

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
UNIVERSIDADE ABERTA DO BRASIL
CENTRO DE TECNOLOGIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EFICIÊNCIA
ENERGÉTICA APLICADA AOS PROCESSOS PRODUTIVOS

Jayme Diego Silva Peixoto

GERAÇÃO DISTRIBUÍDA E SEUS IMPACTOS SOB AS ÓTICAS
DA CONCESSIONÁRIA E DO PROSUMER

Novo Hamburgo, RS
2017

Jayme Diego Silva Peixoto

GERAÇÃO DISTRIBUÍDA E SEUS IMPACTOS SOB AS ÓTICAS
DA CONCESSIONÁRIA E DO PROSUMER

Monografia apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Eficiência Energética Aplicada aos Processos Produtivos, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de Especialista em Eficiência Energética Aplicada aos Processos Produtivos.

Orientador: Dr. Natanael Rodrigues Gomes

Novo Hamburgo, RS
2017

Jayme Diego Silva Peixoto

GERAÇÃO DISTRIBUÍDA E SEUS IMPACTOS SOB AS ÓTICAS
DA CONCESSIONÁRIA E DO PROSUMER

Monografia apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Eficiência Energética Aplicada aos Processos Produtivos, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de Especialista em Eficiência Energética Aplicada aos Processos Produtivos.

Aprovado em 22 de julho de 2017:

Natanael R. Gomes, Dr. (UFSM)
(Presidente/Orientador)

Cláudio Roberto Losekann, Dr. (UFSM)

Geomar Machado Martins, Dr. (UFSM)

Novo Hamburgo, RS
2017

RESUMO

GERAÇÃO DISTRIBUÍDA E SEUS IMPACTOS SOB AS ÓTICAS DA CONCESSIONÁRIA E DO PROSUMER

AUTOR: JAYME DIEGO SILVA PEIXOTO

ORIENTADOR: NATANAEL R. GOMES

O presente trabalho tem como objetivo apresentar um estudo de caso de Geração Distribuída e seus impactos em uma Distribuidora de Energia do Sul do Brasil. O referencial teórico abordou a Geração Distribuída, a Distribuição de Energia Elétrica no Brasil e o Sistema de Compensação de Energia Elétrica no Brasil. A metodologia utilizada foi um estudo de caso único, que visa abranger a situação atual, a fim de fornecer subsídios para futuras pesquisas. Para abordagem do tema, será analisado um sistema de microgeração residencial quando ligado à rede, e seus impactos na Distribuidora de Energia, frente às recentes mudanças ocorridas no setor. O estudo auxilia no esclarecimento do cenário atual da Geração Distribuída no Brasil, podendo a amostra selecionada ser comparada a estudos mais amplos. Este é o primeiro esforço para medir o impacto sob diferentes óticas da Geração Distribuída de Energia no País, e como os gestores ligados às Distribuidoras poderão tratar esta nova realidade.

Palavras-chave: Geração Distribuída. Net-Metering. Microgeração. Minigeração.

ABSTRACT

DISTRIBUTED GENERATION AND ITS IMPACTS UNDER THE PERSPECTIVES OF THE CONCESSIONAIRE AND PROSUMER

AUTHOR: JAYME DIEGO SILVA PEIXOTO

ADVISOR: Dr. NATANAEL R. GOMES

The present work aims to show a case study of Distributed Generation and its impacts on an Energy Distributor from Southern Brazil. The theoretical reference approached the Distributed Generation, Distribution of Electric Energy in Brazil and the Electric Energy Compensation System. The methodology used was a single case study, aiming to cover the current situation, in order to provide input to future research. To approach the subject, it will be analyzed a residential microgeneration system when connected to the network, and its impacts on the Energy Distributor, considering the recent changes in the sector. The study helps to clarify the current scenario of Distributed Generation in Brazil, and the selected sample can be compared to broader studies. This is the first effort to measure the impact on the different views on Distributed Generation on the Country, and how the managers connected to the Distributors will handle this new reality..

Keywords: Distributed generation. Net-Metering. Microgeneration. Minigeneration.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Oferta Interna de Energia no Brasil	13
Figura 2: Esquemático de uma GD com fluxo bidirecional	16
Figura 3: Esquemático da estrutura de custos de uma distribuidora	18

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Número de conexões por tipo de fonte	14
Gráfico 2: Número de conexões a rede	15
Gráfico 3: Número de conexões independente da fonte e carga	15
Gráfico 4: Número de conexões de Micro e Minigerações na área de concessão	22
Gráfico 5: Consumo de energia mensal em kWh	25
Gráfico 6: Geração de energia solar fotovoltaica mensal em kWh	26
Gráfico 7: Resultante da diferença entre geração e consumo mensal em kWh	27
Gráfico 8: Payback Simples	29

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Oferta Interna de Energia no Brasil	28
---	----

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
1.1	PROBLEMA DE PESQUISA.....	11
1.2	OBJETIVOS.....	11
1.2.1	Objetivo Geral	11
1.2.2	Objetivos Específicos	11
2	REFERENCIAL TEÓRICO	12
2.1	Geração distribuída	12
2.2	Sistema de Compensação de Energia Elétrica no Brasil.....	16
2.3	Distribuição de Energia Elétrica no Brasil.....	17
3	METODOLOGIA	19
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	20
4.1	Perspectiva do Consumidor e Produtor – “Prosumer”	20
4.2	Comparativo de custos entre os sistemas	21
4.2.1	Impactos na Área Comercial	22
4.2.2	Setor de Engenharia.....	23
4.2.3	Impactos no Setor Logístico e Suprimentos.....	23
4.2.4	Riscos para Segurança no Atendimento	23
4.2.5	Risco de Colapso Financeiro no Médio e Longo Prazo	23
4.2.6	Estudo de eficiência no prosumer.....	24
5	CONCLUSÕES.....	31
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	333

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos nota-se o aumento do número de instalações e da utilização de energias renováveis na matriz energética, especialmente fotovoltaica (PV), em muitas partes do mundo. Isto tem sido estimulado, em parte, por incentivos governamentais. Seja por regulações favoráveis ou redução de impostos (SIOHANSI, 2015). No Brasil não é diferente. O setor elétrico exerce um papel essencial na vida das pessoas de qualquer país. A gestão do setor de energia elétrica segue o modelo de monopólio natural, ou seja, é propriedade do governo regular este setor.

O avanço das fontes renováveis como matriz energética é reflexo dos desejos da sociedade de reduzir a emissão de poluentes e gases causadores do efeito estufa. Esse efeito é causado principalmente pela queima de combustíveis fósseis que gera impactos sociais e ao meio ambiente (ORTEGA-IZQUIERDO; DEL RÍO, 2016). A pressão da sociedade é refletida no governo, que tem como objetivo incentivar a diversificação da matriz energética e reduzir a dependência dos combustíveis fósseis, principalmente o petróleo. Porém, o aumento das fontes renováveis tem impactos na economia e no modo como o setor elétrico gerencia seus ativos. Esse é o caso das distribuidoras de energia que são impactadas de diferentes formas com o avanço da utilização de fontes renováveis em baixa escala distribuídas.

