



FACULDADE DE  
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
UNIVERSIDADE DE  
COIMBRA



Mestrado Integrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores

Área de especialização – Energia

**METODOLOGIA PARA DIMENSIONAMENTO DE SISTEMA  
FOTOVOLTAICO RESIDENCIAL PARA AUTOCONSUMO  
COM ARMAZENAMENTO**

Rúben Daniel Ferreira Dias Perdigão

**Presidente do Júri:**

Professor Doutor Álvaro Filipe Peixoto Cardoso de Oliveira Gomes

**Orientador:**

Professor Doutor Humberto Manuel Matos Jorge

**Vogal:**

Professora Doutora Rita Cristina Girão Coelho da Silva

Coimbra, setembro de 2018



*“The greater our knowledge increases the more our ignorance unfolds”*

**John F. Kennedy**



# Agradecimentos

Tudo o que possa escrever aqui será sempre, certamente, pouco para agradecer a todas as pessoas que me acompanharam nesta caminhada.

Em primeiro, um agradecimento especial ao meu orientar, Professor Doutor Humberto Manuel Matos Jorge, por todo o conhecimento transmitido, disponibilidade e orientação, tornado assim possível a realização desta dissertação.

À minha família, sobretudo aos meus pais, porque sem eles nada disto era possível. Um obrigado por todo o apoio, motivação e pelo esforço, para me proporcionarem sempre as melhores condições para que nunca me faltasse nada.

A todos os amigos que Coimbra me deu e aos que já trazia comigo, um enorme obrigado, em especial aos meus companheiros de casa, pela amizade, motivação e horas de estudo, mas acima de tudo por todos os momentos que vivemos juntos, que tornaram estes anos inesquecíveis.

E por último, mas não menos importante, à minha namorada, Soraia Martins, por me ter sempre dado a mão e nunca ter deixado que eu perdesse o rumo. Obrigada por todo o apoio, força e amor.

A todos o meu **MUITO OBRIGADO!**



# Resumo

Devido à necessidade de o ser humano se tornar cada mais independente dos recursos não renováveis, muitos têm sido os esforços para que se encontre soluções capazes de substituí-los.

Portugal, considerado um país com potencial de exploração de energia renovável em particular a energia solar, tem visto nos últimos anos um crescente na aposta neste recurso. Com um nível de radiação solar elevado, quando comparado com outros países europeus, torna-se assim importante o investimento em recursos renováveis.

Esta dissertação, começa com um breve levantamento do estado da arte da tecnologia solar fotovoltaica, assim como uma abordagem ao autoconsumo e à legislação que lhe diz respeito (Decreto-Lei nº 153/2014, de 20 de outubro).

Segue-se um caso de estudo que tem como principal objetivo, o estudo da viabilidade da aplicação de sistemas de armazenamento de energia, associados a sistemas solares fotovoltaicos para autoconsumo a nível residencial. É feita uma avaliação através de diferentes cenários considerados, onde são combinadas várias capacidades de armazenamento (1 kWh, 2 kWh, 3kWh, 4kWh, 5kWh, 6 kWh e 7 kWh) com várias capacidades de produção (250 W, 500 W, 750 W, 1000 W, 1250 W, 1500 W). Toda a análise feita com base em indicadores, tais como, estado de carga das baterias, número de horas em que estão à carga mínima e máxima, quantidade de energia injetada e proveniente da rede elétrica de serviço público, entre outros, sendo feito um estudo tanto mensal como anual, assim como uma análise sazonal.

Por fim, os resultados obtidos demonstram que um bom dimensionamento energético do sistema produtor e do sistema de armazenamento, pode trazer inúmeras vantagens quer para o consumidor, planeta ou para a rede elétrica de serviço público, pela possibilidade de maior integração de energia renovável no consumo. Complementar um sistema para autoconsumo com um sistema de armazenamento, sempre que devidamente dimensionado, não só irá refletir numa redução de encargos energéticos para o consumidor, como num maior aproveitamento da energia proveniente da unidade produtora.

**Palavras-Chave: Sistema para Autoconsumo, Sistema de Armazenamento de Energia, Energia Renovável, Energia Solar Fotovoltaica, Dimensionamento Energético**





# Abstract

Due to the need of the human being to become increasingly independent of non-renewable resources, many have been the efforts to find solutions capable of replacing them.

Portugal, considered a country with potential for exploration, has seen in recent years a growing interest in renewable energy. With a high level of solar radiation, when compared with other European countries, thus becomes important investment in renewable resources.

This dissertation, begins with a brief survey of the state of the art solar photovoltaic technology, as well as an approach to consumption and to legislation that concerns (DL n° 153/2014).

The following is a case study that has as its main goal, the study of the feasibility of the application of energy storage systems, associated with solar photovoltaic systems for consumption on the level accommodation. An assessment is made through different scenarios considered, where are combined various storage capacities (1 kWh, 2 kWh, 3kWh, 4kWh, 5kWh, 6 kWh e 7 kWh) with various production capacities (250 W, 500 W, 750 W, 1000 W, 1250 W, 1500 W). All analysis is based on indicators, such as, state of charge, number of hours that are the minimum and maximum load, amount of energy injected and from the electric network of public service, among others, being made a study as much as annual monthly, as well as a seasonal analysis.

Finally, the results obtained show that a good energy producer system sizing and storage system, can bring numerous advantages both for the consumer, planet or for the power grid, because it enables a greater integration of renewable energy into consumption. Complement a self-consumption system with a storage system, where properly scaled, not only will reflect a reduction of energy costs to the consumer, as well as greater utilization of the energy coming from the producing unit.

**Keywords: Self-consumption System, Energy Storage System, Renewable Energy, Photovoltaic Solar Energy, Energy Sizing**



# Índice

<b>Abreviaturas e Símbolos</b> .....	<b>v</b>
<b>Lista de Figuras</b> .....	<b>vi</b>
<b>Lista de Tabelas</b> .....	<b>xiii</b>
<b>1 Introdução</b> .....	<b>1</b>
1.1 Motivação.....	1
1.2 Objetivos.....	2
1.3 Estrutura da Dissertação.....	2
<b>2 Estado da Arte</b> .....	<b>3</b>
2.1 Energia Solar Fotovoltaica.....	3
2.1.1 Produção Fotovoltaica em Portugal.....	3
2.2 Sistema Fotovoltaico para Autoconsumo.....	6
2.2.1 Unidades de Produção Autoconsumo e Unidades de Pequena Produção.....	6
2.2.2 Vantagens e Barreiras do Autoconsumo.....	8
2.2.3 Constituintes de um Sistema de Autoconsumo.....	9
2.2.4 Tipologias dos Sistemas para Autoconsumo.....	9
2.2.4.1 Sistema para Autoconsumo Isolado/Autónomo.....	10
2.2.4.2 Sistema para Autoconsumo Com Ligação à RESP.....	10
2.2.5 Sistemas de Armazenamento.....	13
2.2.5.1 Baterias.....	14
2.2.6 Legislação de Autoconsumo em Vigor.....	15
2.2.6.1 Condições Necessárias para Efetuar a Ligação de uma UPAC.....	15
2.2.6.2 Direitos e Deveres do Produtor.....	17

2.2.6.3	Renumeração do Excedente.....	17
2.3	Tecnologias Disponíveis no Mercado .....	18
2.3.1	ABB React 2.....	18
2.3.2	Bosch BPT-S 5 Hybrid.....	19
<b>3</b>	<b>Caracterização do Consumidor/Habitação .....</b>	<b>20</b>
3.1	Localização e Caracterização da Instalação .....	20
3.2	Consumo Energético.....	21
3.3	Perfil de Produção .....	23
<b>4</b>	<b>Caso de Estudo .....</b>	<b>26</b>
4.1	Metodologia utilizada .....	26
4.2	Consumos e Produções na Semanas Representativas.....	27
4.3	Sistema para Autoconsumo sem Armazenamento .....	29
4.3.1	Cenário (1000 W).....	29
4.3.1.1	Semana Representativa do Verão .....	29
4.3.1.2	Semana Representativa do Inverno .....	30
4.3.1.3	Resultados Anuais .....	32
4.4	Sistema para Autoconsumo com Armazenamento .....	33
4.4.1	Cenário (250 W + 1000 Wh).....	33
4.4.1.1	Semana Representativa do Verão .....	33
4.4.1.2	Semana Representativa do Inverno .....	35
4.4.1.3	Resultados Mensais e Anuais .....	36
4.4.2	Cenário (750 W + 3000 Wh).....	38
4.4.2.1	Semana Representativa do Verão .....	38
4.4.2.2	Semana Representativa do Inverno .....	39
4.4.2.3	Resultados Mensais e Anuais .....	40
4.4.3	Cenário (1000 W + 4000 Wh).....	41

4.4.3.1	Semana Representativa do Verão .....	41
4.4.3.2	Semana Representativa do Inverno .....	43
4.4.3.3	Resultados Mensais e Anuais .....	44
4.4.4	Cenário (1250 W + 5000 Wh).....	45
4.4.4.1	Semana Representativa do Verão .....	45
4.4.4.2	Semana Representativa do Inverno .....	47
4.4.4.3	Resultados Mensais e Anuais .....	48
4.4.5	Cenário (1500 W + 7000 Wh).....	49
4.4.5.1	Semana Representativa do Verão .....	49
4.4.5.2	Semana Representativa do Inverno .....	51
4.4.5.3	Resultados Mensais e Anuais .....	52
<b>5</b>	<b>Conclusões e Trabalho Futuro.....</b>	<b>54</b>
5.1	Conclusões.....	54
5.2	Trabalho Futuro .....	55
	<b>Referências Bibliográficas .....</b>	<b>56</b>
	<b>Apêndice.....</b>	<b>1</b>
	Apêndice A – Consumos médios mensais.....	1
	Apêndice B – Produção fotovoltaica mensal.....	6
	Apêndice C – Semanas representativas de um sistema para autoconsumo sem armazenamento	7
	Apêndice D – Resultados Anuais de um sistema para autoconsumo com armazenamento .....	17
	Apêndice E – Resultados Mensais de um sistema para autoconsumo com armazenamento ....	20
	Apêndice F – Semanas representativas de um sistema para autoconsumo com armazenamento .....	27



# Abreviaturas e Símbolos

<b>RESP</b>	Rede Elétrica de Serviço Público
<b>UPP</b>	Unidade de Pequena Produção
<b>UPAC</b>	Unidade de Produção para Autoconsumo
<b>EE</b>	Energia Elétrica
<b>CC</b>	Corrente Contínua
<b>CA</b>	Corrente Alternada
<b>SERUP</b>	Sistema Eletrónico de Registo de Unidades de Produção
<b>DGEG</b>	Direção-Geral de Energia e Geologia
<b>OMIE</b>	Operador Médio do Mercado Ibérico de Energia
<b>EDP</b>	Energias de Portugal
<b>AT</b>	Alta Tensão
<b>MT</b>	Média Tensão
<b>BT</b>	Baixa Tensão
<b>DL</b>	Decreto-Lei
<b>CUR</b>	Comercializador Último Recurso
<b>CIEG</b>	Custos de Interesse Económico Geral
<b>SEN</b>	Serviço Elétrico Nacional
<b>GEE</b>	Gases Efeito de Estufa
<b>BTN</b>	Baixa Tensão Normal

# Lista de Figuras

Figura 2.1 – Irradiação Solar na Europa .....	4
Figura 2.2 – Irradiação Solar em Portugal .....	4
Figura 2.3 – Evolução da Potência Fotovoltaica Instalada em Portugal .....	5
Figura 2.4 – Produção anual de energia fotovoltaica por regiões em Portugal.....	5
Figura 2.5 – Exemplo de uma UPAC.....	6
Figura 2.6 – Exemplo de uma UPP .....	7
Figura 2.7 - Sistema de autoconsumo sem ligação à RESP e com armazenamento .....	10
Figura 2.8 - Esquema de ligação de uma UPAC com venda de eletricidade à RESP.....	11
Figura 2.9 – Autoconsumo sem armazenamento .....	12
Figura 2.10 – Autoconsumo com armazenamento.....	12
Figura 2.11 – Circuito equivalente de uma bateria .....	14
Figura 2.12 – Tramitação da ligação de UPAC .....	16
Figura 2.13 – ABB React 2 .....	18
Figura 2.14 – Bosch BPT-S 5 Hybrid .....	19
Figura 3.1- Consumos mensais do consumidor no ano 2017.....	22
Figura 3.2- Consumo médio durante o mês de agosto de 2017 .....	22
Figura 3.3- Consumo médio durante o mês de dezembro de 2017 .....	23
Figura 3.4- Produção fotovoltaica em agosto e em dezembro para diferentes potências .....	24
Figura 3.5- Produção média mensal de uma potência instalada de 1500 W .....	25
Figura 4.1- Representação simplificada dos fluxos de energia num sistema de autoconsumo com armazenamento.....	27
Figura 4.2- Consumo semana 21 a 27 de agosto (Verão) .....	27
Figura 4.3- Consumo semana 18 a 24 de dezembro (Inverno) .....	28
Figura 4.4- Produção fotovoltaica semana 21 a 27 de agosto (Verão) .....	28
Figura 4.5- Produção fotovoltaica semana 18 a 24 de dezembro (Inverno) .....	28
Figura 4.6- Dados relativos à semana representativa do Verão .....	29
Figura 4.7- Dados relativos a um dia da semana representativa do Verão .....	30
Figura 4.8- Dados relativos à semana representativa do Inverno .....	31
Figura 4.9- Dados relativos a um dia da semana representativa do Inverno.....	31
Figura 4.10- Dados relativos à semana representativa do Verão .....	34
Figura 4.11- Dados relativos a um dia da semana representativa do Verão .....	34
Figura 4.12- Dados relativos à semana representativa do Inverno .....	35



Figura 4.13-Dados relativos a um dia da semana representativa do Inverno.....	36
Figura 4.14- Dados relativos à semana representativa do Verão .....	38
Figura 4.15- Dados relativos a um dia da semana representativa do Verão .....	38
Figura 4.16- Dados relativos à semana representativa do Inverno .....	39
Figura 4.17- Dados relativos a um dia da semana representativa do Inverno.....	39
Figura 4.18- Dados relativos à semana representativa do Verão .....	41
Figura 4.19- Dados relativos a um dia da semana representativa do Verão .....	42
Figura 4.20- Dados relativos à semana representativa do Inverno .....	43
Figura 4.21-Dados relativos a um dia da semana representativa do Inverno.....	43
Figura 4.22 - Dados relativos à semana representativa do Verão .....	46
Figura 4.23-Dados relativos a um dia da semana representativa do Verão .....	46
Figura 4.24- Dados relativos à semana representativa do Inverno .....	47
Figura 4.25-Dados relativos a um dia da semana representativa do Inverno.....	47
Figura 4.26- Dados relativos à semana representativa do Verão .....	50
Figura 4.27-Dados relativos a um dia da semana representativa do Verão .....	50
Figura 4.28- Dados relativos à semana representativa do Inverno .....	51
Figura 4.29-Dados relativos a um dia da semana representativa do Inverno.....	51
Figura A.1- Consumo médio durante o mês de janeiro de 2017 .....	1
Figura A.2- Consumo médio durante o mês de fevereiro de 2017 .....	1
Figura A.3- Consumo médio durante o mês de março de 2017.....	2
Figura A.4- Consumo médio durante o mês de abril de 2017.....	2
Figura A.5- Consumo médio durante o mês de maio de 2017 .....	3
Figura A.6 - Consumo médio durante o mês de junho de 2017.....	3
Figura A.7- Consumo médio durante o mês de julho de 2017.....	4
Figura A.8 - Consumo médio durante o mês de setembro de 2017 .....	4
Figura A.9 - Consumo médio durante o mês de outubro de 2017 .....	5
Figura A.10 - Consumo médio durante o mês de novembro de 2017.....	5
Figura B.11- Produção fotovoltaica mensal para diversas potências instaladas .....	6
Figura C.12- Dados relativos à semana representativa do Verão (250 W) .....	7
Figura 0.14- Dados relativos à semana representativa do Verão (500 W).....	8
Figura C.15- Dados relativos à semana representativa do Verão (1250 W) .....	8
Figura C.16 - Dados relativos à semana representativa do Verão (1500 W).....	9
Figura C.17- Dados relativos a um dia da semana representativa do Verão (250 W) .....	9
Figura C.18- Dados relativos a um dia da semana representativa do Verão (500 W) .....	10
Figura C.19- Dados relativos a um dia da semana representativa do Verão (750 W) .....	10

Figura C.20- Dados relativos a um dia da semana representativa do Verão (1250 W) .....	11
Figura C.21- Dados relativos a um dia da semana representativa do Verão (1500 W) .....	11
Figura C.22- Dados relativos à semana representativa do Inverno (250 W) .....	12
Figura C.23- Dados relativos à semana representativa do Inverno (500 W) .....	12
Figura C.24- Dados relativos à semana representativa do Inverno (750 W) .....	13
Figura C.25- Dados relativos à semana representativa do Inverno (1250 W) .....	13
Figura C.26- Dados relativos à semana representativa do Inverno (1500 W) .....	14
Figura C.27- Dados relativos a um dia da semana representativa do Inverno (250 W).....	14
Figura C.28- Dados relativos a um dia da semana representativa do Inverno (500 W).....	15
Figura C.29- Dados relativos a um dia da semana representativa do Inverno (750 W).....	15
Figura C.30- Dados relativos a um dia da semana representativa do Inverno (1250 W).....	16
Figura C.31- Dados relativos a um dia da semana representativa do Inverno (1500 W).....	16
Figura F.32- Dados relativos à semana representativa do Verão (500 W + 1000 Wh) .....	27
Figura F.33- Dados relativos a um dia da semana representativa do Verão (500 W + 1000 Wh)	27
Figura F.34- Dados relativos a um dia da semana representativa do Inverno (500 W + 1000 Wh)	28
.....	28
Figura F.35- Dados relativos a um dia da semana representativa do Inverno (500 W + 1000 Wh)	28
.....	28
Figura F.36- Dados relativos à semana representativa do Verão (750 W + 1000 Wh) .....	28
Figura F.37- Dados relativos a um dia da semana representativa do Verão (750 W + 1000 Wh)	28
Figura F.38- Dados relativos a um dia da semana representativa do Inverno (750 W + 1000 Wh)	30
.....	30
Figura F.39- Dados relativos à semana representativa do Inverno (750 W + 1000 Wh).....	30
Figura F.40- Dados relativos à semana representativa do Verão (1000 W + 1000 Wh) .....	31
Figura F.41- Dados relativos a um dia da semana representativa do Verão (1000 W + 1000 Wh)	31
.....	31
Figura F.42- Dados relativos à semana representativa do Inverno (1000 W + 1000 Wh).....	32
Figura F.43- Dados relativos a um dia da semana representativa do Inverno (1000 W + 1000 Wh)	32
.....	32
Figura F.44- Dados relativos à semana representativa do Verão (1250 W + 1000 Wh) .....	33
Figura F.45- Dados relativos a um dia da semana representativa do Verão (1250 W + 1000 Wh)	33
.....	33
Figura F.46- Dados relativos à semana representativa do Inverno (1250 W + 1000 Wh).....	34
Figura F.47- Dados relativos a um dia da semana representativa do Inverno (1250 W + 1000 Wh)	34
.....	34

Figura F.48- Dados relativos à semana representativa do Verão (1500 W + 1000 Wh) .....	35
Figura F.49- Dados relativos a um dia da semana representativa do Verão (1500 W + 1000 Wh) .....	35
Figura F.50- Dados relativos à semana representativa do Inverno (1500 W + 1000 Wh).....	36
Figura F.51- Dados relativos a um dia da semana representativa do Inverno (1500 W + 1000 Wh) .....	36
Figura F.52- Dados relativos à semana representativa do Verão (500 W + 2000 Wh) .....	37
Figura F.53- Dados relativos a um dia da semana representativa do Verão (500 W + 2000 Wh)	37
Figura F.54- Dados relativos à semana representativa do Inverno (500 W + 2000 Wh).....	38
Figura F.55- Dados relativos a um dia da semana representativa do Inverno (500 W + 2000 Wh) .....	38
Figura F.56- Dados relativos à semana representativa do Verão (750 W + 2000 Wh) .....	39
Figura F.57-Dados relativos a um dia da semana representativa do Verão (750 W + 2000 Wh).	39
Figura F.58- Dados relativos à semana representativa do Inverno (750 W + 2000 Wh).....	40
Figura F.59- Dados relativos a um dia da semana representativa do Inverno (750 W + 2000 Wh) .....	40
Figura F.60- Dados relativos à semana representativa do Verão (1000 W + 2000 Wh) .....	41
Figura F.61-Dados relativos a um dia da semana representativa do Verão (1000 W + 2000 Wh) .....	41
Figura F.62- Dados relativos à semana representativa do Inverno (1000 W + 2000 Wh).....	42
Figura F.63-Dados relativos a um dia da semana representativa do Inverno (1000 W + 2000 Wh) .....	42
Figura F.64- Dados relativos à semana representativa do Verão (1250 W + 2000 Wh) .....	43
Figura F.65- Dados relativos a um dia da semana representativa do Verão (1250 W + 2000 Wh) .....	43
Figura F.66- Dados relativos à semana representativa do Inverno (1250 W + 2000 Wh).....	44
Figura F.67-Dados relativos a um dia da semana representativa do Inverno (1250 W + 2000 Wh) .....	44
Figura F.68- Dados relativos à semana representativa do Verão (1500 W + 2000 Wh) .....	45
Figura F.69- Dados relativos a um dia da semana representativa do Verão (1500 W + 2000 Wh) .....	45
Figura F.70- Dados relativos à semana representativa do Inverno (1500 W + 2000 Wh).....	46
Figura F.71-Dados relativos a um dia da semana representativa do Inverno (1500 W + 2000 Wh) .....	46
Figura F.72- Dados relativos à semana representativa do Verão (500 W + 3000 Wh) .....	47

Figura F.73- Dados relativos a um dia da semana representativa do Verão (500 W + 3000 Wh)	47
Figura F.74- Dados relativos à semana representativa do Inverno (500 W + 3000 Wh)	48
Figura F.75- Dados relativos a um dia da semana representativa do Inverno (500 W + 3000 Wh)	48
Figura F.76- Dados relativos à semana representativa do Verão (1000 W + 3000 Wh)	49
Figura F.77- Dados relativos a um dia da semana representativa do Verão (1000 W + 3000 Wh)	49
Figura F.78- Dados relativos à semana representativa do Inverno (1000 W + 3000 Wh)	50
Figura F.79- Dados relativos a um dia da semana representativa do Inverno (1000 W + 3000 Wh)	50
Figura F.80- Dados relativos à semana representativa do Verão (1250 W + 3000 Wh)	51
Figura F.81- Dados relativos a um dia da semana representativa do Verão (1250 W + 3000 Wh)	51
Figura F.82- Dados relativos à semana representativa do Inverno (1250 W + 3000 Wh)	52
Figura F.83- Dados relativos a um dia da semana representativa do Inverno (1250 W + 3000 Wh)	52
Figura F.84- Dados relativos à semana representativa do Verão (1500 W + 3000 Wh)	53
Figura F.85- Dados relativos a um dia da semana representativa do Verão (1500 W + 3000 Wh)	53
Figura F.86- Dados relativos à semana representativa do Inverno (1500 W + 3000 Wh)	54
Figura F.87- Dados relativos a um dia da semana representativa do Inverno (1500 W + 3000 Wh)	54
Figura F.88- Dados relativos à semana representativa do Verão (750 W + 4000 Wh)	55
Figura F.89- Dados relativos a um dia da semana representativa do Verão (750 W + 4000 Wh)	55
Figura F.90- Dados relativos à semana representativa do Inverno (750 W + 4000 Wh)	56
Figura F.91- Dados relativos a um dia da semana representativa do Inverno (750 W + 4000 Wh)	56
Figura F.92- Dados relativos à semana representativa do Verão (1250 W + 4000 Wh)	57
Figura F.93- Dados relativos a um dia da semana representativa do Verão (1250 W + 4000 Wh)	57
Figura F.94- Dados relativos à semana representativa do Inverno (1250 W + 4000 Wh)	58
Figura F.95- Dados relativos a um dia da semana representativa do Inverno (1250 W + 4000 Wh)	58
Figura F.96- Dados relativos à semana representativa do Verão (1500 W + 4000 Wh)	59

Figura F.97- Dados relativos a um dia da semana representativa do Verão (1500 W + 4000 Wh)	59
Figura F.98- Dados relativos à semana representativa do Inverno (1500 W + 4000 Wh)	60
Figura F.99- Dados relativos a um dia da semana representativa do Inverno (1500 W + 4000 Wh)	60
Figura F.100- Dados relativos à semana representativa do Verão (750 W + 5000 Wh)	61
Figura F.101- Dados relativos a um dia da semana representativa do Verão (750 W + 5000 Wh)	61
Figura F.102- Dados relativos à semana representativa do Inverno (750 W + 5000 Wh)	62
Figura F.103- Dados relativos a um dia da semana representativa do Inverno (750 W + 5000 Wh)	62
Figura F.104- Dados relativos à semana representativa do Verão (1000 W + 5000 Wh)	63
Figura F.105- Dados relativos a um dia da semana representativa do Verão (1000 W + 5000 Wh)	63
Figura F.106- Dados relativos à semana representativa do Inverno (1000 W + 5000 Wh)	64
Figura F.107- Dados relativos a um dia da semana representativa do Inverno (1000 W + 5000 Wh)	64
Figura F.108- Dados relativos à semana representativa do Verão (1500 W + 5000 Wh)	65
Figura F.109- Dados relativos a um dia da semana representativa do Verão (1500 W + 5000 Wh)	65
Figura F.110- Dados relativos à semana representativa do Inverno (1500 W + 5000 Wh)	66
Figura F.111- Dados relativos a um dia da semana representativa do Inverno (1500 W + 5000 Wh)	66
Figura F.112- Dados relativos à semana representativa do Verão (1000 W + 6000 Wh)	67
Figura F.113- Dados relativos a um dia da semana representativa do Verão (1000 W + 6000 Wh)	67
Figura F.114- Dados relativos à semana representativa do Inverno (1000 W + 6000 Wh)	68
Figura F.115- Dados relativos a um dia da semana representativa do Inverno (1000 W + 6000 Wh)	68
Figura F.116- Dados relativos à semana representativa do Verão (1250 W + 6000 Wh)	69
Figura F.117- Dados relativos a um dia da semana representativa do Verão (1250 W + 6000 Wh)	69
Figura F.118- Dados relativos à semana representativa do Inverno (1250 W + 6000 Wh)	70
Figura F.119- Dados relativos a um dia da semana representativa do Inverno (1250 W + 6000 Wh)	70

Figura F.120- Dados relativos à semana representativa do Verão (1500 W + 6000 Wh) .....	71
Figura F.121- Dados relativos a um dia da semana representativa do Verão (1500 W + 6000 Wh) .....	71
Figura F.122- Dados relativos à semana representativa do Inverno (1500 W + 6000 Wh).....	72
Figura F.123- Dados relativos a um dia da semana representativa do Inverno (1500 W + 6000 Wh) .....	72
Figura F.124- Dados relativos à semana representativa do Verão (1000 W + 7000 Wh) .....	73
Figura F.125- Dados relativos a um dia da semana representativa do Verão (1000 W + 7000 Wh) .....	73
Figura F.126- Dados relativos à semana representativa do Inverno (1000 W + 7000 Wh).....	74
Figura F.127- Dados relativos a um dia da semana representativa do Inverno (1000 W + 7000 Wh) .....	74
Figura F.128- Dados relativos à semana representativa do Verão (1250 W + 7000 Wh) .....	75
Figura F.129- Dados relativos a um dia da semana representativa do Verão (1250 W + 7000 Wh) .....	75
Figura F.130- Dados relativos à semana representativa do Inverno (1250 W + 7000 Wh).....	76
Figura F.131- Dados relativos a um dia da semana representativa do Inverno (1250 W + 7000 Wh) .....	76

# Lista de Tabelas

Tabela 2.1 – UPAC vs UPP .....	7
Tabela 2.2 - Características de vários tipos de baterias.....	15
Tabela 3.1- Características da instalação .....	20
Tabela 3.2 - Preçário da tarifa bi-horária em horário de Verão para o ano de 2017 .....	20
Tabela 3.3- Preçário da tarifa bi-horária em horário de Inverno para o ano de 2017 .....	21
Tabela 3.4- Consumos mensais, ponta máxima e encargos do consumidor no ano 2017 .....	21
Tabela 3.5 - Produção mensal e anual das varias potências instaladas para a região de Coimbra	24
Tabela 4.1- Dados relativos ao cenário 1000 W sem armazenamento (Verão) .....	30
Tabela 4.2- Dados relativos ao cenário 1000 W sem armazenamento (Inverno).....	32
Tabela 4.3- Dados anuais de um sistema para autoconsumo sem armazenamento .....	32
Tabela 4.4 - Cenários estudados.....	33
Tabela 4.5- Dados relativos ao cenário 250 W + 1000 Wh (Verão) .....	35
Tabela 4.6- Dados relativos ao cenário 250 W + 1000 Wh (Inverno) .....	36
Tabela 4.7- Dados mensais relativos ao cenário 250 W + 1000 Wh .....	37
Tabela 4.8- Dados anuais relativos ao cenário 250 W + 1000 Wh .....	37
Tabela 4.9- Dados relativos ao cenário 750 W + 3000 Wh (Verão) .....	39
Tabela 4.10- Dados relativos ao cenário 750 W + 3000 Wh (Inverno) .....	40
Tabela 4.11- Dados anuais relativos ao cenário 750 W + 3000 .....	40
Tabela 4.12 - Dados mensais relativos ao cenário 750 W + 3000 Wh .....	41
Tabela 4.13- Dados relativos ao cenário 1000 W + 4000 Wh (Verão) .....	42
Tabela 4.14 - Dados relativos ao cenário 1000 W + 4000 Wh (Inverno) .....	44
Tabela 4.15- Dados mensais relativos ao cenário 1000 W + 4000 Wh .....	44
Tabela 4.16- Dados anuais relativos ao cenário 1000 W + 4000 Wh .....	45
Tabela 4.17- Dados relativos ao cenário 1250 W + 5000 Wh (Verão) .....	47
Tabela 4.18- Dados relativos ao cenário 1250 W + 5000 Wh (Inverno) .....	48
Tabela 4.19- Dados mensais relativos ao cenário 1250 W + 5000 Wh .....	48
Tabela 4.20- Dados anuais relativos ao cenário 1250 W + 5000 Wh .....	49
Tabela 4.21- Dados relativos ao cenário 1500 W + 7000 Wh (Verão) .....	51
Tabela 4.22- Dados relativos ao cenário 1500 W + 7000 Wh (Inverno) .....	52
Tabela 4.23- Dados mensais relativos ao cenário 1500 W + 7000 Wh .....	52
Tabela 4.24- Dados anuais relativos ao cenário 1500 W + 7000 Wh .....	53
Tabela D.1- Encargos energéticos anuais em euros dos vários cenários estudados .....	17

Tabela D.2 -Poupanças Energéticas anuais em percentagem dos vários cenários estudados .....	17
Tabela D.3- Energia produzida consumida anual em percentagem dos vários cenários estudados .....	17
Tabela D.4 – Energia produzida injetada na rede anual em percentagem dos vários cenários estudados .....	18
Tabela D.5- Energia consumida proveniente da rede anual em percentagem dos vários cenários estudados .....	18
Tabela D.6- Percentagem de tempo que a bateria está à carga mínima num ano para os vários cenários estudados.....	18
Tabela D.7- Percentagem de tempo que a bateria está à carga máxima num ano para os vários cenários estudados.....	19
Tabela E.8-Percentagem de tempo que a bateria está à carga mínima nos diversos meses para os vários cenários estudados .....	20
Tabela E.9- Percentagem de tempo que a bateria está à carga máxima nos diversos meses para os vários cenários estudados .....	21
Tabela E.10-Energia consumida proveniente da rede mensal em percentagem dos vários cenários estudados .....	22
Tabela E.11- Energia produzida consumida mensal em percentagem dos vários cenários estudados .....	23
Tabela E.12- Encargos energéticos mensais em euros dos vários cenários estudados .....	24
Tabela E.13- Energia produzida injetada na rede mensal em percentagem dos vários cenários estudados .....	25
Tabela E.14- Poupanças Energéticas mensais em percentagem dos vários cenários estudados...	26



# Capítulo 1

## 1 Introdução

### 1.1 Motivação

Atualmente seria impensável imaginar um planeta sem energia elétrica. A dependência humana da energia elétrica é tal que está presente em praticamente tudo do nosso dia a dia, desde os eletrodomésticos à iluminação, ou até mesmo aos alimentos que consumimos diariamente, em que muitos deles são o resultado de processos fabris que necessitam de energia elétrica para o seu desenvolvimento. É assim legítimo afirmar, que a energia elétrica foi uma descoberta que mudou totalmente a vida do ser humano [1].

