



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ - *CAMPUS* SOBRAL
PROGRAMA DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA
CURSO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

BRENO APRÍGIO DANTAS MENDES RIBEIRO

**SISTEMA FOTOVOLTAICO CONECTADO À REDE: ESTUDO DE CASO EM
DUAS UNIDADES CONSUMIDORAS DE MESMA TITULARIDADE**

SOBRAL

2018

BRENO APRÍGIO DANTAS MENDES RIBEIRO

SISTEMA FOTOVOLTAICO CONECTADO À REDE: ESTUDO DE CASO EM
DUAS UNIDADES CONSUMIDORAS DE MESMA TITULARIDADE

Trabalho de Conclusão de
Curso de Graduação apresentado ao
Curso de Engenharia Elétrica, da
Universidade Federal do Ceará, *Campus*
Sobral, como requisito parcial para
obtenção do grau de Graduado em
Engenharia Elétrica. Área de aplicação:
Fontes Alternativas de Energia.

Orientador: Prof. Dr. Isaac Rocha
Machado

SOBRAL

2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- D21s Dantas Mendes Ribeiro, Breno Aprígio.
Sistema fotovoltaico conectado à rede: Estudo de caso em duas unidades consumidoras de mesma titularidade / Breno Aprígio Dantas Mendes Ribeiro. – 2018.
91 f. : il. color.
- Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Curso de Engenharia Elétrica, Fortaleza, 2018.
Orientação: Prof. Dr. Isaac Rocha Machado.
1. Sistema fotovoltaico. 2. Conectado à rede. 3. Energias renováveis. I. Título.

CDD 621.3

BRENO APRÍGIO DANTAS MENDES RIBEIRO

SISTEMA FOTOVOLTAICO CONECTADO À REDE: ESTUDO DE CASO EM
DUAS UNIDADES CONSUMIDORAS DE MESMA TITULARIDADE

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação apresentado ao Curso de Engenharia Elétrica, da Universidade Federal do Ceará, *Campus Sobral*, como requisito parcial para obtenção do grau de Graduado em Engenharia Elétrica. Área de aplicação: Fontes Alternativas de Energia.

Orientador: Prof. Dr. Isaac Rocha Machado

Aprovada em: ___ / ___ / ____.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Isaac Rocha Machado (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Adson Bezerra Moreira
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Me. Erasmo Saraiva de Castro
Universidade Federal do Ceará (UFC)

À Deus.

Aos meus pais, Mendes e
Mercês.

À minha irmã Bárbara.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por todo os dias da minha vida que se passaram e aos que estão por vir, assim como as oportunidades que me foram dadas.

Em seguida a minha família, que com palavras de sabedoria e motivação, sempre me deram força e coragem para seguir e enfrentar os desafios a minha frente, em especial meus pais Mendes e Mercês e minha irmãzinha Bárbara.

Agradeço também aos meus primos, Vanessa, Victor e Paulo Junior, que de primos nos tornamos irmãos, ao compartilharmos a mesma morada durante todos esses anos da graduação.

Ao Professor Isaac Machado, pela paciência, suporte e orientação durante a realização deste trabalho, assim como todos os ensinamentos durante minha graduação como professor e amigo.

A todos os meus professores, que de alguma forma contribuíram para minha formação acadêmica e humana agregando valores e ensinamentos a serem seguidos.

Por fim, aos meus amigos do grupo Monstros UFC, Antônio Renato, Davi e Lucas pelas longas jornadas de estudo durante a graduação e ao meu amigo Johnantan, que além da amizade desde o primeiro semestre da graduação, se tornou meu tutor durante o período de estágio supervisionado.

“O sucesso é ir de fracasso em fracasso sem perder o entusiasmo.”

Winston Churchill

RESUMO

Com a atual crise energética brasileira, onde não existe uma estabilidade no valor da tarifa de energia a ser paga nos meses a seguir, juntamente com a preocupação a respeito do futuro do planeta devido aos problemas ambientais enfrentados, o uso das energias renováveis tornou-se mais do que um modo de combater a degradação futura do planeta, tornou-se também uma forma viável de economizar recursos além de representar um papel importante na preservação do planeta. Este trabalho apresenta um estudo de viabilidade econômica de um sistema fotovoltaico conectado à rede elétrica para duas unidades consumidoras de mesma titularidade localizadas na cidade de Teresina, Piauí. A análise é composta por um estudo de caso levando em consideração o consumo médio mensal das duas unidades consumidoras, onde foi dimensionado o sistema fotovoltaico. Os créditos de energia gerados pelo sistema dimensionado são distribuídos entre as duas unidades de acordo com a necessidade de cada uma. O estudo fará uma análise de viabilidade econômica, com uma análise dos custos de implantação do sistema, período de retorno financeiro do investimento e qual o valor a ser economizado durante a vida útil do sistema. Foram utilizados os métodos do *payback* simples e do valor presente líquido (VPL), gerando um *payback* total de 5,6 anos.

Palavras-chave: Energia elétrica. Sistema fotovoltaico. Conectado à rede. Unidade Consumidora.

ABSTRACT

With the current Brazilian energetic crisis, along with the worry for the future of the planet due to the environmental problems faced, with emphasis on global warming, the use of renewable sources has become more than a way to fight the future degradation of the planet, has also become a viable way to save resources and play an important role in the preservation of the planet. This work presents an economic feasibility study of a grid-connected photovoltaic system for two consumer units with the same holder. The analysis is made of a case study, taking into account the monthly consumption of electricity of the last 12 months of the two units. The generated power credits will be distributed between the two units, according to the need of each one. The study will analyze the implementation costs, payback of the system and the amount of money saved along the system life cycle. It were used the methods of simple payback and present value, generating a total payback of 5,6 years.

Keywords: Electric power. Photovoltaic system. Grid-Connected. Consumer unit.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Variação semestral do nível de água do Sistema Cantareira.	17
Figura 2: Módulos fotovoltaicos de silício monocristalino.	20
Figura 3: Curva I-V para diferentes temperaturas.	23
Figura 4: Curva I-V de duas células fotovoltaicas conectadas em série.	24
Figura 5: Curva I-V de duas células fotovoltaicas conectadas em paralelo.	25
Figura 6: Módulo fotovoltaico com sombra em uma célula.	26
Figura 7: Módulo fotovoltaico com sombra em uma célula (com diodo de bypass).	26
Figura 8: Curva I-V para 4 módulos conectados em série sem e com sombreamento. ...	27
Figura 9: Inversor solar monofásico Sunway M XS da Santerno.	28
Figura 10: Um conjunto de módulos fotovoltaicos formado pela associação de strings em paralelo.	30
Figura 11: Distribuição da produção mundial de células fotovoltaicas em 2012.	31
Figura 12: Evolução da potência instalada em sistemas fotovoltaicos no mundo.	32
Figura 13: Unidades consumidoras com geração distribuída no Brasil.	33
Figura 14: Ângulo de inclinação do módulo e ângulo de incidência dos raios solares. .	38
Figura 15: Taxa de desempenho entre 1991 e 2005.	39
Figura 16: Gráfico do fluxo de caixa para os 25 anos.	65
Figura 17: Linha de tendência do acumulado de caixa (VPL).	65

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Dados retirados do Datasheet do módulo F265 SunEdison.....	22
Tabela 2: Características dos inversores SUNWAY M XS da Santerno.....	29
Tabela 4: Dados fornecidos pela SunData.....	36
Tabela 5: Histórico da fatura da UC 1.....	44
Tabela 6: Histórico da fatura da UC 2.....	45
Tabela 7: Dados de irradiação solar no local de instalação do SFCR.....	46
Tabela 8: Comparativo das características elétricas em STC dos módulos escolhidos....	47
Tabela 9: Número de módulos necessários e preço total para cada modelo.....	48
Tabela 10: Custo inicial para cada arranjo de módulos.....	48
Tabela 11: Modelos de inversores escolhidos para estudo.....	49
Tabela 12: Alguns possíveis arranjos de módulos em série e paralelo para inversor Fronius Primo 5.0-1.....	51
Tabela 13: Resultado de FDI para alguns possíveis arranjos.....	52
Tabela 14: Possíveis arranjos de módulos em série e paralelo para inversor Fronius Primo 6.0-1.....	53
Tabela 15: Resultado de FDI para alguns possíveis arranjos.....	54
Tabela 16: Possíveis arranjos de módulos em série e paralelo.....	55
Tabela 17: Resultado de FDI para alguns possíveis arranjos.....	56
Tabela 18: Custo e FDI para cada modelo de inversor.....	56
Tabela 19: Custo do SFCR.....	57
Tabela 20: Energia que teria sido produzida pelo sistema no último ano.....	58
Tabela 21: Distribuição dos créditos de energia gerados entre as duas UC's.....	58
Tabela 22: Análise do fluxo de créditos da UC 1 no primeiro ano com SFCR.....	59
Tabela 23: Análise de fluxo de crédito da UC 2.....	60
Tabela 24: Economia gerada nas duas UC's pelo SFCR.....	61
Tabela 25: Inflação no Brasil dos últimos 5 anos.....	63
Tabela 26: Economia gerada durante os 25 anos.....	64

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
CA	Corrente Alternada
CC	Corrente Contínua
CEPEL	Centro de Pesquisas de Energia Elétrica
CRESESB	Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sergio de Salvo Brito
EPIA	Associação Europeia da Indústria Fotovoltaica (<i>European Photovoltaic Industry Association</i>)
FDI	Fator de Dimensionamento do Inversor
HSP	Horas de Sol Pleno
IEA	Agência Internacional de Energia (<i>International Energy Agency</i>)
MME	Ministério de Minas e Energia
MPPT	Rastreamento do ponto de máxima potência (<i>Maximum Power Point Tracker</i>)
NOCT	Temperatura Normal de Operação da Célula (<i>Normal Operation Cell Temperature</i>)
PRODIST	Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional
REN	Resolução normativa
SABESB	Saneamento Básico no Estado de São Paulo
SFCR	Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede
SFV	Sistema fotovoltaico
STC	Condições Padrão de Teste (<i>Standart Test Conditions</i>)
TD	Taxa de Desempenho
TMA	Taxa Mínima de Atratividade
TMY	Ano meteorológico padrão ou típico (<i>Typical Meteorological year</i>)
UC	Unidade Consumidora
UFRGS	Universidade Federal do Rio Grande do Sul
UFSC	Universidade Federal de Santa Catarina
USP	Universidade de São Paulo
VPL	Valor Presente Líquido

LISTA DE SÍMBOLOS

A	Ampére
CV	Cavalo-vapor
$I_{i_{max}}$	Corrente máxima CC admitida na entrada do inversor
I_{MP}	Corrente de máxima potência
I_{sc}	Corrente de curto-circuito
kWh	Quilowatt-hora
N_{inv}	Número de inversores
$N_{paralelo}$	Número de strings associadas em paralelo
N_{serie}	Número de módulos associados em série
P_{FV}	Potência de pico do painel fotovoltaico
P_{MP}	Potência de pico ou máxima potência
P_{Nca}	Potência nominal em corrente alternada do inversor
R\$	Real
V	Volts
V_{MP}	Tensão de máxima potência
$V_{MP(STC)}$	Tensão de máxima potência do módulo em STC
V_{cc}	Tensão contínua
VOC	Tensão de circuito aberto
$VOC_{(STC)}$	Tensão de circuito aberto do módulo em STC
VOC_{Tmin}	Tensão de circuito aberto de um módulo na menor temperatura prevista
η_p	Eficiência do módulo
W	Watts

Sumário

1	INTRODUÇÃO	16
1.1	Objetivo	18
1.2	Organização do trabalho	18
2	CONCEITOS BÁSICOS	20
2.1	Módulos fotovoltaicos	20
<i>2.1.1</i>	<i>Parâmetros elétricos de um módulo</i>	21
<i>2.1.2</i>	<i>Características térmicas</i>	23
<i>2.1.3</i>	<i>Associação de módulos</i>	23
<i>2.1.4</i>	<i>Sombreamento de módulos fotovoltaicos</i>	25
2.2	Componentes de um sistema fotovoltaico conectado à rede	27
<i>2.2.1</i>	<i>Inversor para sistema fotovoltaico conectado à rede</i>	28
2.3	Cenário mundial	31
2.4	Cenário brasileiro – Mecanismo de compensação de crédito	32
<i>2.4.1</i>	<i>Histórico do cenário brasileiro</i>	32
<i>2.4.2</i>	<i>Resoluções Normativas nº 482/2012 e nº 687/2015</i>	33
3	PROJETO DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO	36
3.1	Avaliação do recurso solar	36
3.2	Orientação dos módulos fotovoltaicos	37
3.3	Dimensionamento do gerador fotovoltaico	38
3.4	Dimensionamento do inversor	40
<i>3.4.1</i>	<i>Fator de Dimensionamento do Inversor</i>	40
4	ESTUDO DE CASO	44
4.1	Apresentação da UC para estudo	44
<i>4.1.1</i>	<i>Histórico de consumo das UC's</i>	44
<i>4.1.2</i>	<i>Irradiação solar no local</i>	45
4.2	Dimensionamento do SFCR	46

4.2.1	<i>Potência do SFCR</i>	47
4.2.2	<i>Número de módulos fotovoltaicos</i>	47
4.2.3	<i>Dimensionamento do inversor</i>	49
5	ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA	57
5.1	Custo do SFCR	57
5.2	Fluxo de créditos	58
5.3	Economia das UC's	60
6	CONCLUSÃO	66
	REFERÊNCIAS	68
	APÊNDICE A – ENERGIA GERADA PELO SISTEMA E QUANTIDADE DESTINADA	70
	APÊNDICE B – FLUXO E ACUMULADO DE CRÉDITOS E ESTIMATIVA DE ECONOMIA MENSAL DURANTE O PERÍODO DE VIDA ÚTIL DO SFCR....	79

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos problemas climáticos e ambientais, com destaque para o aquecimento global, vem cada vez mais sendo discutidos mundialmente. Com isso a preocupação com o futuro do planeta motivou a busca e o desenvolvimento de novas fontes de energia, as energias limpas.

Energias limpas e energias renováveis muitas vezes são interpretadas como conceitos equivalentes, porém a primeira se refere a uma fonte de energia que não polui, ou polui menos do que uma fonte tradicional, causando o mínimo de danos ao meio ambiente como por exemplo hidrelétricas (apesar de haver danos causados pela construção da usina, como área alagada e danos a fauna e flora ali existentes), solar e eólica. As fontes renováveis de energia são fontes que são capazes de manter-se disponíveis durante um longo prazo, contando com recursos que se regeneram ou que se mantêm ativos permanentemente (PENA, 2014), em oposição as energias não renováveis, proveniente de recursos como petróleo e carvão mineral que são fontes finitas.

Um terceiro conceito que deve ser mencionado ao se tratar do uso de energia solar fotovoltaica é o de energia sustentável. Relacionado ao desenvolvimento sustentável, não se trata necessariamente de uma energia limpa, pois uma fonte sustentável de energia, é aquela em que a natureza repõe no meio ambiente em uma mesma velocidade em que essa fonte é consumida pelo homem. Tendo em vista essa definição, a energia solar é energia sustentável assim como a utilização da biomassa, porém, na combustão da biomassa são gerados gases poluentes.

A energia solar fotovoltaica (FV) que além de ser renovável, também é limpa e sustentável, então por esses motivos vem se destacando e tornando-se cada vez mais objeto de estudos e investimentos. Esse tipo de energia é obtido através da conversão da luz do sol em energia elétrica (efeito fotovoltaico), através da utilização de painéis fotovoltaicos. Por isso, esses painéis FV vêm sendo cada vez mais desenvolvidos, entretanto ainda se trata de um investimento inicial de valor relativamente elevado.

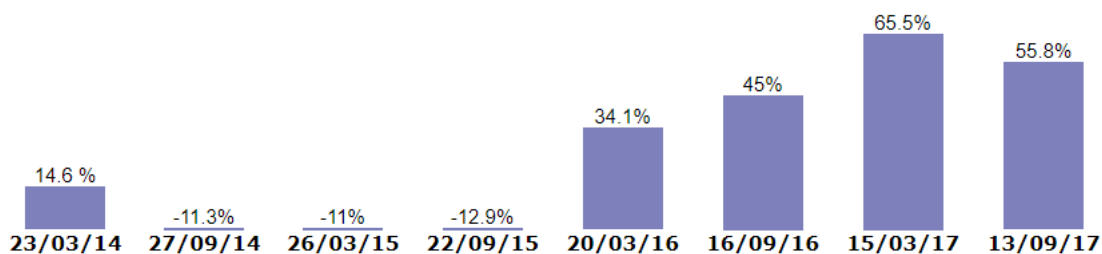
No Brasil, a utilização da energia solar fotovoltaica vem crescendo significativamente nos últimos anos. Além da necessidade de se preservar o meio ambiente, desenvolveu-se uma crise hídrica no Brasil nos últimos anos, devido à falta de chuvas.

Tendo em vista de que a matriz energética brasileira é muito dependente das usinas hidrelétricas e com o surgimento da crise hídrica nos últimos anos, foi necessária

a utilização de usinas termoelétricas para que fosse possível preservar os baixos níveis de água de algumas represas e ainda assim suprir as necessidades de consumo de energia elétrica por parte da população. O custo dessa energia gerada por termoelétricas é mais caro do que a gerada por hidrelétricas, e essa diferença no preço é repassada diretamente para os consumidores.

Na Figura 1 pode-se observar a variação semestral do nível de água do Sistema Cantareira em São Paulo de 2014 até 2017, podendo se afirmar que é difícil prever quando e por quanto tempo se será necessário o uso de geração termoelétrica, logo não sendo possível também prever o valor da tarifa de energia e por quanto essa tarifa permanecerá elevada.

Figura 1: Variação semestral do nível de água do Sistema Cantareira.



Fonte: Apollo 11 (2017).

Segundo Apollo 11 (2017), que realiza diariamente o monitoramento de dados como atividade solar, terremotos, furacões, nível de água de represas e etc. Em 16 de maio de 2014 com apenas 8,2% da sua capacidade, a SABESB, Saneamento Básico do Estado de São Paulo, passou a utilizar o chamado “volume morto” e foram adicionados cerca de 182,5 bilhões de litros, elevando o nível para um total de 26,7%. O segundo volume morto ocorreu em 24 de outubro de 2014, e foi inserido 10,7% quando se elevou de 2,9% para 13,6%.

O elevado custo dessa energia, devido a utilização das termoelétricas ao invés de hidrelétricas, foi repassado aos consumidores, por meio do aumento de tarifas de energia elétrica e a criação de bandeiras tarifárias, que entraram em vigor desde 2015.

O sistema possui três bandeiras: verde, amarela e vermelha - as mesmas cores dos semáforos – e indicam se a energia custa mais ou menos, em função das condições de geração de eletricidade (ANEEL, 2015):

Bandeira verde: condições favoráveis de geração de energia. A tarifa não sofre nenhum acréscimo;

Bandeira amarela: condições de geração menos favoráveis. A tarifa sofre acréscimo de R\$ 0,010 para cada quilowatt-hora (kWh) consumidos;

Bandeira vermelha - Patamar 1: condições mais custosas de geração. A tarifa sofre acréscimo de R\$ 0,030 para cada quilowatt-hora kWh consumido.

Bandeira vermelha - Patamar 2: condições ainda mais custosas de geração. A tarifa sofre acréscimo de R\$ 0,050 para cada quilowatt-hora kWh consumido.

Pode-se observar então que com aumentos das tarifas e com a utilização do método de bandeiras, não é possível saber com segurança quanto se pagaria em contas de energia elétrica nos meses ou anos a seguir, dando abertura para que seja feita uma análise de viabilidade de um possível investimento em outra forma de energia elétrica, onde é possível estimar o preço do Quilowatt-hora (R\$/kWh), de acordo com o valor do investimento e a quantidade de energia gerada pelo sistema.

1.1 Objetivo

Tendo o conhecimento da atual situação do Brasil, onde a crise energética vem causando um aumento considerável nas tarifas de energia nos últimos meses, com expectativa de continuar a aumentar, este presente trabalho tem como objetivo realizar um estudo de caso de duas unidades consumidoras de mesma titularidade, onde foi dimensionado um sistema fotovoltaico conectado à rede elétrica, a fim de diminuir o valor mensal da fatura de energia, após feito o dimensionamento, foi realizado um estudo de viabilidade econômica levando em conta os custos de implementação e manutenção do sistema, a energia gerada pelo sistema e o valor a ser economizado mensalmente com as faturas de energia elétrica, além do cálculo de tempo de retorno do investimento e o valor total a ser economizado ao fim da vida útil do sistema.

1.2 Organização do trabalho

No capítulo 2 são apresentados alguns conceitos básicos necessários para o entendimento da conversão de energia solar em energia elétrica, assim como os componentes básicos de um sistema fotovoltaico conectado à rede, os cenários atuais mundial e brasileiro e o mecanismo de compensação de créditos também são apresentados.

O capítulo 3 apresenta a metodologia de dimensionamento de um sistema fotovoltaico conectado à rede, utilizada neste trabalho.

No capítulo 4 são apresentadas as duas unidades consumidoras, tais como os dados consumo médio mensal, taxa de irradiação solar do local. Em seguida é apresentado o dimensionamento do sistema fotovoltaico do estudo de caso, com número de módulos necessários e dimensionamento dos arranjos de módulos em série e paralelo.

No capítulo 5 é apresentado o estudo de viabilidade econômica com custos de implementação, manutenção do sistema e troca de inversores, bem como o tempo de retorno do investimento.

2 CONCEITOS BÁSICOS

2.1 Módulos fotovoltaicos

A célula fotovoltaica é a unidade de básica de um dispositivo fotovoltaico e possui uma baixa potência, por isso, a associação de várias células a fim de se alcançar uma potência desejada é necessária. Esse conjunto de células conectadas eletricamente é chamado de módulo fotovoltaico. Ele também pode ser chamado de painel ou placa fotovoltaica.

A Figura 2 mostra alguns módulos fotovoltaicos monocristalinos. Esses módulos encontrados no mercado possuem uma potência entre 50 e 250 W com tensões máximas próximas a 37 V, podendo fornecer em torno de 8 A de corrente elétrica. Já os módulos de filmes finos, são feitos por uma única célula fotovoltaica de dimensões iguais ao do módulo, geralmente com potencias em torno de 50 a 100 W, com tensões de saída de até 70 V, entretanto, suas correntes de saída são pequenas e necessitam de um grande número de módulos em paralelo para se alcançar um valor de produção de energia desejada (VILLALVA, 2012).

Figura 2: Módulos fotovoltaicos de silício monocristalino.



Fonte: Villalva (2012).

Devido a existência de diferentes tecnologias e utilização de diferentes materiais na fabricação das células fotovoltaicas, tem-se diferentes módulos com eficiência e custos diferentes.

2.1.1 Parâmetros elétricos de um módulo

A fim de realizar um projeto fotovoltaico, deve se levar em consideração um conjunto de dados referentes as células ou módulos fotovoltaicos, esses são os parâmetros elétricos do dispositivo.

Os principais parâmetros são listados a seguir (Cresesb, 2012).

- **Tensão de circuito aberto (VOC):** Valor de tensão elétrica, medida em volts (V), que o módulo fornece nos seus terminais quando estão abertos. Ela é importante para que possa escolher as tensões máximas dos inversores, baterias, controladores de carga e outros componentes ligados aos módulos;

- **Corrente de curto-circuito (I_{sc}):** Medida em amperes (A), é a corrente elétrica fornecida quando os terminais estão em curto-circuito. Esse dado é utilizado para o dimensionamento do sistema, pois indica a corrente máxima que o módulo pode fornecer;

- **Tensão de máxima potência (V_{MP}):** Valor de tensão nos terminais do módulo quando fornece sua potência máxima na condição padronizada de teste ou STC (standart test conditions);

- **Corrente de máxima potência (I_{MP}):** Valor de corrente nos terminais do módulo quando fornece sua potência máxima na condição padronizada de teste;

- **Potência de pico ou máxima potência (P_{MP}):** Máxima potência que o módulo pode fornecer na condição padronizada de teste. O valor da máxima potência pode ser obtido através da multiplicação da corrente de máxima potência pela tensão de máxima potência;

- **Eficiência do módulo (η_P):** É a relação entre a potência de pico do módulo sobre a área do módulo em m^2 e a irradiância na STC.

$$\eta_P = \frac{P_{MP}}{A_P \times 1000} \quad (1)$$

Onde P_{MP} é a potência de pico (W) e A_P é a área do módulo (m^2), o número 1000 mostrado na fórmula corresponde a taxa de radiação solar padronizada de $1000W/m^2$ em STC.

Esses parâmetros indicados anteriormente podem ser observados no *datasheet* do dispositivo. Os módulos fotovoltaicos são escolhidos principalmente de

acordo com sua potência máxima ou de pico, contudo, deve-se ainda levar em consideração outros parâmetros na hora de realizar um projeto fotovoltaico, esses parâmetros podem ser encontrados no *datasheet* do módulo.

Ao se observar o datasheet da Tabela 1, é possível observar parâmetros físicos como tamanho e peso dos módulos, parâmetros e coeficientes de temperatura, e também características elétricas na condição de NOCT (Normal Operation Cell Temperature) que se refere a temperatura normal de operação da célula. Os valores obtidos na condição NOCT são mais próximos do funcionamento real do módulo.

Tabela 1: Dados retirados do Datasheet do módulo F265 SunEdison.

