

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE ENGENHARIA ELÉTRICA
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

ARTUR DE CASTRO CARDOSO

**UMA ANÁLISE DO PROCESSO DE
COMERCIALIZAÇÃO DE ENERGIA SOLAR
FOTOVOLTAICA PROVENIENTE DE MICRO E
MINIGERAÇÃO DISTRIBUÍDA**

UBERLÂNDIA

2023

ARTUR DE CASTRO CARDOSO

**UMA ANÁLISE DO PROCESSO DE
COMERCIALIZAÇÃO DE ENERGIA SOLAR
FOTOVOLTAICA PROVENIENTE DE MICRO E
MINIGERAÇÃO DISTRIBUÍDA**

Trabalho de Conclusão de Curso em forma de artigo científico apresentada à Universidade Federal de Uberlândia, como exigência parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Elétrica

Orientador: Prof. Dr. Paulo Henrique Oliveira Rezende

Uberlândia – MG

2023

Ficha Catalográfica Online do Sistema de Bibliotecas da UFU
com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

C268
2023

Cardoso, Artur de Castro, 1996-
Uma análise do processo de comercialização de energia solar fotovoltaica proveniente de micro e mini geração distribuída [recurso eletrônico] / Artur de Castro Cardoso. - 2023.

Orientador: Paulo Henrique Oliveira Rezende.
Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -
Universidade Federal de Uberlândia, Graduação em Engenharia Elétrica.

Modo de acesso: Internet.

Inclui bibliografia.

Inclui ilustrações.

1. Engenharia elétrica. I. Rezende, Paulo Henrique Oliveira, 1987-, (Orient.). II. Universidade Federal de Uberlândia. Graduação em Engenharia Elétrica. III. Título.

CDU: 621.3

Bibliotecários responsáveis pela estrutura de acordo com o AACR2:

Gizele Cristine Nunes do Couto - CRB6/2091
Nelson Marcos Ferreira - CRB6/3074

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente aos meus pais, sr. João Luiz Cardoso e Sra. Rachel Imaculada de Castro, pessoas ímpares, de caráter incrível, a quem amo profundamente.

À minha avó Sra. Maria do Carmo de Castro e meus irmãos Mateus e Daniel pelos momentos inestimáveis que passamos e passaremos.

Aos meus amigos e colegas de profissão, Bernardo Ferreira, Henrique Jacob Medeiros, Lucas Pazini, Gabriel Gomes, João Paulo Nóbrega, Rafael Nascimento, Luiz Felipe Guerreiro e João Vítor Alcântara, que tornaram essa jornada não só possível, como memorável.

Aos meus ilustres professores, Paulo Henrique Rezende, Sérgio de Paula, José Rubens e Geraldo Caixeta, que iluminaram o caminho.

UMA ANÁLISE DO PROCESSO DE COMERCIALIZAÇÃO DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA PROVENIENTE DE MICRO E MINIGERAÇÃO DISTRIBUÍDA

Resumo – O artigo a seguir faz uma análise exploratória dos modelos de negócio que utilizam o sistema de compensação de energia elétrica, valendo-se das modalidades de autoconsumo remoto e geração compartilhada. São observadas as normas vigentes para implementação de usinas fotovoltaicas e seu processo de prospecção, construção e conexão com a rede de distribuição. É explicado de forma objetiva o trâmite burocrático necessário para a implementação dos modelos de negócio, e o funcionamento dos mesmos. Por fim é feito um breve estudo de caso para prever a possível rentabilidade dos investimentos estudados.

Palavras-Chave – Energia solar; Geração distribuída; Sistema de compensação de energia elétrica.

AN ANALYSIS OF THE COMERCIALIZATION PROCESS OF SOLAR ENERGY FROM DISTRIBUTED GENERATION

Abstract - This article conducts an exploratory analysis of business models utilizing net metering, focusing on remote self-consumption and shared generation modalities. Current regulations for the implementation of photovoltaic plants are examined, including their prospecting, construction, and connection to the distribution grid. The bureaucratic procedures required for the implementation of these business models and their operational mechanisms are objectively explained. Finally, a brief case study is conducted to anticipate the potential profitability of the studied investments.

Keywords – Solar energy; Distributed generation; net metering.

NOMENCLATURA

<i>UFV</i>	Usina Fotovoltaica
<i>MMGD</i>	Micro ou minigeração distribuída
<i>SCEE</i>	Sistema de compensação de energia elétrica
<i>REN</i>	Resolução normativa

I. INTRODUÇÃO

O Brasil é um país que apresenta características favoráveis à utilização de meios renováveis produção de energia, especialmente a eólica e solar. Suas características de clima e índice de incidência de irradiação solar ao longo do ano é o que permite afirmar que sua utilização é favorável no país, até mesmo em larga escala [1].

