

PERFIL DO MERCADO DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA NO RIO GRANDE DO SUL

Alex Willian Petter – alexpetter.ap@gmail.com

Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica

Letícia Jenisch Rodrigues – leticia.jenisch@gmail.com

Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Departamento de Engenharia Mecânica

7.2. Impactos Sociais, Econômicos e Ambientais de Energias Renováveis

Resumo. Neste trabalho foi proposta uma análise do perfil de mercado de energia solar fotovoltaica no Rio Grande do Sul até setembro de 2017 com o objetivo de identificar os motivos que levam o estado a ser protagonista em número de instalações entre os estados brasileiros e compreender detalhadamente onde estão sendo realizadas as instalações através do cruzamento criterioso de dados disponibilizados pela ANEEL e pelo IBGE. Foram criados indicadores a partir da classe de consumo, da modalidade de contrato, da potência total instalada, da quantidade de instalações, da fonte, do PIB e da renda per capita. Em nível nacional, os indicadores aplicaram-se a todas fontes na geração distribuída. Já a nível estadual, os indicadores restringiram-se às instalações a partir de fonte solar. Posteriormente, os indicadores do Rio Grande do Sul foram comparados aos indicadores do Brasil, obtendo convergência na maioria dos casos. Identificou-se que o mercado de geração distribuída com fonte solar não está expandindo-se necessariamente onde há maior potencial solar para geração de energia fotovoltaica, mas sim em regiões com maior desenvolvimento econômico, estando o número de instalações de sistemas fotovoltaicos fortemente correlacionado ao PIB dos municípios e do estado. Além disso, três em cada quatro instalações são realizadas em residências, mas são os sistemas comerciais que apresentam uma maior potência total instalada. Do mesmo modo, a potência média dos sistemas comerciais é aproximadamente quatro vezes superior à potência média dos sistemas residenciais no Rio Grande do Sul e aproximadamente seis vezes superior no Brasil. O número de 15.485 sistemas fotovoltaicos instalados até setembro de 2017 representa apenas 0,02% do total de unidades consumidoras de energia elétrica no Brasil. Assim, espera-se uma curva acentuada de crescimento nos próximos anos.

Palavras-chave: Mercado de Energia Solar, Sistema Fotovoltaico, Produto Interno Bruto

1. INTRODUÇÃO

A busca incessante pelo desenvolvimento e também pelo crescimento econômico acarreta indiscutivelmente a demanda ilimitada e ininterrupta por energia elétrica. O atual cenário energético mundial apresenta indicações de esgotamento dos recursos naturais voltados para a geração de energia. O crescente uso de diversos equipamentos que demandam eletricidade acarreta dois efeitos, o aumento do consumo de eletricidade e o aumento do processo de produção industrial. Esse ciclo de desenvolvimento, conseqüentemente, aumenta a emissão dos gases poluentes desencadeadores do chamado efeito estufa (Knirsch, 2012).

O Brasil possui aproximadamente 81 milhões de unidades consumidoras (UC) de energia elétrica. A informação consta no Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2017, da Empresa de Pesquisa Energética (EPE), com dados atualizados preliminarmente até 2016 (EPE, 2017). São 69 milhões de residências com sistema de medição, 6 milhões de empresas comerciais, 4 milhões de produtores rurais, 559 mil instituições do poder público e 536 mil indústrias. Além destas classes de consumo, os 0,2% restantes dividem-se entre iluminação pública e serviço público.

As estratégias de desenvolvimento do país têm possibilitado a inserção de fontes renováveis alternativas, que além de reduzirem as emissões de gases poluentes pela queima de combustíveis fósseis, podem contribuir de maneira significativa na diversificação da matriz de energia elétrica, preservando o nível dos reservatórios das usinas hidrelétricas, reduzindo custos de geração de energia e reduzindo os custos de transmissão de energia através da instalação de projetos descentralizados de menor porte ao longo de todo o território nacional, em uma modalidade chamada de Geração Distribuída (GD). Na GD, a geração de energia elétrica ocorre no ponto de consumo ou na área de concessão da distribuidora de energia elétrica, sendo enquadráveis as fontes solar, eólica, biomassa e hidráulica.

Tendo em vista que 99% dos sistemas de GD instalados no Brasil são de fonte solar e a grande representatividade do Rio Grande do Sul no mercado nacional de energia solar, neste estudo serão apresentados os dados do setor até outubro de 2017, objetivando traçar o perfil do mercado no estado e correlaciona-lo com o brasileiro.

2. MERCADO DE GERAÇÃO DISTRIBUÍDA NO BRASIL

Em todo o Brasil, até o fim de setembro de 2017, a ANEEL registrou um total de 15.623 UC com sistemas de GD instalados, segundo informações enviadas pelas concessionárias de energia elétrica do país (ANEEL, 2017). Estes

sistemas são responsáveis pelo abastecimento de 17.831 UC, através do modelo de compensação de créditos de energia elétrica, regulado atualmente pela resolução 687/2015 da ANEEL, totalizando uma potência instalada de 173.053 kW (ANEEL, 2015).

Conforme apresentado na Tab.1 e na Fig. 1, 83,18% do total das instalações de GD estão concentradas em apenas 30% dos estados do Brasil, ou seja, 8 dos 26 estados, sendo que mais da metade das instalações localizam-se em Minas Gerais, São Paulo e Rio Grande do Sul. Avaliando-se a potência instalada, 80,31% do total também se concentram em apenas 8 estados, sendo que mais da metade da potência instalada situa-se nos estados de Minas Gerais, Ceará, Rio Grande do Sul e São Paulo.

Apenas os estados de Mato Grosso e Espírito Santo alternam-se entre os gráficos da Fig. 1, ou seja, Espírito Santo apresenta 4% das instalações no Brasil, porém, não tem tamanha representatividade em termos de potência. Da mesma forma, Mato Grosso possui 4% da potência instalada no Brasil, mas não apresenta tamanha fatia de mercado em termos de percentual de instalações.

Entre os estados com maior representatividade, o Ceará destaca-se pela potência média instalada de 38,91 kW/UC. Já os estados de Minas Gerais, Rio Grande do Sul e São Paulo, apresentam 11,18, 11,64 e 5,86 kW/UC, respectivamente. Roraima é o único estado do Brasil que não apresenta unidades consumidoras com sistemas de geração distribuída.