O estudo apresenta uma análise da Geração Distribuída no Brasil, onde é explanada a principal política de incentivo a pequenos geradores de energia que utilizam fontes renováveis conectadas a rede de distribuição. Também é apresentado uma análise sob diferentes perspectivas da Geração Distribuída, sendo a primeira a análise sob a ótica do cliente e pequeno gerador. Posteriormente, é realizada uma análise de um estudo de caso numa distribuidora do sul do Brasil, onde são apresentados todos os impactos que a política e o cenário atual afetaram a empresa.

Assim sendo, o presente trabalho tem como objetivo utilizar apresentar um estudo de caso de Geração Distribuída e seus impactos em uma Distribuidora de Energia do Sul do Brasil. Para tal, a seção 2 apresenta o referencial teórico, abordando a Geração Distribuída, o Sistema de Compensação de Energia Elétrica no Brasil e a Distribuição de Energia Elétrica no Brasil. A seção 3, mostrará a metodologia utilizada, que visa abranger a situação atual, a fim de fornecer subsídios para futuras pesquisas. A situação atual e os impactos na Distribuidora de Energia das recentes mudanças ocorridas no setor e os resultados obtidos serão apresentados na seção 4. A seção 5 apresenta as conclusões e as sugestões de trabalhos futuros.

1.1 PROBLEMA DE PESQUISA

O presente trabalho busca responder a seguinte questão: “Quais os impactos da Geração Distribuída em uma Distribuidora de Energia?”

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Apresentar um estudo de caso de Geração Distribuída e seus impactos em uma Distribuidora de Energia.

1.2.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos do trabalho são os seguintes:

- a) Elaborar um referencial teórico que suporte as teorias acerca da geração distribuída, sistema de compensação de energia elétrica e distribuição de energia elétrica no Brasil;
- b) Analisar a perspectiva dos consumidores e produtores de energia no contexto brasileiro;
- c) Realizar um comparativo de custos entre os sistemas de geração de energia no Brasil;

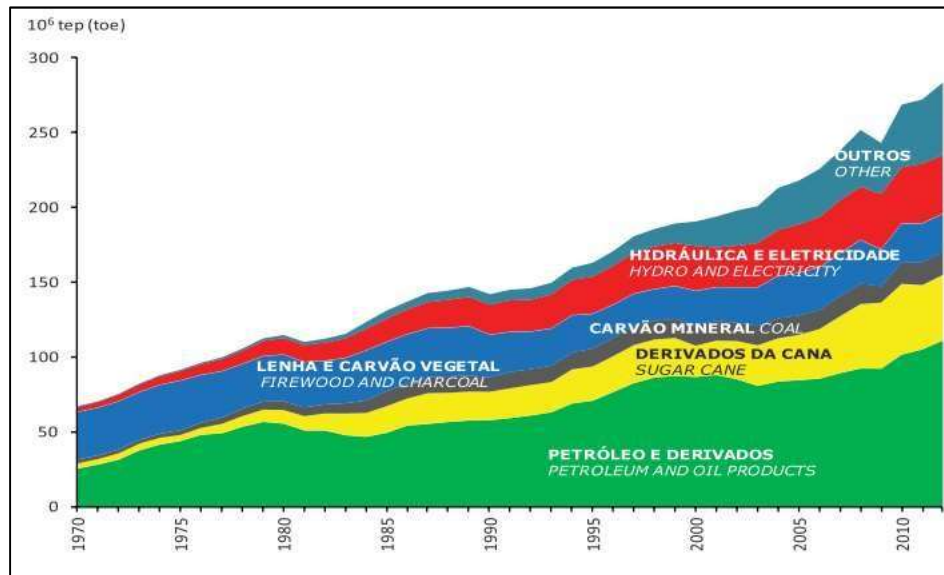
2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Geração distribuída

Tradicionalmente, o setor elétrico funciona sob a lógica de possuir grandes plantas centrais com geração de eletricidade por meio do carvão, petróleo e principalmente recursos hídricos. O Brasil apresenta em sua matriz de geração elétrica a geração hidráulica como responsável por 70,1% da oferta interna (EPE, 2013). O principal objetivo desse formato é minimizar os custos totais para o sistema através do ganho de escala na geração. Já a transmissão e a distribuição dessa energia gerada são realizadas por sistemas de transmissão e distribuição, à qual a tensão (V) é elevada na geração e é reduzida gradativamente até chegar ao cliente final na baixa tensão (WILLIS; SCHRIEBER, 2013). A geração de energia comumente é transmitida em alta tensão (centenas de kV), enquanto o cliente residencial, por exemplo, recebe essa energia entre 100V e 220V aproximadamente. O sentido do fluxo de potência é unidirecional, indo da geração (alta tensão – kV) e chegando ao consumidor em baixa tensão (MCDONALD et al., 2013).

Contudo, nas décadas recentes a lógica que domina o sistema por quase um século começou a se alterar. No mundo tem havido um aumento significativo do número de pequenas geradoras de energia, o que traz mudanças nas maneiras como as distribuidoras e transmissoras de eletricidade lidam com a operação do sistema elétrico. Por exemplo, o crescimento de pequenos geradores solares instalados na baixa tensão da Áustria e do Japão representam 95% e 80% respectivamente do total instalado destes países (GOOP; ODENBERGER; JOHNSON, 2016). Esse cenário é percebido em diversos países e mostra a possibilidade de inversão do fluxo de potência, o que ameaça alterar a lógica dominante do sistema elétrico. A Figura 1 ilustra o crescimento de outras fontes de energia ao longo dos anos no que tange a oferta interna de energia.

Figura 1- Oferta Interna de Energia no Brasil



Fonte: EPE (2013)

A perspectiva de aumento crescente na demanda por energia e a maior preocupação com a emissão de gases de efeito estufa na atmosfera são fatores propulsores para o aumento desse tipo de geração, chamados de Geração Distribuída (RUIZ-ROMERO et al., 2013).

A Geração Distribuída (GD) com utilização de fontes renováveis contribui para atender o aumento de demanda por energia elétrica. A GD possui tecnologias que não emitem poluentes na atmosfera, diferentemente das tecnologias concorrentes e também aumentam a segurança no suprimento de energia (GOOP; ODENBERGER; JOHNSON, 2016). O aumento da segurança no fornecimento de energia é dado pela redução dos riscos. Isto ocorre por meio do aumento na composição das fontes de energia.

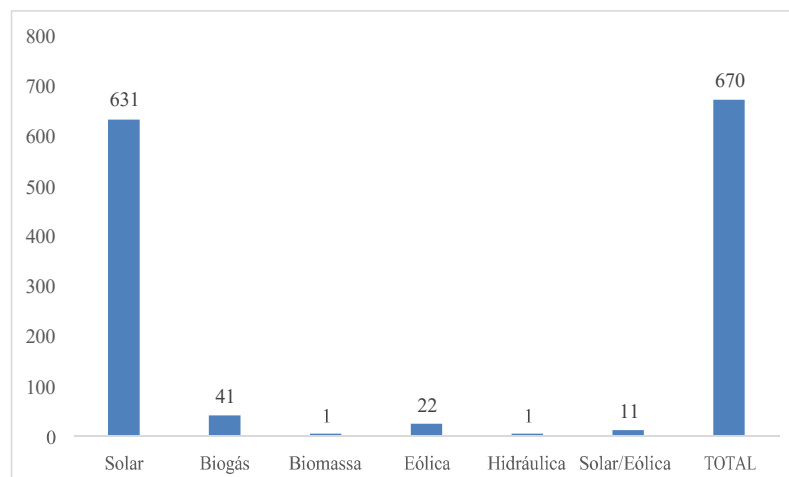
Já no Brasil, o responsável pela GD é a ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica), que é o órgão governamental brasileiro responsável pela regulação do setor de Energia Elétrica. A ANEEL é responsável por estabelecer as políticas para o setor de energia elétrica ditadas pelo Governo Federal (SILVA; SILVA, 2015).