A presença crescente da microgeração (definida como geração de até 75kW) e minigeração (definida como geração entre 75kW e 3MW) distribuída (MMGD) de energia solar fotovoltaica no sistema elétrico brasileiro reflete não apenas o avanço tecnológico, mas também a redução dos custos de instalação dos módulos fotovoltaicos e o aumento do preço da energia elétrica. Este fenômeno consolida a energia fotovoltaica como uma alternativa econômica e ecologicamente sustentável em relação às fontes convencionais.

A energia gerada a partir de painéis solares se tornou, no início de 2023, a segunda maior fonte do país, ultrapassando a capacidade total de produção das usinas eólicas, e obteve um notável crescimento de 83% entre 2022 e 2023. Somando as usinas de grande porte e as MMGD, a energia solar fotovoltaica corresponde a 11,6% da matriz energética instalada no país, o que equivale a 26GW de potência total [2].

Isso causa um grande impacto financeiro: desde 2012 foram investidos cerca de R\$103,0 bilhões em energia fotovoltaica, o que gerou também cerca de 600 mil novos empregos acumulados desde essa data. Há de se considerar também o fator ambiental, no período entre 2012 e 2023 foi evitada a emissão de 28,4 milhões de toneladas de CO₂ na geração de eletricidade [3], equivalente a aproximadamente 6% da emissão anual em 2021 [4].

A Resolução Normativa (REN) N° 482/2012 da agência nacional de energia elétrica (ANEEL), foi o primeiro marco regulatório que estabeleceu bases e condições gerais para instalação e conexão da MMGD na rede de distribuição, e implementou com isso o Sistema de Compensação de Energia Elétrica (SCEE), também conhecido como Net Metering. Após isso, a regulamentação evoluiu com a REN N° 687/2015, criando as modalidades de SCEE de autoconsumo remoto, geração compartilhada e empreendimentos de múltiplas unidades consumidoras (EMUC), redefinindo a minigeração de energia fotovoltaica para valores até 3MW (previamente 5MW) atendendo também outras reivindicações do setor.

Este trabalho visa explorar as modalidades do SCEE e os possíveis modelos de negócio para comercialização da geração fotovoltaica que se utilizam desse sistema, obtendo assim um panorama compreensível do processo técnico e burocrático necessário para criação de um empreendimento nesse ramo.

Para alcançar esse objetivo, serão examinadas as etapas desde a prospecção até a construção de usinas fotovoltaicas, incluindo os trâmites com a concessionária para conectar a unidade à rede de distribuição utilizando os regulamentos vigentes e por fim, será abordado o processo de comercialização. Além disso, por meio de estudos de caso disponíveis na literatura, analisaremos a viabilidade econômica de investimentos no setor, considerando os diversos modelos de negócio explorados

II. CONSTRUÇÃO DE USINAS FOTOVOLTAICAS

O processo de construção de uma usina fotovoltaica, muitas vezes chamada também de fazenda solar, consiste usualmente das etapas de: prospecção, construção e conexão. Estas etapas serão analisadas a seguir

A. Prospecção

Para assegurar que o empreendimento tenha viabilidade econômica e o melhor rendimento possível, a prospecção deve ser feita, primeiramente, observando os fatores que podem diminuir ou atrasar o potencial retorno financeiro do projeto.

O local da instalação é a principal variável para previsão de fatores que permitem o cálculo do tempo de *payback* do investimento. Estes fatores incluem, mas não são limitados a:

1) *Incidência solar*

A incidência de luz solar é o fator primordial para instalação de usinas fotovoltaicas, pois a geração de energia é dependente exclusivamente desse recurso. É ideal a seleção de um local com altos índices de irradiação solar durante o ano. Regiões com alta quantidade de chuvas ou terrenos cobertos parcialmente por sombras durante o dia podem ser indesejáveis, mas é importante notar que muitas vezes um local com excelentes níveis de irradiação pode se tornar economicamente inviável por outras questões técnicas. O Atlas Brasileiro de Energia Solar, que é disponibilizado pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) possui valiosa informação sobre os níveis de irradiação em todas as regiões do país.

2) *Acesso à rede de distribuição*

Para seleção de um local adequado é importante que o sistema tenha possibilidade de conexão com a rede de distribuição no menor custo possível. Além disso deve também ser conferido se os barramentos que vão ser utilizados para a conexão possuem capacidade disponível igual ou superior a potência total gerada pela UFV. É importante ter em mente que na etapa de conexão a concessionária avaliará a necessidade de obra para a conexão, o que não só aumenta os custos do empreendimento quanto atrasa o início das atividades da usina.

3) *Topografia da região*

A topografia da região onde serão instalados os módulos fotovoltaicos influencia diretamente na incidência de luz nos mesmos. As características do solo podem acarretar a necessidade de diferentes tipos de estrutura para fixação dos painéis, podendo até mesmo comprometer a sua estabilidade. A declividade do terreno pode indicar locais com frequentes alagamentos ou vulnerabilidade a outros eventos climáticos.