Embora a energia elétrica, tenha vindo facilitar e melhorar a qualidade de vida das pessoas, também é verdade que existe uma grande dependência de recursos não renováveis para a produzir, o que acarreta efeitos negativos para o planeta. Para além de os recursos não renováveis apresentarem uma disponibilidade limitada, a sua combustão resulta na emissão de GEE, que são considerados como os principais responsáveis pelo aquecimento global [1].

O avanço tecnológico, tem permitido cada vez mais o aparecimento de novas tecnologias, capazes de explorar de forma mais eficiente os recursos renováveis existentes. O aparecimento de apoios e incentivos governamentais, é também importante para que haja uma aposta crescente nos recursos renováveis assim como uma consciencialização das pessoas do quão importante esta temática é.

Portugal não é exceção, e assume-se como um país com grande potencial. A aposta crescente em sistema de produção solar fotovoltaica é uma realidade, mas nem tudo são benefícios e existem algumas barreiras à penetração das energias renováveis. No caso da energia solar, mais em concreto em sistemas para autoconsumo residenciais baseados em painéis solares fotovoltaicos, a grande barreira prende-se no facto de que existe um desajuste entre a produção e os consumos, não apresentando a mesma variação de perfil. Outra grande barreira é o facto da imprevisibilidade deste tipo de recurso, não sendo possível controlar da mesma forma como são controlados os recursos não renováveis.

Desta forma, têm surgido várias soluções para tentar colmatar estes problemas, uma delas passa pelo armazenamento de energia associado a uma unidade produtora. Estes sistemas de armazenamento vêm assim possibilitar o armazenamento energético, tornado possível o seu uso em períodos mais relevantes, tornando assim estes sistemas mais eficientes.

## **1.2 Objetivos**

A presente dissertação, visa o desenvolvimento de uma metodologia para dimensionar um sistema fotovoltaico para autoconsumo residencial com armazenamento. Será feito um estudo de cenários de produção solar fotovoltaica e de armazenamento energético para várias capacidades, e a sua posterior análise. Essa análise será realizada através da observação do comportamento de determinados indicadores, definidos mais à frente nesta dissertação, com a finalidade de ser obtida a melhor solução possível para o consumidor em estudo.

## **1.3 Estrutura da Dissertação**

Para além do presente capítulo, onde se faz uma introdução ao que foi realizado, esta dissertação é composta por mais 4 capítulos.

No Capítulo 2, é dado ênfase ao estado da arte, onde são abordados temas tais como, o panorama nacional da energia fotovoltaica, o autoconsumo, sistemas de armazenamento e também alguns aspetos relevantes do Decreto-Lei nº 153/2014. É ainda explorado superficialmente, algumas tecnologias disponíveis atualmente no mercado com importância para o tema em estudo.

O Capítulo 3, refere-se essencialmente à caracterização do local de consumo objeto de análise. Neste capítulo é apresentada algumas das suas mais importantes características, tais como, consumos associados ao local, perfis de produção, localização, regime tarifário, encargos energéticos, entre outros.

No Capítulo 4, é apresentado o caso de estudo, é neste capítulo que é exposta a metodologia utilizada para o desenvolvimento desta dissertação, assim como, apresentados os resultados obtidos e também a sua análise, clarificando as suas características mais relevantes.

Por fim, no Capítulo 5 são expostas as considerações finais, tendo como base toda a análise e resultados obtidos nesta dissertação. São ainda indicadas algumas sugestões para trabalhos futuros.

# Capítulo 2

## 2 Estado da Arte

### 2.1 Energia Solar Fotovoltaica

A energia solar fotovoltaica tem vindo a ganhar uma importância cada vez maior nos dias que correm, uma vez que é de extrema importância, o ser humano deixar de ser dependente dos recursos fósseis. A energia solar assume assim um papel muito importante a curto, médio e longo prazo.

De entre muitas as vantagens que este tipo de recurso possui, podemos destacar as seguintes:

- Baixo custo de manutenção e intervenção;
- Impacto ambiental reduzido;
- Grande potencial de exploração;
- Recurso energético ilimitado;
- Diminuição da dependência de recursos fósseis.

Embora o recurso solar esteja disponível em larga escala, nem toda a radiação solar emitida pelo Sol atinge a superfície terrestre, isto porque na atmosfera parte da radiação solar é afetada por fenómenos tais como a reflexão, absorção e dispersão. Estima-se que a radiação solar incidente na superfície terrestre, corresponde a uma quantidade de energia de  $1 \times 10^{18} kWh/ano$  [2].

#### 2.1.1 Produção Fotovoltaica em Portugal

Portugal, embora seja um país com escassos recursos energéticos de origem fóssil, no que ao recurso solar diz respeito, é considerado um dos países com maior potencial de investimento a nível europeu. Em termos de energia solar, Portugal apresenta um elevado nível de radiação solar disponível, que pode e deve ser aproveitado de forma que se caminhe para um futuro cada vez mais independente de fontes de energia não renováveis. Os desenvolvimentos tecnológicos e científicos, têm também um papel importantíssimo no que a esta dependência diz respeito, uma vez que vêm abrir uma janela enorme de novas oportunidades, onde se pode enquadrar o

autoconsumo. Na figura 2.1, é possível constatar que Portugal é de facto um país ensolarado quando comparado com a grande maioria dos outros países europeus.

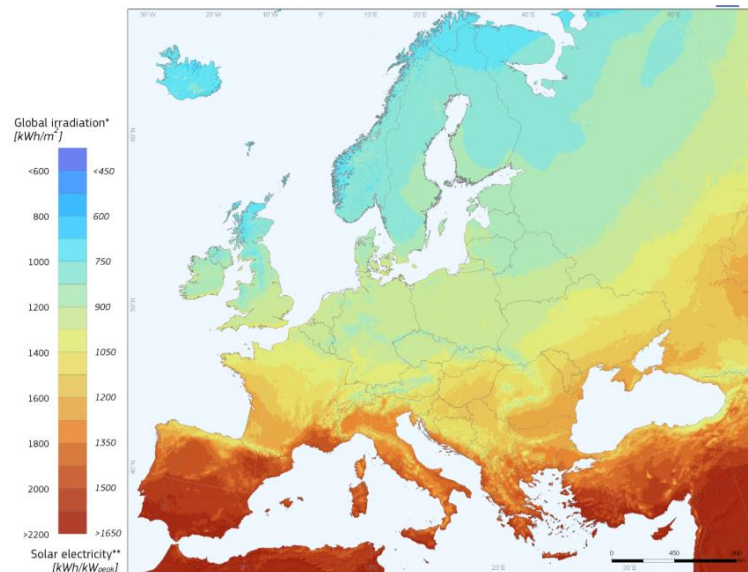


Figura 2.1 – Irradiação Solar na Europa [3]

Em Portugal, os níveis de irradiação solar apresentam em média valores situados entre  $1300 \text{ kWh/m}^2$  e os  $1800 \text{ kWh/m}^2$ , sendo estes dos valores mais elevados em comparação com os restantes países europeus. Relativamente a horas de sol anuais, Portugal também se encontra no topo da lista com valores superiores a 2500 horas por ano. Na figura 2.2 é possível visualizar os diferentes níveis de irradiação solar em Portugal bem como a sua variação consoante as regiões.

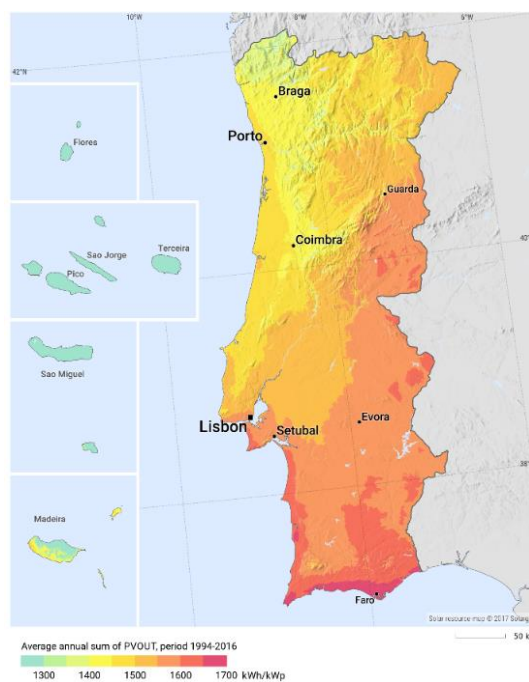


Figura 2.2 – Irradiação Solar em Portugal [4]

No entanto, embora Portugal apresente excelentes condições para investimento neste recurso renovável, a verdade é que ainda está muito longe dos maiores produtores de energia solar a nível europeu [5]. No gráfico 2.1 é possível visualizar a evolução da capacidade fotovoltaica instalada em Portugal nos últimos anos.

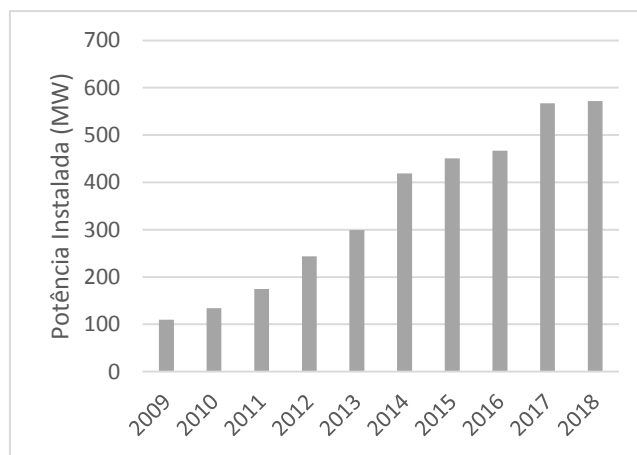


Figura 2.3 – Evolução da Potência Fotovoltaica Instalada em Portugal [6]

Em termos de potência instalada, em 2009 existia cerca de cinco vezes menos comparativamente a 2018, o que é um bom indicador, mostrando que tem vindo a existir uma aposta neste tipo de recurso renovável. Segundo os dados disponibilizados pela DGEG, sabe-se que a região do Alentejo, foi responsável em 2017 por 35% da produção fotovoltaica nacional [6]. No seguinte gráfico é possível observar a quantidade de energia fotovoltaica produzida anualmente em cada região de Portugal.

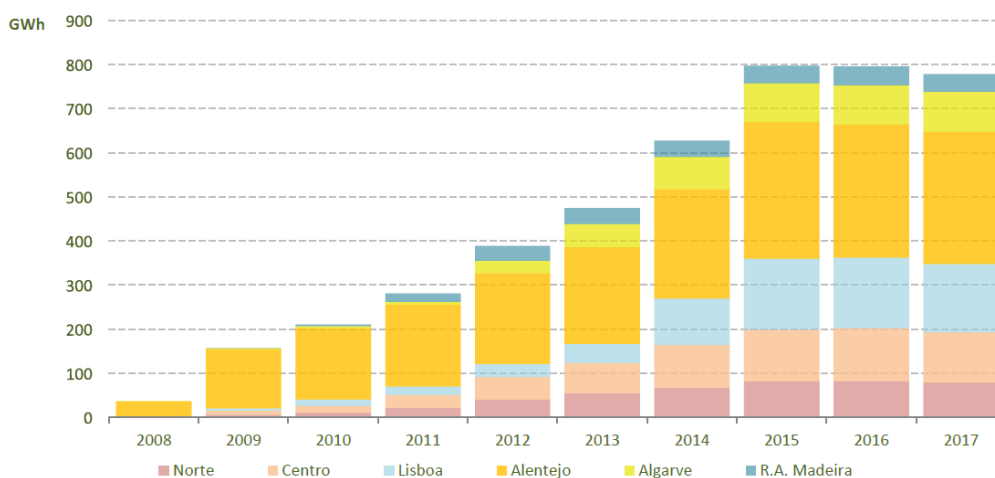


Figura 2.4 – Produção anual de energia fotovoltaica por regiões em Portugal [6]

## 2.2 Sistema Fotovoltaico para Autoconsumo

Um sistema fotovoltaico para autoconsumo, é como o próprio nome indica, um sistema que tem como finalidade a produção de energia para consumo próprio. A energia produzida é proveniente de uma fonte de produção renovável, e consumida localmente de forma a colmatar as necessidades energéticas da instalação em causa. Os eventuais excedentes de produção, caso existam, são reencaminhados para a RESP ou para um sistema de armazenamento composto por baterias. Este regime de produção para autoconsumo é regulado pelo DL 153/2014 de 20 de outubro [7].

### 2.2.1 Unidades de Produção Autoconsumo e Unidades de Pequena Produção

As Unidades de Produção para Autoconsumo (UPAC), são identificadas como instalações de produção de energia, em que a energia produzida é utilizada para colmatar as necessidades energéticas da instalação a que estão associadas. Estes sistemas, podem ou não possuir ligação à RESP, sendo a tecnologia de produção baseada numa fonte renovável ou não [7].

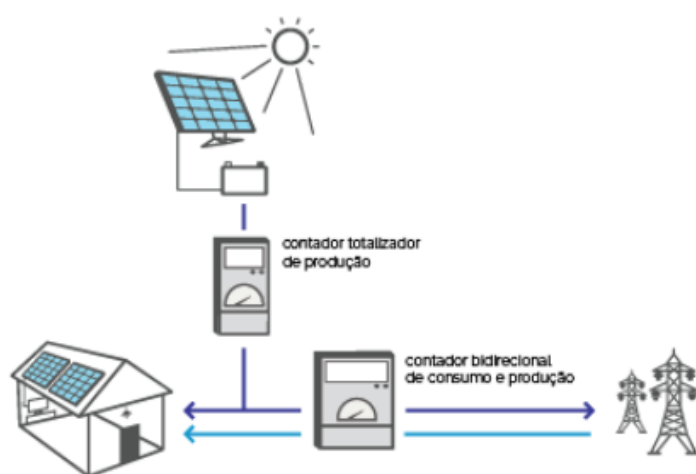


Figura 2.5 – Exemplo de uma UPAC [8]

Por outro lado, uma Unidade de Pequena Produção (UPP), é caracterizada pela totalidade da energia produzida ser injetada na RESP sendo a atribuição da tarifa baseada em leilão com desconto à tarifa base. Toda a energia utilizada para satisfazer as necessidades energéticas da instalação de consumo associada à UPP, é fornecida pelo respetivo comercializador [9].

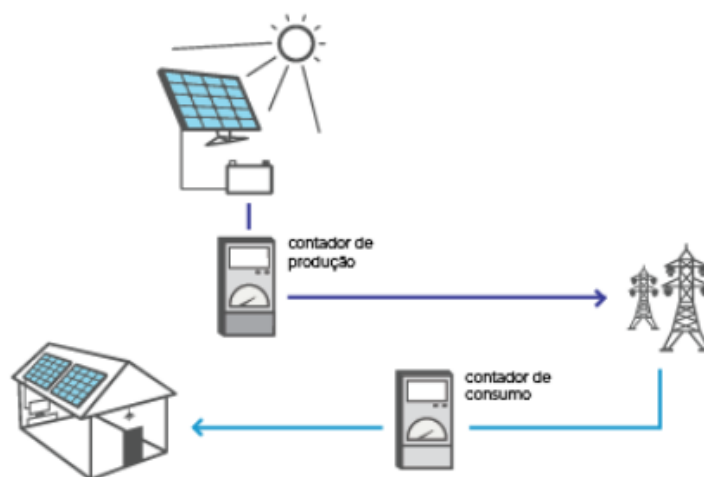


Figura 2.6 – Exemplo de uma UPP [8]

Tabela 2.1 – UPAC vs UPP [10]

	1 Autoconsumo	2 Pequena Produção
<b>Fonte</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Renovável e Não Renovável</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Renovável</li> </ul>
<b>Limite Potência</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Potência de ligação &lt; 100% da potência contratada na instalação de consumo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Potência de ligação &lt; 100% da potência contratada na instalação de consumo</li> <li>Potencia de ligação até 250 KW</li> </ul>
<b>Requisitos Produção</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Produção anual deve ser inferior às necessidades de consumo</li> <li>Venda do excedente instantâneo ao CUR</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Produção anual &lt; 2x consumo da instalação</li> <li>Venda da totalidade da energia ao CUR</li> </ul>
<b>Remuneração</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Valor da "pool" para excedente instantâneo de produção, deduzido de custos</li> <li>Numa base anual, o excedente produzido face às necessidades de consumo não é remunerado</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tarifa obtida em leilão para totalidade da produção</li> <li>Numa base anual, o excedente produzido face ao requisito de 2x consumo da instalação não é remunerado</li> </ul>
<b>Compensação</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Entre 30% e 50% do respectivo valor dos CIEG quando a potência acumulada de unidades de autoconsumo exceda 1% da potência instalada no SEN</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>n.a.</li> </ul>
<b>Contagem</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Contagem obrigatória para potências ligadas à RESP superiores a 1,5 kW</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Obrigatória para todas as potências, como elemento chave na faturação</li> </ul>
<b>Processo Licenciamento</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Processo gerido via plataforma electrónica</li> <li>Mera comunicação prévia: Entre 200W – 1,5 kW</li> <li>Registo+certificado de exploração: Entre 1,5 kW e 1MW</li> <li>Licença de produção + exploração: &gt;1MW</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Processo gerido via plataforma electrónica</li> <li>Registo + certificado de exploração</li> <li>Inspeções obrigatórias</li> </ul>
<b>Outros aspectos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Não existe quota de atribuição</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Quota máxima anual de potência atribuída (p.e. 20 MW atribuídos por ano)</li> </ul>

## 2.2.2 Vantagens e Barreiras do Autoconsumo

A aposta em sistemas para autoconsumo tem vindo a despertar cada vez mais interesse, uma vez que é vantajosa no sentido em que [11], [12]:

- Diminui os encargos energéticos numa instalação;
- Torna a rede de distribuição elétrica mais eficiente;
- Promove o aparecimento de novos produtos e novas tecnologias, criando assim oportunidades de expansão e crescimento para a indústria e para a economia;
- Contribui para a diminuição da dependência de recursos convencionais de origem não renovável;
- Contribui para a diminuição de emissões de gases com efeito de estufa (GEE).

Embora o autoconsumo apresente um vasto leque de vantagens muito apelativas, ainda assim existem algumas barreiras a ultrapassar dentro das quais se destacam [13]:

- A falta de consciência e entendimento por parte dos consumidores sobre as vantagens do autoconsumo;
- A falta de equipamento comercial de controlo eficaz de armazenamento para ajudar a adaptar a produção com o consumo da instalação;
- Preços elevados em especial dos sistemas de armazenamento.

Para além de todas as barreiras mencionadas anteriormente, é de grande importância mencionar também o impacto negativo, que as condições climáticas podem ter na produção fotovoltaica. Alguns fatores externos, tais como, nuvens, fumos, eclipses, chuva, entre outros, são responsáveis por fenómenos de intermitência na produção.

Outro grande obstáculo à integração de sistemas de autoconsumo, diz respeito ao facto de existir um desfasamento temporal entre os períodos de produção e consumo. A forma de contornar este problema é, através da integração de sistemas de armazenamento de energia que maximizem a utilização da produção no consumo em conjunto com sistemas de gestão da procura. Os sistemas de armazenamento, possibilitam o armazenamento do excedente e a sua utilização posterior, reduzindo assim a quantidade de energia solicitada à RESP, enquanto que a gestão da procura possibilita alterações do diagrama de carga do consumo, por exemplo movendo-o para períodos de maior disponibilidade de energia.



### 2.2.3 Constituintes de um Sistema de Autoconsumo

Os elementos integrantes de um sistema de autoconsumo, depende muito da tipologia de sistema utilizada, mas podemos destacar como mais relevantes os seguintes componentes:

- **Painéis fotovoltaicos:** são a parte mais importante de todo os sistemas porque são eles os responsáveis pela produção de energia.
- **Sistema de armazenamento (baterias):** têm como principal missão armazenar energia, para posteriormente garantir o fornecimento de energia à instalação quando a produção é insuficiente ou inexistente, por exemplo, no período noturno.
- **Regulador de carga:** a sua principal função consiste em fazer a gestão das baterias, controlar os níveis de carga destas, tentando sempre preservar ao máximo, de modo que a sua vida útil não seja afetada.
- **Conversor de potência:** a utilização do conversor é determinada pelo tipo de cargas que se pretende alimentar, perante carga alimentadas em corrente contínua não existe a necessidade de colocar um inversor DC-AC. Se existir a necessidade de alimentar cargas de corrente alternada, aí um inversor DC-AC torna-se obrigatório para permitir a conversão da corrente contínua vinda das baterias em corrente alternada, com a frequência e amplitude da rede.

É ainda necessário salientar a importância de um controlador que faça a gestão da produção e armazenamento de modo a minimizar as trocas de energia com a rede e também um contador bidirecional, que possibilite a contagem das trocas de energia da instalação com a RESP, sempre que houver excesso de produção e capacidade insuficiente de armazenamento.

### 2.2.4 Tipologias dos Sistemas para Autoconsumo

É necessário distinguir se a unidade de produção se encontra ligada ou não à RESP [14], [15]. Quando estas unidades de produção se encontram ligadas à RESP, esta será utilizada quando o sistema de autoconsumo não conseguir suprir na totalidade as necessidades da instalação elétrica em questão. Este tipo de sistema é também denominado de *prosumer* que resulta da junção de *producer* e *consumer*, conceito este que engloba os mais diversos tipos de setores, tais como, residencial, industrial, de serviços e até agricultura [15]. Nas subsecções seguintes serão analisadas e apresentadas as principais características das UPAC, bem como as suas diferentes tipologias.

### 2.2.4.1 Sistema para Autoconsumo Isolado/Autônomo

Os sistemas isolados, são geralmente instalados em regiões remotas ou lugares longínquos onde a ligação à RESP não é possível, ou onde não seja economicamente viável o desenvolvimento de sistemas elétricos. Neste tipo de sistema toda a energia consumida pela instalação elétrica é consumida no local necessitando sempre de um sistema de armazenamento [14].

Este tipo de sistema é usualmente utilizado para alimentar cargas de pequena potência. Sinalização rodoviária, iluminação, casas de campo, sistemas de vigilância, são algumas das aplicações desta tipologia [17].

Dado que os sistemas isolados não estão conectados à RESP, um adequado dimensionamento da UPAC é crucial para que toda a energia necessária à instalação seja fornecida pelo sistema.

Como é difícil ajustar o valor da carga à produção este sistema isolado precisa sempre de lhe ter associado um sistema de armazenamento, que normalmente é composto por baterias, garantindo que o excedente de produção é armazenado para poder ser utilizado posteriormente, podendo ser utilizado em horários em que não existe radiação solar ou para salvaguardar os dias chuvosos e/ou nublados.

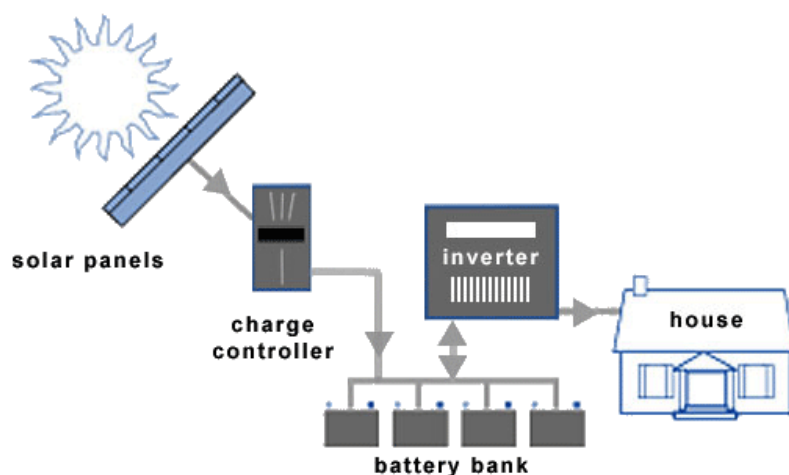


Figura 2.7 - Sistema de autoconsumo sem ligação à RESP e com armazenamento [18]

### 2.2.4.2 Sistema para Autoconsumo Com Ligação à RESP

Esta é a tipologia mais comum de uma UPAC, sendo que a energia consumida na instalação pode ser obtida a partir da RESP ou da UPAC. As necessidades energéticas da instalação são, preferencialmente satisfeitas, pela energia proveniente da UPAC.

Caso a produção seja insuficiente a RESP fornece a energia suplementar, por outro lado, se a produção for em excesso, em relação às necessidades da instalação, esse excesso será injetado na rede ou, existindo sistema de armazenamento de energia, armazenada para ser usada em período posterior.

Uma UPAC com ligação à RESP permite que o excedente de produção seja injetado na rede, e que sempre que necessário, receba energia proveniente da mesma. Para que tal aconteça, estes sistemas têm de ser dotados de um contador bidirecional que contabilize a energia que circula nos dois sentidos, havendo ainda a possibilidade da energia encaminhada para a RESP ser remunerada à tarifa de venda em vigor.

Para que seja possível injetar o excedente de produção na RESP, é necessário respeitar certas condições técnicas, particularmente, limites de tensão e produção, em termos de potência instalada, entre outras, previstas no Regulamento Técnico e de Qualidade da Produção Elétrica para Autoconsumo indicado na legislação em vigor [6].

Na seguinte figura é apresentado um possível esquema de ligação de uma UPAC com venda de eletricidade à RESP.