PARÂMETROS FÍSICOS	
Dimensões do módulo (mm)	1.658 x 990 x 50
Peso do módulo (kg)	19,3
Tipo de célula	Monocristalino
Número de células	60
Material do quadro	Aluminio Anodizado Preto
Vidro (mm)	3,2 ARC Vidro Temperado
PARÂMETROS COEFICIENTES DE TEMPERATURA	
Temperatura de operação nominal da célula (NOCT) (°C)	46 ± 2 (CyC). 48 ± 2 (KyC)
Coeficiente de temperatura de P _{MP} (%/°C)	-0,45
Coeficiente de temperatura de V _{OC} (%/°C)	-0,34
Coeficiente de temperatura de I _{SC} (%/°C)	+0,05
Temperatura de operação (°C)	-40 até +80
Tensão máxima do sistema (V)	1000 (UL) & 1000 (IEC)
Limite de corrente reversa (A)	8,4
CARACTERÍSTICAS ELÉTRICAS (NOCT)	
Potência Máxima, P _{MP} (W)	189,6
Tensão de circuito aberto, V _{OC} (V)	35,1
Corrente de curto circuito, I _{SC} (A)	7,25
Eficiência do módulo (%)	11,50%
V _{mpp} (V)	27,9
I _{mpp} (A)	6,8

Fonte: Adaptado de SunEdison (2017).

Na condição NOCT, fabricantes e órgãos internacionais adotam: temperatura da célula de 48,4 °C, pois esta é a temperatura média de uma célula quando a temperatura do ar é de 20 °C. Também é adotada uma intensidade de radiação de 800 W/m², massa de ar AM1,5 e velocidade do vento de 1m/s (VILLALVA, 2012).

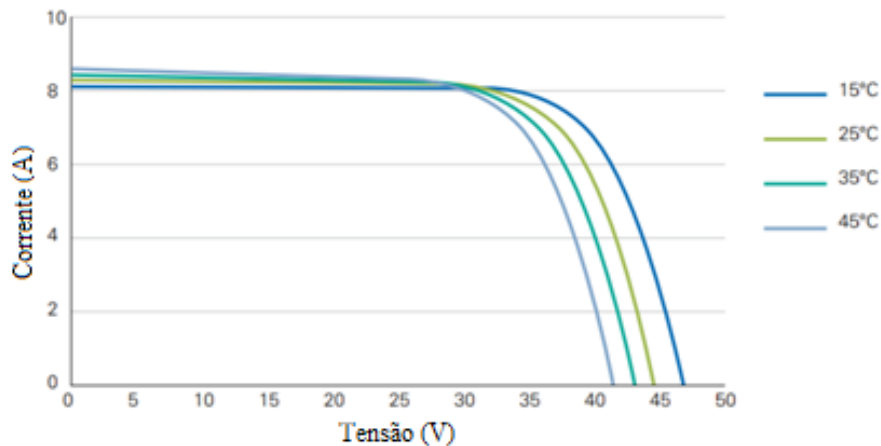
2.1.2 Características térmicas

Indicadas no *datasheet* do módulo, mostram como o módulo se comporta diante de variações de temperatura. As características térmicas do módulo são mostradas na Tabela 1.

O coeficiente de temperatura de potência é a redução de potência em porcentagem, para cada grau de aumento de temperatura. Também foram mostrados os coeficiente de temperatura de tensão, que é a porcentagem de redução da tensão de saída do módulo para cada grau de aumento de temperatura, e o coeficiente de temperatura de corrente, que é o quanto a corrente aumenta para cada grau de aumento de temperatura. Por fim, pode se observar a temperatura de operação do módulo, no caso de -40 a 85 °C.

Para melhor entendimento do efeito da temperatura sobre os módulos, a Figura 3 mostra um gráfico da curva I-V do módulo em questão para diferentes temperaturas.

Figura 3: Curva I-V para diferentes temperaturas.



Fonte: Adaptado de SunEdison (2017).

É possível observar que para baixas temperaturas tem-se uma menor corrente de curto-circuito (I_{SC}) e uma maior tensão de circuito aberto (V_{OC}), o oposto é observado para altas temperaturas.

2.1.3 Associação de módulos

A fim de se alcançar parâmetros elétricos desejados como valores de tensão e corrente, é feita uma associação desses módulos, podendo ser em série ou paralelo. A

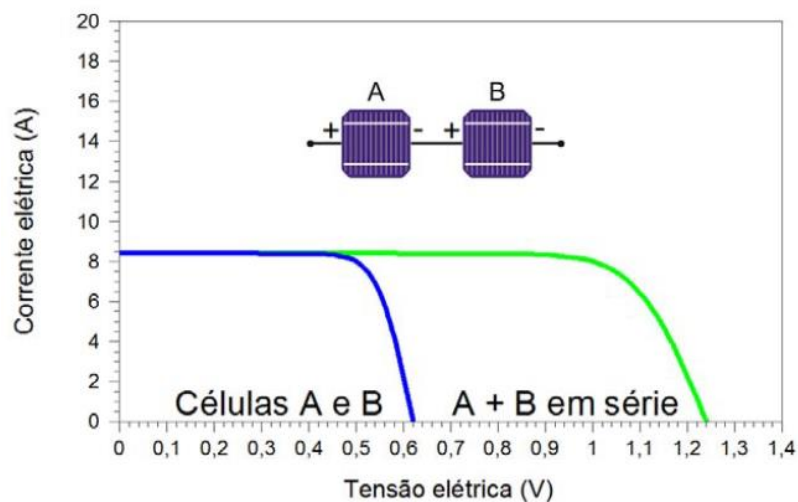
conexão de módulos em série (também chamada de *string*) é necessária quando se deseja um valor de tensão elétrica mais elevada. O terminal positivo de um módulo é conectado ao terminal negativo do outro dispositivo fotovoltaico, e assim por diante. Dessa forma, o resultado final é a soma de todas as tensões, como se pode ver na equação 2.

$$V = V_1 + V_2 + V_3 + \dots + V_n \quad (2)$$

É importante ressaltar que se a associação em série for feita com dispositivos de diferentes correntes de curto-circuito, a corrente elétrica da associação será limitada pela menor corrente entre os dispositivos.

A Figura 4 ilustra a curva I-V da associação em série, é possível observar que a corrente de curto-circuito continua a mesma e a tensão de circuito aberto se soma, comprovando a equação 2. Pode-se observar também que a corrente de máxima potência permanece inalterada enquanto a tensão de máxima potência é maior, de aproximadamente 1 V.

Figura 4: Curva I-V de duas células fotovoltaicas conectadas em série.



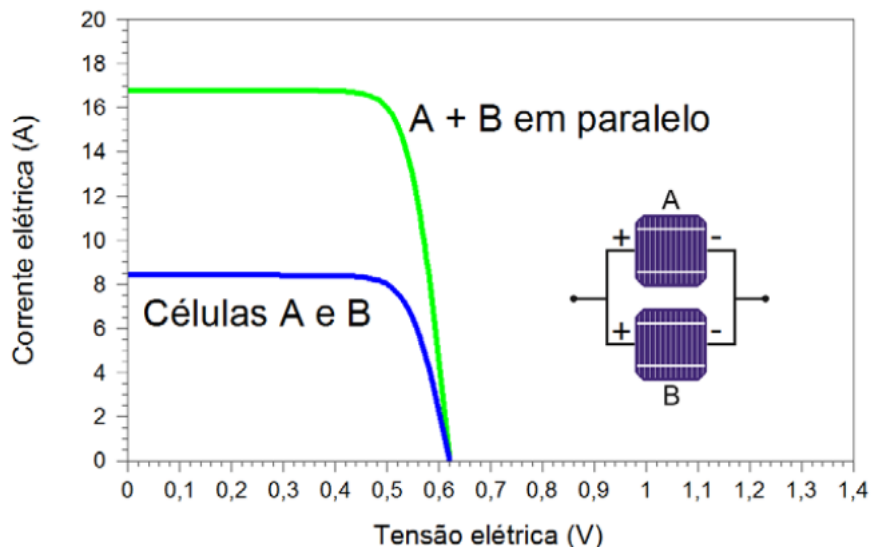
Fonte: Cresesb (2012).

Na associação em paralelo, os terminais positivos são conectados entre si, assim como os terminais negativos. O resultado dessa associação é a soma das correntes elétricas, conforme mostrado na equação 3, mantendo o valor de tensão inalterado.

$$I = I_1 + I_2 + I_3 + \dots + I_n \quad (3)$$

A Figura 5 mostra a curva I-V da associação em paralelo, é possível observar o oposto ao que acontece na Figura 4, em que a corrente de curto-circuito e corrente de máxima potência são somadas, enquanto as tensões permanecem inalteradas.

Figura 5: Curva I-V de duas células fotovoltaicas conectadas em paralelo.



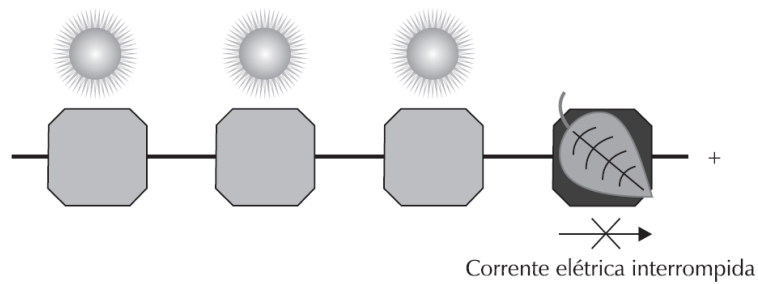
Fonte: Cresesb (2012).

2.1.4 Sombreamento de módulos fotovoltaicos

Sabe-se que uma sombra sobre um módulo fotovoltaico pode fazer com que esse módulo pare de produzir energia elétrica. A intensidade da corrente elétrica de uma célula é diretamente proporcional a irradiação incidente sobre ela, logo, o sombreamento pode causar uma corrente muito baixa ou até mesmo nula. Tendo em vista de que as células são conectadas em série dentro de um módulo, uma célula depende da outra para produzir corrente.

Na Figura 6 é ilustrado um exemplo de uma célula do módulo fotovoltaico sofrendo sombreamento, sabendo que as células funcionam como fonte de corrente, o sombreamento causa a limitação de uma das fontes de corrente. Tendo em vista que as células estão conectadas em série, ao sofrer sombreamento, a célula sombreada irá interromper o fluxo de corrente de todo o módulo.

Figura 6: Módulo fotovoltaico com sombra em uma célula.



Fonte: Villalva (2012).

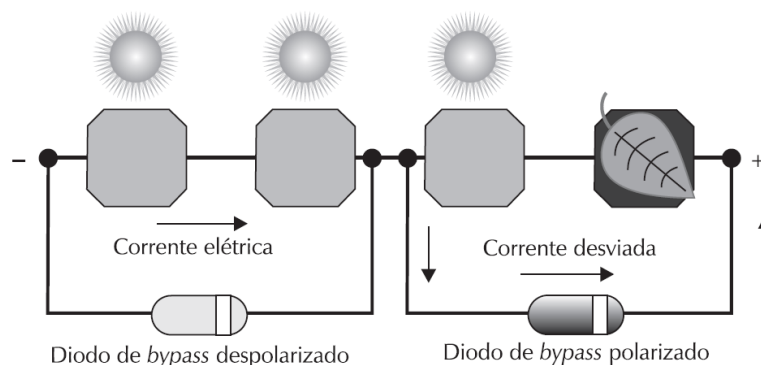
O mesmo efeito pode ocorrer no caso de módulos conectados em série, se um dos módulos estiver recebendo menos luz do que os outros, todo o conjunto de módulos terá a corrente reduzida, conseqüentemente a produção de energia é limitada.

Uma vez que a potência gerada pelo painel não está sendo entregue ao consumo, ela é dissipada no módulo afetado pelo sombreamento ou até mesmo sobre apenas uma de suas células sombreadas, causando um ponto quente que pode danificar o dispositivo.

Com o intuito de minimizar o efeito de sombreamento nos módulos, os fabricantes adicionaram diodos *bypass* (ou de desvio) conectados em paralelo com as células. Como a utilização de um diodo *bypass* para cada célula acabaria tornando muito caro o dispositivo, os fabricantes optaram por usar um diodo para um grupo com determinado número de células.

Observando a Figura 7, com a utilização desse diodo em paralelo com as células, no caso de uma das células sofrer o efeito de sombreamento, as outras células poderão produzir corrente normalmente pois ao chegar na célula sombreada a corrente fluirá pelo diodo em paralelo.

Figura 7: Módulo fotovoltaico com sombra em uma célula (com diodo de bypass).

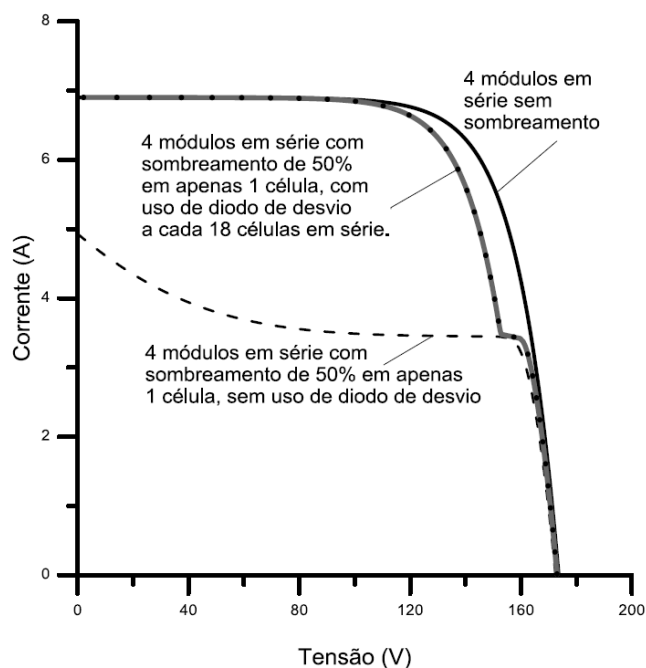


Fonte: Villalva (2012).

A fim de evitar esse tipo de acontecimento que pode prejudicar drasticamente a geração de energia elétrica ou até mesmo danificar o sistema, a escolha de uma boa localização para a instalação dos módulos é uma consideração importante para o projeto do sistema fotovoltaico.

A Figura 8 mostra a curva I-V para 4 módulos conectados em série em 3 casos: Sem sombreamento, com sombreamento de 50% em 1 célula e com sombreamento de 50% em uma célula e uso de diodo de desvio. É possível observar na figura o quanto um sistema de 4 módulos em série pode ser prejudicado com o sombreamento de apenas 50% de 1 única célula.

Figura 8: Curva I-V para 4 módulos conectados em série sem e com sombreamento.



Fonte: Cresesb (2012).

2.2 Componentes de um sistema fotovoltaico conectado à rede

Um sistema fotovoltaico conectado à rede (SFCCR), ou no inglês *On-Grid*, é composto por um conjunto dispositivos em que se suas funções se completam a fim de gerar uma energia elétrica de qualidade para que possa ser transferida à rede elétrica da concessionária de energia. Além dos módulos fotovoltaicos mencionados no item 2.1, outros componentes desse sistema são: Inversores, caixas de *strings*, quadro de proteção de corrente contínua (CC) e quadro de proteção de corrente alternada (CA, que englobam proteções, disjuntores, fusíveis, cabos, aterramentos e etc), além do medidor de energia.

2.2.1 Inversor para sistema fotovoltaico conectado à rede

Os inversores são utilizados para converter a corrente contínua fornecida pelos módulos em corrente alternada. Primeiramente, é importante saber que os inversores CC-CA nos sistemas fotovoltaicos autônomos fornecem tensões elétricas alternada em seus terminais, para a alimentação das cargas isoladas. Já no sistema fotovoltaico conectado à rede, os inversores funcionam como fonte de corrente e não tem a capacidade de regular tensão para as cargas.

Para conexão à rede elétrica, estão disponíveis inversores em diversas faixas de potência, desde 250 W para uso de apenas um módulo à rede elétrica, até vários kW utilizados em usinas de energia solar. Geralmente inversores monofásicos com potência até 5 kW são utilizados em micro e minigeração. Para sistemas trifásicos, inversores monofásicos em conexão trifásica podem ser utilizados. A Figura 9 mostra o inversor monofásico Sunway M XS da Santerno, algumas características desse inversor podem ser observadas na Tabela 2.

Figura 9: Inversor solar monofásico Sunway M XS da Santerno.



Fonte: Santerno (2017).

i. Características de um inversor para SFCR

Assim como no caso do módulo fotovoltaico, ou de qualquer dispositivo, os parâmetros do equipamento estão disponíveis no *datasheet*, são de extrema importância para a elaboração do projeto.

A Tabela 2 a seguir mostra algumas características importantes retiradas do catálogo do inversor Sunway M XS da Santerno, como faixa de tensão de MPPT, máxima tensão CC e etc.

Tabela 2: Características dos inversores SUNWAY M XS da Santerno.

Características do produto	
Faixa útil de tensão de MPPT	125-480 V _{cc}
Máx. tensão CC	580 V _{cc}
Número máx. de <i>strings</i> na entrada	4
Número máx. de canais MPPT independentes	2 (1 no M XS 2200)
Tensão de rede	230 V _{ca} +/- 15%
Frequência de rede	60 Hz

Fonte: Santerno.

A seguir as características mostradas na Tabela 2 são definidas:

a) Faixa útil de tensão contínua na entrada

A faixa útil de tensão mostrada na Tabela 2 é de 125 até 480 V_{cc}. Esses valores representam o intervalo de tensão de entrada em que o inversor consegue operar. É também o intervalo de tensão em que o sistema de MPPT (rastreamento do ponto de máxima potência) do inversor maximiza a produção de energia dos módulos.

Caso o conjunto de módulos tenha tensões de saída fora da faixa útil de MPPT do inversor, eles iriam causar a perda de eficiência do sistema fotovoltaico.

b) Tensão contínua máxima na entrada

Mostrado na Tabela 2 como 580 V, esse é o valor máximo de tensão que o inversor pode suportar na sua entrada. Sendo a entrada do inversor, os terminais de conexão dos módulos, essa tensão está relacionada com a tensão de circuito aberto dos módulos V_{OC}, assim limitando o número de módulos fotovoltaicos conectados em série (ou *string*). Esse dado é de extrema importância pois ele limita a quantidade máxima de módulos associados em série.

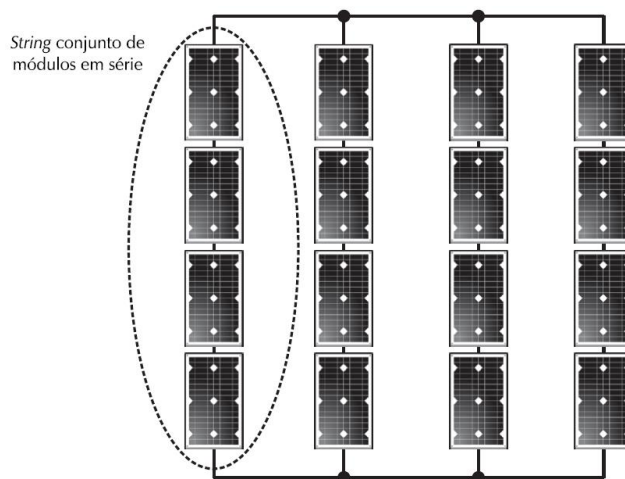
c) Número máximo de *strings* na entrada

Uma *string* é um conjunto de módulos fotovoltaicos associados em série. Na Figura 10 é mostrado um conjunto de *strings* associados em paralelo, essa associação é feita para aumentar a corrente, e conseqüentemente, a potência do sistema.

Os inversores comerciais possuem um número determinado de entradas para *strings*, geralmente os inversores apresentam um conjunto de terminais do tipo MC4 para até quatro conexões de *strings*, como é o caso do exemplo mostrado anteriormente, na

Tabela 2. Para sistemas fotovoltaicos com maior número de strings, é necessário a utilização de uma caixa de conexões chamada *string box* ou conectores auxiliares para paralelismo de *strings*.

Figura 10: Um conjunto de módulos fotovoltaicos formado pela associação de strings em paralelo.



Fonte: Villalva (2012).

d) Número de entradas independentes com MPPT

Podendo ser equipados com um ou mais canais de MPPT (rastreamento do ponto de máxima potência), os inversores para conexão à rede elétrica são preparados para maximizar a potência fornecida pelos módulos, fazendo com que eles sempre operem no seu ponto de máxima potência. Inversores com múltiplas entradas MPPT podem otimizar a produção de energia para vários conjuntos de módulos fotovoltaicos independentemente.

Na Tabela 2 foi mostrado que o inversor Sunway M XS da Santerno possui 2 entradas MPPT independentes, com exceção do modelo M XS 2200, logo, o inversor em questão possui 1 canal de MPPT para cada 2 terminais de strings conectados.

e) Tensão de operação na conexão com a rede e frequência de rede

A Tabela 2 mostra que o inversor Sunway M XS é feito para operar em tensões de 230 V e suporta uma tolerância de 15% para mais ou para menos, e também operam em uma frequência de 60 Hz. Com esses parâmetros, esse inversor seria apropriado para o nordeste (que utiliza faixa de tensão de 220 V), com exceção de salvador que utiliza 110 V.

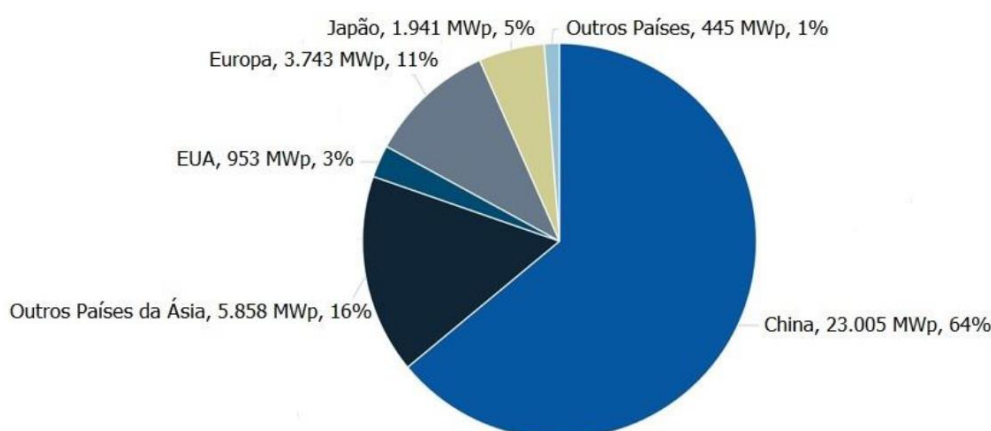
2.3 Cenário mundial

Primeiramente, o desenvolvimento dessa tecnologia se deu diante da busca de fontes de energia para sistemas elétricos em locais remotos, onde a criação ou extensão de uma rede de energia elétrica era inviável. Outro fator que foi de extrema importância para o desenvolvimento das tecnologias fotovoltaicas, foi a chamada “corrida espacial”, onde a energia fotovoltaica é a fonte de energia mais viável para suprir as necessidades de equipamentos eletroeletrônicos no espaço.

Em 1978, a indústria da tecnologia fotovoltaica no mundo já ultrapassava uma produção de 1MWp/ano. Em 1998 a produção mundial de células fotovoltaicas atingiu a marca de 150 MWp (Cresesb, 2014). Na maior parte da década de 90 os Estados Unidos foram líderes na produção dessa tecnologia, já no final da década, políticas impulsionadas pelo Protocolo de Kyoto, que firmava um compromisso com a redução da produção de CO₂, resultaram em aumentos consideráveis no desenvolvimento desse mercado na Alemanha e no Japão.

A utilização do sol como fonte de energia vem crescendo cada vez mais, principalmente com a existência de novos incentivos para a instalação de sistemas fotovoltaicos. A evolução na produção de células fotovoltaicas vem crescendo significativamente, o que resulta em uma maior qualidade das tecnologias e menores preços, causando uma maior disseminação dessa tecnologia. A Figura 11 mostra a produção mundial de células fotovoltaicas no ano de 2012, a China foi a líder na produção com cerca de 23GWp, 64% da produção mundial.

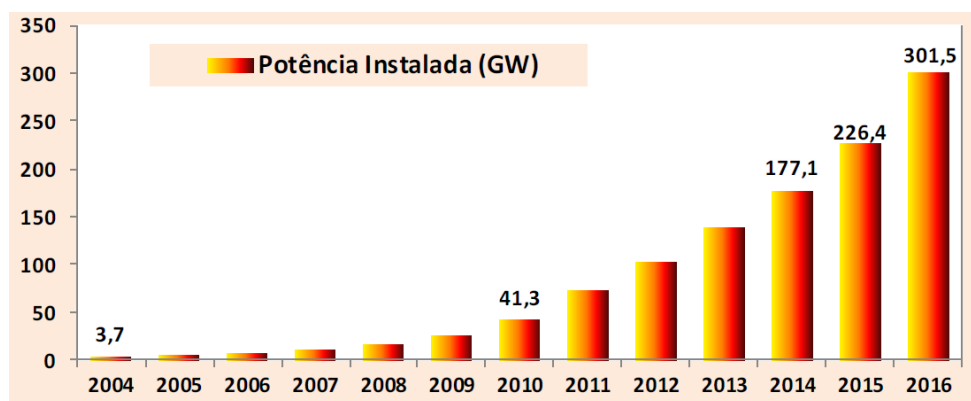
Figura 11: Distribuição da produção mundial de células fotovoltaicas em 2012.



Fonte: Cresesb (2014).

Junto com uma maior produção e desenvolvimento dessa tecnologia, ocorreu também o aumento da potência instalada de sistemas fotovoltaicos pelo mundo. Esse aumento entre os anos de 2004 e 2016 é mostrado na Figura 12.

Figura 12: Evolução da potência instalada em sistemas fotovoltaicos no mundo.



Fonte: Adaptado de ministério de minas e energia. (2016)

2.4 Cenário brasileiro – Mecanismo de compensação de crédito

2.4.1 Histórico do cenário brasileiro

Sabe-se que países europeus que possuem uma alta produção de energia fotovoltaica, quando comparados com o Brasil, recebem índices bem menores de irradiação solar em seus territórios.