4) *Permissões ambientais*

Há de se considerar que uma das grandes vantagens da energia solar fotovoltaica é seus benefícios ao meio ambiente. A falta de emissão de gases e baixo impacto ambiental no local da instalação são de extrema importância, porém, é importante notar também a necessidade das devidas permissões ambientais para a construção da usina. Diferentes estados e municípios podem ter diferentes legislações derivadas da

realidade ambiental de cada local, e é muito importante não violar a integridade da fauna e flora local. Idealmente devem ser procurados locais onde não há necessidade de supressão vegetal para o início da obra, e no caso de ser inevitável, deve-se tentar manter a supressão vegetal ao mínimo possível.

B. Construção

As etapas da construção de uma UFV podem variar muito, a depender do tipo de terreno, preferências da empresa integradora do empreendimento, orçamento total, prazo de entrega etc. Dito isso, as características básicas da construção continuam iguais para qualquer obra.

1) *Projeto*

Primeiramente o projeto da mesma deve estar completo, seguindo normas ABNT, é importante lembrar que durante o processo de conexão será necessário o diagrama unifilar, contemplando geração, proteção, inversores e medição. Também deve se ter em mente que para caso de minigeração, deve ser feito também o projeto elétrico da subestação de entrada de energia da unidade consumidora. Usando as informações levantadas durante a etapa de análise do acesso à rede durante a prospecção, a potência máxima projetada não pode exceder aquela disponível nos barramentos de conexão com a rede, a não ser que esteja previsto no orçamento obra que possibilite a criação de novos barramentos.

2) *Preparo do terreno*

As atividades necessárias para o preparo do terreno devem ter sido previstas anteriormente, no processo de prospecção, e estar devidamente incluídas no orçamento, pois existe o potencial de serem onerosas. Essas atividades podem incluir demarcação do terreno por topógrafo, supressão vegetal, drenagem e até mesmo terraplanagem, dependendo do terreno escolhido.

3) *Instalação dos módulos*

Após feito o preparo do terreno pode então ser iniciada a instalação dos módulos fotovoltaicos. O primeiro passo deve ser a construção da estrutura de suporte, que consiste em fixação dos postes de apoio, devidamente concretados para estabilidade e instalação dos cavaletes onde serão posicionados os módulos. Concorrente ao posicionamento dos módulos pode ser feita a construção da estrutura de cabeamento, aterramento e possivelmente parte hidráulica para facilitar a limpeza dos módulos durante o processo de manutenção das mesmas.

4) *Instalação do sistema elétrico*

Após feita a instalação eletromecânica dos módulos e a sua devida estrutura de cabeamento, deve-se fazer a conexão do sistema CC dos módulos com os inversores. Essa etapa pode diferir bastante de usina para usina, pois depende grandemente da potência total instalada. Para usinas de microgeração pode ser interessante a instalação de inversores sob os módulos fotovoltaicos, economizando espaço e tempo de construção, ilustrado na Figura 1.

Figura 1 - Inversores sob módulos [5]



Os inversores também podem ser instalados em uma estrutura separada normalmente denominada sala de inversores, ilustrada na Figura 2. Para microgeração este tipo de estrutura é opcional, dependendo das necessidades do projeto, mas na minigeração é prática comum, uma vez que já existe a necessidade de uma subestação de entrada para a UFV.

Figura 2 - Sala de inversores [5]



C. Conexão

Após completa a construção da UFV, deve ser feita a conexão da mesma com a rede de distribuição. Esta etapa pode ser considerada a mais importante e muita atenção deve ser dada a ela, pois o não cumprimento das normas estabelecidas pela seção 3.7 do PRODIST, REN 1059/2023 pode acarretar a necessidade de múltiplas solicitações, e o prazo das mesmas pode atrasar consideravelmente o retorno do investimento.

Dito isso, para uma solicitação de acesso bem-sucedida será necessário o preenchimento de formulário padronizado disponível no site da ANEEL (representado na Figura 3), contendo dados gerais da unidade consumidora com MMDG, dados do titular, além da modalidade de GD (autoconsumo, geração compartilhada, EMUC), quantidade, fabricante, modelo e juntamente deste formulário padrão, outros documentos que são necessários entre todas as concessionárias são: Anotação de responsabilidade técnica (ART), memorial descritivo (MD) da geração, dados técnicos e certificados de conformidades de inversores e módulos.