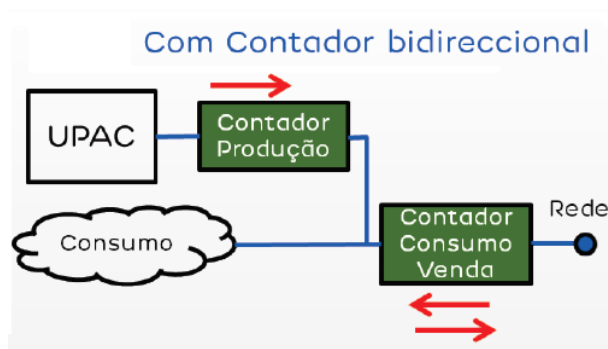


Figura 2.8 - Esquema de ligação de uma UPAC com venda de eletricidade à RESP [7]

Estes tipos de sistemas com injeção de energia na RESP, podem ainda ser divididos em dois grupos, os que incorporam um sistema de armazenamento e os que são de autoconsumo instantâneo, ou seja, não possuem qualquer tipo de armazenamento.

Na seguinte figura é possível visualizar o perfil diário típico de um sistema de produção ligado à rede sem armazenamento.

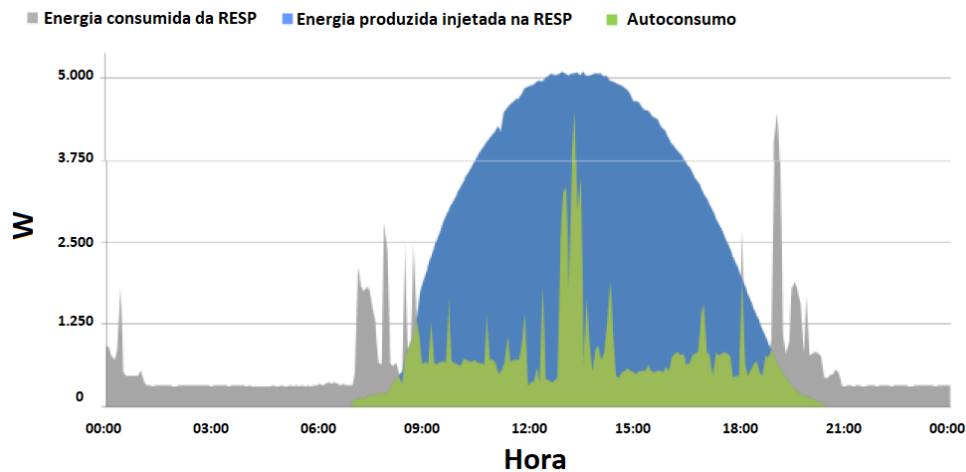


Figura 2.9 – Autoconsumo sem armazenamento [15]

Aproximadamente durante o período entre as 9h00 e as 18h00, a UPAC consegue gerar energia suficiente para alimentar a instalação e todo o excedente de energia é injetado na RESP. Durante as restantes horas do dia em que não está disponível o recurso solar, verifica-se que é necessário recorrer à RESP para colmatar as necessidades energéticas como se pode constatar pela Figura 2.9.

Sempre que existe armazenamento integrado num sistema deste tipo, o excedente de produção é canalizado para o armazenamento, podendo ser um armazenamento total ou parcial da energia produzida que seria injetada na RESP. Esta medida torna-se relevante e de grande importância, uma vez que permite a sua utilização posterior, em períodos em que a produção é insuficiente ou inexistente, aumentando assim a taxa de utilização da energia produzida em consumo da instalação e evitando assim consumir energia proveniente da RESP.

Na figura seguinte está representado o perfil diário típico deste tipo de sistema.

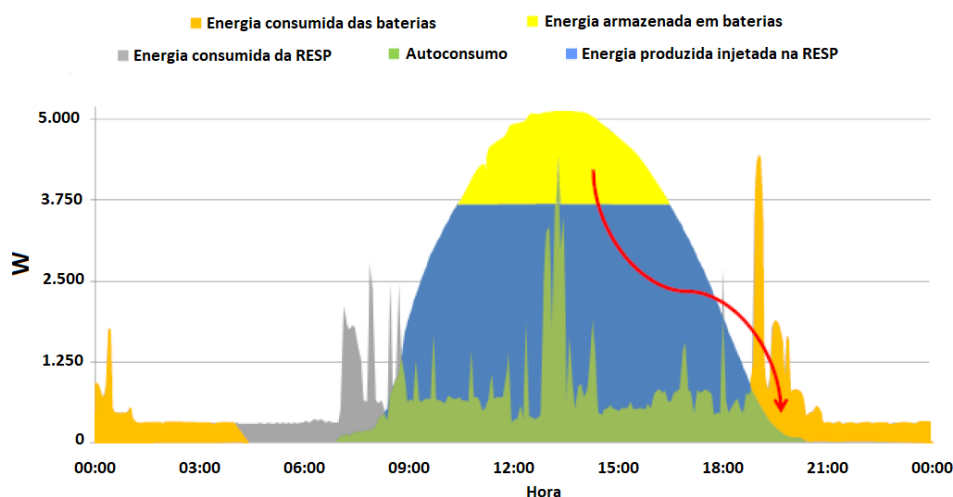


Figura 2.10 – Autoconsumo com armazenamento [15]

Na Figura 2.10 é possível observar que a quantidade de energia consumida proveniente da RESP, é muito inferior quando comparada com a situação anterior em que não existia um sistema de armazenamento.

Durante o período entre as 9:00 e as 18:00 aproximadamente, verifica-se uma diminuição considerável do excedente injetado na RESP, que se deve ao fato dessa energia ser canalizada para o armazenamento. Esse armazenamento possibilita o uso posterior dessa energia armazenada, mais concretamente no período noturno, conseguindo-se assim reduzir significativamente o período em que é solicitada energia à RESP.

Uma solução que poderia ser implementada por forma a maximizar o rendimento e a eficiência deste sistema, seria a deslocação de cargas para os períodos onde a produção é manifestamente considerável [14]. Esta tipologia tem a vantagem de conseguir um maior aproveitamento da energia renovável, contudo este sistema implica um maior investimento inicial uma vez que carece de um sistema de armazenamento e respetivo controlo.

### **2.2.5 Sistemas de Armazenamento**

O armazenamento de energia elétrica pode ser feito de diversas formas, tais como, mecânica, energia potencial, química ou térmica. Devido à necessidade de manter o equilíbrio entre a produção e o consumo, cada vez mais os sistemas de armazenamento se tornam importantes, sendo que um sistema de armazenamento permite atenuar a intermitência ou imprevisibilidade de produção de uma fonte renovável [21].

Um sistema de armazenamento de energia integrado numa UPAC deve apenas armazenar o excedente de produção e não armazenar energia proveniente da RESP a não ser que seja para contribuir para os desvios de consumos para horas com menor custo de energia. A escolha do sistema de armazenamento a aplicar, dependerá de fatores, tais como, capacidade de armazenamento, potência nas trocas de energia da instalação como armazenamento, tempo de resposta, gestão do fluxo de energia com a instalação e temperatura de operação [22].

Atualmente, existem diversas tecnologias de armazenamento disponíveis, tais como, armazenamento de ar comprimido, volante de inércia (*flywheels*), super condensadores, bombagem, baterias, entre outras [23]. As baterias, pelas suas características assumem um papel de destaque no âmbito do estudo que se pretende com este trabalho, sendo assim aprofundado esta temática no ponto seguinte.

### 2.2.5.1 Baterias

As baterias são dispositivos de armazenamento de energia e a forma mais antiga de armazenar energia elétrica. O seu princípio de funcionamento, baseia-se na conversão de energia química em energia elétrica através de reações eletroquímicas. As baterias podem ser divididas em dois grupos, as baterias primárias e as baterias secundárias, sendo que a principal diferença entre ambas, é o facto de que as baterias primárias não podem ser recarregadas, enquanto que as baterias secundárias permitem o recarregamento [24], [25].

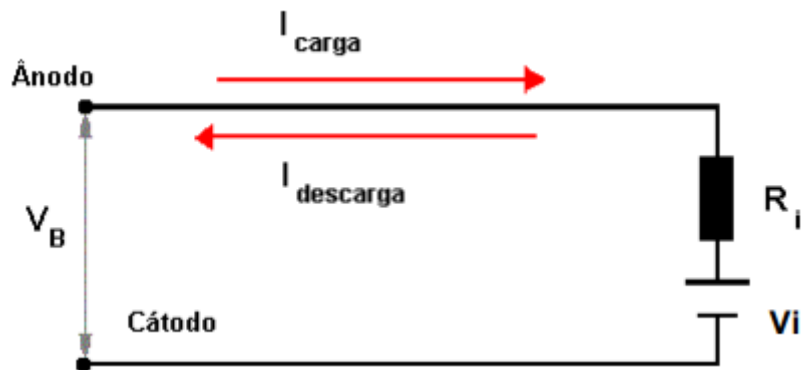


Figura 2.11 – Circuito equivalente de uma bateria [27]

Aplicando uma carga aos terminais de uma bateria carregada, a corrente circula com o sentido de  $I_{descarga}$ , dando-se a descarga da mesma, enquanto que se for aplicada uma tensão aos terminais da bateria, é possível obter o resultado contrário, ou seja a bateria começa a carregar, assumindo a corrente o sentido  $I_{carga}$ .

Para uma melhor compreensão deste tipo de tecnologia, é necessário conhecer alguns conceitos relacionados com a mesma, tais como [22], [26]:

- **Densidade de energia (Wh/kg ou Wh/litro)** - Quantidade de energia que a bateria consegue armazenar por unidade de volume ou peso;
- **Eficiência da bateria (%)** – Relação entre a energia fornecida durante o processo de carga e a obtida durante o processo de descarga;
- **Ciclo de vida (n°)**– Número de ciclos de carga e descarga;
- **Temperatura de operação (°C)**;
- **Profundidade de descarga (%)** – Quantidade de carga retirada da bateria num ciclo típico de funcionamento, expressa em percentagem da capacidade nominal desta;
- **Taxa de auto descarga (%)**– Quantidade de energia perdida pela bateria mesmo quando não se encontra em funcionamento;

- **Capacidade (Ah)** – Corresponde à corrente elétrica que uma bateria consegue fornecer num determinado período de tempo.

Numa UPAC, o sistema de armazenamento é composto por baterias secundárias, uma vez que as baterias serão expostas a inúmeros ciclos de carga e descarga. Atualmente, existe uma grande variedade de baterias disponíveis no mercado, mas dentro das mais comuns neste tipo de sistemas é possível destacar as baterias de chumbo-ácido, íões de lítio, níquel-cádmio e níquel-hidreto metálico, sendo estas últimas uma melhoria das baterias níquel-cádmio.

*Tabela 2.2 - Características de vários tipos de baterias [28]*

<b>Especificações</b>	<b>Chumbo-Ácido</b>	<b>Níquel-Cádmio</b>	<b>Níquel-Hidreto Metálico</b>	<b>Íão-Lítio</b>
Densidade de energia (Wh/kg)	40	60	80	160
Eficiência (%)	70 - 80	60 - 90	50 - 80	70 - 85
Ciclos de vida (nº)	300	1500	500	700
Tolerância a sobrecargas	Alta	Média	Baixa	Muito baixa
Taxa de Auto descarga (%/mês)	5	20	30	10

## 2.2.6 Legislação de Autoconsumo em Vigor

Atualmente, em Portugal é o Decreto-Lei nº 153/2014, de 20 de outubro, que estabelece os regimes jurídicos aplicáveis à produção de eletricidade destinada ao autoconsumo (UPAC) e ao da venda à RESP proveniente das unidades de pequena produção (UPP) [29]. O grande objetivo, que se pretende atingir com esta nova legislação, passa por adequar o atual modelo de geração distribuída ao perfil de consumo verificado no local [29].

### 2.2.6.1 Condições Necessárias para Efetuar a Ligação de uma UPAC

Para que um sistema de autoconsumo seja aprovado é necessário que cumpra alguns requisitos [7]:

- Se não existir intenção de vender excedente à RESP, para potências instaladas inferiores ou iguais a 200 W não é necessário controlo prévio, enquanto que se a

potência instalada se situar entre 200 W e 1500 W é necessário uma comunicação prévia de exploração;

- Sempre que existir intenção de venda de energia à RESP, para potências instaladas inferiores ou iguais a 1500 W, é necessário registo prévio e a obtenção de certificado de exploração;
- Para potências instaladas compreendidas entre 1.5 kW e 1 MW, inclusive, quer com venda à RESP ou não, será sempre necessária obtenção de certificado de exploração e registo prévio;
- Todo o tipo de instalação com mais do que 1 MW de potência instalada, carece de licença de produção, bem como de licença de exploração, de acordo com a legislação em vigor;
- A potência instalada numa UPAC não pode ser superior a duas vezes a potência de ligação;
- O licenciamento é efetuado através do SERUP;
- A potência de ligação da UPAC tem de ser inferior à potência contratada.

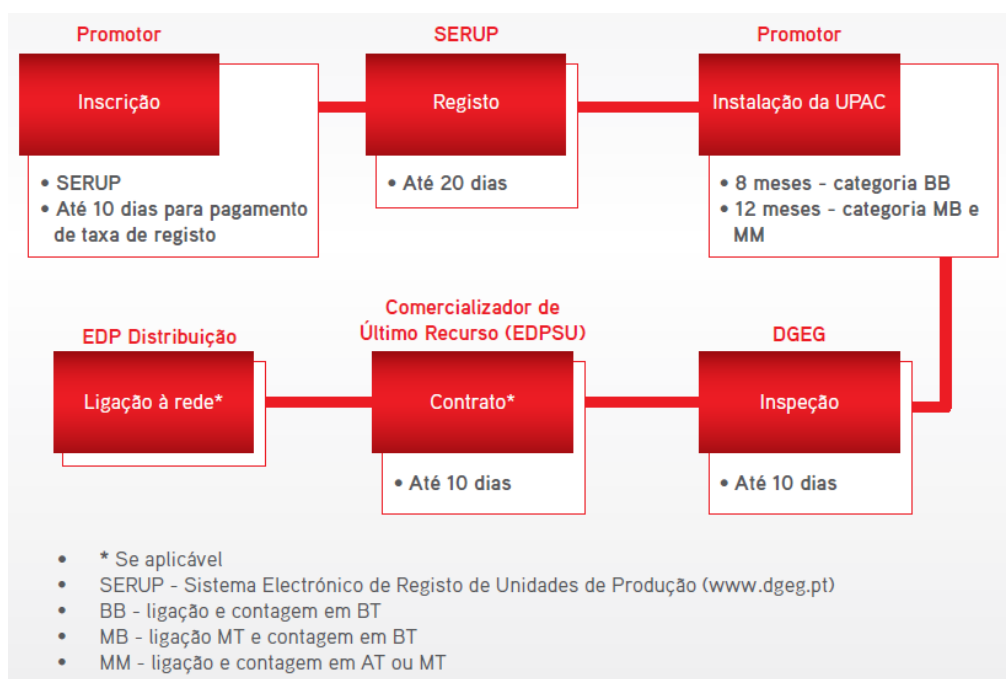


Figura 2.12 – Tramitação da ligação de UPAC [7]



### 2.2.6.2 Direitos e Deveres do Produtor

O produtor, segundo o Decreto-Lei anteriormente referido, tem os seguintes direitos [31]:

- Possuir um UPAC por cada instalação elétrica de uso final, podendo ser de origem renovável ou não, a fonte de energia escolhida;
- Consumir ou injetar na RESP, toda a energia produzida pela UPAC;
- Celebrar um contrato de venda da eletricidade excedente proveniente da UPAC, sempre que aplicável;
- Efetuar a ligação da UPAC à instalação elétrica a que está associada, assim que for emitido o certificado de exploração.

Relativamente aos deveres, o produtor tem os seguintes [7]:

- Celebração de um contrato de responsabilidade civil;
- Suportar todos os custos associados à ligação à RESP, incluindo os contadores;
- Fornecer à DGEG toda a informação e dados relativos à produção da UPAC sempre que solicitado;
- Permitir o acesso do pessoal técnico à unidade produtora sempre que necessário;
- Certificar que todos os equipamentos da UPAC estão certificados;
- Dimensionar a UPAC de forma a que a energia produzida se aproxime da energia consumida na instalação de utilização.

### 2.2.6.3 Renumeração do Excedente

O cálculo da renumeração do excedente injetado na RESP, é obtido através da seguinte expressão [29]:

$$R_{UPAC,m} = E_{fornecida,m} \times OMIE_m \times 0,9 \quad (2.1)$$

Onde ' $m$ ' representa o mês em questão,  $R_{UPAC,m}$  o valor da renumeração pela energia fornecida à RESP em € no mês ' $m$ ',  $E_{fornecida,m}$  a energia injetada na RESP proveniente da UPAC em kWh no mês ' $m$ ' e  $OMIE_m$  o valor resultante da média aritmética simples dos preços de fecho do OMIE para Portugal também relativo ao mês ' $m$ '. Todo o excedente de produção é renumerado ao preço de mercado, deduzido de 10%, o valor de 0,9 representa a compensação dos custos da injeção de energia.

## 2.3 Tecnologias Disponíveis no Mercado

Com o avanço tecnológico e com uma aposta cada vez maior no mercado do autoconsumo, têm sido várias as empresas que se têm dedicado ao desenvolvimento de produtos cada vez mais inovadores e eficientes.

Atualmente, existe uma vasta gama de produtos no mercado, que oferecem níveis de eficiência, desempenho, fiabilidade e economia cada vez mais altos, ainda assim os preços praticados ainda são relativamente elevados. Nas subseções seguintes, serão apresentados dois inversores para sistemas solares com armazenamento integrado, capazes de fazer uma gestão inteligente de todo o sistema. Este tipo de produto, possibilita uma gestão altamente eficiente da energia, através da gestão da bateria, da direção dos fluxos de energia e da produção, conduzindo assim a inúmeras vantagens para o proprietário, para o ambiente e para o sistema elétrico.

### 2.3.1 ABB React 2

O *React 2*, é um inversor solar da ABB com capacidade de armazenamento de energia integrado. Este inversor, pode ser expandido graças a sua capacidade modular, aumentando assim facilmente a sua capacidade de armazenamento de 4 kWh para 8 kWh ou para 12 kWh. Este equipamento permite poupanças energéticas de até 90%, ou seja, permite uma redução bastante significativa dos encargos energéticos e um aumento considerável no aproveitamento da energia proveniente da UPAC [31].

Este produto é fácil e rápido de instalar, sendo uma das suas maiores vantagens a sua grande flexibilidade, adaptando-se a vários tipos de sistemas fotovoltaicos existentes, sendo possível a sua instalação em CA ou CC. Em zonas onde as fontes de alimentação, possam não ser tão fiáveis como deveriam ser, o *React 2* oferece uma função de apoio por forma a garantir a alimentação em caso de falha energética [31].



Figura 2.13 – ABB React 2 [31]

### 2.3.2 Bosch BPT-S 5 Hybrid

O BPT-S 5 *Hybrid* da *Bosch*, é também como o anterior produto, um inversor solar com capacidade armazenamento. Este equipamento encontra-se no mercado com capacidades de armazenamento de 4,4 kWh, 6,6 kWh, 8,8 kWh, 11 kWh e 13,2 kWh. É um inversor com uma bateria de iões de lítio e um sistema de gestão inteligente com ecrã tátil a cores. Este equipamento é responsável por toda a gestão e monitorização dos fluxos de energia, tornando o sistema onde está inserido o mais eficiente possível. Este produto, possui um carregamento rápido das baterias, proporciona uma maior independência da RESP e contém ainda um modo de emergência para garantir o fornecimento elétrico em caso de falha. É ainda possível efetuar toda a monitorização e controlo através de uma simples aplicação para *smartphones* [32].



*Figura 2.14 – Bosch BPT-S 5*

## Capítulo 3

### 3 Caracterização do Consumidor/Habitação

O presente capítulo serve como introdução ao caso de estudo abordado no próximo capítulo. Ao longo deste, será dado a conhecer as mais relevantes características do local em estudo.

#### 3.1 Localização e Caracterização da Instalação

A instalação analisada apresenta as seguintes características:

*Tabela 3.1- Características da instalação*

<b>Potência Contratada</b>	6.9 kVA
<b>Tipo de Tarifa</b>	Bi-Horária
<b>Nº de Fases</b>	Monofásico
<b>Escalão de Potência</b>	BTN
<b>Localização</b>	Coimbra

Para uma análise mais detalhada, é de extrema importância o conhecimento do regime tarifário aplicado a este consumidor. Assim, para uma potência contratada de 6.9 kVA e uma tarifa bi-horária, o consumidor irá ter diferentes preços para diferentes períodos do dia. Os valores aplicados, são apresentados de seguida nas tabelas 3.2 e 3.3.

*Tabela 3.2 - Preçário da tarifa bi-horária em horário de Verão para o ano de 2017*

<b>Dia da Semana</b>	<b>Horário</b>	<b>Tipo de Hora</b>	<b>€/kWh</b>
Seg-Sex	00h00 - 07h00	Vazio	0,0921
	07h00 - 24h00	Fora de Vazio	0,1997
Sábado	00h00 - 09h00	Vazio	0,0921
	09h00 - 14h00	Fora de Vazio	0,1997
	14h00 - 20h00	Vazio	0,0921
	20h00 - 22h00	Fora de Vazio	0,1997
	22h00 - 00h00	Vazio	0,0921
Domingo	00h00 - 24h00	Vazio	0,0921

Tabela 3.3- Preçário da tarifa bi-horária em horário de Inverno para o ano de 2017

Dia da Semana	Horário	Tipo de Hora	€/kWh
Seg-Sex	00h00 - 07h00	Vazio	0,0921
	07h00 - 24h00	Fora de Vazio	0,1997
Sábado	00h00 - 09h30	Vazio	0,0921
	09h30 - 13h30	Fora de Vazio	0,1997
	13h30 - 18h30	Vazio	0,0921
	18h30 - 22h00	Fora de Vazio	0,1997
	22h00 - 00h00	Vazio	0,0921
Domingo	00h00 - 24h00	Vazio	0,0921

De notar, que aos preços apresentados acresce ainda o IVA, que atualmente se situa nos 23%. O horário de Inverno corresponde aos meses de novembro, dezembro, janeiro, fevereiro e março, enquanto que o horário de Verão corresponde aos meses de abril a outubro inclusive. Através da análise das tabelas 3.2 e 3.3, é possível verificar que existe alterações ao sábado no número de horas de vazio e fora de vazio.

### 3.2 Consumo Energético

Para um correto dimensionamento de um sistema para autoconsumo, é imprescindível o conhecimento do perfil de consumo da instalação a analisar. Os dados utilizados neste estudo, foram adquiridos na habitação do consumidor através de aparelhos de medida para o efeito. De notar que quanto mais detalhado forem os dados, maior probabilidade existe de a solução ser a mais correta, sendo assim, foram utilizados dados obtidos com uma periodicidade de 15 minutos e que representam o consumo energético desde de janeiro de 2017 a dezembro de 2017, ou seja, um ano completo.

Na tabela seguinte são apresentados os consumos mensais, assim como os respetivos encargos energéticos.

Tabela 3.4- Consumos mensais, ponta máxima e encargos do consumidor no ano 2017

	Consumo Mensal (kWh)	Ponta Máxima (kW)	Custo Total (€)
Janeiro	528,52	4,09	96,53
Fevereiro	500,12	6,31	90,72
Março	498,79	4,6	92,83
Abril	296,73	3,8	54,65
Maio	255,23	3,57	48,79
Junho	215,36	3,79	42,39
Julho	225,34	4,59	41,22
Agosto	199,71	2,93	38,93
Setembro	223,07	3,38	41,53
Outubro	256,78	4,16	46,01
Novembro	327,48	3,57	58,45
Dezembro	535,27	4,78	95,64
Anual	4062,39		747,71

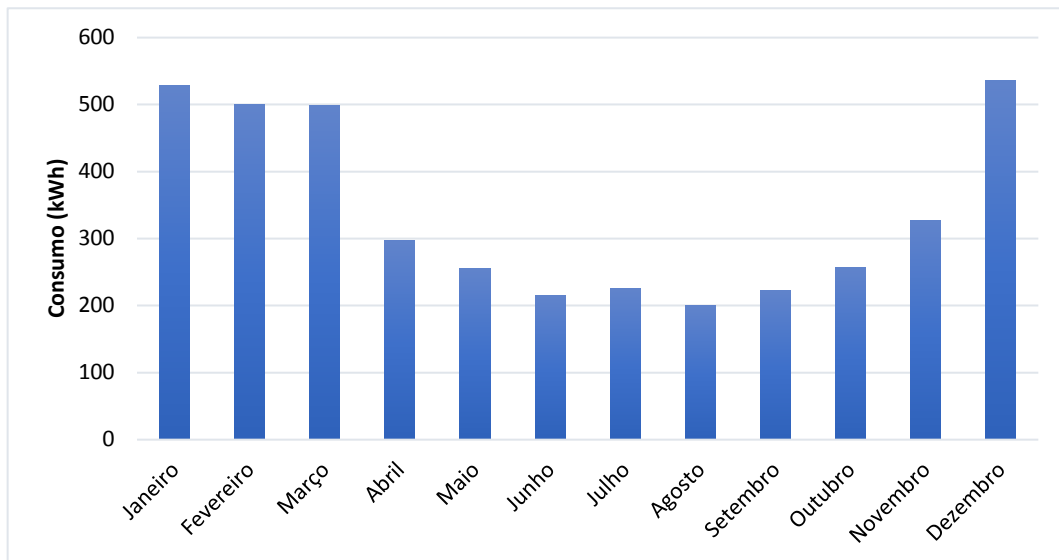


Figura 3.1- Consumos mensais do consumidor no ano 2017

É possível verificar através dos dados da tabela 3.4, que os meses de verão apresentam consumos bastantes inferiores comparativamente aos meses de inverno. Por exemplo, no mês de dezembro o consumo elétrico mais que duplica o consumo no mês de agosto.

Através da análise dos dados do consumo, foi ainda possível verificar alguma diferença entre os consumos médios dos dias úteis e dos dias de fim-de-semana. Nas figuras seguintes são representados os consumos médios de um dia útil e de um dia de fim-de-semana para um mês de inverno e outro para um mês de verão. As figuras dos restantes meses poderão ser encontradas no apêndice A.

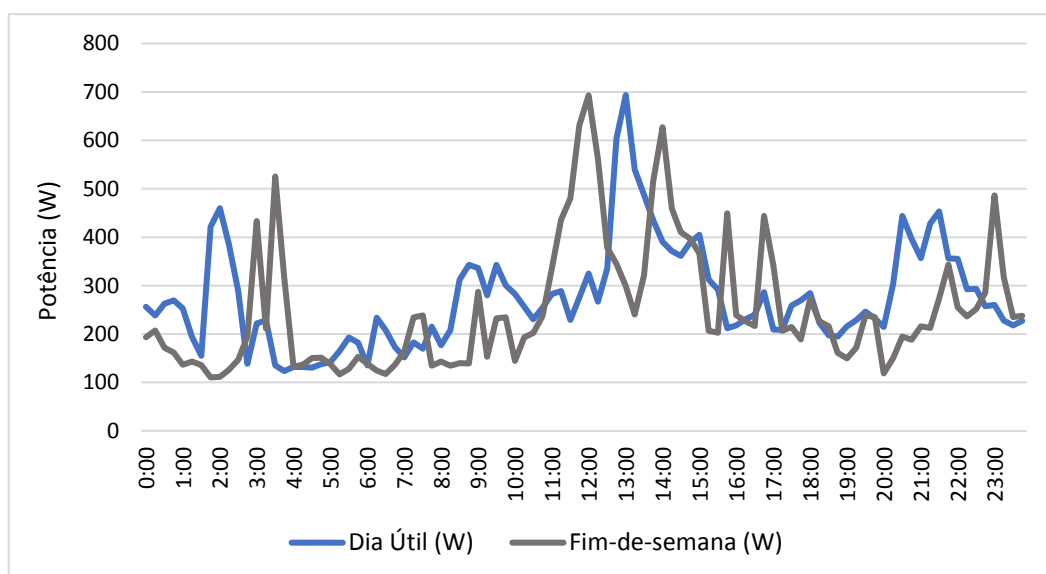


Figura 3.2- Consumo médio durante o mês de agosto de 2017

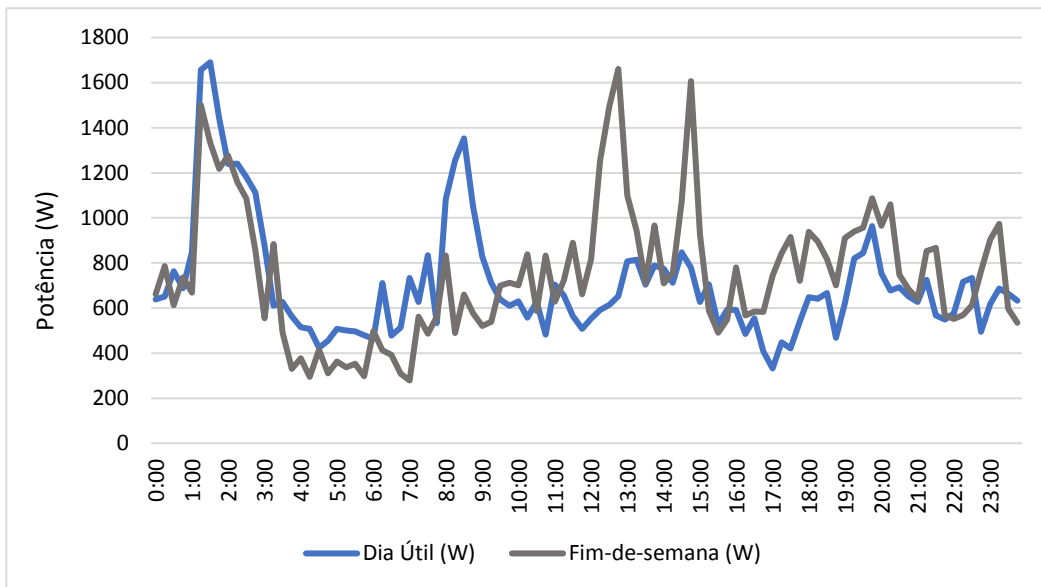


Figura 3.3- Consumo médio durante o mês de dezembro de 2017

Pela análise das figuras 3.2 e 3.3, apura-se que os consumos aos fins-de-semana tendem a ser mais acentuados do que nos dias úteis, o que se justifica porque durante os dias úteis a habitação está desocupada durante grande parte do dia, sendo que ao fim-de-semana é natural ter ocupantes que façam uso de energia elétrica.

