

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ**

**GILIAN ANDREI KIELING**

**ADEQUAÇÃO DA FATURA DE ENERGIA ELÉTRICA DE UMA UNIDADE  
CONSUMIDORA INDUSTRIAL DO SETOR MOVELEIRO: MINIGERAÇÃO  
FOTOVOLTAICA VERSUS MERCADO LIVRE DE ENERGIA**

**MEDIANEIRA**

**2021**

**GILIAN ANDREI KIELING**

**ADEQUAÇÃO DA FATURA DE ENERGIA ELÉTRICA DE UMA UNIDADE  
CONSUMIDORA INDUSTRIAL DO SETOR MOVELEIRO: MINIGERAÇÃO  
FOTOVOLTAICA VERSUS MERCADO LIVRE DE ENERGIA**

**Adequacy of the electricity invoice of na industrial consumer uunit  
in the furniture sector: Photovoltaic minigeneration versus free energy  
market**

Trabalho de conclusão de curso de graduação  
apresentado como requisito para obtenção do título  
de Bacharel em Engenharia Elétrica Universidade  
Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Orientador: Prof. Dr. Evandro André Konopatzki

**MEDIANEIRA**

**2021**



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Esta licença permite remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, para fins não comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es) e que licenciem as novas criações sob termos idênticos. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

**GILIAN ANDREI KIELING**

**ADEQUAÇÃO DA FATURA DE ENERGIA ELÉTRICA DE UMA UNIDADE  
CONSUMIDORA INDUSTRIAL DO SETOR MOVELEIRO: MINIGERAÇÃO  
FOTOVOLTAICA VERSUS MERCADO LIVRE DE ENERGIA**

Trabalho de conclusão de curso de graduação  
apresentado como requisito para obtenção do título  
de Bacharel em Engenharia Elétrica Universidade  
Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Data de aprovação: 29/novembro/2021

---

Evandro André Konopatzki  
Doutorado  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

---

Marcos Fischborn  
Doutorado  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

---

Edson Andreoli  
Mestrado  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

**MEDIANEIRA**

**2021**

## RESUMO

A energia elétrica é um insumo de grande importância nas indústrias, uma vez que a maior parte dos processos dependem dela para produção. Em razão disso, é fundamental o seu fornecimento com segurança, qualidade e preços justos. A fim de melhorar a gestão energética das empresas, o mercado livre de energia e a autoprodução surgem como alternativas para redução dos custos com a fatura de energia elétrica, obtendo maior previsibilidade no orçamento. Neste trabalho de conclusão de curso realizou-se um estudo para adequação da fatura de energia elétrica em uma indústria do setor moveleiro, verificando as vantagens da migração para o Ambiente de Contratação Livre e da instalação de uma geração própria de fonte fotovoltaica sob ajuste tarifário, por meio de indicadores da engenharia econômica. Por fim, ao comparar as duas alternativas de investimento para a unidade consumidora, a implantação de um sistema solar on grid apresentou maior viabilidade econômica.

**Palavras-chave:** Eficiência Energética. Ambiente de Contratação Livre. Geração Distribuída.

## ABSTRACT

Electric energy is an input of great importance in industries, since most processes depend on it for production. For this reason, it is essential to supply them with safety, quality and fair prices. In order to improve the energy management of companies, the free energy market and self-production emerge as alternatives to reduce costs with the electricity bill, achieving greater budget predictability. In this course conclusion work, a study was carried out to adjust the electricity bill in an industry in the furniture sector, verifying the advantages of migrating to the Free Contracting Environment and installing its own generation of photovoltaic source under tariff adjustment, through economic engineering indicators, bringing the best investment alternative to the consumer unit.

**Keywords:** Energy Efficiency. Free Contracting Environment. Distributed generation.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Valor final da energia elétrica.....	14
Figura 2 – ACR versus ACL.....	18
Figura 3 – Compensação de energia elétrica.....	22
Figura 4 – VPL com mercado livre de energia.....	38
Figura 5 – Consumo de energia elétrica atual X Geração Mensal.....	38
Figura 6 – VPL com sistema solar.....	41
Quadro 1 – Tarifas no ACR durante o período de estudo.....	28
Quadro 2 – Histórico de reajustes tarifários.....	31
Quadro 3 – Diferença da fatura no ACR com a TUSD + impostos no ACL.....	34
Quadro 4 – Resultados financeiros da migração.....	37
Quadro 5 – Resultados financeiros com GD.....	40

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Histórico consumo e demanda 12 meses anteriores.....	28
Tabela 2 – Alíquotas dos tributos governamentais no período de estudo.....	29
Tabela 3 – Incidência TUSD e TE no mercado cativo.....	33
Tabela 4 – Incidência dos impostos no mercado cativo.....	34
Tabela 5 – Incidência da TUSD no mercado livre.....	35
Tabela 6 – Economia mensal no mercado livre.....	36

## LISTA DE ABREVIações E SIGLAS

ABRACEEL	Associação Brasileira dos Comercializadores de Energia
ACL	Ambiente de Contratação Livre
ACR	Ambiente de Contratação Regulado
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
CCEE	Câmara de Comercialização de Energia Elétrica
COFINS	Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social
FIEP	Sistema Federação das Indústrias do Estado do Paraná
ICMS	Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços
PCH	Pequena Central Hidrelétrica
PIS	Programa Integração Social
REN	Resolução Normativa
SEBRAE	Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas
TE	Tarifa de Energia
TUSD	Tarifa de Uso do Sistema de Distribuição
I5	Energia incentivada 50%
I1	Energia incentivada 100%



## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>9</b>
<b>1.1</b>	<b>Justificativa .....</b>	<b>9</b>
<b>1.2</b>	<b>Objetivos .....</b>	<b>10</b>
1.2.1	Objetivos específicos .....	10
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>11</b>
<b>2.1</b>	<b>Ramo industrial de móveis .....</b>	<b>11</b>
<b>2.2</b>	<b>Composição da tarifa no ACR .....</b>	<b>12</b>
2.2.1	Custos tarifários .....	12
2.2.2	Fragmentação da tarifa .....	13
2.2.3	Classificação dos consumidores .....	14
2.2.4	Estruturas tarifárias .....	15
<b>2.3</b>	<b>Composição da tarifa no ACL .....</b>	<b>17</b>
2.3.1	Critérios para ser livre .....	18
2.3.2	Fornecedores .....	18
2.3.3	Funcionamento do mercado livre .....	19
<b>2.4</b>	<b>Geração distribuída de energia elétrica .....</b>	<b>20</b>
2.4.1	Micro e minigeração distribuída .....	21
2.4.2	Tributos federais e estaduais .....	21
2.4.3	Sistema de compensação de energia .....	22
<b>2.5</b>	<b>Engenharia econômica .....</b>	<b>23</b>
2.5.1	Break-even point .....	23
2.5.2	Valor presente líquido .....	24
2.5.3	Taxa interna de retorno .....	24
2.5.4	Payback .....	25
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA .....</b>	<b>26</b>
<b>3.1</b>	<b>Caracterização do Consumidor .....</b>	<b>26</b>
<b>3.2</b>	<b>Viabilidade Econômica com Mercado Livre de energia .....</b>	<b>28</b>
<b>3.3</b>	<b>Viabilidade Econômica com Geração Distribuída .....</b>	<b>30</b>
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>32</b>
<b>4.1</b>	<b>Migração ao Ambiente de Contratação Livre .....</b>	<b>32</b>
4.1.1	Indicadores financeiros com ACL .....	36

<b>4.2</b>	<b>Instalação de geração fotovoltaica distribuída .....</b>	<b>38</b>
4.2.1	Indicadores financeiros com GD .....	39
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>42</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>43</b>

## **1 INTRODUÇÃO**

A energia elétrica é um insumo fundamental e estratégico para a maioria das empresas em um país. Logo, a gestão eficiente das indústrias é uma maneira inteligente de reduzir e controlar os custos com energia elétrica, além de garantir seu fornecimento com segurança e qualidade, ela aumenta a competitividade do negócio e sua sustentabilidade no mercado.

Através da Medida Provisória nº 579, publicada em setembro de 2012, o governo federal brasileiro elaborou o regime de cotas para as usinas que produzem energia de forma renovável, além de diminuir os custos com encargos setoriais. Tais medidas pretendiam reduzir o preço da tarifa de energia elétrica, e conseqüentemente, incentivar o setor produtivo. Contudo, devido as condições climáticas desfavoráveis e uma grande instabilidade governamental com relação as regulamentações, ocorreu um significativo crescimento nos preços tarifários de energia elétrica (NASCIMENTO, 2018).

Em razão disso, as indústrias que valorizam a gestão de suas fontes de energia de forma mais consciente conseguem um destaque relevante ao comparadas as demais.

Diante de tal panorama, duas opções surgem como opções de grande atratividade para redução de custos com energia, o mercado livre de energia e a minigeração fotovoltaica distribuída. As duas contam com as vantagens de maior previsibilidade nos gastos com a fatura de energia e a sustentabilidade, uma vez que no ambiente de contratação livre, o usuário tem a opção de escolha em relação a fonte geradora.

### **1.1 Justificativa**

Com o intuito de evidenciar as principais diferenças entre a migração para o mercado livre de energia e a instalação de minigeração distribuída fotovoltaica, o presente trabalho será fundamentado em um estudo de caso sobre gastos com a fatura de energia.

Visto que empresas fabricantes de móveis consomem cerca de um décimo de seu faturamento com a fatura de energia, sendo o segundo ramo industrial que mais sofre com esse custo (FIEP, 2018), o trabalho será baseado

em uma indústria do setor moveleiro, situada na cidade de Medianeira, estado do Paraná.

Portanto, a metodologia adotada neste trabalho terá grande utilidade, trazendo ao consumidor a possibilidade em optar pela melhor alternativa para economizar com a conta de luz.

## **1.2 Objetivos**

Através da eficiência energética, o presente trabalho visa adequar a fatura de energia elétrica de uma unidade consumidora industrial inserida no grupo A sob análise de instalação de minigeração fotovoltaica ou migração para o mercado livre de energia.

