $I_{PVM}$  [kW/PIBpc] versus População

Já a **Erro! Fonte de referência não encontrada.**, já permite uma análise mais refinada dessa situação. Considera-se a razão entre a potência instalada e o Produto Interno Bruto per capita, como sendo similar a “oferta interna” dessa energia per capita na região. No

conceito macro de oferta de energia, pode-se entender como sendo a quantidade de energia disponível per capita por esses empreendimentos. E a correlação dessa “oferta interna” com a população pode indicar a efetividade das políticas públicas locais como mecanismos de incentivo para este tipo de geração, uma vez que sua utilização é discricionária ao consumidor, ou seja, ele opta pela solução ou não. Se esta correlação é alta conclui-se que a aceitação dessa solução é maior e conseqüentemente o ambiente é ainda mais favorável.

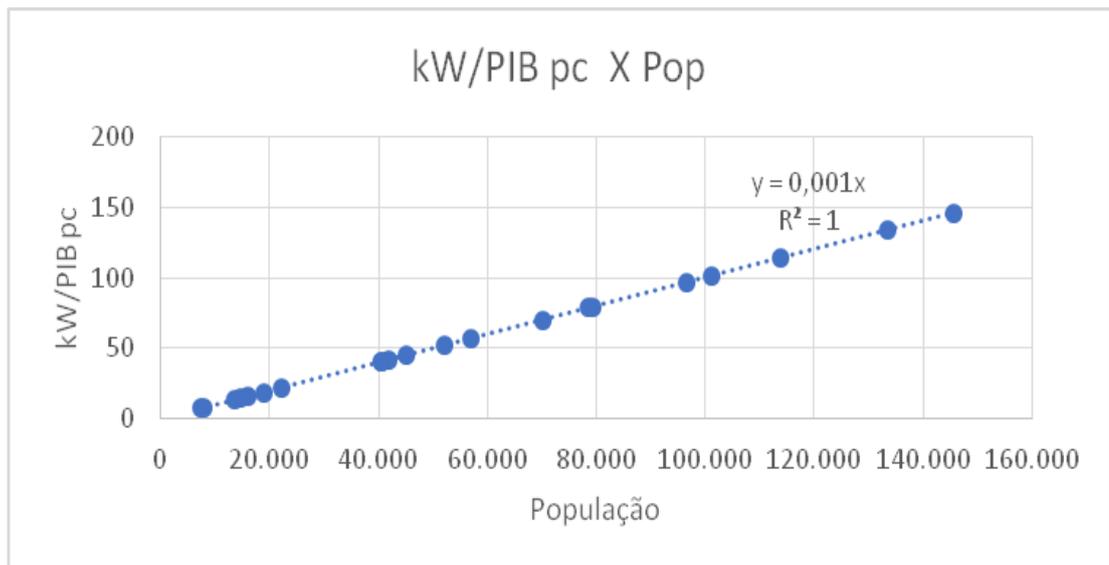


Figura 14 – Potência instalada dos empreendimentos e o Produto Interno Bruto per capita com a população

$$I_{PVM} = 0,001 \cdot P_{ob} \quad (10)$$

$$R^2 = 1$$

Observa-se que há uma correlação direta entre a potência instalada dos empreendimentos e o grau de riqueza local. Ou seja, nas regiões mais ricas há mais potências instaladas. Já que nos gráficos anteriores, pode-se observar que a riqueza está nas pequenas cidades, com esta correlação observa-se que há um ambiente favorável para ações de infraestrutura, em especial, projetos de energia. O PIBpc, traduzido como sendo o grau de riqueza distribuído pela população, indica que regiões mais providas de recursos financeiros já dispõem de potências instaladas. Ou seja, não há a barreira cultural como foi discutida na

análise anterior. Isso quer dizer que o parâmetro que predomina para a implantação de sistemas de mini e micro geração distribuída é o custo.

Pode-se observar que o grau de riqueza está diretamente correlacionado a potência instalada, mesmo em cidades pequenas (observa-se que há mais pontos no início da curva de tendência). Com base apenas neste gráfico é razoável estabelecer um grau de importância estratégico a questão do preço dessas soluções tecnológicas.