### 3.3 Perfil de Produção

Após o conhecimento dos consumos anuais da habitação, é necessário analisar o perfil de produção para a região em questão. Como tal foram utilizados neste estudo, diferentes potências instaladas, mais nomeadamente 250 W, 500 W, 750 W, 1000 W, 1250 W e 1500 W. Os dados utilizados têm uma periodicidade de 15 minutos, foram obtidos na região de Coimbra e correspondem a um ano inteiro.

Na tabela seguinte é possível visualizar a produção anual e mensal das diferentes potências instaladas.

Tabela 3.5 - Produção mensal e anual das varias potências instaladas para a região de Coimbra

	Produção Mensal (kWh)					
	250 W	500 W	750 W	1000 W	1250 W	1500 W
<b>Janeiro</b>	14,83	29,66	44,49	59,32	74,15	88,98
<b>Fevereiro</b>	26,51	53,01	79,52	106,02	132,55	159,06
<b>Março</b>	34,61	69,23	103,83	138,46	173,05	207,66
<b>Abril</b>	28,41	56,83	85,23	113,66	142,05	170,46
<b>Mai</b>	38,62	77,25	115,86	154,5	193,1	231,72
<b>Junho</b>	35,73	71,46	107,19	142,92	178,65	214,38
<b>Julho</b>	43,27	86,55	129,81	173,1	216,35	256,62
<b>Agosto</b>	42,69	85,37	128,07	170,74	213,45	256,14
<b>Setembro</b>	41,3	82,59	123,9	165,18	206,5	247,8
<b>Outubro</b>	29,51	59,02	88,53	118,04	147,55	177,06
<b>Novembro</b>	21,25	42,5	63,75	85	106,25	127,5
<b>Dezembro</b>	17,75	35,5	53,25	71	88,75	106,5
<b>Total anual</b>	374,48	748,95	1123,44	1497,9	1872,4	2246,88

Na tabela 3.5 é possível verificar que nos meses de verão a produção fotovoltaica é consideravelmente superior, comparativamente aos meses de inverno, o que seria de esperar uma vez que nos meses de verão o número de horas de sol diárias é superior. Por forma evidenciar ainda mais esta particularidade, na figura seguinte é apresentada uma comparação entre a produção fotovoltaica num mês de verão e um mês de inverno. Os dados relativos aos restantes meses podem ser encontrados no apêndice B.

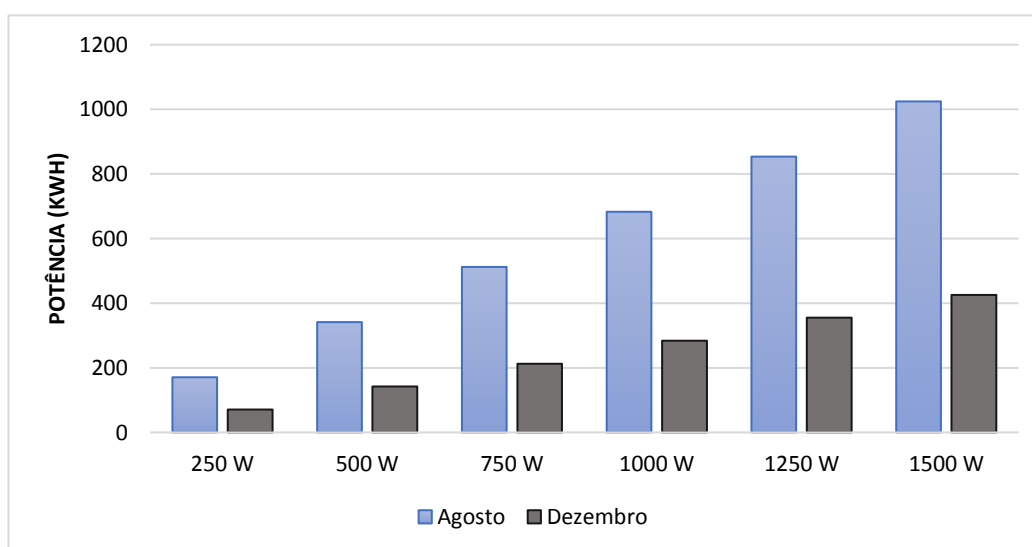


Figura 3.4- Produção fotovoltaica em agosto e em dezembro para diferentes potências



A figura 3.4 acentua o que foi referido anteriormente, por exemplo, uma potência instalada de 500 W no mês de agosto produz praticamente o mesmo do que uma potência instalada de 1250 W em dezembro.

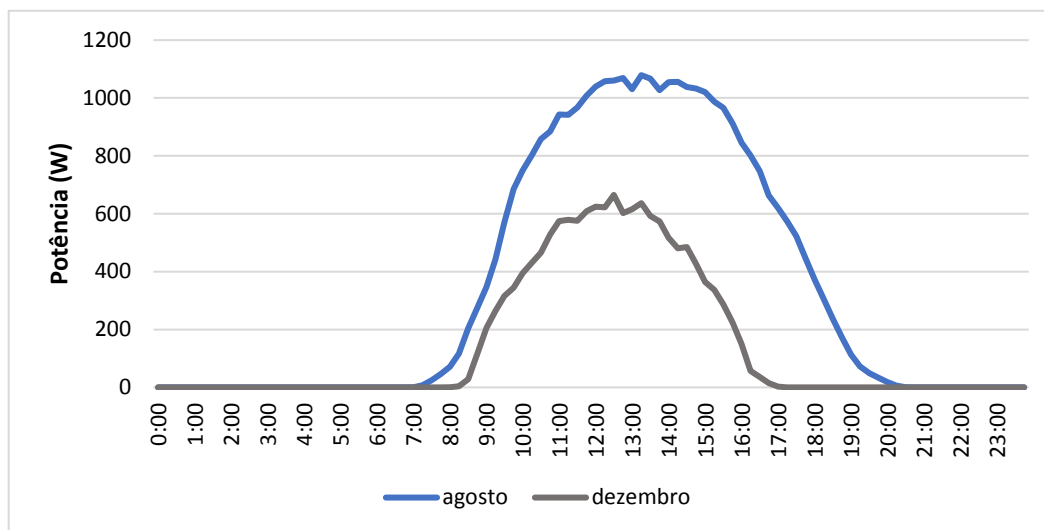


Figura 3.5- Produção média mensal de uma potência instalada de 1500 W

A sazonalidade tem grande influencia na produção fotovoltaica como é possível constatar na figura 3.5. Os aspetos mais importantes a notar são, o intervalo de horas em que existe sol em agosto comparativamente com dezembro e o pico atingido que é consideravelmente maior no verão.

# Capítulo 4

## 4 Caso de Estudo

No presente capítulo será realizado um estudo de cenários, que combinam várias capacidades de produção fotovoltaica com várias capacidades de armazenamento. O objetivo primordial foca-se no estudo do comportamento destes sistemas quando agregados à instalação em estudo, passando também pela avaliação da sua viabilidade. Toda a análise terá como base as características referidas no capítulo anterior.

### 4.1 Metodologia utilizada

Foram criadas folhas de cálculo em Excel, constituídas pelos dados do consumo anual da habitação e da produção anual com uma periodicidade de 15 minutos. Com base nestas duas colunas de valores foram calculados alguns indicadores, considerados mais relevantes para o estudo, tais como, utilização da bateria ao longo do ano, o número de horas em que a bateria se encontra a carga mínima e máxima, a quantidade de energia consumida proveniente da rede, a quantidade de energia produzida injetada na rede, as trocas feitas com a bateria e também os encargos energéticos.

Foi realizada uma análise mensal e anual para cada cenário, assim como escolhidas semanas representativas das estações do ano, mais concretamente uma semana representativa do Inverno e outra para o Verão, por forma a evidenciar as diferenças existentes relativas à sazonalidade. Para o Inverno foi escolhida a semana de 18 a 24 de dezembro e para o Verão foi escolhida a semana de 21 a 27 de agosto.

Todos estes cálculos foram baseados na seguinte metodologia:

- Se  $Consumo_t > Produção_t$

$$Consumo_{t_{rede/bateria}} = (Consumo_t - Produção_t) \times (1 - \%_{perdas}) \quad (4.1);$$

- Se  $Consumo_t < Produção_t$

$$Armazenamento_{t_{bateria}} = - (Consumo_t - Produção_t) \times (1 - \%_{perdas}) \quad (4.2).$$

Sempre que o consumo for superior à produção, a habitação consome a energia produzida e o restante é colmatado pela RESP ou pelo sistema de armazenamento, sendo dada sempre prioridade à energia armazenada, enquanto que se o consumo for inferior a produção, o consumo é colmatado com energia diretamente do sistema fotovoltaico e todo o excesso de energia produzida será

armazenada nas baterias. Por forma a salvaguardar ao máximo a vida útil das baterias, foi considerado uma profundidade de descarga de 60%, ou seja, um intervalo de utilização entre 20% a 80% da capacidade máxima das baterias. Foram ainda consideradas perdas associadas às trocas de energia, que neste caso correspondem a 5%.

A figura seguinte apresenta, de uma forma simplificada os fluxos de energia considerados neste estudo.

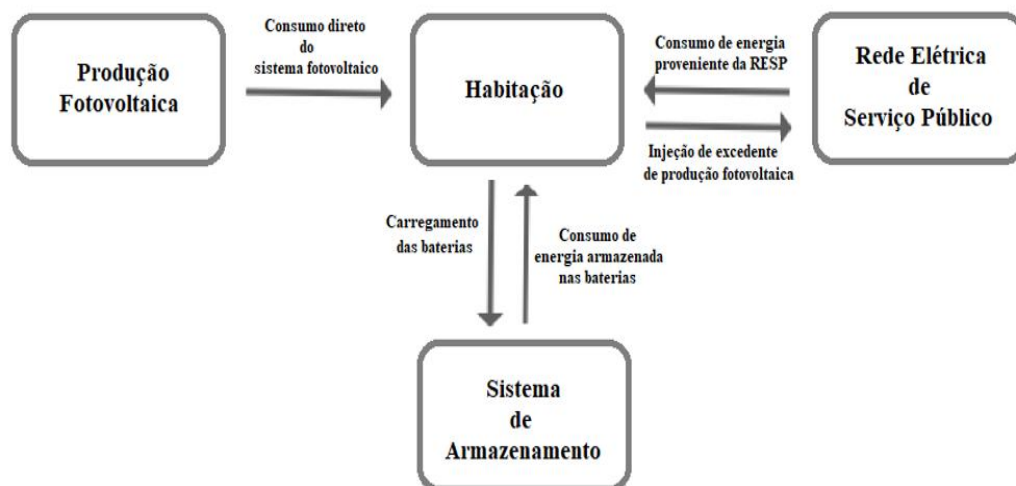


Figura 4.1- Representação simplificada dos fluxos de energia num sistema de autoconsumo com armazenamento

## 4.2 Consumos e Produções em Semanas Representativas

Nas figuras 4.2 e 4.3, estão representados os consumos relativos as semanas representativas do Verão e do Inverno respetivamente.

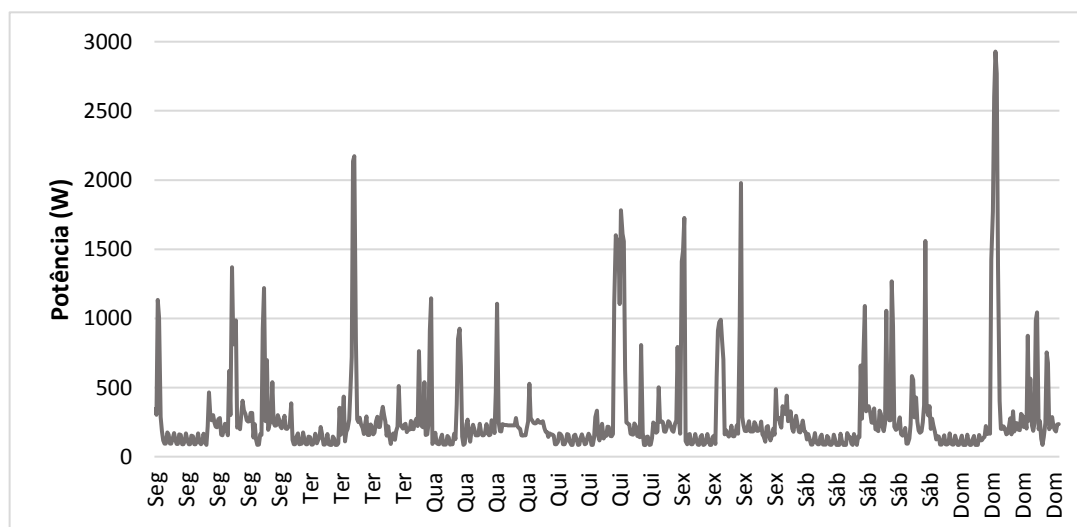


Figura 4.2- Consumo semana 21 a 27 de agosto (Verão)

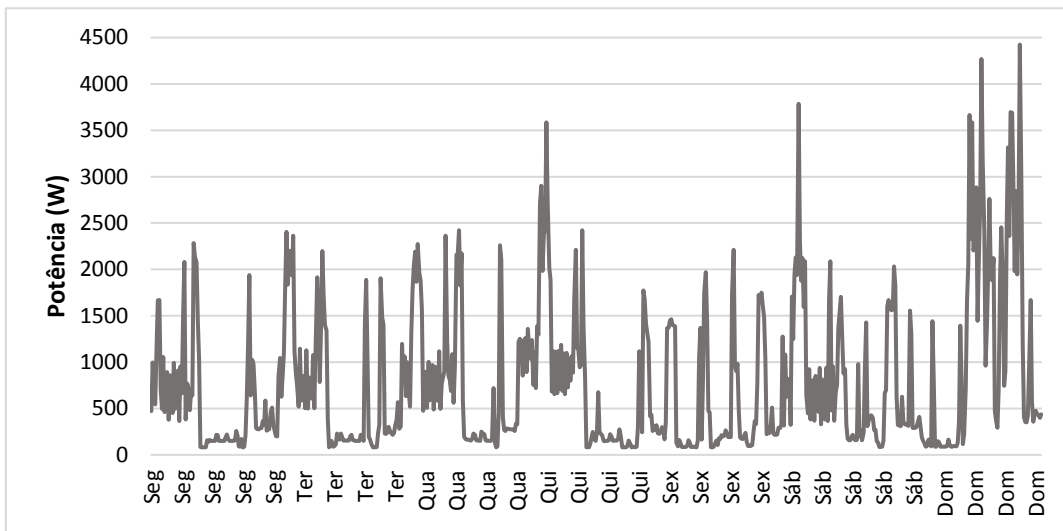


Figura 4.3- Consumo semana 18 a 24 de dezembro (Inverno)

Nas próximas duas figuras, são apresentados os dados relativos à produção fotovoltaica das diferentes capacidades instaladas nas semanas representativas, Verão e Inverno, respetivamente.

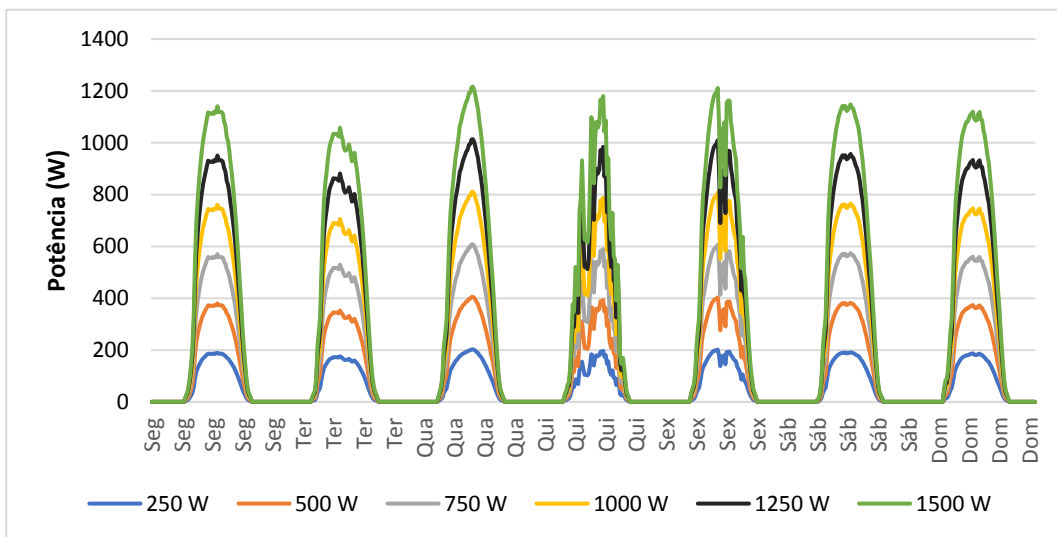


Figura 4.4- Produção fotovoltaica semana 21 a 27 de agosto (Verão)

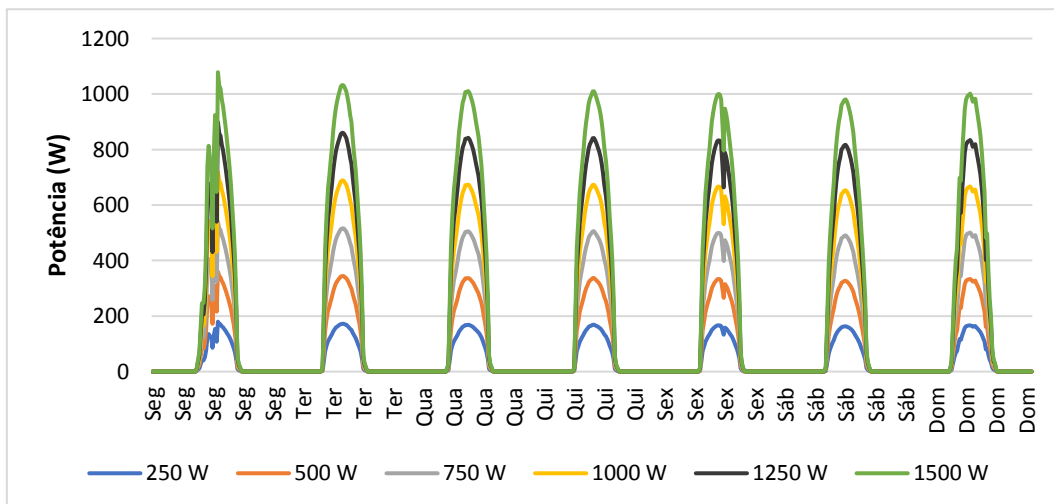


Figura 4.5- Produção fotovoltaica semana 18 a 24 de dezembro (Inverno)

### 4.3 Sistema para Autoconsumo sem Armazenamento

Nesta secção serão apresentados e discutidos, os resultados obtidos no estudo de um sistema para autoconsumo sem armazenamento. Foram estudados vários cenários, com várias capacidades de produção instaladas (250 W, 500 W, 750 W, 1000 W, 1250 W e 1500 W) mas apenas será feita uma abordagem mais detalhada ao cenário de 1000 W. Os dados relativos aos restantes cenários, poderão ser encontrados no apêndice C.

#### 4.3.1 Cenário (1000 W)

##### 4.3.1.1 Semana Representativa do Verão

Na figura seguinte, é apresentado o impacto que o sistema de produção de 1000 w tem na redução da energia consumida proveniente da RESP.

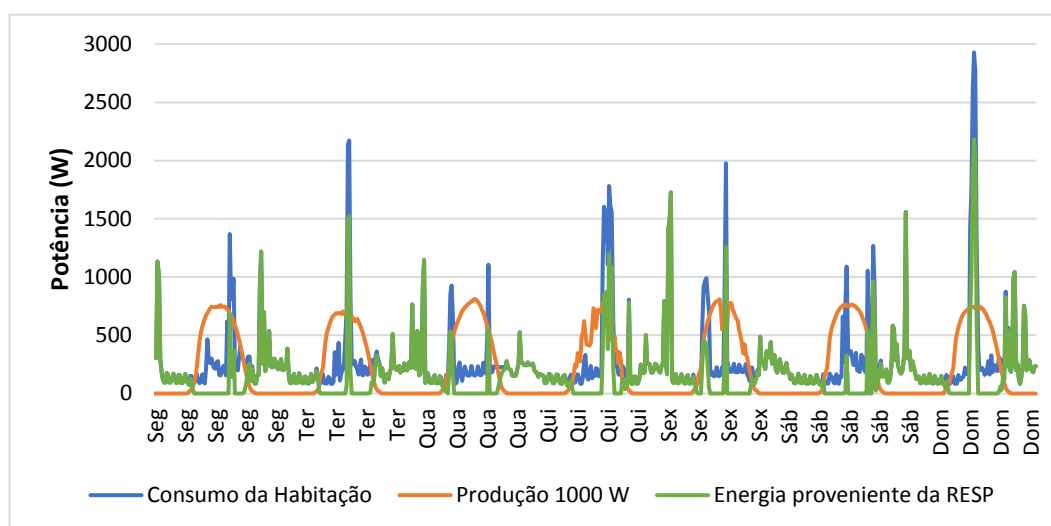


Figura 4.6- Dados relativos à semana representativa do Verão

A análise da figura anterior, permite-nos concluir que a integração de um sistema de produção fotovoltaico na residência em análise irá reduzir o consumo de energia proveniente da RESP. Ainda assim, existe uma grande parte da energia produzida que não é consumida, sendo injetada na rede, com ou sem remuneração e neste caso simplesmente desperdiçada. Para uma análise mais minuciosa, é apresentada na figura que se segue os dados relativos a um único dia pertencente à semana representativa do Verão, que neste caso é a quarta-feira, dia 23 de agosto.

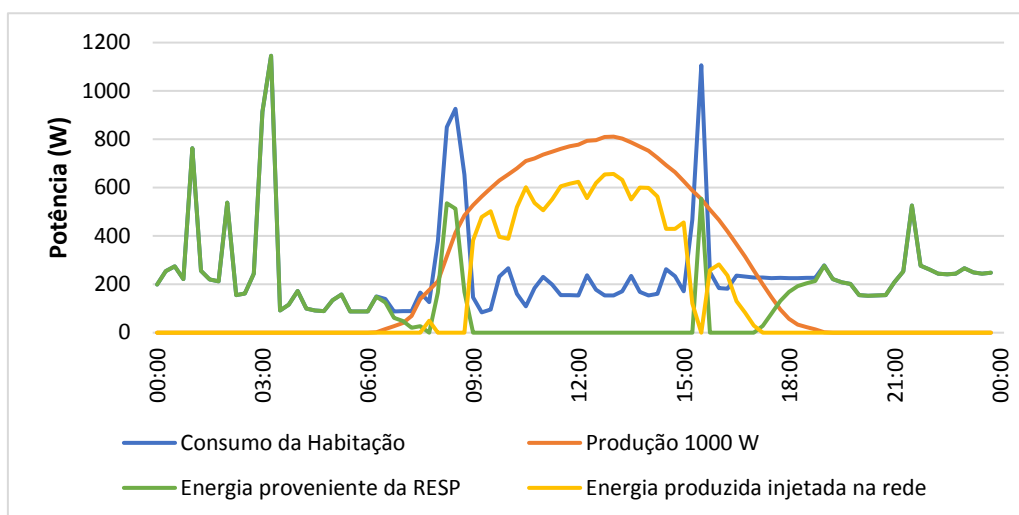


Figura 4.7- Dados relativos a um dia da semana representativa do Verão

Através da análise da figura anterior, onde os dados são mais detalhados, verifica-se que durante o período em que existe produção fotovoltaica, a habitação praticamente não consome energia proveniente da RESP. Por outro lado, principalmente no período entre as 9:00 e as 17:00, existe uma grande quantidade de energia injetada na rede, não remunerada ou remunerada a baixo valor, que poderia ser armazenada, caso existisse um sistema de armazenamento.

Tabela 4.1- Dados relativos ao cenário 1000 W sem armazenamento (Verão)

	21 a 27 Agosto							Total semanal
	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta	Sábado	Domingo	
Consumo (kWh)	6,66	5,82	6,04	6,89	7,35	6,16	8,06	46,98
Produção (kWh)	5,9	5,55	5,96	4,88	5,83	5,94	5,82	39,88
Energia proveniente da rede (kWh)	3,81	3,27	3,74	4,05	4,6	3,49	5,24	28,2
Energia proveniente da rede (%)	57,21	56,19	61,92	58,78	62,59	56,66	65,01	60,03
Energia injetada na rede (kWh)	3,05	3,01	3,66	2,04	3,08	3,27	3	21,11
Energia injetada na rede (%)	51,69	54,23	61,41	41,80	52,83	55,05	51,55	52,93

#### 4.3.1.2 Semana Representativa do Inverno

De seguida, são apresentados os dados relativos à semana representativa do Inverno de um sistema para autoconsumo com uma potência instalada de 1000 W.

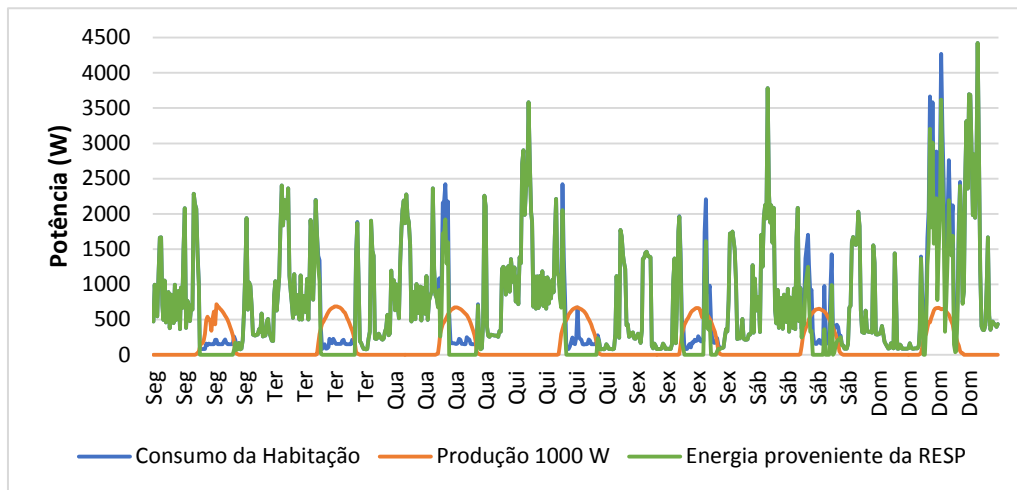


Figura 4.8- Dados relativos à semana representativa do Inverno

Comparando a figura 4.8 com a figura 4.6, é possível verificar que os consumos da habitação são mais elevados no Inverno, o que se traduz num possível maior aproveitamento da energia produzida pelo sistema fotovoltaico. Através da figura seguinte será possível analisar a quantidade de energia produzida que é desperdiçada nesta semana representativa do Inverno, através da análise de um só dia, que neste caso foi escolhido a quarta-feira dia 20 de dezembro.

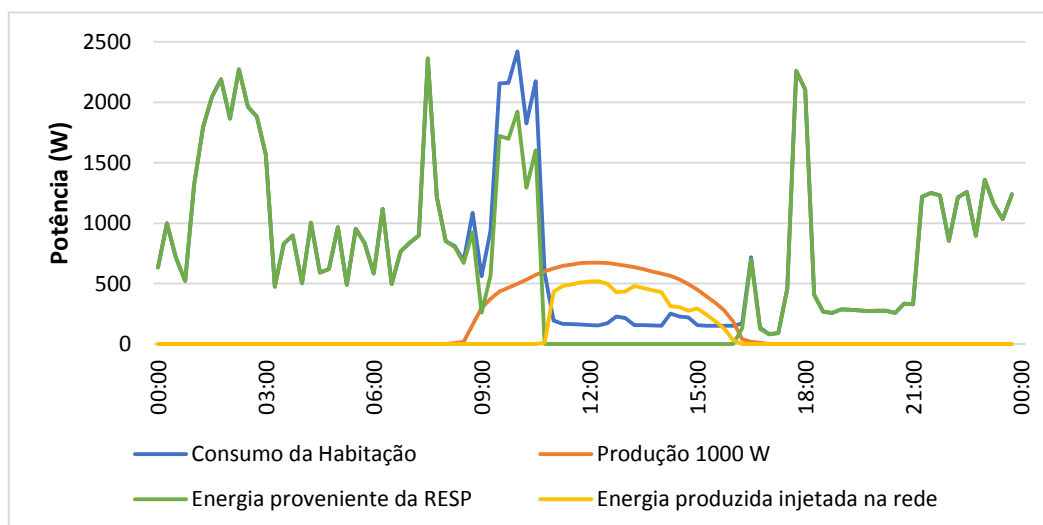


Figura 4.9-Dados relativos a um dia da semana representativa do Inverno

Em comparação com o dia de verão, a figura 4.9, mostra que o intervalo em que a instalação não consome energia proveniente da RESP é menor no Inverno, o que seria de esperar uma vez que o número de horas solares é menor no Inverno assim como a qualidade da radiação que incide nos painéis. Ainda assim, existe uma boa parte da energia produzida que é injetada na rede, mais concretamente no período entre as 10:30 e as 16:00.