Os primeiros sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica no Brasil foram instalados no final dos anos 90 em concessionárias de energia, universidades e centros de pesquisa. Em 1995, ao instalar um sistema fotovoltaico de 11 kWp em Recife, PE, a Chesf (Companhia Hidroelétrica do São Francisco) se tornou pioneira na área. Outros sistemas foram instalados na USP em São Paulo, SP, na UFSC em Florianópolis, SC, na UFRGS em Porto Alegre, RS e no Cepel no Rio de Janeiro, RJ (Cresesb, 2014).

Atualmente no Brasil, segundo ANEEL, há 20286 unidades consumidoras com geração distribuída do tipo UFV (central geradora fotovoltaica) como mostrada na Figura 13, totalizando uma potência total de 174347,10 kW, entre elas, unidades do tipo comercial, residencial, rural e industrial. O número de unidades consumidoras (UC's) que recebem os créditos gerados é de 23173. Nela é possível observar também o número de centrais geradoras hidrelétricas (CGH), centrais geradoras eólicas (EOL) e central geradora termelétrica (UTE).

Figura 13: Unidades consumidoras com geração distribuída no Brasil.

UNIDADES CONSUMIDORAS COM GERAÇÃO DISTRIBUÍDA			
Tipo	Quantidade	Quantidade de UCs que recebem os créditos	Potência Instalada (kW)
CGH	36	6.134	37.290,70
EOL	53	96	10.285,60
UFV	20.286	23.173	174.347,10
UTE	74	200	23.734,86
Total de usinas: 20.449			
Total de UCs que recebem os créditos: 29.603			
Potência total: 245.658,26 kW			

Fonte: ANEEL (2018).

2.4.2 Resoluções Normativas nº 482/2012 e nº 687/2015

Publicada em 17 de abril de 2012 pela Aneel (Agência Nacional de Energia Elétrica), a regulamentação para sistemas fotovoltaicos conectados à rede de distribuição, estabelece as condições gerais para o acesso de micro e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, criando o sistema de compensação de energia elétrica e dá outras providências (ANEEL, 2012).

A fim de provocar uma inovação nos aspectos da micro e minigeração e abrir novas perspectivas e oportunidades para o mercado e para os consumidores, a ANEEL publicou em 24 de novembro de 2015 a Resolução Normativa (REN) 687/2015 para revisar a Resolução 482/2012.

Na REN 687/2015 são apresentadas as seguintes definições (ANEEL, 2015):

- Microgeração distribuída: Central geradora de energia elétrica, com potência instalada menor ou igual a 75 kW e que utilize cogeração qualificada, conforme a regulamentação da ANEEL, ou fontes renováveis de energia elétrica, conectada na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras;
- Minigeração distribuída: Central geradora de energia elétrica, com potência instalada superior a 75 kW e menor ou igual a 3 MW para fontes hídricas ou menor ou igual a 5 MW para cogeração qualificada, conforme a regulamentação da ANEEL, ou para demais fontes renováveis de energia elétrica, conectada na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras.

No artigo 3º da norma fica definido que as distribuidoras deverão adequar seus sistemas comerciais e elaborar ou revisar normas técnicas para tratar do acesso de microgeração e minigeração distribuída, utilizando como referência os Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional – PRODIST, as normas técnicas brasileiras e, de forma complementar, as normas internacionais (ANEEL, 2012).

Afirma ainda que a potência instalada da microgeração e da minigeração distribuída fica limitada à potência disponibilizada para a unidade consumidora onde a central geradora será conectada, e que, caso o consumidor deseje instalar uma potência superior ao limite estabelecido, é necessário solicitar o aumento da potência disponibilizada, sem ser necessário o aumento da carga instalada (ANEEL, 2012).

O capítulo III da resolução trata do sistema de compensação de energia elétrica. Segundo o artigo 6º, podem aderir a esse sistema de compensação, os consumidores responsáveis por UC:

- I. Com microgeração ou minigeração distribuída;
- II. Integrante de empreendimento de múltiplas unidades consumidoras;
- III. Caracterizada como geração compartilhada;
- IV. Caracterizada como autoconsumo remoto.

A energia ativa excedente produzida será injetada na rede de distribuição pela UC e será cedida a título de empréstimo gratuito para a distribuidora, passando essa UC a ter um crédito de energia ativa a ser consumida, sendo esse crédito válido por 60 meses.

Sendo grupo A consumidores em alta tensão, e grupo B consumidores em baixa tensão. No faturamento da UC deve ser cobrado, no mínimo, o valor da demanda contratada para consumidores do grupo A, ou o valor referente ao custo de disponibilidade para consumidores do grupo B.

Esse custo de disponibilidade é o valor mínimo, em reais, a ser cobrado aos consumidores. Para consumidores monofásicos, o valor é equivalente ao consumo de 30 kW, para consumidores bifásicos é cobrado o equivalente a 50 kW, e para consumidores trifásicos é cobrado o valor equivalente a 100 kW (ANEEL, 2010).

O excedente de energia que não tenha sido compensado na própria UC, pode ser utilizado na compensação do consumo de outras UC's. O titular da unidade consumidora onde se encontra a central geradora, deve definir a porcentagem de energia que será destinada a cada UC (de mesma titularidade, CPF ou CNPJ) que participe do sistema de compensação, podendo solicitar a alteração desse valor junto à distribuidora, desde que feita por escrito e com antecedência mínima de 60 dias de sua aplicação. Para

cada UC do sistema de compensação, ao se encerrar a compensação de energia dentro do mesmo ciclo de faturamento, os créditos remanescentes devem permanecer na unidade consumidora a que foram destinados.

3 PROJETO DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO

Em um projeto de um sistema fotovoltaico, deve ser levado em consideração vários parâmetros, informações importantes que terão influência direta na eficiência e viabilidade do projeto. Orientação dos módulos, disponibilidade de área, estética, disponibilidade do recurso solar e demanda a ser atendida são alguns desses fatores, deve se criar uma compatibilidade entre o gerador fotovoltaico, componentes do sistema e a energia recebida do sol e a demanda da unidade consumidora.

As principais etapas do projeto SFV são:

1. Levantamento adequado do recurso solar disponível no local da aplicação;
2. Definição da localização e configuração do sistema;
3. Levantamento adequado de demanda e consumo de energia elétrica;
4. Dimensionamento do gerador fotovoltaico;
5. Dimensionamento dos equipamentos de condicionamento de potência que, no caso dos SFCRs, se restringe ao inversor para interligação com a rede.

3.1 Avaliação do recurso solar

Primeiramente, deve-se conhecer a radiação solar incidente na região de instalação do sistema. A forma mais comum de se apresentar dados de radiação é por valores médios mensais para a energia acumulada ao longo de um dia. Também é comum utilizar “Ano Meteorológico Padrão ou Típico”, do inglês TMY (*typical meteorological year*), que é determinado a partir de dados armazenados de vários anos medidos.

Para a realização do projeto, serão utilizados os valores de radiação solar retirados do bando de dados Atlas Solarimétrico do Brasil, do CRESESB. Esse banco, tem como entrada as coordenadas do local de instalação do sistema fotovoltaico, e oferece de saída a irradiação solar diária média para cada mês, em diferentes ângulos de incidência, dada em kW/m².dia.

A Tabela 3 mostra os valores de irradiação solar diária média de janeiro a junho para a cidade de Teresina, mais próxima das coordenadas da UC existente no sistema.

Tabela 3: Dados fornecidos pela SunData.

Cidade	Estado	País	Média diária de irradiação solar [kWh/m ² .dia]							
			Latitude	Longitude	Distancia [km]	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai
Teresina	Piauí	Brasil	5,237421 S	42,693293 O	29	5,00	4,86	4,78	4,72	5,00

Fonte: SunData, 2017.

De acordo com a média anual de irradiação do local, deve-se calcular a quantidade de horas de sol pleno por dia (HSP), isto é, o número de horas cuja irradiância solar deve permanecer constante e igual a 1000 W/m^2 . De acordo com a equação a seguir:

$$HSP = \frac{E \text{ Wh/m}^2}{1000 \text{ W/m}^2} \quad (4)$$

Onde:

- HSP (h/dia) = Horas de sol pleno por dia;
- E (Wh/m^2) = Média de irradiação solar diária no local

3.2 Orientação dos módulos fotovoltaicos

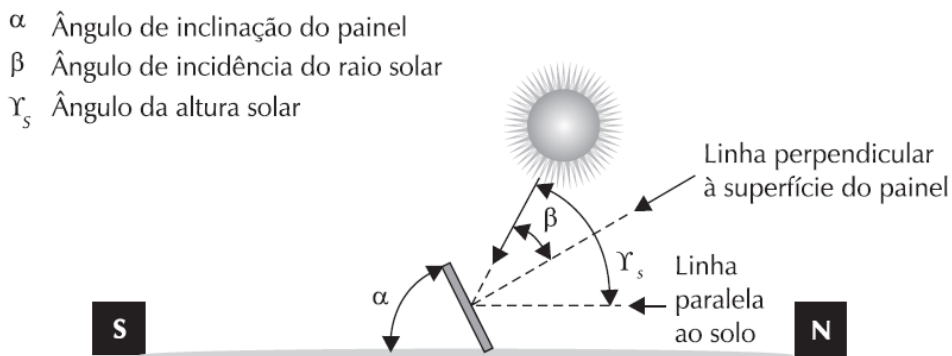
Tendo em vista de que o sistema instalado se trata de um sistema fixo (isto é, sem seguimento solar), é necessário determinar o ângulo de orientação dos módulos de modo de esse ângulo escolhido para uma maior captação dos raios solares ao longo do ano.

Em cada ponto do planeta, a radiação solar incide no solo em um ângulo de inclinação diferente, variando ao decorrer do ano. O ângulo azimutal é o ângulo de orientação dos raios solares com relação ao norte geográfico. Um observador abaixo da linha do equador, no hemisfério sul, quando olhando em direção ao norte, observa o sol em diferentes ângulos ao longo do dia, da direita para a esquerda, e ao meio-dia solar, o sol se encontrará precisamente à sua frente, o que representa o ângulo azimutal nulo (Villalva, 2012).

Para escolha correta da posição de instalação do módulo deve-se levar em consideração o movimento diário do sol. Pode se dizer então, que no Brasil, a melhor maneira de instalar um módulo fotovoltaico fixo, é orientando o mesmo para o norte geográfico, dessa forma pode se obter um maior aproveitamento da luz solar durante o decorrer do dia.

Além da variação da posição solar ao longo do dia, também existe uma variação durante o ano. Assim, deve-se também definir o ângulo de inclinação do módulo em relação a linha paralela ao solo, de modo a obter uma maior captação durante o ano. A Figura 14 ilustra a orientação de um módulo e o ângulo de incidência dos raios solares.

Figura 14: Ângulo de inclinação do módulo e ângulo de incidência dos raios solares.



Fonte: Villalva, 2012.

Não existe um consenso geral a respeito do melhor método de escolha de ângulo de inclinação (α), porém é recomendado pelos fabricantes a escolha do ângulo de latitude como o ângulo de inclinação do módulo, assim possibilitando uma boa produção. Também é recomendado que as instalações dos módulos não sejam feitas com ângulos inferiores a 10° , a fim de evitar o acúmulo de poeira sobre as placas.

3.3 Dimensionamento do gerador fotovoltaico

Observando a fatura de energia da UC onde se deseja instalar o SFCR, obtém-se o consumo médio mensal de energia elétrica da UC. Com esses dados é possível dimensionar o gerador fotovoltaico de forma a produzir energia suficiente para utilizar os créditos de energia sem desperdícios.

Como citado anteriormente na seção 2.4.2, segundo a Regulamentação 482/2012, mesmo que a geração seja suficiente para abater o valor total do consumo no mês, o titular ainda deverá pagar o custo de disponibilidade, portanto, pode-se subtrair a quantidade referente ao custo de disponibilidade, em kWh, do consumo médio mensal da UC.

Após coletado os dados de irradiação, deve-se calcular a potência de pico do gerador fotovoltaico. Essa potência do microgerador que compõe um SFCR pode ser calculado de acordo com a equação 5 (Cresesb, 2014):

$$P_{FV}(Wp) = \frac{E/TD}{HSP_{MA}} \quad (5)$$

Onde:

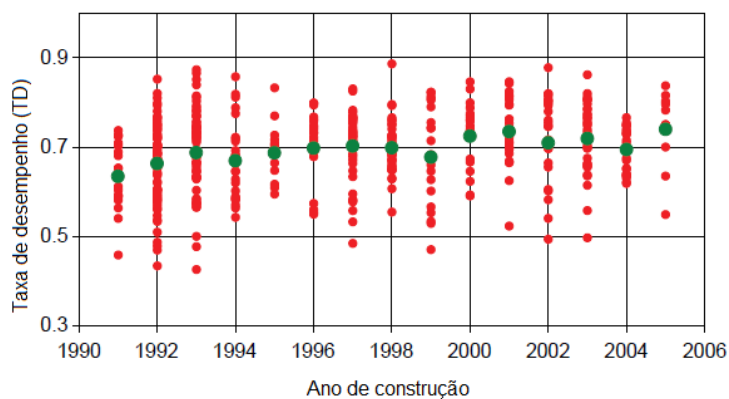
- P_{FV} (Wp) = Potência de pico do arranjo de painéis FV;
- E (Wh/mês) = Consumo mensal médio anual da edificação ou fração deste;
- HSP_{MA} (h/mês) = Média mensal das horas de sol pleno incidente no plano do painel FV;
- TD (Adimensional) = Taxa de desempenho.

Segundo Cresesb (2014), o desempenho de um sistema fotovoltaico é tipicamente medido pela Taxa de Desempenho TD ou PR, do inglês *Performance Ratio*, definida como a relação entre o desempenho real do sistema sobre o desempenho máximo teórico possível. Por levar em consideração a potência real do sistema e as perdas envolvidas, como queda de tensão, sujeira sobre o painel, sombreamento, eficiência do inversor entre outras.

Um estudo de 2007 da Agência Internacional de Energia (IEA) avaliou a taxa de desempenho de 461 sistemas fotovoltaicos conectados à rede de 1991 a 2005, sendo maioria menor que 10 kWp e localizados na Alemanha, Japão e Suíça, mostrado na Figura 15.

Pode-se observar na Figura 15 uma média, representada pelos pontos verdes, próxima a 70%, e para os últimos 5 anos mostrados, entre 70 e 75%. No Brasil, para sistemas instalados em residências, bem ventilados e sem sombreamento, pode se obter uma taxa de desempenho entre 70 e 80% (EPIA, 2014).

Figura 15: Taxa de desempenho entre 1991 e 2005.



Fonte: IEA (2014).

Sabendo a potência de pico do sistema, é possível saber o número de módulos necessários para o mesmo, de acordo com a equação 6:

$$N = \frac{P_{FV}}{P_{MP}} \quad (6)$$

Onde:

- N = Número de módulos
- P_{FV} (Wp) = Potência de pico do painel fotovoltaico
- P_{MP} (Wp) = Potência de pico do módulo

3.4 Dimensionamento do inversor

O dimensionamento adequado do(s) inversor(es) do SFCR é de extrema importância, visto que este equipamento irá proporcionar a conversão CC/CA necessária para efetiva conexão à rede elétrica, além de influenciar de forma significativa a eficiência do sistema dependendo do arranjo e projeto das *strings* escolhido. Para tal, deve se levar em consideração as características apresentadas previamente no tópico 2.2.1i como potência nominal, limites da faixa de tensão, corrente máxima e número de canais MPPT, deve-se levar em conta também a potência do gerador fotovoltaico e o fator de dimensionamento do inversor (FDI).

3.4.1 Fator de Dimensionamento do Inversor

O Fator de Dimensionamento do Inversor é a relação entre a potência nominal do inversor e a potência de pico do gerador fotovoltaico, para um melhor custo/benefício o dimensionamento do inversor deve ser compatível com o gerador fotovoltaico de forma que possuam aproximadamente a mesma potência (FDI unitário).

O FDI é dado pela equação 7 (Cresesb, 2014):

$$FDI = \frac{P_{Nca}}{P_{FV}} \quad (7)$$

Onde:

- P_{Nca} (W) = Potência nominal em corrente alternada do inversor;
- P_{FV} (Wp) = Potência pico do painel fotovoltaico.

Fatores como a temperatura do local de instalação do inversor (no telhado, por exemplo) acabam prejudicando a operação do inversor, fazendo com que não funcione em suas condições nominais. A variação da radiação solar no local também influencia na obtenção do FDI. Segundo o Cresesb (2014), análise de literatura mostra que os valores inferiores recomendados pelos fabricantes e instaladores para o FDI está entre 0,75 e 0,85, já o limite superior é de 1,05.

A escolha do número de módulos associados em série, ou *strings*, será feita de acordo com os limites de tensão do inversor, a tensão na entrada do inversor é a soma das tensões dos módulos em série. A máxima tensão de entrada do sistema FV, acontece quando o gerador FV ainda está em circuito aberto (VOC) em baixas temperaturas. Sabendo os dados dos *datasheet* do módulo e inversor, pode-se calcular o número de módulos em série com a equação 8 (Cresesb, 2014):

$$N_{serie} \times V_{ocTmin} = Vi_{máx} \quad (8)$$

Onde:

- $Vi_{máx}$ (V) = Máxima tensão CC admitida pela entrada do inversor;
- V_{ocTmin} (V) = Tensão em circuito aberto de um módulo FV na menor temperatura de operação prevista.

Para determinar a tensão do módulo em temperaturas diferentes da nominal, ou seja, 25 °C, é necessário consultar o *datasheet* para se obter o coeficiente de temperatura da tensão (β), em mV/célula.°C ou valor percentual %/°C. Utiliza-se esse β na equação 9 (Cresesb, 2014):

$$V_{oc}(T) = V_{oc(STC)} \times (1 + \beta \times (T - 25)) \quad (9)$$

Onde:

- $V_{oc}(T)$ = Tensão de circuito aberto do módulo em condições de temperatura extrema;
- $V_{oc(STC)}(T)$ = Tensão de circuito aberto do módulo em *Standart Test Conditions* (STC).

A tensão de trabalho do gerador deve estar dentro da faixa de tensão do MPPT do inversor, portanto, o número mínimo e máximo de módulos depende dessa faixa de tensão. O número mínimo e máximo de módulos em série, respeitando a equação 8, pode ser calculado de acordo com a equação 10 (Villalva ,2012):

$$V_{MP} = V_{MP(STC)} \times N_{serie} \quad (10)$$

Onde:

- V_{MP} (V) = Tensão de MPPT produzida pelos módulos em série;
- $V_{MP(STC)}$ (V) = Tensão de máxima potência do módulo em STC;

Calculado o número de módulos em série, deve-se calcular o número de *strings* em paralelo, de modo que não ultrapasse o valor de corrente CC máxima de entrada do inversor.

Como calculado no item 3.3, tendo o número teórico de módulos FV e o número de módulos em série, pode-se calcular o número de *strings*, a partir da equação 11.

$$N_{paralelo} = \frac{N}{N_{serie}} \quad (11)$$

Deve-se respeitar a corrente máxima do inversor, de acordo com a equação 12:

$$N_{paralelo} \times I_{MP} < I_{i_{max}} \quad (12)$$

Onde:

- $I_{i_{max}}$ (A) = Corrente máxima CC admitida na entrada do inversor;
- I_{MP} (A) = Corrente de máxima potência do módulo FV.

Escolhido o número de módulos em série e número de *strings* em paralelo, pode-se calcular a potência nominal do gerador fotovoltaico, de acordo com a equação 13.

$$P_{FV} = N_{paralelo} \times N_{serie} \quad (13)$$

Após se obter a potência nominal do gerador fotovoltaico, é possível calcular o FDI, de acordo com a equação 6.

A fim de calcular a energia gerada pelo sistema durante toda a vida útil, considerando a eficiência dos módulos, deve ser utilizada a equação 14 (Villalva, 2012):

$$E_m = 30 \times A_m \times \eta_m \times TD \times HSP \quad (14)$$

Onde:

- $E_m(kWh)$ = Energia média produzida por módulo em um mês;
- $A_m(m^2)$ = Área do módulo;
- η_m = Eficiência do módulo;
- TD = Taxa de desempenho;
- $HSP(h)$ = Média mensal de horas de sol pleno.

4 ESTUDO DE CASO

Primeiramente deve-se ser feito um estudo a respeito da localidade das unidades consumidoras em questão, de modo a saber se a instalação do sistema seria possível ou não. Dados como localização, padrão de consumo, irradiação do local e existência ou não de possíveis sombreamentos devem ser levados em consideração.

4.1 Apresentação da UC para estudo

Este estudo de caso foi realizado para dimensionar um sistema fotovoltaico conectado à rede para duas UC's de mesma titularidade, sendo uma um sítio (nesse trabalho será referida como UC 1) em um local remoto afastado da cidade ou de qualquer edificação, e a outra UC residencial (referida nos próximos itens como UC 2) localizada na zona leste da cidade, ambas unidades consumidoras são monofásicas, atendidas em baixa tensão e localizadas na região de Teresina, Piauí.

4.1.1 Histórico de consumo das UC's

As Tabela 4 e Tabela 5, mostram os históricos de consumo das duas UC's e os valores em reais, referente ao consumo mensal dos últimos 12 meses.

Tabela 4: Histórico da fatura da UC 1.

Mês	Tarifa (R\$/kWh)	Consumo (kWh)	Valor da Fatura
Nov/16	0,635038	560	R\$352,45
Dez/16	0,634654	1367	R\$867,57
Jan/17	0,628966	1059	R\$666,07
Fev/17	0,600272	494	R\$296,53
Mar/17	0,620518	312	R\$193,60
Abr/17	0,614052	430	R\$264,04
Mai/17	0,652150	947	R\$617,59
Jun/17	0,613087	1403	R\$860,16
Jul/17	0,615997	1642	R\$1.011,47
Ago/17	0,667243	1662	R\$1.108,96
Set/17	0,616413	1723	R\$1.062,08
Out/17	0,845665	1781	R\$1.506,13
Média		1115	R\$734,15

Fonte: Eletrobrás Piauí (2017).

Ao analisar a Tabela 4, pode-se observar uma grande diferença entre os meses de inverno (período sem chuva, entre os meses de junho e novembro) e verão (período chuvoso, entre dezembro e maio), isso se dá devido a existência de uma bomba de 1,5CV utilizada para irrigação no período de falta de chuva.

Tabela 5: Histórico da fatura da UC 2.

Mês	Tarifa (R\$/kWh)	Consumo (kWh)	Valor da Fatura
Nov/16	0,635038	168	R\$161,30
Dez/16	0,592151	77	R\$45,60
Jan/17	0,628966	361	R\$227,06
Fev/17	0,562111	162	R\$91,06
Mar/17	0,620518	230	R\$142,72
Abr/17	0,614052	447	R\$274,48
Mai/17	0,652150	266	R\$173,47
Jun/17	0,613087	230	R\$141,01
Jul/17	0,615997	247	R\$152,15
Ago/17	0,622760	108	R\$67,26
Set/17	0,577473	90	R\$51,97
Out/17	0,789030	86	R\$67,86
Média		206	R\$128,44

Fonte: Eletrobrás Piauí (2017).

As duas unidades consumidoras juntas, possuem uma média de consumo mensal de 1321 kWh e tem custo médio de R\$ 862,59.

4.1.2 Irradiação solar no local

A escolha do local de instalação do SFCR, levou em conta que a UC 2 está mais propícia a sofrer um maior sombreamento, tendo em vista que está localizada em um local com muitos edifícios, já a UC 1 não possui nenhuma edificação em suas redondezas.

Após decidido o local de instalação, as coordenadas do local foram obtidas com a ajuda do mapa Google e inseridas no banco de dados *Sundata*, do Cresesb, a fim de obter os valores de irradiação solar diária média mensal do local.

Como pode se observar na Tabela 6, o banco de dados fornece os valores de média de irradiação diária referente aos meses de janeiro a dezembro, para diferentes ângulos. Como citado, é recomendável a utilização de um ângulo de inclinação mínimo

para os painéis de 10°. Os valores de irradiação utilizados são referentes ao ângulo de 7°, que é o ângulo mais aproximado fornecido pelo banco de dados.

Analisando a Tabela 6, pode-se observar que no local estudado, a média diária mensal é de 5,52 kWh/m².dia.

Tabela 6: Dados de irradiação solar no local de instalação do SFCR.

Ângulo	Plano Horizontal	Ângulo igual a latitude	Maior média anual	Maior mínimo mensal
	0° N	5° N	7° N	4° N
Mês	Média diária mensal de irradiação solar [kWh/m ² .dia]			
Jan	5	4,86	4,79	4,89
Fev	4,86	4,78	4,74	4,8
Mar	4,78	4,77	4,76	4,78
Abr	4,72	4,8	4,82	4,78
Mai	5	5,17	5,24	5,14
Jun	5,28	5,52	5,61	5,48
Jul	6,08	6,36	6,46	6,31
Ago	6,56	6,75	6,82	6,72
Set	6,11	6,15	6,16	6,14
Out	6,39	6,3	6,26	6,32
Nov	5,67	5,51	5,44	5,55
Dez	5,39	5,21	5,13	5,25
Média	5,49	5,52	5,52	5,51

Fonte: Adaptado de Sundata/Cresesb (2017).

Pode-se então calcular as horas de sol pleno (HSP) por mês de acordo com a equação 4:

$$HSP_{MA} = \frac{5,52 \text{ kWh/m}^2}{1 \text{ kW/m}^2} \times 30 \text{ dias}$$

$$HSP_{MA} = 165,6 \text{ h/mês}$$

4.2 Dimensionamento do SFCR

Tendo conhecimento dos dados da UC apresentados na seção 4.1, é possível iniciar o dimensionamento do sistema fotovoltaico conectado à rede para as duas unidades consumidoras em questão.