A ANEEL definiu por meio da Resolução Normativa nº 687, que alterou a Resolução Normativa nº 482, o que é Microgeração distribuída, Minigeração Distribuída e Sistema de Compensação de Energia da seguinte de acordo com a ANEEL (2015):

- Microgeração Distribuída: Central geradora de Energia Elétrica com potência instalada de até 75 kW e que utilize cogeração qualificada (conforme normas regulamentadas) ou fontes renováveis conectadas a rede de distribuição através de unidades consumidoras.
- Minigeração Distribuída: Central geradora de Energia elétrica com potência instalada superior a 75 kW e menor ou igual a 3 MW para fontes hídricas. Para demais fontes renováveis e cogeração qualificada é necessária potência instalada maior que 75 kW e menor ou igual a 5 MW.

Conforme dados disponíveis pelo site da ANEEL em abril de 2015 e visualizados no Gráfico 1, o Brasil possuía até o período citado, um total de 670 conexões a rede, sendo a maior parte representada por painéis fotovoltaicos (SILVA; SILVA, 2015).

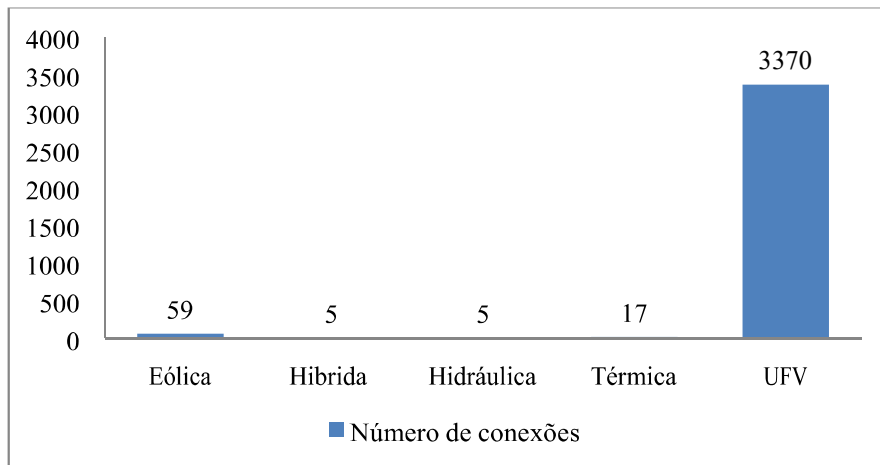
Gráfico 1 - Número de conexões por tipo de fonte



Fonte: Traduzido de SILVA; SILVA (2015)

No entanto, os dados atuais mostram um aumento significativo do número de conexões de geração distribuída à rede de energia, dados de junho de 2016, conforme verificado no Gráfico 2.

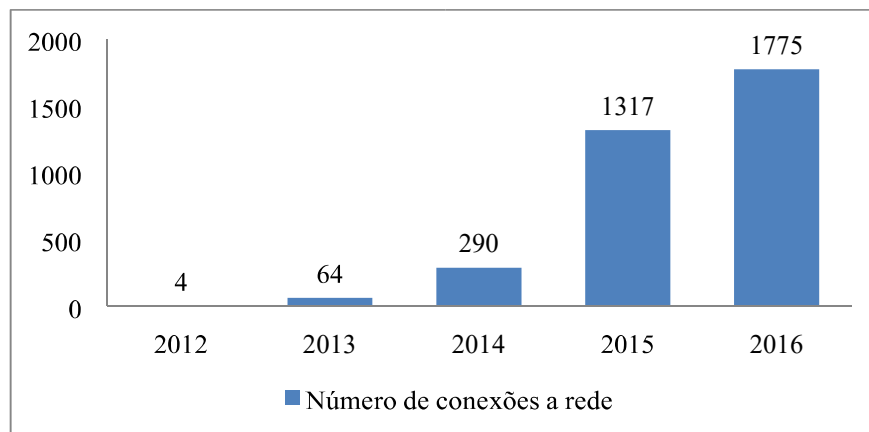
Gráfico 2 - Número de conexões a rede



Fonte: ANEEL(2016)

Somente as Unidades Fotovoltaicas (UFV) representam um aumento de mais de cinco vezes o número de conexões na rede. O Gráfico 3 apresenta o número de unidades cadastradas pelo órgão regulador até junho de 2016 por ano de conexão.

Gráfico 3 - Número de conexões independente da fonte e carga



Fonte: ANEEL (2016)

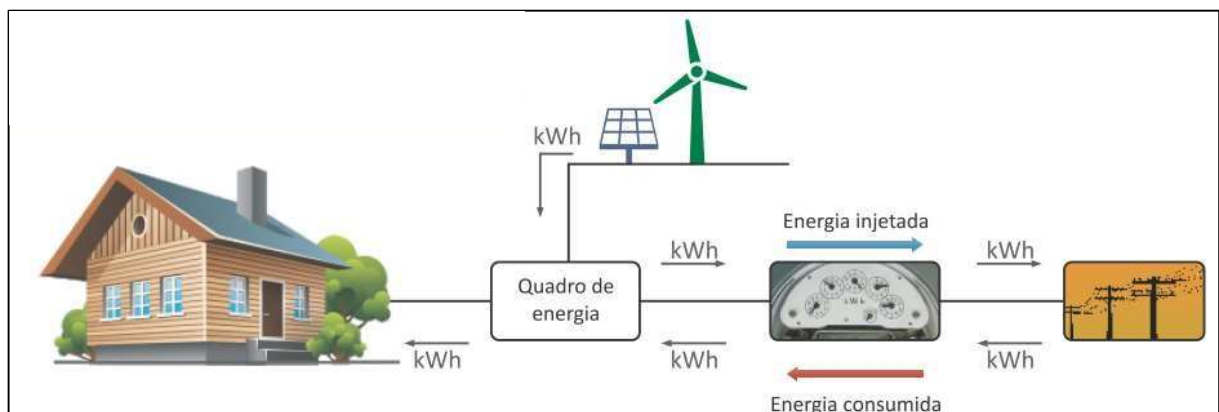
Esses dados revelam o aumento exponencial do número de conexões de GDs nos últimos anos e a tendência de continuação do crescimento.

2.2 Sistema de Compensação de Energia Elétrica no Brasil

O Sistema de Compensação de Energia Elétrica (Net-Metering) é definido como o sistema ao qual a energia ativa injetada na rede por uma unidade consumidora com microgeração ou minigeração distribuída é cedida por meio de empréstimo gratuito para distribuidora local, e posteriormente compensada pelo consumo de energia ativa (DUFO-LÓPEZ; BERNAL-AGUSTÍN, 2015). No Brasil, a resolução nº 482 previa um crédito com o prazo máximo de 36 meses para a compensação, porém a nova resolução alterou essa janela de tempo para 60 meses.

