

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CAMPUS CACHOEIRA DO SUL
CURSO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

Cleiton Ariel Zalewski

**AVALIAÇÃO ECONÔMICA DA UTILIZAÇÃO DE FONTES
ALTERNATIVAS DE ENERGIA ELÉTRICA UTILIZANDO O
SOFTWARE HOMER PRO**

Cachoeira do Sul, RS, Brasil
2019

Cleiton Ariel Zalewski

**AVALIAÇÃO ECONÔMICA DA UTILIZAÇÃO DE FONTES
ALTERNATIVAS DE ENERGIA ELÉTRICA UTILIZANDO O
SOFTWARE HOMER PRO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), campus Cachoeira do Sul, como requisito parcial para a obtenção do título de **Engenheiro Eletricista**.

Orientador: Dr. Fernando Guilherme Kaehler Guarda

Cachoeira do Sul, RS, Brasil

2019

©2019

Todos os direitos autorais reservados a Cleiton Ariel Zalewski. A reprodução de partes ou de todo este trabalho só poderá ser feita mediante autorização do autor.

Endereço: Rua Major Ouriques, 2015, Bairro Santo Antônio, Cachoeira do Sul, RS, Brasil - 96506-296.

Fone: (+55) 55 999388541; E-mail: cleiton.zalewski@hotmail.com

Cleiton Ariel Zalewski

**AVALIAÇÃO ECONÔMICA DA UTILIZAÇÃO DE FONTES
ALTERNATIVAS DE ENERGIA ELÉTRICA UTILIZANDO O
SOFTWARE HOMER PRO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), campus Cachoeira do Sul, como requisito parcial para a obtenção do título de **Engenheiro Eletricista**.

Aprovado em 10 de julho de 2019:

Fernando Guilherme Kaehler Guarda, Drº. Eng. (UFSM-CS)
(Presidente/Orientador)

Laura Lisiane Callai dos Santos, Drª: Eng. (UFSM-CS)

Émerson Rafael da Silva, Eng. (UFSM-CS)

Cachoeira do Sul, RS, Brasil

2019

DEDICATÓRIA

A minha mãe Eloisa, meu pai Lauro e meu irmão Charlon

AGRADECIMENTOS

Pra começar, minha segunda casa é o RU e é lá que temos aquele frango diário e as vezes aquele pedaço extra de carne! Primeiramente queria agradecer minha mãe Eloisa, por ser a mulher mais forte e incrível e por ter me apoiado desde sempre. A minha família em si, em especial ao meu pai e meu irmão pela ajuda todo esse tempo de graduação.

Quanto aos amizades da faculdade? Bah, tem uma galera, gostaria de agradecer a galera de elétrica. Aos meus amigos da casa que dividimos, pelas ajudas sobre a faculdade e parcerias de festas.

Ao meu orientador que me ajudou para que esse trabalho fosse realizado e ao pessoal da minha banca, pelas conversas, pelas ajudas e dicas sobre o trabalho de conclusão de curso.

Um último agradecimento à UFSM de Cachoeira do Sul por toda a estrutura e pela oportunidade dada de estudar em uma das melhores faculdades do Rio Grande do Sul.

“A ciência pode nos divertir e
fascinar, mas é a **engenharia**
que muda o mundo
Isaac Asimov”

RESUMO

AVALIAÇÃO ECONÔMICA DA UTILIZAÇÃO DE FONTES ALTERNATIVAS DE ENERGIA ELÉTRICA UTILIZANDO O SOFTWARE HOMER PRO

AUTOR: Cleiton Ariel Zalewski

ORIENTADOR: Fernando Guilherme Kaehler Guarda

A geração distribuída tem ganhado cada vez mais espaço no sistema elétrico brasileiro. Esta geração é aquela localizada próxima aos centros de carga, conectada ao sistema de distribuição, de pequeno ou médio porte e não despachada pelo ONS (Operador Nacional do Sistema). As fontes de geração distribuída em ascensão são a Fotovoltaica e a Eólica. Essas fontes utilizam painéis para geração de energia elétrica através da luz solar, e aerogeradores para geração de energia através da conversão da energia cinética do vento. Em momentos que não há irradiação solar é necessário um sistema de armazenamento da energia gerada durante os horários de sol e vento. Portanto este trabalho tem como objetivo analisar economicamente a implantação de um sistema de geração alternativa e de armazenamento de energia elétrica. Primeiramente, será modelado e definido um padrão de quantidade de baterias, onde será possível visualizar a capacidade de armazenamento, taxas de carga. Frente às constantes variações nos preços das tarifas de energia elétrica, o estudo do impacto do uso de fontes alternativas de energia e sistemas de armazenamento, com uso de baterias, se mostra uma opção bastante economicamente vantajosa. Dito isto, este estudo visa dar suporte a alternativa da geração distribuída, agregando parâmetros de continuidade de energia com uso de elementos armazenadores no sistema, a fim de se verificar a viabilidade econômica da implementação destas tecnologias. Os resultados obtidos foram de que quanto maior for a carga demandada pelo cliente, a inserção das baterias se torna atrativa e lucrativa para análise.

Palavras chave: Armazenamento de energia em baterias; Geração distribuída; Bancos de baterias; Viabilidade técnica e econômica.

ABSTRACT

ECONOMIC EVALUATION OF THE USE OF ALTERNATIVE SOURCES OF ELECTRICAL ENERGY USING THE HOMER PRO SOFTWARE

AUTHOR: Cleiton Ariel Zalewski
ADVISOR: Fernando Guilherme Kaehler Guarda

Distributed generation has gained more and more space in the Brazilian electrical system. This generation is located near the load centers, connected to the distribution system, small or medium size and not dispatched by ONS (National System Operator). Photovoltaic and Wind Energy are the sources of distributed generation on the rise. These sources use panels to generate electric energy through sunlight, and wind turbines to generate energy through the conversion of kinetic energy from the wind. At times when there is no solar irradiation, a storage system of the energy generated during the sun and wind schedules is necessary. Therefore, the objective of this work is to economically analyze the implementation of a system of alternative generation and storage of electric energy. Firstly, a pattern of battery quantity will be modeled and defined, where it will be possible to visualize the storage capacity, load rates. Faced with constant changes in electricity tariffs, the study of the impact of the use of alternative energy sources and storage systems, using batteries, is a very economically advantageous option. That said, this study aims to support the alternative of distributed generation, adding parameters of energy continuity with the use of storage elements in the system, in order to verify the economic viability of the implementation of these technologies. The results obtained were that the higher the load demanded by the customer, the insertion of the batteries becomes attractive and profitable for analysis.

Keywords: Storage of energy in batteries; Distributed generation; Battery banks; Technical and economic feasibility.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Curva típica de carga, consumidor residencial	29
Figura 2 - Curva típica de carga, consumidor industrial	30
Figura 3 - Curva típica de carga, consumidor comercial.....	30
Figura 4 - Localização das cargas.....	33
Figura 5 - Sistema Inicial	33
Figura 6 - Curva de potência	34
Figura 7 - Painel solar fotovoltaico	35
Figura 8 - Agenda do gerador.....	36
Figura 9 - Entrada dos anos e taxa de crescimento de carga	38
Figura 10 - Perfil da carga 1	40
Figura 11 - Perfil da carga 2	41
Figura 12 - Perfil da carga 3	41
Figura 13 - Perfil da carga 4	42
Figura 14 - Perfil da carga 5	43
Figura 15 - Perfil da carga 6	43
Figura 16 - Escolha da bateria	45
Figura 17 - Sistema com a Carga 1.....	46
Figura 18 - Resultados da carga 1	46
Figura 19 – Primeiro, quinto e décimo ano respectivamente (carga 1).....	47
Figura 20 - Estado anual de carga das baterias (carga 1)	48
Figura 21 - Estado de carga mensal das baterias (carga 1).....	49
Figura 22 - Sistema com a Carga 2.....	50
Figura 23 - Resultados da carga 2	50
Figura 24 - Primeiro, quinto e décimo ano respectivamente (carga 2).....	51
Figura 25 - Estado anual de carga das baterias (carga 2)	52
Figura 26 - Estado de carga mensal das baterias (carga 2).....	53
Figura 27 - Sistema com a Carga 3.....	54
Figura 28 - Resultados da carga 3	54
Figura 29 - Primeiro, quinto e décimo ano respectivamente (carga 3).....	55
Figura 30 - Estado anual de carga das baterias (carga 3)	56

Figura 31 - Estado de carga mensal das baterias (carga 3).....	57
Figura 32 - Sistema com a Carga 4.....	58
Figura 33 - Resultados da carga 4	58
Figura 34 - Primeiro, quinto e décimo ano respectivamente (carga 4).....	59
Figura 35 - Estado anual de carga das baterias (carga 4)	60
Figura 36 - Estado de carga mensal das baterias (carga 4).....	61
Figura 37 - Sistema com a Carga 5.....	62
Figura 38 - Resultados da carga 5	62
Figura 39 - Primeiro, quinto e décimo ano respectivamente (carga 5).....	63
Figura 40 - Estado anual de carga das baterias (carga 5)	64
Figura 41 - Estado de carga mensal das baterias (carga 5).....	65
Figura 42 - Soma das cargas 1, 2, 3, 4 e 5	66
Figura 43 - Resultados da carga 6	66
Figura 44 - Primeiro, quinto e décimo ano respectivamente (carga 6).....	67
Figura 45 - Estado anual de carga das baterias (carga 6)	68
Figura 46 - Estado de carga mensal das baterias (carga 6).....	69

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Características das baterias.....	35
Tabela 2 - Dias da semana.....	37
Tabela 3 - Finais de semana	37

LISTA DE APÊNDICES

Apêndice A - Dados do recurso solar	77
Apêndice B - Dados de temperatura.....	77

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1 - Dias da semana (Lanchonete).....	78
Anexo 2 - Final de semana (Lanchonete).....	79
Anexo 3 - Dias da semana (Residência com carga baixa).....	80
Anexo 4 - Final de semana (Residência com carga baixa).....	81
Anexo 5 - Dias da semana (Restaurante).....	82
Anexo 6 - Final de semana (Restaurante).....	83
Anexo 7 - Dias da semana (Escritório).....	84
Anexo 8 - Final de semana (Escritório).....	85
Anexo 9 - Dias da semana (Residência com carga alta).....	86
Anexo 10 - Final de semana (Residência com carga alta).....	87
Anexo 11 - Dias da semana (Soma das cargas 1, 2, 3, 4 e 5).....	88
Anexo 12 - Final de semana (Soma das cargas 1, 2, 3, 4 e 5)	89

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	17
1.1	JUSTIFICATIVA.....	18
1.2	OBJETIVOS.....	19
1.2.1	Objetivos gerais	19
1.2.2	Objetivos específicos.....	19
1.3	ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO.....	20
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	21
2.1	CONSIDERAÇÕES INICIAIS	21
2.2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	21
2.2.1	Energia fotovoltaica.....	21
2.2.2	Geradores eólicos.....	22
2.2.3	Dispositivos armazenadores de energia	23
2.2.4	Conversores.....	27
2.2.5	Gerador a gasolina ou diesel.....	28
2.2.6	Cargas.....	28
2.3	CONSIDERAÇÕES FINAIS	30
3	METODOLOGIA.....	32
3.1	CONSIDERAÇÕES INICIAIS	32
3.2	FERRAMENTA COMPUTACIONAL UTILIZADA.....	32
3.3	RECURSOS NATURAIS	32
3.4	SISTEMA INICIAL.....	33
3.5	ESCOLHA DA BATERIA	39
3.6	DESENVOLVIMENTO PRÁTICO	39
3.6.1	Caso 1.....	40
3.6.2	Caso 2.....	40
3.6.3	Caso 3.....	41
3.6.4	Caso 4.....	42
3.6.5	Caso 5.....	42
3.6.6	Caso 6.....	43

3.7	CONSIDERAÇÕES FINAIS	43
4	ESTUDO DE CASO E ANÁLISE DE RESULTADOS.....	45
4.1	CONSIDERAÇÕES GERAIS	45
4.2	ESCOLHA DA BATERIA	45
4.3	ANÁLISE DE RESULTADOS.....	46
4.3.1	Carga 1 (Lanchonete).....	46
4.3.2	Carga 2 (Residência com carga baixa)	50
4.3.3	Carga 3 (Restaurante).....	53
4.3.4	Carga 4 (Escritório).....	57
4.3.5	Carga 5 (Residência com carga alta)	61
4.3.6	Carga 6 (Somatório das cargas 1, 2, 3, 4, 5)	65
4.4	CONSIDERAÇÕES FINAIS	69
5	CONCLUSÃO.....	71
5.1	TRABALHOS FUTUROS	71
REFERÊNCIAS		73
APÊNDICES		77
ANEXOS		78

1 INTRODUÇÃO

O Brasil e o mundo estão passando por uma mudança no sistema elétrico, com novas tecnologias sendo agregadas e novos desafios são encontrados no que se refere as redes elétricas inteligentes (*Smart Grids*). Elas tornam-se realidade em muitos países da Europa, Ásia e América do Norte, com variadas abordagens e aplicações, mas que de forma geral visam criar alternativas para um gerenciamento cada vez mais complexo da rede, no que diz respeito a inserção de fontes intermitentes de energia, fluxo bidirecional de informações e de energia, veículos elétricos, etc (Figueiró, 2013).

O conceito de *Smart Grid* envolve uma série de funcionalidades avançadas para o sistema de distribuição, impactando tanto nos processos de gestão do sistema de distribuição quanto nos procedimentos de planejamento, operação e engenharia, além de permitir ao consumidor uma maior gerência sobre seus hábitos de consumo de energia (Duarte, 2013).

Muitos estados investiram em pesquisas para aprimorar as suas tecnologias de geração de energia elétrica. Mais do que isso, nas últimas décadas, com o objetivo de diminuir as suas dependências das fontes de energia convencionais, diversos governos desenvolveram uma política de incentivos financeiros para que o consumidor final torne-se também um produtor de energia elétrica. Sendo assim, atualmente, os assuntos energia renovável (solar e eólica) e geração distribuída têm uma grande importância em nível internacional.

No Brasil, o advento destas novas tecnologias atribuirá aos consumidores finais um novo papel no mercado de energia elétrica, tornando-os agentes ativos por meio de uma maior participação na operação, eficiência e confiabilidade do sistema elétrico. O uso de fontes renováveis para geração, seja de forma centralizada por meio de grandes centrais geradoras, como fazendas eólicas ou mesmo usinas solares fotovoltaicas, ou de maneira mais distribuída por meio de micro e mini geração, tem crescido de maneira bastante acelerada no mundo inteiro (Farias, 2018).

A resolução Nº 482 da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) foi o marco regulatório que permitiu os consumidores realizar a interação entre a geração distribuída e a energia gerada com a da rede elétrica, criando as regras e o sistema que compensa o consumidor pela energia elétrica injetada na rede, posteriormente atualizada com as resoluções Nº 687/2015 e Nº 786/2017, onde se estabelece as condições para o acesso destes sistemas à rede e traz o modelo de compensação de energia.

O armazenamento de energia elétrica por muito tempo foi considerado uma tecnologia crítica, mas nos dias de hoje, essas tecnologias podem ser utilizadas de forma a conseguir explorar intensamente recursos energéticos convencionais ou renováveis, de modo que os sistemas de armazenamento de energia possuem um papel importante na unificação, distribuição e ampliação da capacidade dos sistemas de geração distribuída (Farret, 2006). O armazenamento consegue realizar diversos serviços em diferentes níveis, podendo atuar a nível de transmissão fornecendo, por exemplo, o serviço de regulação de frequência, ou em nível de distribuição trabalhando com suporte de tensão, ou ainda a nível de consumidor realizando serviços como arbitragem, entre outras aplicações (EASE, 2013).

No que se refere ao mercado de armazenamento no Brasil, segundo estudo publicado pela Associação Brasileira de Armazenamento e Qualidade de Energia (ABAQUE) em Bueno e Brandão (2016), ressalta-se que a aplicação de sistemas de armazenamento no país é um tanto quanto limitada, sendo na maioria dos casos utilizada em sistemas de “no-break” ou em aplicações mais específicas. No entanto, fazendo um estudo de determinadas cargas pode-se obter resultados satisfatórios para uma utilização de armazenamento de energia elétrica.

Mundialmente a atratividade das tecnologias de armazenamento vem crescendo anualmente, com destaque para as tecnologias de baterias, que, como disposto em Robson e Bonomi (2018), vem apresentando graduais reduções em seus custos associados à alta do setor de carros elétricos e dos setores de consumo. Tendo como base o contexto apresentado, este trabalho busca avaliar economicamente o potencial da utilização de fontes alternativas de energia juntamente com sistemas de armazenamento com uso de baterias, de modo a identificar o impacto direto em diferentes perfis de carga do tipo residencial e comercial, bem como quantificar os benefícios agregados.

1.1 JUSTIFICATIVA

Quando se pensa no impacto da falta de energia em hospitais e escolas o uso de sistemas de emergências se torna ainda mais necessário, pelo fato dessas cargas serem extremamente críticas. A utilização de energia solar fotovoltaica como fonte de energia de sistemas de backup faz bastante sentido por ser abundante e limpa.

Junto com a efervescência em torno do uso de fontes renováveis para geração de energia, tem-se uma intensificação do uso da geração distribuída, principalmente no que se refere ao uso de sistemas solares. A atratividade de fontes como a solar e a eólica, fez com que diferentes

classes de consumo optassem por gerar a própria energia, e um possível motivo disto, pode vir a ser uma resposta às crescentes variações nos preços das tarifas de energia. Sendo assim, este uso de recursos distribuídos torna o consumidor uma parte ainda mais importante no sistema, tomando como base tal premissa, a utilização de recursos distribuídos de armazenamento pode vir a ser uma alternativa interessante em conjunto com estes sistemas de geração distribuída (Farias, 2018).

Aliado a isso, os sistemas de armazenamento de energia fornecem uma grande variedade de abordagens tecnológicas para gerir o fornecimento de energia e criar uma infraestrutura energética mais resistente. Por meio dos sistemas de armazenamento de energia é possível a disseminação efetiva do uso das energias solar, eólica e outras renováveis de maneira sustentável, para que haja um alívio no congestionamento da rede, contornando os problemas da aleatoriedade de disponibilidade de energia, aumentando a eficiência do sistema como um todo.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivos gerais

Este trabalho tem como objetivo propor uma análise econômica da utilização de fontes alternativas de energia, bem como sistemas de armazenamento de energia (baterias), sob o ponto de vista de diferentes perfis de cargas do tipo residencial e comercial. Por meio de métodos e simulações realizadas no software HOMER PRO para as curvas de cargas durante a semana, será possível analisar a viabilidade econômica da utilização dessas fontes de energia e das baterias.

1.2.2 Objetivos específicos

- Determinar a melhor bateria disponível no mercado para compor o sistema de armazenamento de energia;
- Revisar as principais tecnologias em armazenamento do mercado, de modo a obter os dados dos componentes de maneira mais fiel à realidade;
- Estudar o impacto do uso de baterias nas curvas de carga de cada classe de consumo em estudo;

- Realizar as simulações computacionais para determinar o melhor arranjo para as baterias durante um período de tempo;
- Pesquisar o tipo de bateria mais adequado para aplicação nos sistemas de distribuição;
- Verificar a viabilidade econômica da utilização de baterias, considerando fontes alternativas de energia e conexão na rede da concessionária;
- Realizar a análise econômica com a inserção de fontes alternativas de energia.

1.3 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

Para se alcançar esses objetivos, o presente trabalho se divide em 5 capítulos, incluindo esse introdutório.

Os capítulos 2 aborda a revisão bibliográfica deste trabalho, contextualizando o tema de armazenamento de energia elétrica em baterias, painéis solares, gerador elétrico, conversores e geradores eólicos. Essa revisão é feita para ter como base a realização desse trabalho que visa verificar a influência de fontes alternativas em perfis de cargas residenciais e comerciais.

O capítulo 3 abordará a metodologia contemplando os principais tópicos relacionados à análise de cada cenário a ser proposto. É onde se definem os conceitos referentes ao software HOMER PRO onde são adquiridos os recursos naturais disponíveis pela *National Aeronautics and Space Administration* (NASA), após é dado início ao desenvolvimento prático onde é proposto 6 estudos de caso para serem avaliados.

No capítulo 4 é apresentado a análise dos resultados deste trabalho, em que para cada caso os resultados obtidos com base nos objetivos deste trabalho podem ser verificadas.

Por último, o capítulo 5 apresenta as principais conclusões obtidas neste trabalho, bem como os possíveis trabalhos futuros.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Neste capítulo é apresentada uma revisão bibliográfica fazendo referência sobre cada esquema utilizado nas simulações em que pode ser visualizado no próximo capítulo deste trabalho que são sobre os painéis solares, conversores, geradores de energia elétrica e geradores eólicos. Também é realizado um contexto sobre os tipos de curvas de cargas residenciais e comerciais no Brasil. E por fim os dispositivos armazenadores de energia, especificamente, apresentando as principais tecnologias de armazenamento e seus métodos propostos para cada aplicação.

2.2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.2.1 Energia fotovoltaica

Dentro das fontes de geração renovável, a energia fotovoltaica é a mais utilizada, e isso se deve a um grande número de recursos solares existentes em todo o planeta. Atualmente, os maiores avanços em sistemas fotovoltaicos (independentemente da eficiência de diferentes tecnologias) são focados em projetos melhorados de sistemas fotovoltaicos, bem como operação e manutenção ideais (Callejo, 2019).

Alcançar uma alta eficiência tanto na absorção de luz quanto na captação de luz ao mesmo tempo continua sendo um desafio. O gerenciamento de fótons, que se refere à engenharia de materiais e arquiteturas de dispositivos para controlar a distribuição espacial ou espectral da energia óptica, oferece uma série de abordagens promissoras para a otimização dessa compensação. Com isso o autor vê um progresso recente no desenvolvimento e implementação de estratégias de gerenciamento de fótons para diferentes tecnologias fotovoltaicas especificamente baseadas no uso de materiais poliméricos (Tatsi, 2019).

As células solares comerciais são atualmente menos eficientes na conversão da radiação solar em eletricidade. Durante a conversão de energia elétrica, a maior parte da energia absorvida é dissipada para o ambiente. A fim de melhorar a eficiência energética, um sistema fotovoltaico-térmico faz a geração de energia elétrica e coleta de energia térmica ao mesmo tempo, assim pode aumentar em conformidade (Jia, 2019).

Usinas fotovoltaicas solares são hoje uma alternativa competitiva para usinas de energia baseadas em combustíveis fósseis. Redução de custos em módulos fotovoltaicos, escalabilidade e facilidade de instalação dessas plantas estão permitindo uma rápida expansão mundial da tecnologia. No entanto, a despachabilidade ainda permanece como o maior desafio a superar devido à variabilidade intrínseca da energia solar.

A maioria das atuais instalações solares fotovoltaicas em grande escala não tem armazenamento de energia, enquanto as que possuem sistemas de armazenamento dependem de baterias caras. Apresenta-se um novo conceito para integrar o armazenamento de energia termoquímica em usinas fotovoltaicas em que se analisa a adequação do processo de Cálcio-*Looping* como sistema de armazenamento de energia termoquímica em usinas fotovoltaicas solares (Fernández, 2019).

A energia fotovoltaica gerada pode ser combinada com os geradores eólicos que podem ser usadas como complemento para as cargas comerciais e residenciais. Assim como a energia absorvida por painéis solares os geradores eólicos também geram energia em corrente contínua.

2.2.2 Geradores eólicos

Todos os micro e mini geradores eólicos possuem um rotor, que pode ser composto de duas, três ou mais pás. Ele é o responsável por capturar e transmitir a força mecânica dos ventos para o gerador propriamente dito. As principais tecnologias de aerogeradores de pequeno porte são com eixo horizontal ou vertical. As de eixo horizontal geralmente possuem eficiência maior e são mais comuns no mercado. Porém, sistemas eólicos com eixo vertical têm a vantagem de serem menos barulhentos e de integrarem-se melhor com as edificações.

O gerador eólico convencional geralmente funciona com uma potência nominal normal fixa. Além disso, é necessária uma caixa de velocidades para fornecer ao gerador a velocidade de rotação quase constante para atingir a sua eficiência máxima de trabalho.

Um gerador elétrico com grande potência fixa também recebe eficiência de trabalho relativamente pequena, enquanto a potência de entrada é muito pequena, devido à necessidade de caixa de câmbio com relação de velocidade relativamente maior para atingir a velocidade rotacional necessária. Em geral, quanto maior a taxa de velocidade da caixa de engrenagens, maior a perda de transmissão. Em outras palavras, se a resistência mecânica for considerada, o gerador elétrico eólico convencional perde muita energia no campo da velocidade lenta do

vento. Para evitar o uso da caixa de engrenagens com alta taxa de velocidade no campo de baixa velocidade do vento, um gerador especial com potência normal fixa variável deve ser usado. Propõem-se um método de um gerador elétrico eólico especial usando o gerador elétrico de corte magnético multicamadas, que efetivamente trabalha em pleno campo de vento com a ajuda da potência normal fixa variável (Ting, 2014).

A avaliação do comportamento do sistema de energia elétrica quando as turbinas eólicas são inseridas na rede elétrica é feita usando uma técnica de análise de sensibilidade aplicada à solução de fluxo de energia. Este método proposto facilita a verificação do comportamento da turbina eólica à mudança da velocidade do vento. Inicialmente, a solução de fluxo de potência é obtida e identificada como o caso base. Quando há perturbações nos geradores, a nova solução é obtida diretamente pela técnica de análise de sensibilidade. Quando as turbinas eólicas são inseridas nos sistemas estudados, as perdas ativas e reativas são reduzidas e o perfil de tensão é melhorado (Rosa, 2016).

Para essas gerações de energia elétrica, eólica e fotovoltaica há um método de armazenar essa energia em baterias de alta eficiência. Com esse armazenamento de energia elétrica, quando não há por exemplo vento e irradiação solar, eles podem ser bastante importante para esse tipo de problema quando não há a conexão com a rede de distribuição de energia.

2.2.3 Dispositivos armazenadores de energia

Para os painéis fotovoltaicos, a integração de baterias em larga escala precisa de mais atenção em termos de localização e horários para a carga e a descarga das baterias. Apresenta-se um problema de programação não-linear inteira mista usando um algoritmo genético para determinar o tamanho ideal e a colocação de geração fotovoltaica distribuída de origem de bateria em redes de distribuição. O índice de perda de energia total é formulado como a principal função objetivo e, simultaneamente, os desvios de tensão de barramento e as penetrações da geração fotovoltaica são calculados e os rendimentos das usinas fotovoltaicas são estimados usando 15 anos de dados meteorológicos modelados com o auxílio da função de densidade de probabilidade beta (NOR, 2018).

Um novo método de controle de descarga da carga é desenvolvido para determinar a escolha do carregamento e descarregamento das baterias a cada hora, considerando-se diferentes modelos de carga dependentes da tensão, variáveis no tempo, o algoritmo proposto é aplicado nas redes de distribuição e os resultados numéricos de duas redes de distribuição

com cargas variáveis no tempo mostram as vantagens da metodologia proposta por NOR et al. (2018). Foi revelado que a integração do armazenamento de baterias e o agendamento inteligente para carregar e descarregar baterias, produziram resultados muito melhores e melhoraram a qualidade das redes de distribuição em que o fornecimento de energia da geração distribuída fotovoltaica com integração de baterias durante as horas de carga de pico e à noite foi possível para cada modelo de carga.

Com o aumento do consumo de energia elétrica e seus reflexos trouxeram novos problemas, um desses problemas é o entendimento dos efeitos que ocorrem nas redes de distribuição de energia elétrica com geração distribuída, principalmente com células fotovoltaicas. Devido à natureza deste tipo de sistema e ao perfil de demanda do consumidor conectado na rede de distribuição, geralmente são detectados aumentos nas perdas técnicas e os sistemas de armazenamento de energia, que define como um de seus objetivos a redução de tais perdas.

Nesse sentido, propõe-se o dimensionamento da capacidade do sistema de armazenamento de energia, utilizando a bateria do tipo chumbo-ácido, para a redução de perdas técnicas em redes de distribuição com alta penetração fotovoltaica, esta verificação do método proposto, por meio de simulações e análises são feitas levando-se em consideração o estado de carga, a profundidade de descarga, o estado de saúde e a energia consumida ao longo da vida útil total do sistema de armazenamento de energia. Um curto prazo e dois longo prazo (para 5 e 10 anos) dimensionamento são realizados neste método. Em comparação com o dimensionamento de curto prazo, houve uma redução de perda de 33% a mais para o dimensionamento de longo prazo de 5 anos, com uma redução de investimento de 14% no final da terceira troca de baterias de tamanho reduzido e para o tamanho de longo prazo de 10 anos, uma redução de perda de 50% maior é projetada, em comparação àquela sobre o dimensionamento de curto prazo, ao longo da vida útil da bateria, com uma redução de investimento de 11% a partir da aquisição da primeira bateria (Monteiro, 2016).