#### b) Intensidade de Empreendimentos do município versus a respectiva População

Nesta **Erro! Fonte de referência não encontrada.** pode-se analisar o grau de atratividade desses empreendimentos, como infraestrutura. A razão entre o número de empreendimentos e PIBpc significa o grau de interesse local no desenvolvimento desses empreendimentos, uma vez que a riqueza pode ser direcionada para outras áreas (comércio ou saúde por exemplo) ao invés de infraestrutura de energia. Este gráfico confirma a análise desenvolvida na **Erro! Fonte de referência não encontrada.**, já que um alto índice de PIBpc não significa necessariamente que os recursos disponíveis serão destinados primordialmente ao setor energético. Pode ser uma região rica mas que prioriza outros pontos, como turismo, saúde ou similares.

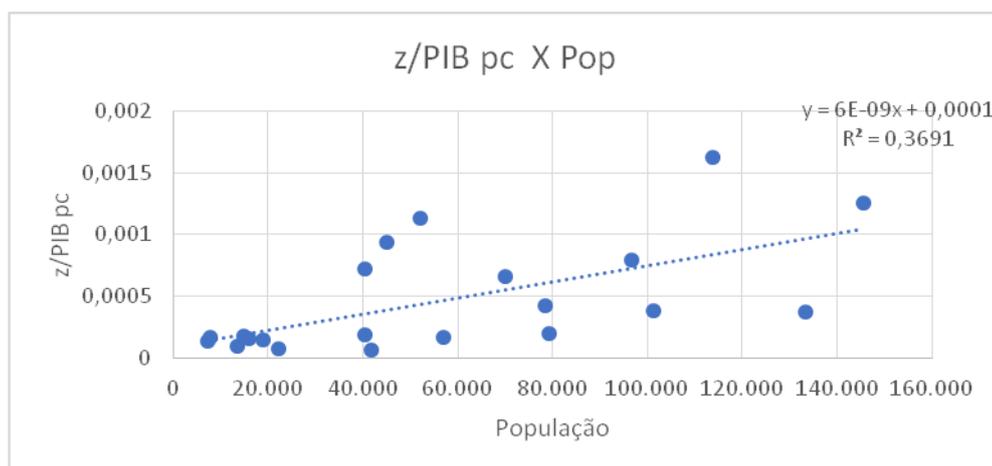


Figura 15 – Número de empreendimentos e o Produto Interno Bruto per capita com a população

$$I_{ZPV} = 6 \cdot 10^{-9} \cdot P_{ob} + 0,0001 \quad ($$

$$R^2 = 0,3691 \quad 11)$$

Pode-se observar nesta **Erro! Fonte de referência não encontrada.**, que as instalações estão ocorrendo nas cidades pequenas, muito provavelmente induzidos pelo alto PIBpc. São empreendimentos pequenos (baixa potência instalada) o que reflete a questão do custo de investimento inicial dessas soluções. Nas cidades maiores estão os empreendimentos maiores. Já há um conceito de geração possivelmente de um bloco maior de energia visando condomínios ou shoppings (consumidores maiores).

Pode-se induzir aqui uma tendência na região: Nas pequenas cidades há a tendência de utilização da mini e microgeração a varejo, como se fosse para atender ao consumidor individual em seu domicílio. Já nas cidades maiores pode-se identificar uma área mais fértil para os empreendimentos maiores, visando aí consumidores maiores. Mas essa análise pode estar mascarada, uma vez que a Resolução permite que a energia gerada final possa ser destinada para outro município, desde que na mesma área de concessão.

Em todo o momento dessa análise pressupõe que a mini e micro geração está atendendo o local, mas é possível que essa energia seja destinada para outros locais dentro da concessão da CEMIG.