4.2.1 Potência do SFCR

Sabendo que o custo de disponibilidade para unidades monofásicas, mencionado anteriormente neste trabalho, é de 30 kWh, e que o consumo médio mensal das UC's é de 1321 kWh, é subtraído o custo de disponibilidade de cada UC, logo, o sistema será projetado para 1261kWh. Adotando uma taxa de desempenho de 80%, pode-se calcular a potência mínima necessária de acordo com a equação 5:

$$P_{FV}(Wp) = \frac{1261/0,8}{165,6}$$

$$P_{FV}(Wp) = 9,51 kWp$$

4.2.2 Número de módulos fotovoltaicos

Definida a potência do gerador fotovoltaico necessária, deve-se calcular o número de módulos necessário. Para isso foram escolhidos alguns modelos de módulo com características distintas.

Foram escolhidos os seguintes módulos: CS6P-260P, CS6P-265P e CS6U-325P da Canadian Solar.

Na Tabela 7, são mostradas as características elétricas retiradas dos *datasheet* dos 3 módulos escolhidos.

Tabela 7: Comparativo das características elétricas em STC dos módulos escolhidos.

Modelo	CS6P-260P	CS6P-265P	CS6U-325P
Potência de pico (Pmax)	260 Wp	265 Wp	325 Wp
Tensão de máx potência (Vmp)	30,4 V	30,6 V	37 V
Corrente de máx potência (Imp)	8,56 A	8,66 A	8,78 A
Tensão de circuito aberto (Voc)	37,5 V	37,7 V	45,5 V
Corrente de curto circuito (Isc)	9,12 A	9,23 A	9,34 A
Eficiência (n)	16,16%	16,47%	16,72%
Coefficiente de temperatura	-0,0041%/°C	-0,0041%/°C	-0,0041%/°C

Fonte: Canadian Solar (2017).

A partir da equação 6, pode-se então definir o número de módulos necessários para o arranjo, de acordo com a potência de cada opção de módulo.

$$N_1 = \frac{9510}{260} = 36,57$$

$$N_2 = \frac{9510}{265} = 35,88$$

$$N_3 = \frac{9510}{325} = 29,26$$

Tendo em vista que o número de módulos deve ser inteiro, a Tabela 8 mostra, para cada modelo, o número de módulos escolhidos e a quantidade de energia mensal média produzida por um módulo, considerando $HSP = 165,6 h/mês$.

Tabela 8: Número de módulos necessários e preço total para cada modelo.

Modelo	Número de módulos	Potência do gerador (kWp)	Energia mensal produzida por módulo (kWh/mês)	Energia mensal total produzida (kWh/mês)
CS6P-260P	37	9,62	34,444	1274,45
CS6P-265P	36	9,54	35,107	1263,85
CS6U-325P	30	9,75	43,056	1291,68

Fonte: Autor.

Como a Energia que se deseja produzir é de 1261 kWh/mês, os 3 arranjos de módulos na Tabela 8 satisfazem esse requisito. Outro fator relevante é o custo dos arranjos, tendo em vista de que são da mesma marca, possuindo mesma garantia e características semelhantes, um cálculo de custo inicial dos módulos é mostrado na Tabela 9:

Tabela 9: Custo inicial para cada arranjo de módulos.

Modelo	Número de módulos	Preço unitário	Preço total dos módulos
CS6P-260P	37	R\$ 780,00	R\$ 28.860,00
CS6P-265P	36	R\$ 789,00	R\$ 28.404,00
CS6U-325P	30	R\$ 805,44	R\$ 24.163,20

Fonte: Autor.

4.2.3 Dimensionamento do inversor

Vendo que se trata de um gerador com número de módulos entre 30 e 38 módulos, a topologia escolhida será a de inversor de grupo de módulos. Tendo em vista de que se trata de um sistema monofásico, os inversores escolhidos para a análise foram da linha Fronius Primo, as características podem ser observadas da Tabela 10:

Tabela 10: Modelos de inversores escolhidos para estudo.

Modelo	Fronius Primo 5.0-1	Fronius Primo 6.0-1	Fronius Primo 8.2-1
Potência nominal (P_{nominal})	5000W	6000W	8200 W
Tensão máxima de entrada (V_{Imax})	1000 V		
Tensão mínima de MPPT (V_{IMPPTmin})	240 V		270 V
Tensão máxima de MPPT (V_{IMPPTmax})	800 V		
Corrente máxima de entrada (I_{DCmax})	12 A	18 A	18 A
Eficiência máxima	98 %		
Número de rastreadores MPPT	2		
Preço unitário	R\$ 9.400,00	R\$ 9.450,00	R\$ 12.714,90

Fonte: Fronius

O modelo de módulo escolhido para dar continuidade ao estudo foi o CS6U-325P, por haver uma diferença de custo de mais de R\$4.000,00 entre ele e os outros módulos comparados.

A escolha do inversor será feita respeitando os parâmetros de cada inversor mencionado na Tabela 10, de modo a gerar, juntamente com os módulos, o maior custo-benefício para o cliente, levando em conta o número de inversores necessários, custo e FDI. Essa análise é feita nos tópicos a seguir.

i. Dimensionamento para inversor Fronius Primo 5.0-1

Primeiramente, calcula-se o número de módulos por strings e o número de *strings* em paralelo, para cada inversor.

Pode se obter os limites de número máximo e mínimo de módulos em série, de acordo com as equações 8 (para respeitar o parâmetro de máxima tensão CC admitida na entrada do inversor) e 10 (para que a tensão gerada pelos módulos em série fique dentro dos limites máximo e mínimo da faixa de tensão de MPPT do inversor).

Para limite máximo:

$$N_{serie} = \frac{V_{i_{m\acute{a}x}}}{V_{ocTmin}} = \frac{1000}{45,5} = 21,97 \text{ m\acute{o}dulos}$$

$$N_{serie} = \frac{V_{MPmax}}{V_{MP(STC)}} = \frac{800}{37} = 21,62 \text{ m\acute{o}dulos}$$

Para limite m\u00ednimo:

$$N_{serie} = \frac{V_{MPmin}}{V_{MP(STC)}} = \frac{240}{37} = 6,48 \text{ m\acute{o}dulos}$$

\u00c9 poss\u00edvel observar que o n\u00famero de m\u00f3dulos em s\u00e9rie para temperatura em STC deve estar entre a faixa de 7 a 21 m\u00f3dulos. Como a localidade do sistema ser\u00e1 em Teresina, Piau\u00ed, onde a temperatura de opera\u00e7\u00e3o ser\u00e1 superior a 25\u00b0 C, temperatura de opera\u00e7\u00e3o nominal do m\u00f3dulo, deve-se ent\u00e3o corrigir as tens\u00f5es de m\u00e1xima pot\u00eancia e de circuito aberto dos m\u00f3dulos da temperatura de opera\u00e7\u00e3o de STC para 70\u00b0 C, de acordo com a equa\u00e7\u00e3o 8.

$$V_{oc}(70) = 45,5 \times (1 - 0,0041 \times (70 - 25)) = 37,10 \text{ V}$$

$$V_{MP}(70) = 37 \times (1 - 0,0041 \times (70 - 25)) = 30,17 \text{ V}$$

Pode-se ent\u00e3o recalculer os n\u00fameros m\u00ednimo e m\u00e1ximo de m\u00f3dulos em s\u00e9rie.

Para limite m\u00e1ximo:

$$N_{serie} = \frac{V_{i_{m\acute{a}x}}}{V_{oc(70)}} = \frac{1000}{37,1} = 26,95 \text{ m\acute{o}dulos}$$

$$N_{serie} = \frac{V_{MPmax}}{V_{MP(70)}} = \frac{800}{30,17} = 26,51 \text{ m\acute{o}dulos}$$

Para limite mínimo:

$$N_{serie} = \frac{V_{MPmin}}{V_{MP(70)}} = \frac{240}{30,17} = 7,95 \text{ m\acute{o}dulos}$$

Portanto o novo limite do número de módulos em série para a temperatura de operaao dos módulos de 70 °C é de 8 a 26 módulos.

Em seguida, para calcular o número de *strings* em paralelo, utiliza-se a equaao 11.

$$N_{paralelo} < \frac{I_{i_{max}}}{I_{MP}}$$

$$N_{paralelo} < \frac{12}{8,78}$$

$$N_{paralelo} < 1,36$$

Podem-se observar então, que para esse tipo de inversor, so poderá ser conectada uma *string* por inversor, e cada *strings* poderá ter de 8 a 26 módulos. Alguns possíveis arranjos podem ser observados na Tabela 11.

Tabela 11: Alguns possíveis arranjos de módulos em série e paralelo para inversor Fronius Primo 5.0-1.

Número de módulos por <i>string</i>	Número de <i>strings</i> em paralelo	Módulos por inversor	Tensão de MPPT (V)	Tensão de entrada (V)	Corrente de entrada no inversor (A)
13	1	13	392,21	482,3	8,78
14	1	14	422,38	519,4	8,78
15	1	15	452,55	556,5	8,78
16	1	16	482,72	593,6	8,78
17	1	17	512,89	630,7	8,78
18	1	18	543,06	667,8	8,78
19	1	19	573,23	704,9	8,78
20	1	20	603,4	742	8,78

Fonte: Autor.

Lembrando que o FDI também é um fator importante, pela equação 6, foi calculado o FDI para cada arranjo e os que se encontram entre 0,8 e 1,2 são mostrados na Tabela 12:

Tabela 12: Resultado de FDI para alguns possíveis arranjos.

Número de módulos por string	Número de strings em paralelo	Potência do grupo de módulos	Potência nominal do inversor	FDI
13	1	4225	5000	1,18
14	1	4550	5000	1,09
15	1	4875	5000	1,02
16	1	5200	5000	0,96
17	1	5525	5000	0,90
18	1	5850	5000	0,85
19	1	6175	5000	0,80

Fonte: Autor.

Após uma análise dos valores calculados e das tabelas apresentadas, o arranjo adotado foi o de 1 string de 15 módulos em série, totalizando 15 módulos por inversor. O número de inversores para o sistema é de:

$$N_{inv} = \frac{30}{15} = 2 \text{ inversores}$$

Para esse SFCR, seriam necessários então 30 módulos e 2 inversores, cada inversor com 1 *string* de 15 módulos em série.

ii. Dimensionamento para Fronius Primo 6.0-1

O mesmo procedimento realizado no item i, foi realizado para o inversor Fronius Primo 6.0-1. Inversores bem semelhantes, entretanto, de potência nominal e corrente de entrada (I_{DCmax}) diferentes.

Como as tensões $V_{i_{max}}$, V_{MPmax} e V_{MPmin} se mantiveram as mesmas, os limites de número de módulos em série se mantiveram os mesmos, isto é, entre 8 e 26 módulos.

Em seguida foi calculado o número possível de *strings* em paralelo suportado pelo inversor.

$$N_{paralelo} < \frac{I_{i_{max}}}{I_{MP}}$$

$$N_{paralelo} < \frac{18}{8,78}$$

$$N_{paralelo} < 2,05$$

Portanto, para cada unidade desse inversor, é possível conectar um arranjo de até duas *strings* em paralelo, sendo uma *string* de 8 a 26 módulos em série. A Tabela 13 mostra possíveis arranjos, de acordo com os limites citados.

Tabela 13: Possíveis arranjos de módulos em série e paralelo para inversor Fronius Primo 6.0-1.

Número de módulos por <i>string</i>	Número de <i>strings</i> em paralelo	Módulos por inversor	Tensão de MPPT (V)	Tensão de entrada (V)	Corrente de entrada no inversor (A)
8	1	8	241,36	296,8	8,78
8	2	16	241,36	296,8	17,56
9	1	9	271,53	333,9	8,78
9	2	18	271,53	333,9	17,56
10	1	10	301,7	371	8,78
10	2	20	301,7	371	17,56
11	1	11	331,87	408,1	8,78
11	2	22	331,87	408,1	17,56
12	1	12	362,04	445,2	8,78
12	2	24	362,04	445,2	17,56
13	1	13	392,21	482,3	8,78
13	2	26	392,21	482,3	17,56
14	1	14	422,38	519,4	8,78
14	2	28	422,38	519,4	17,56
15	1	15	452,55	556,5	8,78
15	2	30	452,55	556,5	17,56

Fonte: Autor.

Na Tabela 13, *strings* com mais de 15 módulos foram desconsideradas, tendo em vista que o total do arranjo é de 30 módulos. Uma análise interessante nessa tabela é a possibilidade de um arranjo 15x2, assim sendo necessário apenas 1 inversor, o que causaria um grande benefício econômico para o cliente, entretanto, ainda é necessário observar o FDI para os possíveis arranjos.

O FDI é mostrado na Tabela 14, sendo possível observar que a utilização de uma *string* de 10 ou menos módulos é inviável devido ao elevado FDI. Um possível arranjo do SFCR seriam dois inversores, um inversor com arranjo 10x2 (2 *strings* com 10 módulos em série) e outro inversor com arranjo 10x1, totalizando então 30 módulos e 2 inversores.

Tabela 14: Resultado de FDI para alguns possíveis arranjos.

Número de módulos por string	Número de strings em paralelo	Potência do grupo de módulos	Potência nominal do inversor	FDI
10	1	3250	6000	1,84
10	2	6500	6000	0,92
15	1	4875	6000	1,23
15	2	9750	6000	0,61

Fonte: Autor.

Outra possibilidade viável seria a utilização de dois inversores, cada um conectado a um arranjo 15x1, totalizando 30 módulos e 2 inversores.

Ainda é possível mencionar uma terceira possibilidade, sendo essa a utilização de um único inversor com um arranjo 15x2. Porém a escolha de um FDI de 0,615 do arranjo causaria perdas de produtividade. Zilles *et al* menciona que as perdas aumentam de maneira mais significativa para FDI inferiores a 0,6 e que a utilização de tal FDI só se justificaria se essa decisão tiver algum benefício significativo em termos operacionais ou econômicos, que vai de acordo com a análise de cada caso. Nesse caso, este tipo de arranjo com FDI 0,615 geraria uma diferença de custo significativo, o que justificaria tal escolha entre os outros possíveis arranjos para esse tipo de inversor.

iii. Dimensionamento para Fronius Primo 8.2-1

Dando continuidade com a mesma análise de dimensionamento de inversores, sendo o inversor Fronius Primo 8.2-1 semelhante aos outros da mesma linha, porém com potência nominal, corrente máxima de entrada e tensão mínima de MPPT diferentes.

Pode-se então calcular os números mínimo e máximo de módulos em série:

Para limite máximo:

$$N_{serie} = \frac{V_{i_{máx}}}{V_{oc(70)}} = \frac{1000}{37,1} = 26,95 \text{ módulos}$$

$$N_{serie} = \frac{V_{MPmax}}{V_{MP(70)}} = \frac{800}{30,17} = 26,51 \text{ módulos}$$

Para limite mínimo:

$$N_{serie} = \frac{V_{MPmin}}{V_{MP(70)}} = \frac{270}{30,17} = 8,95 \text{ módulos}$$

Têm-se então que os limites mínimo e máximo de módulos são de 9 a 26 módulos.

Em seguida foi calculado o número possível de *strings* em paralelo suportado pelo inversor.

$$N_{paralelo} < \frac{I_{i,max}}{I_{MP}}$$

$$N_{paralelo} < \frac{18}{8,78}$$

$$N_{paralelo} < 2,05$$

Pode-se observar então que esse tipo de inversor pode suportar até duas *strings* em paralelo, cada uma com 9 a 26 módulos em série. A seguir foi feita uma análise para possíveis arranjos conectados ao inversor.

Tabela 15: Possíveis arranjos de módulos em série e paralelo.

Número de módulos por string	Número de strings em paralelo	Módulos por inversor	Tensão de MPPT (VMP)	Tensão de entrada (Vimax)	Corrente de entrada no inversor (Iidc)
9	1	9	271,53	333,9	8,78
9	2	18	271,53	333,9	17,56
10	1	10	301,7	371	8,78
10	2	20	301,7	371	17,56
11	1	11	331,87	408,1	8,78
11	2	22	331,87	408,1	17,56
12	1	12	362,04	445,2	8,78
12	2	24	362,04	445,2	17,56
13	1	13	392,21	482,3	8,78
13	2	26	392,21	482,3	17,56
14	1	14	422,38	519,4	8,78
14	2	28	422,38	519,4	17,56
15	1	15	452,55	556,5	8,78
15	2	30	452,55	556,5	17,56

Fonte: Autor.

Nesse caso, assim como no item anterior, a possibilidade de utilização de um inversor com um arranjo 15x2 é possível. A seguir pode-se observar o FDI para esse caso.

Na tabela a seguir, pode-se observar a viabilidade da utilização de um inversor com arranjo 15x2, possuindo um FDI de 0,84. Também é mostrado na tabela a análise de FDI para arranjos até 20x2, tais arranjos cujos valores ultrapassam a potência

necessária, entretanto, comprova que para casos de possíveis futuras extensões do projeto fotovoltaico, não ultrapassaria os limites de tensão do inversor escolhido, não necessitando a troca do mesmo.

Tabela 16: Resultado de FDI para alguns possíveis arranjos.

Número de módulos por string	Número de strings em paralelo	Potência do grupo de módulos	Potência nominal do inversor	FDI
10	1	3250	8200	2,52
10	2	6500	8200	1,26
15	1	4875	8200	1,68
15	2	9750	8201	0,84
16	2	10400	8202	0,78
17	2	11050	8203	0,74
18	2	11700	8204	0,70
19	2	12350	8205	0,66
20	2	13000	8206	0,63

Fonte: Autor.

Para esse SFCR, seriam necessários então 30 módulos e 1 inversor, sendo o arranjo composto por 2 *strings* de 15 módulos em série.

Na Tabela 17 são mostrados os custos e FDI de acordo com o modelo de inversor, tal como o número de inversores necessários para cada modelo. Pode-se observar as opções de menor custo são de 1 inversor Fronius Primo 6.0-1 e 1 inversor Fronius Primo 8.2-1, sendo recomendado a utilização da segunda opção, devido a possuir um FDI de 0,84 para o arranjo fotovoltaico necessário, além de possuir uma diferença de custo relativamente baixa, possibilitando até uma futura expansão do gerador fotovoltaico.

Tabela 17: Custo e FDI para cada modelo de inversor.

Modelo	Número de inversores	Preço unitário	Preço total	FDI
Fronius Primo 5.0-1	2	R\$9.400,00	R\$18.800,00	1,02
Fronius Primo 6.0-1	1	R\$9.450,00	R\$9.450,00	0,61
	2	R\$9.450,00	R\$18.900,00	1,23
Fronius Primo 8.2-1	1	R\$12.714,90	R\$12.714,90	0,84

Fonte: Autor.

5 ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA

Nos itens a seguir, foram feitas análise do custo dos equipamentos do SFCR escolhidos, viabilidade econômica e *payback* do sistema. Após o levantamento do número de inversores e módulos necessários para cada modelo apresentado, foi escolhido a opção de arranjo que gerasse o melhor custo-benefício para o proprietário, com a energia gerada mensalmente, foi feita análise do fluxo de créditos de energia das duas UC's.

Em seguida foi calculada a economia gerada pelas UC's com o funcionamento do SFCR, incluindo gastos com trocas equipamentos e manutenção do sistema. Por fim foi calculado o *payback*, ou seja, o tempo em que o proprietário do sistema irá começar a ter retorno financeiro do seu investimento.

5.1 Custo do SFCR

O modelo de módulo escolhido foi o CS6U-325P da Canadian Solar, devido a uma diferença de custo de mais de R\$ 5.000,00 em relação aos outros dois modelos de módulo, como mostrado na Tabela 9, onde os 30 módulos necessários custam R\$ 24.163,20.

O modelo de inversor escolhido foi o Fronius Primo 8.2-1, que sendo necessário apenas uma unidade para o SFCR, enquanto os outros seriam necessárias 2 unidades, o que tornaria o sistema R\$6.000,00 mais caro. O custo do inversor é de R\$12.714,90.

O valor de módulos e inversores representa aproximadamente 65% do valor total do sistema, inclui-se um extra de 35% do total para materiais, mão de obra e projeto. Dessa forma, o valor total do projeto é de R\$ 56.735,44, como foi mostrado na Tabela 18.

Tabela 18: Custo do SFCR.

Custo			
Módulos	Inversores	Extra (35%)	Total
R\$24.163,20	R\$12.714,90	R\$19.857,44	R\$56.735,54

Fonte: Autor.

5.2 Fluxo de créditos

Utilizando a equação 14, foi calculada a energia a ser gerada pelo sistema fotovoltaico, se instalado em novembro de 2016. Os valores são mostrados na Tabela 19.

Tabela 19: Energia que teria sido produzida pelo sistema no último ano.

Mês	Irradiação 7 N (kWh/m ² .dia)	HSP (h)	Número de módulos	Área do módulo (m ²)	Eficiência do módulo	Taxa de desempenho	Energia Gerada (kWh/mês)
Nov/16	5,44	5,44	30	1,9443	0,1672	0,8	1273
Dez/16	5,13	5,13	30	1,9443	0,1672	0,8	1201
Jan/17	4,79	4,79	30	1,9443	0,1672	0,8	1121
Fev/17	4,74	4,74	30	1,9443	0,1672	0,8	1109
Mar/17	4,76	4,76	30	1,9443	0,1672	0,8	1114
Abr/17	4,82	4,82	30	1,9443	0,1672	0,8	1128
Mai/17	5,24	5,24	30	1,9443	0,1672	0,8	1227
Jun/17	5,61	5,61	30	1,9443	0,1672	0,8	1313
Jul/17	6,46	6,46	30	1,9443	0,1672	0,8	1512
Ago/17	6,82	6,82	30	1,9443	0,1672	0,8	1596
Set/17	6,16	6,16	30	1,9443	0,1672	0,8	1442
Out/17	6,26	6,26	30	1,9443	0,1672	0,8	1465

Fonte: Autor.

Os créditos de energia gerados pelo sistema, mostrados na Tabela 19, devem ser divididos entre as duas UC's de modo a amortizar as duas faturas de energia. Essa divisão, referente aos primeiros 12 meses, pode ser observada na Tabela 20.

Tabela 20: Distribuição dos créditos de energia gerados entre as duas UC's.

Mês	Energia gerada (kWh/mês)	Destinado a UC 1 (kWh)	Destinado a UC 2 (kWh)
Novembro	1273	1059	214
Dezembro	1201	1201	0
Janeiro	1121	1103	19
Fevereiro	1109	925	185
Março	1114	874	241
Abril	1128	919	209
Maio	1227	1143	84
Junho	1313	1313	0
Julho	1512	1512	0
Agosto	1596	1596	0
Setembro	1442	1442	0
Outubro	1465	1465	0

Fonte: Autor.

Tendo em vista que a porcentagem do excedente de créditos a ser enviados pela UC geradora (UC 1) para a UC 2, deve ser determinado previamente junto a concessionária de energia, como citado no tópico 2.4.2. O valor dessa porcentagem foi fixado em 30% e a distribuição dos créditos para os primeiros 12 meses pode ser observada Tabela 20.

No apêndice A pode se encontrar as tabelas referentes à quantidade de energia gerada pelo sistema para todos os 25 anos de vida útil, considerando uma queda anual da eficiência dos módulos de 0,8%.

A Tabela 21 mostra uma análise mensal de como seria o fluxo de créditos (sendo a energia gerada destinada para a UC menos o consumo da UC) para a UC 1 no primeiro ano com SFCR. Ela também mostra dados como o acumulado total de créditos (quantidade de créditos que a UC possui ao fim do mês) e consumo a ser faturado (nos casos em que os créditos são suficientes para suprir o consumo, será cobrado o custo de disponibilidade) com o SFCR instalado. Foi levado em conta o consumo da UC dos últimos 12 meses. Nela é possível observar que, nos primeiros 12 meses do sistema, o mesmo está suprimindo as necessidades da UC, que acaba por ter uma fatura mensal equivalente ao custo de disponibilidade de 30 kWh e um acumulado de créditos de 1171 kWh, que serão utilizados nos meses seguintes.

Tabela 21: Análise do fluxo de créditos da UC 1 no primeiro ano com SFCR.

Unidade consumidora 1					
Mês	Crédito Destinado a UC 1 (kWh)	Consumo da UC 1 (kWh)	Fluxo de crédito (kWh)	Acumulado de crédito (kWh)	Consumo a ser faturado (kWh)
Novembro	1059	560	499	499	30
Dezembro	1201	1367	-166	333	30
Janeiro	1103	1059	44	377	30
Fevereiro	925	494	431	807	30
Março	874	312	562	1369	30
Abril	919	430	489	1858	30
Maio	1143	947	196	2053	30
Junho	1313	1403	-90	1963	30
Julho	1512	1642	-130	1833	30
Agosto	1596	1662	-66	1768	30
Setembro	1442	1723	-281	1487	30
Outubro	1465	1781	-316	1171	30

Fonte: Autor.

A mesma análise foi feita para a unidade consumidora 2 e é mostrada na Tabela 22.

Na UC 2, pode-se observar na Tabela 22, nos primeiros 12 meses, que devido a não linearidade dos consumos mensal de energia e a porcentagem escolhida de 30% do excedente, na maioria dos meses o consumo a ser faturado ainda é maior do que o custo de disponibilidade.

Tabela 22: Análise de fluxo de crédito da UC 2.

Unidade consumidora 2					
Mês	Crédito Destinado a UC 2 (kWh)	Consumo da UC 2 (kWh)	Fluxo de crédito (kWh)	Acumulado de crédito (kWh)	Consumo a ser faturado (kWh)
Novembro	214	168	46	46	30
Dezembro	0	77	-77	0	31
Janeiro	19	361	-342	0	342
Fevereiro	185	162	23	23	30
Março	241	230	11	33	30
Abril	209	447	-238	0	204
Maio	84	266	-182	0	182
Junho	0	230	-230	0	230
Julho	0	247	-247	0	247
Agosto	0	108	-108	0	108
Setembro	0	90	-90	0	90
Outubro	0	86	-86	0	86

Fonte: Autor.