Tabela 1: Unidades Consumidoras com Geração Distribuída. Fonte: ANEEL (2017).

RANKING	TOTAL	15623	17831	173053,96	100%	100%	17,25
	UF	Quantidade	Quantidade de UC que recebem os créditos	Potência Instalada (kW)	% Instalações	% Potência	Potência Média (kW/UC)
1º	MG	3.432	4.403	38.375,32	21,97%	22,18%	11,18
2º	SP	3.113	3.389	18.232,05	19,93%	10,54%	5,86
3º	RS	1.764	2.022	20.539,38	11,29%	11,87%	11,64
4º	RJ	1.324	1.396	13.013,59	8,47%	7,52%	9,83
5º	PR	1.170	1.170	9.205,98	7,49%	5,32%	7,87
6º	SC	1.097	1.294	11.608,60	7,02%	6,71%	10,58
7º	ES	554	577	1.944,00	3,55%	1,12%	3,51
8º	CE	543	575	21.129,96	3,48%	12,21%	38,91
9º	BA	369	439	3.697,44	2,36%	2,14%	10,02
10º	GO	316	368	5.503,33	2,02%	3,18%	17,42
11º	MS	309	338	2.504,54	1,98%	1,45%	8,11
12º	PE	276	368	4.539,57	1,77%	2,62%	16,45
13º	DF	247	258	2.531,30	1,58%	1,46%	10,25
14º	RN	244	246	3.124,85	1,56%	1,81%	12,81
15º	MT	198	211	6.869,83	1,27%	3,97%	34,70
16º	MA	160	173	1.955,81	1,02%	1,13%	12,22
17º	PB	134	188	1.211,25	0,86%	0,70%	9,04
18º	TO	91	97	623,84	0,58%	0,36%	6,86
19º	PA	77	77	340,51	0,49%	0,20%	4,42
20º	SE	66	70	485,62	0,42%	0,28%	7,36
21º	AL	61	76	935,61	0,39%	0,54%	15,34
22º	RO	34	52	3.785,80	0,22%	2,19%	111,35
23º	PI	23	23	507,80	0,15%	0,29%	22,08
24º	AP	8	8	305,60	0,05%	0,18%	38,20
25º	AM	7	7	54,86	0,04%	0,03%	7,84
26º	AC	6	6	27,52	0,04%	0,02%	4,59

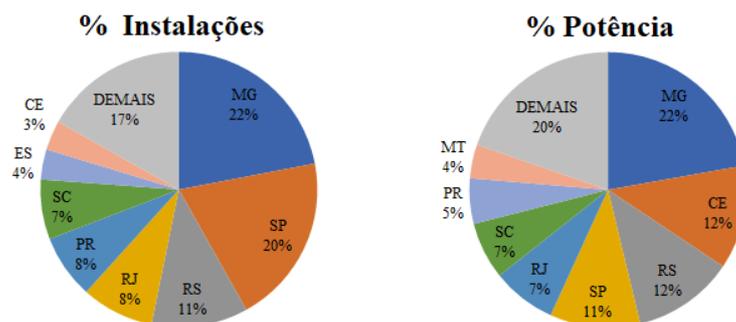


Figura 1: Percentual de Instalações e de Potência Instalada por Estado. Fonte: ANEEL (2017).

Ao estratificar os dados a partir da classe de consumo, 78,74% das unidades consumidoras com GD estão enquadradas como classe residencial e 15,17% como classe comercial. Desta forma, as classes rural, industrial, poder público, serviço público e iluminação pública somam apenas 6,09% do total de unidades instaladas.

Quando se avalia a potência instalada em cada classe de consumo, as residências detêm apenas 31,13% da potência total instalada, considerado um percentual relativamente baixo, uma vez que mais de 78% das instalações estão nesta classe. A classe comercial destaca-se, uma vez que apresenta apenas 15,17% do total de unidades, mas 37,11% da potência total instalada. Assim, tem-se como consequência uma potência média instalada de 27,10 kW/UC na classe comercial, aproximadamente seis vezes superior à classe residencial, que é de 4,38 kW/UC.

Já o setor industrial, que é responsável por peculiares 2,2% do total de instalações, detém a maior potência média por unidade consumidora, sendo esta de 95,04 kW/UC, resultando em 18,89% do total da potência instalada.

Tendo em vista que 85% das UC do Brasil estão enquadradas como residenciais, o percentual de 78,74% de UC com Geração Distribuída é reflexo disto. Ainda, a menor potência média por UC dos sistemas residenciais deve-se ao menor consumo de energia elétrica que esta classe apresenta frente às demais. Assim, observa-se a maior potência média por UC na Indústria, que é o setor que apresenta os maiores consumos de energia elétrica por UC.

Tabela 2: Classes de Consumo na Geração Distribuída. Fonte: ANEEL (2017).

Classe de Consumo	Quantidade	Quantidade de UC que recebem os créditos	Potência Instalada (kW)	% Unidades	% Potência	Potência Média (kW/UC)
Residencial	12.302	13.456	53.868,81	78,74%	31,13%	4,38
Comercial	2.370	3.095	64.220,23	15,17%	37,11%	27,10
Rural	425	649	15.311,54	2,72%	8,85%	36,03
Industrial	344	405	32.692,61	2,20%	18,89%	95,04
Poder Público	143	187	5.836,77	0,92%	3,37%	40,82
Serviço Público	32	32	1.063,10	0,20%	0,61%	33,22
Iluminação pública	7	7	60,9	0,04%	0,04%	8,70

Conforme a Tab. 3, entre as fontes de energia enquadráveis como geração distribuída, tem-se a Central Geradora Solar Fotovoltaica (UFV), Usina Termelétrica Biomassa (UTE), Central Geradora Eólica (EOL) e Central Geradora Hidrelétrica (CGH) (ANEEL, 2012). A fonte solar destaca-se nos sistemas de GD, uma vez que 15.485 unidades são de UFV, correspondendo a 99,12% do total. Em termos de potência instalada, as UFV acumulam 124.925,16 kW, correspondendo a 72,19% do total.