Figura 3 - Formulário padrão para solicitação de acesso de minigeração [6]

1 - Identificação da Unidade Consumidora - UC	
Código da UC:	Grupo B <input type="checkbox"/> Grupo A <input type="checkbox"/> Classe:
Titular da UC:	
Rua/Av.:	Nº: CEP:
Bairro:	Cidade:
E-mail:	
Telefone: ()	Celular: ()
CNPJ/CPF:	
2 - Dados da Unidade Consumidora	
Localização em coordenadas: Latitude: Longitude:	
Potência instalada (kW):	Tensão de atendimento (V):
Tipo de conexão: monofásica <input type="checkbox"/> bifásica <input type="checkbox"/> trifásica <input type="checkbox"/>	
Transformador particular (kVA): 75 <input type="checkbox"/> 112,5 <input type="checkbox"/> 225 <input type="checkbox"/> outro:	
Tipo de instalação: Posto de transformação <input type="checkbox"/> cabine <input type="checkbox"/> subestação <input type="checkbox"/>	
Tipo de ligação do transformador:	
Impedância percentual do transformador:	
Tipo de ramal: aéreo <input type="checkbox"/> subterrâneo <input type="checkbox"/>	
3 - Dados da Geração	
Potência instalada de geração (kW):	
Tipo da Fonte de Geração:	
Hidráulica <input type="checkbox"/> Solar <input type="checkbox"/> Eólica <input type="checkbox"/> Biomassa <input type="checkbox"/> Cogeração Qualificada <input type="checkbox"/>	
Outra (especificar):	
4 - Documentação a Ser Anexada	
1. ART do Responsável Técnico pelo projeto elétrico e instalação do sistema de minigeração	<input type="checkbox"/>
2. Projeto elétrico das instalações de conexão, memorial descritivo	<input type="checkbox"/>
3. Estágio atual do empreendimento, cronograma de implantação e expansão	<input type="checkbox"/>
4. Diagrama unifilar e de blocos do sistema de geração, carga e proteção	<input type="checkbox"/>
5. Certificado de conformidade do(s) inversor(es) ou número de registro da concessão do Inmetro do(s) inversor(es) para a tensão nominal de conexão com a rede.	<input type="checkbox"/>
6. Dados necessários ao registro da central geradora conforme disponível no site da ANEEL: www.aneel.gov.br/scg	<input type="checkbox"/>
7. Lista de unidades consumidoras participantes do sistema de compensação (se houver) indicando a porcentagem de rateio dos créditos e o enquadramento conforme incisos VI a VIII do art. 2º da Resolução Normativa nº 482/2012	<input type="checkbox"/>
8. Cópia de instrumento jurídico que comprove o compromisso de solidariedade entre os integrantes (se houver)	<input type="checkbox"/>
9. Documento que comprove o reconhecimento, pela ANEEL, da cogeração qualificada (se houver)	<input type="checkbox"/>
5 - Contato na Distribuidora (preenchido pela Distribuidora)	
Responsável/Área:	
Endereço:	
Telefone:	
E-mail:	
6 - Solicitante	
Nome/Procurador Legal:	
Telefone:	
E-mail:	
Local	Data
Assinatura do Responsável	

O memorial descritivo da unidade consumidora (UC) com MMDG deve conter descrição detalhada de toda a instalação, incluindo detalhes do padrão de entrada, aterramento, número de módulos, área total ocupada pelos módulos, potência total, características das instalações dos inversores etc. É muito comum que a concessionária disponibilize um modelo padronizado de MD para ser seguido. Quando disponível, é altamente aconselhado que seja utilizado o modelo da concessionária, para assegurar a homologação bem-sucedida do mesmo.

Sobre inversores, é importante notar que o INMETRO apenas emite homologação para inversores de até 10kW de potência, o que significa que inversores com potência maior que 10kW devem ser acompanhados de certificados internacionais (ISO, TUV, IEC etc.).

III. MODELOS DE NEGÓCIO UTILIZANDO O SCEE

A partir da criação das diferentes modalidades do sistema de compensação de energia elétrica, na REN 687/2015 foi possibilitado a construção de UFVs em locais remotos às unidades consumidoras principais para compensar a energia elétrica gasta em múltiplas residências ou empreendimentos, fazendo o emprego de créditos de energia, que servem para registrar a energia elétrica excedente gerada por uma UC com geração distribuída. Considerando que a energia proveniente de MMDG apresenta grande economia à opção da tarifa tradicional, isso acarretou um grande aumento na adoção da

geração distribuída como alternativa viável de economia na tarifa de energia.