O Net-metering faz o papel de um armazenador de energia. Porém, essa energia é armazenada na forma de créditos e não no seu estado físico-químico como uma bateria. Esses créditos gerados pela injeção de energia ativa na rede possuem uma janela para consumo e podem ser abatidos em outra unidade consumidora com o mesmo Cadastro de Pessoa Física ou Jurídica (SILVA; SILVA, 2015). Para que a unidade consumidora possa aderir ao sistema, ela precisa atender a todos os padrões técnicos estabelecidos pelo órgão regulador e a concessionária de energia. Para exemplificar como funciona, a Figura 2 ilustra o sentido bidirecional de fluxo de energia.

Figura 2 - Esquemático de uma GD com fluxo bidirecional



Fonte: ANEEL (2016)

As fontes mais comuns a participarem desse Sistema de Compensação no Brasil são: solar, eólica, térmica a biogás/biomassa/solar, hídricas; e híbridas, que possuem mais que uma fonte (SILVA; SILVA, 2015).

2.3 Distribuição de Energia Elétrica no Brasil

O sistema de distribuição de energia, a qual é o foco do trabalho, é a parte do setor de relacionamento direto com os clientes. Além disso, é o setor responsável por recolher via tarifa todo o montante destinado à geração e transmissão. A distribuição é a parte do sistema que se confunde com a topografia das cidades, ramificado ao longo de ruas e avenidas para conectar fisicamente o cliente à fonte de carga (ABRADEE, 2016). Por ser um monopólio natural, as distribuidoras de energia têm como característica um alto custo fixo, forte economia de escala e o dever de prover um bom serviço ao público sem poder negar tal acesso (KOLIOU et al., 2015).

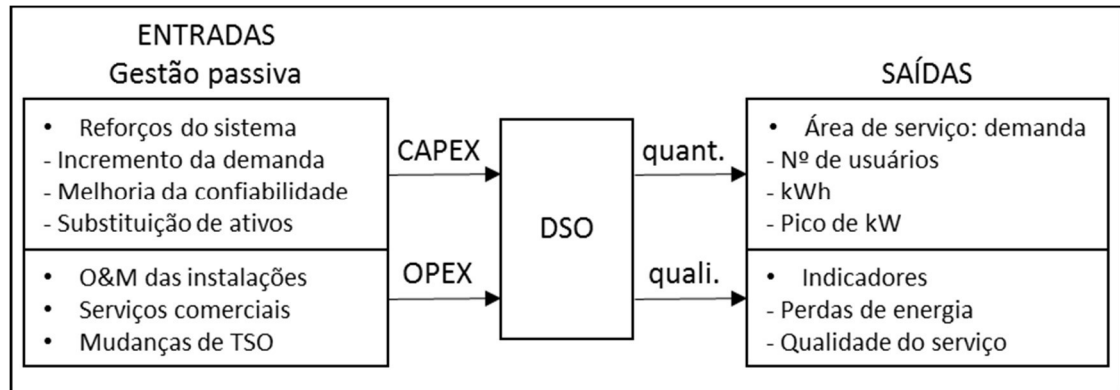
Contudo, o negócio de distribuição vem mudando seu perfil e exigências nos últimos anos. O consumidor tem se tornado mais exigente em termos de qualidade e continuidade de fornecimento. Além disso, muitos consumidores são sensíveis a interrupções de energia como hospitais, indústrias, centros de comunicação e comércios. Interrupções no fornecimento causam sérios impactos econômicos como perda de produção, custos de setup, danos em equipamentos, perda de materiais em processo e custos financeiros associados (LINARES; REY, 2013). Portanto, a confiabilidade do sistema é fundamental para sociedade e para o desenvolvimento do país.

Para atender as expectativas dos clientes e órgão regulador, as distribuidoras precisam incorrer em grande volume de recursos financeiros. Empresas do setor elétrico são conhecidas por serem capitais intensivas, porém a receita é limitada pela tarifa e o ganho da distribuidora é fortemente atrelado à eficiência nos custos.

A estrutura de custos das distribuidoras de energia é composta por dois componentes: OPEX (Operational Expenditures) e CAPEX (Capital Expenditures), que simplificarmente representam as despesas de operação e manutenção da rede e dos serviços comerciais; e os investimentos relacionados à capacidade de distribuição (FRÍAS; GÓMEZ; RIVIER, 2007).

A maior parte dos custos está associada a investimentos em capacidade (CAPEX) e não possuem relação direta com o consumo em kWh dos consumidores (EID et al., 2014).

Figura 3 - Esquemático da estrutura de custos de uma distribuidora



Fonte: Traduzido de FRÍAS; GÓMEZ; RIVIER (2007)

Apesar de a maior parte dos custos não ter relação direta com o consumo de energia, a receita da distribuidora tem essa relação. A receita da distribuidora vem da tarifa de energia que é determinada pelo órgão regulador. Ela é definida por meio de uma estimativa de mercado. Porém, quando o mercado não consome o esperado, a receita da distribuidora é menor. Ou seja, se o número de consumidores que produzem energia aumentarem significativamente, pode existir um descompasso entre as receitas e os custos da distribuidora, podendo levá-la ao colapso financeiro.

A próxima seção do trabalho aborda a metodologia utilizada na pesquisa.

3 METODOLOGIA

Para o presente trabalho foi realizada uma pesquisa exploratória e descritiva, visando facilitar o entendimento do assunto abordado por meio de descrição das características que envolvem o caso estudado. As razões para a escolha do método de estudo de caso único é o fato do caso ser revelador e longitudinal, seguindo a lógica dos cinco principais razões dadas por Yin (2015) para estudos de casos individuais (os outros três sendo crítico, peculiar e comum). O presente estudo de caso é revelador por ter a oportunidade de observar e analisar os impactos em profundidade, sendo esta uma situação real de um sistema. E é longitudinal porque apresenta diversos casos similares ao estudado neste trabalho. O estudo de caso único pode ser útil para uma investigação longitudinal rica, capaz de fornecer os detalhes de como realmente os processos acontecem nas empresas (SIGGELKOW, 2007).

Para a realização deste estudo de caso, foram coletados dados tanto na distribuidora, quanto em um cliente residencial. Os dados coletados no cliente foram referentes há um ano de consumo e comparados à projeção de um sistema de microgeração por meio de uma UFV. Com este comparativo foi possível verificar o resultado da injeção de energia na rede, a geração de crédito e o consumo dos mesmos. Assim, possibilita-se a verificação das perspectivas do consumidor, assumindo também a posição de produtor de energia simultaneamente, além dos impactos desta produção na distribuidora de energia.

A etapa de análise de dados consistiu em examinar e classificar os relatórios, gerando gráficos que representem a realidade do estudo. Assim como a análise dos documentos dos órgãos reguladores relacionados à pesquisa. Desta forma foi possível efetuar a apresentação dos resultados obtidos com a pesquisa e as conclusões acerca do tema.

Na próxima seção serão apresentados os resultados e discussão referentes à pesquisa, abordando as diferentes óticas no que tange à GD.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Perspectiva do Consumidor e Produtor – “Prosumer”

A utilização de fontes renováveis de energia próximas aos centros de carga gera benefícios para o sistema elétrico como: redução do risco de fornecimento pela diversificação das fontes; redução das perdas devido às longas distâncias entre a geração e os grandes centros de consumo; além do apelo ambiental e sustentável que essas fontes possuem.