As redes de distribuição ativa são caracterizadas pela integração em larga escala de geração distribuída e armazenamento de energia. Propõe-se um método de co-planejamento de duas camadas para a colocação ideal de unidades de geração distribuída com inversor e dispositivos de armazenamento de energia da bateria para funções aprimoradas de regulação de tensão em uma rede de distribuição ativa. O modelo *outer-later* determina a decisão de planejamento das unidades de geração distribuída, dimensionamento, localização e capacidades do inversor das unidades de armazenamento de energia de bateria, respectivamente; o modelo

de camada interna corresponde à decisão de operação que visa agendar de forma otimizada a carga/descarga e a potência reativa do armazenamento de energia da bateria dos inversores para o suporte de regulação de tensão considerando a redução de tensão de conservação. O Teste de Matriz Ortogonal de Taguchi é um método usado para selecionar um pequeno número de cenários para representar as incertezas da saída de potência da geração distribuída. A carga é representada por um modelo de carga ZIP com variação de tempo. O modelo proposto é testado em um sistema de distribuição radial IEEE modificado de 33 barras e os resultados validam a efetividade do método proposto (Zhang, 2019).

Avanços recentes e pesquisas contínuas em sistemas de armazenamento de energia sugerem que o gerenciamento de armazenamento em aplicações conectadas à rede é uma área de importância crescente. Propõe-se um esquema de controle de armazenamento baseado em tensão que reduz o estresse da rede e é capaz de aumentar a remuneração do cliente onde os cronogramas de preços de energia variáveis são implementados. O esquema carrega a bateria durante instâncias de baixa carga e descargas durante a carga de pico usando apenas dados disponíveis localmente e também é capaz de se adaptar a mudanças no comportamento da carga ao longo do ano. É capaz de identificar se a carga local é dependente da semana de trabalho, logo este esquema é verificado tanto no ambiente de sinal fraco quanto no ambiente de fluxo de carga estável usando o MATLAB, em que dois estudos de caso abrangendo um perfil de carga residencial e comercial típico são conduzidos para investigar o desempenho do esquema proposto (Kennedy, 2016).

Devido à crescente penetração da geração distribuída, grandes oscilações de tensão estão se tornando um problema para os operadores da rede de distribuição. O problema de tensão é mitigado usando tecnologias de redes inteligentes. Propõem-se um método de controle de tensão distribuída em múltiplas etapas que utiliza a coordenação dos métodos de controle de potência reativa e de redução de potência ativa dos inversores, utilizando tensões de nó, carga e geração de energia de geração fotovoltaica entidades decisórias. O sistema multiagente é utilizado para manter o método totalmente distribuído e autônomo, a fim de melhorar a latência de resposta a violações de tensão. O esquema proposto incorpora os menores dados para estratégias de controle de tensão. A eficácia da técnica proposta é autenticada através de simulações numéricas em um típico sistema finlandês de distribuição de média tensão. Os resultados mostram que o controle de potência reativa coordenado baseado em sistema multiagente proposto e o controle de potência ativa dos inversores manterão o valor de tensão dos nós dentro do limite estatutário, com o mínimo possível de redução (Arshad, 2018).

As baterias estacionárias estão se tornando um componente crítico na rede de distribuição de energia em todo o mundo e é usado em várias aplicações, como o gerenciamento de carga, mudança de carga, regulação de tensão e potência e a melhoria de qualidade. Recurso mínimo, exigência e capacidade de alavancagem em dados de medidores inteligentes são os parâmetros importantes que devem ser focados durante o desenvolvimento de qualquer modelo para tais aplicações e (Chaudhari, 2017) faz uma análise sobre diferentes abordagens de ajuste de curva que podem ser usadas para prever os perfis de carregamento de sistemas de baterias estacionárias com base em baterias de fosfato de ferro lítio.

Os dispositivos armazenadores de energia podem-se dividir as tecnologias de armazenamento em seis principais categorias (ESA, 2015): baterias de estado sólido, baterias de fluxo, volante de inércia, ar comprimido, térmico e bombeamento hidráulico. As tecnologias mais difundidas são o volante de inércia, supercapacitores e baterias de fluxo estado sólido.

Dentre essas tecnologias citadas há algumas baterias que armazenam energia na forma elétrica, tais baterias do tipo chumbo-ácido, níquel-cádmio (NiCd), sódio-enxofre (NaS), íons de lítio, fluxo redox, zinco-bromo (ZnBr) e vanádio redox (VR). Dessas baterias as que possam ter uma melhor qualidade de armazenamento de energia e que sirvam para os sistemas fotovoltaicos com a inserção na rede de distribuição são as baterias de íons de lítio e chumbo-ácido.

As baterias de chumbo-ácido têm sido aceitas como uma opção padrão para o armazenamento de energia em novas aplicações. Essa popularidade vem em contraste com muitas desvantagens já percebidas, incluindo baixa energia específica (Wh/kg), potência específica (W/kg), baixa vida útil cíclica, altos requisitos de manutenção, e muitos perigos ambientais associados ao chumbo e ao ácido sulfúrico (EPRI, 2003).

Existem duas categorias principais de baterias de chumbo-ácido: ventiladas, nas quais os eletrodos ficam imersos em reservatórios com excesso de líquido eletrolítico; e as seladas, ou reguladas por válvula, nas quais o eletrólito é imobilizado em um separador absorvente ou em gel. Uma das instalações utilizando baterias de chumbo-ácido em larga escala mais antiga do mundo se localizada em Chino, EUA que foi instalada em 1988, usada para nivelamento de carga e sua capacidade é de 10 MW / 40 MWh (Silva, 2016).

Também existe a bateria de Níquel-Cádmio (NiCd), vários materiais vêm sendo combinados com o níquel para produzir uma variedade de tecnologias de baterias, cada uma com suas vantagens e desvantagens, podendo citar alguns exemplos de baterias que usam o níquel, além das baterias NiCd são: níquel-ferro, níquel-hidrogênio, níquel-hidreto metálico e

níquel-zinco. Um dos maiores projetos com esse tipo de baterias se encontra no Alasca, aplicado para melhorar a confiabilidade em uma instalação de 6,7 MWh (Silva, 2016).

Existem ainda na categoria das eletrolíticas, as baterias de Sódio-Enxofre. Essas baterias são uma tecnologia de armazenamento de energia comercial, que possui aplicações de apoio a redes elétricas em concessionárias, na integração de energia eólica e solar, em serviços de rede de alto valor (EPRI e DOE, 2013). O maior sistema que utiliza este tipo de baterias é de 34 MW / 245 MWh, e encontra-se no norte do Japão, numa fazenda eólica de 51 MW (Farret, 2006).

Se tem as baterias de íons de lítio que estão sob constante desenvolvimento. Seus custos são esperados para diminuir consideravelmente no futuro, esta solução para armazenamento é ainda vista como um investimento de risco, já que sua performance, longevidade e custo benefício não podem ser facilmente avaliados pelas partes interessadas (Bhatnagar, 2013).

A geração fotovoltaica, eólica são em corrente contínua (CC), para alimentação das cargas utilizadas, essa corrente deve ser transformada em corrente alternada (CA). Sendo necessário conversores para essa transformação das energias geradas e também para o armazenamento de energia elétrica nas baterias.

2.2.4 Conversores

A obtenção de uma tensão alternada (senoidal ou não) a partir de uma fonte CC ou mesmo de uma fonte CA de frequência diferente é muitas vezes necessária para o acionamento de diversas cargas ou alimentação de sistemas. Os conversores que realizam a transformação CC-CA são chamados inversores. Como exemplos de aplicações pode-se citar: controle de velocidade de motores de corrente alternada, fontes de alimentação ininterrupta, sistemas de alimentação embarcados (navios, aviões, etc) (Pomilio, 2018).

Um método de controle direto de potência preditivo baseado na função de Lyapunov é desenvolvido para o controle de conversores fotovoltaicos conectados à rede. O algoritmo de controle preditivo utiliza o modelo discreto do conversor fotovoltaico e prevê a potência ativa e reativa futura do sistema calculando uma função de custo para todos os vetores de tensão. Essa técnica melhora a velocidade na qual o controlador pode rastrear mudanças rápidas na insolação solar e resulta em um aumento na potência geral de saída do sistema (Golzari, 2019).

Tendo em vista somente gerações em corrente contínua e que se houve essa necessidade de transformação das correntes, também há gerações em corrente alternada em que pode-se citar os geradores a gasolina ou diesel.

2.2.5 Gerador a gasolina ou diesel

Existem diversas formas de gerar energia elétrica, como por exemplo, através de usinas hidrelétricas, usinas termoelétricas, sistemas e painéis solares, sistemas eólicos ou sistemas moto gerador, conhecidos também como grupos geradores. Mas também é de conhecimento de todos que o nosso sistema elétrico ainda apresenta algumas falhas e possíveis apagões, ainda mais em estações com altos índices de chuvas e tempestades. Por esse motivo, a utilização de grupos geradores de energia elétrica é algo bastante frequente em diversos setores do mercado ou até mesmo para uso residencial.

Os grupos geradores de energia são equipamentos de médio e grande porte que fornecem energia elétrica sempre que ocorrem falhas ou oscilações no abastecimento da rede elétrica, basicamente, um grupo gerador é um equipamento que tem como funcionalidade converter a chamada capacidade calorífica em energia mecânica e, depois, em energia elétrica. De forma sucinta, consiste em um motor e um alternador que são acoplados e inseridos em uma base conjunta com outros elementos. É fabricado com estrutura robusta, motor para acionamento automático e tanque de combustível para alimentação do motor.

Os grupos geradores são utilizados como fonte principal ou como fonte auxiliar, para suprir a necessidade de energia de forma confiável em empreendimentos de todo e qualquer porte. Esse tipo de equipamento atende diversas aplicações, como indústrias de diversos portes, supermercados, shopping centers, hospitais, edifícios residenciais e comerciais, hotéis, restaurantes, dentre outros locais. Lembrando que em alguns casos, como em hospitais e clínicas, o uso do equipamento é obrigatório e garante o bem estar de seus funcionários e o bom funcionamento de equipamentos vitais (Tivea, 2018).

2.2.6 Cargas

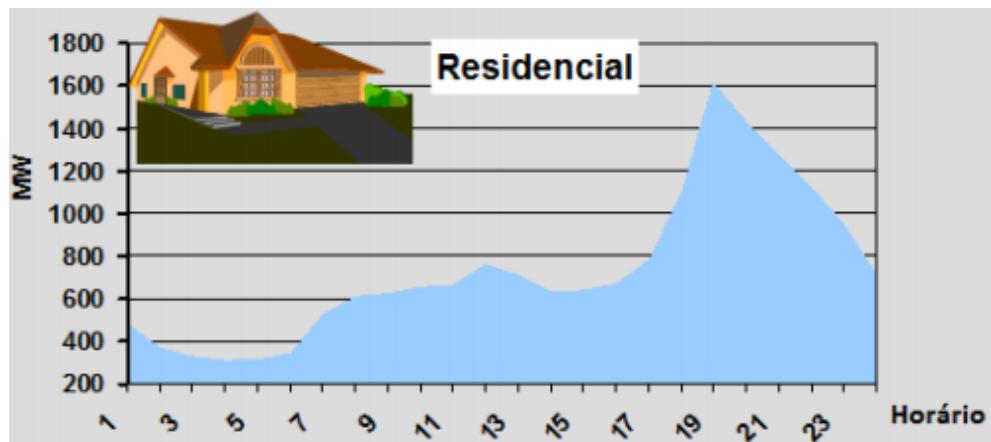
O Sistema Integrado Nacional (SIN) é responsável pela sincronização de todas as unidades geradoras de energia do Brasil, representa diariamente a curva de carga de demanda do sistema, demonstrando o comportamento dos diversos setores econômicos, e prevê através desta o consumo no intervalo de meia hora, que é utilizado para elaboração do plano de operação (ONS, 2018).

Os consumidores de energia possuem características diferenciadas de consumo, de acordo com a natureza de sua carga: residencial, comercial, industrial e sua conexão pode ser

trifásica, bifásica ou monofásica e com uma tensão de alimentação de alta, média ou baixa tensão. Portanto, suas curvas de carga apresentam um comportamento diferenciado de consumo ao decorrer do dia. A tipologia da curva de carga pode ser analisada individualmente para cada segmento consumidor de energia, que tenha participação expressiva no consumo (ONS, 2018).

A Figura 1 representa uma curva de carga típica do SIN de um consumidor residencial. A característica deste tipo de consumidor é de um aumento significativo de consumo entre 18h e 21h. Após as 21h esse consumo começa a diminuir, mantendo-se baixo de madrugada e praticamente constante no decorrer do dia. Essa curva ocorre devido ao retorno da população às residências após o dia de trabalho, sendo o maior problema das residências o chuveiro elétrico.

Figura 1 - Curva típica de carga, consumidor residencial

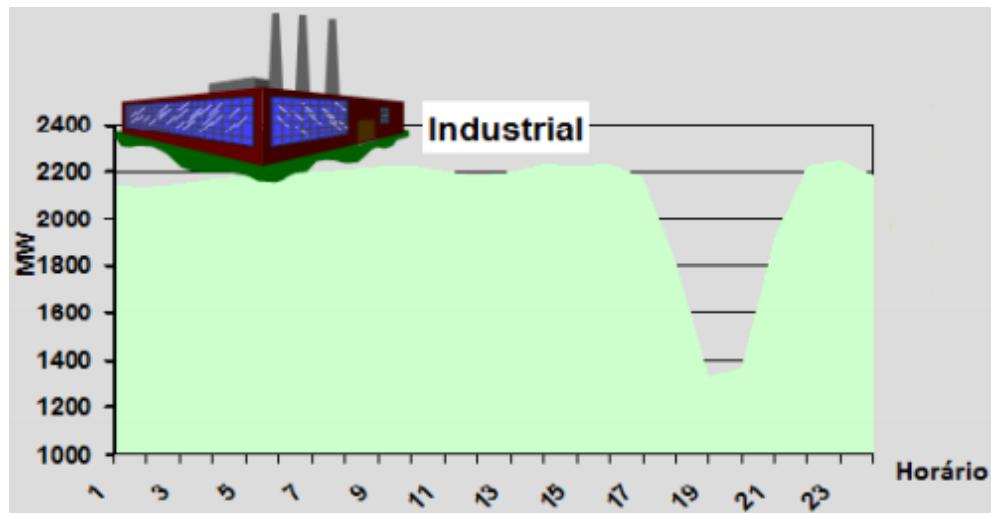


Fonte: Suckow, 2014.

Os consumidores industriais são classificados por ramo de atividade e faixa de consumo de energia elétrica. Porém devido às várias atividades do setor industrial, suas curvas podem variar de acordo com o tipo de produção de cada indústria.

A Figura 2 ilustra o comportamento do consumo das indústrias ao longo do dia, perceber que este consumidor apresenta um consumo elevado e constante durante as 24 horas do dia, caracterizando-se por uma expressiva redução no horário de ponta, isto se dá devido à utilização de tarifas diferenciadas. A maior demanda deste setor é a iluminação e os motores utilizados na produção.

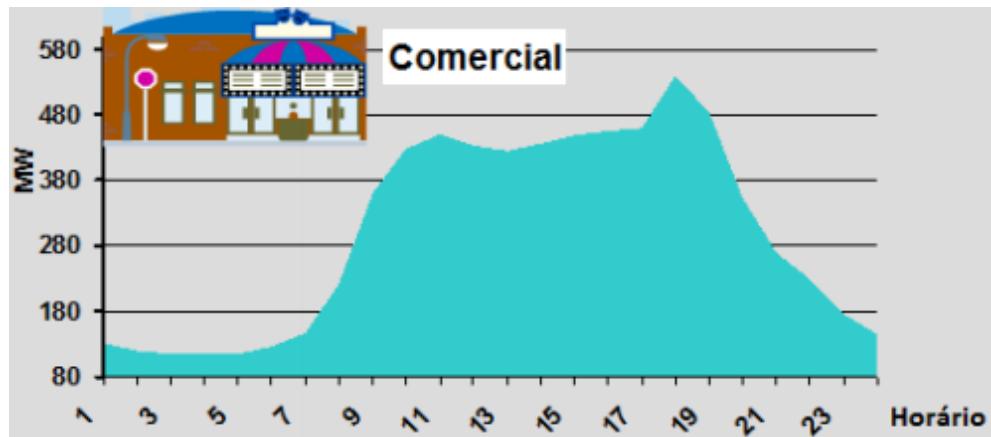
Figura 2 - Curva típica de carga, consumidor industrial



Fonte: Suckow, 2014.

A curva de carga do consumidor comercial se caracteriza por elevar o seu consumo por volta das 8h, se mantendo relativamente constante por todo o dia. Este consumidor apresenta uma leve redução de seu consumo no horário do almoço e um pico brusco no horário de ponta, Figura 3. A demanda deste consumidor é basicamente para iluminação e refrigeração.

Figura 3 - Curva típica de carga, consumidor comercial



Fonte: Suckow, 2014.

2.3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nesse capítulo foram descritos os principais métodos e tecnologias envolvendo a conexão dos sistemas de armazenamento de energia elétrica. Também pode-se realizar um

breve estudo para cada sistema que será utilizado neste trabalho e logo essa revisão servirá como base para o desenvolvimento e simulações dos cenários propostos.

3 METODOLOGIA

3.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Este capítulo apresenta a metodologia utilizada para comprovar a viabilidade econômica da utilização de banco de baterias. Para isso foi utilizado o *software* HOMER PRO e seus recursos naturais para a simulação dos casos propostos nesse trabalho. Sendo que no início tem-se um sistema inicial para a determinação da melhor marca de bateria disponível no mercado a ser utilizada e após temos o caso 1, caso 2, caso 3, caso 4, caso 5 e por último a caso 6 que serão analisados via simulação.

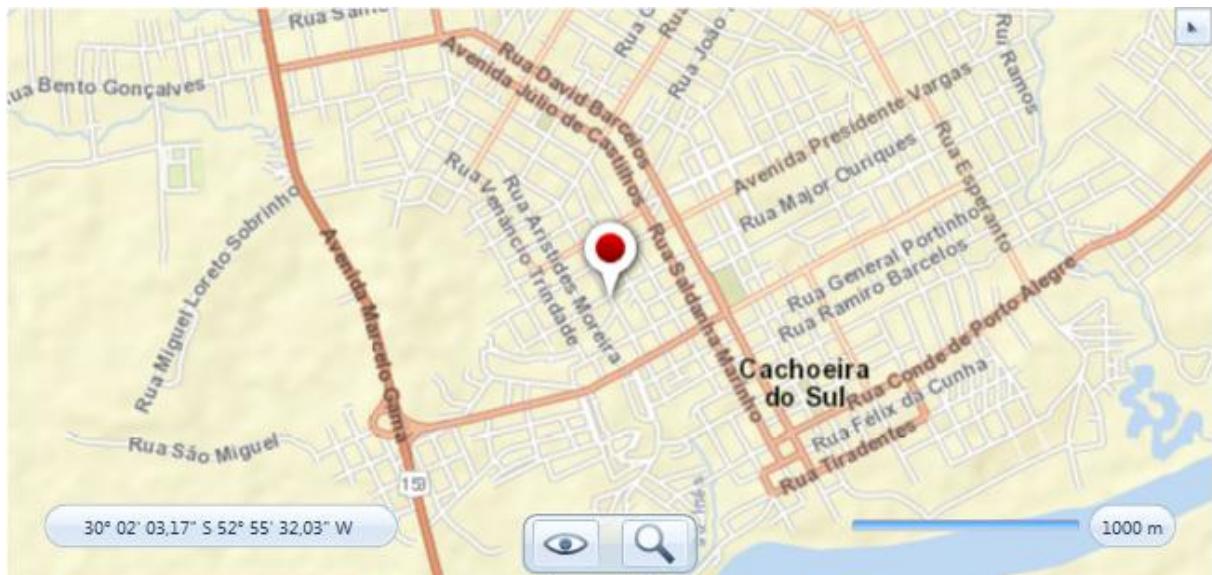
3.2 FERRAMENTA COMPUTACIONAL UTILIZADA

Para a simulação dos sistemas testes, foi utilizado o software Homer Pro, o software fornece três ferramentas (simulação, otimização e análises de sensibilidade). Na simulação, ele busca determinar um sistema viável para todas as combinações possíveis do equipamento que se deseja considerar. Dependendo de como é configurado o problema, o HOMER pode simular centenas ou até milhares de cenários. A otimização, examina todas as combinações possíveis de tipos de sistemas em uma única execução, e então classifica-os de acordo com variável de otimização. Em análises sensitivas, o software permite a inserção de dados em uma variável de busca em que nelas são inseridas valores em intervalos em que será simulado para cada valor escolhido e determinar o melhor caso para o estudo proposto, tendo assim que executar milhares de simulações e comparar os resultados. O software torna possível comparar centenas de possibilidades em uma única execução. Isto permite que sejam verificados os impactos das variáveis que estão fora do seu controle, como velocidade do vento, custos de combustível, etc.

3.3 RECURSOS NATURAIS

Os recursos naturais utilizados em cada caso foram obtidos utilizando a ferramenta *Resources* do software Homer Pro, as informações referentes ao recurso solar e à temperatura provém da base de dados da NASA. Na Figura 4 pode ser visualizada a localização utilizada para as simulações deste estudo.

Figura 4 - Localização das cargas



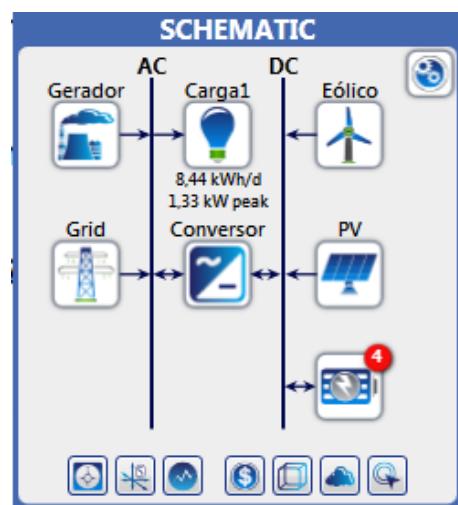
Fonte: Homer Pro.

Esse ponto de localização fica na rua Major Ouriques na cidade de Cachoeira do Sul. As informações referentes aos recursos naturais utilizados para essa localização podem ser encontrados na seção Apêndices no item A.

3.4 SISTEMA INICIAL

Foi considerado um sistema inicial representado na Figura 5.

Figura 5 - Sistema Inicial

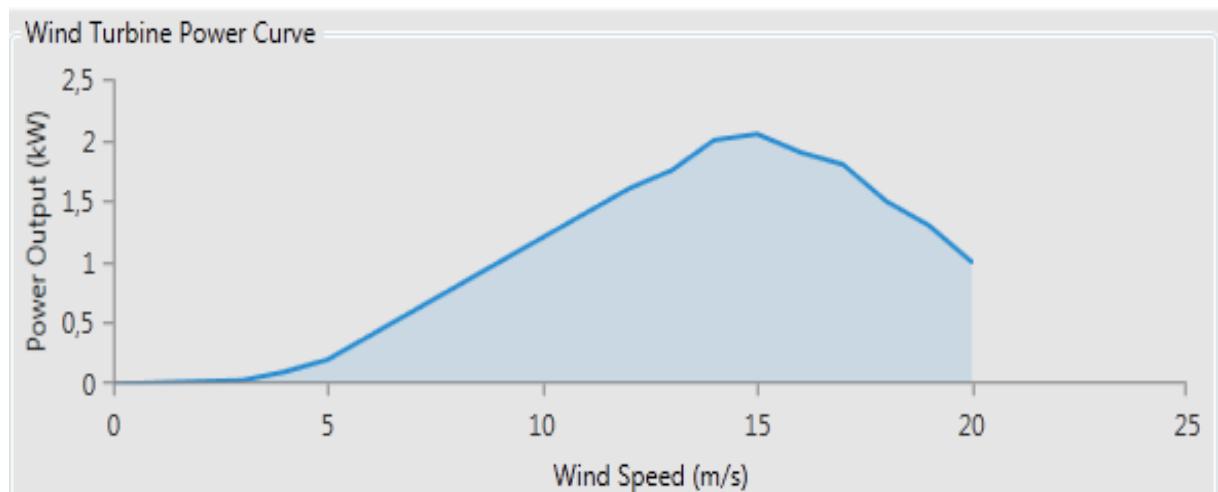


Fonte: Homer Pro.

Para esse sistema da Figura 5, é conectado a um barramento em corrente contínua um gerador eólico, painéis fotovoltaicos, motor e o arranjo de baterias proposto.

O gerador eólico é de um quilowatt e tem sua curva de potência representada na Figura 6. Para a simulação foi considerado apenas um gerador eólico, seu valor é de R\$ 4.000,00 (Mercado Livre, 2019) e sua manutenção custa em torno de R\$ 100,00 por ano.

Figura 6 - Curva de potência



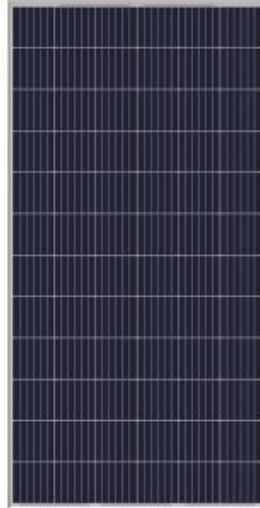
Fonte: Atlantis Solar, 2015.

Na Figura 6 é apresentada a potência de saída X velocidade do vento, e pode ser notado que a máxima potência extraída da turbina eólica está na velocidade de 15 m/s com uma potência respectivamente de aproximadamente 2 KW.

O painel solar fotovoltaico tem seu valor dado pela sua potência, onde há disponibilidade em uma faixa de potência de um painel de 330 Wp no valor de R\$ 650,00 (Mercado Livre, 2019) sendo que sua manutenção custa R\$ 50,00 por ano. Para a simulação no software HOMER foi considerado uma variação em um intervalo de potência de 0 à 10 KW e é ele que define qual será a melhor potência para o painel solar, a eficiência do painel é de 17 %.

Para as simulações foram considerados os painéis de 330 Wp representado na Figura 7. É bastante utilizado para residências e comércios a microgeração solar de energia em sistemas conectados à rede ou não conectados.

Figura 7 - Painel solar fotovoltaico



Fonte: NeoSolar, 2019.

As baterias que foram consideradas são das marcas: Freedom, Moura, Max Power e Bosch. E seus dados são dados na Tabela 1.

Tabela 1 - Características das baterias

Baterias				
Marca	Freedom	Moura	Max Power	Bosh
Potência (KW)	3114	2636	2636	3114
Vida útil (anos)	5	6	2	5
Preço (R\$)	1394,07	1347,57	758,00	1439,00

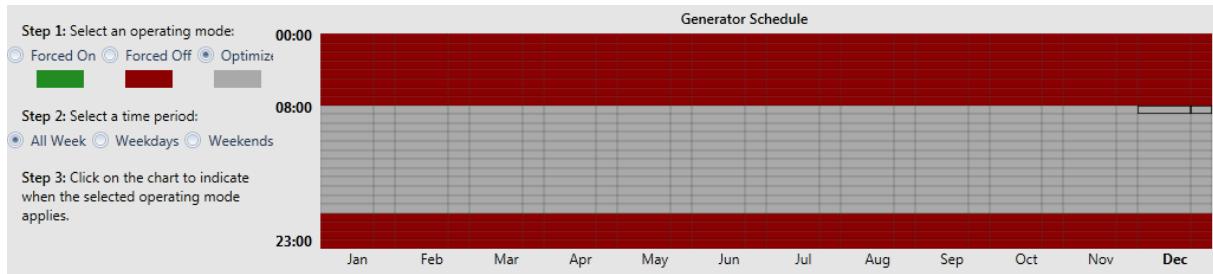
Fonte: O autor.

Para essas baterias a sua manutenção é de R\$ 10,00 a cada ano. Por definição do autor, todas as simulações realizadas foram utilizados um arranjo de 5 baterias. Para esses dados de vida útil das baterias é considerado que a descarga máxima da bateria deve chegar em um valor mínimo de 20 % para ter uma boa durabilidade conforme as fabricantes de baterias citadas na Tabela 1.