Tabela 4.2- Dados relativos ao cenário 1000 W sem armazenamento (Inverno)

	18 a 24 Dezembro							Total semanal
	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta	Sábado	Domingo	
Consumo (kWh)	13,19	16,84	19,61	18,58	12,88	19,84	28,48	129,42
Produção (kWh)	3,21	3,95	3,91	3,84	3,8	3,64	3,59	25,95
Energia proveniente da rede (kWh)	12,1	15,53	17,68	16,97	10,93	17,56	24,92	115,69
Energia proveniente da rede (%)	91,74	92,22	90,16	91,33	84,86	88,51	87,50	89,39
Energia injetada na rede (kWh)	2,12	2,64	1,98	2,23	1,85	1,37	0,03	12,22
Energia injetada na rede (%)	66,04	66,84	50,64	58,07	48,68	37,64	0,84	47,09

### 4.3.1.3 Resultados Anuais

Na tabela seguinte, são apresentados alguns indicadores calculados com base nos perfis de produção e consumo da habitação.

Tabela 4.3- Dados anuais de um sistema para autoconsumo sem armazenamento

	Sem Autoconsumo	250 W	500 W	750 W	1000 W	1250 W	1500W
Energia (kWh)	4062,39	3705,49	3504,34	3374,02	3267,77	3177,12	3101,11
Encargos Energéticos (€)	747,71	670,34	628,46	601,77	580,06	561,63	546,39
Energia Consumida Proveniente da Rede (%)	100	91,21	86,26	83,06	80,44	78,21	76,34
Energia Produzida (kWh)	-	374,47	748,95	1123,42	1497,9	1872,37	2246,85
Poupança Energética com Autoconsumo (kWh)	-	356,9	558,05	688,37	794,62	885,27	961,28
Poupança Energética com Autoconsumo (%)	-	8,79	13,74	16,94	19,56	21,79	23,66
Energia Produzida Consumida (kWh)	-	356,9	558,05	688,37	794,62	885,27	961,28
Energia Produzida Consumida (%)	-	95,31	74,51	61,27	53,05	47,28	42,78
Energia Produzida Desperdiçada/Injetada na Rede (kWh)	-	17,57	190,9	435,05	703,28	987,11	1285,57
Energia Produzida Desperdiçada/Injetada na Rede (%)	-	4,69	25,49	38,73	46,95	52,72	57,22

Os indicadores apresentados na tabela anterior têm como objetivo facilitar a compreensão do comportamento de um sistema para autoconsumo, quando este não possui um sistema de armazenamento e quando a sua capacidade de produção instalada assume vários valores.

Com o aumento da capacidade instalada, a energia consumida proveniente da rede diminui e por consequência os encargos energéticos também. Embora essa diminuição seja um bom indicador, é de extrema importância notar que à medida que a capacidade instalada aumenta a



energia produzida injetada na rede também aumenta, que não é de todo o pretendido. Em suma, não é assim tão linear a escolha da melhor solução porque ao melhorar um indicador outro pode estar a ser piorado, então torna-se importante achar um ponto de equilíbrio, que satisfaça ao máximo ambas as partes, consumidor e fornecedor.

#### 4.4 Sistema para Autoconsumo com Armazenamento

Nesta secção serão apresentados e discutidos, os resultados obtidos no estudo de um sistema para autoconsumo com armazenamento. Na tabela seguinte é possível observar as diversas combinações de produção e armazenamento estudadas. Como o reduzido espaço não permite uma análise detalhada de todos os cenários, serão apenas analisados os cenários considerados mais relevantes, os cenários dos extremos (250W + 1000 Wh e 1500 W + 7000 Wh) e os cenários considerados as soluções ótimas (750 W + 3000 Wh, 1000 W + 4000 Wh e 1250 W + 5000 Wh). Todos os restantes poderão ser encontrados no apêndice D, E e F.

Tabela 4.4 - Cenários estudados

		Armazenamento (Wh)						
		1000	2000	3000	4000	5000	6000	7000
Produção (W)	250	X						
	500	X	X	X				
	750	X	X	X	X	X		
	1000	X	X	X	X	X	X	X
	1250	X	X	X	X	X	X	X
	1500	X	X	X	X	X	X	X

##### 4.4.1 Cenário (250 W + 1000 Wh)

###### 4.4.1.1 Semana Representativa do Verão

A figura 4.10 representa o comportamento de um sistema para autoconsumo com armazenamento numa semana de Verão, e a figura 4.11 dados mais detalhados de um dia da semana, mais concretamente a quarta-feira.

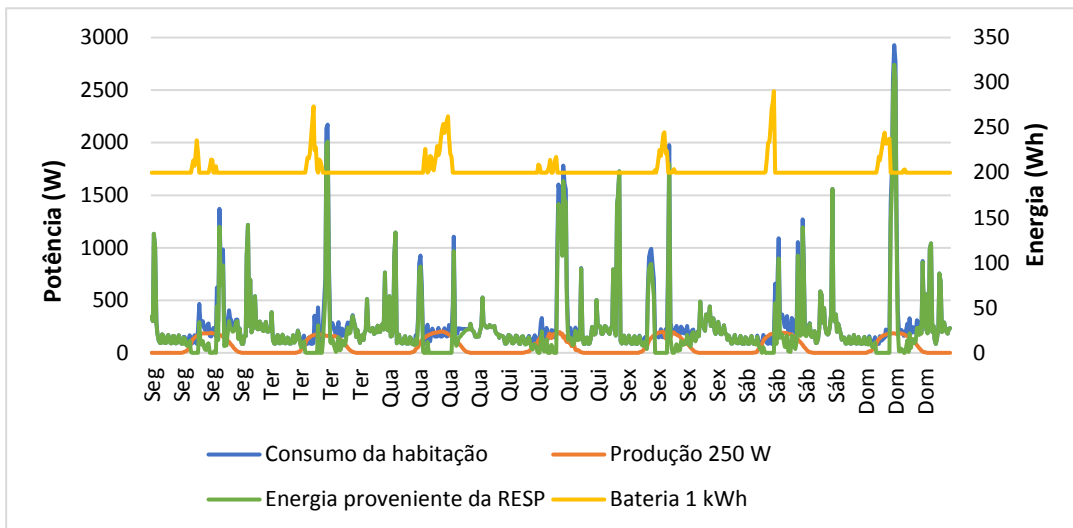


Figura 4.10- Dados relativos à semana representativa do Verão

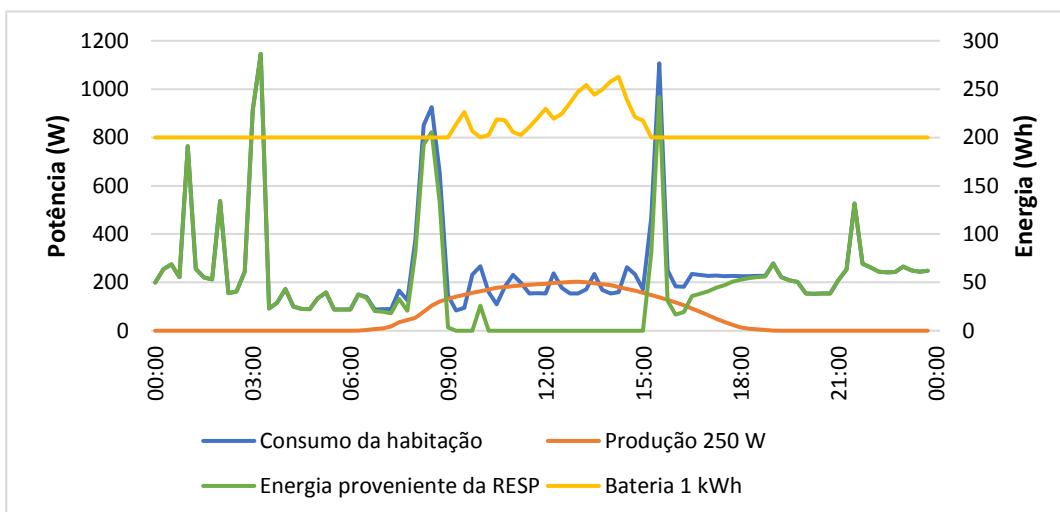


Figura 4.11- Dados relativos a um dia da semana representativa do Verão

De uma forma geral, através da análise das duas figuras anteriores, é possível concluir que embora sejam dados adquiridos na altura do ano em que a produção solar é superior, para uma capacidade de 250 W de produção fotovoltaica instalada, não se justifica a inclusão de um sistema de armazenamento porque praticamente toda a energia produzida é consumida na hora.

No mês de agosto para estas condições, a bateria passa 87,33% do tempo à carga mínima, não justificando assim a sua inclusão no sistema.

Tabela 4.5- Dados relativos ao cenário 250 W + 1000 Wh (Verão)

	21 a 27 Agosto							Total semanal
	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta	Sábado	Domingo	
Consumo (kWh)	6,66	5,82	6,04	6,89	7,35	6,16	8,06	46,98
Produção (kWh)	1,47	1,39	1,49	1,22	1,46	1,49	1,46	9,97
Energia proveniente da rede (kWh)	5,26	4,53	4,68	5,72	5,95	4,77	6,66	37,57
Energia proveniente da rede (%)	78,98	77,84	77,48	83,02	80,95	77,44	82,63	79,97
Energia injetada na rede (kWh)	0,07	0,1	0,13	0,04	0,06	0,1	0,06	0,56
Energia injetada na rede (%)	4,76	7,19	8,72	3,28	4,11	6,71	4,11	5,62
Bateria à carga mínima (%)	88,54	86,46	76,04	91,67	86,46	91,67	86,46	86,76

#### 4.4.1.2 Semana Representativa do Inverno

Na subsecção anterior, através da análise das figuras 4.10 e 4.11, demonstrou-se que um sistema de armazenamento para esta capacidade produtora não era viável. Estando agora perante dados relativos ao Inverno, essa conclusão anterior torna-se ainda mais verdadeira, porque nesta altura do ano os consumos são superiores assim como a produção fotovoltaica é inferior. Em suma, com maiores consumos e uma produção inferior comparativamente ao Verão, o sistema de armazenamento praticamente não é solicitado.

As figuras 4.12 e 4.13 ilustram o comportamento do sistema durante a semana representativa do Inverno.

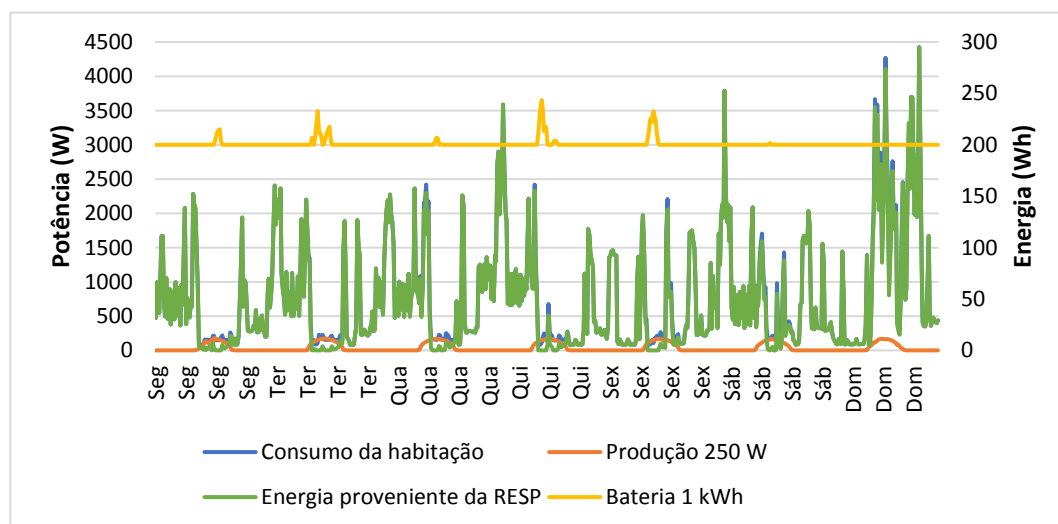


Figura 4.12- Dados relativos à semana representativa do Inverno

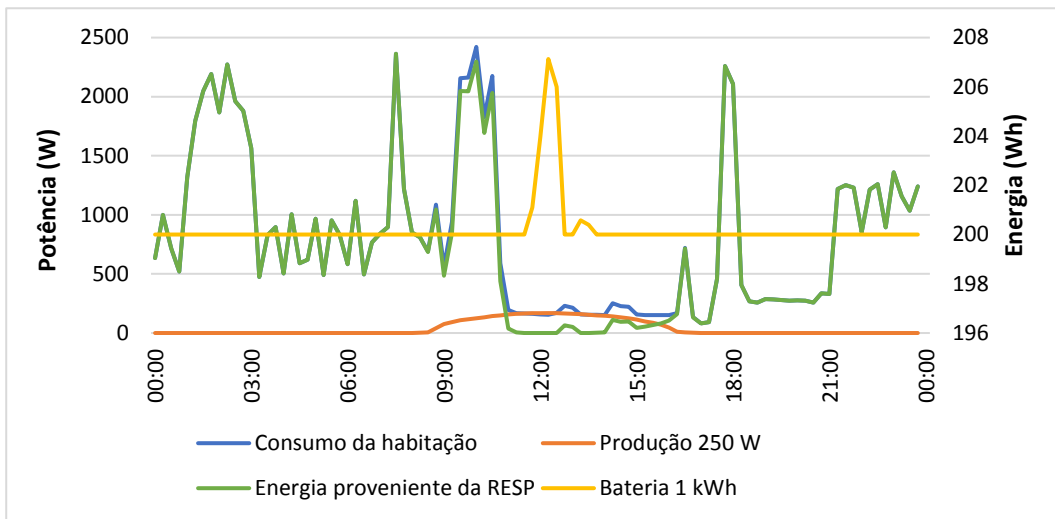


Figura 4.13-Dados relativos a um dia da semana representativa do Inverno

Na figura 4.12 é ainda possível constatar, que durante o fim-de-semana o sistema de armazenamento praticamente não recebeu energia. No mês de dezembro, o sistema de armazenamento passa 97,11% do tempo a carga mínima, sendo este valor ainda mais desmedido do que para o mês de agosto.

Tabela 4.6- Dados relativos ao cenário 250 W + 1000 Wh (Inverno)

	18 a 24 Dezembro							Total semanal
	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta	Sábado	Domingo	
Consumo (kWh)	13,19	16,84	19,61	18,58	12,88	19,84	28,48	129,42
Produção (kWh)	0,8	0,99	0,98	0,96	0,95	0,91	0,9	6,49
Energia proveniente da rede (kWh)	12,4	15,91	18,64	17,68	11,97	18,94	27,58	123,12
Energia proveniente da rede (%)	94,01	94,48	95,05	95,16	92,93	95,46	96,84	95,13
Energia injetada na rede (kWh)	0,02	0,06	0,01	0,05	0,04	0	0	0,18
Energia injetada na rede (%)	2,50	6,06	1,02	5,21	4,21	0,00	0,00	2,77
Bateria à carga mínima (%)	92,71	85,42	93,75	87,5	89,58	96,88	100	92,26

#### 4.4.1.3 Resultados Mensais e Anuais

Nas tabelas seguintes, estão representados alguns indicadores calculados relativamente a este cenário de produção e armazenamento, quer mensalmente quer anualmente.

Tabela 4.7- Dados mensais relativos ao cenário 250 W + 1000 Wh

	250 W + 1000 Wh											
	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
Nº Horas Carga Mínima	710,50	633,00	692,50	687,50	666,50	659,25	644,00	649,75	587,50	668,00	675,75	722,50
Nº Horas Carga Máxima	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
% Carga Mínima	95,50	94,20	93,08	95,49	89,58	91,56	86,56	87,33	81,60	89,78	93,85	97,11
% Carga Máxima	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Energia Proveniente da Rede (Wh)	513 777,15	473 862,95	464 857,31	268 663,28	217 334,87	180 224,14	182 906,51	157 887,92	183 062,66	228 110,73	306 583,46	517 741,77
Energia Injetada na Rede (Wh)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Energia Produzida (Wh)	14 828,95	26 506,18	34 612,50	28 411,96	38 622,14	35 731,63	43 273,04	42 685,11	41 292,39	29 510,02	21 248,77	17 751,72
Energia Consumida (Wh)	528 516,90	500 120,50	498 786,80	296 727,30	255 230,90	215 357,30	225 342,90	199 709,50	223 071,60	256 781,10	327 476,50	535 268,00
% Energia Consumida Proveniente da Rede	97,21	94,75	93,20	90,54	85,15	83,69	81,17	79,06	82,06	88,83	93,62	96,73
% Energia Produzida Injetada na Rede	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
% Energia Produzida Consumida	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Poupança Energética (Wh)	14 739,75	26 257,55	33 929,49	28 064,02	37 896,03	35 133,16	42 436,39	41 821,58	40 008,94	28 670,37	20 893,04	17 526,23
Poupança Energética %	2,79	5,25	6,80	9,46	14,85	16,31	18,83	20,94	17,94	11,17	6,38	3,27
Encargos Energéticos (€)	93,26	85,09	85,39	48,74	40,50	34,69	32,16	29,66	32,72	39,85	53,93	91,96

Tabela 4.8- Dados anuais relativos ao cenário 250 W + 1000 Wh

250 W + 1000 Wh		
Carga Mínima	(Horas)	7996,75
	(%)	91,3
Carga Máxima	(Horas)	0
	(%)	0,0
Energia Produzida (Wh)		374 474,40
Energia Consumida (Wh)		4 062 389,30
Energia Proveniente da Rede (Wh)		3 695 012,74
Energia Injetada na Rede (Wh)		-
Energia Consumida Proveniente da Rede (%)		90,96
Energia Produzida Injetada na Rede (%)		-
Energia Produzida Consumida (%)		100,00
Poupança Energética	(Wh)	367 376,56
	(%)	9,04
Encargos Energéticos (€)		667,93

Através da análise mensal é possível verificar a influência que a sazonalidade tem neste tipo de sistemas, encargos energéticos mais elevados no Inverno, quando existe maiores consumos e menos produção fotovoltaica e o oposto no Verão. Na tabela 4.8 é possível, uma vez mais verificar que as baterias passam 91,3% do ano à carga mínima, trazendo muitos poucos benefícios comparativamente ao seu elevado custo.

## 4.4.2 Cenário (750 W + 3000 Wh)

### 4.4.2.1 Semana Representativa do Verão

Nas duas figuras seguintes está representado o comportamento do sistema para autoconsumo para 750 W de produção e 3 kWh de armazenamento.

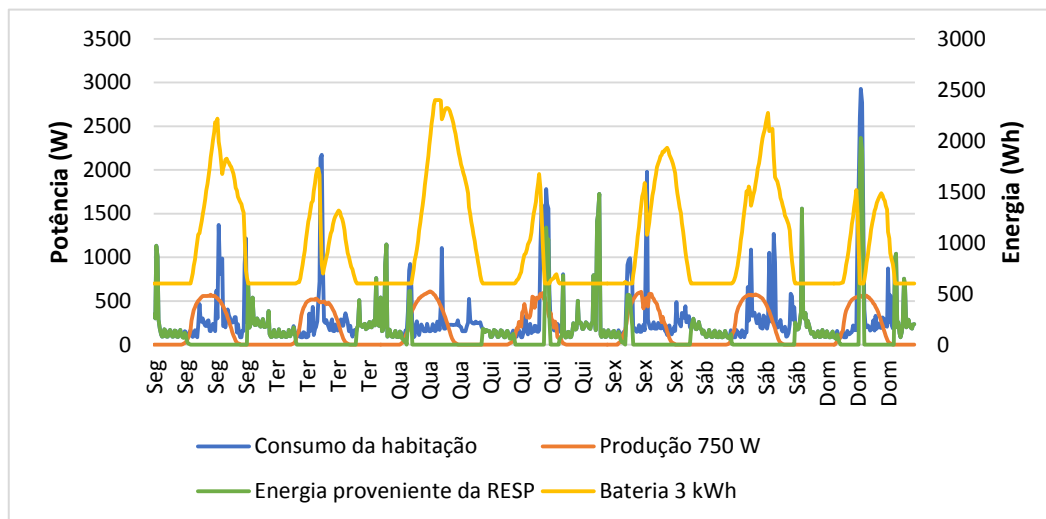


Figura 4.14- Dados relativos à semana representativa do Verão

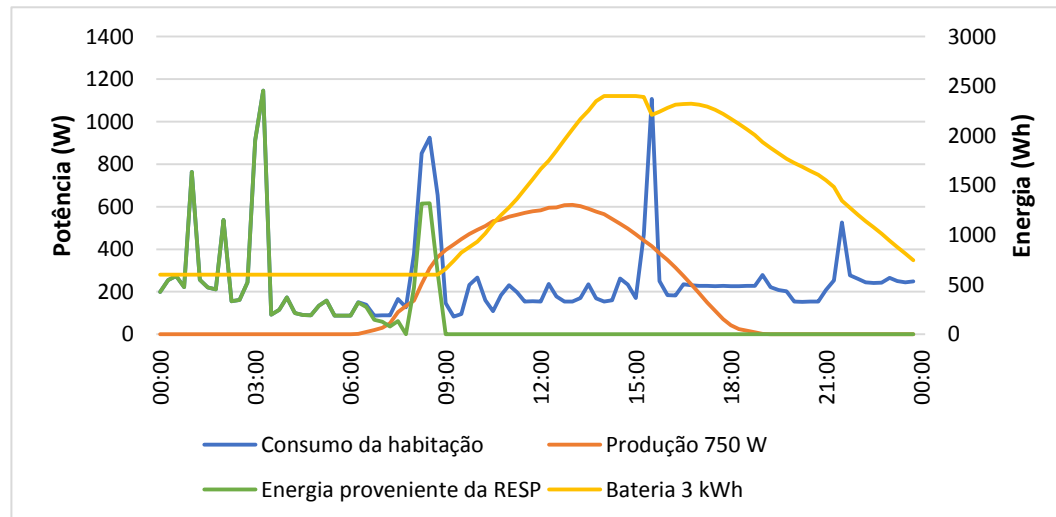


Figura 4.15- Dados relativos a um dia da semana representativa do Verão

Na figura 4.15, é possível observar que durante o período horário das 9:00 e as 00:00 não existe consumo de energia proveniente da RESP, o que significa que toda a energia usada para colmatar o consumo da habitação é proveniente da produção fotovoltaica ou do sistema de armazenamento. É ainda importante realçar, que entre as 18:00 e as 00:00 já não existe produção fotovoltaica, passando assim a ser unicamente as baterias as responsáveis pela alimentação da habitação.

Tabela 4.9- Dados relativos ao cenário 750 W + 3000 Wh (Verão)

	21 a 27 Agosto							Total semanal
	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta	Sábado	Domingo	
Consumo (kWh)	6,66	5,82	6,04	6,89	7,35	6,16	8,06	46,98
Produção (kWh)	4,42	4,16	4,47	3,66	4,37	4,46	4,37	29,91
Energia proveniente da rede (kWh)	4,12	3,49	3,93	4,46	4,93	3,72	5,59	30,24
Energia proveniente da rede (%)	61,86	59,97	65,07	64,73	67,07	60,39	69,35	64,37
Energia injetada na rede (kWh)	1,88	1,84	2,36	1,23	1,95	2,01	1,9	13,17
Energia injetada na rede (%)	42,53	44,23	52,80	33,61	44,62	45,07	43,48	44,03
Bateria à carga mínima (%)	46,88	44,79	36,46	62,5	45,83	42,71	54,17	92,26

#### 4.4.2.2 Semana Representativa do Inverno

Nesta secção são apresentados os dados relativos a uma semana representativa do Inverno para o cenário em estudo.

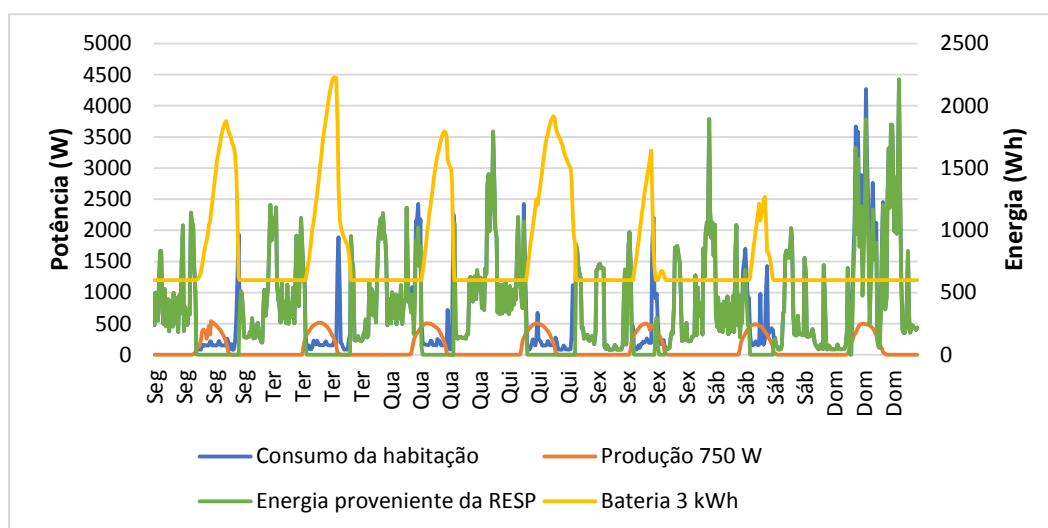


Figura 4.16- Dados relativos à semana representativa do Inverno

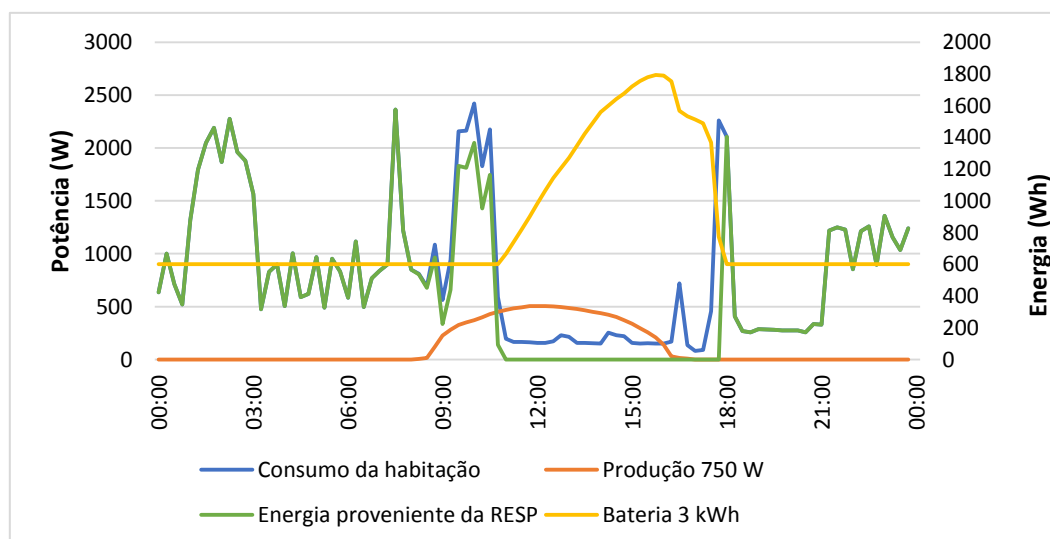


Figura 4.17- Dados relativos a um dia da semana representativa do Inverno

Embora neste caso seja menos expressivo, também é possível, através da análise da figura 4.17, verificar que entre as 16:30 e as 18:00 a habitação é alimentada apenas pelas baterias. Comparativamente à semana de Verão o período em que a energia proveniente da RESP é nula é inferior, isto deve-se ao facto de o intervalo de produção solar ser também inferior.

Uma das principais barreiras à implementação dos sistemas de autoconsumo, passa pelo facto de o período de produção fotovoltaica coincidir quase sempre com o período em que os consumos são inferiores, sendo assim parte da energia injetada na rede, caso não haja um sistema de armazenamento. Na figura 4.17 é possível observar esse evento.

Tabela 4.10- Dados relativos ao cenário 750 W + 3000 Wh (Inverno)

	18 a 24 Dezembro							Total semanal
	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta	Sábado	Domingo	
Consumo (kWh)	13,19	16,84	19,61	18,58	12,88	19,84	28,48	129,42
Produção (kWh)	2,41	2,97	2,93	2,88	2,85	2,73	2,69	19,46
Energia proveniente da rede (kWh)	12,12	15,59	17,93	17,13	11,2	17,96	25,79	117,72
Energia proveniente da rede (%)	91,89	92,58	91,43	92,20	86,96	90,52	90,55	90,96
Energia injetada na rede (kWh)	1,34	1,79	1,26	1,43	1,17	0,85	0,01	7,85
Energia injetada na rede (%)	55,60	60,27	43,00	49,65	41,05	31,14	0,37	40,34
Bateria à carga mínima (%)	61,46	59,38	70,83	55,21	73,96	78,13	97,92	70,98

#### 4.4.2.3 Resultados Mensais e Anuais

Este cenário é uma solução muito mais equilibrada do que o cenário abordado anteriormente, como se pode comprovar pela análise das tabelas seguintes, onde estão representados alguns indicadores calculados relativamente a este cenário de produção e armazenamento, quer mensalmente quer anualmente.