Mas o investimento inicial da construção de uma UFV não precisa necessariamente vir do beneficiário final da geração. Embora venda de energia por kWh seja proibida pela ANEEL, existem formas de comercializar a geração dessa energia. O SCEE permite que diferentes consumidores possam se beneficiar da geração distribuída sem necessariamente investir grande quantidade de dinheiro necessária para implementar uma UFV. Utilizando as modalidades de autoconsumo remoto e geração compartilhada o investidor pode oferecer descontos de até 20% na tarifa final do consumidor, comercializando a geração distribuída que implementou. O conceito da utilização de ambos os métodos é analisado melhor a seguir:

A. Autoconsumo remoto por aluguel ou venda

O autoconsumo remoto é definido como uma modalidade de participação no SCEE caracterizada por: unidades consumidoras de titularidade de uma mesma pessoa física ou jurídica, incluídas matriz e filial, que possuem MMGD em local diferente das UC que recebem excedentes de energia e que possuem atendimento pela mesma distribuidora [7]. Utilizando essa definição, o investidor pode oferecer para um consumidor o aluguel de uma UFV, tendo como base para o preço do aluguel o total de créditos de energia que podem ser gerados mensal ou anualmente nesta usina.

O processo de aluguel de uma UFV é relativamente simples, os contratos usualmente são de longa duração (mais de 10 anos) e contam com grandes multas de rescisão. Também é muito comum que a própria construção da UFV seja feita sob medida para um cliente, e que a UFV seja alugada por toda a sua vida útil. Para a completa segurança do investimento, e conveniência do cliente final, é comum que seja assinada uma procuração que dá os direitos de acesso da usina ao proprietário mesmo após o aluguel, o que por um lado permite que o proprietário continue executando as manutenções preventivas e corretivas da usina, e por outro lado permite o proprietário interromper o funcionamento da mesma em caso de inadimplência.

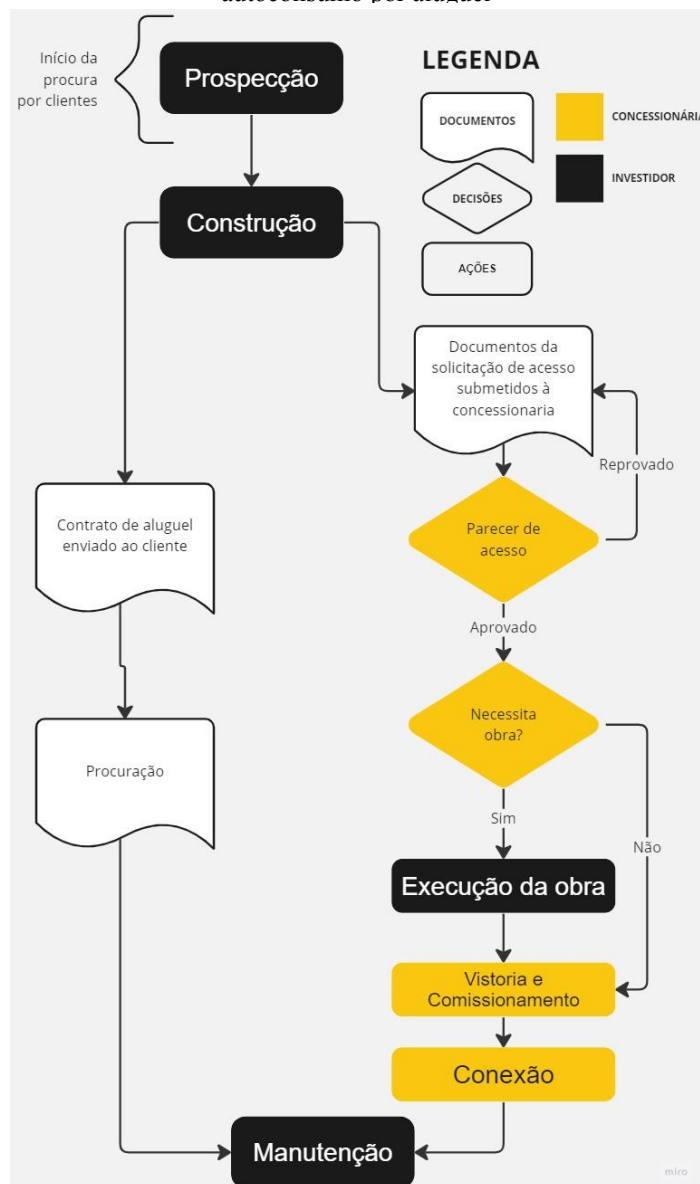
Feito o contrato de aluguel, cabe ao consumidor, ou ao proprietário por meio de procuração, realizar a troca de titularidade a unidade consumidora com geração distribuída com a concessionária. Os documentos para tal dependem da concessionária, mas normalmente englobam CNPJ, documentos relativos à constituição da pessoa jurídica, documentos do representante legal da pessoa jurídica e um formulário padrão de registro de autoconsumo.

B. Energia elétrica por assinatura

O modelo de negócio de assinatura de energia solar tem se tornado cada vez mais popular, com dezenas de empresas adentrando o ramo e divulgando seus serviços ostensivamente nas plataformas de redes sociais e internet. O termo “energia elétrica por assinatura” traz consigo certos mal-entendidos sobre o funcionamento desse empreendimento e muitos clientes acreditam estarem comprando energia mais barata de outras fontes que não a concessionária.