Considerando que o padrão de consumo de energia das UC's não mude nos anos seguintes, esse excedente de créditos da UC 1 irá ajudar a suprir os anos a seguir, lembrando que o crédito gerado tem validade de 60 meses.

Essa mesma avaliação foi feita para todos os 25 anos e pode ser encontrada nas tabelas do Apêndice B, é possível observar que ao fim dos 25 anos nenhuma das UC's teria créditos acumulados.

5.3 Economia das UC's

O estudo da economia gerada pelo sistema fotovoltaico conectado à rede, trata-se da economia gerada a cada mês durante todo o período de vida útil do sistema, de 25 anos. O valor dessa economia foi trazido para o tempo presente e comparado com o

valor total investido no sistema. Também foi calculado o payback, que é o tempo necessário para se recuperar o valor investido.

A Tabela 23, mostra um comparativo entre o valor das faturas das UC's sem o sistema fotovoltaico conectado à rede e com o SFCR instalado, para os primeiros 12 meses, sendo possível observar a economia que a instalação do sistema iria gerar, nesse período, mantendo o mesmo padrão de consumo de energia. Foram utilizados os valores de tarifa cobrados pela Eletrobrás Piauí referente a cada mês.

Tabela 23: Economia gerada nas duas UC's pelo SFCR.

Mês	UC 1		UC 2	
	Fatura sem SFCR	Fatura com SFCR	Fatura sem SFCR	Fatura com SFCR
Nov/16	R\$355,62	R\$19,05	R\$106,69	R\$19,05
Dez/16	R\$867,57	R\$19,04	R\$45,60	R\$18,36
Jan/17	R\$666,07	R\$18,87	R\$227,06	R\$215,33
Fev/17	R\$296,53	R\$18,01	R\$91,06	R\$16,86
Mar/17	R\$193,60	R\$18,62	R\$142,72	18,62
Abr/17	R\$264,04	R\$18,42	R\$274,48	125,42
Mai/17	R\$617,59	R\$19,56	R\$173,47	118,79
Jun/17	R\$860,16	R\$18,39	R\$141,01	141,01
Jul/17	R\$1.011,47	R\$18,48	R\$152,15	152,15
Ago/17	R\$1.108,96	R\$20,02	R\$67,26	67,26
Set/17	R\$1.062,08	R\$18,49	R\$51,97	51,97
Out/17	R\$1.506,13	R\$25,37	R\$67,86	67,86
Total	R\$8.809,83	R\$232,32	R\$1.012,68	R\$629,00
Economia	R\$8.577,51		R\$528,64	
Economia total	R\$9.106,15			

Fonte: Autor.

Ao se analisar a Tabela 23, é possível notar que após a instalação do sistema, foi gerada economia de R\$ 9.106,15 na conta de energia ao fim dos primeiros 12 meses. No apêndice B pode se observar a economia gerada em cada um dos 25 anos para ambas as UC's, juntamente com o fluxo de créditos de energia.

Considerando que se os padrões de consumo das unidades consumidoras e as tarifas da concessionária se mantivessem os mesmos, o retorno do investimento se dará de acordo com a equação 15:

$$Payback = \frac{I}{Ganho} \quad (15)$$

Onde:

- I (R\$) = Investimento inicial do projeto;
- $Ganho$ (R\$) = Ganho no período.

Tem-se então:

$$Payback = \frac{56735,54}{9106,15}$$

$$Payback = 6,2 \text{ anos}$$

Contudo, é possível afirmar que as tarifas das concessionárias de energia sofrem reajustes constantemente, com o aumento dessa tarifa, a economia ao fim de cada ano será maior. Em contrapartida, haverá uma degradação natural dos módulos a cada ano, diminuindo assim sua eficiência e conseqüentemente, a quantidade de energia gerada pelo sistema.

É possível então afirmar que o ganho por período será diferente a cada ano, o que faz com que o payback calculado anteriormente seja somente uma aproximação. A fim de se obter um valor mais exato, será utilizado a seguir o método do valor presente líquido (VPL).

Na Eletrobrás PiauÍ, um reajuste tarifário de 27,02% para clientes de baixa tensão entrou em vigor no final de setembro de 2017, para os anos seguintes foi considerado uma média de aumento anual de 10% da tarifa.

Sabendo que a vida útil do sistema é de 25 anos e que o valor do dinheiro varia no tempo, devido a índices como o da inflação, pode se gerar um panorama de economia para esse período de tempo.

Os valores economizados ao fim de cada ano foram trazidos para o presente, através do método do valor presente líquido (VPL), de acordo com a equação 16:

$$VPL = \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+i)^t} \quad (16)$$

Onde:

- FC_t = Fluxo de caixa no período t ;
- t = Período de referência;
- i = Taxa mínima de atratividade (TMA);
- n = Número de períodos.

Foi feita a média da inflação no Brasil nos últimos 5 anos, mostradas na Tabela 24:

Tabela 24: Inflação no Brasil dos últimos 5 anos.

Período	Inflação
fev/18	2,85%
fev/17	4,76%
fev/16	10,36%
fev/15	7,70%
fev/14	5,68%
Média	6,27%

Autor: Adaptado de Global-Rates.

Pode-se observar que a média aritmética da inflação nos últimos 5 anos é de 6,27%, esse foi o valor escolhido para a taxa mínima de atratividade (TMA). É válido informar que quanto maior for a TMA, menor será o VPL de um período n .

Sabendo que provavelmente haverá necessidade de gastos com manutenção do sistema, e que os inversores possuem uma vida útil de 10 anos, na análise dos 25 anos foram inseridos possíveis gastos com manutenção (referente a 1% do valor economizado em cada ano) e troca dos inversores a cada 10 anos (trocas realizadas no 11º e no 21º ano).

A Tabela 25 mostra os valores de fluxo de caixa por ano e trazidos para o ano 0 de acordo com o método do valor presente líquido (VPL), com os parâmetros mencionados nesse item, assim como o acumulado também em VPL, além do investimento inicial e economia com fatura de energia elétrica dos 25 anos de vida útil do sistema fotovoltaico conectado à rede. Pode se observar que ao fim dos 25 anos, total economizado seria de R\$160.184,18.

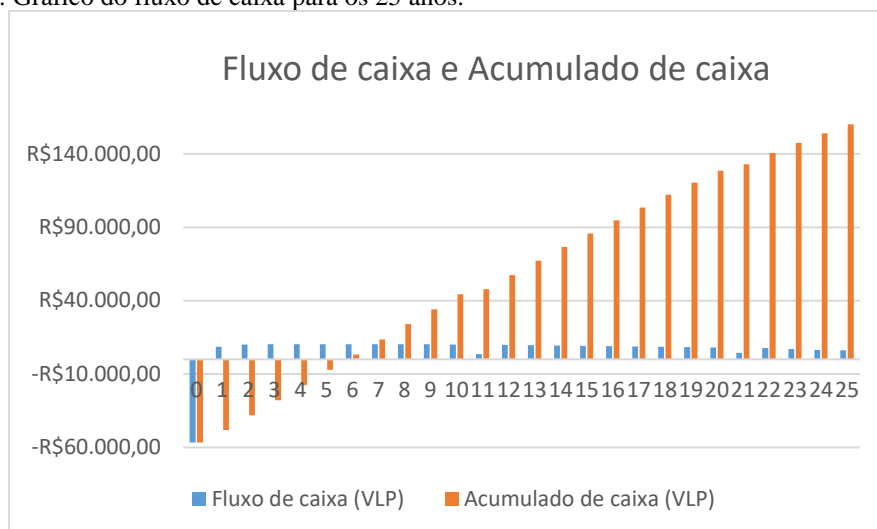
Tabela 25: Economia gerada durante os 25 anos.

Ano	Economia	Gastos	Fluxo de caixa (VPL)	Acumulado de caixa (VPL)
0	-R\$56.735,54	0	-R\$56.735,54	-R\$56.735,54
1	R\$9.106,15	R\$91,06	R\$8.483,19	-R\$48.252,35
2	R\$11.557,11	R\$115,57	R\$10.131,25	-R\$38.121,10
3	R\$12.452,49	R\$124,52	R\$10.272,10	-R\$27.849,00
4	R\$13.345,79	R\$133,46	R\$10.359,45	-R\$17.489,54
5	R\$14.237,03	R\$142,37	R\$10.399,23	-R\$7.090,32
6	R\$15.126,19	R\$151,26	R\$10.396,82	R\$3.306,50
7	R\$16.013,27	R\$160,13	R\$10.357,16	R\$13.663,66
8	R\$16.933,28	R\$169,33	R\$10.306,02	R\$23.969,68
9	R\$17.821,36	R\$178,21	R\$10.206,57	R\$34.176,25
10	R\$18.742,78	R\$187,43	R\$10.100,95	R\$44.277,21
11	R\$19.629,41	R\$12.911,19	R\$3.441,41	R\$47.718,62
12	R\$20.514,33	R\$205,14	R\$9.789,59	R\$57.508,21
13	R\$21.397,55	R\$213,98	R\$9.608,61	R\$67.116,81
14	R\$22.279,05	R\$222,79	R\$9.414,18	R\$76.530,99
15	R\$23.158,84	R\$231,59	R\$9.208,56	R\$85.739,55
16	R\$24.036,93	R\$240,37	R\$8.993,80	R\$94.733,35
17	R\$24.970,85	R\$249,71	R\$8.791,98	R\$103.525,34
18	R\$25.852,78	R\$258,53	R\$8.565,45	R\$112.090,79
19	R\$26.733,37	R\$267,33	R\$8.334,62	R\$120.425,41
20	R\$27.612,61	R\$276,13	R\$8.100,82	R\$128.526,23
21	R\$28.490,51	R\$12.999,81	R\$4.319,63	R\$132.845,86
22	R\$29.367,05	R\$293,67	R\$7.628,88	R\$140.474,74
23	R\$28.794,64	R\$287,95	R\$7.038,84	R\$147.513,58
24	R\$28.125,59	R\$281,26	R\$6.469,65	R\$153.983,23
25	R\$28.647,72	R\$286,48	R\$6.200,95	R\$160.184,18

Fonte: Autor.

É possível observar na Figura 16 o gráfico do fluxo de caixa para os 25 anos das UC's com o sistema fotovoltaico, na coluna de cor azul é mostrado o valor economizado no ano n (VPL), que diminui com o passar dos anos devido à queda de eficiência dos módulos, e na coluna amarela o valor acumulado ao fim de cada ano (VPL), observa-se que payback se dá entre os anos 5 e 6, assim o valor acumulado passa de negativo para positivo, isto é, o sistema começa a gerar retorno do investimento, a partir daí gerando lucro para o proprietário. É possível também observar uma economia final citada anteriormente de R\$ 160.184,18.

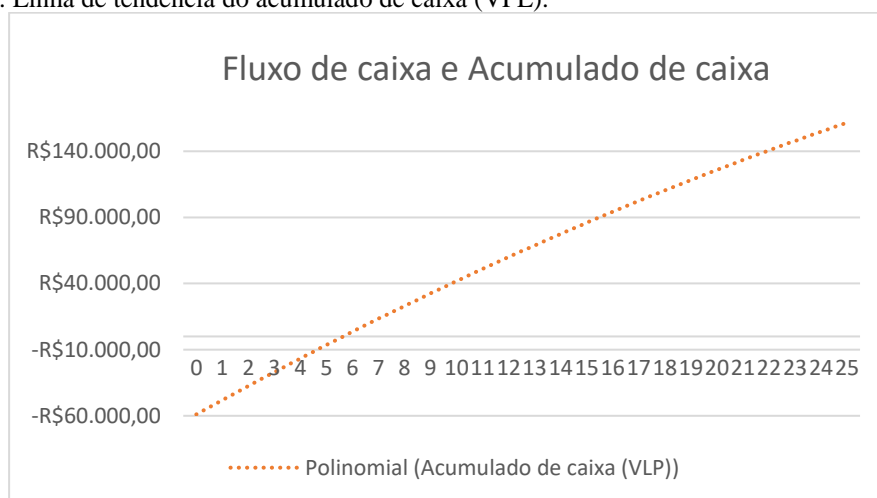
Figura 16: Gráfico do fluxo de caixa para os 25 anos.



Fonte: Autor.

Através do *Microsoft Excel*, foi a linha de tendência para o acumulado de caixa e o ponto no tempo em que o acumulado de caixa é 0.

Figura 17: Linha de tendência do acumulado de caixa (VPL).



Fonte: Autor.

O ponto no tempo onde o valor do acumulado é igual a zero é de aproximadamente 5,6 anos, ou seja, a partir de 5 anos e 7 meses, o proprietário tem o retorno financeiro do seu investimento e o sistema começa a gerar economia.

6 CONCLUSÃO

O objetivo deste trabalho foi utilizar a metodologia apresentada para dimensionar de um sistema fotovoltaico conectado à rede para duas unidades consumidoras de mesmo titular, fazendo a distribuição dos créditos gerados de acordo com a necessidade de consumo de cada unidade, utilizando as resoluções normativas 482.2012 e 687.2015.

Foi mostrado o porquê da importância de estudar o local de instalação do sistema, levando em consideração parâmetros como as temperaturas extremas do local no inverno e no verão, a irradiação média mensal e possível sombreamento, que terão uma grande influência no funcionamento do SFCR, a fim de viabilizar ou não a realização do projeto fotovoltaico.

Na metodologia utilizada foi mostrado como calcular o número de módulos em série, formando as *strings*, o número de strings em paralelo, e a importância da combinação entre a escolha do melhor modelo de inversor para o sistema, que deve ser dimensionado de acordo com ambas as características elétricas dos módulos e do inversor escolhidos, tal como o fator de dimensionamento do inversor (FDI).

O sistema projetado é composto por 1 inversor, do modelo Fronius Primo 8.2-1 e 30 módulos (sendo 2 *strings* formadas por 15 módulos cada) do modelo CS6U-325P da Canadian Solar. O FDI calculado foi de 0,84, que é o valor mais adequado em comparação com os outros valores calculados, além deste sistema suportar uma ampliação do número de módulos nas strings, sendo possível assim, aumentar a potência do gerador fotovoltaico até 13 kWh, como mostrado neste trabalho.

No estudo de viabilidade do sistema dimensionado, o percentual de excedente de créditos escolhido para destinar para a UC 2 foi de 30%. Foram calculados a economia mensal e anual com a fatura de energia elétrica para cada ano da vida útil do SFCR. Foram utilizados dois métodos de análise financeira, o payback simples e o valor presente líquido, que leva em consideração o valor do dinheiro no tempo, o que torna o resultado da análise mais preciso quando comparado ao primeiro método.

Segundo o método do valor presente líquido, o sistema projetado irá começar a gerar lucro com 5 anos e 7 anos de funcionamento até o fim dos 25 anos de vida útil, considerando os gastos com manutenção e trocas de inversores no 1º e 2º ano.

Ao fim da análise foi observado que o sistema irá gerar uma economia de R\$160.184,18, que é aproximadamente 3 vezes o valor do investimento de R\$56.735,54.

No apêndice B deste trabalho, são mostradas as tabelas do fluxo de crédito, custo mensal de fatura de energia com e sem o SFCR, tal como os valores economizados a cada mês, após a instalação do sistema. No apêndice é possível observar que devido à queda de 0,8% por ano na eficiência dos módulos, apenas a partir do ano 23 o sistema não é mais capaz de suprir 100% do consumo da UC 1, de modo a gerar um aumento na conta de energia da UC mesmo com o SFCR em funcionamento. Recomenda-se então para trabalhos futuros, que seja projetado um SFCR de modo a suprir todo o padrão de consumo da UC durante os próximos 25 anos, mesmo com a queda na eficiência dos módulos. Recomenda-se também um estudo de modo a modificar a porcentagem do excedente de créditos de modo a otimizar o balanceamento de créditos, assim suprimindo as duas UC's.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). **Resolução Normativa 482/2012**. 2012. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf>>. Acesso em: 2 out. 2017.

_____. **Resolução Normativa 687/2015**. 2015. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2015687.pdf>>. Acesso em: 2 out. 2017.

_____. **Bandeiras Tarifárias**. 2015. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/bandeiras-tarifarias>>. Acesso em: 13 set. 2017.

_____. **Unidades consumidoras com geração distribuída**. 2017. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/scg/gd/GD_Fonte.asp>. Acesso em: 16 jan. 2018.

APOLLO 11. **Nível dos Reservatórios Hidroelétricos**. 2017. Disponível em: <<http://www.apollo11.com/reservatorios.php>> Acesso em: 13 set. 2017.

BARQUETE, Ana Cláudia Carvalho; DA SILVA, Natália Passone. **O Avanço e as melhoras com o uso de energias renováveis**. Monografia (Graduação em Engenharia Elétrica) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2013.

CANADIAN SOLAR. **Datasheet CS6P-P**. 2017. Disponível em <http://www.canadiansolar.com/fileadmin/user_upload/downloads/datasheets/v5.53/Canadian_Solar-Datasheet-CS6P-P-v5.53en.pdf>. Acesso em: 6 nov. 2017.

_____. **Datasheet CS6U-P**. 2017. Disponível em <https://www.canadiansolar.com/fileadmin/user_upload/downloads/datasheets/en/new/Canadian_Solar-Datasheet-MaxPower_CS6U-P_en.pdf>. Acesso em: 6 nov. 2017.

CENTRO DE REFERÊNCIA PARA ENERGIA SOLAR E EÓLICA SÉRGIO DE SALVO BRITO (CRESESB). **Energia Solar: princípios e aplicações**. 2006. Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/tutorial_solar_2006.pdf>. Acesso em: 15 set. 2017.

_____. **Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos**. 2014. Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/Manual_de_Engenharia_FV_2014.pdf>. Acesso em: 15 set. 2017.

_____. **Sundata: base de dados de irradiação solar incidente**. 2017. Disponível em: <<http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=sundata&>>. Acesso em: 23 out. 2017.

EUROPEAN PHOTOVOLTAIC INDUSTRY ASSOCIATION (EPIA). **Global Market Outlook for Photovoltaics 2014-2018**. EPIA, 2014. Disponível em: <http://www.cleanenergybusinesscouncil.com/site/resources/files/reports/EPIA_Global_Market_Outlook_for_Photovoltaics_2014-2018_-_Medium_Res.pdf>. Acesso em: 15 set. 2017

- FRONIUS. **Datasheets inversores Fronius Primo**. 2017. Disponível em: <http://www3.fronius.com/cps/rde/xchg/SID-919AB297-202EA987/fronius_brasil/hs.xsl/7552_9864.htm#.Wh8yRUqnE2w>. Acesso em: 9 nov. 2017.
- INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA). **Cost and performance trends in grid-connected photovoltaic systems and case studies**. IEA, 2007. Disponível em: <http://iea-pvps.org/index.php?id=9&no_cache=1&tx_damfrontend_pi1%5Bpointer%5D=1>. Acesso em: 20 out. 2017.
- MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (MME). **Energia Solar no Brasil e no Mundo**. 2017. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/documents/10584/3580498/17+-+Energia+Solar+-+Brasil+e+Mundo+-+ano+ref.+2015+%28PDF%29/4b03ff2d-1452-4476-907d-d9301226d26c;jsessionid=A7C8B26BB66878C9.srv154>>. Acesso em: 6 fev. 2018.
- PENA, Rodolfo F. Alves. **Fontes renováveis de energia; Brasil Escola**, 2014. Disponível em <<https://brasilecola.uol.com.br/geografia/fontes-renovaveis-energia.htm>>. Acesso em 01 mai 2018.
- PORTAL SOLAR. **Energia Renovável**. 2017. Disponível em: <<https://www.portalsolar.com.br/blog-solar/energia-renovavel/energia-renovavel.html>>. Acesso em: 01 abr 2018.
- SUN EDISON. **Silvantis F265 module**. 2017. Disponível em <http://www.sunedisonsemi.com/assets/file/products/solar/F265-60_CyC_DS.pdf>. Acesso em: 10 set. 2017.
- VILLALVA, M.G.; GAZOLI J.R. **Energia solar fotovoltaica: conceitos e aplicações**. 1ª ed. São Paulo: Érica, 2012
- ZILLES, *et al.* **Sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica**. 1ª ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2012.
- GLOBAL-RATES. Inflação Brasil – índice de preços ao consumidor (IPC). Disponível em: <<http://pt.global-rates.com/estatisticas-economicas/inflacao/indice-de-precos-ao-consumidor/ipc/brasil.aspx>>. Acesso em: 19 mar 2018.

APÊNDICE A – ENERGIA GERADA PELO SISTEMA E QUANTIDADE DESTINADA

Ano 1					
Mês	Irradiação 7 N (kWh/m2.dia)	Eficiência do módulo	Energia gerada (kWh/mês)	Destinado a UC 1 (kWh)	Destinado a UC 2 (kWh)
Novembro	5,44	0,1672	1273	1059	214
Dezembro	5,13	0,1672	1201	1201	0
Janeiro	4,79	0,1672	1121	1103	19
Fevereiro	4,74	0,1672	1109	925	185
Março	4,76	0,1672	1114	874	241
Abril	4,82	0,1672	1128	919	209
Maiο	5,24	0,1672	1227	1143	84
Junho	5,61	0,1672	1313	1313	0
Julho	6,46	0,1672	1512	1512	0
Agosto	6,82	0,1672	1596	1596	0
Setembro	6,16	0,1672	1442	1442	0
Outubro	6,26	0,1672	1465	1465	0

Ano 2					
Mês	Irradiação 7 N (kWh/m2.dia)	Eficiência do módulo	Energia gerada (kWh/mês)	Destinado a UC 1 (kWh)	Destinado a UC 2 (kWh)
Novembro	5,44	0,1658624	1263	1052	211
Dezembro	5,13	0,1658624	1191	1191	0
Janeiro	4,79	0,1658624	1112	1096	16
Fevereiro	4,74	0,1658624	1101	919	182
Março	4,76	0,1658624	1105	867	238
Abril	4,82	0,1658624	1119	912	207
Maiο	5,24	0,1658624	1217	1136	81
Junho	5,61	0,1658624	1303	1303	0
Julho	6,46	0,1658624	1500	1500	0
Agosto	6,82	0,1658624	1584	1584	0
Setembro	6,16	0,1658624	1430	1430	0
Outubro	6,26	0,1658624	1454	1454	0

Ano 3					
Mês	Irradiação 7 N (kWh/m2.dia)	Eficiência do módulo	Energia gerada (kWh/mês)	Destinado a UC 1 (kWh)	Destinado a UC 2 (kWh)
Novembro	5,44	0,1645248	1253	1045	208
Dezembro	5,13	0,1645248	1182	1182	0
Janeiro	4,79	0,1645248	1103	1090	13
Fevereiro	4,74	0,1645248	1092	912	179
Março	4,76	0,1645248	1096	861	235
Abril	4,82	0,1645248	1110	906	204
Mai	5,24	0,1645248	1207	1129	78
Junho	5,61	0,1645248	1292	1292	0
Julho	6,46	0,1645248	1488	1488	0
Agosto	6,82	0,1645248	1571	1571	0
Setembro	6,16	0,1645248	1419	1419	0
Outubro	6,26	0,1645248	1442	1442	0

Ano 4					
Mês	Irradiação 7 N (kWh/m2.dia)	Eficiência do módulo	Energia gerada (kWh/mês)	Destinado a UC 1 (kWh)	Destinado a UC 2 (kWh)
Novembro	5,44	0,1631872	1243	1038	205
Dezembro	5,13	0,1631872	1172	1172	0
Janeiro	4,79	0,1631872	1094	1084	11
Fevereiro	4,74	0,1631872	1083	906	177
Março	4,76	0,1631872	1087	855	233
Abril	4,82	0,1631872	1101	900	201
Mai	5,24	0,1631872	1197	1122	75
Junho	5,61	0,1631872	1282	1282	0
Julho	6,46	0,1631872	1476	1476	0
Agosto	6,82	0,1631872	1558	1558	0
Setembro	6,16	0,1631872	1407	1407	0
Outubro	6,26	0,1631872	1430	1430	0

Ano 5					
Mês	Irradiação 7 N (kWh/m2.dia)	Eficiência do módulo	Energia gerada (kWh/mês)	Destinado a UC 1 (kWh)	Destinado a UC 2 (kWh)
Novembro	5,44	0,1618496	1233	1031	202
Dezembro	5,13	0,1618496	1162	1162	0
Janeiro	4,79	0,1618496	1085	1077	8
Fevereiro	4,74	0,1618496	1074	900	174
Março	4,76	0,1618496	1078	849	230
Abril	4,82	0,1618496	1092	893	199
Mai	5,24	0,1618496	1187	1115	72
Junho	5,61	0,1618496	1271	1271	0
Julho	6,46	0,1618496	1464	1464	0
Agosto	6,82	0,1618496	1545	1545	0
Setembro	6,16	0,1618496	1396	1396	0
Outubro	6,26	0,1618496	1418	1418	0

Ano 6					
Mês	Irradiação 7 N (kWh/m2.dia)	Eficiência do módulo	Energia gerada (kWh/mês)	Destinado a UC 1 (kWh)	Destinado a UC 2 (kWh)
Novembro	5,44	0,160512	1222	1024	199
Dezembro	5,13	0,160512	1153	1153	0
Janeiro	4,79	0,160512	1076	1071	5
Fevereiro	4,74	0,160512	1065	894	171
Março	4,76	0,160512	1070	842	227
Abril	4,82	0,160512	1083	887	196
Maio	5,24	0,160512	1177	1108	69
Junho	5,61	0,160512	1261	1261	0
Julho	6,46	0,160512	1452	1452	0
Agosto	6,82	0,160512	1532	1532	0
Setembro	6,16	0,160512	1384	1384	0
Outubro	6,26	0,160512	1407	1407	0