Tabela 4.11- Dados anuais relativos ao cenário 750 W + 3000

750 W + 3000 Wh		
Carga Mínima	(Horas)	5683,75
	(%)	64,9
Carga Máxima	(Horas)	190
	(%)	2,2
Energia Produzida (Wh)		1 123 423,21
Energia Consumida (Wh)		4 062 389,30
Energia Proveniente da Rede (Wh)		3 066 756,96
Energia Injetada na Rede (Wh)		41 373,41
Energia Consumida Proveniente da Rede (%)		75,49
Energia Produzida Injetada na Rede (%)		3,68
Energia Produzida Consumida (%)		96,32
Poupança Energética	(Wh)	995 632,34
	(%)	24,51
Encargos Energéticos (€)		534,43



Tabela 4.12 - Dados mensais relativos ao cenário 750 W + 3000 Wh

	750 W + 3000 Wh											
	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maior	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
Nº Horas Carga Mínima	634,25	529,25	550,75	485,50	414,00	391,25	344,75	336,00	367,75	462,25	526,25	641,75
Nº Horas Carga Máxima	-	4,25	8,75	1,50	24,25	18,00	36,00	29,75	50,25	17,25	-	47,50
% Carga Mínima	85,25	78,76	74,03	67,43	55,65	54,34	46,34	45,16	51,08	62,13	73,09	86,26
% Carga Máxima	-	0,63	1,18	0,21	3,26	2,50	4,84	4,00	6,98	2,32	-	6,38
Energia Proveniente da Rede (Wh)	488 710,77	427 103,25	407 388,94	218 353,08	152 507,97	118 664,60	111 776,39	85 836,18	119 862,15	179 972,86	269 537,52	487 043,25
Energia Injetada na Rede (Wh)	-	628,84	1 862,85	198,12	5 039,03	3 402,34	7 357,89	5 707,16	12 662,03	4 515,15	-	-
Energia Produzida (Wh)	44 486,85	79 518,53	103 837,50	85 235,87	115 866,41	107 194,89	129 819,13	128 055,33	123 877,17	88 530,05	63 746,30	53 255,16
Energia Consumida (Wh)	528 516,90	500 120,50	498 786,80	296 727,30	255 230,90	215 357,30	225 342,90	199 709,50	223 071,60	256 781,10	327 476,50	535 268,00
% Energia Consumida Proveniente da Rede	92,47	85,40	81,68	73,59	59,75	55,10	49,60	42,98	53,73	70,09	82,31	90,99
% Energia Produzida Injetada na Rede	-	0,79	1,79	0,23	4,35	3,17	5,67	4,46	10,22	5,10	-	-
% Energia Produzida Consumida	100	99,21	98,21	99,77	95,65	96,83	94,33	95,54	89,78	94,90	100	100
Poupança Energética (Wh)	39 806,13	73 017,25	91 397,86	78 374,22	102 722,93	96 692,70	113 566,51	113 873,32	103 209,45	76 808,24	57 938,98	48 224,75
Poupança Energética %	7,53	14,60	18,32	26,41	40,25	44,90	50,40	57,02	46,27	29,91	17,69	9,01
Encargos Energéticos (€)	87,79	74,97	72,71	38,26	26,52	21,45	17,66	14,12	19,47	29,90	45,99	85,59

Esta solução oferece ao consumidor uma redução de quase 25% da energia consumida proveniente da RESP e também um ótimo aproveitamento do sistema sendo que quase 96% da energia produzida é consumida. Relativamente às baterias apresentam valores mais aceitáveis do que o cenário anterior, representando um aumento da utilização da bateria com uma redução em cerca de 26% do indicador percentagem de tempo à carga mínima, face ao cenário anterior. No mês de agosto esse valor desce até os 45,16%.

#### 4.4.3 Cenário (1000 W + 4000 Wh)

##### 4.4.3.1 Semana Representativa do Verão

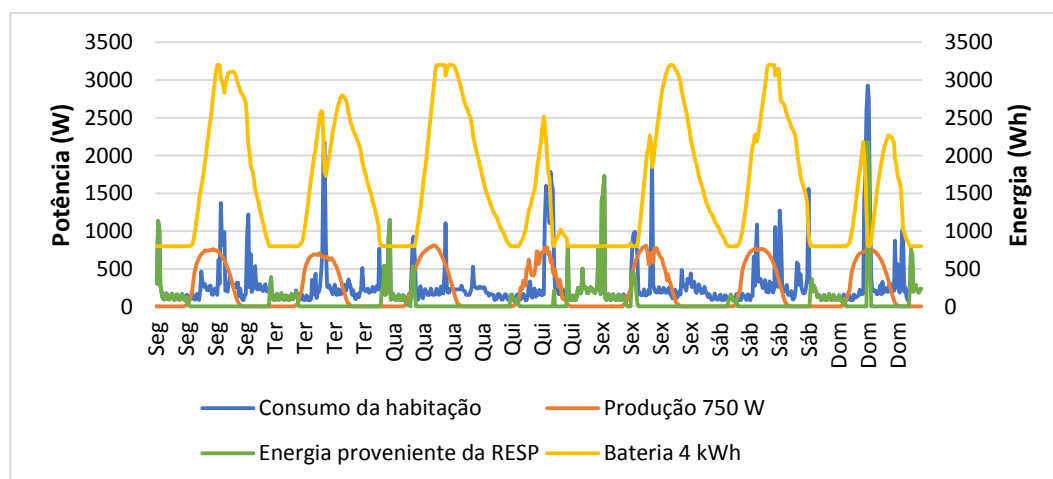


Figura 4.18- Dados relativos à semana representativa do Verão

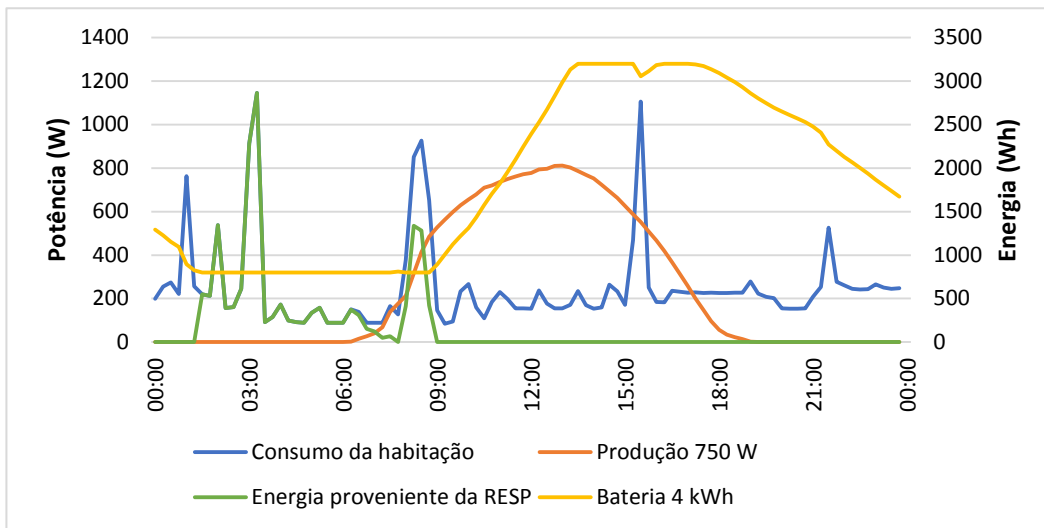


Figura 4.19- Dados relativos a um dia da semana representativa do Verão

As figuras 4.18 e 4.19 representam uma vez mais o comportamento de um sistema de autoconsumo com armazenamento numa semana de Verão, sendo a figura 4.19 a representação de um dia dessa semana mais detalhadamente.

Na figura 4.19 é possível verificar que este o consumo da habitação só é igual à energia proveniente da RESP num curto espaço de tempo, mais concretamente, entre a 1:30 e as 6:00. Fora desse intervalo, tirando o pico existente durante a manhã, a habitação não consome energia proveniente da RESP, sendo os seus consumos colmatados na totalidade pelo sistema de autoconsumo.

Tabela 4.13- Dados relativos ao cenário 1000 W + 4000 Wh (Verão)

	21 a 27 Agosto							Total semanal
	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta	Sábado	Domingo	
Consumo (kWh)	6,66	5,82	6,04	6,89	7,35	6,16	8,06	46,98
Produção (kWh)	5,9	5,55	5,96	4,88	5,83	5,94	5,82	39,88
Energia proveniente da rede (kWh)	3,81	3,27	3,74	4,05	4,6	3,49	5,24	28,2
Energia proveniente da rede (%)	57,21	56,19	61,92	58,78	62,59	56,66	65,01	60,03
Energia injetada na rede (kWh)	3,05	3,01	3,66	2,04	3,08	3,27	3	21,11
Energia injetada na rede (%)	51,69	54,23	61,41	41,80	52,83	55,05	51,55	52,93
Bateria à carga mínima (%)	31,25	27,08	30,21	33,33	37,5	10,42	45,83	30,8

#### 4.4.3.2 Semana Representativa do Inverno

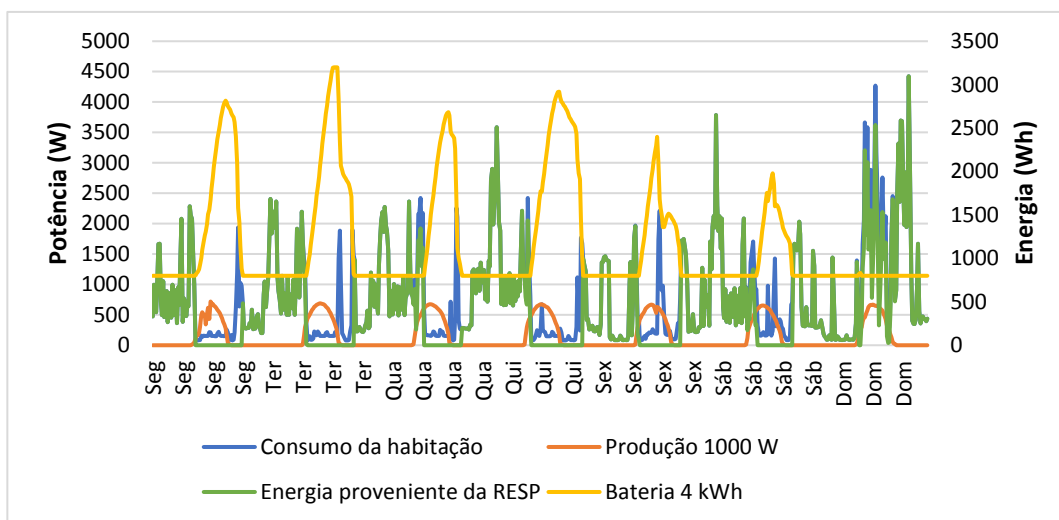


Figura 4.20- Dados relativos à semana representativa do Inverno

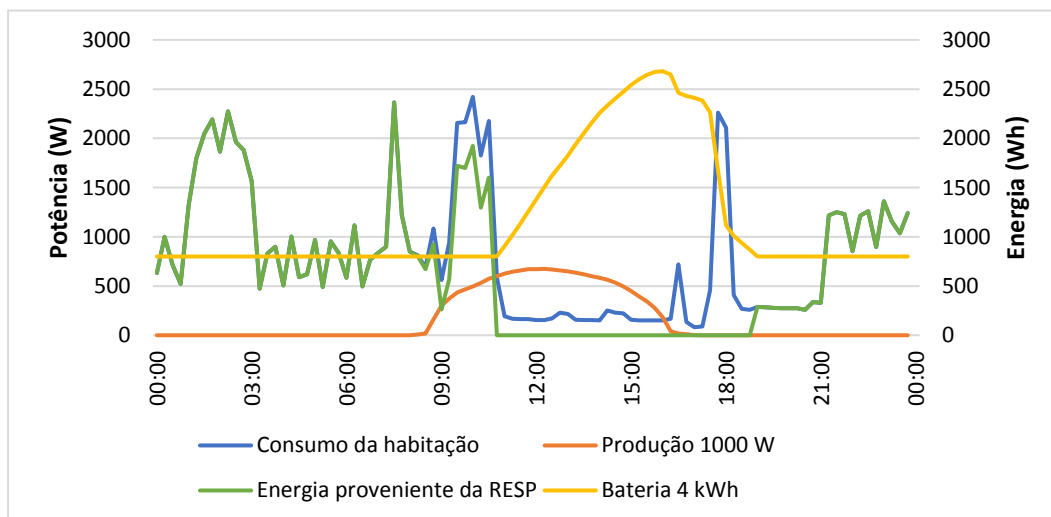


Figura 4.21-Dados relativos a um dia da semana representativa do Inverno

Relativamente ao Inverno, os respetivos dados estão apresentados nas figuras 4.20 e 4.21. Comparando o comportamento deste sistema no Inverno e no Verão, é facilmente observado que a sazonalidade se faz sempre notar. Pode-se comprovar este facto através da figura 4.21, onde é possível observar que, o período em que a habitação é alimentada apenas pelos painéis ou pelas baterias é consideravelmente inferior no Inverno.

Tabela 4.14 - Dados relativos ao cenário 1000 W + 4000 Wh (Inverno)

	18 a 24 Dezembro							Total semanal
	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta	Sábado	Domingo	
Consumo (kWh)	13,19	16,84	19,61	18,58	12,88	19,84	28,48	129,42
Produção (kWh)	3,21	3,95	3,91	3,84	3,8	3,64	3,59	25,95
Energia proveniente da rede (kWh)	12,1	15,53	17,68	16,97	10,93	17,56	24,92	115,69
Energia proveniente da rede (%)	91,74	92,22	90,16	91,33	84,86	88,51	87,50	89,39
Energia injetada na rede (kWh)	2,12	2,54	1,98	2,23	1,85	1,37	0,03	12,12
Energia injetada na rede (%)	66,04	64,30	50,64	58,07	48,68	37,64	0,84	46,71
Bateria à carga mínima (%)	57,29	57,29	65,63	53,13	62,5	67,71	97,92	65,92

#### 4.4.3.3 Resultados Mensais e Anuais

Nas tabelas seguintes, estão representados alguns indicadores anuais e mensais calculados relativamente a este cenário de produção e armazenamento.

Tabela 4.15- Dados mensais relativos ao cenário 1000 W + 4000 Wh

	1000 W + 4000 Wh											
	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maior	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
Nº Horas Carga Mínima	607,75	498,25	517,25	423,25	336,75	310,75	261,25	230,25	304,50	408,00	484,75	617,00
Nº Horas Carga Máxima	-	10,25	13,50	8,00	34,50	35,25	66,75	50,50	67,50	26,25	-	79,38
% Carga Mínima	81,69	74,14	69,52	58,78	45,26	43,16	35,11	30,95	42,29	54,84	67,33	82,93
% Carga Máxima	-	1,53	1,81	1,11	4,64	4,90	8,97	6,79	9,38	3,53	-	10,67
Energia Proveniente da Rede (Wh)	474 996,34	404 672,47	378 181,60	193 433,70	122 929,33	91 426,05	84 993,47	54 117,54	93 297,38	157 805,59	250 131,49	469 940,90
Energia Injetada na Rede (Wh)	-	2 626,26	4 921,56	1 737,40	11 563,07	10 523,66	21 724,94	15 864,83	26 495,45	9 789,43	-	119,10
Energia Produzida (Wh)	59 315,80	106 024,71	138 450,00	113 647,83	154 488,55	142 926,52	173 092,17	170 740,43	165 169,57	118 040,07	84 995,07	71 006,88
Energia Consumida (Wh)	528 516,90	500 120,50	498 786,80	296 727,30	255 230,90	215 357,30	225 342,90	199 709,50	223 071,60	256 781,10	327 476,50	535 268,00
% Energia Consumida Proveniente da Rede	89,87	80,91	75,82	65,19	48,16	42,45	37,72	27,10	41,82	61,46	76,38	87,80
% Energia Produzida Injetada na Rede	-	2,48	3,55	1,53	7,48	7,36	12,55	9,29	16,04	8,29	-	0,17
% Energia Produzida Consumida	100,00	97,52	96,45	98,47	92,52	92,64	87,45	90,71	83,96	91,71	100,00	99,83
Poupança Energética (Wh)	53 520,56	95 448,03	120 605,20	103 293,60	132 301,57	123 931,25	140 349,43	145 591,96	129 774,22	98 975,51	77 345,01	65 327,10
Poupança Energética %	10,13	19,09	24,18	34,81	51,84	57,55	62,28	72,90	58,18	38,54	23,62	12,20
Encargos Energéticos (€)	84,72	70,06	66,30	33,28	20,51	15,97	12,99	8,29	14,56	25,60	41,97	82,29

Tabela 4.16- Dados anuais relativos ao cenário 1000 W + 4000 Wh

1000 W + 4000 Wh		
Carga Mínima	(Horas)	4999,75
	(%)	57,1
Carga Máxima	(Horas)	313,5
	(%)	3,6
Energia Produzida (Wh)		1 497 897,61
Energia Consumida (Wh)		4 062 389,30
Energia Proveniente da Rede (Wh)		2 775 925,87
Energia Injetada na Rede (Wh)		105 365,70
Energia Consumida Proveniente da Rede (%)		68,33
Energia Produzida Injetada na Rede (%)		7,03
Energia Produzida Consumida (%)		92,97
Poupança Energética	(Wh)	1 286 463,43
	(%)	31,67
Encargos Energéticos (€)		476,54

Este cenário representa para o consumidor uma redução anual de 31,67% dos encargos energéticos, um valor superior ao caso analisado anteriormente. Este sistema embora menos eficiente que o anterior, continua a ser uma boa opção, tendo um aproveitamento da energia produzida anual de 92,97%. Nos meses de Verão, este sistema apresenta um comportamento muito bom, no mês de agosto apenas 27,1% da energia consumida pela habitação é proveniente da RESP, levando a poupanças de 72,9%. Por outro, lado os meses de Inverno fazem-se notar pela negativa, no mês de janeiro este sistema apenas consegue poupanças na ordem dos 10%.

Em termos de comportamento das baterias, estas passam 57,1% do ano à carga mínima um valor inferior ao do cenário abordado anteriormente.

#### 4.4.4 Cenário (1250 W + 5000 Wh)

##### 4.4.4.1 Semana Representativa do Verão

Nas duas figuras seguintes, é possível observar o comportamento deste cenário na semana representativa de Verão.

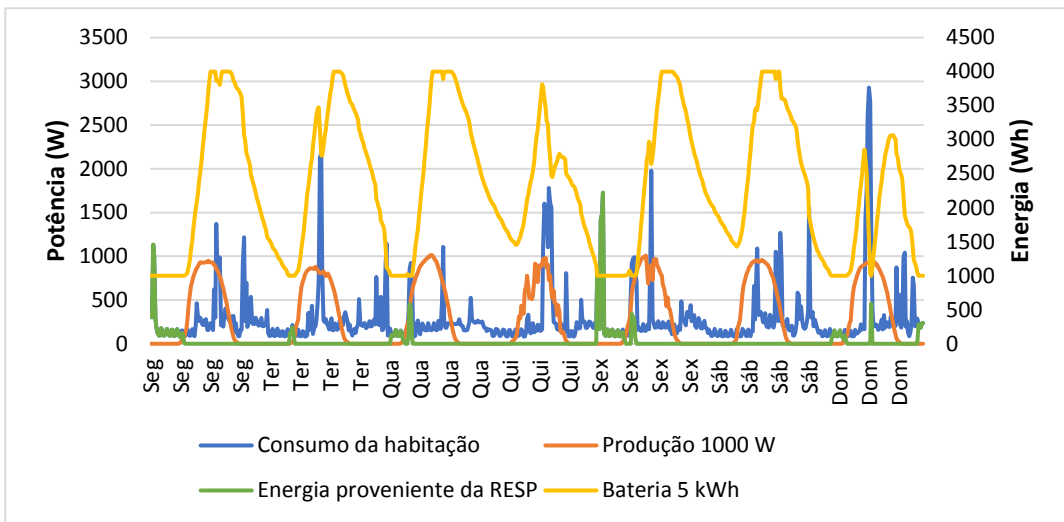


Figura 4.22 - Dados relativos à semana representativa do Verão

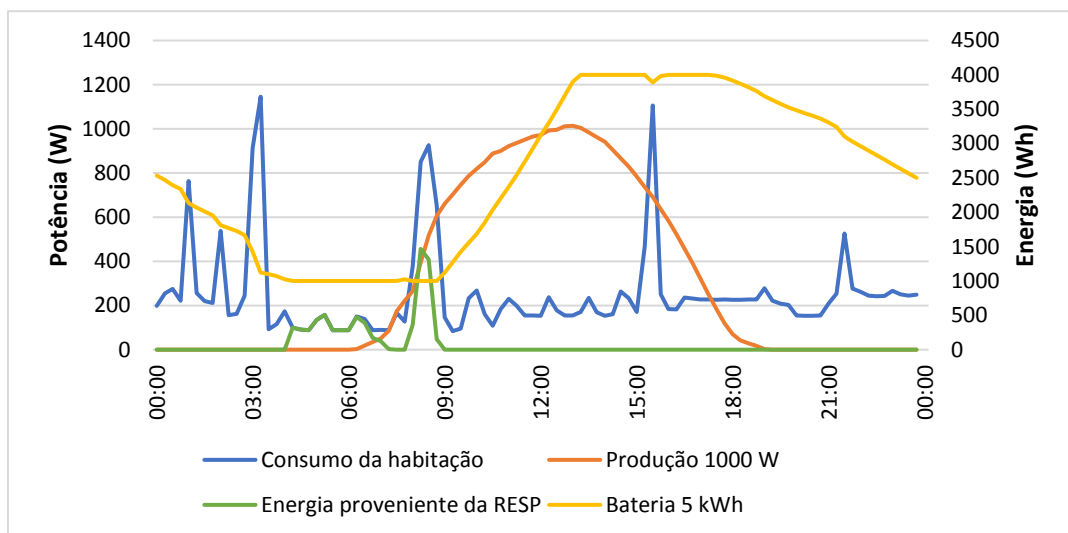


Figura 4.23-Dados relativos a um dia da semana representativa do Verão

Comparativamente ao cenário anteriormente abordado, o consumo de energia proveniente da RES é agora ainda mais pequeno. Com esta capacidade de armazenamento e produção, num dia limpo de Verão como é o caso, o sistema para autoconsumo é capaz de colmatar quase todos as necessidades energéticas da habitação.

É possível ainda verificar que este sistema já começa a apresentar períodos em que as baterias se encontram à carga máxima, o que significa que toda a energia produzida durante esses períodos é injetada na rede, não sendo utilizada para suprir as necessidades energéticas da habitação.

Tabela 4.17- Dados relativos ao cenário 1250 W + 5000 Wh (Verão)

	21 a 27 Agosto							Total semanal
	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta	Sábado	Domingo	
Consumo (kWh)	6,66	5,82	6,04	6,89	7,35	6,16	8,06	46,98
Produção (kWh)	7,37	6,94	7,45	6,1	7,28	7,43	7,28	49,85
Energia proveniente da rede (kWh)	3,61	3,09	3,57	3,64	4,32	3,34	4,9	26,47
Energia proveniente da rede (%)	54,20	53,09	59,11	52,83	58,78	54,22	60,79	56,34
Energia injetada na rede (kWh)	4,32	4,21	4,98	2,85	4,25	4,6	4,12	29,33
Energia injetada na rede (%)	58,62	60,66	66,85	46,72	58,38	61,91	56,59	58,84
Bateria à carga mínima (%)	31,25	5,21	17,71	0	30,21	0	19,79	14,88

#### 4.4.4.2 Semana Representativa do Inverno

Relativamente ao Inverno, os resultados podem ser visualizados nas duas figuras seguintes.

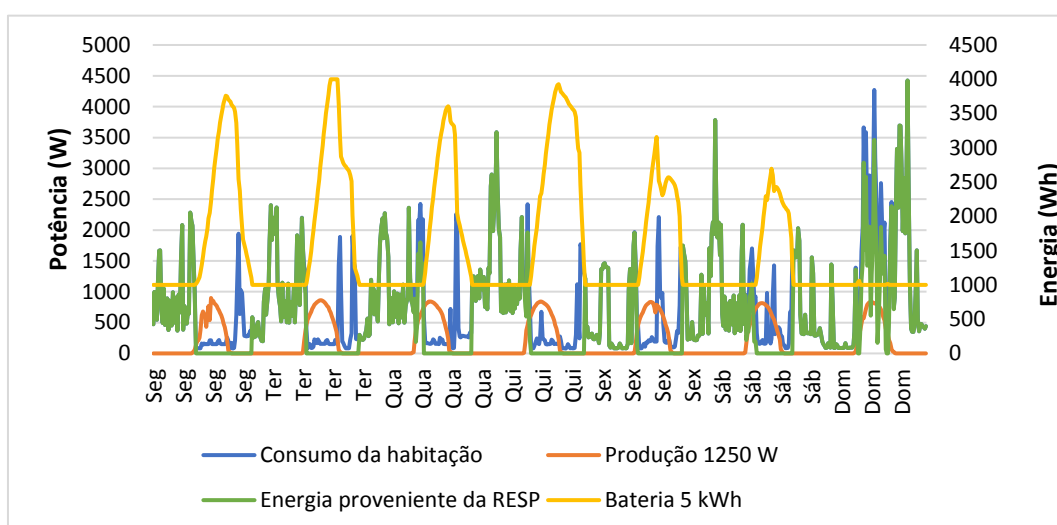


Figura 4.24- Dados relativos à semana representativa do Inverno

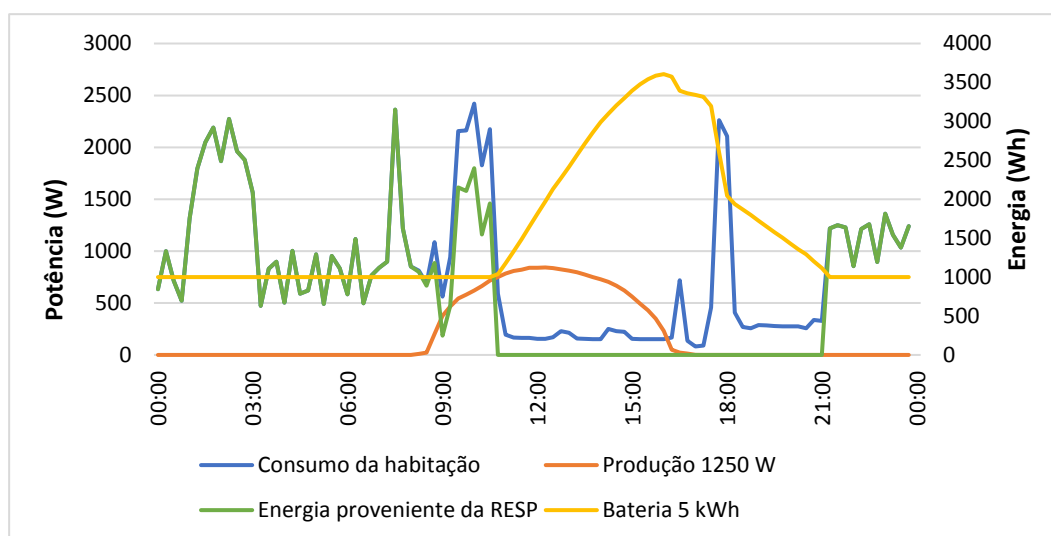


Figura 4.25- Dados relativos a um dia da semana representativa do Inverno

Mais uma vez as diferenças entre Verão e Inverno são notórias, devido aos consumos mais elevados e a uma produção menor, o mesmo sistema que no Verão conseguia praticamente alimentar a habitação durante todo o dia, agora vê esse período reduzido consideravelmente.

Em relação ao sistema de armazenamento de energia, este não chega a atingir a carga máxima e passa muito tempo à carga mínima sem ser solicitado.

Tabela 4.18- Dados relativos ao cenário 1250 W + 5000 Wh (Inverno)

	18 a 24 Dezembro							Total semanal
	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta	Sábado	Domingo	
Consumo (kWh)	13,19	16,84	19,61	18,58	12,88	19,84	28,48	129,42
Produção (kWh)	4,01	4,94	4,89	4,81	4,75	4,56	4,49	32,44
Energia proveniente da rede (kWh)	12,08	15,49	17,47	16,86	10,68	17,19	24,07	113,84
Energia proveniente da rede (%)	91,58	91,98	89,09	90,74	82,92	86,64	84,52	87,96
Energia injetada na rede (kWh)	2,91	3,59	2,74	3,08	2,55	1,9	0,08	16,85
Energia injetada na rede (%)	72,57	72,67	56,03	64,03	53,68	41,67	1,78	51,94
Bateria à carga mínima (%)	48,96	52,08	56,25	51,04	60,42	66,67	95,83	61,61

#### 4.4.4.3 Resultados Mensais e Anuais

As tabelas seguintes representam os resultados obtidos para alguns indicadores, para o cenário em estudo.