### **1.2.1 Objetivos específicos**

A fim de obter êxito no objetivo geral supramencionado, são propostos os objetivos específicos a seguir:

- a) Apresentar as principais diferenças tarifárias entre os ambientes de contratação regulado e livre;
- b) Demonstrar o processo de migração da unidade consumidora para o ambiente de contratação livre;
- c) Discriminar o regulamento vigente para instalação da planta de minigeração distribuída na unidade consumidora;
- d) Dimensionar a instalação de uma minigeração fotovoltaica para atendimento da energia consumida da unidade consumidora;
- e) Comparar por meio da viabilidade econômica, os projetos técnicos propostos nos itens b) e d), apresentando as vantagens de cada um.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

A análise pertencente a adequação da fatura de energia em uma indústria abrange inúmeras definições e procedimentos técnicos, assim na maior parte das vezes, apenas os profissionais da área de energia elétrica dominam os trâmites do processo. Desse modo, o presente capítulo expressa o cenário atual do sistema elétrico brasileiro, discorrendo principalmente o conceito de tarifação da energia elétrica, além de exteriorizar o mercado livre de energia e a geração fotovoltaica distribuída.

### **2.1 Ramo industrial de móveis**

Com demasiada frequência, o estado do Paraná é lembrado como um dos maiores produtores de grãos brasileiro, contudo, existem outros polos industriais de grande relevância na economia do estado. O polo moveleiro da região noroeste paranaense por exemplo, é um dos principais destaques, com um faturamento anual superior a 100 milhões de dólares, essencialmente com exportações, gerando mais de 34 mil empregos, tornando-o o maior do Brasil (Governo do Paraná, 2020).

Espelhando-se no noroeste, as empresas fabricantes de móveis do oeste do Paraná se uniram em uma rede moveleira para unir forças e ampliar a participação e produtividade do setor na região, o planejamento estratégico formulado em 2018 contou com auxílio do Sebrae e visa centralizar ações e estratégias para os saltos de desenvolvimento e de projeção que as empresas esperam alcançar nos próximos anos (SEBRAE, 2018).

Para garantir esse crescimento, alguns ajustes se fazem necessários para otimizar a gestão de custos das empresas. Uma central de compras será constituída para melhorar o poder de barganha das empresas e diminuir as despesas com frete e aquisição de matéria-prima em comum. O custo elevado da energia elétrica é outro fator que deve ser considerado.

Em levantamento realizado pela FIEP (2018), as empresas que dependem de uso acentuado de energia elétrica, como as fabricantes de móveis, gastam uma parcela significativa do faturamento com esse insumo de produção, chegando próximo de 10% do faturamento.

## 2.2 Composição da tarifa no ACR

Nos momentos de elaboração de projetos de eficiência energética, é indispensável compreender como é realizada a cobrança da energia e de que forma são calculados os valores indicados nas faturas de energia elétrica, emitidas mensalmente pelas concessionárias de energia elétrica (ELETROBRAS, 2011). A tarifa é definida como o preço da unidade de energia elétrica (R\$/MWh) e/ou da demanda de potência ativa (R\$/kW).

### 2.2.1 Custos tarifários

A ANEEL é o órgão regulador incumbido com a determinação das tarifas, as quais devem ser manifestadas de forma justa aos consumidores de energia, da mesma forma que possuem a atribuição de garantir recursos para suprir as despesas com operação e realizar investimentos para melhorias na produtividade, qualidade da energia e atendimento. Os mecanismos de alteração de tarifa são a revisão tarifária periódica, reajuste tarifário anual e revisão tarifária extraordinária. Essas alterações estão previstas nos contratos de concessão das distribuidoras e são autorizados pela ANEEL (NASCIMENTO, 2018).

Segundo a ANEEL (2016), a tarifa considera três custos distintos, conforme demonstra a equação a seguir:

$$T = EG + TD + ES \quad (1)$$

sendo,

T = Tarifa;

EG = Energia Gerada;

TD = Transmissão e Distribuição;

ES = Encargos Setoriais.

Os encargos setoriais são formas de subsídio, com o intuito de desenvolver e financiar programas do setor elétrico definidos pelo governo federal. Os principais encargos inseridos nas tarifas, assim como sua finalidade, são apresentados a seguir:

- a) Conta de Consumo de Combustíveis (CCC): subsidiar a geração térmica na região norte do país (Sistemas Isolados);
- b) Conta de Desenvolvimento Energético (CDE): propiciar o desenvolvimento energético a partir das fontes alternativas; promover a universalização do serviço de energia, e subsidiar as tarifas da subclasse residencial baixa renda;
- c) Reserva Global de Reversão (RGR): Indenizar ativos vinculados à concessão e fomentar a expansão do setor elétrico;
- d) PROINFA: Subsidiar as fontes alternativas de energia.

Além dos custos tarifários, as distribuidoras recolhem através da fatura de energia, tributos federais (PIS/COFINS), estaduais (ICMS) e municipais (CIP). Tributos são pagamentos obrigatórios realizados ao poder público, a partir de determinação legal, e que garantem recursos para que o governo desenvolva suas atividades (ANEEL, 2016).

### 2.2.2 Fragmentação da tarifa

Para fins de cálculo tarifário, os custos das distribuidoras são classificados em dois tipos:

- a) Parcela A: Compra de Energia, transmissão e Encargos Setoriais;
- b) Parcela B: Distribuição de Energia.

Conforme ANEEL (2015), observa-se na figura 1, que os custos de energia (TE), representam atualmente a maior parcela de custos (53,5%), seguido dos custos com Tributos (29,5%). A parcela referente aos custos com distribuição, ou seja, o custo para manter os ativos e operar todo o sistema de distribuição representa apenas 17% dos custos das tarifas.

**Figura 1 – Valor final da energia elétrica.**



Fonte: ANEEL (2016).

Desde 2015, com o Decreto nº 8.401, as faturas de energia passaram a utilizar o sistema de bandeiras tarifárias, com a finalidade de sinalizar aos consumidores faturados pela distribuidora por meio da tarifa de energia, os custos atuais da geração de energia elétrica. O sistema possui quatro bandeiras:

- a) Bandeira Verde: condições favoráveis de geração de energia. Nenhum acréscimo é aplicado na tarifa;
- b) Bandeira Amarela: condições de geração menos favoráveis. Para cada kWh consumido, é aplicado um acréscimo de R\$0,01874 na tarifa;
- c) Bandeira Vermelha (Patamar 1): condições mais custosas de geração. Para cada kWh consumido, é aplicado um acréscimo de R\$0,03971 na tarifa;
- d) Bandeira Vermelha (Patamar 2): condições ainda mais custosas de geração. Para cada kWh consumido, é aplicado um acréscimo de R\$0,09492 na tarifa.

### 2.2.3 Classificação dos consumidores

De acordo com a REN ANEEL n. 414/2010, os consumidores cativos são divididos em dois grupos, A e B em relação a tarifa binômica e monômica, respectivamente, essa divisão é realizada por critérios de tensão atendida e posteriormente por potência demandada (QUEVEDO, 2019).



As unidades consumidoras do grupo A são atendidas em alta tensão, ou seja, acima de 2,3 kV. Esse grupo é subdividido através da tensão de atendimento:

- a) Subgrupo A1 para o nível de tensão de 230 kV ou mais;
- b) Subgrupo A2 para o nível de tensão de 88 a 138 kV;
- c) Subgrupo A3 para o nível de tensão de 69 kV;
- d) Subgrupo A3a para o nível de tensão de 30 a 44 kV;
- e) Subgrupo A4 para o nível de tensão de 2,3 a 25 kV;
- f) Subgrupo AS para sistema subterrâneo.

O grupo B são aqueles consumidores atendidos em tensão inferior a 2,3 kV, normalmente em 127 V (fase-neutro), com exceção do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, os quais recebem energia em 220 V (fase-neutro). Residências, lojas, oficinas, escritórios, são exemplos de consumidores de baixa tensão (QUEVEDO, 2019).

#### 2.2.4 Estruturas tarifárias

Conforme a Eletrobras (2011), para os consumidores com tensão de fornecimento superior a 2,3 kV, existem modalidades de tarifas aplicáveis em relação ao consumo de energia elétrica e/ou demanda de potência ativa. São elas:

- a) Convencional: O enquadramento na estrutura tarifária convencional está à disposição dos subgrupos A3a, A4 ou AS, ele requer um contrato específico com a concessionária, no qual se contrata o valor de demanda independentemente da hora do dia ou período do ano. Essa modalidade será extinta após a revisão tarifária da distribuidora. Segundo a Eletrobras (2011), a tarifa final é dada pela equação (2):

$$TF = TC * CM + TD * DC \quad (2)$$

sendo,

TF = Tarifa final;

TC = Tarifa de consumo;

CS = Consumo medido;  
 TD = Tarifa de demanda;  
 DC = Demanda contratada.

- b) Horo-Sazonal Verde: Essa modalidade tarifária está disponível para os subgrupos A3a, A4 e AS, necessitando um contrato específico com a concessionária, no qual se contrata o valor de demanda independentemente da hora do dia, permite-se que sejam contratados dois valores distintos, um para o período seco (maio a novembro) e outro para o período úmido (dezembro a abril). Segundo a Eletrobras (2011), a tarifa final é dada pela equação (3):

$$TF = TC_{ponta} * CM_{ponta} + TC_{foraponta} * CM_{foraponta} + TD * DC \quad (3)$$

sendo,

TF = Tarifa final;  
 TC = Tarifa de consumo;  
 CS = Consumo medido;  
 TD = Tarifa de demanda;  
 DC = Demanda contratada.

- c) Horo-Sazonal Azul: Aos consumidores dos subgrupos A1, A2 ou A3, é obrigatório o enquadramento na estrutura tarifária horo-sazonal azul e opcional para os consumidores dos subgrupos A3a, A4 e AS. Essa modalidade tarifária exige um contrato específico com a concessionária, no qual contrata-se o valor da demanda pelo consumidor no horário de ponta e o valor pretendido nas horas fora de ponta, permite-se que sejam contratados valores diferentes para o período seco e para o período úmido. Segundo a Eletrobras (2011), a tarifa final é dada pela equação (4):

$$TF = TC_{ponta} * CM_{ponta} + TC_{foraponta} * CM_{foraponta} + TD_{ponta} * DC_{ponta} + TD_{foraponta} * DC_{foraponta} \quad (4)$$

sendo,

TF = Tarifa final;  
TC = Tarifa de consumo;  
CS = Consumo medido;  
TD = Tarifa de demanda;  
DC = Demanda contratada.