A baixa potência média da UFV frente a outras fontes deve-se às características gerais desta que possibilitaram sua difusão em todas as classes de consumo. Entre estas, citam-se a estrutura comercial desenvolvida pelas empresas do setor para consumidores residenciais, excelentes taxas de retorno, também em sistemas de baixa potência, facilidade de instalação e relativo conhecimento do potencial solar no local de instalação através de banco de dados gratuitos, tais como o Atlas Solarimétrico (INPE, 2017). Todas as demais fontes ainda apresentam empecilhos técnico-financeiros relevantes para projetos de baixa potência, tais como alimentação do gerador, no caso da UTE, local adequado e estudo de impacto ambiental, no caso da CGH e conhecimento do potencial eólico nas condições de instalação, no caso da EOL.

Tabela 3: Fontes de Energia na Geração Distribuída. Fonte: ANEEL (2017).

Tipo	Quantidade	Quantidade de UC que recebem os créditos	Potência Instalada (kW)	% Unidades	% Potência	Potência Média (kW/UC)
UFV	15.485	17.355	124.925,16	99,12%	72,19%	8,07
UTE	65	184	22.654,90	0,42%	13,09%	348,54
EOL	53	54	10.283,20	0,34%	5,94%	194,02
CGH	20	238	15.190,70	0,13%	8,78%	759,54

Tem-se 91,84% do total de unidades instaladas na modalidade de Geração na Própria Unidade Consumidora e 7,83% na modalidade de Autoconsumo Remoto, totalizando 99,67% dos sistemas instalados, segundo demonstrado na Tab. 4.

Tabela 4: Modalidades de Contrato. Fonte: ANEEL (2017).

Modalidade	Quantidade	Quantidade de UC que recebem os créditos	Potência Instalada (kW)	% Unidades	% Potência	Potência Média (kW/UC)
Geração na própria UC	14.348	14.348	134.267,68	91,84%	77,59%	9,36
Autoconsumo Remoto	1.223	3.292	32.810,62	7,83%	18,96%	26,83
Geração Compartilhada	51	186	5.970,66	0,33%	3,45%	117,07
Múltiplas UC	1	5	5	0,01%	0,00%	5,00

Pode-se identificar uma diferença considerável da potência média de sistemas com Geração na Própria UC frente a modalidade de Autoconsumo Remoto e Geração Compartilhada. Após a entrada em vigor da res. 687/2015 ANEEL, que

aprimorou a res. 482/2012 ANEEL, a Geração Compartilhada passou a apresentar uma tendência de crescimento em termos de potência instalada, pois há a possibilidade de formação de consórcios ou cooperativas de consumidores para instalação de usinas e compartilhamento dos créditos de energia produzidos por esta entre os integrantes do grupo.

Ao estratificar dados econômicos dos estados da federação, identificou-se que os seis estados com o maior número de instalações de GD também são os seis estados com maior participação no Produto Interno Bruto (PIB) do Brasil, segundo dados de 2014 do IBGE, discriminados na Tab. 5 e Fig. 2 (IBGE, 2014). Além disso, 80,11% das instalações de GD foram realizadas nos oito estados que são responsáveis por uma fatia de 76,40% do PIB nacional.

Tabela 5: Percentual de Instalações e Participação dos Estados no PIB do Brasil. Fonte: Elaborada pelo autor

<i>UF</i>	<i>PIB % (2014)</i>	<i>% Instalações</i>
SP	32,2%	19,93%
RJ	11,6%	8,47%
MG	8,9%	21,97%
RS	6,2%	11,29%
PR	6,0%	7,49%
SC	4,2%	7,02%
BA	3,9%	2,36%
DF	3,4%	1,58%
DEMAIS	17,9%	16,10%

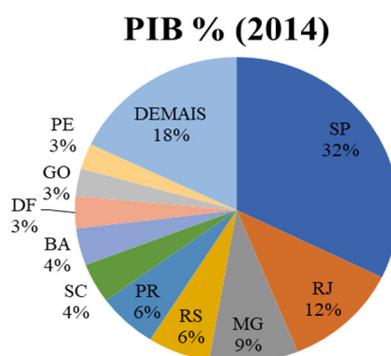


Figura 2: Participação dos Estados no PIB do Brasil. Fonte: IBGE (2014)

Complementarmente, os estados que têm uma população com renda per capita superior, de acordo com dados de 2016, calculados pelo IBGE, com base nas informações oriundas da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua – PNAD, apresentam um maior número de unidades consumidoras com sistemas de GD instalados (IBGE, 2016). Entre as dez Unidades da Federação (UF) com maior renda, apenas Mato Grosso do Sul, Goiás e o Distrito Federal não compõem as UF com maior representatividade em percentual de instalações de GD. Estes dados foram agrupados na Tab. 6.

Tabela 6: Rendimento domiciliar per capita por Unidade da Federação. Fonte: Elaborada pelo autor.

<i>UF</i>	<i>Rendimento nominal mensal domiciliar per capita da população residente (R\$)</i>	<i>% Instalações</i>
DF	R\$2.351,00	1,58%
SP	R\$1.723,00	19,93%
RS	R\$1.554,00	11,29%
SC	R\$1.458,00	7,02%
RJ	R\$1.429,00	8,47%
PR	R\$1.398,00	7,49%
MS	R\$1.283,00	1,98%
MG	R\$1.168,00	21,97%
ES	R\$1.157,00	3,55%
GO	R\$1.140,00	2,02%

Tendo em vista que a fonte de energia que será detalhada neste estudo é a solar, devido a representatividade desta nos sistemas de GD, na Fig. 3 é apresentado o mapa do Brasil contendo a Média Diária de Irradiação Global Horizontal, em Wh/m².dia, em escala de cores variando entre 3500 e 6250 Wh/m².dia.