A maior parte da geração distribuída é composta de micro e minigeradores, sendo painéis fotovoltaicos e torres eólicas os dois principais. Os consumidores que também possuem uma geração são chamados de “prosumers”, um termo em inglês que vem da junção de “Producer” e “Consumer”. Ao analisar do ponto de vista da unidade consumidora que investe nessa alternativa, é possível elencar os principais fatores que impulsionaram esse tipo de geração no Brasil. Dentre estes fatores estão: o sistema de compensação de energia; apelo ambiental e sustentável; preço da energia; custo de investimento; e, impostos incididos na energia elétrica.

O Sistema de Compensação de Energia, explanado anteriormente na revisão teórica, permite que o consumidor adquira créditos e contribui para a viabilidade do investimento.

Quanto ao apelo ambiental e sustentável, de acordo com pesquisa apresentada no referencial, 45% da amostra aponta como principal motivador para investir numa geração distribuída a contribuição ao desenvolvimento sustentável (SILVA; SILVA, 2015). Segundo os autores, 98% dos prosumers estão satisfeitos com os sistemas de geração de energia e que 62% atingiram ou excederam as expectativas

Referente ao preço da energia, nos últimos anos o Brasil foi impactado fortemente pela quantidade abaixo da média de chuvas que abasteciam seus reservatórios. Para poupar os reservatórios para o período de secas (abril até outubro) o Brasil despachou uma maior parcela de energia proveniente das usinas térmicas com fontes derivadas do petróleo. Devido a essa diferença nos custos de geração, além de outros fatores políticos, o preço da energia para o consumidor final cresceu nesse período. O preço da energia provavelmente foi um grande fator que alavancou o crescimento da micro e minigeração de energia. Como qualquer cálculo de investimento, o investidor considera o fluxo de caixa gerado pelo investimento no futuro e o valor a ser investido, além de fatores como custo de capital, risco e assim por diante. Devido a esse aumento, a energia produzida pela geração distribuída possui um custo evitado maior e o

Sistema de Compensação de Energia garante que haja tempo suficiente para o consumo desse crédito.

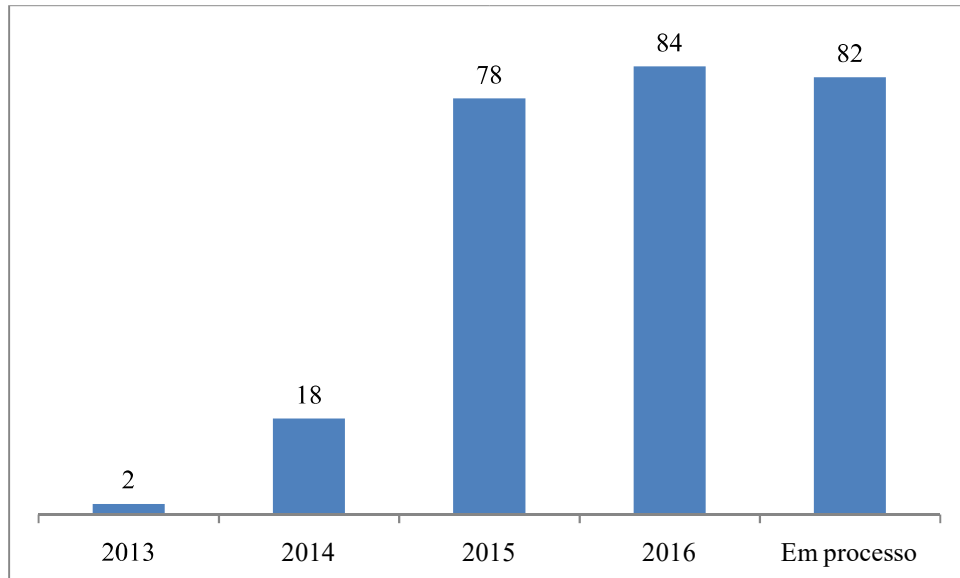
No que tange ao custo de investimento, a adesão da micro e minigeração de energia tende a cair, na medida que o número de pessoas que buscam essa alternativa cresce. A curva de custos e aprendizado, ganho em escala de importação de tecnologia, bem como o incentivo governamental favorecem a redução desse custo. Conseqüentemente, o valor investido tende a cair e viabilizar o investimento.

Sobre os impostos incididos na energia elétrica, o principal imposto para o consumidor final é o Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS) que é de responsabilidade do estado da federação. Para avaliar esse imposto é necessário avaliar estado por estado. Para fim desse estudo, o estado considerado no estudo de caso foi o Rio Grande do Sul – RS. Pela lei dos impostos, o ICMS deveria incidir sobre a quantidade de energia injetada e a quantidade de energia recebida, independentemente do valor líquido. Porém, o Governo Estadual reviu esse imposto e considerou que o ICMS deveria ser incidido apenas no valor líquido, ou seja, a diferença entre o injetado e o recebido da rede pelo “prosumer”. Como o ICMS é um imposto relativamente elevado (30% no RS), esse fator é crucial para a melhoria dos cálculos de viabilidade dos projetos de micro e minigeração.

4.2 Comparativo de custos entre os sistemas

Na região de concessão da distribuidora a tendência de crescimento exponencial no número de micro e minigeradores tem acompanhado o restante do país. O Gráfico 4 apresenta essa tendência.

Gráfico 4 - Número de conexões de Micro e Minigerações na área de concessão



Fonte: elaborado pelo autor

Como verificado no Gráfico 4, anteriormente apresentada, o número de conexões aumentou de 2 em 2013 para 84 encerradas e mais 82 em andamento até julho de 2016. Esse crescimento exponencial não foi previsto pela empresa que teve que se adequar à nova realidade. Para elucidar todo o impacto das alterações regulatórias (Sistema de Compensação de Energia) e o aumento do número de adeptos, será explanado por tópicos o impacto na distribuidora.

4.2.1 Impactos na Área Comercial

A área comercial, responsável pelo faturamento, trabalha com um sistema robusto para atender os mais de 1 milhão de clientes. Contudo, o sistema não estava preparado para esse formato de cliente (consumidor e produtor). Como o número de clientes era pequeno e a política estava em constante revisão, uma adequação no sistema não era viável. Atualmente, existem somente duas pessoas focadas em atender o faturamento e os processos comerciais referentes a esses clientes, pois o número de clientes cresceu consideravelmente e o controle e faturamento desses clientes é relativamente complexo. Todo o cálculo precisa ser realizado externamente ao sistema, o que implica em riscos de erro no faturamento e possibilidade de multas para empresa.

4.2.2 Setor de Engenharia

Foi necessária a criação de todo o padrão de instalação e proteção da rede, homologação dos materiais utilizados, como os medidores bidirecionais importados. Para isso, um engenheiro foi deslocado para essa função e ficou responsável por toda parte técnica, controle e vistoria dos projetos. Toda essa demanda não estava planejada, visto que a distribuidora não esperava um aumento tão significativo no número de adeptos.

4.2.3 Impactos no Setor Logístico e Suprimentos

O medidor bidirecional foi homologado, mas apenas um fornecedor possuía o medidor, que tem um lead time de entrega de aproximadamente 60 dias. Esse fator impactou em atrasos no atendimento da distribuidora, pois a mesma não tinha estoques suficientes para o atendimento de toda a demanda. Esses atrasos geraram multas, pois o tempo de atendimento é padronizado pela ANEEL e deve ser cumprido por todas as distribuidoras de energia do país.