### **2.3 Composição da tarifa no ACL**

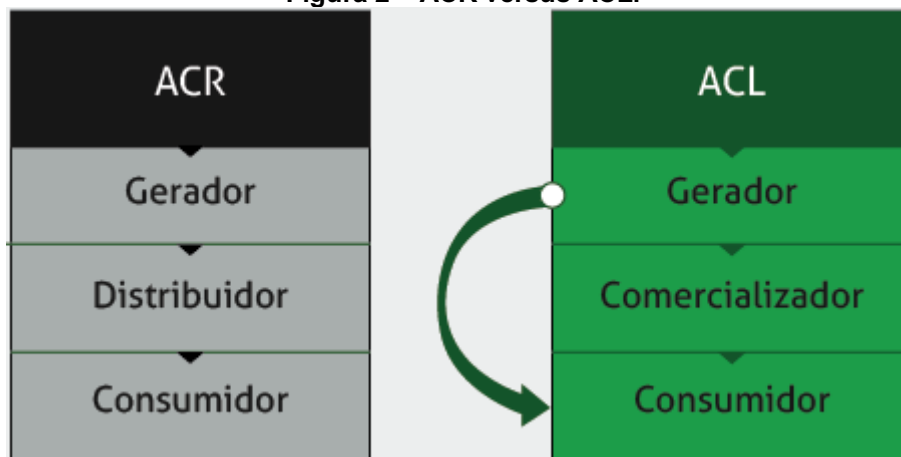
O ACL, é definido como o ambiente em que as unidades consumidoras são capazes de selecionar livremente quem irá fornecer energia, o que se costuma dizer que têm direito à portabilidade da conta de luz. Nesse ambiente, a negociação para definição das condições contratuais é realizada diretamente entre consumidores e fornecedores. Neste momento, segundo a ABRACEEL (2019), cerca de 80% das indústrias brasileiras consomem energia comprando do mercado livre de energia.

A opção tradicional da maioria dos consumidores está restrita a adquirir energia elétrica no Ambiente de Contratação Regulada (ACR). Trata-se de contratação exclusiva e compulsória dessa energia da distribuidora da região em que estão. As tarifas pelo consumo da energia são fixadas pela Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel) e não podem ser negociadas. Todos os consumidores residenciais estão nesse mercado, assim como a imensa maioria do comércio, pequenas indústrias e consumidores rurais (ABRACEEL, 2019).

O principal objetivo das empresas ao optarem pelo mercado livre é a atenuação nos custos e a previsibilidade na fatura de energia. De acordo com ABRACEEL (2019), desde 2003, a economia gerada pelo ACL em comparação ao ACR foi, em média, de 29 pontos percentuais. A ANEEL é quem define as regras de ambos os mercados. Todos os meses a CCEE realiza a contabilização dos contratos de energia.

A principal diferença entre os ambientes é, portanto, o modo como é adquirida a energia, como evidenciado na figura 2.

Figura 2 – ACR versus ACL.



Fonte: Mercado Livre de Energia (2021).

### 2.3.1 Critérios para ser livre

Conforme ABRACEEL (2019), existem dois tipos de consumidores livres: os consumidores livres e os consumidores especiais.

- a) Consumidores livres: possuir demanda contratada igual ou superior a 1,5 MW, é o único critério para ser um consumidor livre e poder contratar energia proveniente de qualquer fonte de geração. Importante notar que, a partir de janeiro de 2022, esse requisito para os consumidores livres irá diminuir para 1 MW;
- b) Consumidores especiais: possuir demanda contratada igual ou superior a 500 kW e menor que 1,5 MW, requisito que também irá reduzir em função da Portaria 465/2019. Esses consumidores podem contratar energia somente de fontes incentivadas.

Unidades consumidoras que não atendam o nível de demanda de 500 kW exigido, podem também tornar-se consumidores especiais, ao agregar suas cargas, desde que possuam o mesmo número de CNPJ ou estejam localizados em área contígua (sem separação por vias públicas).

### 2.3.2 Fornecedores

Os consumidores do mercado livre têm inúmeras alternativas quando se trata da compra de energia, a mesma pode ser disponibilizada por agentes

comercializadores, importadores, autoprodutores, geradores e inclusive outros consumidores livres e especiais que possuam excedentes, desde que cadastrados como agentes da CCEE (ABRACEEL, 2019).

De maneira distinta dos agentes de geração, alguns comercializadores não possuem usinas de geração de energia elétrica. Eles obtêm a energia de vários fornecedores, elaborando um catálogo diverso de produtos a serem ofertados aos clientes. Os consumidores que buscam o papel do comercializador, esperam uma maior gestão de riscos de volume e preço (ABRACEEL, 2019).

De acordo com a ABRACEEL (2019), as fontes de geração são separadas em convencionais e incentivadas. A primeira refere-se as fontes mais comuns do país, ou seja, usinas hidrelétricas de grande porte e usinas termelétricas. As fontes incentivadas são usinas eólicas, solares, a biomassa, PCHs ou hidráulica com potência inferior ou igual a 50 MW. Ao adquirir energia de fontes incentivadas, os consumidores recebem o direito à redução, entre 50% e 100%, nas tarifas de uso do sistema de distribuição e transmissão.

### 2.3.3 Funcionamento do mercado livre

No momento em que é efetivada a migração de um consumidor para o ambiente de contratação livre, o custo com a energia é alterado, conforme negociado com o fornecedor, contudo, o custo que possui relação com o serviço de distribuição (parcela B) permanece o mesmo, uma vez que o responsável pela entrega de energia continua sendo a concessionária local. Os custos regulados pela ANEEL, ou seja, encargos e transmissão, não podem ser negociados (ABRACEEL, 2019).

Em razão dos contratos de compra e venda de energia e a geração e o consumo de energia não terem vinculação direta, ocasionalmente pode ocorrer de uma usina ter a geração menor ou maior do que conjecturado em contrato. Ou ainda, haver diferença entre a energia utilizada e a contratada pela unidade consumidora. Por essa razão, existe o mercado de curto prazo, onde as diferenças são liquidadas e devidas aos agentes envolvidos em forma de crédito ou débito (ABRACEEL, 2019).

A CCEE compara os montantes verificados, ou seja, a geração e o consumo registrados nos medidores de energia, e os montantes contratados. As diferenças entre esses montantes são liquidadas no mercado de curto prazo, ao preço do PLD ou preço da energia no mercado de curto prazo (ABRACEEL, 2019).

Segundo a ABRACEEL (2019), o PLD é consequência do comportamento dos consumidores e de previsões das circunstâncias climáticas, em outras palavras, é o preço baseado no custo marginal de operação. Apesar das oscilações, os valores pagos pela energia anteriormente contratada não são impactados, os pagamentos conforme o PLD são unicamente relacionados aos montantes consumidos fora do fixado em contrato.

## **2.4 Geração distribuída de energia elétrica**

De acordo com a ANEEL (2016), a geração distribuída é caracterizada pela geração de energia elétrica em pequena escala, geralmente a partir de fontes renováveis ou ainda através da utilização de combustíveis fósseis, inseridos nos centros de consumo de energia elétrica.

As principais vantagens encontradas com a instalação de pequenos geradores no sistema elétrico, segundo a ANEEL (2016), são evidenciadas a seguir:

- a) A necessidade de investimentos em expansão nos sistemas de distribuição e transmissão são adiados;
- b) Impacto ambiental mínimo;
- c) Matriz energética diversificada.

Em 17 de abril de 2012, por meio da REN n. 482/2012, estipulou-se as condições necessárias para a geração distribuída e o sistema de compensação de energia elétrica. A resolução normativa citada anteriormente sofreu dois processos de revisão, o primeiro deles através da REN n. 687/2015 e o mais recente em outubro de 2017, mediante a REN n. 786/2017.

#### 2.4.1 Micro e minigeração distribuída

Microgeração distribuída é formada por sistemas com carga total instalada menor ou igual a 75 kW, ao passo que a minigeração distribuída se refere às centrais geradoras com potência instalada superior a 75 kW e menor ou igual a 5 MW (ANEEL, 2016).

Todos os equipamentos que compõe o sistema de geração distribuída, assim como sua instalação, são de responsabilidade do consumidor. Para realizar a medição de energia gerada e consumida, se faz necessária a instalação de um medidor bidirecional, a qual fica a cargo da distribuidora, sem custos para o acessante, no caso de microgeração distribuída (SENDERSKI, 2018).

Tratando-se de um sistema de minigeração distribuída, o consumidor é incumbido a restituir a concessionária pelos custos de adequação do sistema de medição (ANEEL, 2016).

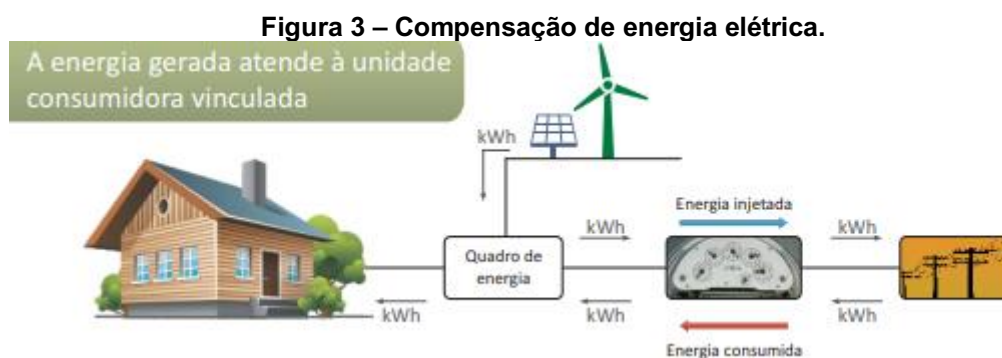
#### 2.4.2 Tributos federais e estaduais

- a) PIS e COFINS: Conforme ANEEL (2016), a partir de 6 de outubro de 2015, com a publicação da Lei nº 13.169/2015, a cobrança do PIS e COFINS alterou-se, sendo aplicada somente sobre a diferença positiva entre a energia consumida e a energia injetada pela unidade consumidora com micro ou minigeração distribuída. Pelo fato de tratarem-se de tributos federais, todos os estados brasileiros são obrigados a aplicar a lei integralmente;
- b) ICMS: Para tornar a geração distribuída economicamente viável, o Conselho Nacional de Política Fazendária - CONFAZ publicou o Convênio ICMS 16, de 22/4/2015, o qual autorizou os governos estaduais a conceder isenção sobre à circulação de energia elétrica. Sendo assim, o ICMS é aplicado apenas no montante que difere entre a energia injetada na rede e a energia consumida (ANEEL, 2016).