### c) Intensidade de Capacidade Instalada versus Intensidade de Empreendimentos

A **Erro! Fonte de referência não encontrada.** seguinte reforça esta análise possibilitando identificar o comportamento da mini micro geração distribuída no tocante a potência instalada. Por exemplo, é possível que um município rico, com alto PIBpc, tenha instalações de maior porte em termos de potência instalada em detrimento a diversos pequenos sistemas de geração. O comportamento pode ser mais favorável a construção de pequenos condomínios energéticos ou pequenas unidades “concentradas” (que respeitam os limites impostos pela resolução da ANEEL) ao invés de pequenos sistemas distribuídos nos telhados das casas, por exemplo.

É possível que nesses casos, a chance de desenvolver projetos “maiores” para atender a iluminação pública, um centro comercial ou mesmo um pequeno parque fabril, seja mais

interessante do que a aplicação da solução no nível de consumidor-gerador (autoprodução ou geração de créditos no sistema)

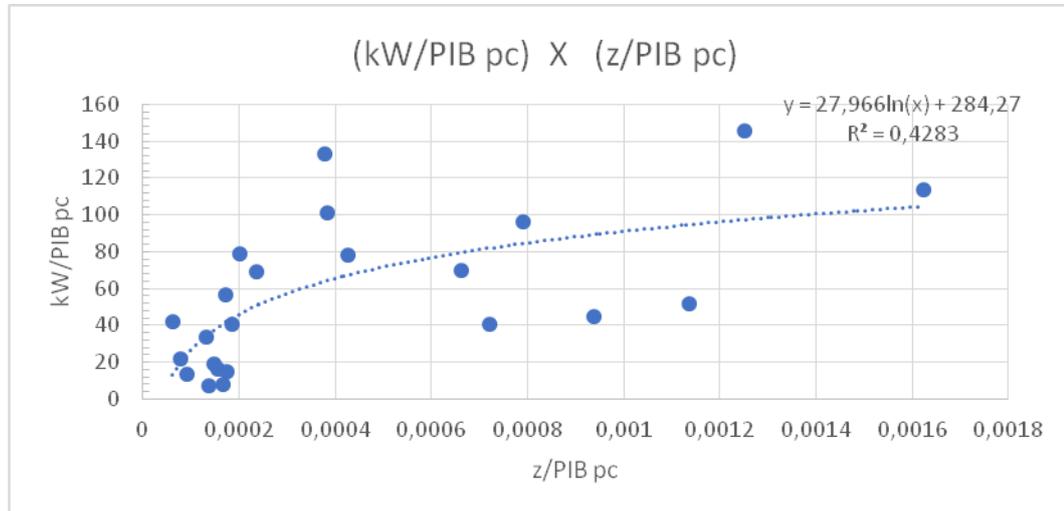


Figura 16 – Potência instalada dos empreendimentos e o PIBpc com o número de empreendimentos instalados com o PIBpc.

$$I_{P_{PVM}} = 27,966 \cdot \ln(I_{Z_{PV}}) + 284,27 \quad (12)$$

$$R^2 = 0,4283$$

Nos municípios mais ricos estão os empreendimentos de maior porte em termos de potência instalada e esses empreendimentos não são numerosos, o que reforça a análise anterior. Tudo indica ser mais favorável a construção de pequenos condomínios energéticos ou pequenas unidades “concentradas” (que respeitam os limites impostos pela resolução da ANEEL) ao invés de pequenos sistemas distribuídos nos telhados das casas, por exemplo, nas cidades maiores. Talvez nesses municípios seja interessante a elaboração de políticas públicas focadas no atendimento à iluminação pública, centros comerciais ou mesmo condomínios residenciais. É uma região mais árida para a aplicação de soluções mais pontuais, focando no consumidor-gerador.



## 5. CONCLUSÃO

O número de conexões de mini e micro geração tem crescido nos últimos anos no mundo; a tendência é que os países utilizem cada vez mais a energia de fontes alternativas para complementar a energia oriunda da rede elétrica convencional. A Geração Distribuída é vista como um caminho que pode reduzir custos, aumentar a confiabilidade, reduzir emissões ou expandir as opções energéticas.