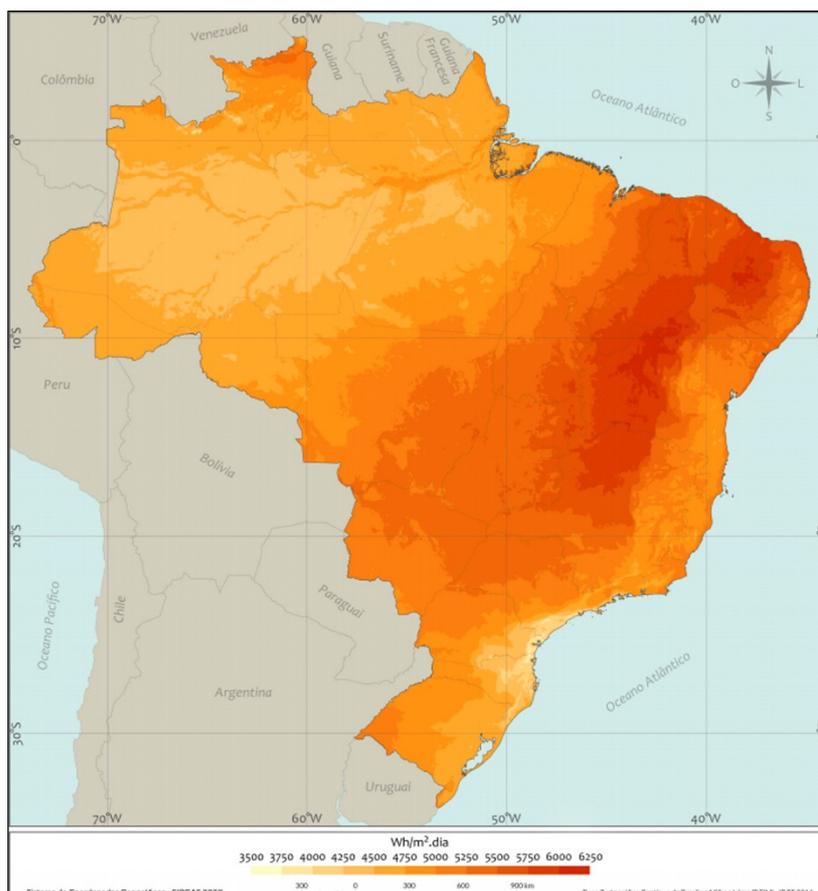


Figura 3: Média Diária de Irradiação Global Horizontal. Fonte: INPE (2017).

3. MERCADO DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA NO RIO GRANDE DO SUL

O Rio Grande do Sul apresentou, até o fim de setembro de 2017, 1764 unidades consumidoras com sistemas de geração distribuída, totalizando 20,5 MW de potência instalada, segundo informado pelas concessionárias de energia elétrica do estado à ANEEL (ANEEL, 2017). Observa-se na Tab. 7 que mais de 99% do total de unidades com GD são de UFV, porém apenas 78,42% da potência total instalada é de UFV. Isto deve-se ao fato de que 0,23% do percentual de unidades é composto por UTE, correspondendo a apenas 4 unidades que responsáveis por 21,47% de toda a potência instalada no estado, ou seja, média de 1,1 MW/usina. Sobretudo, destaca-se a grande relevância da fonte solar no Rio Grande do Sul.

Tabela 7: Fontes de Energia na Geração Distribuída no RS. Fonte: ANEEL (2017).

Tipo	Quantidade	Quantidade de UC que recebem os créditos	Potência Instalada (kW)	% Unidades	% Potência	Potência Média (kW/UC)
UFV	1.754	2.010	16.107,48	99,43%	78,42%	9,18
UTE	4	6	4.410,00	0,23%	21,47%	1102,50
EOL	5	5	18,20	0,28%	0,09%	3,64
CGH	1	1	3,70	0,06%	0,02%	3,70

A resolução 482/2012 da ANEEL foi o grande marco regulatório do setor de GD que possibilitou a disseminação das fontes geradoras renováveis entre os consumidores (ANEEL, 2012). Apesar da resolução ser de 2012, um efetivo crescimento no número de instalações passou a ocorrer apenas a partir de 2016. Conforme Fig. 4, baseada em dados extraídos da ANEEL, até dezembro de 2015 haviam apenas 229 unidades consumidoras com UFV em todo o Rio Grande do Sul, por exemplo. Em 2014, eram instaladas em média 2,75 UFV/mês no estado. Em 2015 este número passou para 12 conexões mensais, aumentando para 53 conexões mensais em 2016. Já em 2017, registrou-se uma média de 98 conexões mensais, até setembro.

Assim, o Rio Grande do Sul finalizou setembro de 2017 com 1754 conexões de sistemas fotovoltaicos informadas pelas concessionárias, passando por taxas de crescimento que chegaram a extraordinários 313% (Fig. 5) em um período de 12 meses (out/15 a set/16). Já a taxa de crescimento acumulada nos últimos 12 meses é de 167%, inferior ao registrado no mesmo período anterior, porém, ressalta-se que apesar da taxa de crescimento ser inferior, o número de conexões mensais é superior. Além disso, o mês de agosto de 2017 atingiu o maior número de conexões mensais da história, sendo

de 161 UFV. O mês de setembro de 2017 apresentou uma queda considerável no número de conexões. Tendo em vista que os dados foram coletados junto à ANEEL em 09/10/2017 e são baseados no que é informado pelas concessionárias de energia, há a possibilidade de haver um atraso no envio da documentação das concessionárias para a ANEEL e na atualização dos dados.

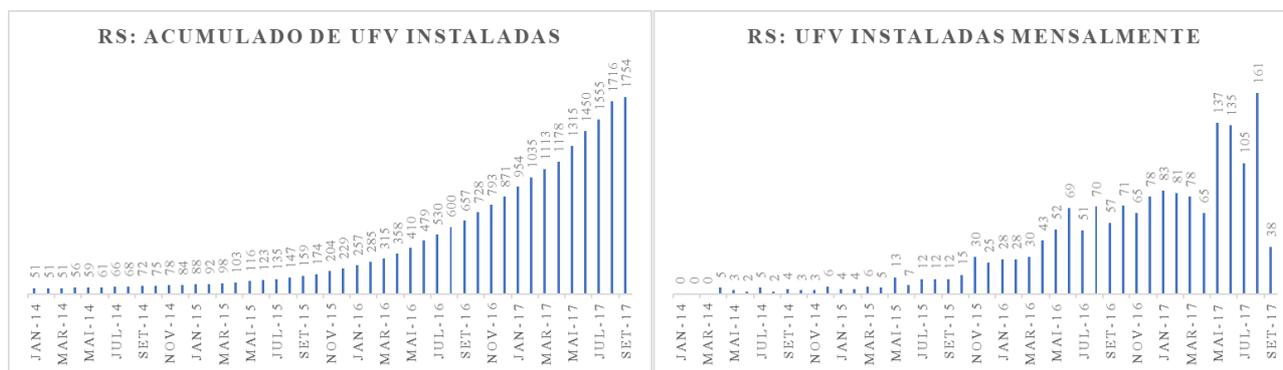


Figura 4: Gráficos de crescimento mensal da energia solar fotovoltaica no Rio Grande do Sul. Fonte: ANEEL (2017)