Na verdade, o modelo de negócio por trás das empresas de energia elétrica por assinatura conta com o SCEE para ratear

Figura 4 – Fluxograma de comercialização de uma UFV para autoconsumo por aluguel



entre múltiplos clientes os créditos de energia gerados pelo excedente da geração de uma ou mais usinas. Utilizando a modalidade de geração compartilhada por consórcio, é possível dividir os créditos gerados por uma UFV em múltiplas unidades consumidoras.

Usualmente, as empresas que oferecem este serviço são administradoras de consórcios que unem múltiplas UFV para que possam assim fazer a divisão e administração dos créditos de energia gerados por elas.

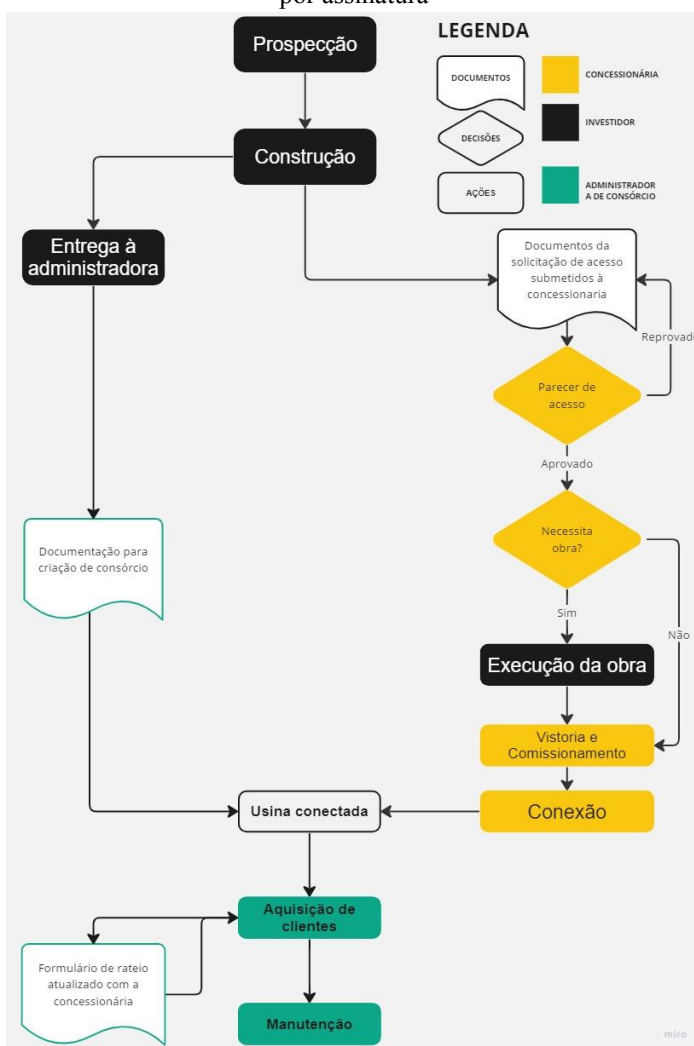
Para criação de um consórcio devem ser seguidas as normas disponíveis na instrução normativa RFB Nº 1634/2016 e LEI 6.404/1976 (Art. 279) [8], sendo a UFV o bem alienado em nome da administradora, e os consorciados são, normalmente, pessoas jurídicas [9].

Ao cadastrar uma nova unidade consumidora com MMGD deve ser preenchido, além dos documentos já citados anteriormente, também o formulário de rateio, contendo as UCs que irão compor a divisão dos créditos energia excedente disponíveis por essa unidade. Se em algum momento houver a necessidade de modificar o termo de rateio da UFV

administrada, um novo formulário de rateio deve ser submetido, com as divisões atualizadas.

Também existe a possibilidade de registrar uma UFV como geração compartilhada por cooperativa. Não existem diferenças práticas entre essas modalidades para a prestação do serviço, mas o processo burocrático possui diferenças, sendo que as cooperativas devem ser registradas na Junta Comercial, valendo-se do CÓDIGO CIVIL (Art. 1.093 a 1.096) e LEI 5.764/1971 (Art. 4), e o documento de constituição do mesmo é o Estatuto de Cooperativa [9]. A necessidade de utilizar diferentes modelos de geração compartilhada pode vir de exigências específicas de cada concessionária, como é o caso da CEMIG, que apenas permite pessoas jurídicas para participação em consórcios.