Ainda para o sistema da Figura 5, há um conversor que fará a conversão da corrente contínua para a corrente alternada. Esse conversor é de 6 KW e custa R\$ 11.429,70 (NeoSolar, 2019) e para a simulação no software homer foi considerado uma otimização em um intervalo de potência de 0 à 10 KW e é ele que define qual será a melhor potência para o conversor. A eficiência do conversor é de 98 %.

No barramento em corrente alternada tem-se conectado: um gerador a diesel, a energia vinda da rede elétrica (Grid) e a carga proposta. O gerador a diesel escolhido é de 10 KW e custa R\$ 10.194,24 (Mercado Livre, 2019) e foi considerado o valor do óleo diesel R\$ 3,54 por litro, dados de combustível da Agência Nacional do Petróleo (ANP). Ele será ligado durante o dia e desligado a noite para que não haja ruídos, esses dados são definidos no software como mostrado na Figura 8.

Figura 8 - Agenda do gerador



Fonte: Homer Pro.

O agendamento pode ser alterado de acordo com a necessidade. Na Figura 8, o gerador foi agendado para estar ativo no intervalo das 08:00 e as 19:00 horas, sendo que nos demais horários ele permanecerá desligado.

Na Figura 5 há a conexão da energia da concessionária e para a determinação do preço da tarifa, disponível pela RGE de Cachoeira do Sul, é dado pelo soma do Tarifa de Uso do Sistema de Distribuição (TUSD) e a Tarifa de Energia (TE) com impostos e há uma pequena parcela de iluminação pública, totalizando um valor de R\$ 0,90 por KWh, dados de tarifa da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL).

De acordo com a Figura 5, para podermos simular esse sistema no software HOMER PRO precisa-se fazer um levantamento de cargas durante um período de um ano, em que nesse período são coletados os dados de hora em hora e de mês em mês durante os sete dias da semana. Então são divididos os dias da semana que é de segunda a sexta-feira em uma tabela e sábado e domingo como uma tabela para o final de semana, como segue nas tabelas abaixo.

Tabela 2 - Dias da semana

Hora	Dias da Semana											
	Jan (KW)	Fevereiro (KW)	Março (KW)	Abril (KW)	Maio (KW)	Junho (KW)	Julho (KW)	Agosto (KW)	Setembro (KW)	Outubro (KW)	Novembro (KW)	Dezembro (KW)
00:00	0,35	0,35	0,28	0,25	0,18	0,21	0,21	0,25	0,28	0,28	0,35	0,35
01:00	0,31	0,31	0,25	0,22	0,16	0,19	0,19	0,22	0,25	0,25	0,31	0,31
02:00	0,30	0,30	0,24	0,21	0,15	0,18	0,18	0,21	0,24	0,24	0,30	0,30
03:00	0,27	0,27	0,22	0,19	0,14	0,16	0,16	0,19	0,22	0,22	0,27	0,27
04:00	0,28	0,28	0,22	0,20	0,14	0,17	0,17	0,20	0,22	0,22	0,28	0,28
05:00	0,27	0,27	0,22	0,19	0,14	0,16	0,16	0,19	0,22	0,22	0,27	0,27
06:00	0,27	0,27	0,22	0,19	0,14	0,16	0,16	0,19	0,22	0,22	0,27	0,27
07:00	0,37	0,37	0,30	0,26	0,19	0,22	0,22	0,26	0,30	0,30	0,37	0,37
08:00	0,54	0,54	0,43	0,38	0,27	0,32	0,32	0,38	0,43	0,43	0,54	0,54
09:00	0,53	0,53	0,42	0,37	0,27	0,32	0,32	0,37	0,42	0,42	0,53	0,53
10:00	0,52	0,52	0,42	0,36	0,26	0,31	0,31	0,36	0,42	0,42	0,52	0,52
11:00	0,49	0,49	0,39	0,34	0,25	0,29	0,29	0,34	0,39	0,39	0,49	0,49
12:00	0,44	0,44	0,35	0,31	0,22	0,26	0,26	0,31	0,35	0,35	0,44	0,44
13:00	0,38	0,38	0,30	0,27	0,19	0,23	0,23	0,27	0,30	0,30	0,38	0,38
14:00	0,43	0,43	0,34	0,30	0,22	0,26	0,26	0,30	0,34	0,34	0,43	0,43
15:00	0,47	0,47	0,38	0,33	0,24	0,28	0,28	0,33	0,38	0,38	0,47	0,47
16:00	0,50	0,50	0,40	0,35	0,25	0,30	0,30	0,35	0,40	0,40	0,50	0,50
17:00	0,51	0,51	0,41	0,36	0,26	0,31	0,31	0,36	0,41	0,41	0,51	0,51
18:00	0,63	0,63	0,50	0,44	0,32	0,38	0,38	0,44	0,50	0,50	0,63	0,63
19:00	0,70	0,70	0,56	0,49	0,35	0,42	0,42	0,49	0,56	0,56	0,70	0,70
20:00	0,66	0,66	0,53	0,46	0,33	0,40	0,40	0,46	0,53	0,53	0,66	0,66
21:00	0,57	0,57	0,46	0,40	0,29	0,34	0,34	0,40	0,46	0,46	0,57	0,57
22:00	0,50	0,50	0,40	0,35	0,25	0,30	0,30	0,35	0,40	0,40	0,50	0,50
23:00	0,46	0,46	0,37	0,32	0,23	0,28	0,28	0,32	0,37	0,37	0,46	0,46

Fonte: O autor.

Tabela 3 - Finais de semana

Hora	Finais de Semana											
	Jan (KW)	Fevereiro (KW)	Março (KW)	Abril (KW)	Maio (KW)	Junho (KW)	Julho (KW)	Agosto (KW)	Setembro (KW)	Outubro (KW)	Novembro (KW)	Dezembro (KW)
00:00	0,46	0,46	0,37	0,32	0,23	0,28	0,28	0,32	0,37	0,37	0,46	0,46
01:00	0,42	0,42	0,33	0,29	0,21	0,25	0,25	0,29	0,33	0,33	0,42	0,42
02:00	0,40	0,40	0,32	0,28	0,20	0,24	0,24	0,28	0,32	0,32	0,40	0,40
03:00	0,36	0,36	0,29	0,25	0,18	0,22	0,22	0,25	0,29	0,29	0,36	0,36
04:00	0,34	0,34	0,27	0,24	0,17	0,20	0,20	0,24	0,27	0,27	0,34	0,34
05:00	0,32	0,32	0,25	0,22	0,16	0,19	0,19	0,22	0,25	0,25	0,32	0,32
06:00	0,31	0,31	0,24	0,21	0,15	0,18	0,18	0,21	0,24	0,24	0,31	0,31
07:00	0,34	0,34	0,27	0,24	0,17	0,20	0,20	0,24	0,27	0,27	0,34	0,34
08:00	0,44	0,44	0,35	0,31	0,22	0,27	0,27	0,31	0,35	0,35	0,44	0,44

Finais de Semana (continuação)

Hora	Jan (KW)	Fevereiro (KW)	Março (KW)	Abril (KW)	Maio (KW)	Junho (KW)	Julho (KW)	Agosto (KW)	Setembro (KW)	Outubro (KW)	Novembro (KW)	Dezembro (KW)
09:00	0,44	0,44	0,35	0,30	0,22	0,26	0,26	0,30	0,35	0,35	0,44	0,44
10:00	0,40	0,40	0,32	0,28	0,20	0,24	0,24	0,28	0,32	0,32	0,40	0,40
11:00	0,42	0,42	0,34	0,30	0,21	0,25	0,25	0,30	0,34	0,34	0,42	0,42
12:00	0,42	0,42	0,33	0,29	0,21	0,25	0,25	0,29	0,33	0,33	0,42	0,42
13:00	0,38	0,38	0,30	0,26	0,19	0,23	0,23	0,26	0,30	0,30	0,38	0,38
14:00	0,44	0,44	0,35	0,31	0,22	0,27	0,27	0,31	0,35	0,35	0,44	0,44
15:00	0,42	0,42	0,34	0,29	0,21	0,25	0,25	0,29	0,34	0,34	0,42	0,42
16:00	0,43	0,43	0,35	0,30	0,22	0,26	0,26	0,30	0,35	0,35	0,43	0,43
17:00	0,47	0,47	0,38	0,33	0,23	0,28	0,28	0,33	0,38	0,38	0,47	0,47
18:00	0,62	0,62	0,49	0,43	0,31	0,37	0,37	0,43	0,49	0,49	0,62	0,62
19:00	0,70	0,70	0,56	0,49	0,35	0,42	0,42	0,49	0,56	0,56	0,70	0,70
20:00	0,57	0,57	0,45	0,40	0,28	0,34	0,34	0,40	0,45	0,45	0,57	0,57
21:00	0,50	0,50	0,40	0,35	0,25	0,30	0,30	0,35	0,40	0,40	0,50	0,50
22:00	0,48	0,48	0,38	0,34	0,24	0,29	0,29	0,34	0,38	0,38	0,48	0,48
23:00	0,40	0,40	0,32	0,28	0,20	0,24	0,24	0,28	0,32	0,32	0,40	0,40

Fonte: O autor.

A Tabela 2 e a Tabela 3, apresentam os dados obtidos são divididos nos períodos horários da meia noite até as onze horas da noite de janeiro a dezembro. A simulação é feita para um período de dez anos com uma taxa de crescimento de carga de 4 % ao ano (ANEEL, 2018), essa taxa também é colocada nos dados do software como mostrado na Figura 9.

Figura 9 - Entrada dos anos e taxa de crescimento de carga

<input checked="" type="checkbox"/> Enable	Project lifetime (years): 10	
Grid: GridPrice (%/year): 0 Years	System Fixed O&M Cost (%/year): 0 Years	PV: Degradation (%/year): 0 Years
Diesel: Fuel Price (%/year): 0 Years	Carga_1: Scaled Average (%/year): 4 Years	

Fonte: Homer Pro.

Há também a possibilidade de inserir outras variáveis de crescimento para cada item colocado, tanto no barramento CC quanto no barramento CA. Para esse trabalho foi apenas colocado a porcentagem de taxa de crescimento de carga.

3.5 ESCOLHA DA BATERIA

Primeiramente foram consideradas quatro marcas de baterias disponíveis no mercado: Freedom, Moura, Max Power e Bosh. Nessa parte será definido o tipo de bateria que melhor atende o sistema inicial proposto apresentado na Figura 5. E também poderá notar que as gerações eólicas e o gerador que foram impostas na simulação serão desconsiderados para os cálculos das demais cargas, pois para essas gerações se torna mais caro o investimento e os resultados coletados não são atrativos usando essas tecnologias.

Depois da simulação realizada, o primeiro objetivo é determinar a escolha da melhor bateria dado este sistema inicial da Figura 5. E essa escolha se dará pelo menor valor total do *Net Present Cost* (NPC), que é o custo atual líquido do sistema inicial proposto no período de dez anos. Esse cálculo é feito com o somatório dos valores utilizados para cada um dos equipamentos comentados em cada barramento. O software faz todas as combinações possíveis com os dados nele inseridos, como o foco do trabalho é em relação as baterias, as partes em que a bateria é desconsiderada não é levado em conta para a determinação dela.

3.6 DESENVOLVIMENTO PRÁTICO

Com o intuito de avaliar um estudo com diferentes curvas de cargas, foi definido e medido os valores de cada curva específica com as características de cada curva mostrada na Tabela 4.

Tabela 4 - Cargas em estudo

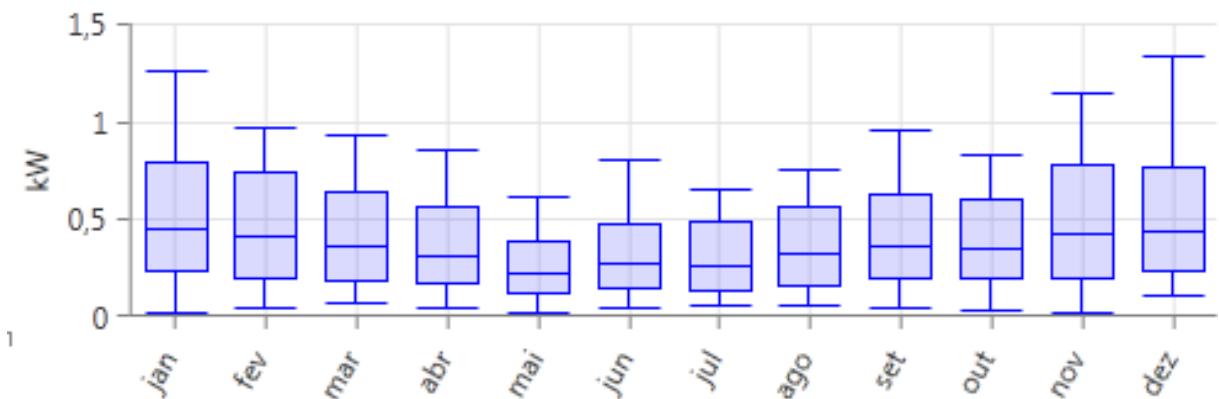
	Características	Taxa de crescimento (%)	Pico (KW)	Média diária (KWh)
Carga 1	Lanchonete	4	1,33	8,44
Carga 2	Residência baixa	3	0,93	5,38
Carga 3	Restaurante	4	1,69	11,75
Carga 4	Escritório	1	1,31	4,6
Carga 5	Residência alta	4	1,87	10,76
Carga 6	Somatório	4	5,46	41,05

Fonte: Autor.

3.6.1 Caso 1

A Figura 10 apresenta o perfil da carga 1 que é de uma lanchonete localizada na cidade de Cachoeira do Sul. Essa carga é dada de janeiro a dezembro em que nota-se que há um intervalo para cada mês onde a carga varia de acordo com a demanda de cada hora do dia dado em KW, mas principalmente essa variação se dá pelo crescimento de carga ao longo dos dez anos de simulação em que essa taxa de crescimento de carga é de 4 % por ano (ANEEL, 2018). O maior pico para essa carga foi de 1,33 KW no mês de dezembro.

Figura 10 - Perfil da carga 1

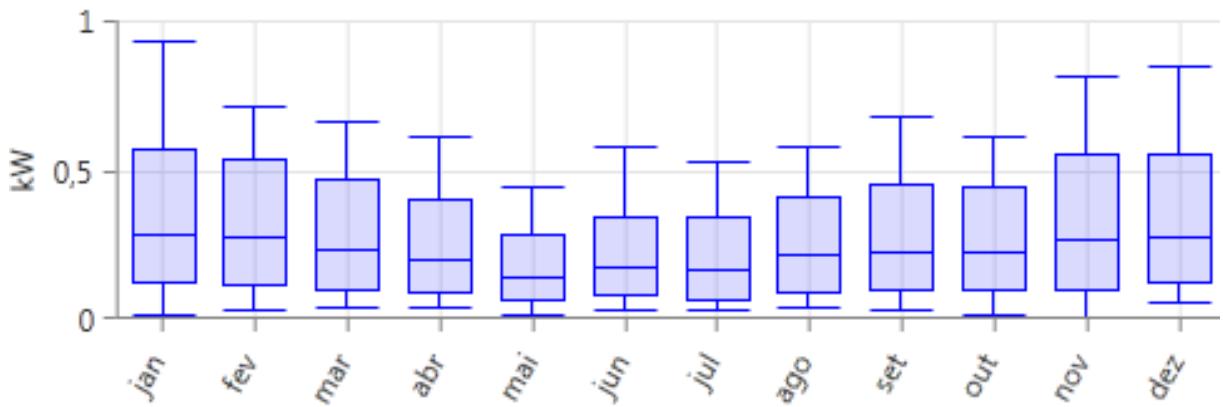


Fonte: Homer Pro.

3.6.2 Caso 2

A Figura 11 apresenta o perfil da carga 2 que é uma residência com um consumo mais baixo mensal em que é localizada em um bairro afastado da cidade de Cachoeira do Sul. Os dados são de janeiro a dezembro em que nota-se que há um intervalo para cada mês onde a carga varia de acordo com a demanda de cada hora do dia dado em KW, mas principalmente essa variação se dá pelo crescimento de carga ao longo dos dez anos de simulação, e esse crescimento de carga é de 3 % ao ano (ANEEL, 2018). O maior pico para essa carga foi de 0,93 KW no mês de janeiro.

Figura 11 - Perfil da carga 2

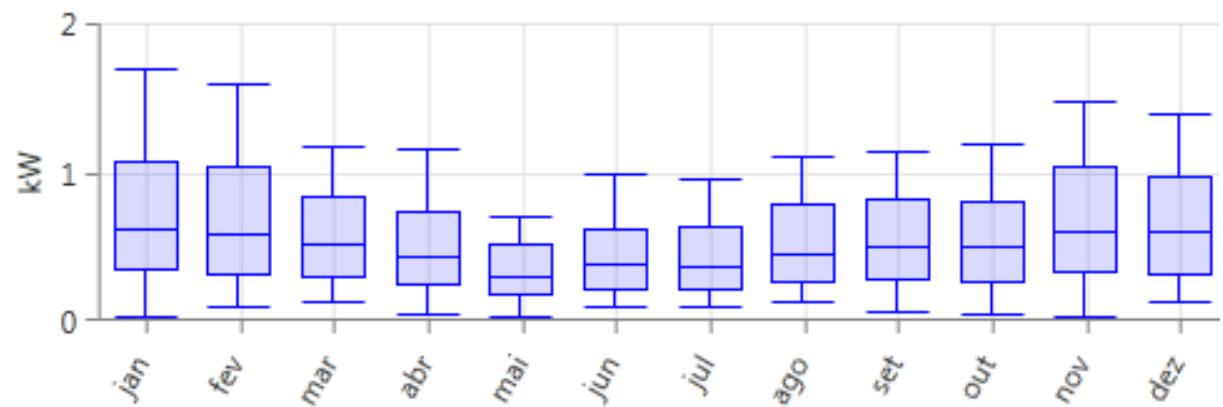


Fonte: Homer Pro.

3.6.3 Caso 3

Na Figura 12 apresenta o perfil da carga 3, dados esses de carga que são de um restaurante localizado na cidade de Cachoeira do Sul. Os dados são de janeiro a dezembro em que nota-se que há um intervalo para cada mês onde a carga varia de acordo com a demanda de cada hora do dia dado em KW, mas principalmente essa variação se dá pelo crescimento de carga ao longo dos dez anos de simulação, em que esse crescimento é de carga de 4 % ao ano (ANEEL, 2018). O maior pico para essa carga foi de 1,69 KW no mês de janeiro.

Figura 12 - Perfil da carga 3

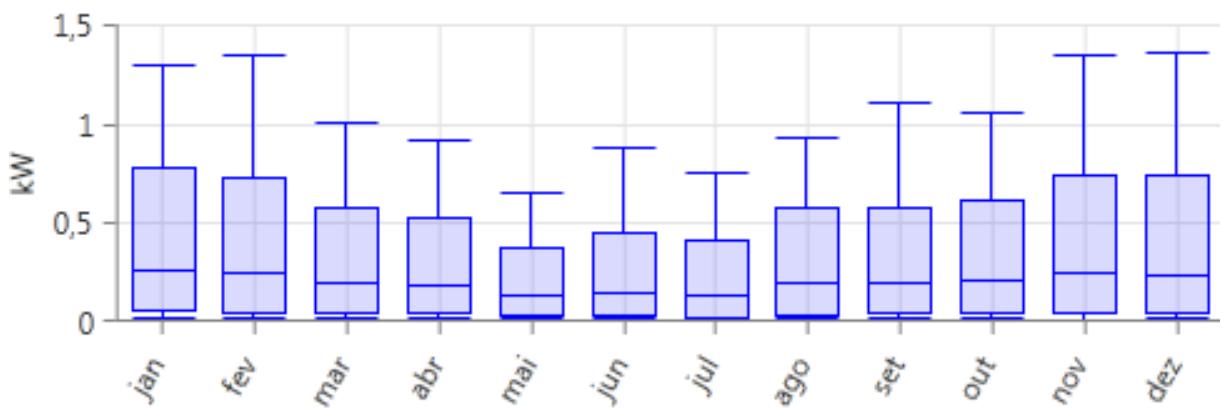


Fonte: Homer Pro.

3.6.4 Caso 4

A Figura 13 apresenta o perfil da carga 4, em que são os dados de carga de um escritório localizado no centro da cidade de Cachoeira do Sul. Os dados são de janeiro a dezembro em que nota-se que há um intervalo para cada mês onde a carga varia de acordo com a demanda de cada hora do dia dado em KW, mas principalmente essa variação se dá pelo crescimento de carga ao longo dos dez anos de simulação, e esse crescimento de carga é de 1 % ao ano (ANEEL, 2018). O maior pico para essa carga foi de 1,36 KW no mês de dezembro.

Figura 13 - Perfil da carga 4

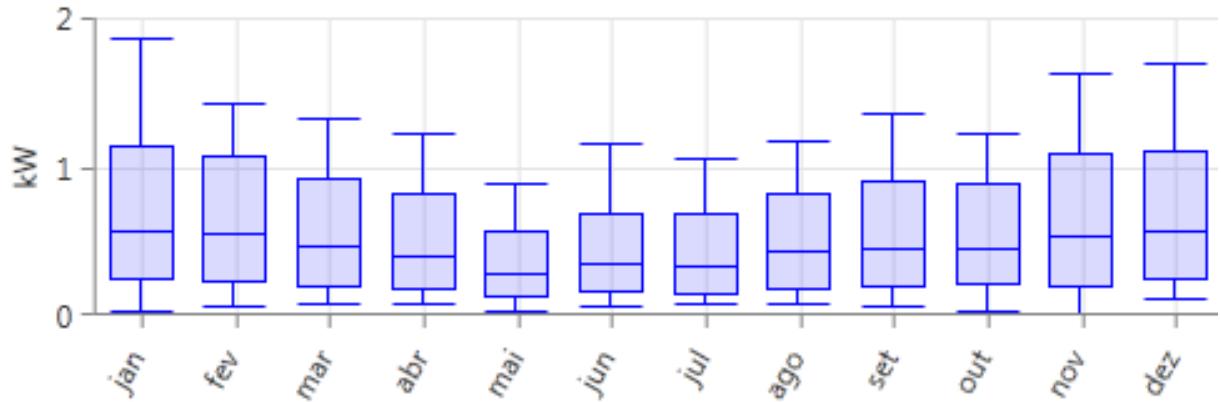


Fonte: Homer Pro.

3.6.5 Caso 5

A Figura 14 apresenta o perfil da carga 5, em que esses dados de carga são de uma residência localizada em um bairro nobre da cidade de Cachoeira do Sul em que essa carga é mais alta que a do caso 2. Os dados são de janeiro a dezembro em que nota-se que há um intervalo para cada mês onde a carga varia de acordo com a demanda de cada hora do dia dado em KW, mas principalmente essa variação se dá pelo crescimento de carga ao longo dos dez anos de simulação, e esse crescimento de carga é de 4 % ao ano (ANEEL, 2018). O maior pico para essa carga foi de 1,87 KW no mês de janeiro.

Figura 14 - Perfil da carga 5

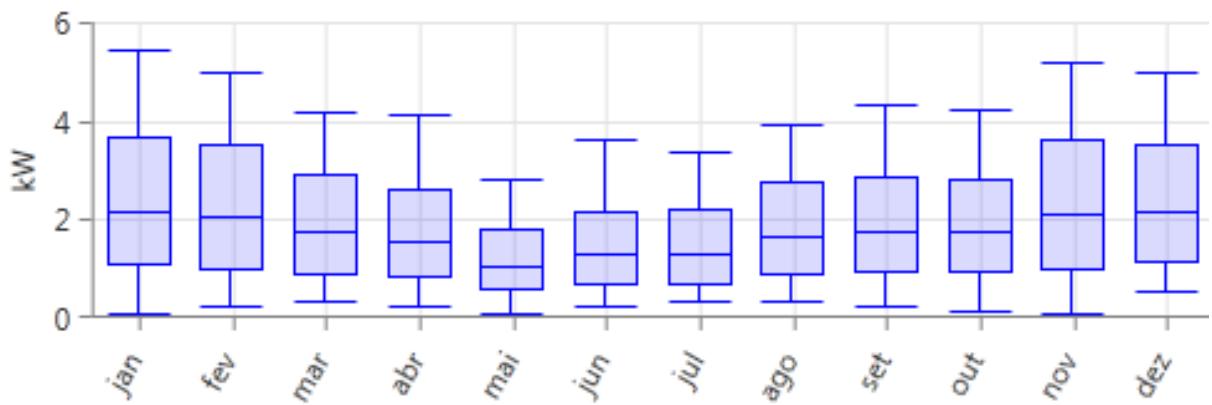


Fonte: Homer Pro.

3.6.6 Caso 6

A Figura 15 apresenta o perfil da carga 6, essa carga é um somatório de todos os casos anteriores 1, 2, 3, 4 e 5. Os dados são de janeiro a dezembro em que nota-se que há um intervalo para cada mês onde a carga varia de acordo com a demanda de cada hora do dia dado em KW, mas principalmente essa variação se dá pelo crescimento de carga ao longo dos dez anos de simulação, e esse crescimento de carga é de 4 % ao ano (ANEEL, 2018). O maior pico para essa carga foi de 5,46 KW no mês de janeiro.

Figura 15 - Perfil da carga 6



Fonte: Homer Pro.

3.7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este capítulo apresentou as 6 curvas de cargas que serão utilizadas na simulação que será apresentado no próximo capítulo deste trabalho e o sistema que definiu a melhor marca de

bateria. Primeiramente foi criado um sistema para escolher a bateria que será utilizada nas cargas propostas. Já as cargas tiveram um sistema mais otimizado e simplificado pelos fatos de que não seriam atrativos para os cálculos as gerações de energia citadas. Em ambos os casos as cargas foram modeladas com características de uma lanchonete, residencial com carga baixa e alta, restaurante, escritório e o somatório de todas essas cargas propostas em cada caso.

4 ESTUDO DE CASO E ANÁLISE DE RESULTADOS

4.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS

Utilizando a metodologia proposta na Figura 5, foram feitos estudos de casos, considerando diferentes tipos de cargas. Nesse capítulo são apresentados os resultados parciais e finais obtidos através da implementação dos sistemas testes de cada caso. Para os casos de estudo da atratividade do uso de solar fotovoltaica com baterias é realizada uma análise com base na variação percentual da fração de energia renovável que abastece a carga, com o banco de baterias.

4.2 ESCOLHA DA BATERIA

Conforme o referencial da metodologia, temos os resultados da escolha da melhor bateria disponível no mercado e considerando todas as baterias citadas para a simulação em que há seus aspectos de carga e descarga, vida útil e preço da bateria se obteve a melhor marca considerando esses aspectos que é a Moura, como mostrado na Figura 16.

Figura 16 - Escolha da bateria

PV (kW)	G1 (kW)	G2 (kW)	Freedom	Moura	MaxPower	Bosch	Grid (kW)	Conversor (kW)	Dispatch	COE (R\$)	NPC (R\$)	Operating cost (R\$/yr)	Initial capital (R\$)
1,00	1						999.999	1,00	LF	R\$ 0,574	R\$ 22.308	R\$ 1.898	R\$ 6.414
3,00		5					999.999	1,00	LF	R\$ 0,623	R\$ 22.490	R\$ 1.358	R\$ 11.121
2,00							999.999	1,00	LF	R\$ 0,561	R\$ 22.512	R\$ 2.283	R\$ 3.398
2,00	1			5			999.999	1,00	LF	R\$ 0,664	R\$ 23.908	R\$ 1.167	R\$ 14.136
3,00		5					999.999	1,00	LF	R\$ 0,681	R\$ 23.991	R\$ 1.509	R\$ 11.354
3,00					5		999.999	1,00	LF	R\$ 0,693	R\$ 24.406	R\$ 1.532	R\$ 11.578
1,00	1	10,0					999.999	1,00	LF	R\$ 0,650	R\$ 25.254	R\$ 1.033	R\$ 16.608

Fonte: Homer Pro.