4.2.4 Riscos para Segurança no Atendimento

Apesar de na instalação existir equipamentos e procedimentos que garantam a segurança, a implementação de um fluxo bidirecional de energia aumenta os riscos para o eletricitista. No atendimento ao cliente, é necessário aterrar a rede, porém com esse cenário existe também geração oriunda do cliente. Isso acarreta em riscos de choque elétrico para o colaborador e são necessários procedimentos mais rigorosos que garantam a saúde e segurança dos colaboradores na empresa distribuidora.

4.2.5 Risco de Colapso Financeiro no Médio e Longo Prazo

Praticamente toda a receita da distribuidora é originada das tarifas de energia, as quais são atreladas ao consumo de energia. Porém, conforme explanado anteriormente, os custos da distribuidora são na sua maioria CAPEX, alinhados ao aumento de capacidade para atendimento ao pico de carga. Isso gera um problema, pois a energia fotovoltaica tem seu pico de capacidade próxima ao meio dia. Já o pico de consumo de energia se dá entre 18h e 22h, justamente quando a radiação solar é muito baixa ou não existe. Ou seja, para a distribuidora os custos praticamente não mudam, porém, a receita cai substancialmente devido ao Sistema de Compensação de Energia e a redução do consumo líquido por parte do consumidor. No

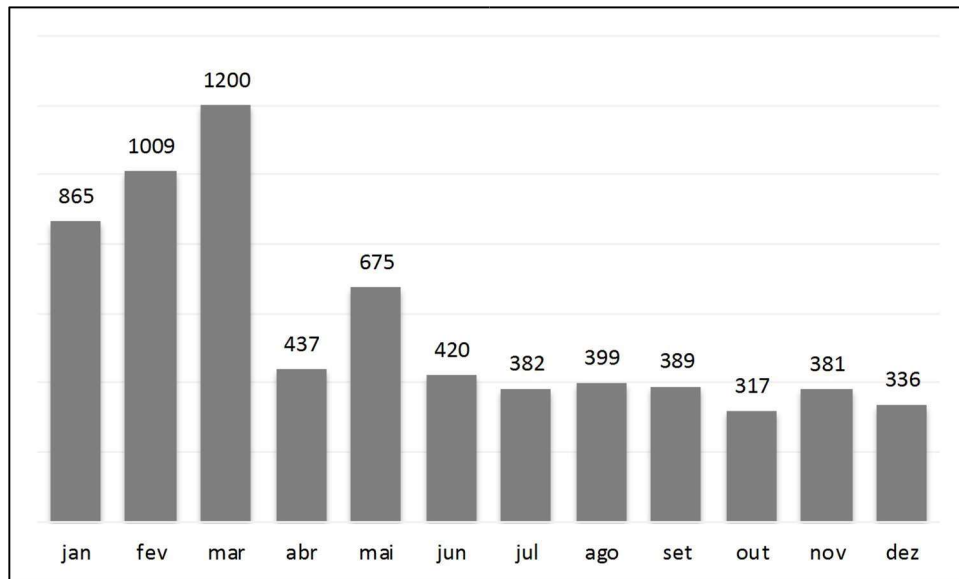
longo prazo, se o número de “prosumers” continuar aumentando, será necessária uma adequação nas tarifas de energia para garantir a sustentabilidade do modelo de distribuição. Isso implica que outras pessoas precisarão subsidiar os clientes que possuem uma mini ou microgeração.

Diversos países criam de programas de incentivo à GD com o objetivo de alcançar a independência energética, o domínio tecnológico e a redução das emissões de gases do efeito estufa. De acordo com o Global Status Report em Energia Renovável da Renewable Energy Policy Network for the 21st Century - REN21 (2014), a Alemanha e Itália são os maiores investimentos na indústria fotovoltaica nos últimos três anos. Outros expoentes são: Japão, Estados Unidos e China. Estes, são países com grande parte da matriz energética baseada em combustíveis não renováveis (MARTINS, 2015). Preocupações ambientais e o fomento à indústria fotovoltaica são os principais motivadores para a criação de programas de incentivos. Contudo, no Brasil, estes mesmos argumentos perdem validade, pois, a matriz energética do país tem base predominantemente hidráulica (RODRIGUEZ, 2002). No entanto, analisando do ponto de vista da tecnologia e da robustez da matriz energética, existem diversas oportunidades a serem exploradas.

4.2.6 Estudo de eficiência no prosumer

A quantidade de energia consumida pelo usuário é fator crucial no cálculo de eficiência do sistema de geração. Para a realização desta análise foram coletados dados em um caso residencial, consumidor do grupo B (baixa tensão) com pico de consumo sazonal. Os dados de consumo estão representados no Gráfico 5, consumo de energia anual.

Gráfico 5 – Consumo de energia mensal em kWh

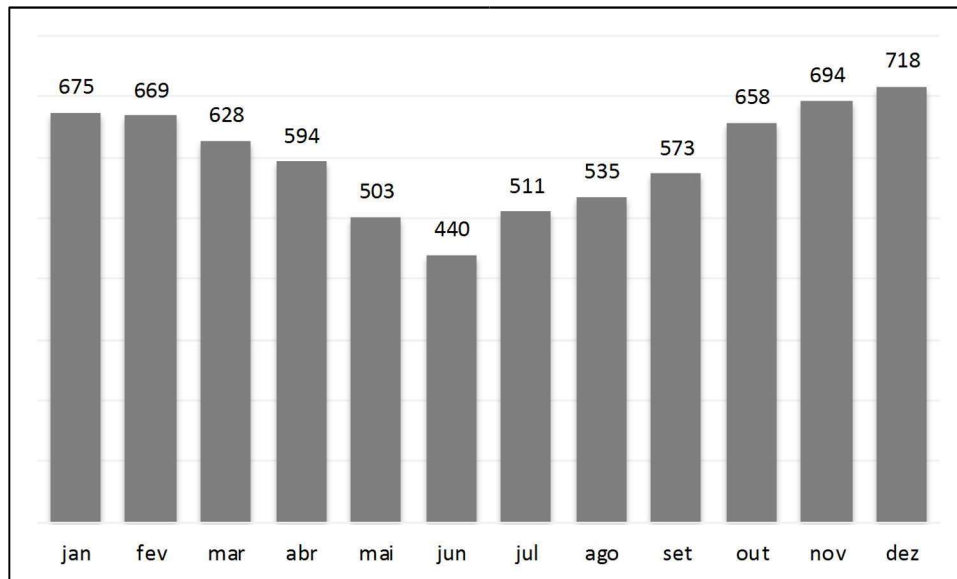


Fonte: elaborado pelo autor

Os consumos mensais representados no Gráfico 5 resultam em um consumo médio de 567,5 kWh. Este consumo médio serviu de base para o cálculo de eficiência. Para o cálculo, foi utilizado como base o valor de 600 kWh. O objetivo da elevação do valor de base para o cálculo tem o intuito de obter um resultante positivo. Este resultante está diretamente ligado a possível obtenção de crédito junto à distribuído pela geração excedente de energia. Com base nestas informações, foram realizados os cálculos com base na geração de 7.200 kWh/ano.