Figura 5 - Fluxograma de comercialização por energia elétrica por assinatura



Os modelos de negócio discutidos têm como finalidade a comercialização dos créditos de energia excedentes provenientes da MMGD de uma usina e suas maiores diferenças se dão então no público-alvo, número de partes envolvidas, complexidade burocrática, duração do relacionamento com o cliente e segurança do investimento. Podemos observar, portanto, as principais diferenças entre os modelos de negócios discutidos:

- 1) *Autoconsumo remoto por aluguel ou venda*
 - Negociação direta com o cliente final
 - Cliente final é pessoa jurídica com consumo elevado
 - Contratos de longa duração
 - Menor carga burocrática
 - *Payback* mais rápido
 - Retorno do investimento depende de um único cliente
- 2) *Energia elétrica por assinatura*
 - Cliente final se comunica com administradora
 - Cliente final pode ser pessoa física ou jurídica de qualquer nível de consumo
 - Contratos de todo tipo de duração
 - Maior carga burocrática (manejada pela administradora de consórcio)
 - *Payback* mais lento
 - Retorno do investimento depende de múltiplos clientes

IV. ESTUDO DE CASO

Como modelo de negócios é importante entender a viabilidade financeira de cada investimento, e por isso, é imprescindível o estudo completo do investimento e retorno esperado, além do tempo de retorno também denominado como *payback* ou ROI (return of investment). Logo, motivado pela importância desse estudo, será feito um estudo de caso para melhor entender a aplicação do modelo.

Baseado nos valores disponíveis em [10] podemos analisar a seguinte tabela:

Tabela 1- Preço médio de geração por kWp [11]

Potência Gerada	Preço médio da geração
150kWp	R\$ 441.000,00
300kWp	R\$ 882.000,00
500kWp	R\$ 1.525.000,00
1MWp	R\$ 2.920.000,00

Neste caso, será simulado um investimento onde é construído uma usina de 300kWp e a mesma é alugada sob demanda para um cliente por toda a duração da usina, considerando que será oferecido para este cliente um desconto de 15% no valor final da sua tarifa e desconsiderando reajustes na mesma.

Deve ser primeiro analisada a quantidade de kWh/mês que pode ser gerada por esta usina. Utilizando a equação abaixo podemos calcular a potência gerada diariamente.

$$P_{instalada} = \frac{kWh_{dia}}{HSP \times n} \quad (1)$$

Sendo HSP as horas de pleno sol média, n o rendimento do módulo fotovoltaico.

Para o exemplo do norte de Minas Gerais temos que a média de HSP anual é de 5,8 h/dia e utilizaremos um rendimento de 75% nos painéis. Com isso, temos uma geração

diária de 1.305 kWh. Mensalmente haverá a geração de 39.693,75 kWh, e anualmente 476.325 kWh.

Utilizando ainda o exemplo de Minas Gerais e considerando um cliente no grupo A2, e considerando que a taxa de utilização do sistema de distribuição (TUSD), referente à tarifa do “Fio B” será de 28% do valor total da tarifa podemos prever o valor abatido na conta de energia.

Tabela 2 - Valores propostos para geração anual

Geração (kWh)	Tarifa (R\$/kWh)	Parcela da TUSD (%)	Economia Total (R\$)	Desconto proposto (%)	Valor recebido (R\$)
476.325	0,40192	28%	137.840,072	15%	117.164,061

A partir dos dados calculados e considerando fatores de manutenção iguais a 1% do investimento total anualmente e considerando que existe uma perda de eficiência dos painéis de 0.5% a cada ano podemos calcular o *payback* e o lucro total da usina, ilustrado na Tabela 3.

No primeiro ano do investimento, podemos observar um retorno de 12,3% sob o montante total investido, o que se equipara a investimentos conservadores no mercado financeiro. O tempo total para o retorno do investimento se dá no terceiro mês do oitavo ano, com isso o *payback* pode ser estimado em 8,25 anos. O lucro total acumulado durante os 25 anos de funcionamento da usina é de R\$2.532.855,43.

Tabela 3 - Previsão de retorno do investimento

Ano	Rendimento dos painéis	Geração anual (kWh)	Economia gerada	Valor recebido	Manutenção	Lucro Acumulado
1	100%	476325,0	R\$ 137.840,07	R\$ 117.164,06	R\$ 8.820,00	R\$ 108.344,06
5	98%	466798,5	R\$ 135.083,27	R\$ 114.820,78	R\$ 8.820,00	R\$ 535.862,10
9	96%	457272,0	R\$ 132.326,47	R\$ 112.477,50	R\$ 8.820,00	R\$ 954.007,02
15	93%	442982,3	R\$ 128.191,27	R\$ 108.962,58	R\$ 8.820,00	R\$ 1.563.649,78
20	91%	431074,1	R\$ 124.745,26	R\$ 106.033,48	R\$ 8.820,00	R\$ 2.055.575,36
25	88%	419166,0	R\$ 121.299,26	R\$ 103.104,37	R\$ 8.820,00	R\$ 2.532.855,43

Vale salientar que este investimento, de acordo com o aumento da tarifa de energia, também está protegido contra inflação, uma vez que, como discutido anteriormente, o aumento da tarifa de energia nos últimos anos anda superando a inflação.