O imposto municipal, referente a contribuição de iluminação pública, é cobrado normalmente.

### 2.4.3 Sistema de compensação de energia

A principal inovação criada por meio da Resolução Normativa nº 482/2012 foi o sistema de compensação de energia elétrica, visualizado na figura 3. Esse sistema permite o armazenamento da geração de energia excedente injetada na rede de distribuição, funcionando como uma bateria. Nos meses em que a energia consumida for menor que a energia injetada, um crédito em kWh é destinado ao consumidor, com o intuito de abater o consumo em outro posto tarifário (para consumidores com tarifa horária) ou na fatura dos meses seguintes. A validade para utilização dos créditos é de 60 meses (ANEEL, 2016).



Fonte: ANEEL (2016).

Através da interpretação da figura 3, pode-se perceber que quando a unidade consumidora não gera o suficiente para abastecimento próprio, a concessionária de distribuição local suprirá a diferença, primeiramente com a utilização dos créditos, quando houver. Nos momentos em que a central gerar mais energia do que for utilizado, injeta-se o excesso na rede na forma de crédito de energia.

Segundo o Caderno Temático da ANEEL (2016), o sistema de compensação para os consumidores do grupo A (alta tensão) dispõem-se da seguinte maneira:

- a) O excedente de energia injetado em determinado posto tarifário (ponta ou fora de ponta), necessariamente irá compensar a energia consumida nesse mesmo posto;



- b) Se ainda houver excedente, por meio da aplicação de um fator de ajuste, os créditos são utilizados para compensar o consumo em outro posto horário;
- c) Não há valor mínimo a ser pago pelo consumidor. Entretanto, a fatura de demanda é cobrada habitualmente, sem alterações.

## 2.5 Engenharia econômica

Para realização da análise de viabilidade financeira, é necessária a definição de alguns princípios e técnicas de engenharia econômica, normalmente utilizadas para tomadas de decisões à longo prazo, as quais se adequam perfeitamente ao estudo (SENDERSKI, 2018).

### 2.5.1 Break-even point

O método *break-even point*, ou ponto de equilíbrio apresenta o valor exato de uma variável de decisão, tornando os dois pontos em estudo equivalentes (LELAND; TARQUIN, 2008).

Através da utilização do método descrito anteriormente, em tarifas de energia, encontra-se o valor do preço da energia em que não existe diferenças monetárias com a contratação no ACR ou no ACL.

De acordo com Nascimento (2018), os passos para chegar ao ponto de equilíbrio são:

- a) Calcula-se o valor da conta de energia no ambiente de contratação regulado;
- b) Aplicam-se os tributos sobre o montante, gerando o custo final da fatura de energia;
- c) Calcula-se o valor da parcela da TUSD no mercado livre, considerando os descontos de 50% ou 100%, tratando-se de fontes incentivadas;
- d) Aplicam-se os tributos sobre essa cifra e encontra-se o custo final referente a TUSD no ACL;
- e) Calcula-se a diferença entre o custo final da fatura de energia no mercado cativo e a parcela referente a TUSD no mercado livre e encontra-se o valor relativo à TE, ou seja, o ponto de equilíbrio entre os dois mercados.

### 2.5.2 Valor presente líquido

Método matemático que consiste em trazer para a data zero o valor de uma série de fluxos de caixa futuros somados ao valor de investimento inicial, a uma determinada taxa de interesse (taxa de juros compostos). O VPL indica se o retorno mínimo esperado será alcançado, ou seja, quanto maior for o valor absoluto do indicador, maior a viabilidade do projeto (CAMARGO, 2017).

A fórmula do VPL é evidenciada a seguir:

$$VPL = -I_0 + \sum \frac{F_c}{(1+i)^t} \quad (5)$$

sendo,

VPL = Valor presente líquido;

I<sub>0</sub> = Investimento inicial;

F<sub>c</sub> = Fluxo de caixa no período;

i = taxa de interesse;

t = período.

### 2.5.3 Taxa interna de retorno

Segundo Camargo (2017), a TIR calcula a taxa de desconto ou taxa de interesse, que deve ter um fluxo de caixa para que seu valor presente líquido se iguale a zero. O indicador é expresso em porcentagem.

Caso a TIR seja superior a uma taxa mínima de atratividade (TMA) esperada pelo investidor, o projeto é dito economicamente viável.

A TIR é encontrada através da seguinte equação:

$$0 = -I_0 + \sum \frac{F_c}{(1+TIR)^t} \quad (6)$$

sendo,

TIR = Taxa interna de retorno;

I<sub>0</sub> = Investimento inicial;

F<sub>c</sub> = Fluxo de caixa no período;

t = período.

#### 2.5.4 Payback

É o método mais simples para análise de um investimento, consiste em determinar o período de recuperação do investimento inicial. Calcula-se o retorno em cada período e então o valor inicialmente investido é descontado, até que o valor seja nulo (CAMARGO, 2016).

### 3 METODOLOGIA

Inicialmente, será utilizado o método *break-even point*, sugerido por Nascimento (2018), para encontrar o ponto de equilíbrio no valor da tarifa de energia elétrica nos ambientes regulado e livre.

Logo após, serão utilizadas e comparadas três estratégias de análise de engenharia econômica: o Valor Presente Líquido (VPL), a Taxa Interna de Retorno (TIR) e o *Payback* para efeitos de comparação na análise da viabilidade financeira da migração para o mercado livre de energia e da instalação de geração fotovoltaica

Para construção dos cálculos dos indicadores VPL e TIR, será utilizada a planilha eletrônica do Excel, considerando uma taxa de desconto de 10% a.a., visto que a taxa selic atual encontra-se em 7,75% a.a.

Devido ao fato de a instalação de geração fotovoltaica necessitar de um alto investimento inicial, para realização do cálculo de *payback* será considerado a aquisição de um financiamento para 80% do valor da proposta comercial, a uma taxa de 12% a.a., os demais 20% serão desembolsados na entrada.

Deve-se levar em consideração que a garantia de desempenho dos painéis fotovoltaicos e do inversor de frequência são de, 25 e 10 anos, respectivamente. Portanto, será considerada a aquisição de novos inversores com 10 e 20 anos da instalação do sistema.

Sendo assim, serão comparadas duas formas de investimento para analisar o projeto.

1. Economia com migração para o ACL;
2. Economia com instalação de minigeração distribuída fotovoltaica.

#### 3.1 Caracterização do Consumidor

A indústria do ramo de móveis a ser estudada localiza-se na área industrial de Medianeira, estado do Paraná, área de concessão da Copel. A empresa consome cerca de 191,44 MWh na média mensal das últimas 12 leituras, com demanda única contratada de 0,87 MW, portanto possui tarifa horária verde. A tensão de fornecimento é 34,5 kV, ou seja, o consumidor se enquadra no subgrupo A3a.

A tabela 1 apresenta os dados de consumo, em kWh, e demanda, em kW, medidos de novembro de 2020 a outubro de 2021, do consumidor estudado. O propósito do recolhimento dos dados referentes aos últimos doze meses da unidade consumidora é dominar seu perfil para estabelecer o melhor procedimento no uso das informações, garantindo a confiabilidade do estudo de caso.

Todos os dados divulgados a seguir foram obtidos com o consentimento da empresa. Enquanto que, demais características foram omitidas a pedido da mesma.

**Tabela 1 – Histórico consumo e demanda 12 meses anteriores.**

Mês de referência	Consumo kWh		Demanda Contratada kW	Demanda Registrada kW
	Ponta	Fora Ponta		
10/2021	7.644	203.524	870,00	864,99
09/2021	5.826	190.666	870,00	803,25
08/2021	4.518	200.713	870,00	817,11
07/2021	5.417	158.991	870,00	834,75
06/2021	5.034	189.823	870,00	823,41
05/2021	1.546	200.773	870,00	802,62
04/2021	836	216.128	870,00	803,88
03/2021	1.081	180.011	870,00	807,03
02/2021	942	175.906	870,00	821,52
01/2021	933	152.487	870,00	816,48
12/2020	3.184	203.026	870,00	827,19
11/2020	770	187.508	870,00	826,56
<b>Média</b>	<b>3.144,25</b>	<b>190.244,50</b>	<b>870,00</b>	<b>821,06</b>

Fonte: Adaptado da plataforma AVA Copel (2021).

Tendo acesso aos dados de demanda e consumo exibidos na Tabela 1, disponibilizados pela CGS Móveis e coletados a partir das contas de energia do consumidor, pode-se dar início a aplicação do método.

Para tanto, ainda são necessárias as tarifas praticadas no mercado cativo pela concessionária de energia do estado do Paraná (COPEL), as quais estão expostas no quadro 1. Outrossim, na tabela 2 estão discriminadas as alíquotas referentes aos tributos governamentais do PIS/PASEP, COFINS e ICMS para o intervalo de estudo retratado.

**Quadro 1 – Tarifas no ACR durante o período de estudo.**

<b>Horária Verde</b>	<b>Resolução ANEEL n° 2704</b>	<b>Resolução ANEEL n° 2886</b>	<b>Média</b>
<b>A3a (30 a 44 kV)</b>			
Tarifas	Vigência em 24/06/2020	Vigência em 23/06/2021	
Demanda (R\$/kW)	15,26	17,07	<b>16,17</b>
<b>Consumo (R\$/kWh)</b>			
Ponta	1,31806	1,39709	<b>1,35758</b>
Fora Ponta	0,32667	0,35796	<b>0,342315</b>

Fonte: O autor (2021).