O sistema de geração de energia definido para o cálculo foi uma UFV. Neste sistema, tomando como base a disponibilidade de radiação solar da região de Porto Alegre, no estado do Rio Grande do Sul, obteve-se os valores apresentados no Gráfico 6, que representam a geração de energia mensal do sistema gerador de energia solar fotovoltaica.

Gráfico 6 – Geração de energia solar fotovoltaica mensal em kWh

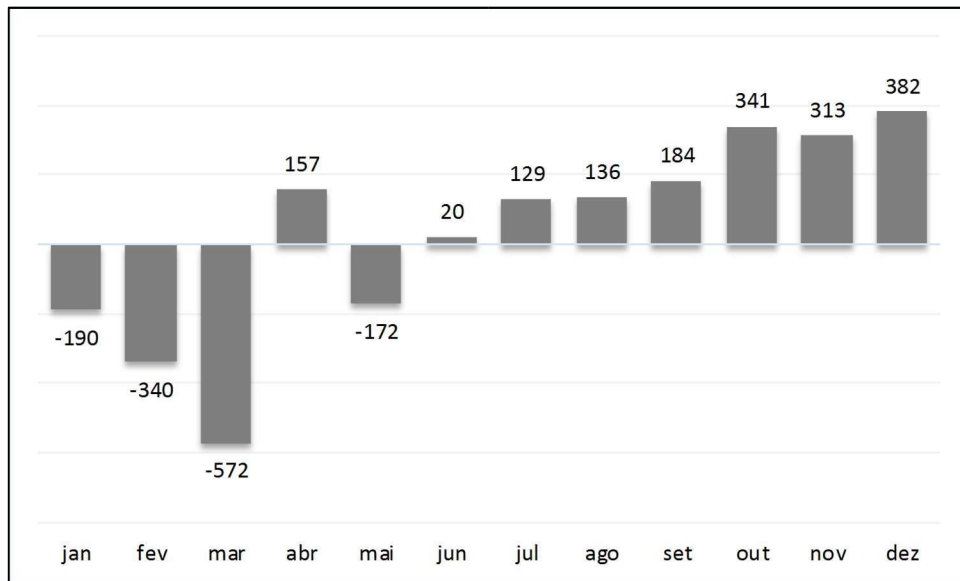


Fonte: elaborado pelo autor

Para a obtenção dos resultados apresentados acima, são necessárias 20 placas fotovoltaicas de 260 W. Que ocupará uma área equivalente a aproximadamente 42 m². Para isso, é necessário um investimento que pode variar entre R\$ 29.288,00, podendo chegar a R\$ 37.133,00. Este investimento engloba a instalação como um todo, incluindo todos equipamentos necessários ao funcionamento do sistema.

Como resultado da geração de energia, comparada ao consumo, o Gráfico 7 apresenta a diferença entre os resultados.

Gráfico 7 – Resultante da diferença entre geração e consumo mensal em kWh



Fonte: elaborado pelo autor

Esta diferença está ligada a geração e consumo de créditos de energia. No mês onde a resultante é negativa, o consumo foi maior que a geração, conseqüentemente, não gerando crédito. No mês que a geração é maior que o consumo, é gerado um crédito em kWh relativo à diferença entre o injetado e o consumido. O Quadro 1 apresenta os dados referentes ao período e o crédito resultante no ano.

Quadro 1 – Consumo e geração no ano em kWh

Mês	Consumo (kWh)	Injetado (kWh)	Diferença (kWh)
jan	865	675	-190
fev	1009	669	-340
mar	1200	628	-572
abr	437	594	157
mai	675	503	-172
jun	420	440	20
jul	382	511	129
ago	399	535	136
set	389	573	184
out	317	658	341
nov	381	694	313
dez	336	718	382
Crédito resultante no ano (kWh)			388
Total injetado no ano (kWh)			7198

Fonte: elaborado pelo autor

No caso estudado, o crédito resultante no ano foi equivalente a 388 kWh, que poderão ser consumidos no ano posterior. Contudo, a economia está ligada a todo crédito injetado, que é equivalente à 7.198 kWh. Segundo Biezma e San Cristobal (2006) o payback simples (PBS) e o Valor Presente Líquido (VPL) estão entre os critérios mais utilizados para avaliar investimentos em eficiência energética, sendo estes, os critérios selecionados para a análise econômica do caso. Utilizando como base o valor de R\$ 0,47 (sem ICMS), chegaria a um valor de aproximadamente R\$ 3.383,00 ao ano. Considerando o ICMS do Rio Grande do Sul que é de 30% atualmente, a economia poderia atingir o montante de aproximadamente R\$ 4.398,00 ao ano. Este montante, considerando que o investimento para a instalação da UFV foi o valor médio de mercado de aproximadamente R\$ 33.210,50, pode ser analisado por meio do seguinte cálculo, onde:

$I = \text{investimento inicial} = \text{R\$ } 33.210,50$

$A = \text{lucro ou valor economizado} = \text{R\$ } 4.398,00 \text{ ao ano}$

$\text{PBS} = \textit{payback}$ simples

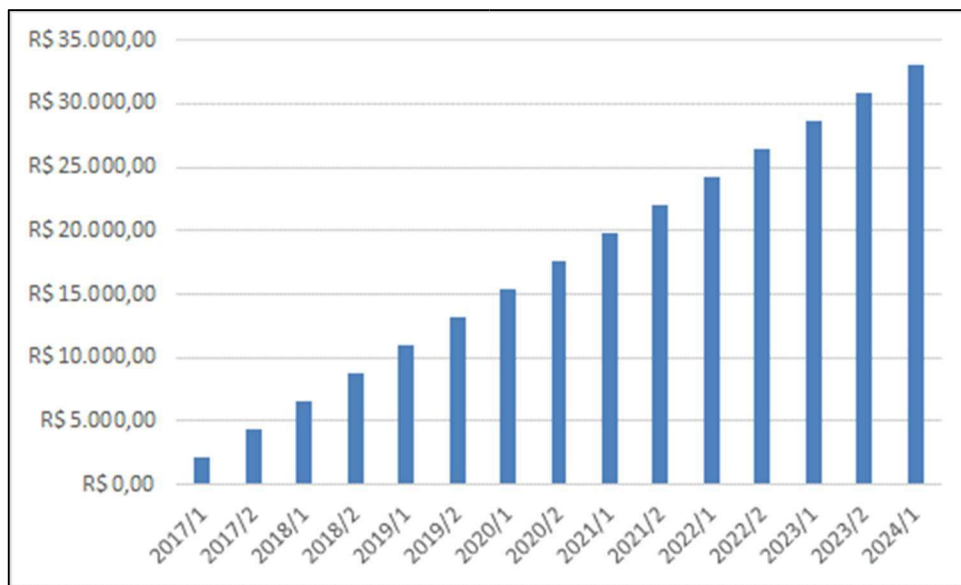
$\text{PBS} = I / A$

$\text{PBS} = \text{R\$ } 33.210,50 / \text{R\$ } 4.398,00$

PBS = 7,55 anos

O resultado do payback simples será de aproximadamente de 7 anos e 6 meses. O Gráfico 8 apresenta o retorno obtido semestralmente ao longo dos anos, até a totalização do montante investido. Tendo em vista que tal instalação tem vida útil média 25 anos, pode-se verificar que a longo prazo, o investimento torna-se atraente para o investidor.