Tal modelo de negócio se prova, então, não só viável como uma boa opção de investimento, com rendimentos equivalentes a investimentos tradicionais, e com uma relativa segurança, considerando um contrato feito cuidadosamente, que protege o proprietário de possíveis inadimplências e riscos financeiros não desejados.

Para o cliente final, podemos observar uma economia no decorrer dos 25 anos de R\$485.886,25 o que destaca a característica mutualmente benéfica do contrato.

V. CONCLUSÃO

A geração distribuída não só pode ser um grande investimento como também é uma alternativa benéfica ao meio ambiente de geração de energia elétrica. No cenário atual, onde o consumo de energia elétrica aumenta anualmente de forma expressiva, e tende a aumentar ainda mais com surgimento de novas cargas, a instalação de MMDG em unidades consumidoras é muito bem-vinda, desonerando o

sistema de geração centralizada e por consequência aumentando a robustez do sistema nacional interligado.

Neste trabalho foi analisado o processo de construção de uma usina fotovoltaica, focando nos aspectos burocráticos e administrativos da mesma. Nota-se uma grande dificuldade de acesso à informação sobre a parte regulamentadora da construção e homologação de UFVs e este estudo traz uma contribuição valiosa para integradores de geração distribuída iniciantes, assim como engenheiros eletricitas que querem pesquisar sobre o assunto e determinar a viabilidade econômica desse tipo de empreendimento.

Os modelos de negócio utilizando o sistema de compensação de energia elétrica são relativamente novos, tendo sua concepção em 2015, e, portanto, muitos ainda não entendem os detalhes por trás do seu funcionamento, ou ainda mesmo não compreendem de onde vem o lucro de tais investimentos, portanto, é considerada bem-sucedida a tentativa de explicar, de forma objetiva, o funcionamento desses modelos e a minúcia burocrática necessária para adentrar os mesmos.

Ainda, é interessante ter disponível em valores numéricos a quantidade necessária de capital para um empreendimento na área e ter expectativas claras quanto ao retorno financeiro possível.

REFERÊNCIAS

- [1] H.M.F da Silva, F.J.C Araújo. “Energia solar fotovoltaica no Brasil: uma revisão bibliográfica. Revista Ibero-Americana de Humanidades”, Ciências e Educação, v. 8, n. 3, p. 859-869, 2022.
- [2] Associação brasileira de energia solar fotovoltaica (2023). “Segunda maior fonte do país, energia solar cresce 83% em um ano”. Acedido em 20 de novembro de 2023 em: <https://www.absolar.org.br/noticia/segunda-maior-fonte-do-pais-energia-solar-cresce-83-em-um-ano/>
- [3] Associação brasileira de energia solar fotovoltaica (2023). “Energia solar está perto de se tornar 2ª maior fonte de geração no país”. Acedido em 20 de Novembro de 2023 em: <https://www.absolar.org.br/noticia/energia-solar-esta-perto-de-se-tornar-2a-maior-fonte-de-geracao-no-pais-diz-absolar/>
- [4] Instituto de energia e meio ambiente (2022). “Emissões do Brasil têm maior alta em 19 anos”. Acedido em 22 de Novembro de 2023 em: <https://energiaambiente.org.br/emissoes-do-brasil-tem-maior-alta-em-19-anos->

[20221101#:~:text=No%20Brasil%2C%20o%20setor%20de.2020%20por%20causa%20da%20Covid.](#)

- [5] Sol Azul Energia (2023), Imagens da Fazenda Cachoeirinha. <https://solazulenergia.com.br>
- [6] Agência Nacional de Energia Elétrica (2016), Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional, Agência Nacional de Energia Elétrica. Módulo 3 – Brasília: ANEEL, 2016. Acedido em 30 de novembro de 2023 em: <https://www.energisa.com.br/Documents/PDF/Módulo%203%20-%20PRODIST.pdf>
- [7] Agência Nacional de Energia Elétrica (2023), Resolução normativa 1059/2023, Agência Nacional de Energia Elétrica. 1 ed – Brasília: ANEEL, 2023.
- [8] BRASIL. “*Lei das Sociedades por ações*” LEI 6.404/1976 (Art. 279), Brasília, 15 de dezembro de 1975.
- [9] Companhia Elétrica de Minas Gerais (2023), *Manual de geração distribuída*. Acedido em 24 de Novembro de 2023 em: <https://www.cemig.com.br/manual-de-geracao-distribuida/>
- [10] Portal Solar, “Quanto custa para instalar energia solar?” Acedido em 25 de novembro de 2023 em: <https://www.portalsolar.com.br/quanto-custa-para-instalar-energia-solar.html>
- [11] GREENER/ Geração distribuída – Mercado fotovoltaico. São Paulo, 2023