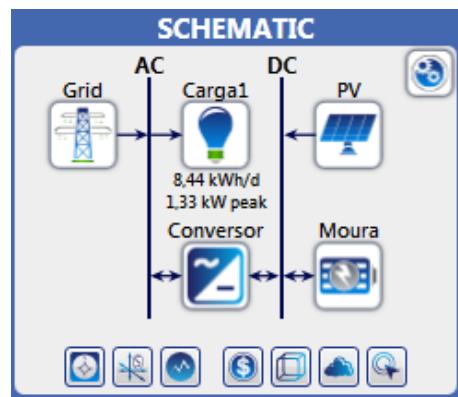
Como mostrado na Figura 16 o menor valor de NPC com a utilização da bateria Moura é de R\$ 22.490,00 para o período de dez anos de simulação com um custo inicial de projeto de R\$ 11.121,00. Os outros resultados ali mostrados dão uma valor maior, assim podendo para as outras simulações que serão realizadas não há a necessidade de utilizar as outras baterias, o motor e a geração eólica que se tornaria o sistema mais complexo e economicamente inviável.

4.3 ANÁLISE DE RESULTADOS

4.3.1 Carga 1 (Lanchonete)

Após a determinação da bateria utilizada para os sistemas que serão simulados a seguir, será realizado a simulação em que se analisa a viabilidade da inserção das baterias a viabilidade da inserção das baterias conforme a Figura 17.

Figura 17 - Sistema com a Carga 1



Fonte: Homer Pro.

Então como pode se notar na Figura 17, o sistema está bem mais compactado comparado ao anterior. Ficamos apenas com a grid, o conversor, o PV e a carga 1. O preço da grid e a quantidade de baterias permanecem o mesmo para todas simulações, o conversor para essa carga 1 é de 1 KW, o PV foi de 3 KW (equivalente a nove painéis) com a carga 1 (conforme os ANEXOS 1 e 2) que tem um total de 8,44 KWh/dia.

O melhor resultado para esse caso foi no valor de R\$ 22.490,00 ao longo dos 10 anos e o custo inicial foi de R\$ 11.121,00 conforme os dados na Figura 18.

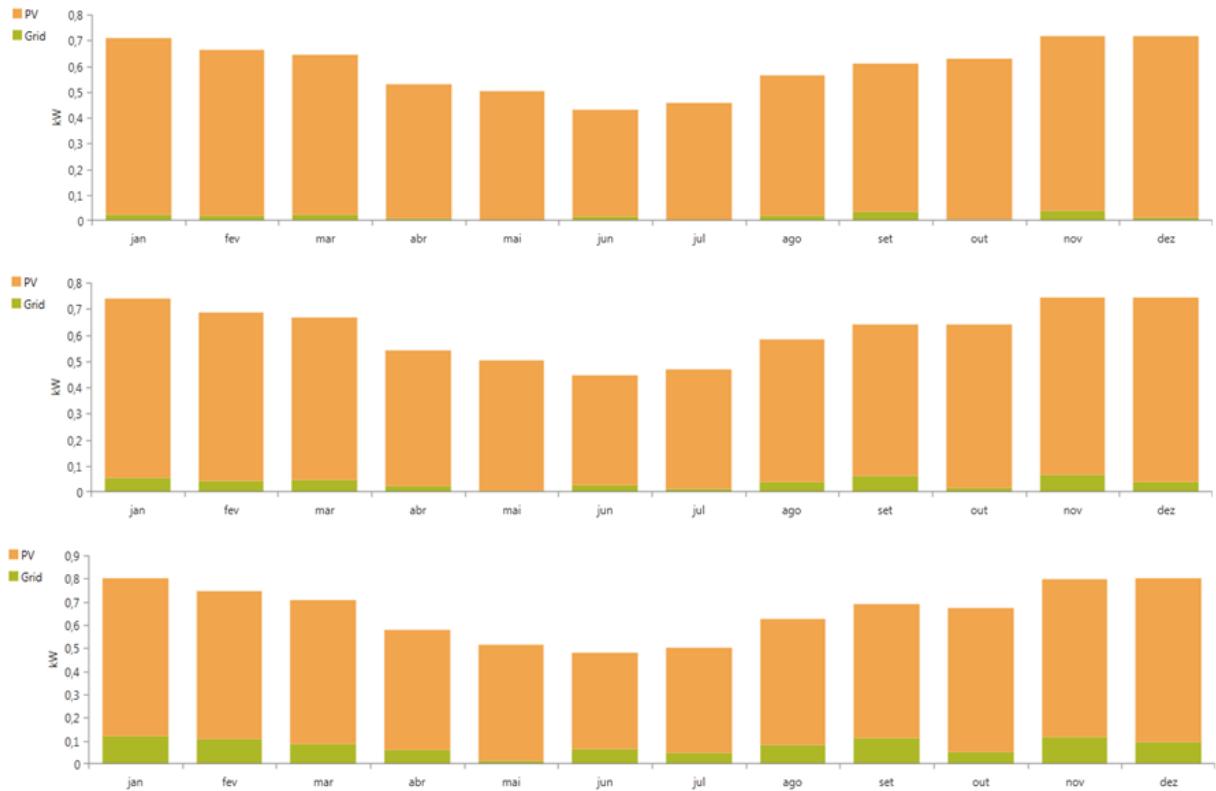
Figura 18 - Resultados da carga 1

	PV (kW)	Moura (kW)	Grid (kW)	Conversor (kW)	Dispatch	COE (R\$)	NPC (R\$)	Operating cost (R\$/yr)	Initial capital (R\$)
	3,00	5	999.999	1,00	LF	R\$ 0,623	R\$ 22.490	R\$ 1.358	R\$ 11.121
	2,00		999.999	1,00	LF	R\$ 0,561	R\$ 22.512	R\$ 2.283	R\$ 3.398
			999.999		LF	R\$ 0,900	R\$ 27.564	R\$ 3.292	R\$ 0,00
		5	999.999	1,00	LF	R\$ 1,31	R\$ 39.989	R\$ 3.800	R\$ 8.167

Fonte: Homer Pro.

Esses resultados de simulação da Figura 18 mostram que para essa carga 1 utilizada, conclui-se que a utilização das baterias Moura é economicamente viável para esse tipo de carga. E tiramos agora como resultado dos painéis solares e da grid com o crescimento de carga mencionado anteriormente, com um período de dez anos de janeiro a dezembro conforme a Figura 19.

Figura 19 – Primeiro, quinto e décimo ano respectivamente (carga 1)

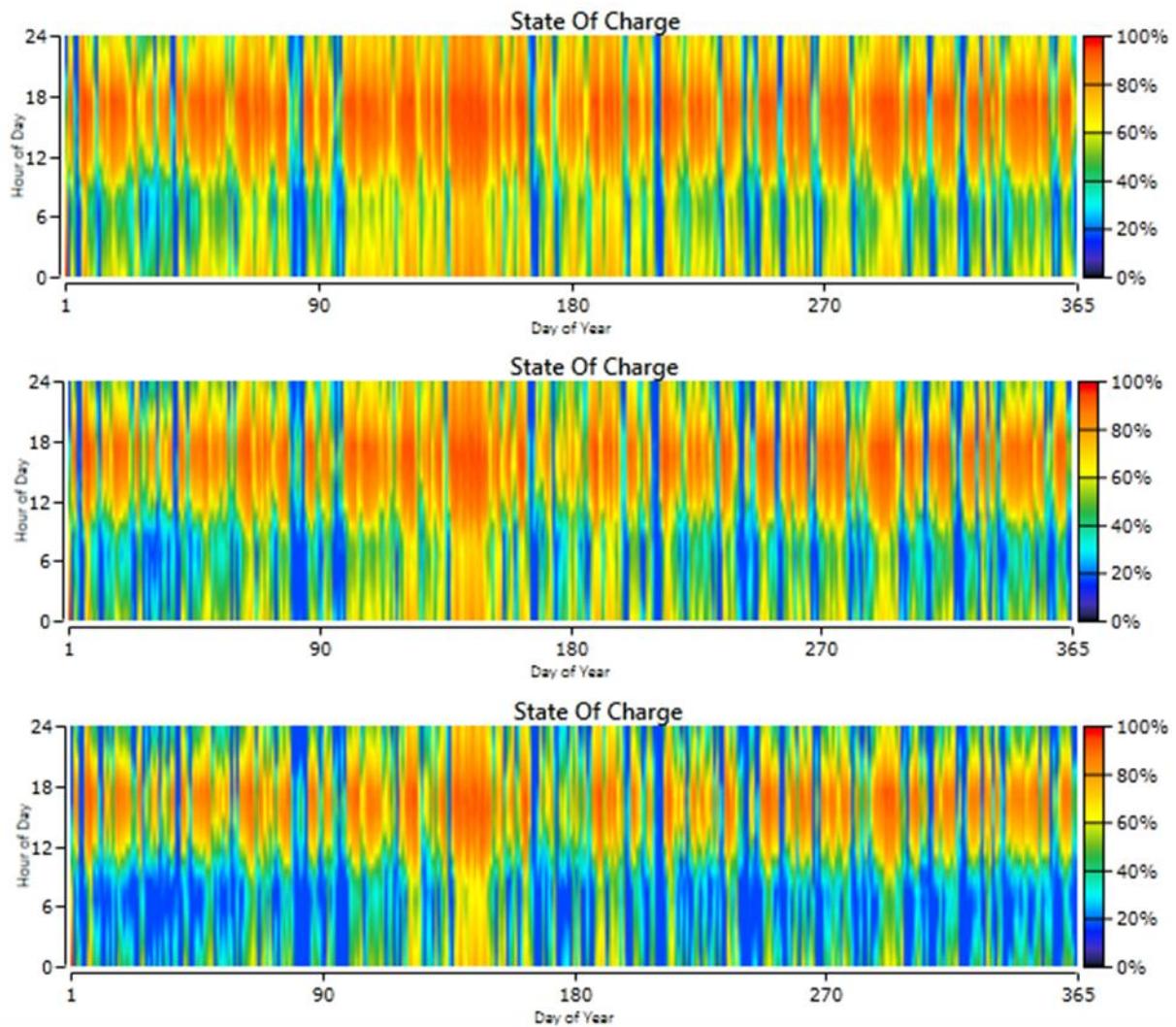


Fonte: Homer Pro.

A partir da Figura 19 vemos que no primeiro ano, o gráfico de barras mostra que a energia gerada pelos PV está sendo praticamente suficiente para a carga utilizada. Conforme citado a cada ano há um crescimento de carga, então no quinto ano temos uma maior carga e como os painéis foram projetados para o sistema inicial e consequentemente ele não tem como gerar mais energia logo há uma maior necessidade de adquirir energia da rede. No décimo ano nota-se melhor como foi utilizado uma maior quantidade de grid para acompanhar o crescimento da carga 1.

Na Figura 20 está representado o estado de carga da bateria dado em horas no período de um ano em que tem-se três imagens que são do primeiro, quinto e décimo ano respectivamente.

Figura 20 - Estado anual de carga das baterias (carga 1)

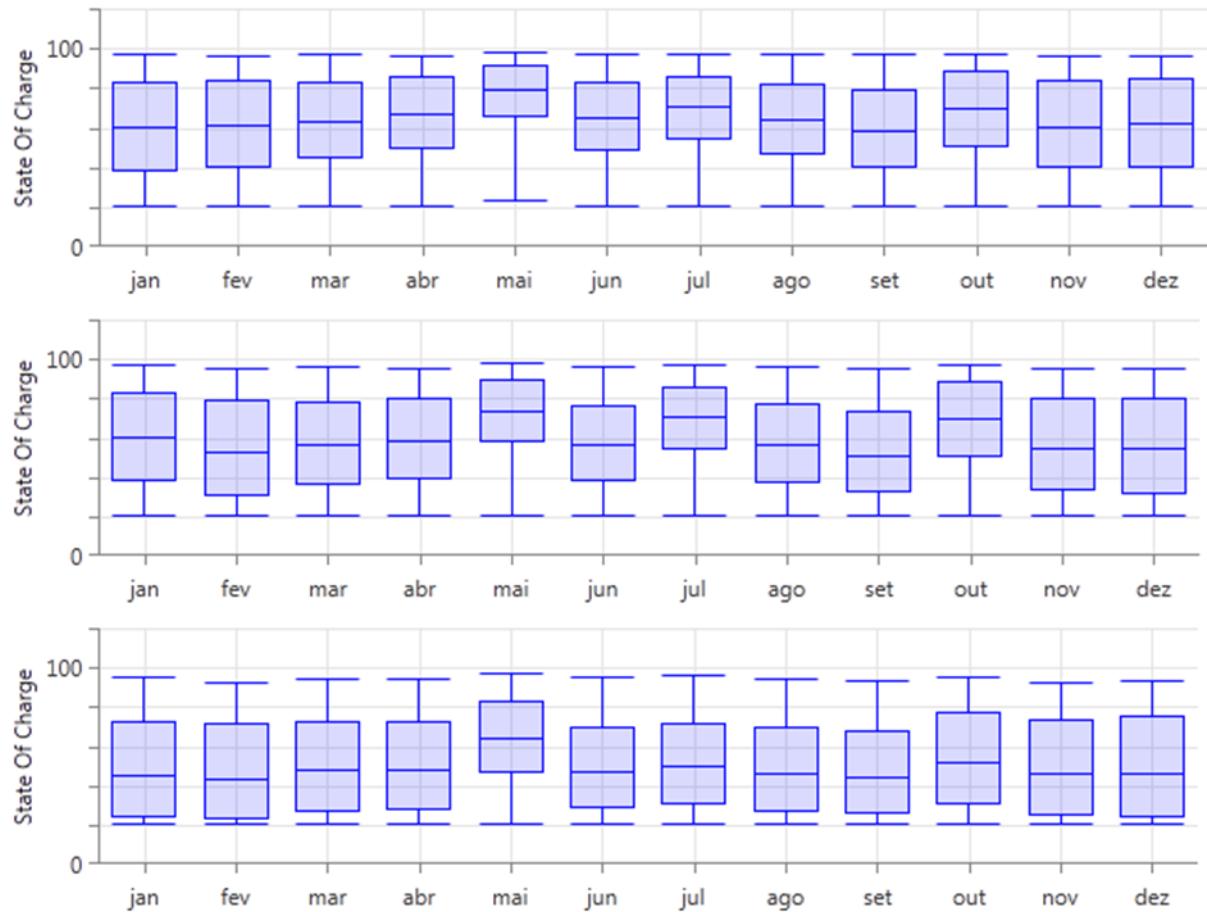


Fonte: Homer Pro.

Analizando a Figura 20 no período horário das 0h - 12h ao longo dos três anos comparados nota-se que o estado de carga chega aos 20 % que é o seu estado mínimo de carga para manter a vida útil mencionada anteriormente e ela chega a esse valor majoritariamente conforme vai passando o tempo, pois a bateria carrega com o excedente da energia solar. O intervalo das 12h – 18h há uma irradiância solar muito maior e é nesse momento que a bateria começa a recarregar. Após as 18h seguindo até as 24h a bateria se descarrega nesse período, pois há um maior consumo de energia elétrica.

O estado de carga mensal também pode ser comparado e analisado para o primeiro, quinto e décimo ano como mostrado na Figura 21.

Figura 21 - Estado de carga mensal das baterias (carga 1)



Fonte: Homer Pro.

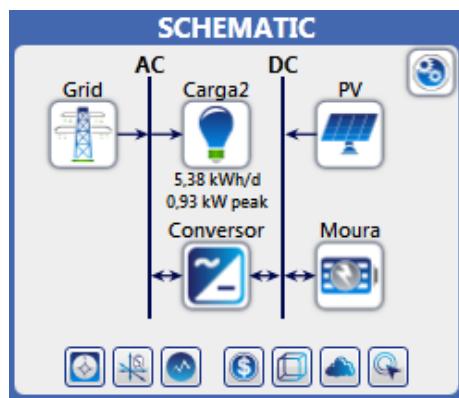
No primeiro e quinto ano entre setembro e março o estado de carga é praticamente uniforme, variando entre os 40 e 80% e nos outros meses de maior irradiância solar o intervalo do estado de carga varia aproximadamente entre os 50% e 90%. Especialmente desde meados de Maio a meados de Junho, julho e meados de agosto, registram-se os estados de carga mais elevados, permanecendo grande parte do tempo acima dos 70%. Estes dados justificam a capacidade das baterias responderem à carga primária nestes meses em períodos de maior consumo em que não existe luz solar, tal como foi referido anteriormente.

No décimo ano entre junho e abril já há um desgaste muito maior nas baterias e o estado de carga já varia entre 20 e 80 %, permanecendo muito mais descarregada nesse período, pois como há um aumento na carga ao longo dos anos há essa necessidade de descarregar mais energia para o sistema. Já o mês de maio permanece em um estado de carga maior entre 50 e 90 % assim provando que tem uma carga mais baixa para esse mês.

4.3.2 Carga 2 (Residência com carga baixa)

Seguindo os mesmos passos anteriores só agora com a carga 2 como segue a Figura 22.

Figura 22 - Sistema com a Carga 2



Fonte: Homer Pro.

Para esse caso podemos notar que as baterias não são a melhor escolha, assim podendo afirmar que para uma carga mais baixa como a proposta, não é viável a utilização das baterias, porém o trabalho é em relação as baterias, logo os resultados a serem considerados são os que a bateria é inserida no sistema.

Então como pode se notar na Figura 23, temos o conversor para essa carga 2 de 1 KW, o PV foi de 2 KW (equivalente a 6 painéis) com a carga 2 que tem um total de 5,38 KWh/dia conforme os ANEXOS 3 e 4.

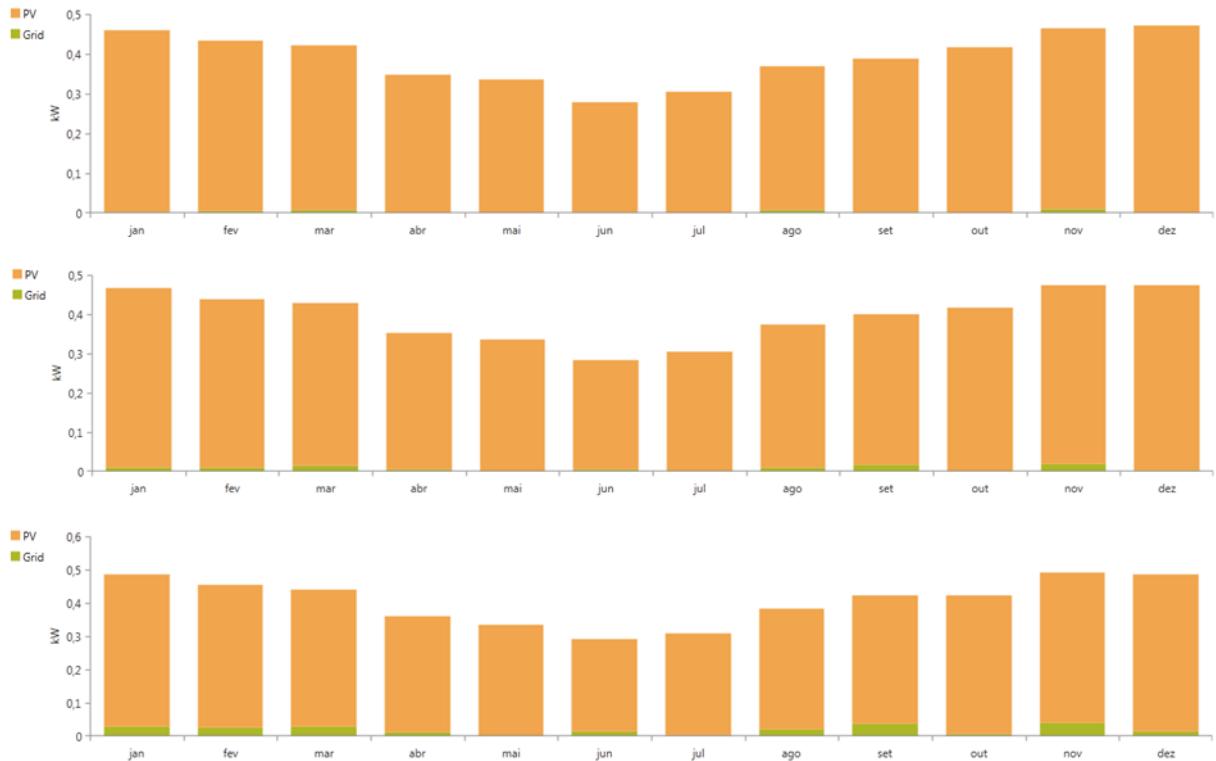
Figura 23 - Resultados da carga 2

	PV (kW)	Moura	Grid (kW)	Conversor (kW)	Dispatch	COE (R\$)	NPC (R\$)	Operating cost (R\$/yr)	Initial capital (R\$)
	1,00		999.999	1,00	LF	R\$ 0,561	R\$ 14.504	R\$ 1.444	R\$ 2.414
			999.999		LF	R\$ 0,900	R\$ 16.823	R\$ 2.009	R\$ 0,00
	2,00	5	999.999	1,00	LF	R\$ 0,711	R\$ 17.591	R\$ 890,35	R\$ 10.136
		5	999.999	1,00	LF	R\$ 1,56	R\$ 29.248	R\$ 2.518	R\$ 8.167

Fonte: Homer Pro.

O melhor resultado para esse caso utilizando as baterias foi no valor de R\$ 17,591,00 ao longo dos 10 anos e seu custo inicial foi de R\$ 10.136,00 conforme os dados da Figura 23. E tira-se agora como resultado dos painéis solares e da grid com o crescimento de carga mencionado anteriormente, com um período de dez anos de janeiro a dezembro conforme a Figura 24.

Figura 24 - Primeiro, quinto e décimo ano respectivamente (carga 2)

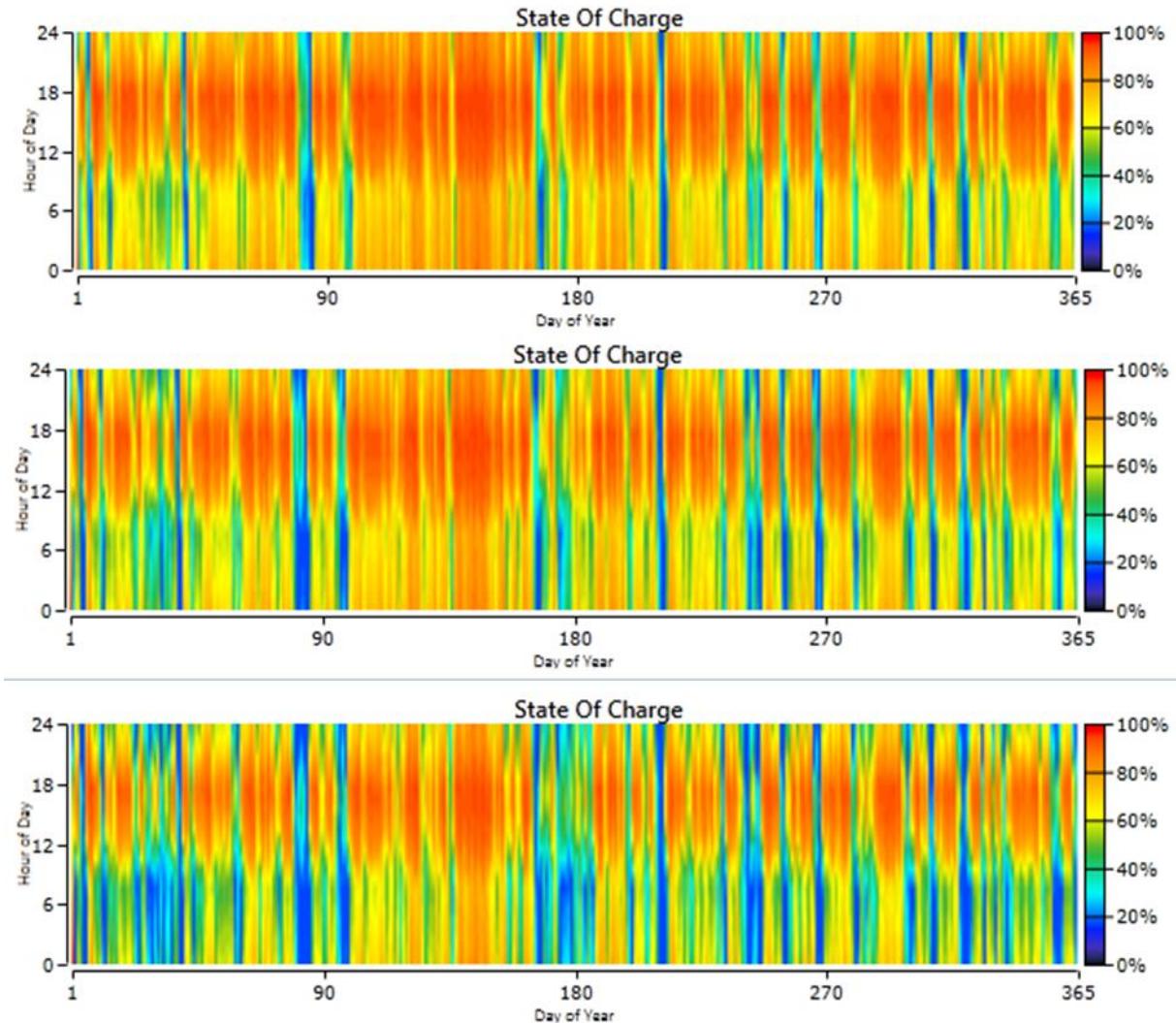


Fonte: Homer Pro.

A partir da Figura 24 nota-se que no primeiro ano, o gráfico de barras mostra que a energia gerada pelos PV está sendo praticamente suficiente para a carga utilizada. Conforme citado, a cada ano há um crescimento de carga, então no quinto ano nota-se que há uma maior carga e assim tendo a necessidade de utilizar um pouco da energia da rede. No décimo ano notamos melhor como foi utilizado uma maior quantidade de grid para acompanhar o crescimento da carga 2.

Na Figura 25 está representado o estado de carga da bateria dado em horas no período de um ano em que tem-se três imagens que são do primeiro, quinto e décimo ano respectivamente.

Figura 25 - Estado anual de carga das baterias (carga 2)

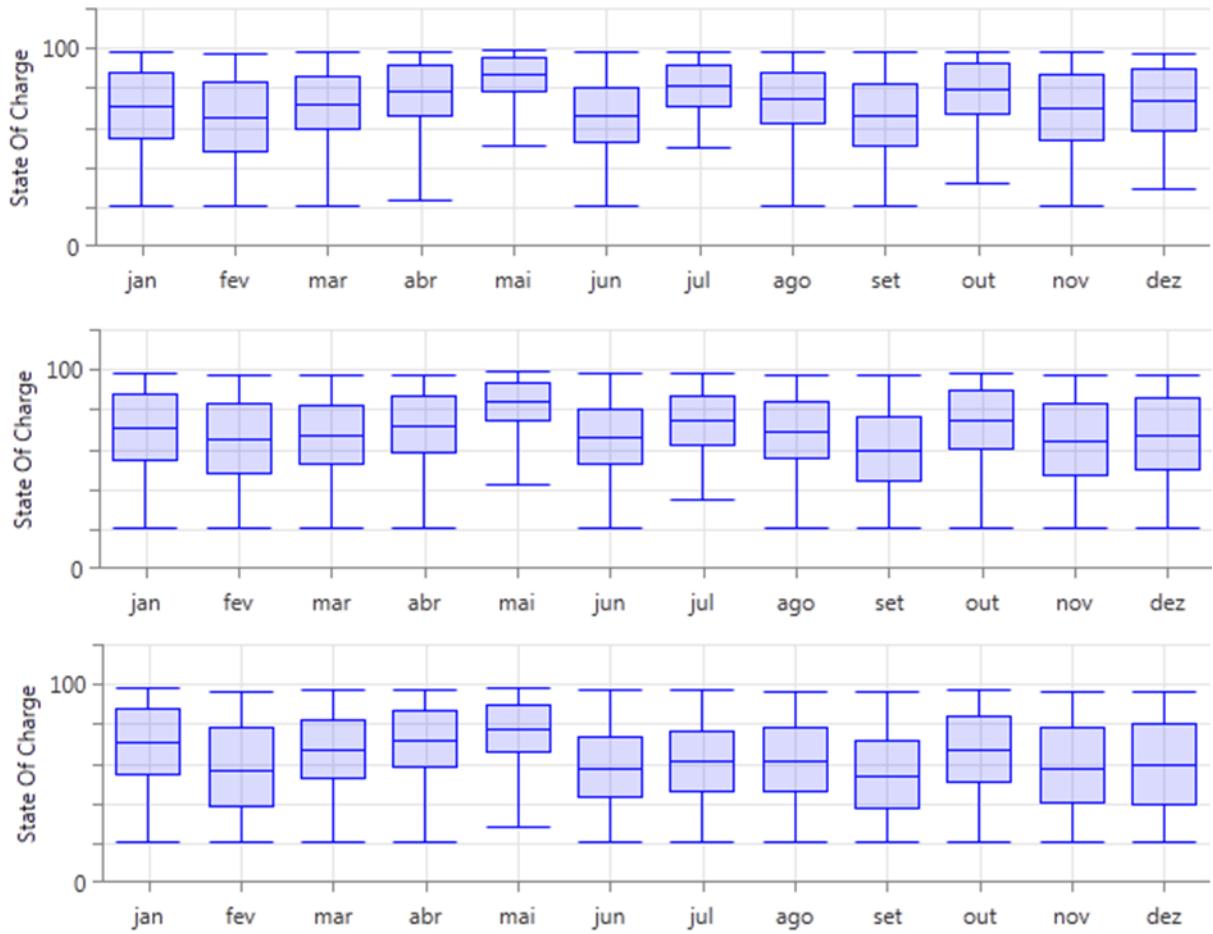


Fonte: Homer Pro.