Tabela 4.19- Dados mensais relativos ao cenário 1250 W + 5000 Wh

	1250 W + 5000 Wh											
	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maió	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
Nº Horas Carga Mínima	578,75	462,00	477,25	373,50	262,75	218,50	186,25	131,50	226,50	361,00	447,25	593,00
Nº Horas Carga Máxima	-	16,00	17,25	16,75	46,00	48,75	90,00	77,50	81,25	33,00	3,25	109,63
% Carga Mínima	77,79	68,75	64,15	51,88	35,32	30,35	25,03	17,67	31,46	48,52	62,12	79,70
% Carga Máxima	-	2,38	2,32	2,33	6,18	6,77	12,10	10,42	11,28	4,44	0,45	14,73
Energia Proveniente da Rede (Wh)	459 942,40	382 502,58	349 337,89	170 705,44	95 597,93	67 646,47	58 756,29	28 245,54	69 173,52	135 200,72	231 381,05	453 629,04
Energia Injetada na Rede (Wh)	-	5 688,45	8 476,57	5 051,36	21 252,06	20 761,49	40 302,65	32 923,56	42 276,14	15 829,79	609,37	535,03
Energia Produzida (Wh)	74 144,75	132 530,89	173 062,50	142 059,78	193 110,69	178 658,15	216 365,22	213 425,54	206 461,96	147 550,09	106 243,84	88 758,61
Energia Consumida (Wh)	528 516,90	500 120,50	498 786,80	296 727,30	255 230,90	215 357,30	225 342,90	199 709,50	223 071,60	256 781,10	327 476,50	535 268,00
% Energia Consumida Proveniente da Rede	87,03	76,48	70,04	57,53	37,46	31,41	26,07	14,14	31,01	52,65	70,66	84,75
% Energia Produzida Injetada na Rede	-	4,29	4,90	3,56	11,01	11,62	18,63	15,43	20,48	10,73	0,57	0,60
% Energia Produzida Consumida	100,00	95,71	95,10	96,44	88,99	88,38	81,37	84,57	79,52	89,27	99,43	99,40
Poupança Energética (Wh)	68 574,50	117 617,92	149 448,91	126 021,86	159 632,97	147 710,83	166 586,61	171 463,96	153 898,08	121 580,38	96 095,45	81 638,96
Poupança Energética %	12,97	23,52	29,96	42,47	62,54	68,59	73,93	85,86	68,99	47,35	29,34	15,25
Encargos Energéticos (€)	81,45	65,39	60,43	28,92	15,31	11,55	8,53	3,93	10,46	21,53	38,16	79,00



Tabela 4.20- Dados anuais relativos ao cenário 1250 W + 5000 Wh

1250 W + 5000 Wh		
Carga Mínima	(Horas)	4318,25
	(%)	49,3
Carga Máxima	(Horas)	431,5
	(%)	4,9
Energia Produzida (Wh)		1 872 372,01
Energia Consumida (Wh)		4 062 389,30
Energia Proveniente da Rede (Wh)		2 502 118,86
Energia Injetada na Rede (Wh)		193 706,46
Energia Consumida Proveniente da Rede (%)		61,59
Energia Produzida Injetada na Rede (%)		10,35
Energia Produzida Consumida (%)		89,65
Poupança Energética	(Wh)	1 560 270,44
	(%)	38,41
Encargos Energéticos (€)		424,65

Esta é uma solução bastante interessante do ponto de vista dos encargos energéticos porque é capaz de oferecer reduções de 38,41% ao ano. Para além destas poupanças conseguidas, continua a ter um aproveitamento da energia produzida bastante aceitável de 89,65% ao ano. Uma desvantagem relacionada com este cenário, é o valor de energia produzida injetada na rede, que começa a ter alguma importância.

Através de uma análise mensal, é possível verificar que nos meses de Verão esta solução apresenta valores muito bons. Valores bastante altos de poupanças energéticas, bom aproveitamento da energia produzida, pouca energia injetada na rede e quase nenhum consumo de energia proveniente da RESP. Em relação ao sistema de armazenamento, os valores também são bastante interessantes, as baterias apresentam para os meses de Verão valores de carga mínima e carga máxima baixos, o que significa que as mesmas são utilizadas durante mais tempo.

Como se tem verificado nos outros casos abordados, existe uma vez mais uma diferença considerável entre os meses de Verão e os de Inverno. Este cenário não é exceção e apresenta valores mais pobres no Inverno, o que seria de esperar.

#### 4.4.5 Cenário (1500 W + 7000 Wh)

##### 4.4.5.1 Semana Representativa do Verão

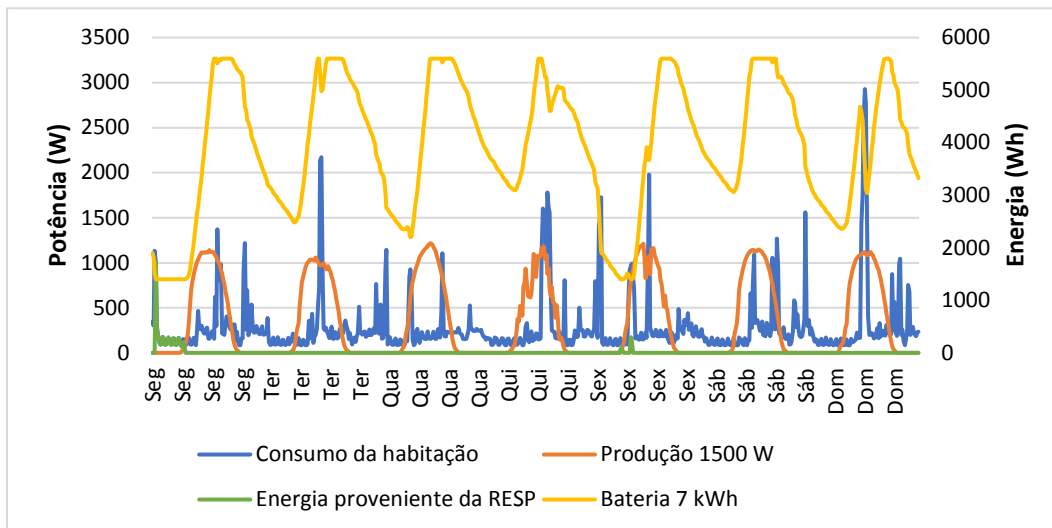


Figura 4.26- Dados relativos à semana representativa do Verão

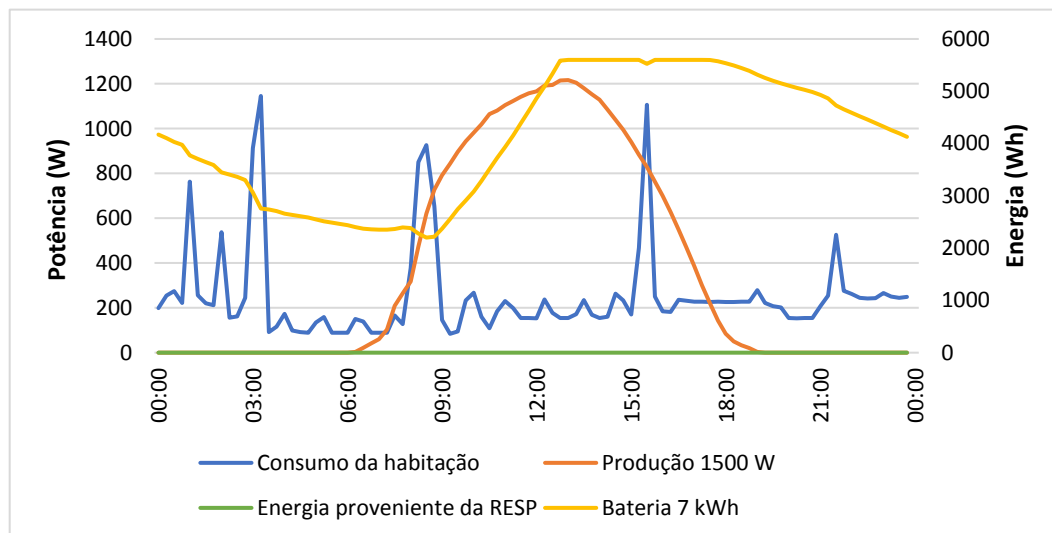


Figura 4.27-Dados relativos a um dia da semana representativa do Verão

As figuras 4.26 e 4.27 dizem respeito ao comportamento do último cenário abordado, durante a semana representativa do Verão.

Esta solução tem uma característica muito própria, porque apresenta um consumo 100% renovável em alguns dias de Verão, como se pode verificar pela figura 4.26 e mais detalhadamente na figura 4.27.

Em cinco dos sete dias da semana representativa, não existiu qualquer consumo de energia proveniente da RESP.

Tabela 4.21- Dados relativos ao cenário 1500 W + 7000 Wh (Verão)

	21 a 27 Agosto							Total semanal
	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta	Sábado	Domingo	
Consumo (kWh)	6,66	5,82	6,04	6,89	7,35	6,16	8,06	46,98
Produção (kWh)	8,85	8,33	8,94	7,32	8,74	8,91	8,74	59,82
Energia proveniente da rede (kWh)	3,48	2,96	3,43	3,25	4,07	3,22	4,6	25,01
Energia proveniente da rede (%)	52,25	50,86	56,79	47,17	55,37	52,27	57,07	53,24
Energia injetada na rede (kWh)	5,67	5,47	6,34	3,68	5,46	5,96	5,28	37,86
Energia injetada na rede (%)	64,07	65,67	70,92	50,27	62,47	66,89	60,41	63,29
Bateria à carga mínima (%)	27,08	0	0	0	4,17	0	0	4,46

#### 4.4.5.2 Semana Representativa do Inverno

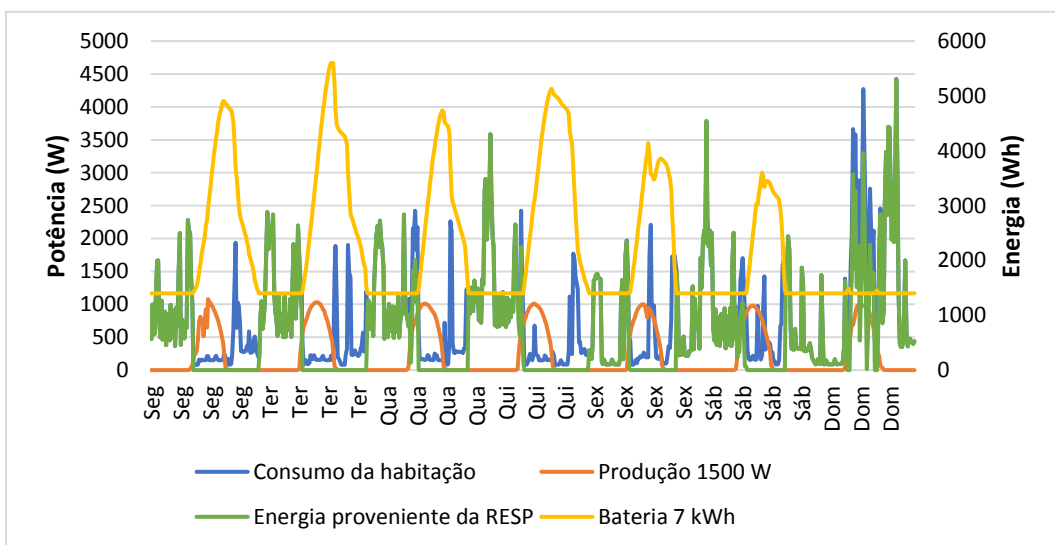


Figura 4.28- Dados relativos à semana representativa do Inverno

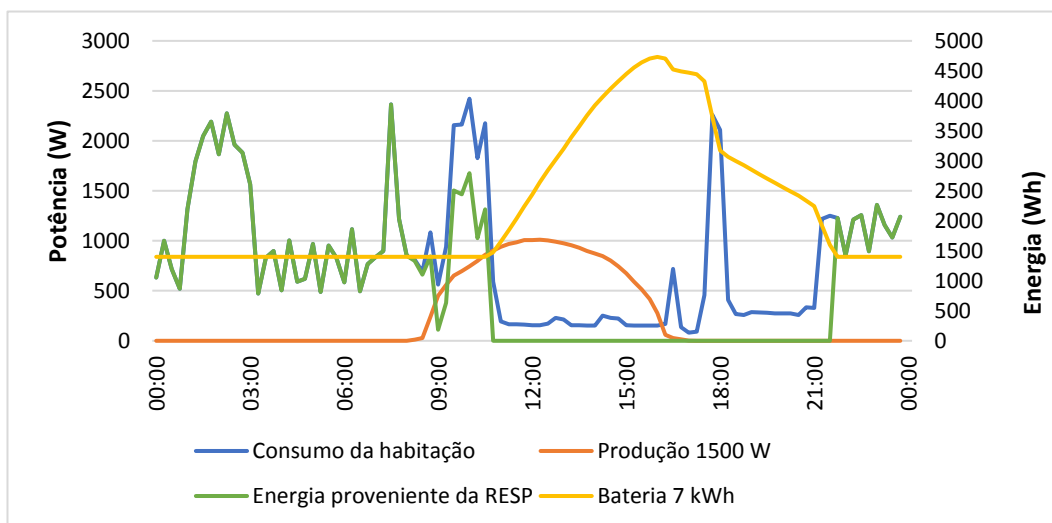


Figura 4.29- Dados relativos a um dia da semana representativa do Inverno

As figuras 4.28 e 4.29 dizem respeito à representação do Inverno para o cenário em estudo.

Infelizmente não é possível afirmar que todo o consumo da habitação seja 100% renovável no Inverno. Os consumos são superiores, a produção fotovoltaica inferior e embora este sistema apresente dados interessantes, não se compara aos obtidos nos meses de Verão. Ainda assim este sistema consegue alimentar a habitação durante o período das 10:30 até às 21:30, apenas recorrendo a energia proveniente do sistema fotovoltaico ou das baterias.

Tabela 4.22- Dados relativos ao cenário 1500 W + 7000 Wh (Inverno)

	18 a 24 Dezembro							Total semanal
	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta	Sábado	Domingo	
Consumo (kWh)	13,19	16,84	19,61	18,58	12,88	19,84	28,48	129,42
Produção (kWh)	4,81	5,93	5,87	5,77	5,7	5,47	5,39	38,93
Energia proveniente da rede (kWh)	12,06	15,45	17,25	16,75	10,47	16,83	23,24	112,05
Energia proveniente da rede (%)	91,43	91,75	87,97	90,15	81,29	84,83	81,60	86,58
Energia injetada na rede (kWh)	3,69	4,55	3,51	3,93	3,29	2,45	0,15	21,57
Energia injetada na rede (%)	76,72	76,73	59,80	68,11	57,72	44,79	2,78	55,41
Bateria à carga mínima (%)	39,58	40,63	54,17	41,67	56,25	64,58	93,75	55,8

#### 4.4.5.3 Resultados Mensais e Anuais

Tabela 4.23- Dados mensais relativos ao cenário 1500 W + 7000 Wh

	1500 W + 7000 Wh											
	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maió	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
Nº Horas Carga Mínima	553,25	419,75	437,50	314,00	167,25	125,00	91,75	29,25	129,75	281,75	412,50	562,75
Nº Horas Carga Máxima	-	10,75	14,50	17,50	46,75	52,50	97,00	96,50	77,25	28,75	-	111,31
% Carga Mínima	74,36	62,46	58,80	43,61	22,48	17,36	12,33	3,93	18,02	37,87	57,29	75,64
% Carga Máxima	-	1,60	1,95	2,43	6,28	7,29	13,04	12,97	10,73	3,86	-	14,96
Energia Proveniente da Rede (Wh)	445 535,73	356 123,58	314 027,54	144 157,63	63 677,96	41 523,01	32 644,58	5 270,56	35 242,68	107 949,68	212 512,63	436 562,68
Energia Injetada na Rede (Wh)	-	3 850,72	7 597,33	5 930,50	25 470,60	28 309,95	55 739,28	52 782,63	48 202,13	17 545,27	-	160,67
Energia Produzida (Wh)	88 973,70	159 037,07	207 675,00	170 471,74	231 732,83	214 389,78	259 638,26	256 110,65	247 754,35	177 060,11	127 492,61	106 510,33
Energia Consumida (Wh)	528 516,90	500 120,50	498 786,80	296 727,30	255 230,90	215 357,30	225 342,90	199 709,50	223 071,60	256 781,10	327 476,50	535 268,00
% Energia Consumida Proveniente da Rede	84,30	71,21	62,96	48,58	24,95	19,28	14,49	2,64	15,80	42,04	64,89	81,56
% Energia Produzida Injetada na Rede	-	2,42	3,66	3,48	10,99	13,20	21,47	20,61	19,46	9,91	-	0,15
% Energia Produzida Consumida	100	97,58	96,34	96,52	89,01	86,80	78,53	79,39	80,54	90,09	100	99,85
Poupança Energética (Wh)	82 981,17	143 996,92	184 759,26	152 569,67	191 552,94	173 834,29	192 698,32	194 438,94	187 828,92	148 831,42	114 963,87	98 705,32
Poupança Energética %	15,70	28,79	37,04	51,42	75,05	80,72	85,51	97,36	84,20	57,96	35,11	18,44
Encargos Energéticos (€)	78,45	60,54	53,35	23,88	10,31	7,23	4,56	0,66	5,38	17,15	34,71	75,57

Tabela 4.24- Dados anuais relativos ao cenário 1500 W + 7000 Wh

1500 W + 7000 Wh		
Carga Mínima	(Horas)	3524,5
	(%)	40,2
Carga Máxima	(Horas)	442,25
	(%)	5,0
Energia Produzida (Wh)		2 246 846,41
Energia Consumida (Wh)		4 062 389,30
Energia Proveniente da Rede (Wh)		2 195 228,25
Energia Injetada na Rede (Wh)		245 589,08
Energia Consumida Proveniente da Rede (%)		54,04
Energia Produzida Injetada na Rede (%)		10,93
Energia Produzida Consumida (%)		89,07
Poupança Energética	(Wh)	1 867 161,05
	(%)	45,96
Encargos Energéticos (€)		371,79

Nas tabelas 4.11 e 4.12 é possível consultar os dados mensais e anuais obtidos para o cenário 1500 W + 7000 Wh.

Com o aumento da capacidade de produção e da capacidade de armazenamento, tem-se verificado um aumento das poupanças energéticas, mas por outro lado a energia produzida que é injetada na rede também tem aumentado. Esta solução é a que apresenta melhores valores a nível de poupanças energéticas assim como os valores mais baixos de energia consumida proveniente da RESP anualmente. Por outro lado, é também a que apresenta os piores valores de energia produzida injetada na rede e de energia produzida consumida.

É importante destacar, que durante o mês de agosto apenas 2,64% da energia consumida foi proveniente da RESP, sendo um mês quase 100% renovável. Por outro lado, no mês de dezembro esse valor subiu consideravelmente para 81,56%.

## Capítulo 5

# 5 Conclusões e Trabalho Futuro

### 5.1 Conclusões

O trabalho desenvolvido na presente dissertação, teve como principal objetivo o estudo de um sistema fotovoltaico para autoconsumo com armazenamento de energia a nível residencial.

Através da análise dos perfis de consumo e produção do ano 2017 da habitação em estudo, foram calculados vários indicadores que serviram para estudar o comportamento de um sistema para autoconsumo com e sem armazenamento energético. Foram estudados vários cenários compostos por várias combinações de diferentes capacidades de produção e de armazenamento.

Como os consumos energéticos analisados são superiores nos meses de Inverno e a produção fotovoltaica é inferior neste período, foi feita uma análise mensal de cada cenário assim como escolhidas duas semanas representativas, uma semana representativa do Verão e outra do Inverno, por forma a evidenciar essa diferença tornando assim a análise mais rigorosa.

A primeira conclusão retirada, diz respeito ao impacto da sazonalidade neste tipo de sistemas, as diferenças são realmente grandes em alguns dos casos estudados. Devido a esta característica, é possível ter uma solução com um dimensionamento ótimo para o Verão, mas sobredimensionada para o Inverno. Na figura 3.4 é possível verificar isto mesmo, onde uma potência instalada de 500 W no mês de agosto produz praticamente o mesmo que uma potência de 1250 W no mês de dezembro.

Na implementação deste tipo de soluções, é necessário ter em consideração as diferentes estações do ano, por forma a identificar a solução ótima que melhor se adequa a todo o ano. Desta forma concluiu-se que por ser a altura de menor utilização da habitação e de menor procura energética, o Verão limita a potência a instalar nos módulos fotovoltaicos, por outro o sistema de armazenamento é limitado no Inverno, quando as necessidades energéticas são maiores.

Dos cinco cenários abordados no subcapítulo 4.4, o primeiro e o último foram escolhidos por serem os casos extremos, no primeiro (250 W + 1000 Wh) praticamente toda a energia produzida pelos módulos fotovoltaicos é consumida instantaneamente não justificando a inclusão de um sistema de armazenamento e no último (1500 W + 7000 Wh) verifica-se um claro sobredimensionamento quer da capacidade de produção instalada quer da capacidade das baterias. Os restantes cenários (750 W + 3000 Wh, 1000 W + 4000 Wh e 1250 W + 5000 Wh) foram

considerados os cenários ótimos para o consumidor em estudo, apresentado os valores mais equilibrados comparativamente aos demais.

Em suma, os sistemas para autoconsumo e os sistemas de armazenamento são uma mais valia para o ambiente, para o cliente e para sistema elétrico, quando aliados a um dimensionamento adequado e a uma gestão otimizada, permitindo assim uma maior integração das energias renováveis a nível residencial.

## **5.2 Trabalho Futuro**

Seria interessante numa perspetiva de trabalho futuro e de seguimento do atual trabalho desenvolvido, desenvolver uma metodologia na qual o perfil de consumo da habitação não é conhecido tão detalhadamente, apenas com acesso a faturas mensais por exemplo. Posteriormente, comparar as conclusões obtidas com essa metodologia e as obtidas nesta dissertação, por forma a determinar se as soluções são idênticas ou não.

Outra sugestão, seria o desenvolvimento de uma metodologia mais geral, que pudesse abranger um número superior de consumidores, com diferentes potências contratadas e diferentes tarifas.

Embora não seja tão comum, seria também interessante estudar o comportamento de um sistema para autoconsumo com armazenamento, com uma tecnologia de produção diferente da estudada neste trabalho, por exemplo com energia eólica, podendo posteriormente ser feita uma comparação entre os dois tipos de sistemas evidenciando os prós e os contras de cada um.

## Referências Bibliográficas

- [1] João Henrique Ferreira e Costa Tavares, “Desenvolvimento, Implementação E Simulação De Um Controlador Para Sistemas De Armazenamento De Energia Com Baterias,” 2015.
- [2] “Portal Energia and IST, ‘Energia Fotovoltaica - Manual sobre Tecnologias, Projecto e Instalação.’ pp. 1–368, 2004.”
- [3] “JRC Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS) - European Commission.” [Online]. Available: [http://re.jrc.ec.europa.eu/pvg\\_download/map\\_index.html](http://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_download/map_index.html).
- [4] “Solar resource maps and GIS data for 180+ countries | Solargis.” [Online]. Available: <https://solargis.com/maps-and-gis-data/download/>.
- [5] DGEG, “Estatísticas Rápidas- nº 153 - julho de 2017: Renováveis,” no. 153, p. 21, 2017.
- [6] “Data and Statistics - IRENA REsource,” *resourceirena.irena.org*.
- [7] EDP Distribuição, “Manual de ligações à rede eléctrica do serviço público,” p. 225, 2015.
- [8] “Energia Solar - Elergone Energia.” [Online]. Available: <http://elergone.pt/energia-solar/>.
- [9] “Unidade de Pequena Produção | Unidade de Pequena Produção | ck\_solarfotovoltaico.” [Online]. Available: <http://critical-kinetics.pt/Unidade-de-Pequena-Producao/unidade-pequena-producao.html>.
- [10] Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Energia, “Enquadramento do novo regime de Produção Distribuída,” pp. 1–29, 2014.
- [11] “Sistemas Microgeração.” [Online]. Available: <https://www.portal-energia.com/sistemas-microgeracao/>.
- [12] “Green Savers – 7 vantagens do novo modelo de autoconsumo de electricidade para as empresas.” [Online]. Available: <https://greensavers.sapo.pt/7-vantagens-do-novo-modelo-de-autoconsumo-de-electricidade-para-as-empresas/>.
- [13] European Photovoltaic Industry Association, “Self Consumption of PV Electricity,” pp. 1–17, 2013.
- [14] Sara Daniela Magalhães Costa, “Simulação de modelos de remuneração e estudo de mercado para sistemas fotovoltaicos de autoconsumo,” p. 136, 2014.



- [15] Diogo Maximino Ribeiro da Silva, “Autoconsumo: Um Elemento de Eficiência Energética,” pp. 40–45, 2015.
- [16] “Consumer vs Prosumer: What’s the Difference? | Department of Energy.” [Online]. Available: <https://www.energy.gov/eere/articles/consumer-vs-prosumer-whats-difference>.
- [17] Luís Filipe da Silva Santos, “Desenvolvimento de ferramenta de apoio ao dimensionamento de sistemas de autoconsumo fotovoltaico em ambiente doméstico,” 2015.
- [18] “Grid-Tied, Off-Grid and Hybrid Solar Systems - Energy Informative.” [Online]. Available: <http://energyinformative.org/grid-tied-off-grid-and-hybrid-solar-systems/>.
- [19] Sergio Miguel da Costa Godinho, “Sistemas para Autoconsumo,” 2016.
- [20] Fábio Joel Gouveia Pereria, “Modelos de gestão de produção e consumo distribuído,” 2016.
- [21] Fábio Pereira, “Energy Storage Systems,” pp. 17–28, 2012.
- [22] Pedro Nuno Umbelino Campos Correia, “Estudo de sistema de produção fotovoltaica com armazenamento para autoconsumo numa instalação residencial,” 2018.
- [23] “Energy Storage Technologies | Energy Storage Association.” [Online]. Available: <http://energystorage.org/energy-storage/energy-storage-technologies>.
- [24] “Baterias - Manual da Química.” [Online]. Available: <https://manualdaquimica.uol.com.br/fisico-quimica/baterias.htm>.
- [25] Haisheng Chen, Thang Ngoc, Wei Yang, Chunqing Tan, and Yong Li, “Progress in electrical energy storage system : A critical review,” *Prog. Nat. Sci.*, vol. 19, no. 3, pp. 291–312, 2009.
- [26] Paul Braun, Jiung Cho, James Pikul, William King, and Huigang Zhang, “High power rechargeable batteries,” *Curr. Opin. SOLID STATE Mater. Sci.*, 2012.
- [27] Luis Horacio Vera, “Programa Computacional para Dimensionamento e Simulação de Sistemas Fotovoltaicos Autônomos,” 2004.
- [28] “Comparando Baterias Recarregáveis - STA Eletrônica.” [Online]. Available: <http://www.sta-eletronica.com.br/artigos/comparando-baterias-recarregaveis>.
- [29] Filipe Pinto, “Regime Jurídico das Unidades de Produção ( UP ) Distribuída,” pp. 1–28, 2015.

- [30] “Decreto-Lei 153/2014, 2014-10-20 - DRE.” [Online]. Available:  
[https://dre.pt/web/guest/pesquisa/-  
/search/58406974/details/maximized?print\\_preview=print-preview](https://dre.pt/web/guest/pesquisa/-/search/58406974/details/maximized?print_preview=print-preview).
- [31] “ABB’s new solar power storage solution, REACT 2, achieves 90 percent energy self-reliance.” [Online]. Available:  
<http://www.abb.com/cawp/seitp202/C2269AB8823BE8FFC12582560048795B.aspx>.
- [32] “BPT-S 5 Hybrid The intelligent storage solution The day is done , but the sun remains.”