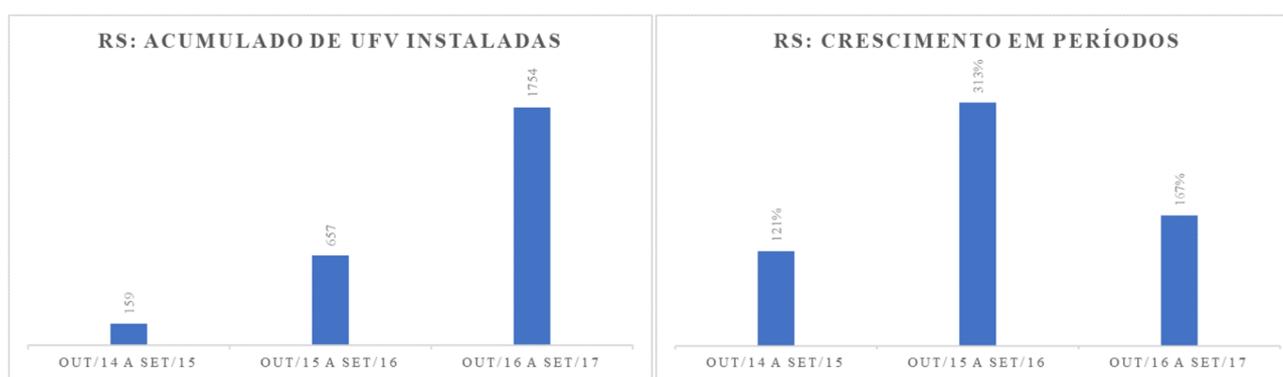


Figura 5: Crescimento acumulado e percentual de UFV no Rio Grande do Sul. Fonte: ANEEL (2017)

Conforme consolidado na Tab. 8, mais de 74% das unidades UFV conectadas são residenciais e 19,50% das unidades são comerciais. Desta forma, as classes rural, industrial, poder público, serviço público e iluminação pública somam apenas 6,16% do total de unidades instaladas. Ressalta-se a baixa aderência de unidades governamentais à geração distribuída de energia a partir de fontes renováveis, tanto no âmbito nacional, quanto estadual.

Comparando-se os resultados do Rio Grande do Sul com os resultados do Brasil, onde se tem 78,74% e 15,17% dos sistemas de geração distribuída em classes residenciais e comerciais, respectivamente, observa-se uma tendência de convergência dos dados para estes percentuais, uma vez que são muito próximos. Quando se avalia em termos de potência, as residências correspondem por 42,50% (31,13% no Brasil) do total da potência instalada, um índice relativamente baixo levando-se em consideração que 74,34% do total de unidades são residenciais.

Se pelo número de instalações a classe de consumo residencial destaca-se, pela potência instalada a classe comercial é a protagonista, uma vez que possui um menor número de instalações (19,50% do total), mas um percentual significativo de potência instalada (48,20% do total). Assim como no Brasil, possui uma potência instalada superior na classe comercial frente à residencial, o que significa uma maior potência média instalada por unidade consumidora. A potência média de sistemas comerciais é aproximadamente quatro vezes superior à potência média de sistemas residenciais, ou seja, 22,70 kW/UC para os sistemas comerciais e de 5,25 kW/UC para os sistemas residenciais.

Tabela 8: UFV e as classes de consumo no Rio Grande do Sul. Fonte: ANEEL (2017).

Classe de Consumo	Quantidade	Quantidade de UC que recebem os créditos	Potência Instalada (kW)	% Unidades	% Potência	Potência Média (kW/UC)
Residencial	1.304	1.422	6.845,53	74,34%	42,50%	5,25
Comercial	342	464	7.764,32	19,50%	48,20%	22,70
Rural	64	76	358,85	3,65%	2,23%	5,61
Industrial	39	43	1.059,64	2,22%	6,58%	27,17
Poder Público	4	4	70,14	0,23%	0,44%	17,54
Serviço Público	1	1	9,00	0,06%	0,06%	9,00
Iluminação pública	0	0	0,00	0,00%	0,00%	0,00

As modalidades de contrato no Rio Grande do Sul correspondem à 91,56% (91,84% no Brasil) do total de unidades instaladas na modalidade de Geração na Própria Unidade Consumidora e 7,70% (7,83% no Brasil) na modalidade de Autoconsumo Remoto, totalizando 99,26% (99,67% no Brasil) dos sistemas instalados. Como nos demais índices, estes também apresentam uma convergência dos dados estaduais aos nacionais. Complementarmente, das 1754 UFV instaladas, 1606 possuem Geração na Própria UC em decorrência do grande número de sistemas residenciais instalados no estado.

Assim como no restante do Brasil, no Rio Grande do Sul também é possível verificar uma diferença considerável da potência média de sistemas com Geração na Própria UC frente a modalidade de Autoconsumo Remoto e Geração Compartilhada. A Tab. 9 apresenta as quatro modalidades de contrato possíveis.

Tabela 9: Modalidades de Contrato no Rio Grande do Sul. Fonte: ANEEL (2017).