Analisando a Figura 25 no período horário das 0h - 12h ao longo dos três anos comparados, nota-se que o estado de carga chega aos 20 % que é o seu estado mínimo de carga para manter a vida útil mencionada anteriormente e ela chega a esse valor mais frequentemente conforme vai passando o tempo, pois a bateria carrega com o excedente da energia solar. O intervalo das 12h - 18h há uma irradiância solar muito maior e é nesse momento que a bateria começa a recarregar. Após as 18h seguindo até as 24h a bateria se descarrega nesse período, pois há um maior consumo de energia elétrica.

O estado de carga mensal também pode ser comparado e analisado para o primeiro, quinto e décimo ano como mostrado na Figura 26.

Figura 26 - Estado de carga mensal das baterias (carga 2)



Fonte: Homer Pro.

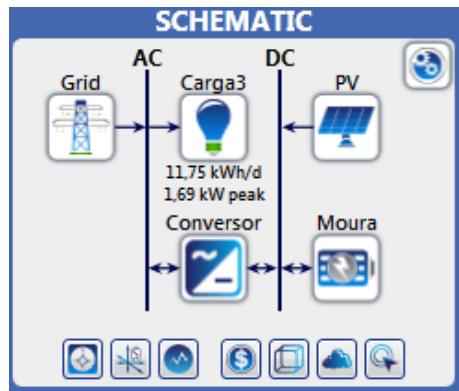
No primeiro e quinto ano o estado de carga permaneceu muito semelhante, isso se dá pois o crescimento para essa carga não era tão alto e também a carga é mais baixa. Há bastante variação entre os meses, assim não sendo uniforme o carregamento e o descarregamento das baterias. Para os meses de maio e julho como há uma menor demanda de energia conforme a Figura 11 o estado da bateria permanece entre 70 e 95 % o seu estado de carga. Para o restante dos meses a variação fica em torno de 45 e 95 % da carga.

No décimo ano como já há um crescimento da carga mais significativo a variação do estado de carga fica entre os meses de junho e abril com um intervalo de 40 há 95 % do estado de carga assim notando um maior desgaste nas baterias.

4.3.3 Carga 3 (Restaurante)

Seguindo os mesmos passos anteriores só agora com a carga 3 como segue a Figura 27.

Figura 27 - Sistema com a Carga 3



Fonte: Homer Pro.

Então como pode se notar na Figura 27, tem-se o conversor para essa carga 3 de 1 KW, o PV foi de 3 KW (equivalente a 9 painéis) com a carga 3 que tem um total de 11,75 KWh/dia conforme os ANEXOS 5 e 6.

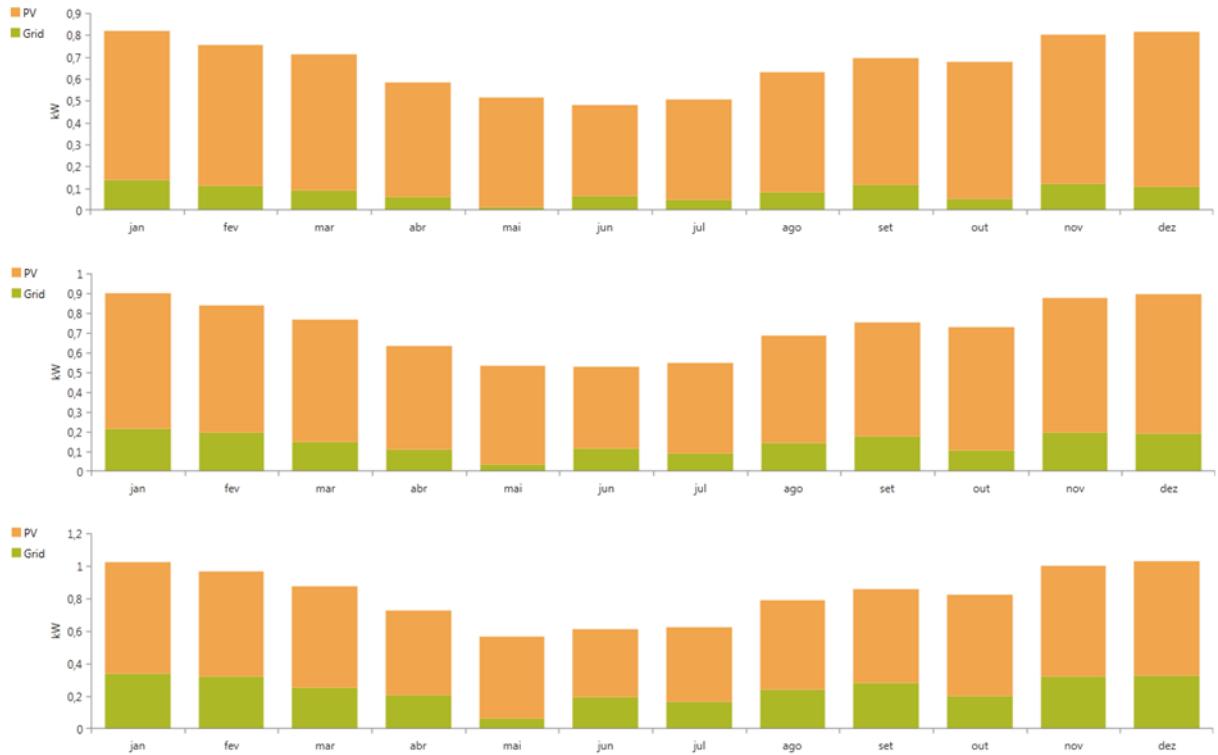
Figura 28 - Resultados da carga 3

	PV (kW)	Moura	Grid (kW)	Conversor (kW)	Dispatch	COE (R\$)	NPC (R\$)	Operating cost (R\$/yr)	Initial capital (R\$)
3,00	5	999.999	1,00	LF	R\$ 0,677	R\$ 31.318	R\$ 2.412		R\$ 11.121
2,00		999.999	1,00	LF	R\$ 0,634	R\$ 32.390	R\$ 3.462		R\$ 3.398
		999.999		LF	R\$ 0,900	R\$ 38.376	R\$ 4.583		R\$ 0,00
	5	999.999	1,00	LF	R\$ 1,19	R\$ 50.801	R\$ 5.092		R\$ 8.167

Fonte: Homer Pro.

O melhor resultado para esse caso foi no valor de R\$ 31.318,00 ao longo dos 10 anos e o custo inicial foi de R\$ 11.121,00 conforme os dados na Figura 28. Esses resultados de simulação mostram que para essa carga 3 utilizada, pode-se concluir que a utilização das baterias Moura é economicamente viável para esse tipo de carga. E agora como resultado dos painéis solares e da grid com o crescimento de carga mencionado anteriormente, com um período de dez anos de janeiro a dezembro conforme a Figura 29.

Figura 29 - Primeiro, quinto e décimo ano respectivamente (carga 3)

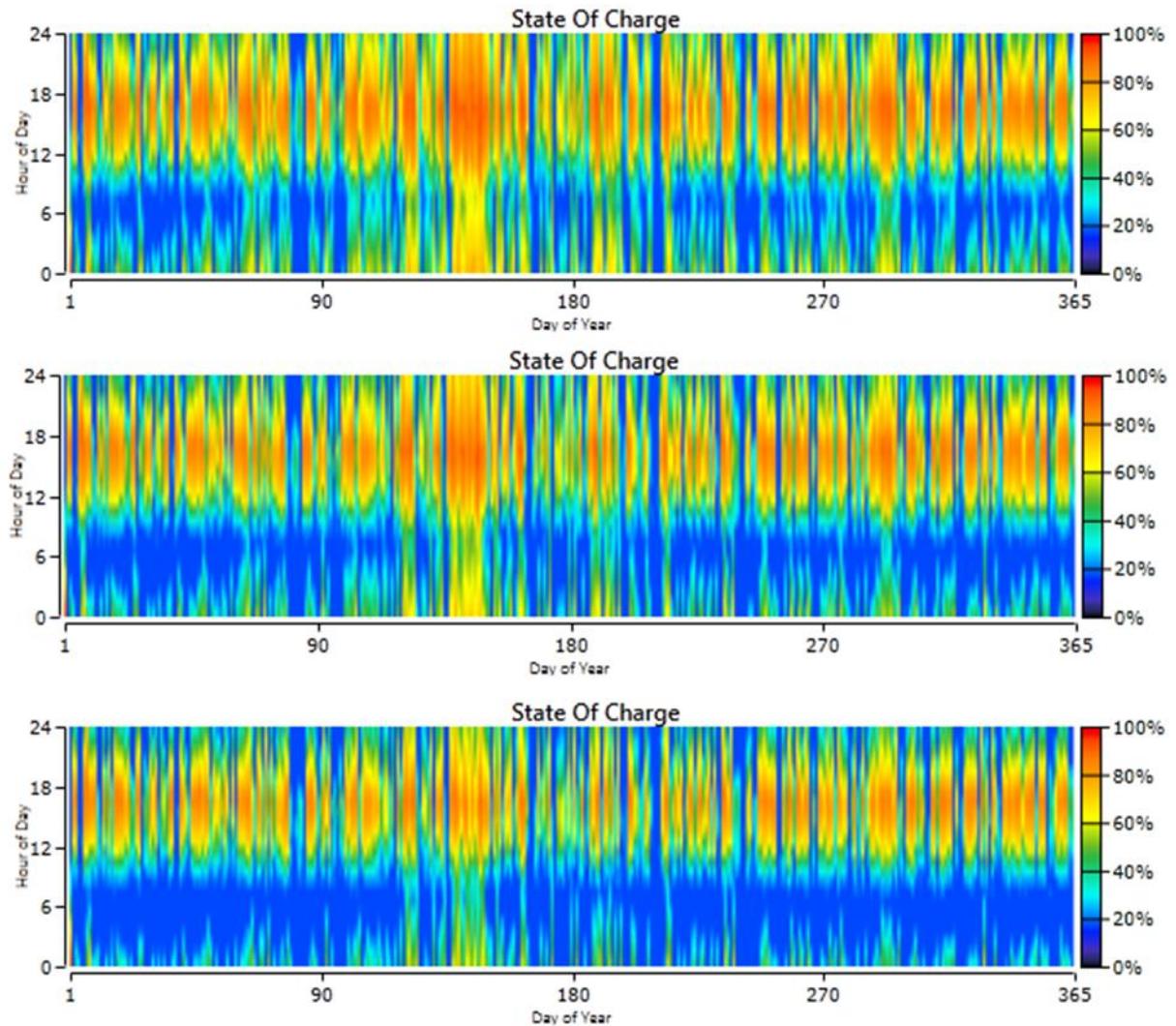


Fonte: Homer Pro.

A partir da Figura 29 no primeiro ano, o gráfico de barras mostra que a energia gerada pelos PV não está sendo suficiente para a carga utilizada. Conforme citado a cada ano há um crescimento de carga, então no primeiro ano já há uma grande necessidade de adquirir energia de rede elétrica assim como quinto ano há uma maior carga ainda e assim tendo a necessidade de utilizar um pouco da energia da rede. No décimo ano foi utilizado uma maior quantidade de grid para acompanhar o crescimento da carga 3, pois os painéis já não dão conta de toda essa carga.

Na Figura 30 está representado o estado de carga da bateria dado em horas no período de um ano em que tem-se três imagens que são do primeiro, quinto e décimo ano respectivamente.

Figura 30 - Estado anual de carga das baterias (carga 3)

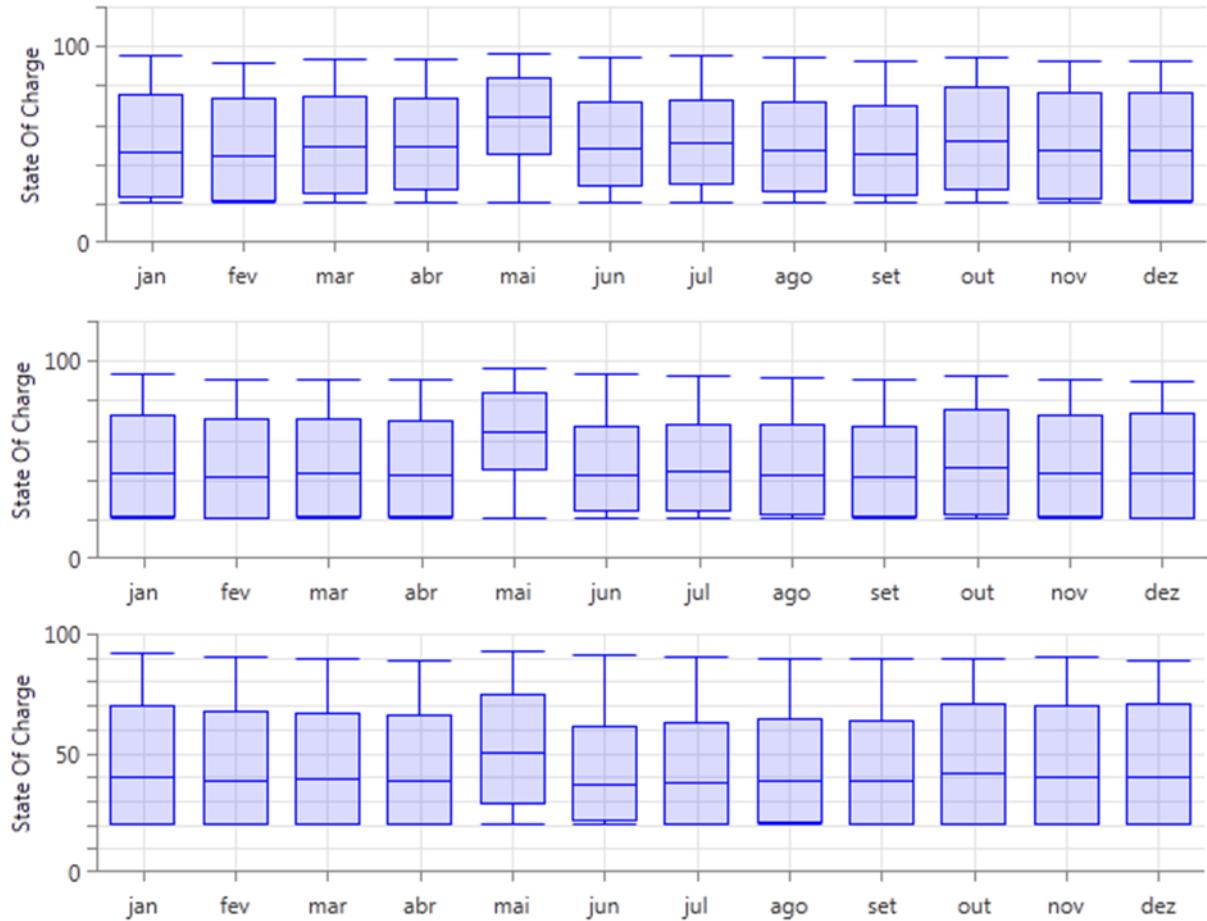


Fonte: Homer Pro.

Analisando a Figura 30 no período horário das 0h - 12h ao longo dos três anos comparados nota-se que o estado de carga permanece muito mais tempo nos seus 20 % e conforme vai passando o tempo pode-se notar que a bateria não dá conta de permanecer carregada pois a carga é mais alta do que ela poderia suportar. O intervalo das 12h – 18h há uma irradiância solar muito maior e é nesse momento que a bateria começa a tentar se recarregar. Após as 18h seguindo até as 24h a bateria se descarrega nesse período, pois há um maior consumo de energia elétrica.

O estado de carga mensal também pode ser comparado e analisado para o primeiro, quinto e décimo ano como mostrado na Figura 31.

Figura 31 - Estado de carga mensal das baterias (carga 3)



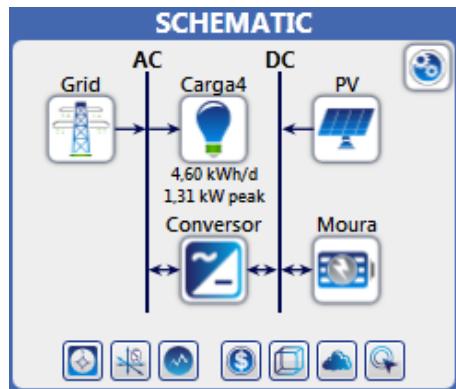
Fonte: Homer Pro.

Em ambos os anos o estado de carga permaneceu muito semelhante, sua variação chegou de 20 a 90 % em que na maioria dos meses ela permaneceu praticamente com os seu limite de descarga que é 20 %, isso se dá pois o crescimento para essa carga era alto e a quantidade de baterias quase não foi suficiente para esse modelo de carga. No décimo ano fica mais notório essa afirmação.

4.3.4 Carga 4 (Escritório)

Seguindo os mesmos passos anteriores só agora com a carga 4 como segue a Figura 32.

Figura 32 - Sistema com a Carga 4



Fonte: Homer Pro.

Nota-se que na Figura 32, tem-se o conversor para essa carga 4 de 1 KW, o PV foi de 1 KW (equivalente a 3 painéis) com a carga 4 que tem um total de 4,6 KWh/dia conforme os ANEXOS 7 e 8.

Para esse caso nota-se que as baterias não é a melhor escolha, assim podendo afirmar que para uma carga mais baixa como a proposta, não é viável a utilização das baterias, porém o trabalho é em relação as baterias, logo os resultados a serem considerados são os que a bateria é inserida no sistema.

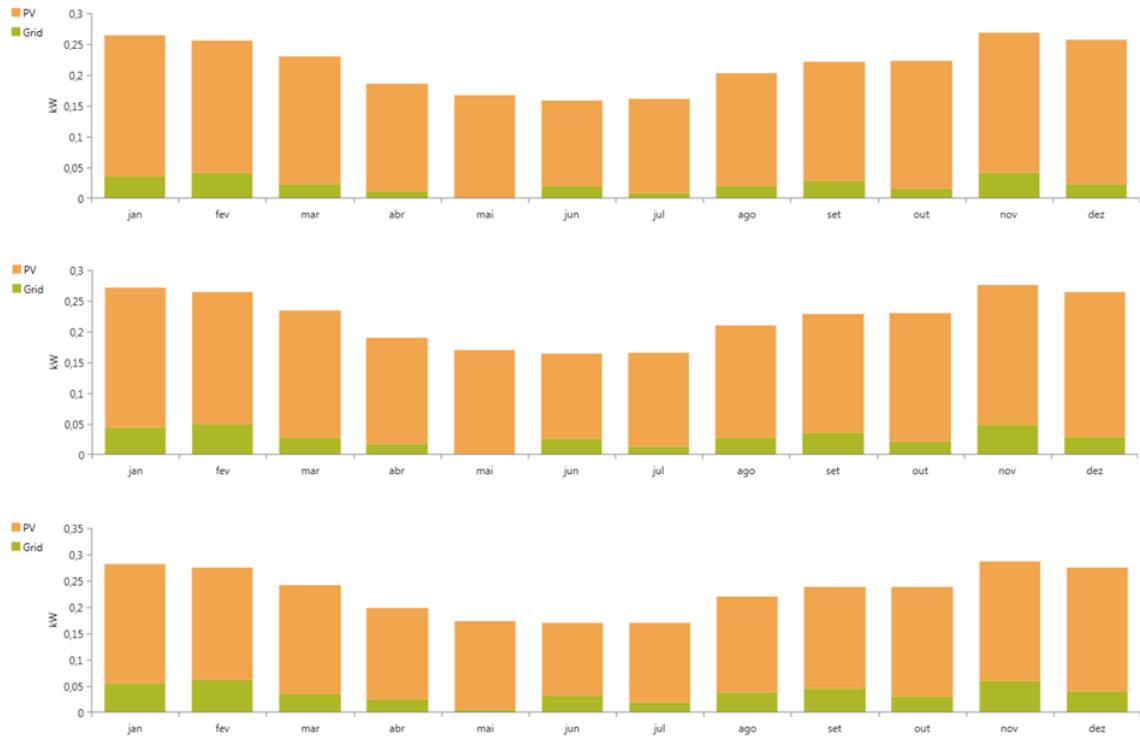
Figura 33 - Resultados da carga 4

	PV (kW)	Moura	Grid (kW)	Conversor (kW)	Dispatch	COE (R\$)	NPC (R\$)	Operating cost (R\$/yr)	Initial capital (R\$)
	1,00		999.999	1,00	LF	R\$ 0,479	R\$ 9.998	R\$ 905,76	R\$ 2.414
			999.999		LF	R\$ 0,900	R\$ 13.202	R\$ 1.577	R\$ 0,00
	1,00	5	999.999	1,00	LF	R\$ 1,09	R\$ 16.653	R\$ 895,87	R\$ 9.151
		5	999.999	1,00	LF	R\$ 1,75	R\$ 25.626	R\$ 2.085	R\$ 8.167

Fonte: Homer Pro.

O melhor resultado para esse caso utilizando as baterias foi no valor de R\$ 16.653,00 ao longo dos 10 anos e seu custo inicial foi de R\$ 9.151,00,00 conforme os dados da Figura 33. E agora como resultado dos painéis solares e da grid com o crescimento de carga mencionado anteriormente, com um período de dez anos de janeiro a dezembro conforme a Figura 34.

Figura 34 - Primeiro, quinto e décimo ano respectivamente (carga 4)

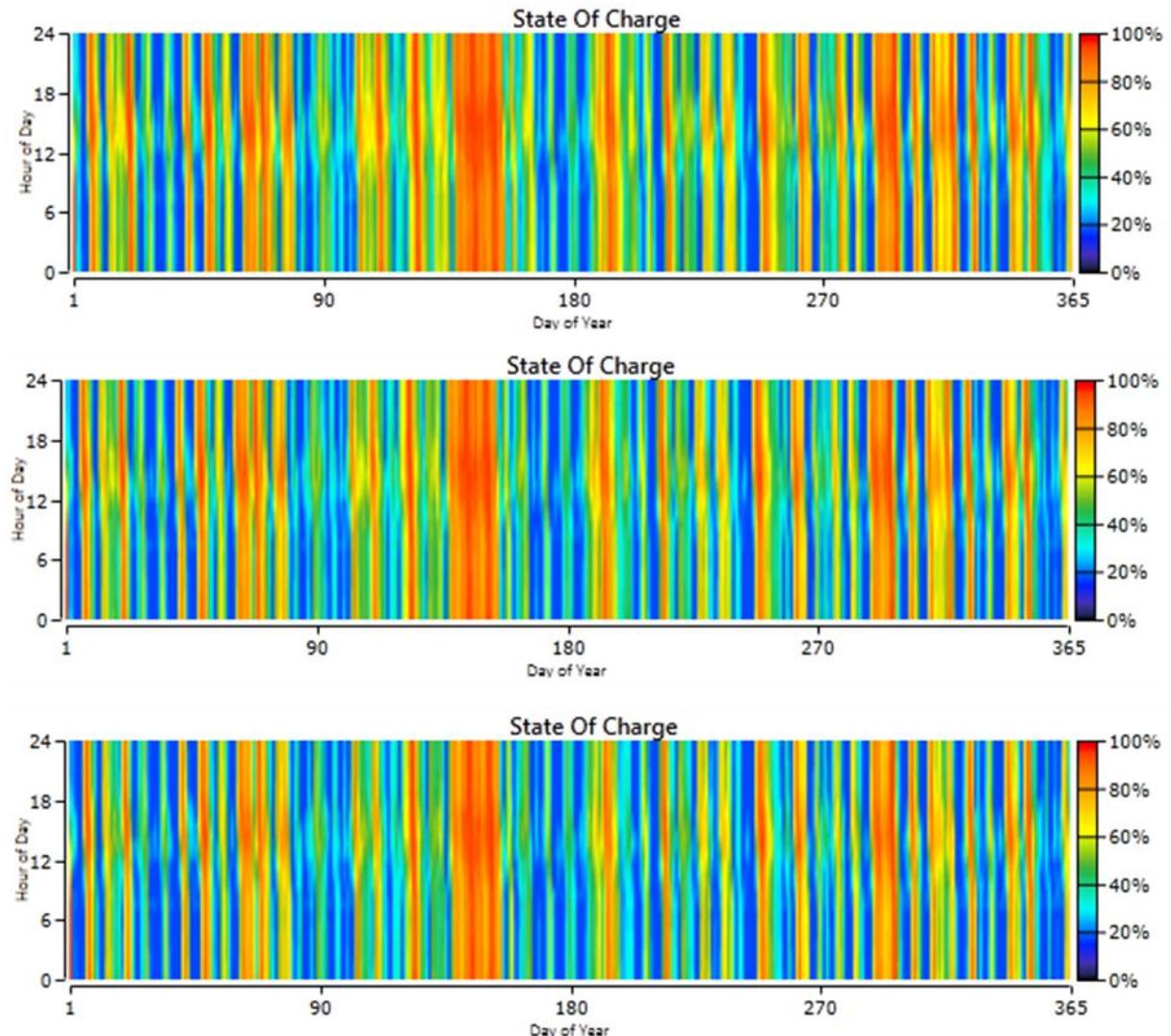


Fonte: Homer Pro.

A partir da Figura 34 nota-se que em ambos os anos há uma necessidade de adquirir energia da rede elétrica, pois em horários que não há sol e a bateria esta descarregada tem então essa necessidade. Ainda pode-se notar que a parcela utilizada da rede em todos os anos é a mesma, essa garantia se dá pelo fato da geração PV dar conta do resto da demanda necessária.

Na Figura 35 está representado o estado de carga da bateria dado em horas no período de um ano em que tem-se três imagens que são do primeiro, quinto e décimo ano respectivamente.

Figura 35 - Estado anual de carga das baterias (carga 4)

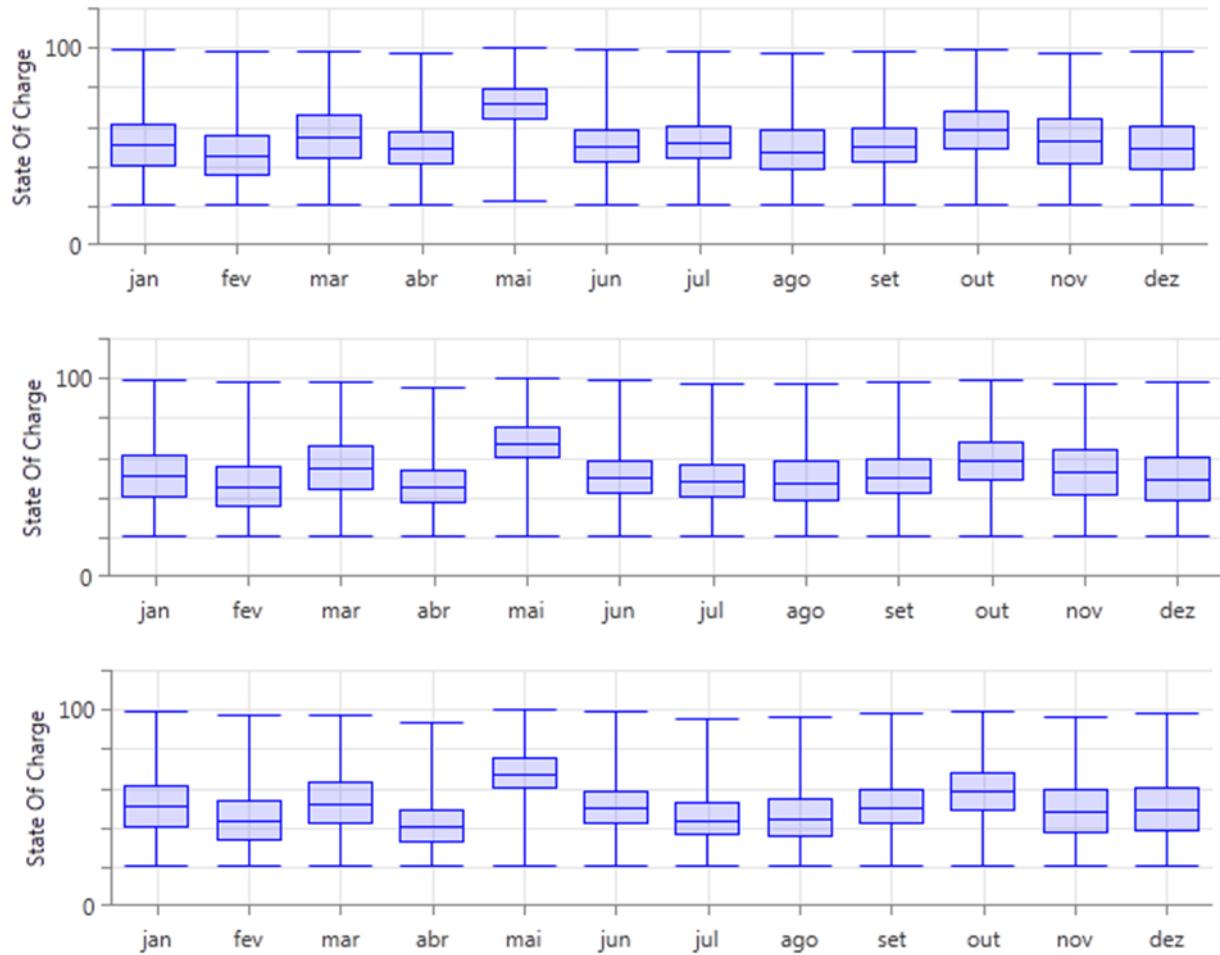


Fonte: Homer Pro.