Desde que, foram estabelecidas regras legais que regularizaram e incentivaram mediante a Resolução 482/2012 esse número de conexões vem crescendo. Não pode considerar a Geração Distribuída como um recurso para os problemas que o setor elétrico vem hoje, mas muitos países já utilizam, em sua matriz elétrica, a Geração Distribuída por fonte renovável e dentre essas fontes a que mais se destaca, pelo número de instalações e desenvolvimento tecnológico, no Brasil é a fotovoltaica.

Em busca de fazer uma análise acerca da Legislação que regulariza a Geração Distribuída no Brasil, e do crescimento do número de conexões no presente trabalho fez correlações com dados econômicos de algumas cidades da região do Sul de Minas. É certo que as repercussões causadas por modificações como essas poderão ser observadas a longo prazo, mas poderão gerar resultados importantes e essenciais para um cenário futuro.

Buscou também, levantar as principais alterações e impactos desde a criação da Resolução 482/2012 até sua edição pela resolução 687/2015. Inicialmente foram comparadas diversas mudanças advindas da nova Resolução que favoreceram o incentivo da geração de energia como; a agilidade ao processo de implantação do sistema, a redução de prazos, o menor número de exigências, etc.

A modernização da Resolução inseriu medidas atrativas pelo governo, com participação de grande parte dos Estados. A mudança de tributação da energia produzida foi apresentada como destaque, mas não foi suficiente para aumentar o número de brasileiros a gerarem energia elétrica. Tal fato seria possível se a própria Resolução fosse atrativamente econômica.

No que tange aos benefícios esse tipo de geração apresenta, como destaque, os benefícios ambientais, sendo o mais importante a ausência de emissões durante sua operação,

permitindo a expansão da matriz energética de forma sustentável e com baixos impactos ao meio ambiente.

As correlações elaboradas na região do Sul de Minas Gerais possibilitaram verificar que somente nas regiões mais ricas há maiores perspectivas de aumento de potencial da fonte fotovoltaica, considerando um fator positivo na região

Essa Resolução foi considerado sim, um novo modelo que ajudou a ampliar a geração de energia no País, repercutindo de forma positiva trazendo, inclusive, estabilidade regulatória, segurança jurídica e respeito às regras de mercado, assim também, as alterações advindas em 2016 contribuíram de forma significativa para avançar o número de conexões, no entanto ainda não foram suficientes para um aumento expressivo deste número.

A dificuldade desse crescimento não está vinculada apenas às mudanças técnicas da resolução, mas sim por questões externas como políticas públicas mais agressivas, incentivos de viabilidade, estratégia de empreendimentos, principalmente em regiões de difícil acesso, entre outras.

Os bancos públicos, em parceria com concessionárias e empresas especializadas em comercialização e instalação de sistemas podem ser utilizados pelo governo para protagonizar o desenvolvimento de uma política pública para a disseminação da Geração Distribuída.

Contudo, não adianta o país possuir um grande potencial de fontes renováveis, como eólica, biomassa, hidráulica principalmente obter um grande potencial de irradiação solar, mas sem ter a capacidade de transformá-la viável, principalmente nas regiões mais necessitadas

Essa Resolução pode fazer com que o Brasil faça parte das grandes potências mundiais, entretanto, é necessário o aumento de incentivos para que o consumidor assuma um papel mais ativo no setor elétrico, subsidiando a geração por micro e minicentraís em pontos de consumo ou então apenas representar um ciclo de riquezas naturais que possuímos com data marcada para terminar, vai depender apenas da devida utilização dos meios de desenvolvimento social no país.

## **5.1 Recomendação para trabalhos futuros**

Recomenda-se aos trabalhos futuros:

- Uma análise mais profunda sobre a possibilidade de venda de energia na Geração Distribuída no Brasil.
- Estudo dos efeitos de tributação e isenções nos resultados financeiros na Geração Distribuída.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRADEE: Associação Brasileira de Energia Elétrica do Brasil. Disponível em: <http://www.abradee.com.br/setor-eletrico/visao-geral-do-setor>. Acesso em: 10/06/2016.

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica, “Resolução Normativa nº 482/2012”, Diretoria geral, Brasília, Brasil, Abril, 2012.