**Tabela 2 – Alíquotas dos tributos governamentais no período de estudo.**

<b>Mês de referência</b>	<b>Alíquota (%)</b>		
	<b>PIS/PASEP</b>	<b>COFINS</b>	<b>ICMS</b>
<b>out/21</b>	1,11	5,09	29
<b>set/21</b>	1,03	4,75	29
<b>ago/21</b>	0,68	3,12	29
<b>jul/21</b>	0,68	3,12	29
<b>jun/21</b>	0,68	3,12	29
<b>mai/21</b>	0,68	3,12	29
<b>abr/21</b>	0,89	4,08	29
<b>mar/21</b>	0,89	4,11	29
<b>fev/21</b>	1,03	4,76	29
<b>jan/21</b>	0,99	4,55	29
<b>dez/20</b>	0,75	3,43	29
<b>nov/20</b>	0,76	3,51	29
<b>Média</b>	<b>0,85</b>	<b>3,90</b>	<b>29</b>

Fonte: O autor (2021).

### 3.2 Viabilidade Econômica com Mercado Livre de energia

De posse de todos os dados apresentados anteriormente, com base na metodologia proposta por Nascimento (2018), é possível iniciar o estudo aplicando-se as equações 7 e 8.

$$VT_{tUSD} = DC * TD + TUSD_{foraponta} * CM_{foraponta} + TUSD_{ponta} * CM_{ponta} \quad (7)$$

sendo,

$VT$  = valor total da TUSD, sem tributos, em R\$;

$DC$  = demanda contratada, em kW;

$TD$  = tarifa de demanda, em R\$;

$TUSD$  = tarifa referente a TUSD, em R\$;

$CM$  = consumo medido, em kW.

$$VT_{te} = TE_{foraponta} * CM_{foraponta} + TE_{ponta} * CM_{ponta} \quad (8)$$

sendo,

$VT$  = valor total da TE, sem tributos, em R\$;

$TE$  = tarifa referente a TE, em R\$;

$CM$  = consumo medido, em kW.

Em adição aos custos da TUSD e da TE, os impostos que incidem sobre a demanda e a energia no mercado cativo também serão considerados. Dentre eles estão o PIS e o COFINS, os quais alteram-se mês a mês, e seus índices são determinados e expressados na fatura de energia. Ademais, recai também o ICMS, imposto que possui alíquota diferenciada por estado. Para fins de cálculo será considerado a média do PIS/COFINS no período de estudo. As equações 9 e 10 calculam respectivamente os valores, em reais, do ICMS e PIS/COFINS.

$$Vicms = \frac{Base\ de\ cálculo * ICMS}{(1 - \frac{PIS}{COFINS} - ICMS)} \quad (9)$$

$$V_{pis/cofins} = \frac{Base\ de\ cálculo * PIS/COFINS}{(1 - \frac{PIS}{COFINS} - ICMS)} \quad (10)$$

sendo,

$Vicms$  = valor total do ICMS, em R\$;

$V_{pis/cofins}$  = valor total do PIS/COFINS, em R\$;

$Base\ de\ cálculo$  = valor da parcela sobre o qual se calculará a incidência dos tributos, em R\$;

$ICMS$  = alíquota do ICMS referente ao estado do consumidor;

$PIS/COFINS$  = as alíquotas do PIS e do COFINS somadas.

Possuindo esses valores, se faz possível o cálculo da diferença entre o valor final da fatura no mercado cativo e a quota da TUSD mais os impostos no mercado livre, conforme a equação 11.

$$Vdif = Vfinalcativo - Vtusdml - Vimpostosml \quad (11)$$

sendo,

$Vdif$  = valor da diferença entre os custos totais do mercado cativo e a parcela da TUSD mais os impostos no Mercado Livre, em R\$;

$Vfinalcativo$  = valor da fatura de energia no mercado cativo, R\$;

$Vtusdml$  = valor da parcela da TUSD no Mercado Livre de energia, em R\$;

$Vimpostosml$  = valor dos impostos incidentes na TUSD no Mercado Livre de energia, em R\$.

Finalmente, por meio da equação 12 encontra-se o valor do ponto de equilíbrio econômico entre os ambientes de contratação livre e regulado.

$$Vbreakeven = \frac{Vdif * (1 - ICMS)}{Ctotal} \quad (12)$$

sendo,

$Vbreakeven$  = valor do ponto de equilíbrio econômico entre os preços de energia no mercado cativo e livre, em R\$;

$Ctotal$  = valor do consumo total (ponta + fora ponta) considerado, em kWh.

### 3.3 Viabilidade Econômica com Geração Distribuída

Motivados pelos sucessivos aumentos na tarifa cobrada por energia, a maior parte dos empresários já investiu ou pretende investir em projetos de geração distribuída. O quadro 2 apresenta o histórico de reajustes tarifários desde 2014, os quais acarretam em um aumento anual médio de 12,31 pontos percentuais.



**Quadro 2 – Histórico de reajustes tarifários.**

<b>Resolução</b>	<b>Vigência</b>	<b>Motivo</b>	<b>Reajuste Médio</b>
2886/2021	22/06/2021	Revisão Tarifária Periódica	9,89%
2704/2020	23/06/2020	Reajuste Tarifário Anual	0,41%
2559/2019	24/06/2019	Reajuste Tarifário Anual	3,41%
2402/2018	24/06/2018	Reajuste Tarifário Anual	15,99%
2255/2017	24/06/2017	Reajuste Tarifário Anual	5,85%
2214/2017	01/05/2017	Reversão do EER Angra III	-1,17%
2096/2016	24/06/2016	Revisão Tarifária Periódica	-12,87%
1897/2015	24/06/2015	Reajuste Tarifário Anual	15,32%
1858/2015	02/03/2015	Revisão Tarifária Extraordinária	36,79%
1763/2014	24/06/2014	Reajuste Tarifário Anual	24,86%

**Fonte: COPEL (2021).**

Foram adquiridos 2 orçamentos para instalação de geração fotovoltaica distribuída, em ambos, a potência total de geração do sistema foi superior a demanda contratada, contudo, esse ponto desrespeita as normas da ANEEL. Neste sentido, foi solicitado uma revisão nos orçamentos para limitar a potência total de geração em 870 kW.

Sempre que a potência total de geração do sistema for superior a demanda contratada é necessário pedir aumento de demanda para concessionária, ou então, limitar a potência de geração do sistema fotovoltaico. No caso de solicitação por aumento, uma análise a longo prazo é necessária para certificar a viabilidade da mesma (SILVA, 2021).

O dimensionamento realizado pelas duas empresas que apresentaram propostas foram de 860kW de potência instalada, sendo essa dividida em 3 inversores de 250kW e 1 inversor de 110kW, marca Sungrow. As placas consideradas foram da marca JA Solar, 2300 módulos com potência de 450W, resultando em uma potência nominal de 1,035MWpico.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

No capítulo atual será desenvolvido o estudo de caso referente a adequação da fatura de energia de uma unidade consumidora industrial, contrapondo a migração para o mercado livre de energia com a instalação de minigeração distribuída de fonte solar fotovoltaica.

### 4.1 Migração ao Ambiente de Contratação Livre

A comercialização de energia no ACL é efetuada por meio de transações de compra e venda de energia entre agentes concessionários, permissionários e autorizados de geração, comercializadores, importadores de energia elétrica e consumidores livres e especiais, que respeitem às condições previstas na regulamentação, conforme relatado previamente.

Iniciando o estudo de caso, os valores sem tributos das parcelas referente a TUSD e a TE da conta de energia do consumidor em estudo podem ser visualizados na Tabela 3.

**Tabela 3 – Incidência TUSD e TE no mercado cativo.**

<b>Descrição</b>	<b>Faturado (Média)</b>	<b>Tarifa (R\$)</b>	<b>Valor (R\$)</b>
Demanda contratada (kW)	870,00	16,17	14067,90
Encargo na ponta (kWh)	3144,25	0,93551	2941,48
Encargo fora da ponta (kWh)	190244,50	0,08024	15265,22
<b>Total TUSD</b>	<b>R\$</b>		<b>32.274,60</b>
Consumo na ponta (kWh)	3144,25	0,4220065	1326,89
Consumo fora da ponta (kWh)	190244,50	0,262075	49858,33
<b>Total TE</b>	<b>R\$</b>		<b>51.185,22</b>

Fonte: O autor (2021).

A tabela 3 mostra, no mercado cativo, a incidência da TUSD na demanda contratada, referente à parcela do transporte de energia, a aplicação da TUSD no consumo de ponta e fora de ponta, referente à parcela encargo, e o custo com energia (TE), em R\$, no horário de ponta e fora de ponta, além do custo

total da TUSD e TE. O consumo no horário de ponta e no horário fora de ponta utilizado nas equações é a média aritmética dos consumos apresentados de novembro de 2020 a outubro de 2021.

A incidência dos impostos no mercado cativo recai sobre o montante integral pago pela utilização do sistema de distribuição, assim como na quantia total despendida pela energia, conforme descrito na tabela 4.

**Tabela 4 – Incidência dos impostos no mercado cativo.**

<b>Descrição</b>	<b>Base de cálculo (R\$)</b>	<b>Alíquota ICMS (%)</b>	<b>ICMS (R\$)</b>	<b>Alíquota PIS+COFINS (%)</b>	<b>PIS+COFINS (R\$)</b>
Demanda contratada (kW)	14067,90	29	6158,02	4,75	1008,64
Encargo na ponta (kWh)	2941,48	29	1287,59	4,75	210,90
Encargo fora da ponta (kWh)	15265,22	29	6682,13	4,75	1094,49
<b>Subtotal TUSD</b>		-	<b>R\$ 14127,75</b>	-	<b>R\$ 2314,03</b>
Consumo na ponta (kWh)	1326,89	29	580,83	4,75	95,14
Consumo fora da ponta (kWh)	49858,33	29	21824,78	4,75	3574,75
<b>Subtotal TE</b>		-	<b>R\$ 22405,61</b>	-	<b>3669,88</b>
Subtotal	-	-	R\$ 36.533,36	-	R\$ 5.983,91
<b>Total</b>	-	-	-	-	<b>R\$ 42.517,27</b>

**Fonte: O autor (2021).**

Portanto, o valor final da fatura de energia no mercado cativo é a soma das parcelas da TUSD, TE e impostos. Resultando em: **R\$ 125.977,09**.

Em razão do consumidor estudado possuir demanda contratada inferior a 1,5MW, o mesmo só pode adquirir energia originária de fontes renováveis, as quais oferecem desconto nos custos totais com demanda contratada de 50% ou 100% de acordo com a tabela 5.