Analisando a Figura 35 o primeiro ano o estado da carga é bastante regular para todos os horários do dia, isso pelo fato da carga ser pequena e não exigir tanto da bateria em horários diferentes do dia. No quinto e decimo ano o estado de carga são semelhantes, ainda que a carga não é muito alta mesmo com o fator de crescimento nela inserido.

O estado de carga mensal também pode ser comparado e analisado para o primeiro, quinto e décimo ano como mostrado na Figura 36.

Figura 36 - Estado de carga mensal das baterias (carga 4)



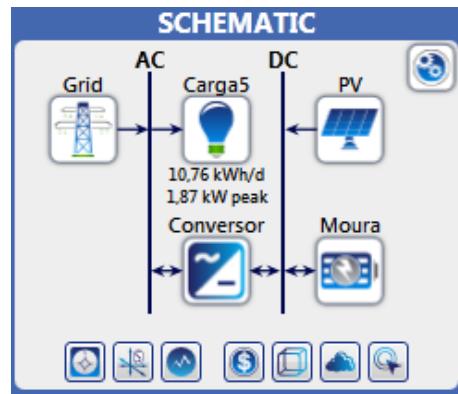
Fonte: Homer Pro.

Em ambos os anos o estado de carga mensal permaneceu muito semelhante, sua variação no mês de maio ficou entre 60 e 75 % mostrando que a bateria conseguiu se manter constante em relação a carga e a descarga. Nos outros meses a variação foi de 30 a 70 % e em nenhum momento ele chegou no seu limite que são os 20 % do estado de carga.

4.3.5 Carga 5 (Residência com carga alta)

Seguindo os mesmos passos anteriores só agora com a carga 5 como segue a Figura 37.

Figura 37 - Sistema com a Carga 5



Fonte: Homer Pro.

Então como pode se notar, tem-se o conversor para essa carga 5 de 1 KW, o PV foi de 3 KW (equivalente a 9 painéis) com a carga 5 que tem um total de 10,76 KWh/dia conforme os ANEXOS 9 e 10.

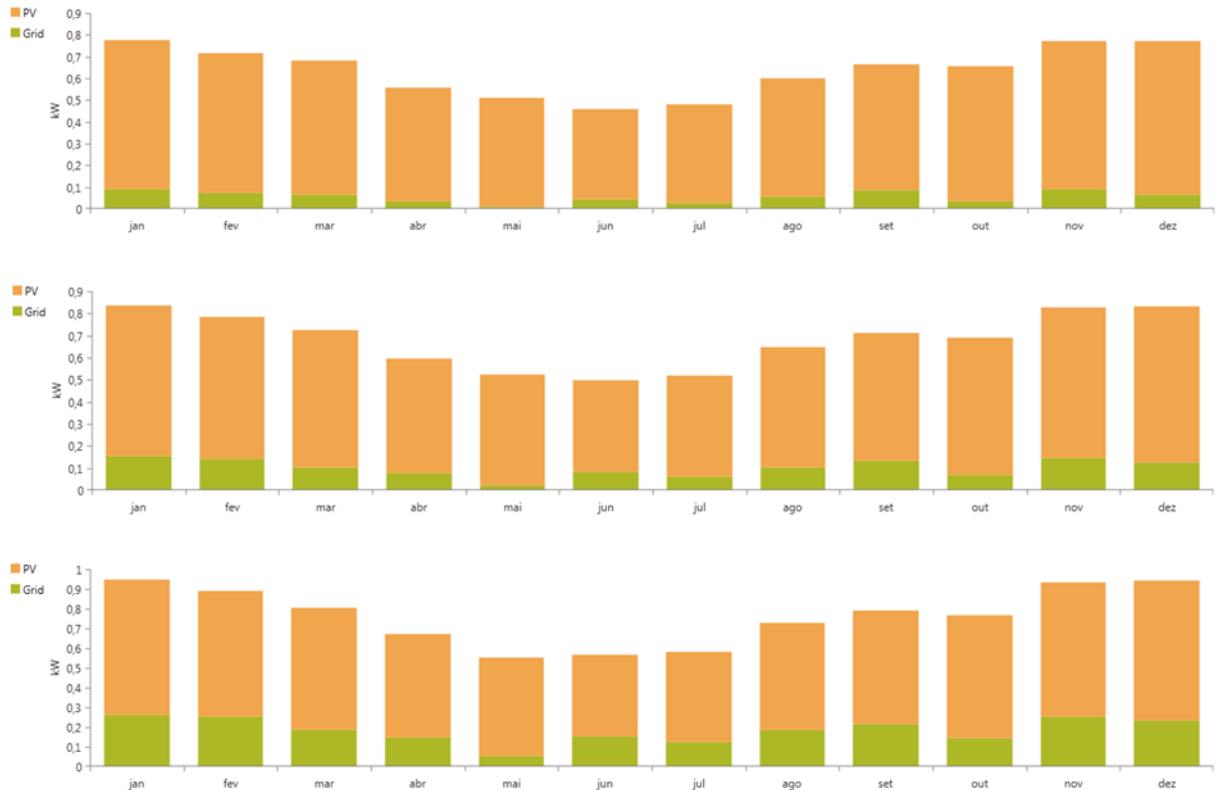
Figura 38 - Resultados da carga 5

	PV (kW)	Moura	Grid (kW)	Conversor (kW)	Dispatch	COE (R\$)	NPC (R\$)	Operating cost (R\$/yr)	Initial capital (R\$)
3,00	5		999.999	1,00	LF	R\$ 0,653	R\$ 27.883	R\$ 2.002	R\$ 11.121
2,00			999.999	1,00	LF	R\$ 0,611	R\$ 28.741	R\$ 3.027	R\$ 3.398
			999.999		LF	R\$ 0,900	R\$ 35.160	R\$ 4.199	R\$ 0,00
	5		999.999	1,00	LF	R\$ 1,22	R\$ 47.585	R\$ 4.708	R\$ 8.167

Fonte: Homer Pro.

O melhor resultado para esse caso foi no valor de R\$ 27.883,00 ao longo dos 10 anos e o custo inicial foi de R\$ 11.121,00 conforme os dados na Figura 38. Esses resultados de simulação mostram que para essa carga 5 utilizada, pode-se concluir que a utilização das baterias Moura é economicamente viável para esse tipo de carga. E agora como resultado dos painéis solares e da grid com o crescimento de carga mencionado anteriormente, com um período de dez anos de janeiro a dezembro conforme a Figura 39.

Figura 39 - Primeiro, quinto e décimo ano respectivamente (carga 5)

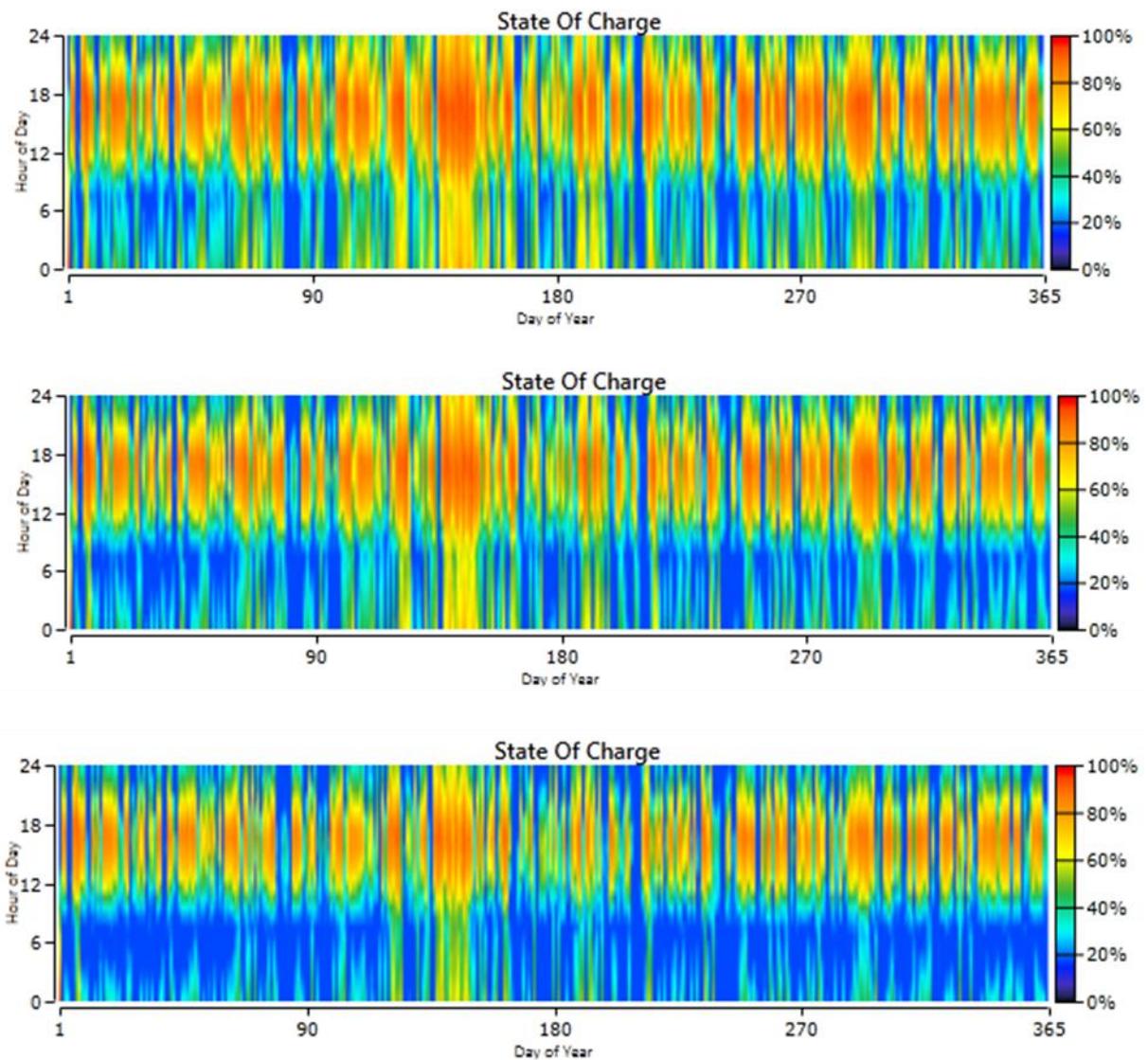


Fonte: Homer Pro.

A partir da Figura 39 nota-se que no primeiro ano, o gráfico de barras mostra que a energia gerada pelos PV não está sendo suficiente para a carga utilizada pois a um crescimento de carga mais elevado a cada ano. Então no quinto ano há uma maior carga e assim tendo a necessidade de utilizar um pouco da energia da rede. No décimo ano nota-se melhor como foi utilizado uma maior quantidade de grid para acompanhar o crescimento da carga 5.

Na Figura 40 está representado o estado de carga da bateria dado em horas no período de um ano em que tem-se três imagens que são do primeiro, quinto e décimo ano respectivamente.

Figura 40 - Estado anual de carga das baterias (carga 5)

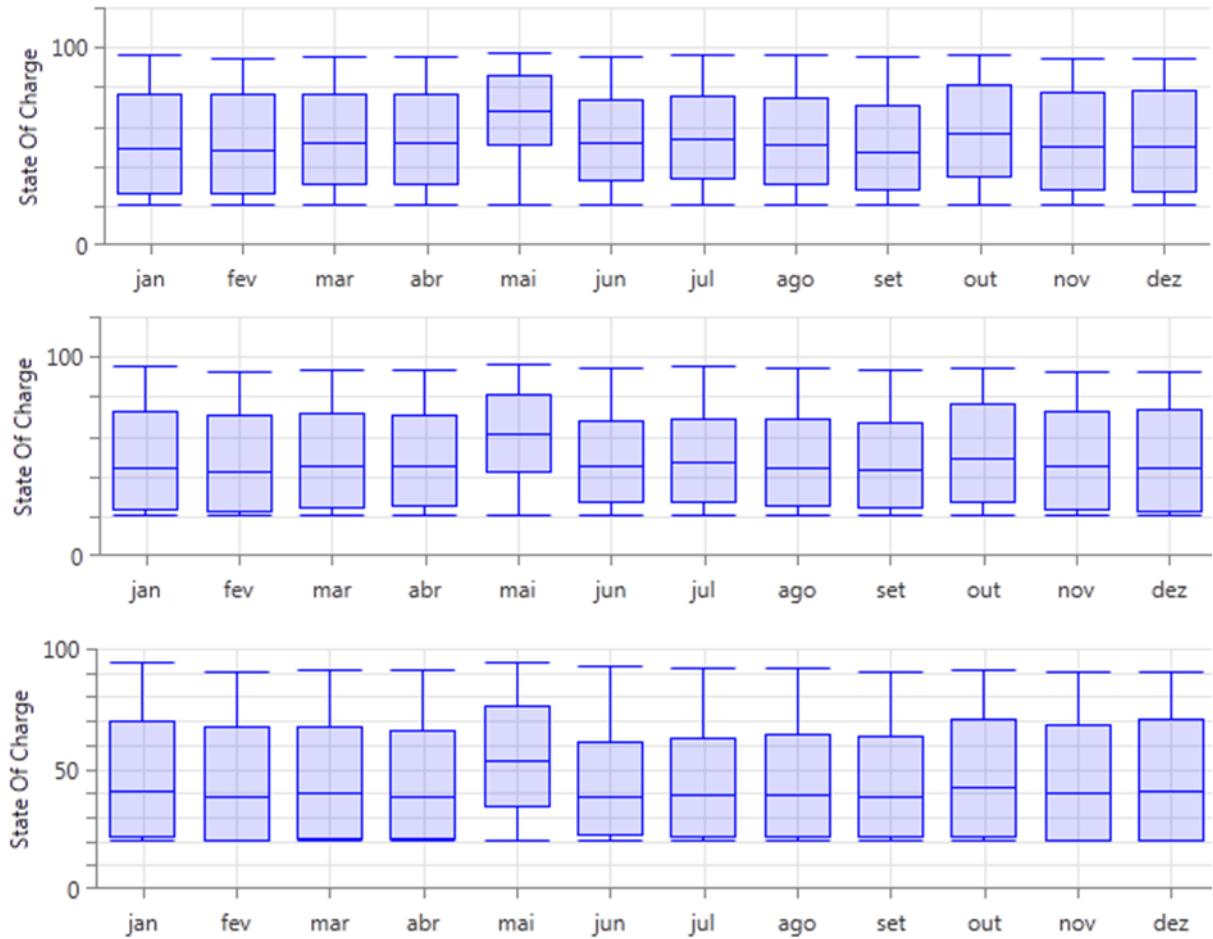


Fonte: Homer Pro.

Analisando a Figura 40 o primeiro ano o estado da carga é bastante regular para todos os horários do dia, isso pelo fato das baterias darem conta dessa carga. No quinto ano já houve uma queda para os seus 20 % nos horários das 0h - 12h e no restante do dia ela começa a ter uma recarga para que no horário das 18h - 24h ela possa abastecer a maior carga do dia. No décimo ano o estado de carga cai bastante em relação ao primeiro, pois a carga teve um alto crescimento fazendo com ela chegasse para vários horários do dia a 20 %.

O estado de carga mensal também pode ser comparado e analisado para o primeiro, quinto e décimo ano como mostrado na Figura 41.

Figura 41 - Estado de carga mensal das baterias (carga 5)



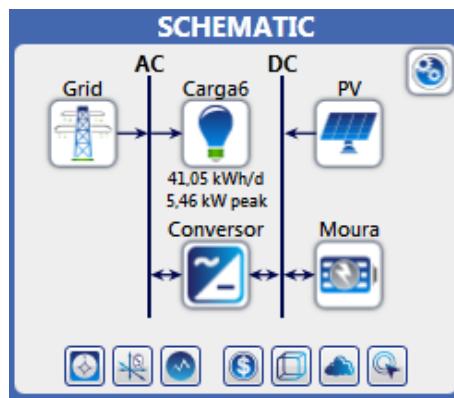
Fonte: Homer Pro.

Em ambos os anos o estado de carga permaneceu muito semelhante, sua variação chegou de 20 a 95 % em que na maioria dos meses ela permaneceu praticamente com os seu limite de descarga que é 20 %, isso se dá pois o crescimento para essa carga era alto e a quantidade de baterias quase não foi suficiente para esse modelo de carga. No décimo ano fica mais notório essa afirmação.

4.3.6 Carga 6 (Somatório das cargas 1, 2, 3, 4, 5)

Agora para finalizar as simulações foi proposto que se somasse as cargas, como segue a carga na Figura 42.

Figura 42 - Soma das cargas 1, 2, 3, 4 e 5



Fonte: Homer Pro.

Como se nota é uma carga mais alta com 41,05 KWh/dia que necessita de uma maior potência para a conversão que é de 3 KW, os painéis serão de 7 KW (equivalente a 21 painéis) com a carga 6 conforme os ANEXOS 11 e 12.

Figura 43 - Resultados da carga 6

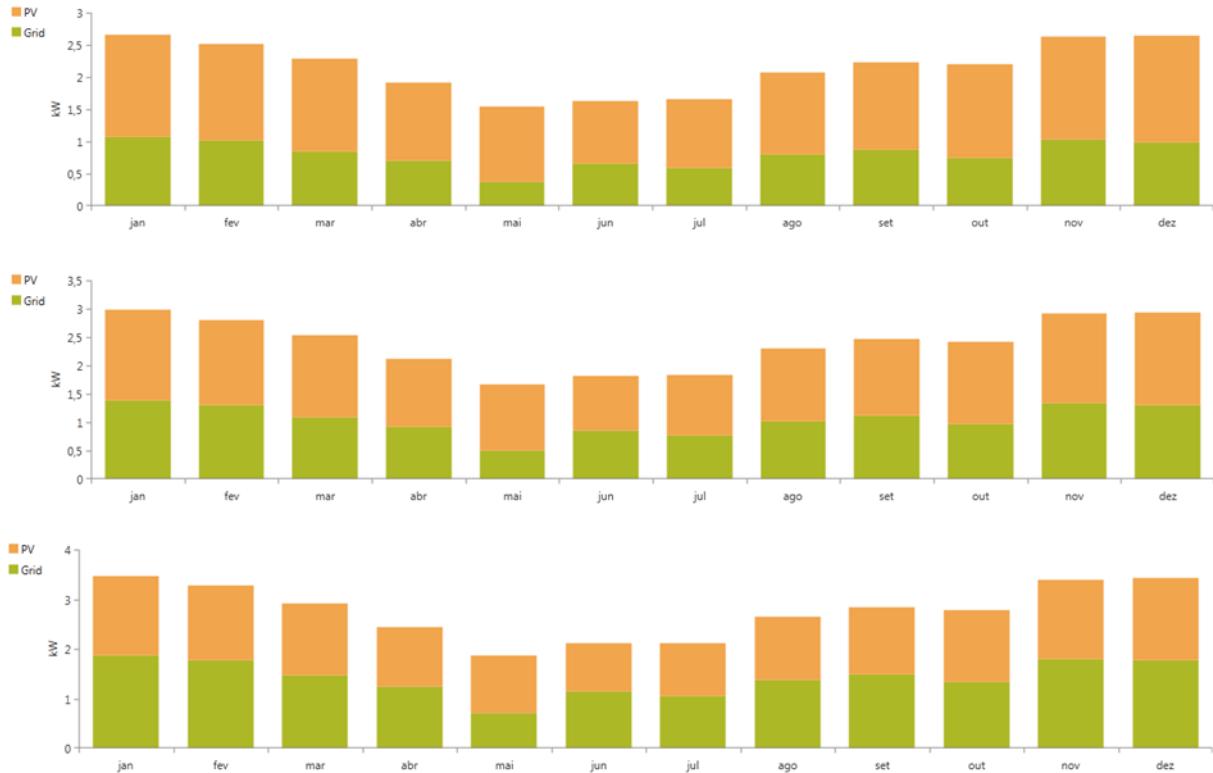
	PV (kW)	Moura	Grid (kW)	Conversor (kW)	Dispatch	COE (R\$)	NPC (R\$)	Operating cost (R\$/yr)	Initial capital (R\$)
	7,00	5	999.999	3,00	LF	R\$ 0,655	R\$ 104.330	R\$ 10.320	R\$ 17.918
	7,00		999.999	3,00	LF	R\$ 0,643	R\$ 106.494	R\$ 11.383	R\$ 11.180
			999.999		LF	R\$ 0,900	R\$ 134.116	R\$ 16.017	R\$ 0,00
	5		999.999	1,00	LF	R\$ 0,983	R\$ 146.541	R\$ 16.526	R\$ 8.167

Fonte: Homer Pro.

O melhor resultado para esse caso foi no valor de R\$ 104.330,00 ao longo dos 10 anos e o custo inicial foi de R\$ 17.918,00 conforme os dados na Figura 43. Esses resultados de simulação mostram que para essa carga 6 utilizada, pode-se concluir que a utilização das baterias Moura é economicamente viável para esse tipo de carga.

E agora como resultado dos painéis solares e da grid com o crescimento de carga mencionado anteriormente, com um período de dez anos de janeiro a dezembro conforme a Figura 44.

Figura 44 - Primeiro, quinto e décimo ano respectivamente (carga 6)

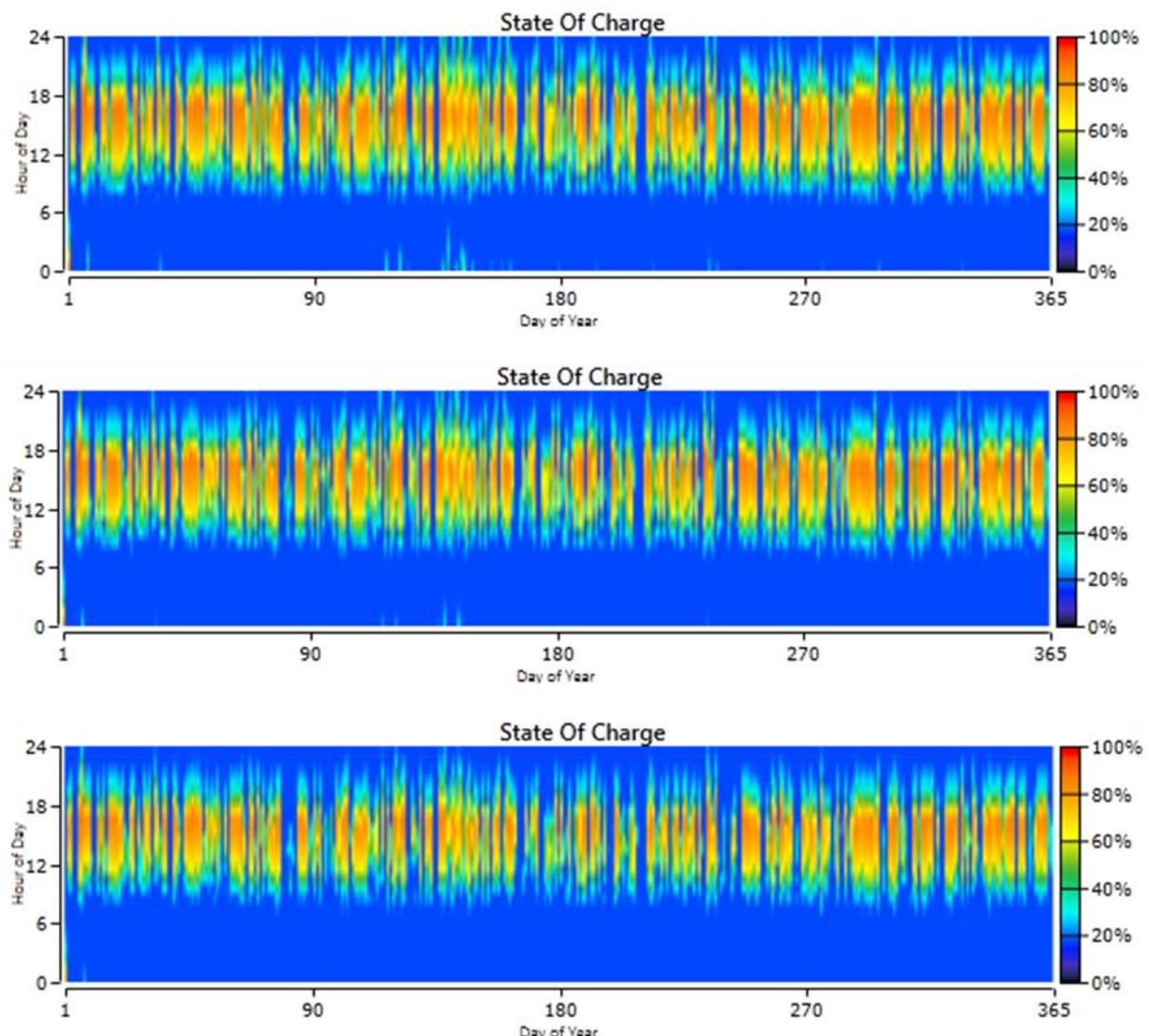


Fonte: Homer Pro.

A partir da Figura 44 vemos que no primeiro ano, o gráfico de barras mostra que a energia gerada pelos PV não está sendo suficiente para a carga utilizada. Conforme citado a cada ano há um crescimento de carga, então no primeiro ano já há uma grande necessidade de adquirir energia de rede elétrica, assim como quinto ano há uma maior carga ainda e assim tendo a necessidade de utilizar um pouco da energia da rede. No décimo ano foi utilizado uma maior quantidade de grid para acompanhar o crescimento da carga 6, pois os painéis já não dão conta de toda essa carga.

Na Figura 45 está representado o estado de carga da bateria dado em horas no período de um ano em que tem-se os três imagens que são do primeiro, quinto e décimo ano respectivamente.