Modalidade	Quantidade	Quantidade de UC que recebem os créditos	Potência Instalada (kW)	% Unidades	% Potência	Potência Média (kW/UC)
Geração na própria UC	1.606	1.606	13.634,13	91,56%	84,64%	8,49
Autoconsumo remoto	135	363	2.119,86	7,70%	13,16%	15,70
Geração compartilhada	13	41	353,49	0,74%	2,19%	27,19
Múltiplas UC	0	0	0	0,00%	0,00%	0,00

O Rio Grande do Sul é composto por 497 municípios e metade deles não possui uma UFV conectada à rede elétrica, um terço dos municípios tem até 5 UFV instaladas e apenas 4% dos municípios gaúchos tem mais de 20 UFV instaladas, conforme Fig. 6. Além disso, entre os municípios com até 5 UFV instaladas, a metade apresenta apenas uma UFV.

NÚMERO DE UFV POR MUNICÍPIO MUNICÍPIOS QUE POSSUEM 1 A 5 UFV

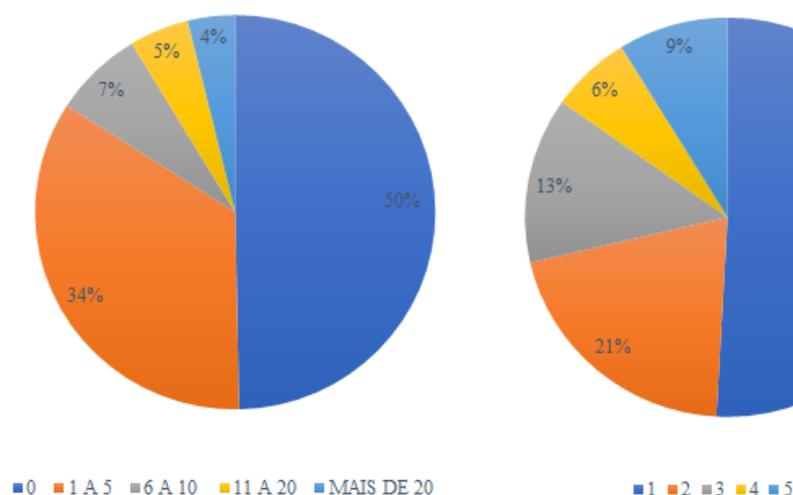


Figura 6: UFV nos municípios gaúchos. Fonte: ANEEL (2017).

Em proporções semelhantes aos demais estados do Brasil, no Rio Grande do Sul as cidades que mais contribuem para o PIB são também as que possuem a maior fatia de UFV instaladas. Assim, observa-se que 80,15% do total de instalações estão nos municípios que são responsáveis por 84,50% do PIB do RS, ou seja, as 107 (21,52%) cidades do estado com maior contribuição ao PIB detêm 4/5 das instalações de UFV. Além disso, as 107 cidades com maior contribuição ao PIB estadual detêm 80,39% da potência instalada.

No estado, Santa Cruz do Sul destaca-se como o município com o maior número de instalações fotovoltaicas e maior potência instalada, possuindo mais que o dobro de instalações que a segunda colocada, Porto Alegre, conforme Tab. 10. Santa Cruz do Sul possui, sozinha, praticamente 2 MW de potência instalada, é a 8ª colocada no PIB estadual e tem uma população estimada em 127.429 hab. Entre as cidades com maior PIB, a cidade de colonização alemã também ganha notoriedade por apresentar um dos maiores coeficientes de instalações por grupo de mil habitantes, sendo o valor de 1,25 UFV/1000 hab., assim como a Alemanha, que é um país de referência em energias renováveis.

Ao contrário do Brasil, no Rio Grande do Sul não foi possível correlacionar quantidade de UFV com renda domiciliar per capita. Entre as 10 cidades de melhor renda, três não possuem uma UFV instalada. A cidade de Porto Alegre apresenta a melhor renda domiciliar per capita e a maior população do estado, ou seja, 1.484.941 habitantes. Apesar disso, o coeficiente de instalações por grupo de 1000 habitantes é muito baixo, sendo de 0,05 UFV/1000 hab. A característica de verticalidade das edificações da cidade é um fator que desfavorece a instalação de sistemas solares.

Tabela 10: Consolidado de dados socioeconômicos e de UFV no Rio Grande do Sul. Fonte: Elaborada pelo autor.

RANKING	NOME DO MUNICÍPIO	POPULAÇÃO ESTIMADA JUL/2017	% PIB RS (2013)	Quantidade de UFV	% Quantidade	Potência (kW)	% Potência
1º	Santa Cruz do Sul	127.429	2,02%	159	9,06%	1.904,11	11,82%
2º	Porto Alegre	1.484.941	17,33%	68	3,88%	293,33	1,82%
3º	Novo Hamburgo	249.508	2,12%	63	3,59%	701,53	4,36%
4º	Santa Maria	278.445	1,72%	57	3,25%	416,30	2,58%
5º	Lajeado	79.819	0,87%	49	2,79%	476,06	2,96%
6º	São Leopoldo	230.914	1,77%	37	2,11%	796,78	4,95%
7º	Caxias do Sul	483.377	6,45%	37	2,11%	189,35	1,18%
8º	Venâncio Aires	70.481	0,78%	36	2,05%	357,84	2,22%
9º	Canoas	343.853	3,46%	31	1,77%	115,53	0,72%
10º	Santa Rosa	72.753	0,68%	30	1,71%	170,94	1,06%
11º	São Sebastião do Caí	24.967	0,16%	29	1,65%	242,98	1,51%
12º	Bento Gonçalves	115.069	1,43%	29	1,65%	333,88	2,07%
13º	Sapiranga	80.311	0,64%	26	1,48%	263,02	1,63%
14º	Montenegro	63.868	0,79%	25	1,43%	351,64	2,18%
15º	Arroio do Meio	20.272	0,25%	23	1,31%	201,66	1,25%
16º	Estrela	33.140	0,36%	23	1,31%	105,78	0,66%
17º	Vera Cruz	26.024	0,17%	22	1,25%	297,08	1,84%
18º	Farroupilha	69.542	0,73%	22	1,25%	128,70	0,80%
19º	Ijuí	83.330	0,83%	22	1,25%	172,78	1,07%
20º	Cruz Alta	63.463	0,80%	20	1,14%	129,53	0,80%
21º a 497º	Demais	7.321.389	56,64%	946	53,93%	8.458,66	52,51%

O estado do Rio Grande do Sul está localizado na região sul do Brasil, com clima temperado do tipo subtropical, apresentando grande variação sazonal. Podem-se coletar no Atlas Brasileiro de Energia Solar, 2ª Edição, os dados de irradiação média diária anual para todo o território estadual, ilustrados na Fig. 7. Existem três principais faixas de irradiação presentes no estado, sendo a Irradiação Global Horizontal Média de 4,53 kWh/m².dia e 1654 kWh/m².ano (INPE, 2017). A região oeste do estado é a de maior potencial e a nordeste a de menor potencial. A grande maioria das UFV do estado não estão instaladas onde o potencial solar para geração de energia fotovoltaica é superior, mas sim nas regiões de maior potencial econômico.