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica, “Resolução Normativa nº 517/2012”, Diretoria geral, Brasília, Brasil, Abril, 2012.

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica, “Resolução Normativa nº 687/2015. Altera a Resolução Normativa nº 482, de 17 de abril de 2012, e os Módulos 1 e 3 dos Procedimentos de Distribuição – PRODIST, Brasília, Brasil, março, 2016.

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. Decreto. Sistema de Registro de Geração Distribuída- SISGD. Disponível em: < [http://www2.aneel.gov.br/scg/gd/GD\\_Fonte.asp](http://www2.aneel.gov.br/scg/gd/GD_Fonte.asp) >. Acessado em Maio de 2017.

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. Caderno Temático de micro e minigeração distribuída: Sistema de compensação de energia. Brasília-DF, 2014.

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. Decreto nº. 5.163, de 30 de julho de 2004. Disponível em: <[www.aneel.gov.br/cedoc/dec20045163.pdf](http://www.aneel.gov.br/cedoc/dec20045163.pdf)>. Acessado em 10 de dezembro de 2014.

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional – PRODIST. Módulo 3: Acesso ao Sistema de Distribuição. Brasília, 2012.

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. Registro de Micro e Minigeradores da Resolução nº 482/2012 (atualizado até maio/2015). Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/scg/rcgMicro.asp>>. Acesso em: 04 de julho de 2015.

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. Registro de Micro e Minigeradores da Resolução nº 467/2015. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/scg/rcgMicro.asp>>. Acesso em: 04 de julho de 2015

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. Resolução normativa nº 482, de 17 de abril de 2012 que trata do sistema de compensação de energia elétrica para geração distribuída. Diário Oficial Da União. Seção 1, n. 76, pag. 53, Brasília, 2012.

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. Resolução Normativa nº 414, de 9 de Setembro de 2010. Estabelece as condições gerais de fornecimento de energia elétrica de forma atualizada e consolidada. Brasília, Brasil, 2010.

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. Revisão da norma que trata da micro e minigeração distribuída está em audiência (05 de Maio de 2015). Acesso em 9 de Julho de 2015, disponível em: <[http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/noticias/Output\\_Noticias.cfm?Identidade=8534&id\\_area=90](http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/noticias/Output_Noticias.cfm?Identidade=8534&id_area=90)>.

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. Geração distribuída é debatida com a sociedade em São Paulo (17 de Junho de 2015). Acesso em 9 de Julho de 2015, disponível em: <[http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/noticias/Output\\_Noticias.cfm?Identidade=8621&id\\_area=90](http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/noticias/Output_Noticias.cfm?Identidade=8621&id_area=90)>.

ANEEL -AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. Nota Técnica nº 0017/2015-SRD/ANEEL  
[http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/audiencia/arquivo/2015/026/documento/nota\\_tecnica\\_0017\\_2015\\_srd.pdf](http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/audiencia/arquivo/2015/026/documento/nota_tecnica_0017_2015_srd.pdf) Acesso: 15/03/2016

BARROS, Aidil Jesus da Silveira; LEHFELD, Neide Aparecida de Souza. Fundamentos de Metodologia Científica. 3.ed. São Paulo: Prentice-Hall, 2007

BRASIL MAIOR. Bancos oferecem linhas de crédito para quem optar por energia limpa, 2013. Disponível em: . Acesso em: 25 mar. 2014.

BRASIL. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Contagem Populacional. Disponível em: <http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?codmun=313240>>. Acesso em: fev/2017

CRUZ, J. L. C. A eletricidade no Brasil do Império à República de Hoje. São Paulo- SP, 1994. Edição: Sindicato dos eletricitários de Furnas e DME- SINDEFURNAS

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA - EPE. Balanço Energético Nacional. Ministério de Minas e Energia - MME. Brasília - DF. 2013

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA - EPE. Balanço Energético Nacional- BEN. Ministério de Minas e Energia - MME. Brasília - DF. 2015

FILHO, W. P. (s.d.). Geração distribuída: vantagens e desvantagens. Amazonas.