Ano 7					
Mês	Irradiação 7 N (kWh/m2.dia)	Eficiência do módulo	Energia gerada (kWh/mês)	Destinado a UC 1 (kWh)	Destinado a UC 2 (kWh)
Novembro	5,44	0,1591744	1212	1017	196
Dezembro	5,13	0,1591744	1143	1143	0
Janeiro	4,79	0,1591744	1067	1065	3
Fevereiro	4,74	0,1591744	1056	888	169
Março	4,76	0,1591744	1061	836	225
Abril	4,82	0,1591744	1074	881	193
Maio	5,24	0,1591744	1168	1101	66
Junho	5,61	0,1591744	1250	1250	0
Julho	6,46	0,1591744	1439	1439	0
Agosto	6,82	0,1591744	1520	1520	0
Setembro	6,16	0,1591744	1373	1373	0
Outubro	6,26	0,1591744	1395	1395	0

Ano 8					
Mês	Irradiação 7 N (kWh/m2.dia)	Eficiência do módulo	Energia gerada (kWh/mês)	Destinado a UC 1 (kWh)	Destinado a UC 2 (kWh)
Novembro	5,44	0,1578368	1202	1009	193
Dezembro	5,13	0,1578368	1134	1134	0
Janeiro	4,79	0,1578368	1058	1058	0
Fevereiro	4,74	0,1578368	1047	881	166
Março	4,76	0,1578368	1052	830	222
Abril	4,82	0,1578368	1065	875	191
Maio	5,24	0,1578368	1158	1095	63
Junho	5,61	0,1578368	1240	1240	0
Julho	6,46	0,1578368	1427	1427	0
Agosto	6,82	0,1578368	1507	1507	0
Setembro	6,16	0,1578368	1361	1361	0
Outubro	6,26	0,1578368	1383	1383	0

Ano 9					
Mês	Irradiação 7 N (kWh/m2.dia)	Eficiência do módulo	Energia gerada (kWh/mês)	Destinado a UC 1 (kWh)	Destinado a UC 2 (kWh)
Novembro	5,44	0,1564992	1192	1002	190
Dezembro	5,13	0,1564992	1124	1124	0
Janeiro	4,79	0,1564992	1049	1049	0
Fevereiro	4,74	0,1564992	1038	875	163
Março	4,76	0,1564992	1043	824	219
Abril	4,82	0,1564992	1056	868	188
Maio	5,24	0,1564992	1148	1088	60
Junho	5,61	0,1564992	1229	1229	0
Julho	6,46	0,1564992	1415	1415	0
Agosto	6,82	0,1564992	1494	1494	0
Setembro	6,16	0,1564992	1350	1350	0
Outubro	6,26	0,1564992	1371	1371	0

Ano 10					
Mês	Irradiação 7 N (kWh/m2.dia)	Eficiência do módulo	Energia gerada (kWh/mês)	Destinado a UC 1 (kWh)	Destinado a UC 2 (kWh)
Novembro	5,44	0,1551616	1182	995	186
Dezembro	5,13	0,1551616	1114	1114	0
Janeiro	4,79	0,1551616	1040	1040	0
Fevereiro	4,74	0,1551616	1030	869	161
Março	4,76	0,1551616	1034	817	217
Abril	4,82	0,1551616	1047	862	185
Maio	5,24	0,1551616	1138	1081	57
Junho	5,61	0,1551616	1219	1219	0
Julho	6,46	0,1551616	1403	1403	0
Agosto	6,82	0,1551616	1481	1481	0
Setembro	6,16	0,1551616	1338	1338	0
Outubro	6,26	0,1551616	1360	1360	0

Ano 11					
Mês	Irradiação 7 N (kWh/m2.dia)	Eficiência do módulo	Energia gerada (kWh/mês)	Destinado a UC 1 (kWh)	Destinado a UC 2 (kWh)
Novembro	5,44	0,153824	1171	988	183
Dezembro	5,13	0,153824	1105	1105	0
Janeiro	4,79	0,153824	1031	1031	0
Fevereiro	4,74	0,153824	1021	863	158
Março	4,76	0,153824	1025	811	214
Abril	4,82	0,153824	1038	856	182
Maio	5,24	0,153824	1128	1074	54
Junho	5,61	0,153824	1208	1208	0
Julho	6,46	0,153824	1391	1391	0
Agosto	6,82	0,153824	1469	1469	0
Setembro	6,16	0,153824	1326	1326	0
Outubro	6,26	0,153824	1348	1348	0

Ano 12					
Mês	Irradiação 7 N (kWh/m2.dia)	Eficiência do módulo	Energia gerada (kWh/mês)	Destinado a UC 1 (kWh)	Destinado a UC 2 (kWh)
Novembro	5,44	0,1524864	1161	981	180
Dezembro	5,13	0,1524864	1095	1095	0
Janeiro	4,79	0,1524864	1023	1023	0
Fevereiro	4,74	0,1524864	1012	856	155
Março	4,76	0,1524864	1016	805	211
Abril	4,82	0,1524864	1029	849	180
Mai	5,24	0,1524864	1119	1067	51
Junho	5,61	0,1524864	1198	1198	0
Julho	6,46	0,1524864	1379	1379	0
Agosto	6,82	0,1524864	1456	1456	0
Setembro	6,16	0,1524864	1315	1315	0
Outubro	6,26	0,1524864	1336	1336	0

Ano 13					
Mês	Irradiação 7 N (kWh/m2.dia)	Eficiência do módulo	Energia gerada (kWh/mês)	Destinado a UC 1 (kWh)	Destinado a UC 2 (kWh)
Novembro	5,44	0,1511488	1151	974	177
Dezembro	5,13	0,1511488	1085	1085	0
Janeiro	4,79	0,1511488	1014	1014	0
Fevereiro	4,74	0,1511488	1003	850	153
Março	4,76	0,1511488	1007	799	209
Abril	4,82	0,1511488	1020	843	177
Mai	5,24	0,1511488	1109	1060	49
Junho	5,61	0,1511488	1187	1187	0
Julho	6,46	0,1511488	1367	1367	0
Agosto	6,82	0,1511488	1443	1443	0
Setembro	6,16	0,1511488	1303	1303	0
Outubro	6,26	0,1511488	1325	1325	0

Ano 14					
Mês	Irradiação 7 N (kWh/m2.dia)	Eficiência do módulo	Energia gerada (kWh/mês)	Destinado a UC 1 (kWh)	Destinado a UC 2 (kWh)
Novembro	5,44	0,1498112	1141	967	174
Dezembro	5,13	0,1498112	1076	1076	0
Janeiro	4,79	0,1498112	1005	1005	0
Fevereiro	4,74	0,1498112	994	844	150
Março	4,76	0,1498112	998	792	206
Abril	4,82	0,1498112	1011	837	174
Mai	5,24	0,1498112	1099	1053	46
Junho	5,61	0,1498112	1177	1177	0
Julho	6,46	0,1498112	1355	1355	0
Agosto	6,82	0,1498112	1430	1430	0
Setembro	6,16	0,1498112	1292	1292	0
Outubro	6,26	0,1498112	1313	1313	0

Ano 15					
Mês	Irradiação 7 N (kWh/m2.dia)	Eficiência do módulo	Energia gerada (kWh/mês)	Destinado a UC 1 (kWh)	Destinado a UC 2 (kWh)
Novembro	5,44	0,1484736	1131	959	171
Dezembro	5,13	0,1484736	1066	1066	0
Janeiro	4,79	0,1484736	996	996	0
Fevereiro	4,74	0,1484736	985	838	147
Março	4,76	0,1484736	989	786	203
Abril	4,82	0,1484736	1002	830	172
Mai	5,24	0,1484736	1089	1046	43
Junho	5,61	0,1484736	1166	1166	0
Julho	6,46	0,1484736	1343	1343	0
Agosto	6,82	0,1484736	1418	1418	0
Setembro	6,16	0,1484736	1280	1280	0
Outubro	6,26	0,1484736	1301	1301	0

Ano 16					
Mês	Irradiação 7 N (kWh/m2.dia)	Eficiência do módulo	Energia gerada (kWh/mês)	Destinado a UC 1 (kWh)	Destinado a UC 2 (kWh)
Novembro	5,44	0,147136	1121	952	168
Dezembro	5,13	0,147136	1057	1057	0
Janeiro	4,79	0,147136	987	987	0
Fevereiro	4,74	0,147136	976	832	145
Março	4,76	0,147136	980	780	201
Abril	4,82	0,147136	993	824	169
Mai	5,24	0,147136	1079	1040	40
Junho	5,61	0,147136	1156	1156	0
Julho	6,46	0,147136	1331	1331	0
Agosto	6,82	0,147136	1405	1405	0
Setembro	6,16	0,147136	1269	1269	0
Outubro	6,26	0,147136	1289	1289	0

Ano 17					
Mês	Irradiação 7 N (kWh/m2.dia)	Eficiência do módulo	Energia gerada (kWh/mês)	Destinado a UC 1 (kWh)	Destinado a UC 2 (kWh)
Novembro	5,44	0,1457984	1110	945	165
Dezembro	5,13	0,1457984	1047	1047	0
Janeiro	4,79	0,1457984	978	978	0
Fevereiro	4,74	0,1457984	967	825	142
Março	4,76	0,1457984	972	774	198
Abril	4,82	0,1457984	984	818	166
Mai	5,24	0,1457984	1070	1033	37
Junho	5,61	0,1457984	1145	1145	0
Julho	6,46	0,1457984	1319	1319	0
Agosto	6,82	0,1457984	1392	1392	0
Setembro	6,16	0,1457984	1257	1257	0
Outubro	6,26	0,1457984	1278	1278	0

Ano 18					
Mês	Irradiação 7 N (kWh/m2.dia)	Eficiência do módulo	Energia gerada (kWh/mês)	Destinado a UC 1 (kWh)	Destinado a UC 2 (kWh)
Novembro	5,44	0,1444608	1100	938	162
Dezembro	5,13	0,1444608	1037	1037	0
Janeiro	4,79	0,1444608	969	969	0
Fevereiro	4,74	0,1444608	959	819	139
Março	4,76	0,1444608	963	767	195
Abril	4,82	0,1444608	975	811	163
Mai	5,24	0,1444608	1060	1026	34
Junho	5,61	0,1444608	1135	1135	0
Julho	6,46	0,1444608	1306	1306	0
Agosto	6,82	0,1444608	1379	1379	0
Setembro	6,16	0,1444608	1246	1246	0
Outubro	6,26	0,1444608	1266	1266	0

Ano 19					
Mês	Irradiação 7 N (kWh/m2.dia)	Eficiência do módulo	Energia gerada (kWh/mês)	Destinado a UC 1 (kWh)	Destinado a UC 2 (kWh)
Novembro	5,44	0,1431232	1090	931	159
Dezembro	5,13	0,1431232	1028	1028	0
Janeiro	4,79	0,1431232	960	960	0
Fevereiro	4,74	0,1431232	950	813	137
Março	4,76	0,1431232	954	761	193
Abril	4,82	0,1431232	966	805	161
Mai	5,24	0,1431232	1050	1019	31
Junho	5,61	0,1431232	1124	1124	0
Julho	6,46	0,1431232	1294	1294	0
Agosto	6,82	0,1431232	1366	1366	0
Setembro	6,16	0,1431232	1234	1234	0
Outubro	6,26	0,1431232	1254	1254	0

Ano 20					
Mês	Irradiação 7 N (kWh/m2.dia)	Eficiência do módulo	Energia gerada (kWh/mês)	Destinado a UC 1 (kWh)	Destinado a UC 2 (kWh)
Novembro	5,44	0,1417856	1080	924	156
Dezembro	5,13	0,1417856	1018	1018	0
Janeiro	4,79	0,1417856	951	951	0
Fevereiro	4,74	0,1417856	941	807	134
Março	4,76	0,1417856	945	755	190
Abril	4,82	0,1417856	957	799	158
Mai	5,24	0,1417856	1040	1012	28
Junho	5,61	0,1417856	1114	1114	0
Julho	6,46	0,1417856	1282	1282	0
Agosto	6,82	0,1417856	1354	1354	0
Setembro	6,16	0,1417856	1223	1223	0
Outubro	6,26	0,1417856	1243	1243	0

Ano 21					
Mês	Irradiação 7 N (kWh/m2.dia)	Eficiência do módulo	Energia gerada (kWh/mês)	Destinado a UC 1 (kWh)	Destinado a UC 2 (kWh)
Novembro	5,44	0,140448	1070	917	153
Dezembro	5,13	0,140448	1009	1009	0
Janeiro	4,79	0,140448	942	942	0
Fevereiro	4,74	0,140448	932	801	131
Março	4,76	0,140448	936	749	187
Abril	4,82	0,140448	948	792	155
Maio	5,24	0,140448	1030	1005	25
Junho	5,61	0,140448	1103	1103	0
Julho	6,46	0,140448	1270	1270	0
Agosto	6,82	0,140448	1341	1341	0
Setembro	6,16	0,140448	1211	1211	0
Outubro	6,26	0,140448	1231	1231	0

Ano 22					
Mês	Irradiação 7 N (kWh/m2.dia)	Eficiência do módulo	Energia gerada (kWh/mês)	Destinado a UC 1 (kWh)	Destinado a UC 2 (kWh)
Novembro	5,44	0,1391104	1059	910	150
Dezembro	5,13	0,1391104	999	999	0
Janeiro	4,79	0,1391104	933	933	0
Fevereiro	4,74	0,1391104	923	794	129
Março	4,76	0,1391104	927	742	184
Abril	4,82	0,1391104	939	786	153
Maio	5,24	0,1391104	1020	998	22
Junho	5,61	0,1391104	1093	1093	0
Julho	6,46	0,1391104	1258	1258	0
Agosto	6,82	0,1391104	1328	1328	0
Setembro	6,16	0,1391104	1200	1200	0
Outubro	6,26	0,1391104	1219	1219	0

Ano 23					
Mês	Irradiação 7 N (kWh/m2.dia)	Eficiência do módulo	Energia gerada (kWh/mês)	Destinado a UC 1 (kWh)	Destinado a UC 2 (kWh)
Novembro	5,44	0,1377728	1049	902	147
Dezembro	5,13	0,1377728	989	989	0
Janeiro	4,79	0,1377728	924	924	0
Fevereiro	4,74	0,1377728	914	788	126
Março	4,76	0,1377728	918	736	182
Abril	4,82	0,1377728	930	780	150
Maio	5,24	0,1377728	1011	992	19
Junho	5,61	0,1377728	1082	1082	0
Julho	6,46	0,1377728	1246	1246	0
Agosto	6,82	0,1377728	1315	1315	0
Setembro	6,16	0,1377728	1188	1188	0
Outubro	6,26	0,1377728	1207	1207	0

Ano 24					
Mês	Irradiação 7 N (kWh/m2.dia)	Eficiência do módulo	Energia gerada (kWh/mês)	Destinado a UC 1 (kWh)	Destinado a UC 2 (kWh)
Novembro	5,44	0,1364352	1039	895	144
Dezembro	5,13	0,1364352	980	980	0
Janeiro	4,79	0,1364352	915	915	0
Fevereiro	4,74	0,1364352	905	782	123
Março	4,76	0,1364352	909	730	179
Abril	4,82	0,1364352	921	773	147
Maiο	5,24	0,1364352	1001	985	16
Junho	5,61	0,1364352	1071	1071	0
Julho	6,46	0,1364352	1234	1234	0
Agosto	6,82	0,1364352	1303	1303	0
Setembro	6,16	0,1364352	1177	1177	0
Outubro	6,26	0,1364352	1196	1196	0

Ano 25					
Mês	Irradiação 7 N (kWh/m2.dia)	Eficiência do módulo	Energia gerada (kWh/mês)	Destinado a UC 1 (kWh)	Destinado a UC 2 (kWh)
Novembro	5,44	0,1350976	1029	888	141
Dezembro	5,13	0,1350976	970	970	0
Janeiro	4,79	0,1350976	906	906	0
Fevereiro	4,74	0,1350976	896	776	121
Março	4,76	0,1350976	900	724	176
Abril	4,82	0,1350976	912	767	144
Maiο	5,24	0,1350976	991	978	13
Junho	5,61	0,1350976	1061	1061	0
Julho	6,46	0,1350976	1222	1222	0
Agosto	6,82	0,1350976	1290	1290	0
Setembro	6,16	0,1350976	1165	1165	0
Outubro	6,26	0,1350976	1184	1184	0

APÊNDICE B – FLUXO E ACUMULADO DE CRÉDITOS E ESTIMATIVA DE ECONOMIA MENSAL DURANTE O PERÍODO DE VIDA ÚTIL DO SFCR

Unidade consumidora 1							Ano 1	
Mês	Crédito Destinado a UC 1 (kWh)	Consumo da UC 1 (kWh)	Fluxo de crédito (kWh)	Acumulado de crédito (kWh)	Consumo a ser faturado (kWh)	Custo com SFCR (R\$)	Custo sem SFCR (R\$)	Economia
Novembro	1059	560	499	499	30	19,05	355,62	336,57
Dezembro	1201	1367	-166	333	30	19,04	867,57	848,53
Janeiro	1103	1059	44	377	30	18,87	666,07	647,21
Fevereiro	925	494	431	807	30	18,01	296,53	278,53
Março	874	312	562	1369	30	18,62	193,60	174,99
Abril	919	430	489	1858	30	18,42	264,04	245,62
Maio	1143	947	196	2053	30	19,56	617,59	598,02
Junho	1313	1403	-90	1963	30	18,39	860,16	841,77
Julho	1512	1642	-130	1833	30	18,48	1011,47	992,99
Agosto	1596	1662	-66	1768	30	20,02	1108,96	1088,94
Setembro	1442	1723	-281	1487	30	18,49	1062,08	1043,59
Outubro	1465	1781	-316	1171	30	25,37	1506,13	1480,76
Economia total								R\$8.577,51

Unidade consumidora 2							Ano 1	
Mês	Crédito Destinado a UC 2 (kWh)	Consumo da UC 2 (kWh)	Fluxo de crédito (kWh)	Acumulado de crédito (kWh)	Consumo a ser faturado (kWh)	Custo com SFCR (R\$)	Custo sem SFCR (R\$)	Economia
Novembro	214	168	46	46	30	19,05	106,69	87,64
Dezembro	0	77	-77	0	31	18,36	45,60	27,24
Janeiro	19	361	-342	0	342	215,33	227,06	11,73
Fevereiro	185	162	23	23	30	16,86	91,06	74,20
Março	241	230	11	33	30	18,62	142,72	124,10
Abril	209	447	-238	0	204	125,42	274,48	149,06
Maio	84	266	-182	0	182	118,79	173,47	54,68
Junho	0	230	-230	0	230	141,01	141,01	0,00
Julho	0	247	-247	0	247	152,15	152,15	0,00
Agosto	0	108	-108	0	108	67,26	67,26	0,00
Setembro	0	90	-90	0	90	51,97	51,97	0,00
Outubro	0	86	-86	0	86	67,86	67,86	0,00
Economia total								R\$528,64

Unidade consumidora 1							Ano 2	
Mês	Crédito Destinado a UC 1 (kWh)	Consumo da UC 1 (kWh)	Fluxo de crédito (kWh)	Acumulado de crédito (kWh)	Consumo a ser faturado (kWh)	Custo com SFCR (R\$)	Custo sem SFCR (R\$)	Economia
Novembro	1052	560	492	1663	30	24,21	451,85	427,65
Dezembro	1191	1367	-176	1487	30	24,19	1102,34	1078,15
Janeiro	1096	1059	37	1524	30	23,97	846,31	822,34
Fevereiro	919	494	425	1949	30	22,88	376,78	353,90
Março	867	312	555	2504	30	23,65	245,99	222,34
Abril	912	430	482	2987	30	23,41	335,49	312,09
Maiο	1136	947	189	3176	30	24,86	784,70	759,85
Junho	1303	1403	-100	3075	30	23,37	1092,92	1069,55
Julho	1500	1642	-142	2933	30	23,48	1285,17	1261,69
Agosto	1584	1662	-78	2855	30	25,43	1409,04	1383,61
Setembro	1430	1723	-293	2562	30	23,50	1349,48	1325,98
Outubro	1454	1781	-327	2234	30	32,24	1913,69	1881,45
Economia total								R\$10.898,58

Unidade consumidora 2							Ano 2	
Mês	Crédito Destinado a UC 2 (kWh)	Consumo da UC 2 (kWh)	Fluxo de crédito (kWh)	Acumulado de crédito (kWh)	Consumo a ser faturado (kWh)	Custo com SFCR (R\$)	Custo sem SFCR (R\$)	Economia
Novembro	211	168	43	43	30	24,21	135,56	111,35
Dezembro	0	77	-77	0	34	25,63	57,93	32,31
Janeiro	16	361	-345	0	345	275,74	288,50	12,76
Fevereiro	182	162	20	20	30	21,43	115,70	94,28
Março	238	230	8	28	30	23,65	181,34	157,69
Abril	207	447	-240	0	212	165,64	348,76	183,12
Maiο	81	266	-185	0	185	153,37	220,41	67,04
Junho	0	230	-230	0	230	179,17	179,17	0,00
Julho	0	247	-247	0	247	193,32	193,32	0,00
Agosto	0	108	-108	0	108	85,46	85,46	0,00
Setembro	0	90	-90	0	90	66,04	66,04	0,00
Outubro	0	86	-86	0	86	86,22	86,22	0,00
Economia total								R\$658,53

Unidade consumidora 1							Ano 3	
Mês	Crédito Destinado a UC 1 (kWh)	Consumo da UC 1 (kWh)	Fluxo de crédito (kWh)	Acumulado de crédito (kWh)	Consumo a ser faturado (kWh)	Custo com SFCR (R\$)	Custo sem SFCR (R\$)	Economia
Novembro	1045	560	485	2720	30	26,11	487,41	461,30
Dezembro	1182	1367	-185	2534	30	26,10	1189,09	1163,00
Janeiro	1090	1059	31	2565	30	25,86	912,92	887,06
Fevereiro	912	494	418	2983	30	24,68	406,43	381,75
Março	861	312	549	3532	30	25,51	265,35	239,84
Abril	906	430	476	4009	30	25,25	361,90	336,65
Maiο	1129	947	182	4190	30	26,82	846,46	819,65
Junho	1292	1403	-111	4080	30	25,21	1178,94	1153,73
Julho	1488	1642	-154	3925	30	25,33	1386,32	1360,99
Agosto	1571	1662	-91	3834	30	27,44	1519,94	1492,50
Setembro	1419	1723	-304	3530	30	25,35	1455,69	1430,34
Outubro	1442	1781	-339	3191	30	34,77	2064,30	2029,53
Economia total								R\$11.756,33

Unidade consumidora 2							Ano 3	
Mês	Crédito Destinado a UC 2 (kWh)	Consumo da UC 2 (kWh)	Fluxo de crédito (kWh)	Acumulado de crédito (kWh)	Consumo a ser faturado (kWh)	Custo com SFCR (R\$)	Custo sem SFCR (R\$)	Economia
Novembro	208	168	40	40	30	26,11	146,22	120,11
Dezembro	0	77	-77	0	37	30,12	62,49	32,37
Janeiro	13	361	-348	0	348	299,76	311,20	11,44
Fevereiro	179	162	17	17	30	23,11	124,81	101,70
Março	235	230	5	23	30	25,51	195,61	170,10
Abril	204	447	-243	0	220	185,45	376,20	190,76
Maiο	78	266	-188	0	188	168,07	237,76	69,69
Junho	0	230	-230	0	230	193,27	193,27	0,00
Julho	0	247	-247	0	247	208,54	208,54	0,00
Agosto	0	108	-108	0	108	92,18	92,18	0,00
Setembro	0	90	-90	0	90	71,23	71,23	0,00
Outubro	0	86	-86	0	86	93,00	93,00	0,00
Economia total								R\$696,16

Unidade consumidora 1							Ano 4	
Mês	Crédito Destinado a UC 1 (kWh)	Consumo da UC 1 (kWh)	Fluxo de crédito (kWh)	Acumulado de crédito (kWh)	Consumo a ser faturado (kWh)	Custo com SFCR (R\$)	Custo sem SFCR (R\$)	Economia
Novembro	1038	560	478	3669	30	28,02	522,98	494,96
Dezembro	1172	1367	-195	3474	30	28,00	1275,85	1247,85
Janeiro	1084	1059	25	3498	30	27,75	979,53	951,78
Fevereiro	906	494	412	3911	30	26,48	436,08	409,60
Março	855	312	543	4453	30	27,38	284,71	257,33
Abril	900	430	470	4923	30	27,09	388,30	361,21
Mai	1122	947	175	5098	30	28,77	908,22	879,45
Junho	1282	1403	-121	4977	30	27,05	1264,95	1237,90
Julho	1476	1642	-166	4811	30	27,18	1487,46	1460,29
Agosto	1558	1662	-104	4707	30	29,44	1630,83	1601,40
Setembro	1407	1723	-316	4391	30	27,19	1561,89	1534,70
Outubro	1430	1781	-351	4040	30	37,31	2214,91	2177,60
Economia total								R\$12.614,08

Unidade consumidora 2							Ano 4	
Mês	Crédito Destinado a UC 2 (kWh)	Consumo da UC 2 (kWh)	Fluxo de crédito (kWh)	Acumulado de crédito (kWh)	Consumo a ser faturado (kWh)	Custo com SFCR (R\$)	Custo sem SFCR (R\$)	Economia
Novembro	205	168	37	37	30	28,02	156,89	128,88
Dezembro	0	77	-77	0	40	34,98	67,05	32,07
Janeiro	11	361	-350	0	350	324,12	333,91	9,79
Fevereiro	177	162	15	15	30	24,80	133,92	109,12
Março	233	230	3	17	30	27,38	209,88	182,51
Abril	201	447	-246	0	228	206,24	403,65	197,41
Mai	75	266	-191	0	191	183,16	255,11	71,95
Junho	0	230	-230	0	230	207,37	207,37	0,00
Julho	0	247	-247	0	247	223,75	223,75	0,00
Agosto	0	108	-108	0	108	98,91	98,91	0,00
Setembro	0	90	-90	0	90	76,43	76,43	0,00
Outubro	0	86	-86	0	86	99,79	99,79	0,00
Economia total								R\$731,71