Gráfico 8 – *Payback* Simples



Fonte: elaborado pelo autor

Analisando o Gráfico 8 pode-se verificar que somente após terminado o primeiro semestre de 2024 seria atingido o retorno sobre o investimento. Isso caso a injeção de créditos começasse no início do ano de 2017.

Realizando a análise pelo método do Valor Presente Líquido (VPL) (BIEZMA; SAN CRISTOBAL, 2006) conforme equação a seguir:

$$VPL = -I + A \times \left(\frac{((1+i)^n - 1)}{i * (1+i)^n} \right) \quad (1)$$

Onde:

I = investimento inicial;

A = lucro ou valor economizado ao ano;

i = taxa de desconto n = vida útil do
equipamento

Obteve-se, considerando, $I = R\$ 33.210,50$, $A = R\$ 4.398,00$ ao ano, $i = 12\%$ (projeção aproximada da taxa SELIC para o ano) e $n = 25$ anos, um VPL de R\$ 1.283,01. Este valor aponta para um investimento economicamente viável, indo ao encontro do resultado obtido no *payback* simples. Destarte, mesmo considerando números cautelosos, o investimento mostra-se atraente e com resultados positivos no longo prazo.

Na próxima seção serão apresentadas as conclusões do trabalho.

5 CONCLUSÕES

O presente trabalho trata de um assunto relevante na atualidade: Geração Distribuída e fontes renováveis de energia. É praticamente unânime entre os especialistas em meio ambiente, que a redução da dependência e utilização dos combustíveis fósseis é uma pauta prioritária.

Contudo, o assunto pode ser analisado sob diferentes aspectos: os incentivos regulatórios; a viabilidade financeira para o cliente e futuro gerador; os impactos financeiros no caixa das distribuidoras, que conseqüentemente afetam o serviço prestado; e o resultado em termos de benefícios para o meio ambiente.

Em uma visão acadêmica, o presente caso amplia a visão frente aos impactos da Geração Distribuída de energia. Aplicando o método apresentado nesse trabalho, com maior abrangência, pode-se verificar a necessidade de continuar as pesquisas e assim, comparar os resultados de forma mais ampla. Após uma aprofundada pesquisa referente a impactos nas Distribuidoras de Energia, pode-se perceber faltam investigações acerca do tema.

A contribuição gerencial desse trabalho é evidenciar claramente quais pontos os gestores necessitam acompanhar para evitar prejuízos para a empresa e quais ações necessitam ser tomadas previamente ao crescimento da Geração Distribuída de energia elétrica. Esse resultado, possibilita ao gestor uma clara visão do ponto para onde seus esforços precisam ser direcionados. Evitando, em alguns casos, grandes desperdícios ou investimentos desnecessários na ampliação da capacidade de produção.

Quanto à abordagem do prosumer, identificou-se que, do ponto de vista do ROI, a microgeração por UFV se apresenta como uma solução de retorno lento se mostrando não atrativa. No entanto, Silva e Silva (2015) demonstraram a importância do fator ambiental e sustentável, que pode ser um fator decisivo na tomada de decisão. A pesquisa demonstrou que 98% dos prosumers estão satisfeitos com os sistemas de geração de energia e que 62% atingiram ou excederam as expectativas. Fatores como estes podem motivar a aderência à geração distribuída de energia elétrica. No entanto, as distribuidoras podem se beneficiar destas fontes alternativas para entrega em locais de difícil acessos com mais confiabilidade e menos riscos ao consumidor, assumindo esta nova realidade como algo que merece atenção e dificilmente será revertida.

O estudo apresentado abre caminho para comparações com outros casos de estudos existentes em outros países. Aplicações em diferentes empresas, ou um estudo de caso

múltiplo, a fim de comparar os resultados e validar o estudo para uma aplicação mais ampla, são outras alternativas a serem exploradas. Estas sugestões poderão ser empreendidas em trabalhos futuros.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRADEE. A Distribuição de Energia. Disponível em: <[http://www.abradee.com.br/ setor-de-distribuicao/a-distribuicao-de-energia](http://www.abradee.com.br/setor-de-distribuicao/a-distribuicao-de-energia)>. Acesso em: 21 jul. 2016.
- ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica. Resolução Normativa N° 687/2015. Brasília, 2015.
- ANEEL - AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. Micro e minigeração distribuída: sistema de compensação de energia elétrica / Agência Nacional de Energia Elétrica. 2. ed – Brasília, 2016.
- BIEZMA, M. V.; SAN CRISTOBAL, J. R. Investment criteria for the selection of cogeneration plants—a state of the art review. *Applied Thermal Engineering*, v. 26, n. 5, p. 583-588, 2006.
- DUFO-LÓPEZ, R.; BERNAL-AGUSTÍN, J. L. A comparative assessment of net metering and net billing policies. Study cases for Spain. *Energy*, 84, 684–694. doi:10.1016/j.energy.2015.03.031 policie. *Energy*, v. 84, p. 684–694, 2015.
- EID, C. et al. The economic effect of electricity net-metering with solar PV: Consequences for network cost recovery, cross subsidies and policy objectives. *Energy Policy*, v. 75, p. 244–254, 2014.
- EPE. Balanço Energético Nacional 2013: Ano Base 2012. 2013.
- FRÍAS, P.; GÓMEZ, T.; RIVIER, J. Regulation of distribution system operators with high penetration of distributed generation. *IEEE Lausanne POWERTECH, Proceedings*, p. 579–584, 2007.
- GOOP, J.; ODENBERGER, M.; JOHNSON, F. Distributed solar and wind power - Impact on distribution losses. *Energy*, v. 112, p. 273–284, 2016.
- KOLIOU, E. et al. Quantifying distribution-system operators’ economic incentives to promote residential demand response. *Utilities Policy*, v. 35, p. 28– 40, 2015.
- LINARES, P.; REY, L. The costs of electricity interruptions in Spain: are we sending the right signals? *Energy Policy*, v. 61, 2013.
- MARTINS, Vanderlei Affonso. Análise do Potencial de Políticas Públicas na Viabilidade de Geração Distribuída no Brasil. Diss. Universidade Federal do Rio de Janeiro, RJ, 2015.
- MCDONALD, John D. et al. Distribution systems, substations, and integration of distributed generation. In: *Electrical Transmission Systems and Smart Grids*. Springer New York, 2013. p. 7-68.
- ORTEGA-IZQUIERDO, Margarita; DEL RÍO, Pablo. Benefits and costs of renewable electricity in Europe. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 61, p. 372-383, 2016.
- RODRÍGUEZ, Carlos Roberto Cervantes. Mecanismos regulatórios, tarifários e econômicos na geração distribuída: o caso dos sistemas fotovoltaicos conectados à rede. Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2002.

SILVA, Hugo; SILVA, Vitória. Brazilian regulation on distributed generation. Electrical, Electronics Engineering, Information and Communication Technologies (CHILECON), 2015 CHILEAN Conference on. p. 635-639. IEEE, 2015.

SIOSHANSI, Ramteen. Retail electricity tariff and mechanism design to incentivize distributed renewable generation. Energy Policy, v. 95, p. 498-508, 2016.

WILLIS, H. L.; SCHRIEBER, R. R. Aging Power Delivery Infrastructures, Second Edition. [s.l.] CRC Press, 2013.

YIN, R. K. Estudo de Caso: Planejamento e Métodos. Porto Alegre: Bookman Editora, 2015.