**Tabela 5 – Incidência da TUSD no mercado livre.**

<b>Descrição</b>	<b>Faturado (Média)</b>	<b>Tarifa (R\$)</b>	<b>Valor (R\$)</b>
Demanda contratada (kW)	870,00	16,17	14067,90
Desconto de 50% no fio	870,00	8,085	7033,95
Desconto de 100% no fio	870,00	0,00	0,00
Encargo na ponta (kWh)	3144,25	0,93551	2941,48
Encargo fora da ponta (kWh)	190244,50	0,08024	15265,22
<b>Total TUSD (EI50%)</b>	<b>R\$</b>		<b>25.240,65</b>
<b>Total TUSD (EI100%)</b>	<b>R\$</b>		<b>18.206,70</b>

Fonte: O autor (2021).

De maneira relevante, enfatiza-se que os impostos recaem na parcela total da TUSD, isto é, anteriormente aos descontos no fio. Dessa forma, os custos com tributos na TUSD são iguais em ambos os ambientes de contratação de energia.

Por consequência, o quadro 3 evidencia as diferenças entre o valor final da fatura de energia no ACR e a fração TUSD mais os tributos no ACL, tendo em consideração as energias incentivadas 50% e 100%.

**Quadro 3 – Diferença da fatura no ACR com a TUSD + impostos no ACL.**

<b>Valor final mercado cativo</b>	<b>Impostos mercado livre</b>	<b>Valor de diferença EI50%</b>	<b>Valor de diferença EI100%</b>
R\$ 125.977,09	R\$ 16.441,78	R\$ 84.294,66	R\$ 91.328,61

Fonte: O autor (2021).

Assim sendo, na circunstância de contratação de energia incentivada 50% o valor do ponto de equilíbrio econômico entre os mercados cativo e livre é de R\$309,50 por MWh, outrora na condição de energia incentivada 100%, é de R\$335,30 por MWh. De outra maneira, essa é a cifra em que não ocorre benefício ou malefício para o consumidor seja qual for o ambiente de contratação escolhido. Logo, o cliente usufruirá de economia na migração para o mercado livre caso o valor contratado pela energia seja inferior ao ponto de equilíbrio. Já para valores superiores, permanecer no ambiente regulado é mais benéfico.

Convém ressaltar que, segundo Nascimento (2018) e Santos (2017), a energia incentivada 50% é comercializada, em média, 20% mais barata ao comparada com a energia incentivada 100%.

Com intuito de prosseguir com o estudo de caso, é necessário coletar o preço de referência da tarifa de energia que está sendo praticado no ambiente de contratação livre de maneira a determinar se a migração é ou não vantajosa para o consumidor.

No decorrer do ato de migração, depois de definir o montante de energia a ser contratado, inicia-se as cotações. Uma carta convite é enviada aos agentes comercializadores de energia do mercado, deixando em um primeiro instante, o consumidor final incógnito, com o objetivo de proteção contra arbitragem de preços, uma vez que a concessionária de energia do cliente final é conhecida, é possível ponderar o valor da fatura de energia do mesmo. Fundamentado nas informações concedidas pelo consumidor, o fornecedor elabora sua proposta comercial e o cliente opta pela alternativa mais vantajosa para si (ASSMANN JUNIOR, 2013).

A seguir são exibidos os preços (média) de energia incentivada 50% (i5) e 100% (i1) para os próximos 4 anos, adquiridos junto a plataforma Dcide Energia – *Índices Curva Forward*. Ao comparar os valores encontrados com seus respectivos *break-even points* torna-se perceptível que em ambos os cenários a unidade consumidora usufrui de economia sobre o mercado cativo.

1. Preço da energia i5: R\$ 235,00;
2. Preço da energia i1: R\$ 282,00.

O resultado da economia mensal para as energias incentivadas 50% e 100% é visualizado na tabela 6.

**Tabela 6 – Economia mensal no mercado livre.**

Energia contratada	Economia mensal	%
i5	R\$ 21.326,41	16,93%
i1	R\$ 8.732,10	6,93%

Fonte: O autor (2021).

Baseado na tabela 6, conclui-se que, a partir dos preços da tarifa de energia incentivada negociados no ambiente de contratação livre, a opção de contratação que traria maior vantagem é com energia incentivada 50%.

Portanto, o valor da conta de energia no Mercado Livre é a subtração do valor total da fatura de energia no mercado cativo com a economia mensal (i5) obtida anteriormente na tabela 6. Resultando em **R\$ 104.650,68**.

#### 4.1.1 Indicadores financeiros com ACL

A fim de iniciar o cálculo dos indicadores financeiros, serão consideradas as premissas subsequentes:

- I. Contrato de energia incentivada 50%;
- II. Investimento em adequação do sistema de medição de faturamento: R\$ 5000,00 (CCEE, 2018).
- III. Taxa de adesão ao CCEE: R\$ 6.707,00 (ARGON ENERGIA, 2021).

Com base no preço da tarifa de energia no ACL, percebe-se que a migração é vantajosa para o consumidor. Com o propósito de calcular o VPL do projeto, é necessário realizar os fluxos de caixa, sendo que, no primeiro mês de migração o fluxo de caixa é a subtração da diferença na fatura de energia entre os dois ambientes de contratação com o investimento inicial aplicado. A partir do segundo mês, é apenas a diferença entre as contas de energia.

Por meio do Quadro 4, pode-se observar os fluxos de caixa no período de 25 anos e seus valores no tempo presente.

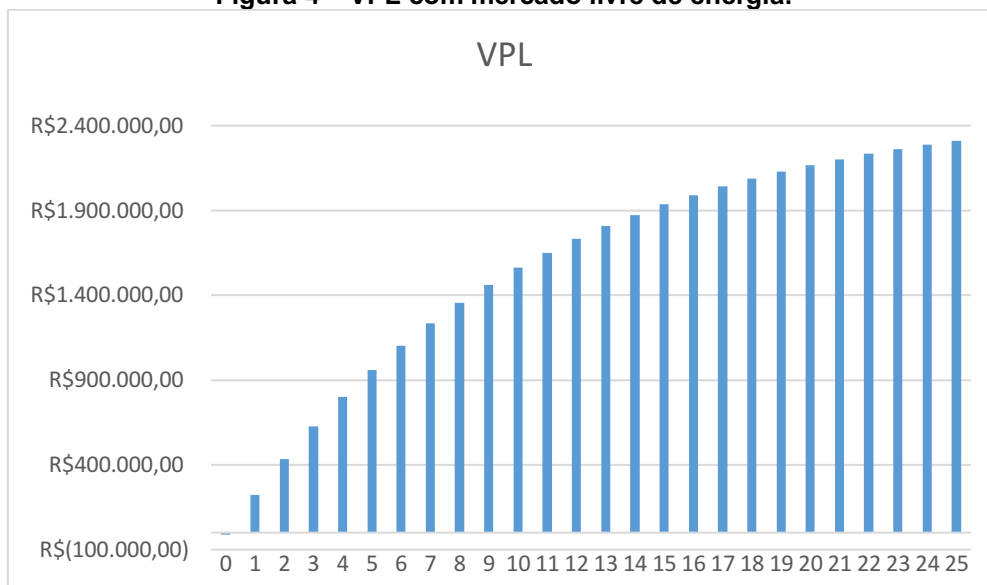
**Quadro 4 – Resultados financeiros da migração.**

Ano	Receitas	Despesas	Valor Presente	VPL
	Diferença entre ACR e ACL	Investimento Inicial		
0	R\$ -	-R\$ 11.707,00	-R\$ 11.707,00	-R\$ 11.707,00
1	R\$ 255.916,92	R\$ -	R\$ 232.651,75	R\$ 220.944,75
2	R\$ 255.916,92	R\$ -	R\$ 211.501,59	R\$ 432.446,33
3	R\$ 255.916,92	R\$ -	R\$ 192.274,17	R\$ 624.720,50
4	R\$ 255.916,92	R\$ -	R\$ 174.794,70	R\$ 799.515,20
5	R\$ 255.916,92	R\$ -	R\$ 158.904,27	R\$ 958.419,47
6	R\$ 255.916,92	R\$ -	R\$ 144.458,43	R\$ 1.102.877,90
7	R\$ 255.916,92	R\$ -	R\$ 131.325,85	R\$ 1.234.203,75
8	R\$ 255.916,92	R\$ -	R\$ 119.387,13	R\$ 1.353.590,88
9	R\$ 255.916,92	R\$ -	R\$ 108.533,76	R\$ 1.462.124,64
10	R\$ 255.916,92	R\$ -	R\$ 98.667,05	R\$ 1.560.791,69
11	R\$ 255.916,92	R\$ -	R\$ 89.697,32	R\$ 1.650.489,01
12	R\$ 255.916,92	R\$ -	R\$ 81.543,02	R\$ 1.732.032,03
13	R\$ 255.916,92	R\$ -	R\$ 74.130,02	R\$ 1.806.162,04
14	R\$ 255.916,92	R\$ -	R\$ 67.390,92	R\$ 1.873.552,96
15	R\$ 255.916,92	R\$ -	R\$ 61.264,48	R\$ 1.934.817,44
16	R\$ 255.916,92	R\$ -	R\$ 55.694,98	R\$ 1.990.512,42
17	R\$ 255.916,92	R\$ -	R\$ 50.631,80	R\$ 2.041.144,22
18	R\$ 255.916,92	R\$ -	R\$ 46.028,91	R\$ 2.087.173,12
19	R\$ 255.916,92	R\$ -	R\$ 41.844,46	R\$ 2.129.017,59
20	R\$ 255.916,92	R\$ -	R\$ 38.040,42	R\$ 2.167.058,01
21	R\$ 255.916,92	R\$ -	R\$ 34.582,20	R\$ 2.201.640,20
22	R\$ 255.916,92	R\$ -	R\$ 31.438,36	R\$ 2.233.078,57
23	R\$ 255.916,92	R\$ -	R\$ 28.580,33	R\$ 2.261.658,90
24	R\$ 255.916,92	R\$ -	R\$ 25.982,12	R\$ 2.287.641,02
25	R\$ 255.916,92	R\$ -	R\$ 23.620,11	R\$ 2.311.261,12

Fonte: O autor (2021).