Unidade consumidora 1							Ano 5	
Mês	Crédito Destinado a UC 1 (kWh)	Consumo da UC 1 (kWh)	Fluxo de crédito (kWh)	Acumulado de crédito (kWh)	Consumo a ser faturado (kWh)	Custo com SFCR (R\$)	Custo sem SFCR (R\$)	Economia
Novembro	1031	560	471	4511	30	29,92	558,54	528,62
Dezembro	1162	1367	-205	4306	30	29,90	1362,61	1332,70
Janeiro	1077	1059	18	4324	30	29,64	1046,14	1016,50
Fevereiro	900	494	406	4730	30	28,28	465,74	437,45
Março	849	312	537	5267	30	29,24	304,07	274,83
Abril	893	430	463	5730	30	28,93	414,70	385,77
Mai	1115	947	168	5899	30	30,73	969,98	939,25
Junho	1271	1403	-132	5767	30	28,89	1350,97	1322,08
Julho	1464	1642	-178	5588	30	29,02	1588,61	1559,59
Agosto	1545	1662	-117	5472	30	31,44	1741,73	1710,29
Setembro	1396	1723	-327	5144	30	29,04	1668,10	1639,06
Outubro	1418	1781	-363	4782	30	39,85	2365,53	2325,68
Economia total								R\$13.471,83

Unidade consumidora 2							Ano 5	
Mês	Crédito Destinado a UC 2 (kWh)	Consumo da UC 2 (kWh)	Fluxo de crédito (kWh)	Acumulado de crédito (kWh)	Consumo a ser faturado (kWh)	Custo com SFCR (R\$)	Custo sem SFCR (R\$)	Economia
Novembro	202	168	34	34	30	29,92	167,56	137,64
Dezembro	0	77	-77	0	43	40,21	71,61	31,41
Janeiro	8	361	-353	0	353	348,82	356,62	7,79
Fevereiro	174	162	12	12	30	26,49	143,02	116,54
Março	230	230	0	12	30	29,24	224,15	194,92
Abril	199	447	-248	0	236	228,02	431,10	203,08
Mai	72	266	-194	0	194	198,63	272,45	73,82
Junho	0	230	-230	0	230	221,47	221,47	0,00
Julho	0	247	-247	0	247	238,97	238,97	0,00
Agosto	0	108	-108	0	108	105,64	105,64	0,00
Setembro	0	90	-90	0	90	81,63	81,63	0,00
Outubro	0	86	-86	0	86	106,58	106,58	0,00
Economia total								R\$765,19

Unidade consumidora 1							Ano 6	
Mês	Crédito Destinado a UC 1 (kWh)	Consumo da UC 1 (kWh)	Fluxo de crédito (kWh)	Acumulado de crédito (kWh)	Consumo a ser faturado (kWh)	Custo com SFCR (R\$)	Custo sem SFCR (R\$)	Economia
Novembro	1024	560	464	5245	30	31,83	594,10	562,27
Dezembro	1153	1367	-214	5031	30	31,81	1449,37	1417,56
Janeiro	1071	1059	12	5043	30	31,52	1112,74	1081,22
Fevereiro	894	494	400	5443	30	30,08	495,39	465,31
Março	842	312	530	5973	30	31,10	323,43	292,33
Abril	887	430	457	6430	30	30,78	441,11	410,33
Mai	1108	947	161	6592	30	32,68	1031,74	999,05
Junho	1261	1403	-142	6449	30	30,73	1436,99	1406,26
Julho	1452	1642	-190	6259	30	30,87	1689,76	1658,88
Agosto	1532	1662	-130	6129	30	33,44	1852,63	1819,18
Setembro	1384	1723	-339	5790	30	30,89	1774,31	1743,42
Outubro	1407	1781	-374	5416	30	42,38	2516,14	2473,76
Economia total								R\$14.329,58

Unidade consumidora 2							Ano 6	
Mês	Crédito Destinado a UC 2 (kWh)	Consumo da UC 2 (kWh)	Fluxo de crédito (kWh)	Acumulado de crédito (kWh)	Consumo a ser faturado (kWh)	Custo com SFCR (R\$)	Custo sem SFCR (R\$)	Economia
Novembro	199	168	31	31	30	31,83	178,23	146,40
Dezembro	0	77	-77	0	46	45,79	76,17	30,38
Janeiro	5	361	-356	0	356	373,86	379,32	5,46
Fevereiro	171	162	9	9	30	28,17	152,13	123,96
Março	227	230	-3	7	30	31,10	238,43	207,33
Abril	196	447	-251	0	244	250,79	458,55	207,75
Mai	69	266	-197	0	197	214,48	289,80	75,32
Junho	0	230	-230	0	230	235,57	235,57	0,00
Julho	0	247	-247	0	247	254,18	254,18	0,00
Agosto	0	108	-108	0	108	112,36	112,36	0,00
Setembro	0	90	-90	0	90	86,83	86,83	0,00
Outubro	0	86	-86	0	86	113,36	113,36	0,00
Economia total								R\$796,60

Unidade consumidora 1							Ano 7	
Mês	Crédito Destinado a UC 1 (kWh)	Consumo da UC 1 (kWh)	Fluxo de crédito (kWh)	Acumulado de crédito (kWh)	Consumo a ser faturado (kWh)	Custo com SFCR (R\$)	Custo sem SFCR (R\$)	Economia
Novembro	1017	560	457	5873	30	33,73	629,66	595,93
Dezembro	1143	1367	-224	5649	30	33,71	1536,12	1502,41
Janeiro	1065	1059	6	5655	30	33,41	1179,35	1145,94
Fevereiro	888	494	394	6048	30	31,89	525,04	493,16
Março	836	312	524	6572	30	32,96	342,79	309,83
Abril	881	430	451	7023	30	32,62	467,51	434,90
Mai	1101	947	154	7177	30	34,64	1093,50	1058,86
Junho	1250	1403	-153	7025	30	32,57	1523,00	1490,44
Julho	1439	1642	-203	6822	30	32,72	1790,90	1758,18
Agosto	1520	1662	-142	6680	30	35,44	1963,52	1928,08
Setembro	1373	1723	-350	6329	30	32,74	1880,52	1847,78
Outubro	1395	1781	-386	5943	30	44,92	2666,75	2621,83
Economia total								R\$15.187,33

Unidade consumidora 2							Ano 7	
Mês	Crédito Destinado a UC 2 (kWh)	Consumo da UC 2 (kWh)	Fluxo de crédito (kWh)	Acumulado de crédito (kWh)	Consumo a ser faturado (kWh)	Custo com SFCR (R\$)	Custo sem SFCR (R\$)	Economia
Novembro	196	168	28	28	30	33,73	188,90	155,17
Dezembro	0	77	-77	0	49	51,73	80,73	29,00
Janeiro	3	361	-358	0	358	399,24	402,03	2,79
Fevereiro	169	162	7	7	30	29,86	161,23	131,38
Março	225	230	-5	1	30	32,96	252,70	219,74
Abril	193	447	-254	0	253	274,55	486,00	211,44
Mai	66	266	-200	0	200	230,72	307,15	76,43
Junho	0	230	-230	0	230	249,67	249,67	0,00
Julho	0	247	-247	0	247	269,40	269,40	0,00
Agosto	0	108	-108	0	108	119,09	119,09	0,00
Setembro	0	90	-90	0	90	92,02	92,02	0,00
Outubro	0	86	-86	0	86	120,15	120,15	0,00
Economia total								R\$825,94

Unidade consumidora 1							Ano 8	
Mês	Crédito Destinado a UC 1 (kWh)	Consumo da UC 1 (kWh)	Fluxo de crédito (kWh)	Acumulado de crédito (kWh)	Consumo a ser faturado (kWh)	Custo com SFCR (R\$)	Custo sem SFCR (R\$)	Economia
Novembro	1009	560	449	6393	30	35,64	665,23	629,59
Dezembro	1134	1367	-233	6159	30	35,62	1622,88	1587,26
Janeiro	1058	1059	-1	6159	30	35,30	1245,96	1210,66
Fevereiro	881	494	387	6546	30	33,69	554,70	521,01
Março	830	312	518	7064	30	34,82	362,15	327,33
Abril	875	430	445	7508	30	34,46	493,92	459,46
Mai	1095	947	148	7656	30	36,60	1155,26	1118,66
Junho	1240	1403	-163	7492	30	34,41	1609,02	1574,61
Julho	1427	1642	-215	7278	30	34,57	1892,05	1857,48
Agosto	1507	1662	-155	7123	30	37,44	2074,42	2036,97
Setembro	1361	1723	-362	6761	30	34,59	1986,73	1952,13
Outubro	1383	1781	-398	6363	30	47,46	2817,37	2769,91
Economia total								R\$16.045,08

Unidade consumidora 2							Ano 8	
Mês	Crédito Destinado a UC 2 (kWh)	Consumo da UC 2 (kWh)	Fluxo de crédito (kWh)	Acumulado de crédito (kWh)	Consumo a ser faturado (kWh)	Custo com SFCR (R\$)	Custo sem SFCR (R\$)	Economia
Novembro	193	168	25	25	30	35,64	199,57	163,93
Dezembro	0	77	-77	0	52	58,04	85,29	27,25
Janeiro	0	361	-361	0	361	424,73	424,73	0,00
Fevereiro	166	162	4	4	30	31,54	170,34	138,80
Março	222	230	-8	0	4	4,73	266,97	262,24
Abril	191	447	-256	0	256	294,62	513,44	218,82
Mai	63	266	-203	0	203	247,34	324,50	77,15
Junho	0	230	-230	0	230	263,77	263,77	0,00
Julho	0	247	-247	0	247	284,61	284,61	0,00
Agosto	0	108	-108	0	108	125,81	125,81	0,00
Setembro	0	90	-90	0	90	97,22	97,22	0,00
Outubro	0	86	-86	0	86	126,93	126,93	0,00
Economia total								R\$888,20

Unidade consumidora 1							Ano 9	
Mês	Crédito Destinado a UC 1 (kWh)	Consumo da UC 1 (kWh)	Fluxo de crédito (kWh)	Acumulado de crédito (kWh)	Consumo a ser faturado (kWh)	Custo com SFCR (R\$)	Custo sem SFCR (R\$)	Economia
Novembro	1002	560	442	6805	30	37,54	700,79	663,25
Dezembro	1124	1367	-243	6562	30	37,52	1709,64	1672,12
Janeiro	1049	1059	-10	6553	30	37,18	1312,57	1275,38
Fevereiro	875	494	381	6934	30	35,49	584,35	548,86
Março	824	312	512	7445	30	36,68	381,51	344,83
Abril	868	430	438	7884	30	36,30	520,32	484,02
Mai	1088	947	141	8024	30	38,55	1217,02	1178,46
Junho	1229	1403	-174	7850	30	36,24	1695,03	1658,79
Julho	1415	1642	-227	7624	30	36,42	1993,20	1956,78
Agosto	1494	1662	-168	7456	30	39,45	2185,31	2145,87
Setembro	1350	1723	-373	7082	30	36,44	2092,93	2056,49
Outubro	1371	1781	-410	6673	30	49,99	2967,98	2917,98
Economia total								R\$16.902,83

Unidade consumidora 2							Ano 9	
Mês	Crédito Destinado a UC 2 (kWh)	Consumo da UC 2 (kWh)	Fluxo de crédito (kWh)	Acumulado de crédito (kWh)	Consumo a ser faturado (kWh)	Custo com SFCR (R\$)	Custo sem SFCR (R\$)	Economia
Novembro	190	168	22	22	30	37,54	210,24	172,69
Dezembro	0	77	-77	0	55	64,71	89,85	25,14
Janeiro	0	361	-361	0	361	447,44	447,44	0,00
Fevereiro	163	162	1	1	30	33,23	179,45	146,22
Março	219	230	-11	0	9	11,50	281,24	269,74
Abril	188	447	-259	0	259	313,65	540,89	227,24
Mai	60	266	-206	0	206	264,35	341,84	77,49
Junho	0	230	-230	0	230	277,87	277,87	0,00
Julho	0	247	-247	0	247	299,83	299,83	0,00
Agosto	0	108	-108	0	108	132,54	132,54	0,00
Setembro	0	90	-90	0	90	102,42	102,42	0,00
Outubro	0	86	-86	0	86	133,72	133,72	0,00
Economia total								R\$918,53

Unidade consumidora 1							Ano 10	
Mês	Crédito Destinado a UC 1 (kWh)	Consumo da UC 1 (kWh)	Fluxo de crédito (kWh)	Acumulado de crédito (kWh)	Consumo a ser faturado (kWh)	Custo com SFCR (R\$)	Custo sem SFCR (R\$)	Economia
Novembro	995	560	435	7108	30	39,45	736,35	696,90
Dezembro	1114	1367	-253	6855	30	39,42	1796,39	1756,97
Janeiro	1040	1059	-19	6837	30	39,07	1379,17	1340,10
Fevereiro	869	494	375	7212	30	37,29	614,00	576,72
Março	817	312	505	7717	30	38,55	400,87	362,33
Abril	862	430	432	8149	30	38,14	546,73	508,58
Maiο	1081	947	134	8283	30	40,51	1278,77	1238,26
Junho	1219	1403	-184	8098	30	38,08	1781,05	1742,97
Julho	1403	1642	-239	7859	30	38,26	2094,34	2056,08
Agosto	1481	1662	-181	7679	30	41,45	2296,21	2254,76
Setembro	1338	1723	-385	7294	30	38,29	2199,14	2160,85
Outubro	1360	1781	-421	6873	30	52,53	3118,59	3066,06
Economia total								R\$17.760,58

Unidade consumidora 2							Ano 10	
Mês	Crédito Destinado a UC 2 (kWh)	Consumo da UC 2 (kWh)	Fluxo de crédito (kWh)	Acumulado de crédito (kWh)	Consumo a ser faturado (kWh)	Custo com SFCR (R\$)	Custo sem SFCR (R\$)	Economia
Novembro	186	168	18	18	30	39,45	220,90	181,46
Dezembro	0	77	-77	0	59	71,74	94,41	22,67
Janeiro	0	361	-361	0	361	470,14	470,14	0,00
Fevereiro	161	162	-1	0	1	1,54	188,55	187,01
Março	217	230	-13	0	13	17,24	295,51	278,27
Abril	185	447	-262	0	262	333,01	568,34	235,33
Maiο	57	266	-209	0	209	281,74	359,19	77,45
Junho	0	230	-230	0	230	291,98	291,98	0,00
Julho	0	247	-247	0	247	315,04	315,04	0,00
Agosto	0	108	-108	0	108	139,26	139,26	0,00
Setembro	0	90	-90	0	90	107,61	107,61	0,00
Outubro	0	86	-86	0	86	140,50	140,50	0,00
Economia total								R\$982,20

Unidade consumidora 1							Ano 11	
Mês	Crédito Destinado a UC 1 (kWh)	Consumo da UC 1 (kWh)	Fluxo de crédito (kWh)	Acumulado de crédito (kWh)	Consumo a ser faturado (kWh)	Custo com SFCR (R\$)	Custo sem SFCR (R\$)	Economia
Novembro	988	560	428	7301	30	41,35	771,91	730,56
Dezembro	1105	1367	-262	7038	30	41,33	1883,15	1841,82
Janeiro	1031	1059	-28	7011	30	40,96	1445,78	1404,83
Fevereiro	863	494	369	7379	30	39,09	643,66	604,57
Março	811	312	499	7879	30	40,41	420,23	379,82
Abril	856	430	426	8304	30	39,99	573,13	533,14
Maiο	1074	947	127	8431	30	42,47	1340,53	1298,07
Junho	1208	1403	-195	8236	30	39,92	1867,07	1827,14
Julho	1391	1642	-251	7985	30	40,11	2195,49	2155,38
Agosto	1469	1662	-193	7792	30	43,45	2407,10	2363,65
Setembro	1326	1723	-397	7395	30	40,14	2305,35	2265,21
Outubro	1348	1781	-433	6962	30	55,07	3269,20	3214,14
Economia total								R\$18.618,33

Unidade consumidora 2							Ano 11	
Mês	Crédito Destinado a UC 2 (kWh)	Consumo da UC 2 (kWh)	Fluxo de crédito (kWh)	Acumulado de crédito (kWh)	Consumo a ser faturado (kWh)	Custo com SFCR (R\$)	Custo sem SFCR (R\$)	Economia
Novembro	183	168	15	15	30	41,35	231,57	190,22
Dezembro	0	77	-77	0	62	79,13	98,97	19,84
Janeiro	0	361	-361	0	361	492,85	492,85	0,00
Fevereiro	158	162	-4	0	4	4,86	197,66	192,79
Março	214	230	-16	0	16	21,68	309,79	288,11
Abril	182	447	-265	0	265	352,70	595,79	243,09
Maiο	54	266	-212	0	212	299,51	376,54	77,03
Junho	0	230	-230	0	230	306,08	306,08	0,00
Julho	0	247	-247	0	247	330,26	330,26	0,00
Agosto	0	108	-108	0	108	145,99	145,99	0,00
Setembro	0	90	-90	0	90	112,81	112,81	0,00
Outubro	0	86	-86	0	86	147,29	147,29	0,00
Economia total								R\$1.011,08

Unidade consumidora 1							Ano 12	
Mês	Crédito Destinado a UC 1 (kWh)	Consumo da UC 1 (kWh)	Fluxo de crédito (kWh)	Acumulado de crédito (kWh)	Consumo a ser faturado (kWh)	Custo com SFCR (R\$)	Custo sem SFCR (R\$)	Economia
Novembro	981	560	421	7383	30	43,26	807,47	764,22
Dezembro	1095	1367	-272	7111	30	43,23	1969,91	1926,68
Janeiro	1023	1059	-36	7075	30	42,84	1512,39	1469,55
Fevereiro	856	494	362	7437	30	40,89	673,31	632,42
Março	805	312	493	7930	30	42,27	439,59	397,32
Abril	849	430	419	8349	30	41,83	599,53	557,71
Maiο	1067	947	120	8470	30	44,42	1402,29	1357,87
Junho	1198	1403	-205	8264	30	41,76	1953,08	1911,32
Julho	1379	1642	-263	8001	30	41,96	2296,64	2254,68
Agosto	1456	1662	-206	7795	30	45,45	2518,00	2472,55
Setembro	1315	1723	-408	7387	30	41,99	2411,56	2369,57
Outubro	1336	1781	-445	6942	30	57,61	3419,82	3362,21
Economia total								R\$19.476,09

Unidade consumidora 2							Ano 12	
Mês	Crédito Destinado a UC 2 (kWh)	Consumo da UC 2 (kWh)	Fluxo de crédito (kWh)	Acumulado de crédito (kWh)	Consumo a ser faturado (kWh)	Custo com SFCR (R\$)	Custo sem SFCR (R\$)	Economia
Novembro	180	168	12	12	30	43,26	242,24	198,98
Dezembro	0	77	-77	0	65	86,89	103,53	16,64
Janeiro	0	361	-361	0	361	515,56	515,56	0,00
Fevereiro	155	162	-7	0	7	8,49	206,77	198,28
Março	211	230	-19	0	19	26,44	324,06	297,61
Abril	180	447	-267	0	267	372,72	623,24	250,51
Maiο	51	266	-215	0	215	317,67	393,89	76,22
Junho	0	230	-230	0	230	320,18	320,18	0,00
Julho	0	247	-247	0	247	345,47	345,47	0,00
Agosto	0	108	-108	0	108	152,72	152,72	0,00
Setembro	0	90	-90	0	90	118,01	118,01	0,00
Outubro	0	86	-86	0	86	154,08	154,08	0,00
Economia total								R\$1.038,25

Unidade consumidora 1							Ano 13	
Mês	Crédito Destinado a UC 1 (kWh)	Consumo da UC 1 (kWh)	Fluxo de crédito (kWh)	Acumulado de crédito (kWh)	Consumo a ser faturado (kWh)	Custo com SFCR (R\$)	Custo sem SFCR (R\$)	Economia
Novembro	974	560	414	7356	30	45,16	843,04	797,87
Dezembro	1085	1367	-282	7074	30	45,14	2056,67	2011,53
Janeiro	1014	1059	-45	7029	30	44,73	1579,00	1534,27
Fevereiro	850	494	356	7385	30	42,69	702,96	660,27
Março	799	312	487	7872	30	44,13	458,95	414,82
Abril	843	430	413	8285	30	43,67	625,94	582,27
Maiο	1060	947	113	8398	30	46,38	1464,05	1417,67
Junho	1187	1403	-216	8182	30	43,60	2039,10	1995,50
Julho	1367	1642	-275	7907	30	43,81	2397,78	2353,98
Agosto	1443	1662	-219	7688	30	47,45	2628,90	2581,44
Setembro	1303	1723	-420	7268	30	43,84	2517,77	2473,93
Outubro	1325	1781	-456	6812	30	60,14	3570,43	3510,29
Economia total								R\$20.333,84

Unidade consumidora 2							Ano 13	
Mês	Crédito Destinado a UC 2 (kWh)	Consumo da UC 2 (kWh)	Fluxo de crédito (kWh)	Acumulado de crédito (kWh)	Consumo a ser faturado (kWh)	Custo com SFCR (R\$)	Custo sem SFCR (R\$)	Economia
Novembro	177	168	9	9	30	45,16	252,91	207,75
Dezembro	0	77	-77	0	68	95,00	108,09	13,09
Janeiro	0	361	-361	0	361	538,26	538,26	0,00
Fevereiro	153	162	-9	0	9	12,41	215,87	203,46
Março	209	230	-21	0	21	31,54	338,33	306,79
Abril	177	447	-270	0	270	393,08	650,69	257,60
Maiο	49	266	-217	0	217	336,21	411,23	75,02
Junho	0	230	-230	0	230	334,28	334,28	0,00
Julho	0	247	-247	0	247	360,69	360,69	0,00
Agosto	0	108	-108	0	108	159,44	159,44	0,00
Setembro	0	90	-90	0	90	123,21	123,21	0,00
Outubro	0	86	-86	0	86	160,86	160,86	0,00
Economia total								R\$1.063,71

Unidade consumidora 1							Ano 14	
Mês	Crédito Destinado a UC 1 (kWh)	Consumo da UC 1 (kWh)	Fluxo de crédito (kWh)	Acumulado de crédito (kWh)	Consumo a ser faturado (kWh)	Custo com SFCR (R\$)	Custo sem SFCR (R\$)	Economia
Novembro	967	560	407	7219	30	47,07	878,60	831,53
Dezembro	1076	1367	-291	6928	30	47,04	2143,42	2096,38
Janeiro	1005	1059	-54	6873	30	46,62	1645,60	1598,99
Fevereiro	844	494	350	7223	30	44,49	732,62	688,13
Março	792	312	480	7704	30	45,99	478,31	432,32
Abril	837	430	407	8110	30	45,51	652,34	606,83
Maiο	1053	947	106	8217	30	48,34	1525,81	1477,47
Junho	1177	1403	-226	7990	30	45,44	2125,11	2079,67
Julho	1355	1642	-287	7703	30	45,66	2498,93	2453,27
Agosto	1430	1662	-232	7471	30	49,45	2739,79	2690,34
Setembro	1292	1723	-431	7040	30	45,69	2623,97	2578,29
Outubro	1313	1781	-468	6572	30	62,68	3721,04	3658,36
Economia total								R\$21.191,59

Unidade consumidora 2							Ano 14	
Mês	Crédito Destinado a UC 2 (kWh)	Consumo da UC 2 (kWh)	Fluxo de crédito (kWh)	Acumulado de crédito (kWh)	Consumo a ser faturado (kWh)	Custo com SFCR (R\$)	Custo sem SFCR (R\$)	Economia
Novembro	174	168	6	6	30	47,07	263,58	216,51
Dezembro	0	77	-77	0	71	103,48	112,65	9,17
Janeiro	0	361	-361	0	361	560,97	560,97	0,00
Fevereiro	150	162	-12	0	12	16,63	224,98	208,35
Março	206	230	-24	0	24	36,97	352,60	315,63
Abril	174	447	-273	0	273	413,77	678,13	264,36
Maiο	46	266	-220	0	220	355,14	428,58	73,44
Junho	0	230	-230	0	230	348,38	348,38	0,00
Julho	0	247	-247	0	247	375,90	375,90	0,00
Agosto	0	108	-108	0	108	166,17	166,17	0,00
Setembro	0	90	-90	0	90	128,40	128,40	0,00
Outubro	0	86	-86	0	86	167,65	167,65	0,00
Economia total								R\$1.087,46

Unidade consumidora 1							Ano 15	
Mês	Crédito Destinado a UC 1 (kWh)	Consumo da UC 1 (kWh)	Fluxo de crédito (kWh)	Acumulado de crédito (kWh)	Consumo a ser faturado (kWh)	Custo com SFCR (R\$)	Custo sem SFCR (R\$)	Economia
Novembro	959	560	399	6971	30	48,97	914,16	865,19
Dezembro	1066	1367	-301	6671	30	48,94	2230,18	2181,24
Janeiro	996	1059	-63	6607	30	48,50	1712,21	1663,71
Fevereiro	838	494	344	6951	30	46,29	762,27	715,98
Março	786	312	474	7425	30	47,85	497,67	449,82
Abril	830	430	400	7826	30	47,35	678,75	631,39
Maiο	1046	947	99	7925	30	50,29	1587,57	1537,27
Junho	1166	1403	-237	7688	30	47,28	2211,13	2163,85
Julho	1343	1642	-299	7389	30	47,50	2600,08	2552,57
Agosto	1418	1662	-244	7144	30	51,46	2850,69	2799,23
Setembro	1280	1723	-443	6702	30	47,54	2730,18	2682,65
Outubro	1301	1781	-480	6222	30	65,22	3871,66	3806,44
Economia total								R\$22.049,34