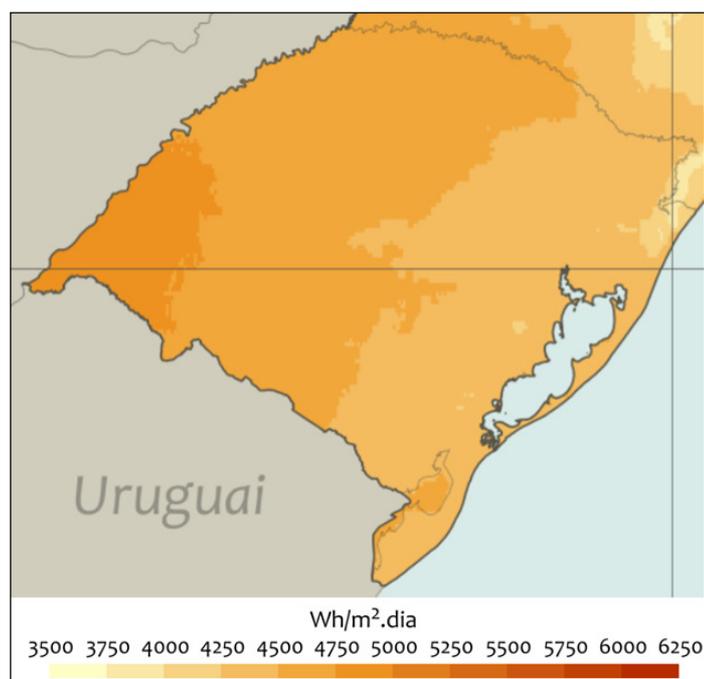


Figura 7: Irradiação Global Horizontal no Rio Grande do Sul. Fonte: INPE (2017).

4. PERSPECTIVAS DE CRESCIMENTO

Com a recente consolidação da tecnologia no país, com a segurança regulatória em desenvolvimento e com a difusão dos conceitos de sustentabilidade na sociedade, espera-se uma forte evolução da modalidade de Geração Compartilhada

através da formação de cooperativas ou consórcios de consumidores para construção de micro e mini usinas, além do incremento da modalidade de Autoconsumo Remoto. Este crescimento deve ampliar os índices percentuais, que hoje no Brasil são de aproximadamente 19% para Autoconsumo Remoto e 3,5% para Geração Compartilhada.

Segundo informado no Plano Decenal de Expansão de Energia 2024 (PDE 2024), elaborado pelo Ministério de Minas e Energia (MME) e pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE), são planejados 1.319 MWp de capacidade instalada de fonte solar para GD em 2024, conforme Fig. 8 (MME, 2014). Tendo em vista que o Brasil tem hoje 124,92 MWp de UFV instaladas, projeta-se um crescimento de aproximadamente 10x na fonte nos próximos 7 anos. Sendo que o Rio Grande do Sul possui hoje 16,11 MWp de UFV instaladas e, se mantidos os percentuais atuais de potência instalada em relação ao Brasil, espera-se uma capacidade instalada de 170,07 MWp em 2024, como resumido na Tab. 11.

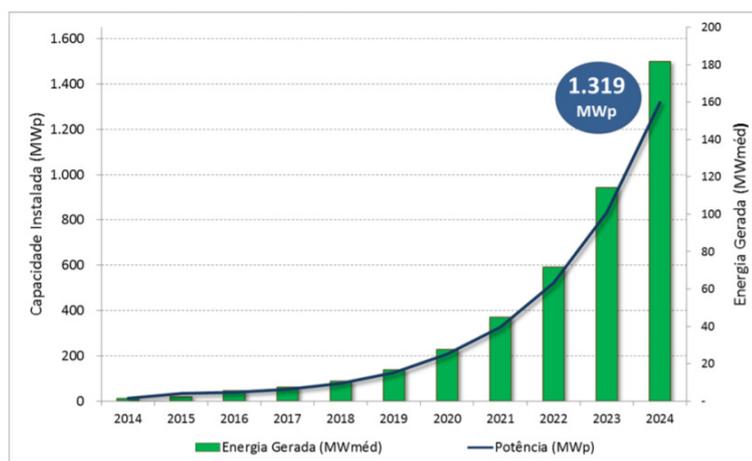


Figura 8: Evolução de capacidade Instalada e Energia Solar Gerada. Fonte: (MME, 2014).

Tabela 11: Situação Atual e Planejada de UFV. Fonte: Elaborada pelo autor.

LOCAL	Ano de 2017 em MWp (situação atual)	Ano de 2024 em MWp (planejado PDE)
BRASIL	124,92	1.319
RIO GRANDE DO SUL	16,11	170,07

Da mesma forma, se nos municípios forem mantidas as proporções atuais de potência instalada e potência média das UFV, teremos em 2024 o ranking da Tabela 12. Santa Cruz do Sul manterá a liderança, com um incremento de 1.520 UFV e de 18,2 MWp. São Leopoldo será a segunda colocada e Novo Hamburgo será a terceira colocada, com um incremento somado de 14,3 MWp. É notável que as cinco primeiras cidades do ranking 2024 são de colonização alemã, país que atualmente é referência em energia solar.

Tabela 12: Ranking de instalações projetado para 2024. Fonte: Elaborada pelo autor.