Figura 45 - Estado anual de carga das baterias (carga 6)

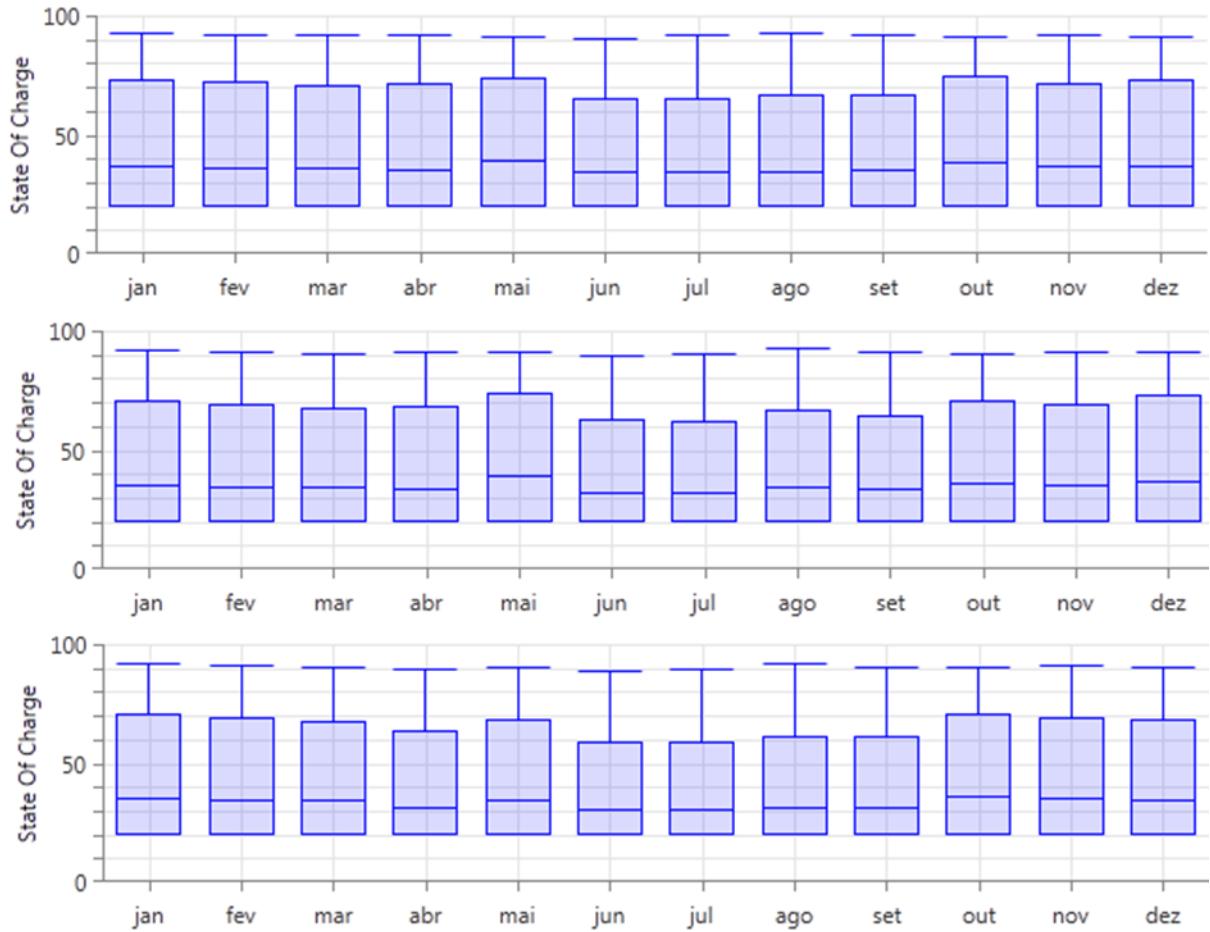


Fonte: Homer Pro.

Analisando a Figura 45 no período horário das 0h - 12h ao longo dos três anos comparados nota-se que o estado de carga permanece muito mais tempo nos seus 20 % e conforme vai passando o tempo pode-se notar que a bateria não dá conta de permanecer carregada pois a carga é mais alta do que ela poderia suportar. O intervalo das 12h – 18h há uma irradiância solar muito maior e é nesse momento que a bateria começa a tentar se recarregar. Após as 18h seguindo até as 24h a bateria se descarrega nesse período, pois há um maior consumo de energia elétrica.

O estado de carga mensal também pode ser comparado e analisado para o primeiro, quinto e décimo ano como mostrado na Figura 46.

Figura 46 - Estado de carga mensal das baterias (carga 6)



Fonte: Homer Pro.

Em ambos os anos o estado de carga permaneceu muito semelhante, sua variação chegou de 20 a 80 % em que na maioria dos meses ela permaneceu praticamente com os seu limite de descarga que é 20 %, isso se dá pois o crescimento para essa carga era alto e a quantidade de baterias quase não foi suficiente para esse modelo de carga. No décimo ano fica mais notório essa afirmação.

4.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Dentre todas as análises feitas, o caso residencial com carga baixa e o escritório sob regime da tarifa convencional foi a que se mostrou menos atrativa, frente à adição de armazenamento no sistema, dado que embora o uso da bateria junto ao sistema solar fotovoltaico, de fato, acabou aumentando a parcela de fração renovável que abastecia a carga,

obteve-se, todavia, que este aumento não chegou a ser expressivo suficiente para melhorar o valor final do NPC.

Diferentemente dos casos residencial com carga baixa e do escritório, para os casos da lanchonete, restaurante e residencial com carga alta os resultados se mostraram um pouco mais promissores. Para a análise do uso do banco de baterias junto à um sistema solar fotovoltaico, o NPC deste sistema mostrou ser levemente menor que para o caso sem o banco. Vale também mencionar que o sistema com o banco possibilita uma redução nos custos anuais da fatura de energia.

Para a carga 6 que seria a junção das cargas, onde é identificado a carga como um prédio pequeno os resultados mostraram atrativos, obteve-se que para o caso do uso do banco de baterias junto com o sistema solar fotovoltaico, o valor do NPC do sistema com armazenamento acabou sendo mais baixo. Vale também mencionar que esta topologia possibilita uma economia nos custos da fatura anual de energia elétrica.

5 CONCLUSÃO

Dentre todas as opções neste estudo simuladas, pode-se concluir que o uso de sistemas com baterias ainda não é uma realidade que possamos aplicar a qualquer tipo de carga, para este estudo realizado em que foi proposto 6 tipos cargas com diferentes curvas de cargas, pode-se dizer com base nas simulações do software HOMER que quanto maior for a carga de um determinado local a utilização das baterias é viável.

A utilização dos painéis solares é essencial e muito lucrativo juntamente com as baterias como pode-se ver nos resultados que a maior parte das cargas tem-se os painéis solares conseguindo suprir praticamente toda a carga do sistema. No entanto, o uso destas tecnologias para a carga 6 tendeu a ser mais atrativo, visto à vasta gama de benefícios que os serviços de arbitragem e corte de pico conseguem agregar a estes consumidores, todavia, a melhor opção em todos os casos com armazenamento foi a de uso com a fonte solar fotovoltaica, representando assim, possivelmente, uma tendência futura para o mercado, e considerando que haja uma massiva redução nos preços das tecnologias de baterias, pode-se ainda ter um cenário mais atrativo para o setor residencial.

Vale lembrar que todos os estudos de caso não consideraram nenhuma fonte de incentivo em relação ao uso de sistemas de armazenamento, logo, dado que como tanto para o caso industrial quanto para o de poder público os resultados foram atrativos, pode se ainda afirmar que a implementação destes sistemas em conjunto com resoluções e incentivos federais ou estaduais, pode vir a tornar estas tecnologias em componentes fundamentais para o sistema elétrico, podendo atuar nos diversos níveis do Sistema Elétrico de Potência (SEP) brasileiro.

5.1 TRABALHOS FUTUROS

Não obstante, os resultados e conclusões deste trabalho, muitos estudos ainda são necessários para se ter uma abordagem mais precisa em cima deste tema de armazenamento com uso de baterias, dentre algumas possíveis vertentes deste trabalho pode-se citar:

- Modelagem mais precisa das diferentes cargas, levando em consideração as parcelas referentes a demanda reativa e ao consumo reativo.
- Estudo de caso com outras classes de consumo.
- Modelagem com outras tecnologias de baterias alternativas.

- Identificação do impactos destes sistemas armazenadores de energia conectado à rede da concessionária.

REFERÊNCIAS

UFSM – Universidade Federal de Santa Maria – Cachoeira do Sul. Disponível em:
<http://w3.ufsm.br/cachoeira/>, acesso em 23 de janeiro de 2019;

ARSHAD, A.; LEHTONEN, J. E. M.; **Multi-agent based distributed voltage regulation scheme with grid-tied inverters in active distribution networks.** *Electric Power Systems Research*, v. 160, pp. 180 – 190, 2018;

BHATNAGAR, D.; Currier, A.; Hernandez, J.; Ma, O.; Kirby, B. (2013a). Market and Policy Barriers to Energy Storage Deployment - A Study for the Energy Storage Systems Program. Sandia Report SAND2013-7606.

BRENNA, M.; FOIADELLI, F.; LONGO, M.; ZANINELLI, D.; **Energy Storage Control for Dispatching Photovoltaic Power.** *IEEE TRANSACTIONS ON SMART GRID*, v. 9, NO. 4, 2018;

CHAUDHARI, K.; KANDASAMY, N. K.; KANAMARLAPUDI, R. K.; GOOI, H. B.; UKIL, A.; **Modeling of Charging Profiles for Stationary Battery Systems using Curve Fitting Approach.** *Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society*, 2017;

DUARTE, D. P., et al. **Brazilian Smart Grid Roadmap - An innovative methodology for proposition and evaluation of Smart Grid functionalities for highly heterogeneous distribution networks.** *IEEE PES Conference On*, vol., no., pp. 1,8, 15-17 2013.

EPRI e DOE (2003) Handbook of Energy Storage for Transmission & Distribution Applications. Electric Power Research Institute e U.S. Department of Energy.

EPRI e DOE (2013) Electricity Storage Handbook in Collaboration with NRECA. Electric Power Research Institute e U.S. Department of Energy.

ESA (2015), Energy Storage Association - ESA. Info. Disponível online em:
<http://energystorage.org/energy-storage/energy-storage-technologies>.

FARRET, F.A.; Simões, M.G. (2006), *Integration of Alternative Sources of Energy*. John Wiley & Sons. University of Michigan. 504 p.

KENNEDY, J.; CIUFO, P.; AGALGAONKAR, A.; **Voltage-based storage control for distributed photovoltaic generation with battery systems.** *Journal of Energy Storage*, v. 8, pp. 274 – 285, 2016;

LAZARD (2015) Levelized cost of storage analysis – version 1.0. Lazard Corporation Report.

MELO, R. R.; **Conversor CC-CC Bidirecional Intercalado Aplicado a Supercapacitores para Veículos Elétricos.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal do Ceará, Ceará, 2014;

MIRANDA, A. M. V.; **Tecnologias de Armazenamento de Energia – Identificação do Potencial e Aplicações.** Dissertação (Mestrado Integrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores Major Energia) – Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2011;

MONTEIRO, R. V. A.; GUIMARÃES, G. C.; MOURA, F. A. M.; ALBERTINI, M. R. M. C.; SILVA, F. B.; **Long-term sizing of lead–acid batteries in order to reduce technical losses on distribution networks: A distributed generation approach.** *Electric Power Systems Research*, v. 144, pp. 163 – 174, 2017;

NOR, N. M.; ALI, A.; IBRAHIM, T.; ROMLIE, M. F.; **Battery Storage for the Utility-Scale Distributed Photovoltaic Generations.** *IEEE Access*, v. 6, pp. 1137 – 1154, 2017;

SILVA, Y. F. F. C.; BORTONI, E. C.; **Sistemas de armazenamento de energia elétrica em redes inteligentes: características, oportunidades e barreiras.**

ZHANG, Y.; XU, Y.; YANG, H.; DONG, Z. Y.; **Voltage regulation-oriented co-planning of distributed generation and battery storage in active distribution networks.** *Electrical Power and Energy Systems*, v. 105, pp. 79 – 88, 2019.

OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO – ONS. www.ons.org.br. Acesso em: 25/06/19.

LS MTRON. Ultracapacitor: innovative power solution provider. LS Mtron, 2013. Disponível em: <<http://www.lsmtron.com>>. Acesso em: 25/06/19.

Callejo, L. H.; Saavedra, S. G.; Gómez, V. A.; **A review of photovoltaic systems: Design, operation and maintenance.** *Solar Energy*, v. 188, pp. 426 - 440, 2019.

Tatsi, E; Griffin, G.; **Polymeric materials for photon management in photovoltaics.** *Solar Energy Materials and Solar Cells*, v. 196, pp. 43-56, 2019.

Jia, Y.; Alva, G.; Fang, G.; **Development and applications of photovoltaic–thermal systems: A review.** *Sustainable Energy Reviews*, v. 102, pp. 249-265, 2019.

Fernández, R.; Ortiz, C.; Chacartegui, R.; Valverde, J. M.; Becerra, J. A. **Dispatchability of solar photovoltaics from thermochemical energy storage.** *Energy Conversion and Management*, v. 191, pp. 237-246, 2019.

Golzari, S.; Rashidi, F.; Farahani, H. F.; **A Lyapunov function based model predictive control for three phase grid connected photovoltaic converters.** *Solar Energy*, v. 181, pp. 222-233, 2019.

Rosa, W. M.; Rossoni, P.; Teixeira, J. C.; Belati, E. A.; **Insertion of wind generators in electrical power systems aimed at active losses reduction using sensitivity analysis.** *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, v. 80, pp. 306-311, 2016.

Ting, C. C.; Yeh, L. Y.; **Developing the full-field wind electric generator.** *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, v. 55, pp. 420-428, 2014.

BUENO, A.; BRANDÃO, C. Visão Geral de Tecnologia e Mercado para os Sistemas de Armazenamento de Energia Elétrica no Brasil. [S.l.], 2016. 62 p.

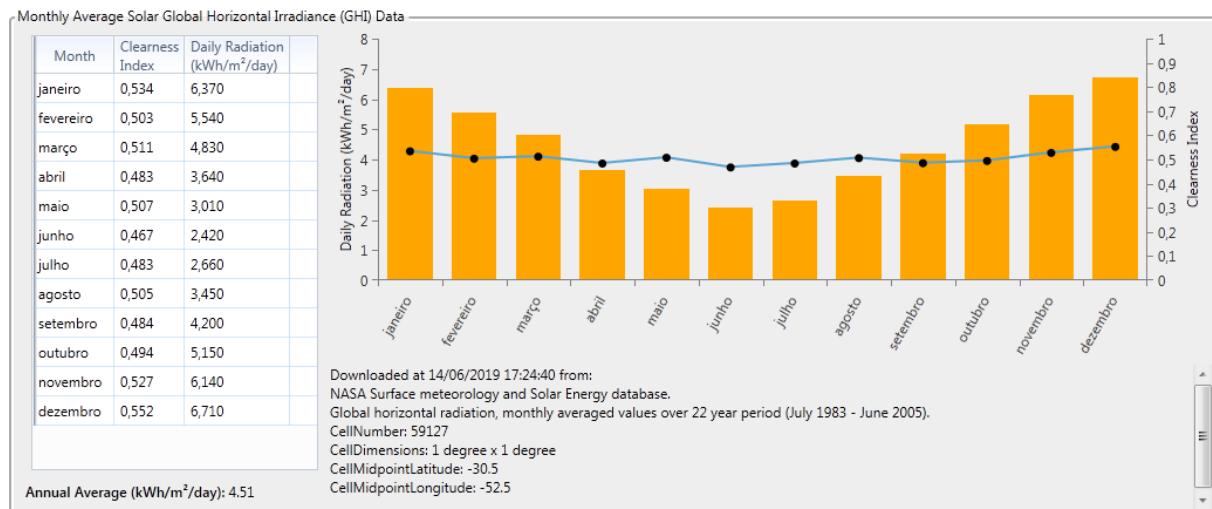
EASE. Joint EASE / EERA recommendations for a European Energy Storage Technology Development Roadmap towards 2030. p. 226, 2013.

ROBSON, P.; BONOMI, D. Growing The Battery Storage Market 2018: Exploring four key issues. [S.l.], 2018.

APÊNDICES

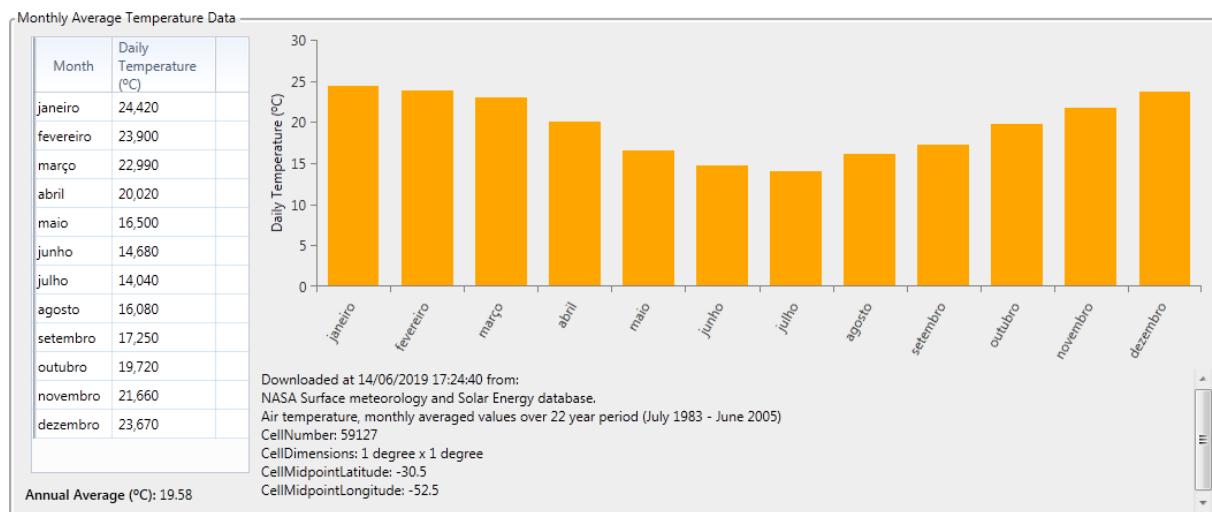
Apêndice – Resources

Apêndice A - Dados do recurso solar



Fonte: Ferramenta Resources.

Apêndice B - Dados de temperatura



Fonte: Ferramenta Resources

ANEXOS

Anexo 1 - Dias da semana (Lanchonete)

Hora	Dias da Semana											
	Jan (KW)	Fevereiro (KW)	Março (KW)	AbriL (KW)	Maio (KW)	Junho (KW)	Julho (KW)	Agosto (KW)	Setembro (KW)	Outubro (KW)	Novembro (KW)	Dezembro (KW)
00:00	0,35	0,35	0,28	0,25	0,18	0,21	0,21	0,25	0,28	0,28	0,35	0,35
01:00	0,31	0,31	0,25	0,22	0,16	0,19	0,19	0,22	0,25	0,25	0,31	0,31
02:00	0,30	0,30	0,24	0,21	0,15	0,18	0,18	0,21	0,24	0,24	0,30	0,30
03:00	0,27	0,27	0,22	0,19	0,14	0,16	0,16	0,19	0,22	0,22	0,27	0,27
04:00	0,28	0,28	0,22	0,20	0,14	0,17	0,17	0,20	0,22	0,22	0,28	0,28
05:00	0,27	0,27	0,22	0,19	0,14	0,16	0,16	0,19	0,22	0,22	0,27	0,27
06:00	0,27	0,27	0,22	0,19	0,14	0,16	0,16	0,19	0,22	0,22	0,27	0,27
07:00	0,37	0,37	0,30	0,26	0,19	0,22	0,22	0,26	0,30	0,30	0,37	0,37
08:00	0,54	0,54	0,43	0,38	0,27	0,32	0,32	0,38	0,43	0,43	0,54	0,54
09:00	0,53	0,53	0,42	0,37	0,27	0,32	0,32	0,37	0,42	0,42	0,53	0,53
10:00	0,52	0,52	0,42	0,36	0,26	0,31	0,31	0,36	0,42	0,42	0,52	0,52
11:00	0,49	0,49	0,39	0,34	0,25	0,29	0,29	0,34	0,39	0,39	0,49	0,49
12:00	0,44	0,44	0,35	0,31	0,22	0,26	0,26	0,31	0,35	0,35	0,44	0,44
13:00	0,38	0,38	0,30	0,27	0,19	0,23	0,23	0,27	0,30	0,30	0,38	0,38
14:00	0,43	0,43	0,34	0,30	0,22	0,26	0,26	0,30	0,34	0,34	0,43	0,43
15:00	0,47	0,47	0,38	0,33	0,24	0,28	0,28	0,33	0,38	0,38	0,47	0,47
16:00	0,50	0,50	0,40	0,35	0,25	0,30	0,30	0,35	0,40	0,40	0,50	0,50
17:00	0,51	0,51	0,41	0,36	0,26	0,31	0,31	0,36	0,41	0,41	0,51	0,51
18:00	0,63	0,63	0,50	0,44	0,32	0,38	0,38	0,44	0,50	0,50	0,63	0,63
19:00	0,70	0,70	0,56	0,49	0,35	0,42	0,42	0,49	0,56	0,56	0,70	0,70
20:00	0,66	0,66	0,53	0,46	0,33	0,40	0,40	0,46	0,53	0,53	0,66	0,66
21:00	0,57	0,57	0,46	0,40	0,29	0,34	0,34	0,40	0,46	0,46	0,57	0,57
22:00	0,50	0,50	0,40	0,35	0,25	0,30	0,30	0,35	0,40	0,40	0,50	0,50
23:00	0,46	0,46	0,37	0,32	0,23	0,28	0,28	0,32	0,37	0,37	0,46	0,46

Fonte: O autor.

Anexo 2 - Final de semana (Lanchonete)

Finais de Semana												
Hora	Jan (KW)	Fevereiro (KW)	Março (KW)	Abril (KW)	Maio (KW)	Junho (KW)	Julho (KW)	Agosto (KW)	Setembro (KW)	Outubro (KW)	Novembro (KW)	Dezembro (KW)
00:00	0,46	0,46	0,37	0,32	0,23	0,28	0,28	0,32	0,37	0,37	0,46	0,46
01:00	0,42	0,42	0,33	0,29	0,21	0,25	0,25	0,29	0,33	0,33	0,42	0,42
02:00	0,40	0,40	0,32	0,28	0,20	0,24	0,24	0,28	0,32	0,32	0,40	0,40
03:00	0,36	0,36	0,29	0,25	0,18	0,22	0,22	0,25	0,29	0,29	0,36	0,36
04:00	0,34	0,34	0,27	0,24	0,17	0,20	0,20	0,24	0,27	0,27	0,34	0,34
05:00	0,32	0,32	0,25	0,22	0,16	0,19	0,19	0,22	0,25	0,25	0,32	0,32
06:00	0,31	0,31	0,24	0,21	0,15	0,18	0,18	0,21	0,24	0,24	0,31	0,31
07:00	0,34	0,34	0,27	0,24	0,17	0,20	0,20	0,24	0,27	0,27	0,34	0,34
08:00	0,44	0,44	0,35	0,31	0,22	0,27	0,27	0,31	0,35	0,35	0,44	0,44
09:00	0,44	0,44	0,35	0,30	0,22	0,26	0,26	0,30	0,35	0,35	0,44	0,44
10:00	0,40	0,40	0,32	0,28	0,20	0,24	0,24	0,28	0,32	0,32	0,40	0,40
11:00	0,42	0,42	0,34	0,30	0,21	0,25	0,25	0,30	0,34	0,34	0,42	0,42
12:00	0,42	0,42	0,33	0,29	0,21	0,25	0,25	0,29	0,33	0,33	0,42	0,42
13:00	0,38	0,38	0,30	0,26	0,19	0,23	0,23	0,26	0,30	0,30	0,38	0,38
14:00	0,44	0,44	0,35	0,31	0,22	0,27	0,27	0,31	0,35	0,35	0,44	0,44
15:00	0,42	0,42	0,34	0,29	0,21	0,25	0,25	0,29	0,34	0,34	0,42	0,42
16:00	0,43	0,43	0,35	0,30	0,22	0,26	0,26	0,30	0,35	0,35	0,43	0,43
17:00	0,47	0,47	0,38	0,33	0,23	0,28	0,28	0,33	0,38	0,38	0,47	0,47
18:00	0,62	0,62	0,49	0,43	0,31	0,37	0,37	0,43	0,49	0,49	0,62	0,62
19:00	0,70	0,70	0,56	0,49	0,35	0,42	0,42	0,49	0,56	0,56	0,70	0,70
20:00	0,57	0,57	0,45	0,40	0,28	0,34	0,34	0,40	0,45	0,45	0,57	0,57
21:00	0,50	0,50	0,40	0,35	0,25	0,30	0,30	0,35	0,40	0,40	0,50	0,50
22:00	0,48	0,48	0,38	0,34	0,24	0,29	0,29	0,34	0,38	0,38	0,48	0,48
23:00	0,40	0,40	0,32	0,28	0,20	0,24	0,24	0,28	0,32	0,32	0,40	0,40

Fonte: O autor.

Anexo 3 - Dias da semana (Residência com carga baixa)

Hora	Dias da Semana											
	Jan (KW)	Fevereiro (KW)	Março (KW)	Abril (KW)	Maio (KW)	Junho (KW)	Julho (KW)	Agosto (KW)	Setembro (KW)	Outubro (KW)	Novembro (KW)	Dezembro (KW)
00:00	0,21	0,21	0,17	0,15	0,11	0,13	0,13	0,15	0,17	0,17	0,21	0,21
01:00	0,20	0,20	0,16	0,14	0,10	0,12	0,12	0,14	0,16	0,16	0,20	0,20
02:00	0,15	0,15	0,12	0,11	0,08	0,09	0,09	0,11	0,12	0,12	0,15	0,15
03:00	0,15	0,15	0,12	0,10	0,07	0,09	0,09	0,10	0,12	0,12	0,15	0,15
04:00	0,15	0,15	0,12	0,10	0,07	0,09	0,09	0,10	0,12	0,12	0,15	0,15
05:00	0,14	0,14	0,11	0,10	0,07	0,08	0,08	0,10	0,11	0,11	0,14	0,14
06:00	0,19	0,19	0,15	0,14	0,10	0,12	0,12	0,14	0,15	0,15	0,19	0,19
07:00	0,34	0,34	0,27	0,24	0,17	0,20	0,20	0,24	0,27	0,27	0,34	0,34
08:00	0,21	0,21	0,17	0,15	0,10	0,13	0,13	0,15	0,17	0,17	0,21	0,21
09:00	0,25	0,25	0,20	0,18	0,13	0,15	0,15	0,18	0,20	0,20	0,25	0,25
10:00	0,27	0,27	0,22	0,19	0,14	0,16	0,16	0,19	0,22	0,22	0,27	0,27
11:00	0,30	0,30	0,24	0,21	0,15	0,18	0,18	0,21	0,24	0,24	0,30	0,30
12:00	0,29	0,29	0,23	0,20	0,14	0,17	0,17	0,20	0,23	0,23	0,29	0,29
13:00	0,30	0,30	0,24	0,21	0,15	0,18	0,18	0,21	0,24	0,24	0,30	0,30
14:00	0,30	0,30	0,24	0,21	0,15	0,18	0,18	0,21	0,24	0,24	0,30	0,30
15:00	0,25	0,25	0,20	0,18	0,13	0,15	0,15	0,18	0,20	0,20	0,25	0,25
16:00	0,26	0,26	0,21	0,18	0,13	0,16	0,16	0,18	0,21	0,21	0,26	0,26
17:00	0,30	0,30	0,24	0,21	0,15	0,18	0,18	0,21	0,24	0,24	0,30	0,30
18:00	0,42	0,42	0,33	0,29	0,21	0,25	0,25	0,29	0,33	0,33	0,42	0,42
19:00	0,50	0,50	0,40	0,35	0,25	0,30	0,30	0,35	0,40	0,40	0,50	0,50
20:00	0,49	0,49	0,39	0,34	0,25	0,29	0,29	0,34	0,39	0,39	0,49	0,49
21:00	0,52	0,52	0,42	0,36	0,26	0,31	0,31	0,36	0,42	0,42	0,52	0,52
22:00	0,44	0,44	0,35	0,31	0,22	0,27	0,27	0,31	0,35	0,35	0,44	0,44
23:00	0,39	0,39	0,31	0,27	0,19	0,23	0,23	0,27	0,31	0,31	0,39	0,39

Fonte: O autor.