Ao visualizar a figura 4, é possível constatar que o *payback* sobre o investimento acontece no primeiro ano pós migração. Por meio dos indicadores,  $VPL > 0$  e a  $TIR = 2186\%$ , torna-se perceptível que o projeto é economicamente viável.

**Figura 4 – VPL com mercado livre de energia.**



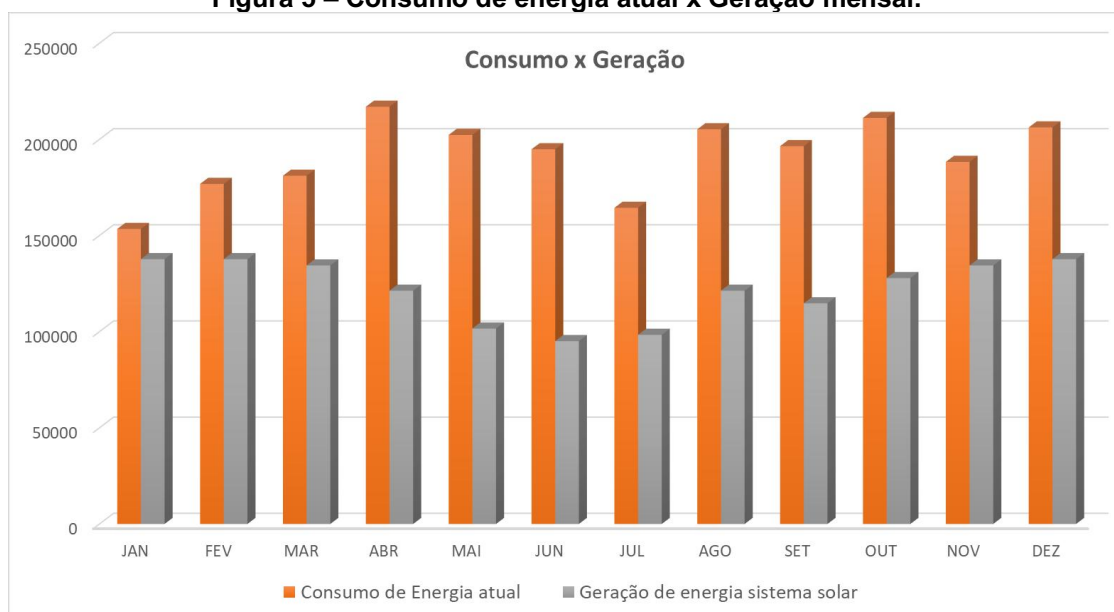
Fonte: O autor (2021).

Ao final de 25 anos pós migração, a unidade consumidora terá tido uma economia de R\$ 2.311.261,12 com a contratação de energia incentivada 50%.

#### 4.2 Instalação de geração fotovoltaica distribuída

Fundamentado nas propostas recebidas, foi possível confrontar as informações de geração mensal projetadas com o histórico de consumo da unidade consumidora, conforme evidenciado na figura 5.

**Figura 5 – Consumo de energia atual x Geração mensal.**



Fonte: O autor (2021).



Por meio da análise de figura 5, é notável que em todos os meses o consumo sobrepõe-se a energia gerada, entretanto, mesmo atendendo apenas aproximadamente 65% do consumo anual da empresa, a geração distribuída pode-se tornar viável.

#### 4.2.1 Indicadores financeiros com GD

O custo com a instalação (material + mão de obra) de um sistema fotovoltaico para a unidade consumidora em estudo, será equivalente à média do valor global das duas propostas adquiridas com empresas atuantes em Medianeira – PR. Os valores das propostas comerciais são apresentados a seguir:

1. Empresa 1: R\$ 3.361.000,00;
2. Empresa 2: R\$ 3.695.000,00.

Portanto, a valor considerado nos cálculos dos indicadores financeiros será de R\$ 3.528.000,00.

O cenário de estudo considerado é com financiamento pelo banco BV, de 80% do investimento, financiado à uma taxa de juros de 12% ao ano. O quadro 6 mostra os fluxos de caixa e seus valores no tempo presente, considerando um aumento anual no valor da tarifa de energia de 12,31%. Além disso, conforme Elysia Energia Solar (2017), gastos com manutenção e operação anuais de 0,5% do custo inicial do projeto, e perdas de eficiência dos painéis, segundo Portal Solar (2015), de 3% no primeiro ano de geração e de 0,75% nos anos seguintes foram levados em conta.

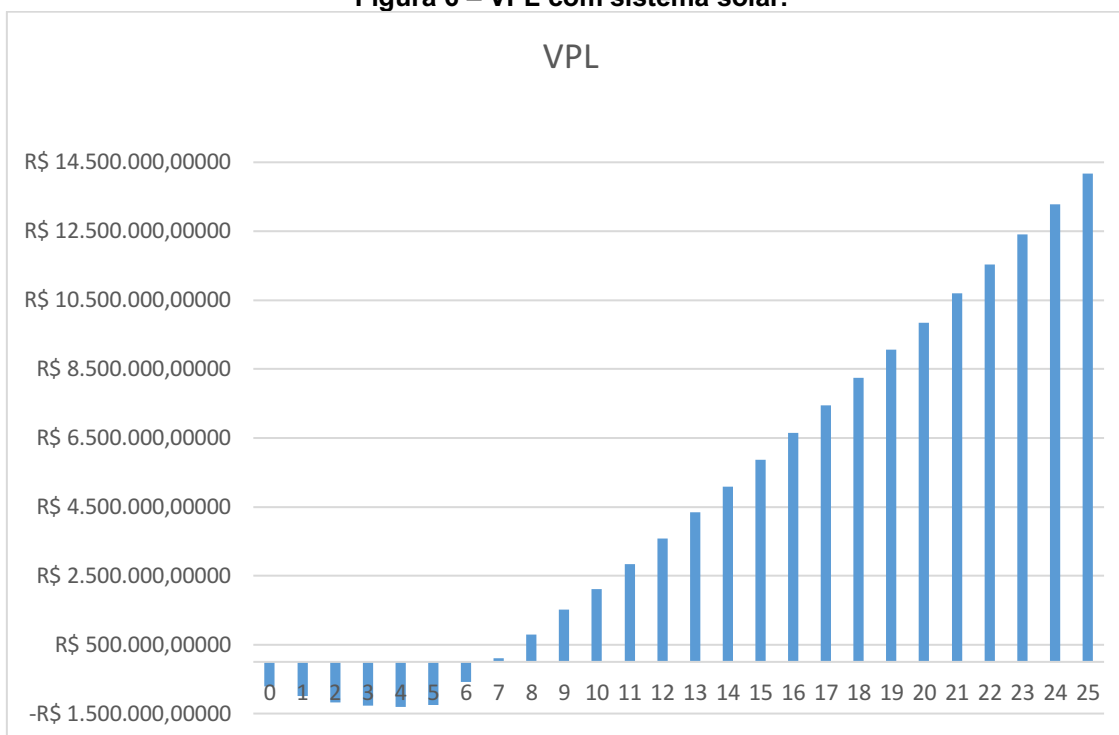
Quadro 5 – Resultados financeiros com GD.

Ano	Receita Gerada	Gastos		Valor Presente	VPL
		Financiamento	Manutenção		
0	R\$ 0,00	R\$ 705.600,00	R\$ 0,00	-R\$ 705.600,00	-R\$ 705.600,00
1	R\$ 703.626,84	R\$ 994.806,65	R\$ 17.640,00	-R\$ 280.745,28	-R\$ 986.345,28
2	R\$ 784.711,60	R\$ 994.806,65	R\$ 17.640,00	-R\$ 188.210,78	-R\$ 1.174.556,07
3	R\$ 875.140,43	R\$ 994.806,65	R\$ 17.640,00	-R\$ 103.160,19	-R\$ 1.277.716,26
4	R\$ 975.990,13	R\$ 994.806,65	R\$ 17.640,00	-R\$ 24.900,30	-R\$ 1.302.616,56
5	R\$ 1.088.461,57	R\$ 994.806,65	R\$ 17.640,00	R\$ 47.199,28	-R\$ 1.255.417,27
6	R\$ 1.213.894,03	R\$ 0,00	R\$ 17.640,00	R\$ 675.254,21	-R\$ 580.163,06
7	R\$ 1.353.781,12	R\$ 0,00	R\$ 17.640,00	R\$ 685.651,66	R\$ 105.488,60
8	R\$ 1.509.788,55	R\$ 0,00	R\$ 17.640,00	R\$ 696.098,31	R\$ 801.586,92
9	R\$ 1.683.774,02	R\$ 0,00	R\$ 17.640,00	R\$ 706.603,47	R\$ 1.508.190,38
10	R\$ 1.877.809,27	R\$ 0,00	R\$ 297.640,00	R\$ 609.223,66	R\$ 2.117.414,04
11	R\$ 2.094.204,82	R\$ 0,00	R\$ 17.640,00	R\$ 727.823,30	R\$ 2.845.237,34
12	R\$ 2.335.537,42	R\$ 0,00	R\$ 17.640,00	R\$ 738.553,55	R\$ 3.583.790,90
13	R\$ 2.604.680,79	R\$ 0,00	R\$ 17.640,00	R\$ 749.373,56	R\$ 4.333.164,46
14	R\$ 2.904.839,77	R\$ 0,00	R\$ 17.640,00	R\$ 760.289,94	R\$ 5.093.454,40
15	R\$ 3.239.588,57	R\$ 0,00	R\$ 17.640,00	R\$ 771.308,87	R\$ 5.864.763,27
16	R\$ 3.612.913,25	R\$ 0,00	R\$ 17.640,00	R\$ 782.436,21	R\$ 6.647.199,48
17	R\$ 4.029.259,23	R\$ 0,00	R\$ 17.640,00	R\$ 793.677,48	R\$ 7.440.876,95
18	R\$ 4.493.584,21	R\$ 0,00	R\$ 17.640,00	R\$ 805.037,91	R\$ 8.245.914,86
19	R\$ 5.011.417,22	R\$ 0,00	R\$ 17.640,00	R\$ 816.522,48	R\$ 9.062.437,34
20	R\$ 5.588.924,42	R\$ 0,00	R\$ 297.640,00	R\$ 786.515,71	R\$ 9.848.953,06
21	R\$ 6.232.982,57	R\$ 0,00	R\$ 17.640,00	R\$ 839.882,79	R\$ 10.688.835,85
22	R\$ 6.951.260,88	R\$ 0,00	R\$ 17.640,00	R\$ 851.767,41	R\$ 11.540.603,25
23	R\$ 7.752.312,37	R\$ 0,00	R\$ 17.640,00	R\$ 863.793,96	R\$ 12.404.397,21
24	R\$ 8.645.675,67	R\$ 0,00	R\$ 17.640,00	R\$ 875.966,48	R\$ 13.280.363,70
25	R\$ 9.641.988,63	R\$ 0,00	R\$ 17.640,00	R\$ 888.288,86	R\$ 14.168.652,56

Fonte: O autor (2021).