Unidade consumidora 2							Ano 15	
Mês	Crédito Destinado a UC 2 (kWh)	Consumo da UC 2 (kWh)	Fluxo de crédito (kWh)	Acumulado de crédito (kWh)	Consumo a ser faturado (kWh)	Custo com SFCR (R\$)	Custo sem SFCR (R\$)	Economia
Novembro	171	168	3	3	30	48,97	274,25	225,28
Dezembro	0	77	-77	0	74	112,32	117,21	4,89
Janeiro	0	361	-361	0	361	583,67	583,67	0,00
Fevereiro	147	162	-15	0	15	21,15	234,08	212,93
Março	203	230	-27	0	27	42,73	366,87	324,14
Abril	172	447	-275	0	275	434,79	705,58	270,79
Maiο	43	266	-223	0	223	374,44	445,93	71,48
Junho	0	230	-230	0	230	362,48	362,48	0,00
Julho	0	247	-247	0	247	391,12	391,12	0,00
Agosto	0	108	-108	0	108	172,89	172,89	0,00
Setembro	0	90	-90	0	90	133,60	133,60	0,00
Outubro	0	86	-86	0	86	174,43	174,43	0,00
Economia total								R\$1.109,51

Unidade consumidora 1							Ano 16	
Mês	Crédito Destinado a UC 1 (kWh)	Consumo da UC 1 (kWh)	Fluxo de crédito (kWh)	Acumulado de crédito (kWh)	Consumo a ser faturado (kWh)	Custo com SFCR (R\$)	Custo sem SFCR (R\$)	Economia
Novembro	952	560	392	6614	30	50,88	949,72	898,84
Dezembro	1057	1367	-310	6304	30	50,85	2316,94	2266,09
Janeiro	987	1059	-72	6232	30	50,39	1778,82	1728,43
Fevereiro	832	494	338	6569	30	48,09	791,92	743,83
Março	780	312	468	7037	30	49,71	517,03	467,32
Abril	824	430	394	7431	30	49,20	705,15	655,95
Maiο	1040	947	93	7524	30	52,25	1649,33	1597,08
Junho	1156	1403	-247	7276	30	49,12	2297,15	2248,03
Julho	1331	1642	-311	6965	30	49,35	2701,22	2651,87
Agosto	1405	1662	-257	6708	30	53,46	2961,58	2908,12
Setembro	1269	1723	-454	6253	30	49,39	2836,39	2787,00
Outubro	1289	1781	-492	5762	30	67,75	4022,27	3954,52
Economia total								R\$22.907,09

Unidade consumidora 2							Ano 16	
Mês	Crédito Destinado a UC 2 (kWh)	Consumo da UC 2 (kWh)	Fluxo de crédito (kWh)	Acumulado de crédito (kWh)	Consumo a ser faturado (kWh)	Custo com SFCR (R\$)	Custo sem SFCR (R\$)	Economia
Novembro	168	168	0	0	30	50,88	284,92	234,04
Dezembro	0	77	-77	0	77	121,52	121,77	0,24
Janeiro	0	361	-361	0	361	606,38	606,38	0,00
Fevereiro	145	162	-17	0	17	25,97	243,19	217,22
Março	201	230	-29	0	29	48,83	381,15	332,32
Abril	169	447	-278	0	278	456,15	733,03	276,88
Maiο	40	266	-226	0	226	394,14	463,27	69,14
Junho	0	230	-230	0	230	376,58	376,58	0,00
Julho	0	247	-247	0	247	406,34	406,34	0,00
Agosto	0	108	-108	0	108	179,62	179,62	0,00
Setembro	0	90	-90	0	90	138,80	138,80	0,00
Outubro	0	86	-86	0	86	181,22	181,22	0,00
Economia total								R\$1.129,84

Unidade consumidora 1							Ano 17	
Mês	Crédito Destinado a UC 1 (kWh)	Consumo da UC 1 (kWh)	Fluxo de crédito (kWh)	Acumulado de crédito (kWh)	Consumo a ser faturado (kWh)	Custo com SFCR (R\$)	Custo sem SFCR (R\$)	Economia
Novembro	945	560	385	6147	30	52,78	985,28	932,50
Dezembro	1047	1367	-320	5827	30	52,75	2403,70	2350,94
Janeiro	978	1059	-81	5746	30	52,28	1845,43	1793,15
Fevereiro	825	494	331	6077	30	49,89	821,58	771,68
Março	774	312	462	6539	30	51,58	536,39	484,82
Abril	818	430	388	6926	30	51,04	731,56	680,52
Maiο	1033	947	86	7012	30	54,21	1711,08	1656,88
Junho	1145	1403	-258	6754	30	50,96	2383,16	2332,20
Julho	1319	1642	-323	6431	30	51,20	2802,37	2751,17
Agosto	1392	1662	-270	6161	30	55,46	3072,48	3017,02
Setembro	1257	1723	-466	5695	30	51,24	2942,60	2891,36
Outubro	1278	1781	-503	5192	30	70,29	4172,88	4102,59
Economia total								R\$23.764,84

Unidade consumidora 2							Ano 17	
Mês	Crédito Destinado a UC 2 (kWh)	Consumo da UC 2 (kWh)	Fluxo de crédito (kWh)	Acumulado de crédito (kWh)	Consumo a ser faturado (kWh)	Custo com SFCR (R\$)	Custo sem SFCR (R\$)	Economia
Novembro	165	168	-3	0	0	0,00	295,59	295,59
Dezembro	0	77	-77	0	77	126,33	126,33	0,00
Janeiro	0	361	-361	0	361	629,08	629,08	0,00
Fevereiro	142	162	-20	0	20	31,09	252,30	221,21
Março	198	230	-32	0	32	55,25	395,42	340,16
Abril	166	447	-281	0	281	477,83	760,48	282,64
Maiο	37	266	-229	0	229	414,21	480,62	66,41
Junho	0	230	-230	0	230	390,68	390,68	0,00
Julho	0	247	-247	0	247	421,55	421,55	0,00
Agosto	0	108	-108	0	108	186,35	186,35	0,00
Setembro	0	90	-90	0	90	144,00	144,00	0,00
Outubro	0	86	-86	0	86	188,00	188,00	0,00
Economia total								R\$1.206,01

Unidade consumidora 1							Ano 18	
Mês	Crédito Destinado a UC 1 (kWh)	Consumo da UC 1 (kWh)	Fluxo de crédito (kWh)	Acumulado de crédito (kWh)	Consumo a ser faturado (kWh)	Custo com SFCR (R\$)	Custo sem SFCR (R\$)	Economia
Novembro	938	560	378	5570	30	54,69	1020,85	966,16
Dezembro	1037	1367	-330	5240	30	54,66	2490,45	2435,80
Janeiro	969	1059	-90	5150	30	54,17	1912,03	1857,87
Fevereiro	819	494	325	5475	30	51,69	851,23	799,54
Março	767	312	455	5931	30	53,44	555,75	502,32
Abril	811	430	381	6312	30	52,88	757,96	705,08
Maiο	1026	947	79	6391	30	56,16	1772,84	1716,68
Junho	1135	1403	-268	6122	30	52,80	2469,18	2416,38
Julho	1306	1642	-336	5787	30	53,05	2903,52	2850,47
Agosto	1379	1662	-283	5504	30	57,46	3183,37	3125,91
Setembro	1246	1723	-477	5027	30	53,08	3048,81	2995,72
Outubro	1266	1781	-515	4512	30	72,83	4323,49	4250,67
Economia total								R\$24.622,59

Unidade consumidora 2							Ano 18	
Mês	Crédito Destinado a UC 2 (kWh)	Consumo da UC 2 (kWh)	Fluxo de crédito (kWh)	Acumulado de crédito (kWh)	Consumo a ser faturado (kWh)	Custo com SFCR (R\$)	Custo sem SFCR (R\$)	Economia
Novembro	162	168	-6	0	0	0,00	306,25	306,25
Dezembro	0	77	-77	0	77	130,89	130,89	0,00
Janeiro	0	361	-361	0	361	651,79	651,79	0,00
Fevereiro	139	162	-23	0	23	36,51	261,40	224,89
Março	195	230	-35	0	35	62,01	409,69	347,68
Abril	163	447	-284	0	284	499,85	787,93	288,07
Maiο	34	266	-232	0	232	434,68	497,97	63,29
Junho	0	230	-230	0	230	404,78	404,78	0,00
Julho	0	247	-247	0	247	436,77	436,77	0,00
Agosto	0	108	-108	0	108	193,07	193,07	0,00
Setembro	0	90	-90	0	90	149,19	149,19	0,00
Outubro	0	86	-86	0	86	194,79	194,79	0,00
Economia total								R\$1.230,19

Unidade consumidora 1							Ano 19	
Mês	Crédito Destinado a UC 1 (kWh)	Consumo da UC 1 (kWh)	Fluxo de crédito (kWh)	Acumulado de crédito (kWh)	Consumo a ser faturado (kWh)	Custo com SFCR (R\$)	Custo sem SFCR (R\$)	Economia
Novembro	931	560	371	4883	30	56,59	1056,41	999,82
Dezembro	1028	1367	-339	4544	30	56,56	2577,21	2520,65
Janeiro	960	1059	-99	4444	30	56,05	1978,64	1922,59
Fevereiro	813	494	319	4763	30	53,50	880,88	827,39
Março	761	312	449	5212	30	55,30	575,11	519,81
Abril	805	430	375	5587	30	54,72	784,36	729,64
Maiο	1019	947	72	5660	30	58,12	1834,60	1776,48
Junho	1124	1403	-279	5381	30	54,64	2555,19	2500,56
Julho	1294	1642	-348	5033	30	54,90	3004,66	2949,77
Agosto	1366	1662	-296	4737	30	59,46	3294,27	3234,81
Setembro	1234	1723	-489	4249	30	54,93	3155,01	3100,08
Outubro	1254	1781	-527	3722	30	75,36	4474,11	4398,74
Economia total								R\$25.480,34

Unidade consumidora 2							Ano 19	
Mês	Crédito Destinado a UC 2 (kWh)	Consumo da UC 2 (kWh)	Fluxo de crédito (kWh)	Acumulado de crédito (kWh)	Consumo a ser faturado (kWh)	Custo com SFCR (R\$)	Custo sem SFCR (R\$)	Economia
Novembro	159	168	-9	0	0	0,00	316,92	316,92
Dezembro	0	77	-77	0	77	135,45	135,45	0,00
Janeiro	0	361	-361	0	361	674,49	674,49	0,00
Fevereiro	137	162	-25	0	25	42,23	270,51	228,28
Março	193	230	-37	0	37	69,10	423,96	354,86
Abril	161	447	-286	0	286	522,20	815,37	293,17
Maiο	31	266	-235	0	235	455,52	515,32	59,79
Junho	0	230	-230	0	230	418,88	418,88	0,00
Julho	0	247	-247	0	247	451,98	451,98	0,00
Agosto	0	108	-108	0	108	199,80	199,80	0,00
Setembro	0	90	-90	0	90	154,39	154,39	0,00
Outubro	0	86	-86	0	86	201,57	201,57	0,00
Economia total								R\$1.253,03

Unidade consumidora 1							Ano 20		
Mês	Crédito Destinado a UC 1 (kWh)	Consumo da UC 1 (kWh)	Fluxo de crédito (kWh)	Acumulado de crédito (kWh)	Consumo a ser faturado (kWh)	Custo com SFCR (R\$)	Custo sem SFCR (R\$)	Economia	
Novembro	924	560	364	4086	30	58,50	1091,97	1033,47	
Dezembro	1018	1367	-349	3737	30	58,46	2663,97	2605,50	
Janeiro	951	1059	-108	3629	30	57,94	2045,25	1987,31	
Fevereiro	807	494	313	3941	30	55,30	910,54	855,24	
Março	755	312	443	4384	30	57,16	594,47	537,31	
Abril	799	430	369	4753	30	56,57	810,77	754,20	
Maiο	1012	947	65	4818	30	60,07	1896,36	1836,28	
Junho	1114	1403	-289	4529	30	56,48	2641,21	2584,73	
Julho	1282	1642	-360	4169	30	56,74	3105,81	3049,07	
Agosto	1354	1662	-308	3861	30	61,47	3405,17	3343,70	
Setembro	1223	1723	-500	3360	30	56,78	3261,22	3204,44	
Outubro	1243	1781	-538	2822	30	77,90	4624,72	4546,82	
Economia total									R\$26.338,09

Unidade consumidora 2							Ano 20		
Mês	Crédito Destinado a UC 2 (kWh)	Consumo da UC 2 (kWh)	Fluxo de crédito (kWh)	Acumulado de crédito (kWh)	Consumo a ser faturado (kWh)	Custo com SFCR (R\$)	Custo sem SFCR (R\$)	Economia	
Novembro	156	168	-12	0	0	0,00	327,59	327,59	
Dezembro	0	77	-77	0	77	140,01	140,01	0,00	
Janeiro	0	361	-361	0	361	697,20	697,20	0,00	
Fevereiro	134	162	-28	0	28	48,24	279,61	231,37	
Março	190	230	-40	0	40	76,52	438,23	361,71	
Abril	158	447	-289	0	289	544,89	842,82	297,93	
Maiο	28	266	-238	0	238	476,75	532,66	55,91	
Junho	0	230	-230	0	230	432,99	432,99	0,00	
Julho	0	247	-247	0	247	467,20	467,20	0,00	
Agosto	0	108	-108	0	108	206,52	206,52	0,00	
Setembro	0	90	-90	0	90	159,59	159,59	0,00	
Outubro	0	86	-86	0	86	208,36	208,36	0,00	
Economia total									R\$1.274,52

Unidade consumidora 1							Ano 21		
Mês	Crédito Destinado a UC 1 (kWh)	Consumo da UC 1 (kWh)	Fluxo de crédito (kWh)	Acumulado de crédito (kWh)	Consumo a ser faturado (kWh)	Custo com SFCR (R\$)	Custo sem SFCR (R\$)	Economia	
Novembro	917	560	357	3179	30	60,40	1127,53	1067,13	
Dezembro	1009	1367	-358	2820	30	60,37	2750,72	2690,36	
Janeiro	942	1059	-117	2703	30	59,83	2111,86	2052,03	
Fevereiro	801	494	307	3010	30	57,10	940,19	883,10	
Março	749	312	437	3446	30	59,02	613,83	554,81	
Abril	792	430	362	3809	30	58,41	837,17	778,77	
Maiο	1005	947	58	3867	30	62,03	1958,12	1896,09	
Junho	1103	1403	-300	3567	30	58,32	2727,23	2668,91	
Julho	1270	1642	-372	3195	30	58,59	3206,96	3148,37	
Agosto	1341	1662	-321	2874	30	63,47	3516,06	3452,59	
Setembro	1211	1723	-512	2362	30	58,63	3367,43	3308,80	
Outubro	1231	1781	-550	1812	30	80,44	4775,33	4694,90	
Economia total									R\$27.195,84

Unidade consumidora 2							Ano 21		
Mês	Crédito Destinado a UC 2 (kWh)	Consumo da UC 2 (kWh)	Fluxo de crédito (kWh)	Acumulado de crédito (kWh)	Consumo a ser faturado (kWh)	Custo com SFCR (R\$)	Custo sem SFCR (R\$)	Economia	
Novembro	153	168	-15	0	0	0,00	338,26	338,26	
Dezembro	0	77	-77	0	77	144,57	144,57	0,00	
Janeiro	0	361	-361	0	361	719,91	719,91	0,00	
Fevereiro	131	162	-31	0	31	54,56	288,72	234,16	
Março	187	230	-43	0	43	84,27	452,51	368,23	
Abril	155	447	-292	0	292	567,91	870,27	302,36	
Maiο	25	266	-241	0	241	498,36	550,01	51,65	
Junho	0	230	-230	0	230	447,09	447,09	0,00	
Julho	0	247	-247	0	247	482,41	482,41	0,00	
Agosto	0	108	-108	0	108	213,25	213,25	0,00	
Setembro	0	90	-90	0	90	164,78	164,78	0,00	
Outubro	0	86	-86	0	86	215,15	215,15	0,00	
Economia total									R\$1.294,66

Unidade consumidora 1							Ano 22	
Mês	Crédito Destinado a UC 1 (kWh)	Consumo da UC 1 (kWh)	Fluxo de crédito (kWh)	Acumulado de crédito (kWh)	Consumo a ser faturado (kWh)	Custo com SFCR (R\$)	Custo sem SFCR (R\$)	Economia
Novembro	910	560	350	2161	30	62,31	1163,09	1100,79
Dezembro	999	1367	-368	1794	30	62,27	2837,48	2775,21
Janeiro	933	1059	-126	1667	30	61,71	2178,46	2116,75
Fevereiro	794	494	300	1968	30	58,90	969,85	910,95
Março	742	312	430	2398	30	60,88	633,19	572,31
Abril	786	430	356	2754	30	60,25	863,58	803,33
Maiο	998	947	51	2806	30	63,99	2019,88	1955,89
Junho	1093	1403	-310	2495	30	60,15	2813,24	2753,09
Julho	1258	1642	-384	2111	30	60,44	3308,10	3247,66
Agosto	1328	1662	-334	1777	30	65,47	3626,96	3561,49
Setembro	1200	1723	-523	1254	30	60,48	3473,64	3413,16
Outubro	1219	1781	-562	692	30	82,97	4925,95	4842,97
Economia total								R\$28.053,59

Unidade consumidora 2							Ano 22	
Mês	Crédito Destinado a UC 2 (kWh)	Consumo da UC 2 (kWh)	Fluxo de crédito (kWh)	Acumulado de crédito (kWh)	Consumo a ser faturado (kWh)	Custo com SFCR (R\$)	Custo sem SFCR (R\$)	Economia
Novembro	150	168	-18	0	0	0,00	348,93	348,93
Dezembro	0	77	-77	0	77	149,13	149,13	0,00
Janeiro	0	361	-361	0	361	742,61	742,61	0,00
Fevereiro	129	162	-33	0	33	61,18	297,83	236,65
Março	184	230	-46	0	46	92,36	466,78	374,42
Abril	153	447	-294	0	294	591,25	897,72	306,46
Maiο	22	266	-244	0	244	520,36	567,36	47,00
Junho	0	230	-230	0	230	461,19	461,19	0,00
Julho	0	247	-247	0	247	497,63	497,63	0,00
Agosto	0	108	-108	0	108	219,97	219,97	0,00
Setembro	0	90	-90	0	90	169,98	169,98	0,00
Outubro	0	86	-86	0	86	221,93	221,93	0,00
Economia total								R\$1.313,46

Unidade consumidora 1							Ano 23	
Mês	Crédito Destinado a UC 1 (kWh)	Consumo da UC 1 (kWh)	Fluxo de crédito (kWh)	Acumulado de crédito (kWh)	Consumo a ser faturado (kWh)	Custo com SFCR (R\$)	Custo sem SFCR (R\$)	Economia
Novembro	902	560	342	1034	30	64,21	1198,66	1134,44
Dezembro	989	1367	-378	657	30	64,17	2924,24	2860,06
Janeiro	924	1059	-135	522	30	63,60	2245,07	2181,47
Fevereiro	788	494	294	816	30	60,70	999,50	938,80
Março	736	312	424	1240	30	62,75	652,55	589,81
Abril	780	430	350	1590	30	62,09	889,98	827,89
Maiο	992	947	45	1634	30	65,94	2081,64	2015,69
Junho	1082	1403	-321	1313	30	61,99	2899,26	2837,26
Julho	1246	1642	-396	917	30	62,29	3409,25	3346,96
Agosto	1315	1662	-347	571	30	67,47	3737,85	3670,38
Setembro	1188	1723	-535	36	30	62,33	3579,85	3517,52
Outubro	1207	1781	-574	0	538	1533,12	5076,56	3543,44
Economia total								R\$27.463,73

Unidade consumidora 2							Ano 23	
Mês	Crédito Destinado a UC 2 (kWh)	Consumo da UC 2 (kWh)	Fluxo de crédito (kWh)	Acumulado de crédito (kWh)	Consumo a ser faturado (kWh)	Custo com SFCR (R\$)	Custo sem SFCR (R\$)	Economia
Novembro	147	168	-21	0	0	0,00	359,60	359,60
Dezembro	0	77	-77	0	77	153,68	153,68	0,00
Janeiro	0	361	-361	0	361	765,32	765,32	0,00
Fevereiro	126	162	-36	0	36	68,09	306,93	238,84
Março	182	230	-48	0	48	100,77	481,05	380,28
Abril	150	447	-297	0	297	614,94	925,17	310,23
Maiο	19	266	-247	0	247	542,74	584,70	41,96
Junho	0	230	-230	0	230	475,29	475,29	0,00
Julho	0	247	-247	0	247	512,84	512,84	0,00
Agosto	0	108	-108	0	108	226,70	226,70	0,00
Setembro	0	90	-90	0	90	175,18	175,18	0,00
Outubro	0	86	-86	0	86	228,72	228,72	0,00
Economia total								R\$1.330,91

Unidade consumidora 1							Ano 24	
Mês	Crédito Destinado a UC 1 (kWh)	Consumo da UC 1 (kWh)	Fluxo de crédito (kWh)	Acumulado de crédito (kWh)	Consumo a ser faturado (kWh)	Custo com SFCR (R\$)	Custo sem SFCR (R\$)	Economia
Novembro	895	560	335	335	30	66,12	1234,22	1168,10
Dezembro	980	1367	-387	0	52	114,25	3011,00	2896,75
Janeiro	915	1059	-144	0	144	314,61	2311,68	1997,07
Fevereiro	782	494	288	288	30	62,50	1029,15	966,65
Março	730	312	418	706	30	64,61	671,91	607,31
Abril	773	430	343	1049	30	63,93	916,39	852,45
Maiο	985	947	38	1087	30	67,90	2143,39	2075,49
Junho	1071	1403	-332	756	30	63,83	2985,27	2921,44
Julho	1234	1642	-408	347	30	64,14	3510,40	3446,26
Agosto	1303	1662	-359	0	12	27,87	3848,75	3820,88
Setembro	1177	1723	-546	0	546	1169,05	3686,05	2517,00
Outubro	1196	1781	-585	0	585	1718,01	5227,17	3509,17
Economia total								R\$26.778,58

Unidade consumidora 2							Ano 24	
Mês	Crédito Destinado a UC 2 (kWh)	Consumo da UC 2 (kWh)	Fluxo de crédito (kWh)	Acumulado de crédito (kWh)	Consumo a ser faturado (kWh)	Custo com SFCR (R\$)	Custo sem SFCR (R\$)	Economia
Novembro	144	168	-24	0	0	0,00	370,27	370,27
Dezembro	0	77	-77	0	77	158,24	158,24	0,00
Janeiro	0	361	-361	0	361	788,02	788,02	0,00
Fevereiro	123	162	-39	0	39	75,31	316,04	240,73
Março	179	230	-51	0	51	109,52	495,32	385,80
Abril	147	447	-300	0	300	638,95	952,61	313,66
Maiο	16	266	-250	0	250	565,50	602,05	36,55
Junho	0	230	-230	0	230	489,39	489,39	0,00
Julho	0	247	-247	0	247	528,06	528,06	0,00
Agosto	0	108	-108	0	108	233,43	233,43	0,00
Setembro	0	90	-90	0	90	180,38	180,38	0,00
Outubro	0	86	-86	0	86	235,50	235,50	0,00
Economia total								R\$1.347,01

Unidade consumidora 1							Ano 25	
Mês	Crédito Destinado a UC 1 (kWh)	Consumo da UC 1 (kWh)	Fluxo de crédito (kWh)	Acumulado de crédito (kWh)	Consumo a ser faturado (kWh)	Custo com SFCR (R\$)	Custo sem SFCR (R\$)	Economia
Novembro	888	560	328	328	30	68,02	1269,78	1201,76
Dezembro	970	1367	-397	0	69	155,47	3097,75	2942,29
Janeiro	906	1059	-153	0	153	343,82	2378,29	2034,47
Fevereiro	776	494	282	282	30	64,30	1058,81	994,51
Março	724	312	412	693	30	66,47	691,27	624,81
Abril	767	430	337	1031	30	65,78	942,79	877,01
Maiο	978	947	31	1061	30	69,86	2205,15	2135,30
Junho	1061	1403	-342	719	30	65,67	3071,29	3005,62
Julho	1222	1642	-420	299	30	65,98	3611,54	3545,56
Agosto	1290	1662	-372	0	73	174,03	3959,64	3785,62
Setembro	1165	1723	-558	0	558	1228,12	3792,26	2564,14
Outubro	1184	1781	-597	0	597	1802,90	5377,79	3574,88
Economia total								R\$27.285,96

Unidade consumidora 2							Ano 25	
Mês	Crédito Destinado a UC 2 (kWh)	Consumo da UC 2 (kWh)	Fluxo de crédito (kWh)	Acumulado de crédito (kWh)	Consumo a ser faturado (kWh)	Custo com SFCR (R\$)	Custo sem SFCR (R\$)	Economia
Novembro	141	168	-27	0	0	0,00	380,93	380,93
Dezembro	0	77	-77	0	77	162,80	162,80	0,00
Janeiro	0	361	-361	0	361	810,73	810,73	0,00
Fevereiro	121	162	-41	0	41	82,82	325,15	242,32
Março	176	230	-54	0	54	118,60	509,59	390,99
Abril	144	447	-303	0	303	663,30	980,06	316,76
Maiο	13	266	-253	0	253	588,65	619,40	30,75
Junho	0	230	-230	0	230	503,49	503,49	0,00
Julho	0	247	-247	0	247	543,27	543,27	0,00
Agosto	0	108	-108	0	108	240,15	240,15	0,00
Setembro	0	90	-90	0	90	185,57	185,57	0,00
Outubro	0	86	-86	0	86	242,29	242,29	0,00
Economia total								R\$1.361,76