Anexo 4 - Final de semana (Residência com carga baixa)

Hora	Finais de Semana											
	Jan (KW)	Fevereiro (KW)	Março (KW)	Abri (KW)	Maio (KW)	Junho (KW)	Julho (KW)	Agosto (KW)	Setembro (KW)	Outubro (KW)	Novembro (KW)	Dezembro (KW)
00:00	0,26	0,26	0,21	0,18	0,13	0,16	0,16	0,18	0,21	0,21	0,26	0,26
01:00	0,21	0,21	0,16	0,14	0,10	0,12	0,12	0,14	0,16	0,16	0,21	0,21
02:00	0,17	0,17	0,13	0,12	0,08	0,10	0,10	0,12	0,13	0,13	0,17	0,17
03:00	0,14	0,14	0,11	0,10	0,07	0,09	0,09	0,10	0,11	0,11	0,14	0,14
04:00	0,13	0,13	0,10	0,09	0,06	0,08	0,08	0,09	0,10	0,10	0,13	0,13
05:00	0,16	0,16	0,13	0,11	0,08	0,10	0,10	0,11	0,13	0,13	0,16	0,16
06:00	0,16	0,16	0,12	0,11	0,08	0,09	0,09	0,11	0,12	0,12	0,16	0,16
07:00	0,22	0,22	0,17	0,15	0,11	0,13	0,13	0,15	0,17	0,17	0,22	0,22
08:00	0,28	0,28	0,22	0,19	0,14	0,17	0,17	0,19	0,22	0,22	0,28	0,28
09:00	0,29	0,29	0,23	0,20	0,15	0,18	0,18	0,20	0,23	0,23	0,29	0,29
10:00	0,27	0,27	0,22	0,19	0,14	0,16	0,16	0,19	0,22	0,22	0,27	0,27
11:00	0,23	0,23	0,18	0,16	0,11	0,14	0,14	0,16	0,18	0,18	0,23	0,23
12:00	0,28	0,28	0,22	0,19	0,14	0,17	0,17	0,19	0,22	0,22	0,28	0,28
13:00	0,24	0,24	0,19	0,17	0,12	0,14	0,14	0,17	0,19	0,19	0,24	0,24
14:00	0,26	0,26	0,21	0,18	0,13	0,16	0,16	0,18	0,21	0,21	0,26	0,26
15:00	0,19	0,19	0,15	0,14	0,10	0,12	0,12	0,14	0,15	0,15	0,19	0,19
16:00	0,22	0,22	0,18	0,15	0,11	0,13	0,13	0,15	0,18	0,18	0,22	0,22
17:00	0,29	0,29	0,23	0,21	0,15	0,18	0,18	0,21	0,23	0,23	0,29	0,29
18:00	0,30	0,30	0,24	0,21	0,15	0,18	0,18	0,21	0,24	0,24	0,30	0,30
19:00	0,39	0,39	0,31	0,27	0,19	0,23	0,23	0,27	0,31	0,31	0,39	0,39
20:00	0,45	0,45	0,36	0,31	0,22	0,27	0,27	0,31	0,36	0,36	0,45	0,45
21:00	0,41	0,41	0,33	0,28	0,20	0,24	0,24	0,28	0,33	0,33	0,41	0,41
22:00	0,41	0,41	0,33	0,29	0,20	0,24	0,24	0,29	0,33	0,33	0,41	0,41
23:00	0,33	0,33	0,27	0,23	0,17	0,20	0,20	0,23	0,27	0,27	0,33	0,33

Fonte: O autor.

Anexo 5 - Dias da semana (Restaurante)

Hora	Dias da Semana											
	Jan (KW)	Fevereiro (KW)	Março (KW)	Abril (KW)	Maio (KW)	Junho (KW)	Julho (KW)	Agosto (KW)	Setembro (KW)	Outubro (KW)	Novembro (KW)	Dezembro (KW)
00:00	0,62	0,62	0,49	0,43	0,31	0,37	0,37	0,43	0,49	0,49	0,62	0,62
01:00	0,62	0,62	0,49	0,43	0,31	0,37	0,37	0,43	0,49	0,49	0,62	0,62
02:00	0,62	0,62	0,49	0,43	0,31	0,37	0,37	0,43	0,49	0,49	0,62	0,62
03:00	0,62	0,62	0,49	0,43	0,31	0,37	0,37	0,43	0,49	0,49	0,62	0,62
04:00	0,61	0,61	0,49	0,43	0,31	0,37	0,37	0,43	0,49	0,49	0,61	0,61
05:00	0,66	0,66	0,52	0,46	0,33	0,39	0,39	0,46	0,52	0,52	0,66	0,66
06:00	0,77	0,77	0,61	0,54	0,38	0,46	0,46	0,54	0,61	0,61	0,77	0,77
07:00	0,55	0,55	0,44	0,39	0,28	0,33	0,33	0,39	0,44	0,44	0,55	0,55
08:00	0,50	0,50	0,40	0,35	0,25	0,30	0,30	0,35	0,40	0,40	0,50	0,50
09:00	0,49	0,49	0,39	0,34	0,24	0,29	0,29	0,34	0,39	0,39	0,49	0,49
10:00	0,49	0,49	0,39	0,34	0,24	0,29	0,29	0,34	0,39	0,39	0,49	0,49
11:00	0,47	0,47	0,38	0,33	0,24	0,28	0,28	0,33	0,38	0,38	0,47	0,47
12:00	0,44	0,44	0,35	0,31	0,22	0,26	0,26	0,31	0,35	0,35	0,44	0,44
13:00	0,41	0,41	0,32	0,28	0,20	0,24	0,24	0,28	0,32	0,32	0,41	0,41
14:00	0,46	0,46	0,37	0,32	0,23	0,28	0,28	0,32	0,37	0,37	0,46	0,46
15:00	0,56	0,56	0,45	0,39	0,28	0,34	0,34	0,39	0,45	0,45	0,56	0,56
16:00	0,59	0,59	0,47	0,41	0,30	0,35	0,35	0,41	0,47	0,47	0,59	0,59
17:00	0,96	0,96	0,77	0,67	0,48	0,58	0,58	0,67	0,77	0,77	0,96	0,96
18:00	0,93	0,93	0,74	0,65	0,46	0,56	0,56	0,65	0,74	0,74	0,93	0,93
19:00	0,75	0,75	0,60	0,52	0,37	0,45	0,45	0,52	0,60	0,60	0,75	0,75
20:00	0,63	0,63	0,50	0,44	0,31	0,38	0,38	0,44	0,50	0,50	0,63	0,63
21:00	0,63	0,63	0,50	0,44	0,32	0,38	0,38	0,44	0,50	0,50	0,63	0,63
22:00	0,63	0,63	0,50	0,44	0,31	0,38	0,38	0,44	0,50	0,50	0,63	0,63
23:00	0,70	0,70	0,56	0,49	0,35	0,42	0,42	0,49	0,56	0,56	0,70	0,70

Fonte: O autor.

Anexo 6 - Final de semana (Restaurante)

Hora	Finais de Semana											
	Jan (KW)	Fevereiro (KW)	Março (KW)	Abril (KW)	Maio (KW)	Junho (KW)	Julho (KW)	Agosto (KW)	Setembro (KW)	Outubro (KW)	Novembro (KW)	Dezembro (KW)
00:00	0,71	0,71	0,57	0,50	0,36	0,43	0,43	0,50	0,57	0,57	0,71	0,71
01:00	0,72	0,72	0,57	0,50	0,36	0,43	0,43	0,50	0,57	0,57	0,72	0,72
02:00	0,71	0,71	0,57	0,50	0,36	0,43	0,43	0,50	0,57	0,57	0,71	0,71
03:00	0,71	0,71	0,57	0,50	0,36	0,43	0,43	0,50	0,57	0,57	0,71	0,71
04:00	0,71	0,71	0,57	0,50	0,35	0,42	0,42	0,50	0,57	0,57	0,71	0,71
05:00	0,70	0,70	0,56	0,49	0,35	0,42	0,42	0,49	0,56	0,56	0,70	0,70
06:00	0,70	0,70	0,56	0,49	0,35	0,42	0,42	0,49	0,56	0,56	0,70	0,70
07:00	0,54	0,54	0,43	0,38	0,27	0,32	0,32	0,38	0,43	0,43	0,54	0,54
08:00	0,58	0,58	0,46	0,41	0,29	0,35	0,35	0,41	0,46	0,46	0,58	0,58
09:00	0,58	0,58	0,47	0,41	0,29	0,35	0,35	0,41	0,47	0,47	0,58	0,58
10:00	0,57	0,57	0,45	0,40	0,28	0,34	0,34	0,40	0,45	0,45	0,57	0,57
11:00	0,57	0,57	0,46	0,40	0,29	0,34	0,34	0,40	0,46	0,46	0,57	0,57
12:00	0,55	0,55	0,44	0,39	0,28	0,33	0,33	0,39	0,44	0,44	0,55	0,55
13:00	0,54	0,54	0,43	0,38	0,27	0,33	0,33	0,38	0,43	0,43	0,54	0,54
14:00	0,58	0,58	0,46	0,40	0,29	0,35	0,35	0,40	0,46	0,46	0,58	0,58
15:00	0,56	0,56	0,45	0,39	0,28	0,34	0,34	0,39	0,45	0,45	0,56	0,56
16:00	0,61	0,61	0,49	0,43	0,30	0,36	0,36	0,43	0,49	0,49	0,61	0,61
17:00	0,76	0,76	0,61	0,53	0,38	0,45	0,45	0,53	0,61	0,61	0,76	0,76
18:00	0,69	0,69	0,55	0,48	0,35	0,41	0,41	0,48	0,55	0,55	0,69	0,69
19:00	0,69	0,69	0,55	0,48	0,34	0,41	0,41	0,48	0,55	0,55	0,69	0,69
20:00	0,70	0,70	0,56	0,49	0,35	0,42	0,42	0,49	0,56	0,56	0,70	0,70
21:00	0,70	0,70	0,56	0,49	0,35	0,42	0,42	0,49	0,56	0,56	0,70	0,70
22:00	0,71	0,71	0,57	0,50	0,36	0,43	0,43	0,50	0,57	0,57	0,71	0,71
23:00	0,44	0,44	0,35	0,31	0,22	0,26	0,26	0,31	0,35	0,35	0,44	0,44

Fonte: O autor.

Anexo 7 - Dias da semana (Escritório)

Hora	Dias da Semana											
	Jan (KW)	Fevereiro (KW)	Março (KW)	Abril (KW)	Maio (KW)	Junho (KW)	Julho (KW)	Agosto (KW)	Setembro (KW)	Outubro (KW)	Novembro (KW)	Dezembro (KW)
00:00	0,06	0,06	0,05	0,04	0,03	0,04	0,04	0,04	0,05	0,05	0,06	0,06
01:00	0,07	0,07	0,05	0,05	0,03	0,04	0,04	0,05	0,05	0,05	0,07	0,07
02:00	0,06	0,06	0,05	0,04	0,03	0,04	0,04	0,04	0,05	0,05	0,06	0,06
03:00	0,06	0,06	0,05	0,04	0,03	0,04	0,04	0,04	0,05	0,05	0,06	0,06
04:00	0,06	0,06	0,05	0,04	0,03	0,04	0,04	0,04	0,05	0,05	0,06	0,06
05:00	0,06	0,06	0,05	0,04	0,03	0,04	0,04	0,04	0,05	0,05	0,06	0,06
06:00	0,06	0,06	0,05	0,04	0,03	0,04	0,04	0,04	0,05	0,05	0,06	0,06
07:00	0,06	0,06	0,05	0,04	0,03	0,04	0,04	0,04	0,05	0,05	0,06	0,06
08:00	0,40	0,40	0,32	0,28	0,20	0,24	0,24	0,28	0,32	0,32	0,40	0,40
09:00	0,68	0,68	0,54	0,48	0,34	0,41	0,41	0,48	0,54	0,54	0,68	0,68
10:00	0,82	0,82	0,66	0,58	0,41	0,49	0,49	0,58	0,66	0,66	0,82	0,82
11:00	0,71	0,71	0,57	0,50	0,36	0,43	0,43	0,50	0,57	0,57	0,71	0,71
12:00	0,32	0,32	0,26	0,22	0,16	0,19	0,19	0,22	0,26	0,26	0,32	0,32
13:00	0,43	0,43	0,34	0,30	0,21	0,26	0,26	0,30	0,34	0,34	0,43	0,43
14:00	0,77	0,77	0,61	0,54	0,38	0,46	0,46	0,54	0,61	0,61	0,77	0,77
15:00	0,87	0,87	0,70	0,61	0,44	0,52	0,52	0,61	0,70	0,70	0,87	0,87
16:00	0,67	0,67	0,53	0,47	0,33	0,40	0,40	0,47	0,53	0,53	0,67	0,67
17:00	0,65	0,65	0,52	0,45	0,32	0,39	0,39	0,45	0,52	0,52	0,65	0,65
18:00	0,49	0,49	0,39	0,34	0,24	0,29	0,29	0,34	0,39	0,39	0,49	0,49
19:00	0,23	0,23	0,18	0,16	0,11	0,14	0,14	0,16	0,18	0,18	0,23	0,23
20:00	0,11	0,11	0,09	0,08	0,06	0,07	0,07	0,08	0,09	0,09	0,11	0,11
21:00	0,07	0,07	0,06	0,05	0,04	0,04	0,04	0,05	0,06	0,06	0,07	0,07
22:00	0,08	0,08	0,07	0,06	0,04	0,05	0,05	0,06	0,07	0,07	0,08	0,08
23:00	0,07	0,07	0,06	0,05	0,04	0,04	0,04	0,05	0,06	0,06	0,07	0,07

Fonte: O autor.

Anexo 8 - Final de semana (Escritório)

Finais de Semana												
Hora	Jan (KW)	Fevereiro (KW)	Março (KW)	Abril (KW)	Maio (KW)	Junho (KW)	Julho (KW)	Agosto (KW)	Setembro (KW)	Outubro (KW)	Novembro (KW)	Dezembro (KW)
00:00	0,06	0,06	0,05	0,04	0,03	0,03	0,03	0,04	0,05	0,05	0,06	0,06
01:00	0,06	0,06	0,05	0,04	0,03	0,04	0,04	0,04	0,05	0,05	0,06	0,06
02:00	0,06	0,06	0,05	0,04	0,03	0,04	0,04	0,04	0,05	0,05	0,06	0,06
03:00	0,06	0,06	0,05	0,04	0,03	0,04	0,04	0,04	0,05	0,05	0,06	0,06
04:00	0,06	0,06	0,05	0,04	0,03	0,03	0,03	0,04	0,05	0,05	0,06	0,06
05:00	0,06	0,06	0,05	0,04	0,03	0,03	0,03	0,04	0,05	0,05	0,06	0,06
06:00	0,06	0,06	0,05	0,04	0,03	0,03	0,03	0,04	0,05	0,05	0,06	0,06
07:00	0,06	0,06	0,05	0,04	0,03	0,04	0,04	0,04	0,05	0,05	0,06	0,06
08:00	0,15	0,15	0,12	0,11	0,08	0,09	0,09	0,11	0,12	0,12	0,15	0,15
09:00	0,06	0,06	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,06	0,06
10:00	0,05	0,05	0,04	0,03	0,02	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,05	0,05
11:00	0,05	0,05	0,04	0,03	0,02	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,05	0,05
12:00	0,05	0,05	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,05	0,05
13:00	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03
14:00	0,07	0,07	0,06	0,05	0,04	0,04	0,04	0,05	0,06	0,06	0,07	0,07
15:00	0,09	0,09	0,07	0,06	0,04	0,05	0,05	0,06	0,07	0,07	0,09	0,09
16:00	0,07	0,07	0,06	0,05	0,04	0,04	0,04	0,05	0,06	0,06	0,07	0,07
17:00	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03
18:00	0,09	0,09	0,07	0,06	0,04	0,05	0,05	0,06	0,07	0,07	0,09	0,09
19:00	0,06	0,06	0,05	0,04	0,03	0,03	0,03	0,04	0,05	0,05	0,06	0,06
20:00	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03
21:00	0,04	0,04	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04
22:00	0,04	0,04	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04
23:00	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03

Fonte: O autor.

Anexo 9 - Dias da semana (Residência com carga alta)

Hora	Dias da Semana											
	Jan (KW)	Fevereiro (KW)	Março (KW)	Abril (KW)	Maio (KW)	Junho (KW)	Julho (KW)	Agosto (KW)	Setembro (KW)	Outubro (KW)	Novembro (KW)	Dezembro (KW)
00:00	0,43	0,43	0,34	0,30	0,21	0,26	0,26	0,30	0,34	0,34	0,43	0,43
01:00	0,39	0,39	0,31	0,27	0,20	0,24	0,24	0,27	0,31	0,31	0,39	0,39
02:00	0,31	0,31	0,25	0,22	0,15	0,18	0,18	0,22	0,25	0,25	0,31	0,31
03:00	0,30	0,30	0,24	0,21	0,15	0,18	0,18	0,21	0,24	0,24	0,30	0,30
04:00	0,29	0,29	0,24	0,21	0,15	0,18	0,18	0,21	0,24	0,24	0,29	0,29
05:00	0,28	0,28	0,23	0,20	0,14	0,17	0,17	0,20	0,23	0,23	0,28	0,28
06:00	0,39	0,39	0,31	0,27	0,19	0,23	0,23	0,27	0,31	0,31	0,39	0,39
07:00	0,68	0,68	0,54	0,47	0,34	0,41	0,41	0,47	0,54	0,54	0,68	0,68
08:00	0,42	0,42	0,33	0,29	0,21	0,25	0,25	0,29	0,33	0,33	0,42	0,42
09:00	0,50	0,50	0,40	0,35	0,25	0,30	0,30	0,35	0,40	0,40	0,50	0,50
10:00	0,54	0,54	0,43	0,38	0,27	0,32	0,32	0,38	0,43	0,43	0,54	0,54
11:00	0,61	0,61	0,48	0,42	0,30	0,36	0,36	0,42	0,48	0,48	0,61	0,61
12:00	0,58	0,58	0,46	0,40	0,29	0,35	0,35	0,40	0,46	0,46	0,58	0,58
13:00	0,59	0,59	0,47	0,41	0,30	0,35	0,35	0,41	0,47	0,47	0,59	0,59
14:00	0,61	0,61	0,49	0,43	0,30	0,36	0,36	0,43	0,49	0,49	0,61	0,61
15:00	0,51	0,51	0,41	0,36	0,25	0,31	0,31	0,36	0,41	0,41	0,51	0,51
16:00	0,53	0,53	0,42	0,37	0,26	0,32	0,32	0,37	0,42	0,42	0,53	0,53
17:00	0,60	0,60	0,48	0,42	0,30	0,36	0,36	0,42	0,48	0,48	0,60	0,60
18:00	0,83	0,83	0,67	0,58	0,42	0,50	0,50	0,58	0,67	0,67	0,83	0,83
19:00	1,00	1,00	0,80	0,70	0,50	0,60	0,60	0,70	0,80	0,80	1,00	1,00
20:00	0,98	0,98	0,78	0,69	0,49	0,59	0,59	0,69	0,78	0,78	0,98	0,98
21:00	1,04	1,04	0,83	0,73	0,52	0,62	0,62	0,73	0,83	0,83	1,04	1,04
22:00	0,88	0,88	0,71	0,62	0,44	0,53	0,53	0,62	0,71	0,71	0,88	0,88
23:00	0,77	0,77	0,62	0,54	0,39	0,46	0,46	0,54	0,62	0,62	0,77	0,77

Fonte: O autor.

Anexo 10 - Final de semana (Residência com carga alta)

Hora	Finals de Semana											
	Jan (KW)	Fevereiro (KW)	Março (KW)	Abril (KW)	Maio (KW)	Junho (KW)	Julho (KW)	Agosto (KW)	Setembro (KW)	Outubro (KW)	Novembro (KW)	Dezembro (KW)
00:00	0,52	0,52	0,42	0,36	0,26	0,31	0,31	0,36	0,42	0,42	0,52	0,52
01:00	0,41	0,41	0,33	0,29	0,21	0,25	0,25	0,29	0,33	0,33	0,41	0,41
02:00	0,33	0,33	0,26	0,23	0,17	0,20	0,20	0,23	0,26	0,26	0,33	0,33
03:00	0,29	0,29	0,23	0,20	0,14	0,17	0,17	0,20	0,23	0,23	0,29	0,29
04:00	0,26	0,26	0,21	0,18	0,13	0,16	0,16	0,18	0,21	0,21	0,26	0,26
05:00	0,32	0,32	0,26	0,23	0,16	0,19	0,19	0,23	0,26	0,26	0,32	0,32
06:00	0,31	0,31	0,25	0,22	0,16	0,19	0,19	0,22	0,25	0,25	0,31	0,31
07:00	0,43	0,43	0,35	0,30	0,22	0,26	0,26	0,30	0,35	0,35	0,43	0,43
08:00	0,55	0,55	0,44	0,39	0,28	0,33	0,33	0,39	0,44	0,44	0,55	0,55
09:00	0,58	0,58	0,47	0,41	0,29	0,35	0,35	0,41	0,47	0,47	0,58	0,58
10:00	0,54	0,54	0,43	0,38	0,27	0,33	0,33	0,38	0,43	0,43	0,54	0,54
11:00	0,45	0,45	0,36	0,32	0,23	0,27	0,27	0,32	0,36	0,36	0,45	0,45
12:00	0,55	0,55	0,44	0,39	0,28	0,33	0,33	0,39	0,44	0,44	0,55	0,55
13:00	0,47	0,47	0,38	0,33	0,24	0,28	0,28	0,33	0,38	0,38	0,47	0,47
14:00	0,52	0,52	0,42	0,37	0,26	0,31	0,31	0,37	0,42	0,42	0,52	0,52
15:00	0,39	0,39	0,31	0,27	0,19	0,23	0,23	0,27	0,31	0,31	0,39	0,39
16:00	0,44	0,44	0,35	0,31	0,22	0,27	0,27	0,31	0,35	0,35	0,44	0,44
17:00	0,59	0,59	0,47	0,41	0,29	0,35	0,35	0,41	0,47	0,47	0,59	0,59
18:00	0,60	0,60	0,48	0,42	0,30	0,36	0,36	0,42	0,48	0,48	0,60	0,60
19:00	0,78	0,78	0,62	0,54	0,39	0,47	0,47	0,54	0,62	0,62	0,78	0,78
20:00	0,89	0,89	0,71	0,63	0,45	0,54	0,54	0,63	0,71	0,71	0,89	0,89
21:00	0,81	0,81	0,65	0,57	0,41	0,49	0,49	0,57	0,65	0,65	0,81	0,81
22:00	0,82	0,82	0,65	0,57	0,41	0,49	0,49	0,57	0,65	0,65	0,82	0,82
23:00	0,66	0,66	0,53	0,47	0,33	0,40	0,40	0,47	0,53	0,53	0,66	0,66

Fonte: O autor.

Anexo 11 - Dias da semana (Soma das cargas 1, 2, 3, 4 e 5)

Hora	Dias da Semana											
	Jan (KW)	Fevereiro (KW)	Março (KW)	Abril (KW)	Maio (KW)	Junho (KW)	Julho (KW)	Agosto (KW)	Setembro (KW)	Outubro (KW)	Novembro (KW)	Dezembro (KW)
00:00	1,67	1,67	1,33	1,17	0,83	1,00	1,00	1,17	1,33	1,33	1,67	1,67
01:00	1,58	1,58	1,26	1,11	0,79	0,95	0,95	1,11	1,26	1,26	1,58	1,58
02:00	1,44	1,44	1,15	1,01	0,72	0,86	0,86	1,01	1,15	1,15	1,44	1,44
03:00	1,39	1,39	1,11	0,97	0,70	0,84	0,84	0,97	1,11	1,11	1,39	1,39
04:00	1,39	1,39	1,12	0,98	0,70	0,84	0,84	0,98	1,12	1,12	1,39	1,39
05:00	1,41	1,41	1,13	0,99	0,70	0,84	0,84	0,99	1,13	1,13	1,41	1,41
06:00	1,68	1,68	1,34	1,17	0,84	1,01	1,01	1,17	1,34	1,34	1,68	1,68
07:00	2,00	2,00	1,60	1,40	1,00	1,20	1,20	1,40	1,60	1,60	2,00	2,00
08:00	2,07	2,07	1,65	1,45	1,03	1,24	1,24	1,45	1,65	1,65	2,07	2,07
09:00	2,45	2,45	1,96	1,71	1,22	1,47	1,47	1,71	1,96	1,96	2,45	2,45
10:00	2,64	2,64	2,11	1,85	1,32	1,58	1,58	1,85	2,11	2,11	2,64	2,64
11:00	2,58	2,58	2,06	1,80	1,29	1,55	1,55	1,80	2,06	2,06	2,58	2,58
12:00	2,07	2,07	1,65	1,45	1,03	1,24	1,24	1,45	1,65	1,65	2,07	2,07
13:00	2,10	2,10	1,68	1,47	1,05	1,26	1,26	1,47	1,68	1,68	2,10	2,10
14:00	2,57	2,57	2,05	1,80	1,28	1,54	1,54	1,80	2,05	2,05	2,57	2,57
15:00	2,67	2,67	2,13	1,87	1,33	1,60	1,60	1,87	2,13	2,13	2,67	2,67
16:00	2,55	2,55	2,04	1,78	1,27	1,53	1,53	1,78	2,04	2,04	2,55	2,55
17:00	3,02	3,02	2,42	2,11	1,51	1,81	1,81	2,11	2,42	2,42	3,02	3,02
18:00	3,29	3,29	2,63	2,30	1,65	1,98	1,98	2,30	2,63	2,63	3,29	3,29
19:00	3,17	3,17	2,53	2,22	1,58	1,90	1,90	2,22	2,53	2,53	3,17	3,17
20:00	2,87	2,87	2,29	2,01	1,43	1,72	1,72	2,01	2,29	2,29	2,87	2,87
21:00	2,83	2,83	2,27	1,98	1,42	1,70	1,70	1,98	2,27	2,27	2,83	2,83
22:00	2,53	2,53	2,03	1,77	1,27	1,52	1,52	1,77	2,03	2,03	2,53	2,53
23:00	2,39	2,39	1,91	1,67	1,19	1,43	1,43	1,67	1,91	1,91	2,39	2,39

Fonte: O autor.

Anexo 12 - Final de semana (Soma das cargas 1, 2, 3, 4 e 5)

Finals de Semana												
Hora	Jan (KW)	Fevereiro (KW)	Março (KW)	Abril (KW)	Maio (KW)	Junho (KW)	Julho (KW)	Agosto (KW)	Setembro (KW)	Outubro (KW)	Novembro (KW)	Dezembro (KW)
00:00	2,01	2,01	1,61	1,41	1,01	1,21	1,21	1,41	1,61	1,61	2,01	2,01
01:00	1,81	1,81	1,45	1,26	0,90	1,08	1,08	1,26	1,45	1,45	1,81	1,81
02:00	1,67	1,67	1,34	1,17	0,84	1,00	1,00	1,17	1,34	1,34	1,67	1,67
03:00	1,56	1,56	1,25	1,09	0,78	0,94	0,94	1,09	1,25	1,25	1,56	1,56
04:00	1,49	1,49	1,19	1,05	0,75	0,90	0,90	1,05	1,19	1,19	1,49	1,49
05:00	1,56	1,56	1,25	1,09	0,78	0,93	0,93	1,09	1,25	1,25	1,56	1,56
06:00	1,53	1,53	1,22	1,07	0,76	0,92	0,92	1,07	1,22	1,22	1,53	1,53
07:00	1,59	1,59	1,27	1,11	0,79	0,95	0,95	1,11	1,27	1,27	1,59	1,59
08:00	2,00	2,00	1,60	1,40	1,00	1,20	1,20	1,40	1,60	1,60	2,00	2,00
09:00	1,95	1,95	1,56	1,36	0,97	1,17	1,17	1,36	1,56	1,56	1,95	1,95
10:00	1,82	1,82	1,46	1,28	0,91	1,09	1,09	1,28	1,46	1,46	1,82	1,82
11:00	1,72	1,72	1,38	1,20	0,86	1,03	1,03	1,20	1,38	1,38	1,72	1,72
12:00	1,84	1,84	1,48	1,29	0,92	1,11	1,11	1,29	1,48	1,48	1,84	1,84
13:00	1,66	1,66	1,33	1,16	0,83	1,00	1,00	1,16	1,33	1,33	1,66	1,66
14:00	1,87	1,87	1,50	1,31	0,93	1,12	1,12	1,31	1,50	1,50	1,87	1,87
15:00	1,65	1,65	1,32	1,15	0,82	0,99	0,99	1,15	1,32	1,32	1,65	1,65
16:00	1,77	1,77	1,42	1,24	0,89	1,06	1,06	1,24	1,42	1,42	1,77	1,77
17:00	2,14	2,14	1,71	1,50	1,07	1,28	1,28	1,50	1,71	1,71	2,14	2,14
18:00	2,29	2,29	1,83	1,60	1,15	1,37	1,37	1,60	1,83	1,83	2,29	2,29
19:00	2,61	2,61	2,09	1,83	1,30	1,56	1,56	1,83	2,09	2,09	2,61	2,61
20:00	2,64	2,64	2,11	1,85	1,32	1,59	1,59	1,85	2,11	2,11	2,64	2,64
21:00	2,46	2,46	1,97	1,72	1,23	1,48	1,48	1,72	1,97	1,97	2,46	2,46
22:00	2,45	2,45	1,96	1,72	1,23	1,47	1,47	1,72	1,96	1,96	2,45	2,45
23:00	1,87	1,87	1,49	1,31	0,93	1,12	1,12	1,31	1,49	1,49	1,87	1,87

Fonte: O autor.