GEER. Relatório de energias renováveis para comunidades isoladas na região amazônica. Experiências do Ministério de Minas e Energia (MME) na implantação e acompanhamento dos projetos de eletrificação através de geração renovável em sistemas isolados da região amazônica.2011/ 2012

GOLDEMBERG, J., VILLANUEVA, L. D. Energia, meio ambiente & desenvolvimento. 2a. ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2003.

IPEA, 2013. TEXTO PARA DISCUSSÃO- 1812, 2013; Energia Fotovoltaica Ligada à Rede Elétrica: Atratividade para o Consumidor Final e Possíveis Impactos no Sistema Elétrico. Disponível em < <http://repositorio.ipea.gov.br/> > Acesso em: novembro de 2013.

LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Marina de Andrade. Técnicas de Pesquisa: planejamento e execução de pesquisas, amostragens e técnicas de pesquisa, elaboração, análise e interpretação de dados. 4. ed. São Paulo: Atlas, 1999

MARQUES, F. A., MoránII, J. A., AbreuII, L., SilvaIII, L. C., & FreitasIII, W. (s.d.). Impactos da expansão da geração distribuída nos sistemas de distribuição de energia elétrica. Campinas.

MARTINS, Vanderlei Affonso. Análise do potencial de políticas públicas na viabilidade de geração distribuída no Brasil. Dissertação de Mestrado – UFRJ/ COPPE/ Programa de Planejamento Energético, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015.

MATTOS, J. M. D. B. et al. Desenvolvimento de uma estrutura de estágio único de baixo custo e alto rendimento para injetar potência de um módulo fotovoltaico na rede de baixa tensão. Curitiba: UTFPR - DIBIB, 2009.

MME: Ministério de Minas Energia. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/web/guest/acesso-a-informacao/institucional/o-ministerio>. Acesso em: 07/08/2016.

OLIVIERI. Olivieri, cecília. agências regulatórias e federalismo: A gestão descentralizada da regulação no setor de energia. São Paulo, 2006. Citado 3 vezes nas páginas 45, 46e 47.

OLIVEIRA, M. O impacto do ICMS na Geração Distribuída no Brasil. Revista Brasileira de Energia, v. 5, p. 130, 2016.

PEROVANO, D.G. Manual de metodologia científica para a segurança pública e defesa social. Curitiba: Juruá, 2014.

PINTO JR. H. Q. [et al.] Economia de energia. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007. 2ª reimpressão.

REN21. 2013. Renewables 2013 Global Status Report (Paris: REN21 Secretariat). ISBN 978-3-9815934-0-2. Disponível em:<<http://www.ren21.net/REN21Activities> >. Acesso em: maio de 2014.

REVISTA ECOTURISMO. O que é Energia Renovável. Disponível em: <http://revistaecoturismo.com.br/turismo-sustentabilidade/o-que-e-energiarenovavel/>. Acesso em: 14 de Março 2015.

RIBEIRO, B. P., & Picarelli, L. B. (2014). Análise Regulatória e Inserção de Aerogeradores no Contexto de Geração Distribuída. Brasília.

RODRIGUES, M. F. (2013). Análise da atratividade econômica da microgeração e minigeração distribuída no Brasil pela geração solar fotovoltaica. Brasília.

RODRÍGUEZ, C. R. C. (2002). Mecanismos Regulatórios, Tarifários e Econômicos na Geração Distribuída: o caso de sistemas fotovoltaicos conectados à rede. Tese de Mestrado, Universidade Estadual de Campinas, Faculdade da Engenharia Mecânica, Campinas- SP.

SANTOS, F. J. (2013). Planejamento de redes de distribuição considerando geração distribuída. Brasília.

SANTOS, Priscila Mayara Duarte dos. Procedimento para Prospecção de Potencial Eólico com auxílio de Sistemas de Informação Geográfica. 2015. 120 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Energia), Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2015.

STADLER, I.; BHANDARI, R.; MADEIRO, D. Implementation of small grid connected decentralized power generators using renewable energies. Cologne University of applied Sciences, Germany, 2010.