Ao visualizar a figura 6, é possível constatar que o *payback* sobre o investimento acontece no sétimo ano de geração. Por meio dos indicadores, VPL > 0 e a TIR = 34,91%, torna-se perceptível que o projeto é economicamente viável.

Figura 6 – VPL com sistema solar.



Fonte: O autor (2021).

Ao final de 25 anos pós instalação do sistema solar fotovoltaico, a unidade consumidora terá tido uma economia de R\$ 14.168.652,56.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo de caso mostrou-se satisfatório em relação aos resultados obtidos, uma vez que, as duas alternativas de investimento apontaram ser viáveis para abater gastos com a energia elétrica.

A instalação de minigeração distribuída fotovoltaica manifestou-se mais atraente no longo prazo, uma vez que o VPL do mesmo foi aproximadamente seis vezes maior quando comparado com a migração para o mercado livre de energia.

Cabe ressaltar que a grande dificuldade em se investir em um sistema solar é o altíssimo valor despendido inicialmente, o que torna sendo uma barreira para os empresários com perfis mais conservadores.

Para trabalhos futuros é interessante o desenvolvimento de uma metodologia que estude a viabilidade de alterações contratuais em unidades consumidoras do grupo A que pretendem instalar minigeração distribuída, principalmente nas questões de modalidade tarifária inserida e demanda contratada, uma vez que essa última limita a potência de geração. Além disso, o sistema de geração zero grid também surge como excelente opção para grandes consumidores, visto que é livre de encargos, taxas e impostos.

## REFERÊNCIAS

ABRACEEL. **CARTILHA MERCADO LIVRE DE ENERGIA ELÉTRICA**: 2019. Disponível em: <https://abraceel.com.br/biblioteca/2019/05/cartilha-mercado-livre-de-energia-eletrica/>. Acesso em: 17 abr. 2021.

ANEEL. **Micro e Minigeração Distribuída**. Brasília. 2016. Disponível em: <https://www.aneel.gov.br/documents/656877/14913578/Caderno+tematico+Micro+e+Minigera%C3%A7%C3%A3o+Distribuida+-+2+edicao/716e8bb2-83b8-48e9-b4c8-a66d7f655161>. Acesso em: 18 abr. 2021.

ANEEL. **Por dentro da conta de luz**. 7 ed. Brasília. 2016. 44.

ANEEL. **Como é composta a tarifa**. 2016. Disponível em: [https://www.aneel.gov.br/conteudo-educativo/-/asset\\_publisher/vE6ahPFxsWHt/content/composicao-da-tarifa/654800?inheritRedirect=false](https://www.aneel.gov.br/conteudo-educativo/-/asset_publisher/vE6ahPFxsWHt/content/composicao-da-tarifa/654800?inheritRedirect=false). Acesso em: 17 abr. 2021.

ARGON ENERGIA. **Afinal, quais são os custos para participar do Mercado Livre de Energia?** Disponível em: <https://argon-energia.com/custos-mercado-livre-de-energia/>. Acesso em: 01 nov. 2021.

ASSMANN JUNIOR, Silvio Pedro. **ANÁLISE DA CONTRATAÇÃO DE ENERGIA DE LONGO PRAZO NO MERCADO LIVRE**. 58 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Elétrica, Ufrgs, Porto Alegre, 2013.

BLANK, Leland T., TARQUIN, Anthony J. **Basics of Engineering Economy**. McGraw-Hill Higher Education, 2008.

CAMARGO, Renata Freitas de. **Veja como o Valor Presente Líquido (VPL) ajuda na análise de viabilidade de um investimento**. 2017. Disponível em: <https://www.treasy.com.br/blog/valor-presente-liquido-vpl/>. Acesso em: 21 abr. 2021.

CAMARGO, Renata Freitas de. **Taxa Interna de Retorno: como a TIR é aplicada na análise de viabilidade de investimento em um projeto?** 2017. Disponível em: <https://www.treasy.com.br/blog/taxa-interna-de-retorno-tir/>. Acesso em: 21 abr. 2021.

CAMARGO, Renata Freitas de. **Como o método Payback pode ajudar na Análise do Tempo de Retorno do Investimento em Projetos**. 2016. Disponível em: <https://www.treasy.com.br/blog/payback-tempo-de-retorno-do-investimentos/>. Acesso em: 21 abr. 2021.

CCEE. **CCEE alcança marca de 7 mil pontos de medição flexibilizados**. 2018. Disponível em: [https://www.ccee.org.br/portal/faces/pages\\_publico/noticias-opiniao/noticias/noticia leitura?contentid=CCEE\\_642238&\\_afrLoop=2472620524423&\\_adf.ctrl-](https://www.ccee.org.br/portal/faces/pages_publico/noticias-opiniao/noticias/noticia leitura?contentid=CCEE_642238&_afrLoop=2472620524423&_adf.ctrl-)

state=p4oc27nku\_1#!%40%40%3Fcontentid%3DCCEE\_642238%26\_afrLoop%3D2472620524423%26\_adf.ctrl-state%3Dp4oc27nku\_5. Acesso em: 01 nov. 2021.

COPEL. **Histórico de consumo e demanda**. 2021. Disponível em: <https://www.copel.com/avaweb/paginas/historicoConsumoGC.jsf>. Acesso em: 14 out. 2021.

COPEL. **Taxas e Tarifas**: histórico de reajustes tarifários. Disponível em: <https://www.copel.com/hpcweb/copel-distribuicao/taxas-tarifas/>. Acesso em: 08 nov. 2021.

DCIDE ENERGIA. **Índices Curva Forward**. Disponível em: <https://www.denergia.com.br/dashboard>. Acesso em: 30 out. 2021.

ELETROBRAS. **Manual da Tarifação de Energia Elétrica**. Rio de Janeiro: Procel, 2011. 56 p.

ELTON, E.; GRUBER, M.; BROWN, S. **Moderna teoria de carteiras e análise de investimentos**. [S.l.]: Elsevier Brasil, 2012.

Elysia Energia Solar. **Custo de manutenção de sistema fotovoltaico: alto ou baixo?** 2017. Disponível em: <https://elysia.com.br/manutencao-de-painel-fotovoltaico/>. Acesso em: 10 nov. 2021.

FIEP. **Com novo reajuste, energia elétrica passa a consumir quase 10% do faturamento de setores industriais**. 2018. Disponível em: <https://agenciafiep.com.br/2018/06/21/com-novo-reajuste-energia-eletrica-passa-consumir-quase-10-do-faturamento-de-setores-industriais/>. Acesso em: 13 abr. 2021.

Governo do Paraná. **Móveis que movem a economia paranaense**. 2020. Disponível em: <https://g1.globo.com/pr/parana/especial-publicitario/governo-do-parana/feito-no-parana/noticia/2020/10/30/moveis-que-movem-a-economia-paranaense.ghtml>. Acesso em: 13 abr. 2021.

Mercado Livre de Energia. **Visões Gerais do Mercado de Energia**. 2021. Disponível em: <https://www.mercadolivredeenergia.com.br/consumidores-livres-e-especiais/conceito/>. Acesso em: 17 abr. 2021.

NASCIMENTO, Karen Rosa do. **MIGRAÇÃO PARA O MERCADO LIVRE DE ENERGIA E ALTERAÇÃO DE TARIFA HORÁRIA: ESTUDO DE CASO EM UMA INDÚSTRIA**. 62 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2018.

PORTAL SOLAR. **QUANTO TEMPO DURAM OS PAINÉIS SOLARES?** 2015. Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/blog-solar/painel-solar/quanto-tempo-duram-os-paineis-solares-.html>. Acesso em: 10 nov. 2021.

QUEVEDO, João Henrique Amorim. **DIAGNÓSTICO TÉCNICO-FINANCEIRO DO AMBIENTE DE CONTRATAÇÃO DE ENERGIA LIVRE: UMA PERSPECTIVA DO COMERCIALIZADOR**. 71 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Elétrica, Departamento Acadêmico de Engenharia Elétrica, UTFPR, Medianeira, 2019.

RIZKALLA, Felipe Farage. **MIGRAÇÃO PARA O MERCADO LIVRE DE ENERGIA: ESTUDO DE CASO DO CENTRO DE TECNOLOGIA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO**. 64 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2018.

SANTOS, Railton da Silva. **ANÁLISE DA MIGRAÇÃO DA UTFPR-PB DE CONSUMIDOR CATIVO PARA CONSUMIDOR ESPECIAL**. 77 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Elétrica, UTFPR, Pato Branco, 2017.

SEBRAE. **Fabricantes de móveis do Oeste do Paraná iniciam rede moveleira**. 2018. Disponível em: <https://emobile.com.br/site/industria/oeste-do-parana-inicia-rede-moveleira/>. Acesso em: 13 abr. 2021.

SENDERSKI, André Miguel. **ESTUDO DE VIABILIDADE TÉCNICO-FINANCEIRA DE GERAÇÃO DISTRIBUÍDA POR PAINÉIS FOTOVOLTAICOS**. 51 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Elétrica, Departamento Acadêmico de Eletrônica, UTFPR, Ponta Grossa, 2018.

SILVA, Beatriz Lorrane Farias *et al.* **DIMENSIONAMENTO E VIABILIDADE ECONÔMICA DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO: UM ESTUDO DE CASO NA UFRA/PARAUAPEBAS**. *Produção Online*, [s. l.], v. 21, n. 3, p. 863-890, ago. 2021.