MUNICÍPIOS		SITUAÇÃO SETEMBRO/2017		PROJEÇÃO PDE 2024			
RANKING	NOME DO MUNICÍPIO	Quantidade de UFV	Potência (kW)	Quantidade de UFV	Potência (kW)	Incremento de UFV	Incremento de Potência (kW)
1º	Santa Cruz do Sul	159	1.904,11	1.679	20.104,45	1.520	18.200,34
2º	São Leopoldo	37	796,78	391	8.412,76	354	7.615,98
3º	Novo Hamburgo	63	701,53	665	7.407,07	602	6.705,54
4º	Lajeado	49	476,06	517	5.026,46	468	4.550,40
5º	Santa Maria	57	416,30	602	4.395,48	545	3.979,18
6º	São Borja	16	379,31	169	4.004,93	153	3.625,62
7º	Torres	10	363,68	106	3.839,90	96	3.476,22
8º	Venâncio Aires	36	357,84	380	3.778,24	344	3.420,40
9º	Montenegro	25	351,64	264	3.712,77	239	3.361,13
10º	Bento Gonçalves	29	333,88	306	3.525,25	277	3.191,37

5. CONCLUSÕES

O mercado de geração distribuída de fonte solar não está expandindo-se necessariamente onde há maior potencial solar para geração de energia fotovoltaica, mas sim em regiões com maior desenvolvimento econômico, estando o número de instalações de Central Geradoras Fotovoltaicas fortemente correlacionado ao PIB do município e do estado. No Rio

Grande do Sul, 80% das instalações estão localizadas em 21% dos municípios, os quais são responsáveis por 84,50% do PIB do estado.

A fonte solar é responsável por mais de 99% do total de instalações de geração distribuída no estado, sendo as classes residenciais e comerciais detentoras de aproximadamente 94% de todo o mercado. Sistemas residenciais apresentam 3/4 do total de instalações, mas os sistemas comerciais apresentam uma maior potência total instalada. A potência média dos sistemas comerciais é aproximadamente 4x superior à potência dos sistemas residenciais no Rio Grande do Sul e aproximadamente 6x superior no Brasil.

Nove em cada dez sistemas fotovoltaicos no estado estão em contratos de geração na própria unidade consumidora, índice que tende a diminuir a partir do crescimento esperado das modalidades de geração compartilhada e autoconsumo remoto.

Frente à população do país de 208 milhões de habitantes, estimada pelo IBGE em novembro de 2017, ao excelente potencial para geração de energia solar fotovoltaica e aos 81 milhões de unidades consumidoras de energia elétrica, o número atual de 15.485 UFV instaladas representa apenas 0,02% do total de UC. A tecnologia está em estado embrionário, com apenas 5 anos de mercado regulado e com uma expectativa de curva de crescimento acentuada nos próximos anos. Para trabalhos futuros, sugere-se realizar a correlação entre instalações de GD x nível educacional x população municipal. Além disso, sugere-se a realização de um estudo de caso sobre os motivos que levaram Santa Cruz do Sul a destacar-se no cenário estadual, bem como estudar o perfil de mercado dos demais estados.

Agradecimentos

Gostaríamos de agradecer ao PROMEC (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica), da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, pela oportunidade de realização deste trabalho e pelo apoio técnico ao longo do processo.

REFERÊNCIAS

- ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica. Resolução Normativa nº 482/2012, Brasília, Brasil, 17 abr. 2012
- ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica. Resolução Normativa nº 687/2015, Brasília, Brasil, 24 nov. 2015
- ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica. Unidades Consumidoras com Geração Distribuída 2017. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/scg/gd/gd.asp>. Acesso em 8 de outubro de 2017.
- Atlas brasileiro de energia solar / Enio Bueno Pereira; Fernando Ramos Martins; André Rodrigues Gonçalves; Rodrigo Santos Costa; Francisco Lopes de Lima; Ricardo Rüther; Samuel Luna de Abreu; Gerson Máximo Tiepolo; Sílvia Vitorino Pereira; Jefferson Gonçalves de Souza - 2.ed. - São José dos Campos: INPE, 2017. 88p.: il. (E-BOOK)
- Estimativa Populacional do Rio Grande do Sul. Disponível em: www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/estimativa2017. Acesso em 15 de outubro de 2017.
- KNIRSCH, T.. Caminhos para a Sustentabilidade. Edição especial Rio de Janeiro: Fundação Konrad Adenauer, 2012. 124 p. (Cadernos Adenauer XIII).
- MME - Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética. Plano Decenal de Expansão de Energia 2024 – PDE 2024
- Produto Interno Bruto de 2014. Disponível em: www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/contasregionais/2014. Acesso em 15 de outubro de 2017.
- Renda Domiciliar Per Capita no Rio Grande do Sul em 2016. Disponível em: <http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/tabcgi.exe?ibge/censo/cnv/rendars.def>. Acesso em 15 de outubro de 2017.

PHOTOVOLTAIC SOLAR ENERGY MARKET PROFILE IN RIO GRANDE DO SUL

Abstract. *In this paper, an analysis of the Rio Grande do Sul photovoltaic solar energy market profile until September 2017 was proposed in order to identify the reasons that lead the state to be a protagonist in the number of installations between the Brazilian states and to understand in detail where the installations are being done through a crossing of ANEEL and IBGE data. Indicators were created based on consumption class, contract modality, total installed power, installations, source, GNP and per capita income. At the national level, the indicators were applied to all sources in distributed generation. At the state level, indicators were restricted to installations from solar source. Subsequently, the Rio Grande do Sul indicators were compared to the Brazilian indicators, obtaining convergence in most cases. It was identified that the distributed generation market with solar source is not expanding necessarily where there is greater solar potential for generation of photovoltaic energy, but in regions with greater economic development, since the number of installations of photovoltaic systems is strongly correlated to the municipalities and state GNP. In addition, three each four installations are in residential class, but the commercial systems have a higher total installed capacity. Likewise, the average power of commercial systems is approximately 4x higher than the average power of residential systems in Rio Grande do Sul and approximately 6x higher in Brazil. The number of 15.485 photovoltaic installed systems until September 2017 represents only 0,02% of the total electricity consuming units in Brazil, so a strong growth curve is expected in the coming years.*

Key words: Solar Energy Market, Photovoltaic Systems, GDP