# Apêndice

## Apêndice A – Consumos médios mensais

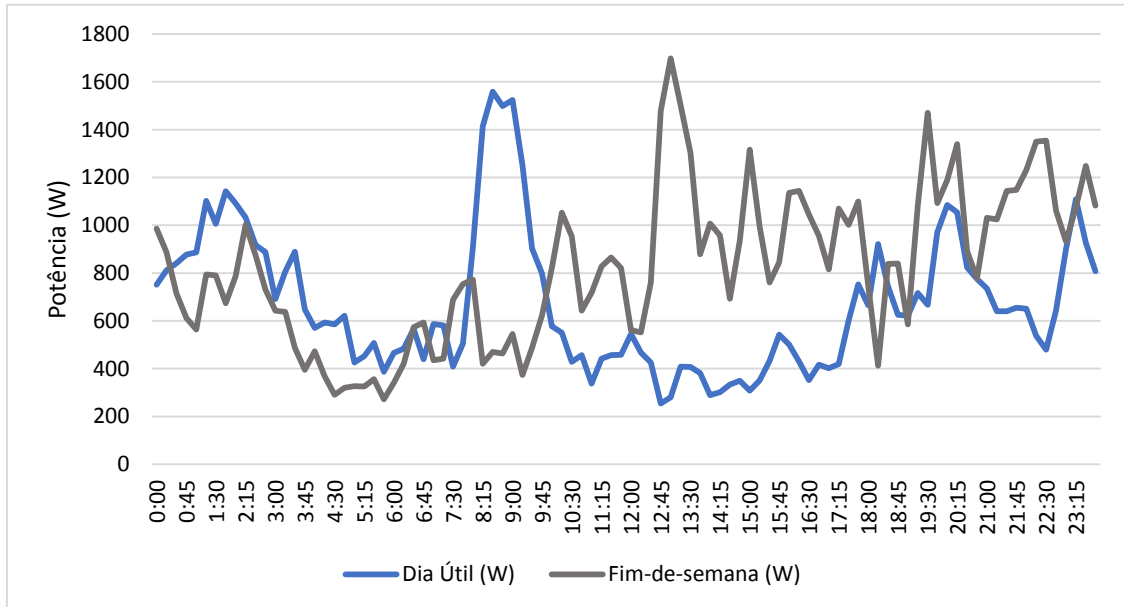


Figura A.1- Consumo médio durante o mês de janeiro de 2017

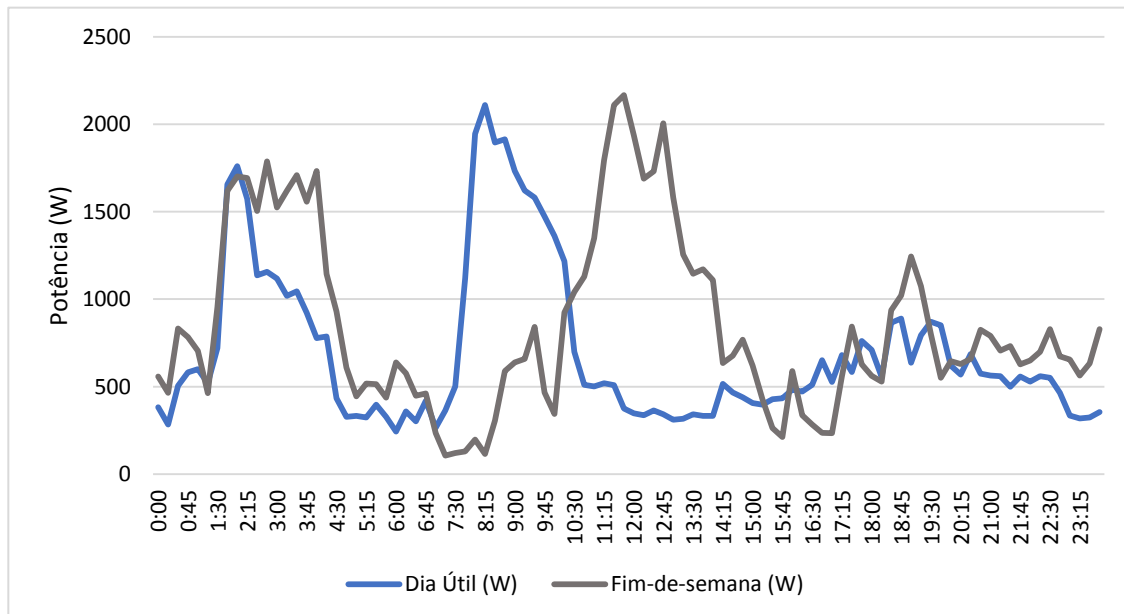


Figura A.2- Consumo médio durante o mês de fevereiro de 2017

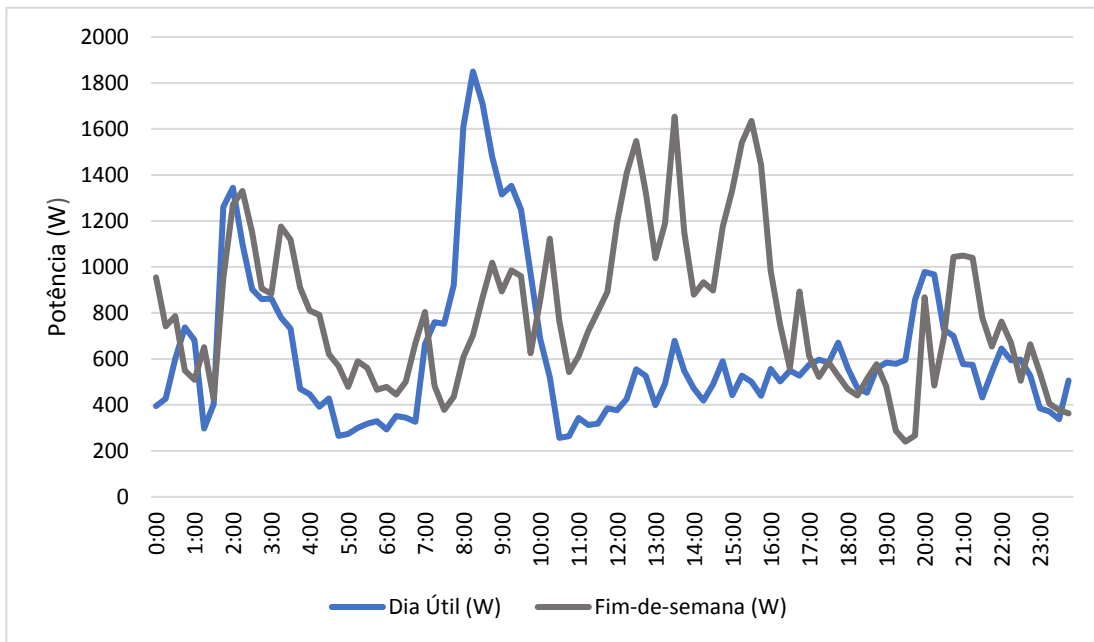


Figura A.3- Consumo médio durante o mês de março de 2017

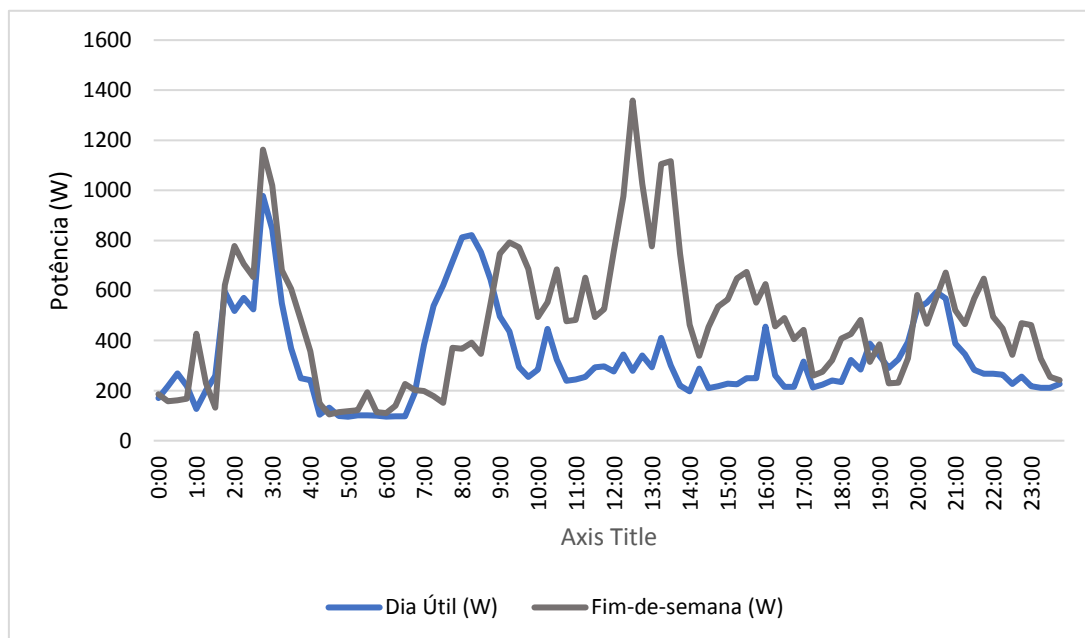


Figura A.4- Consumo médio durante o mês de abril de 2017

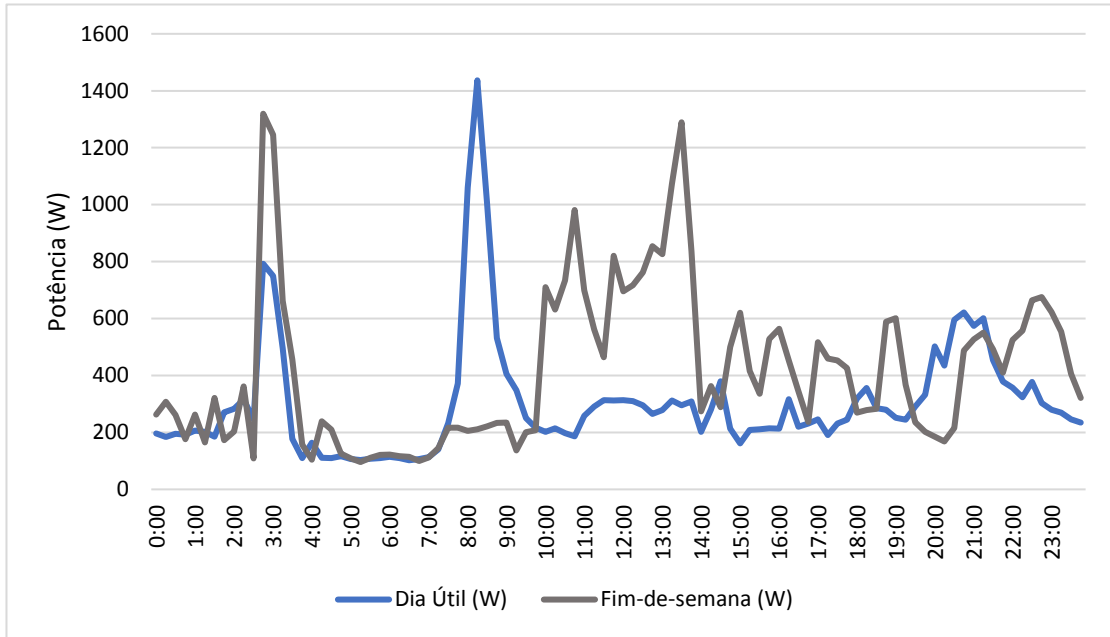


Figura A.5- Consumo médio durante o mês de maio de 2017

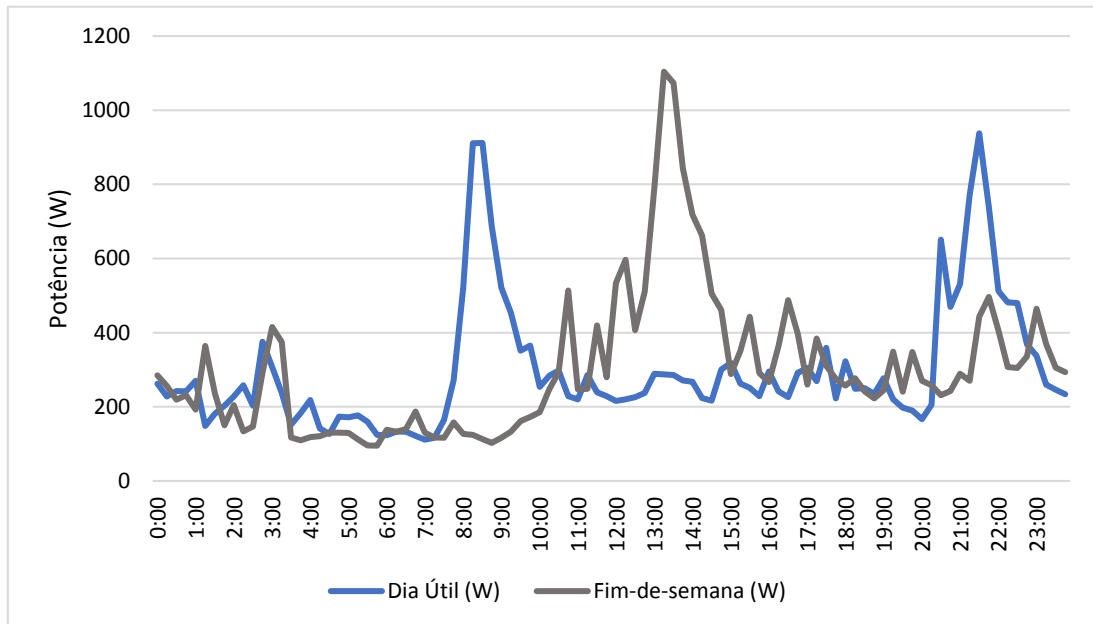


Figura A.6 - Consumo médio durante o mês de junho de 2017

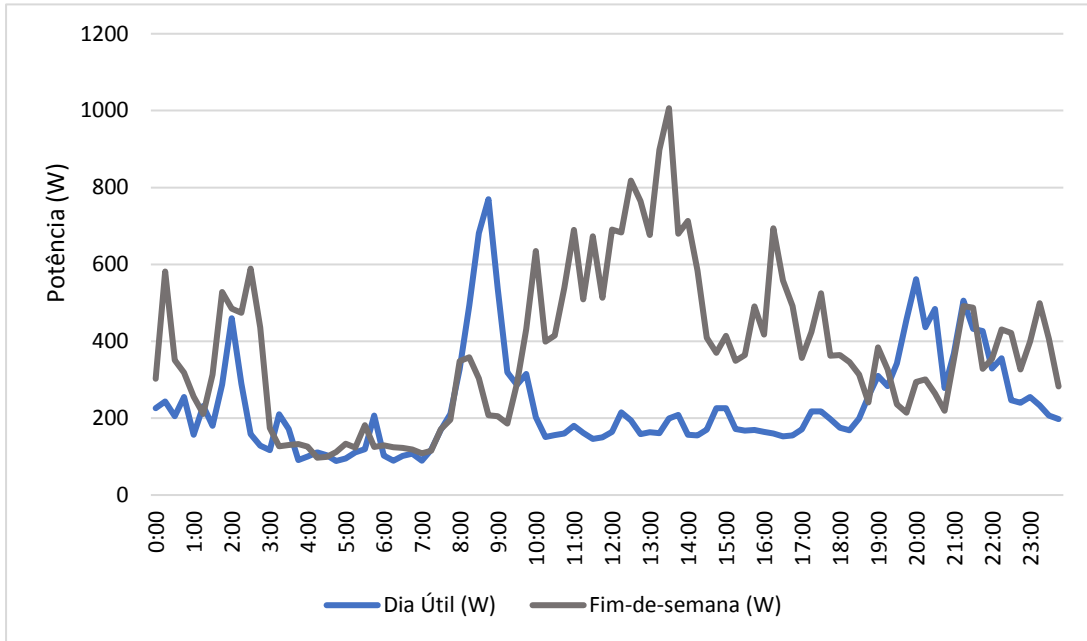


Figura A.7- Consumo médio durante o mês de julho de 2017

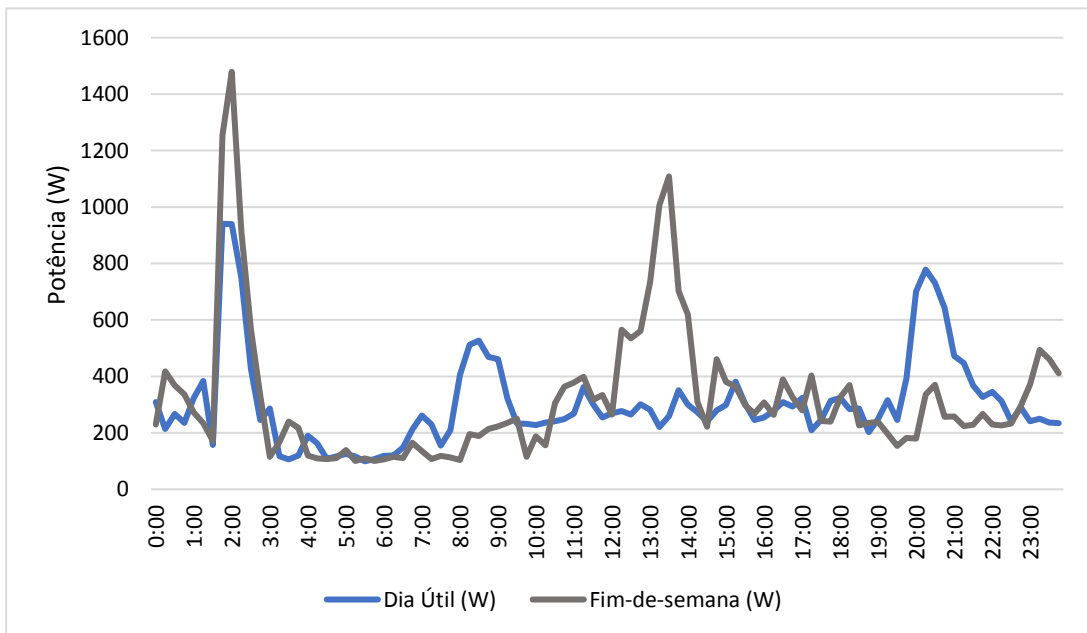


Figura A.8 - Consumo médio durante o mês de setembro de 2017

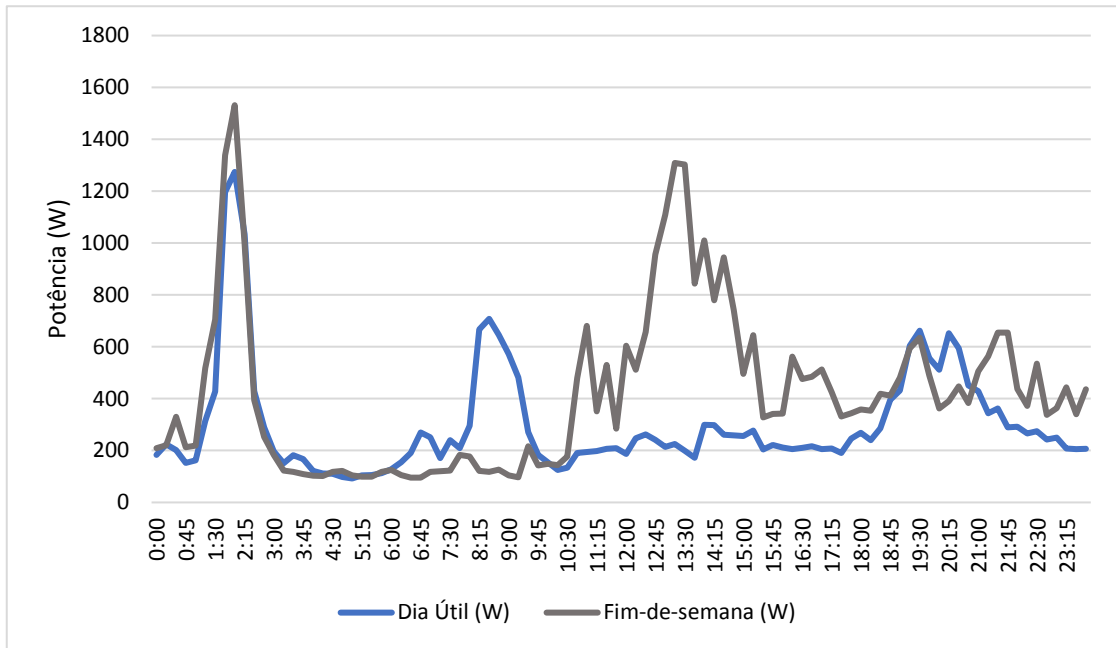


Figura A.9 - Consumo médio durante o mês de outubro de 2017

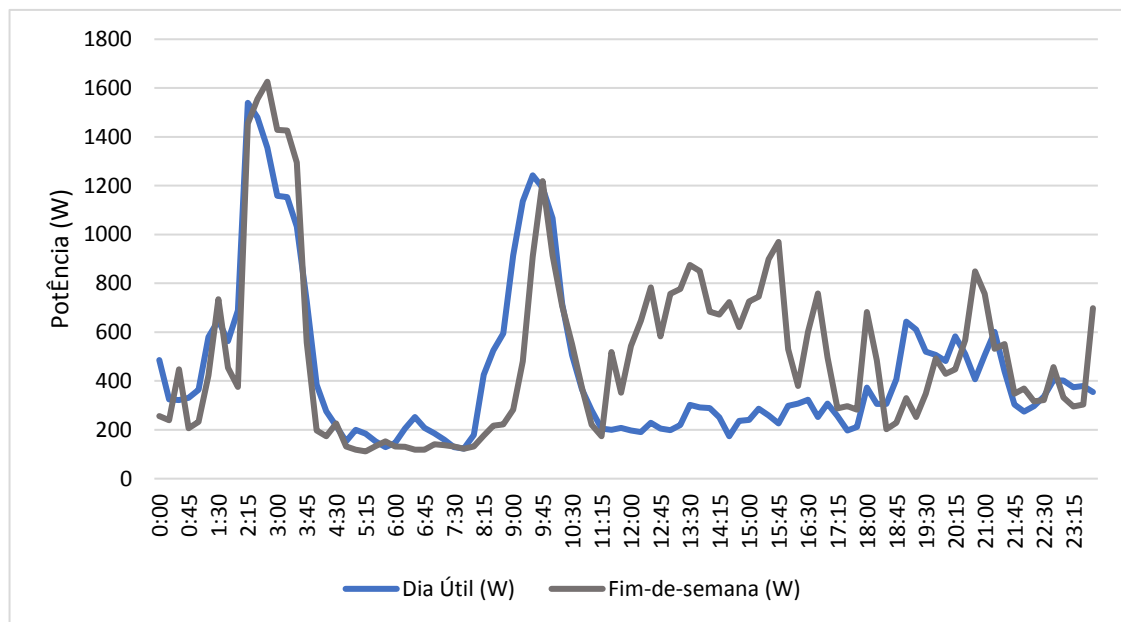


Figura A.10 - Consumo médio durante o mês de novembro de 2017



## Apêndice B – Produção fotovoltaica mensal

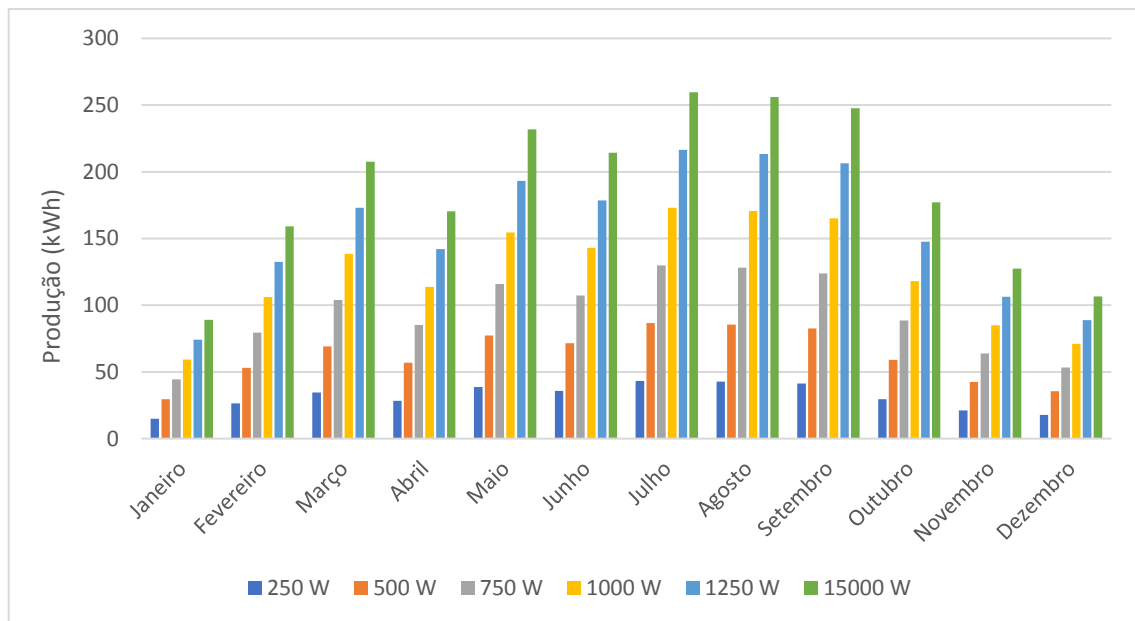


Figura B.11- Produção fotovoltaica mensal para diversas potências instaladas

## Apêndice C – Semanas representativas de um sistema para autoconsumo sem armazenamento

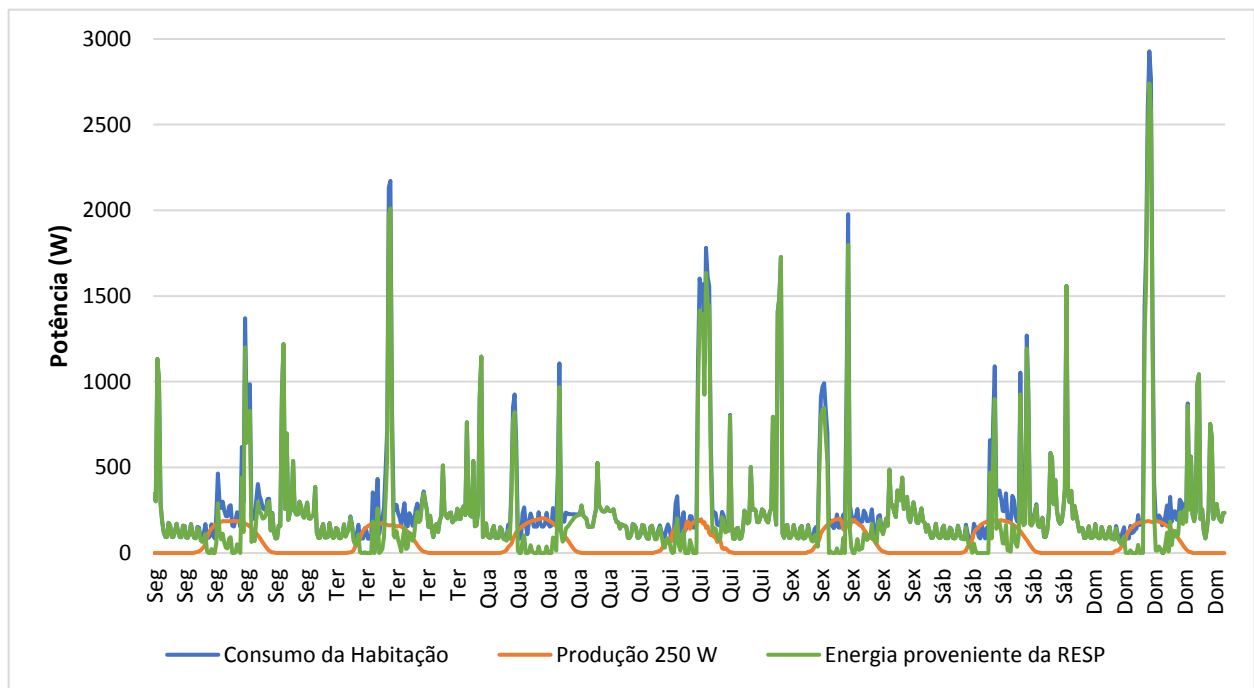


Figura C.12- Dados relativos à semana representativa do Verão (250 W)

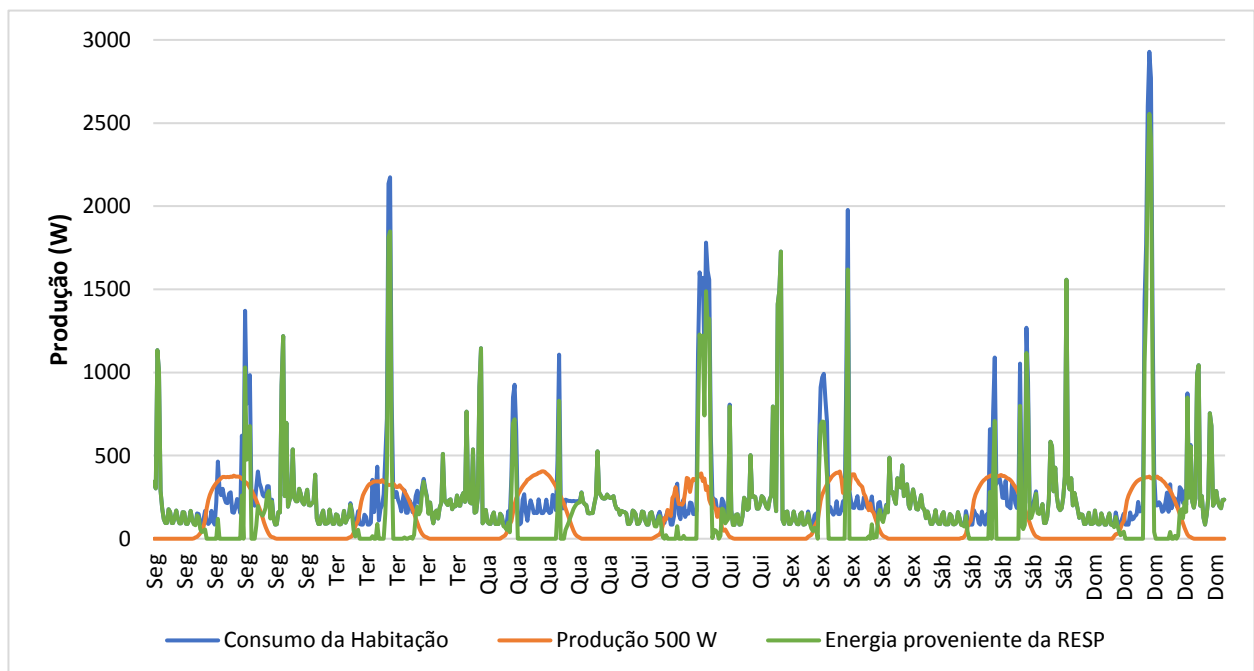


Figura C.13- Dados relativos à semana representativa do Verão (500 W)

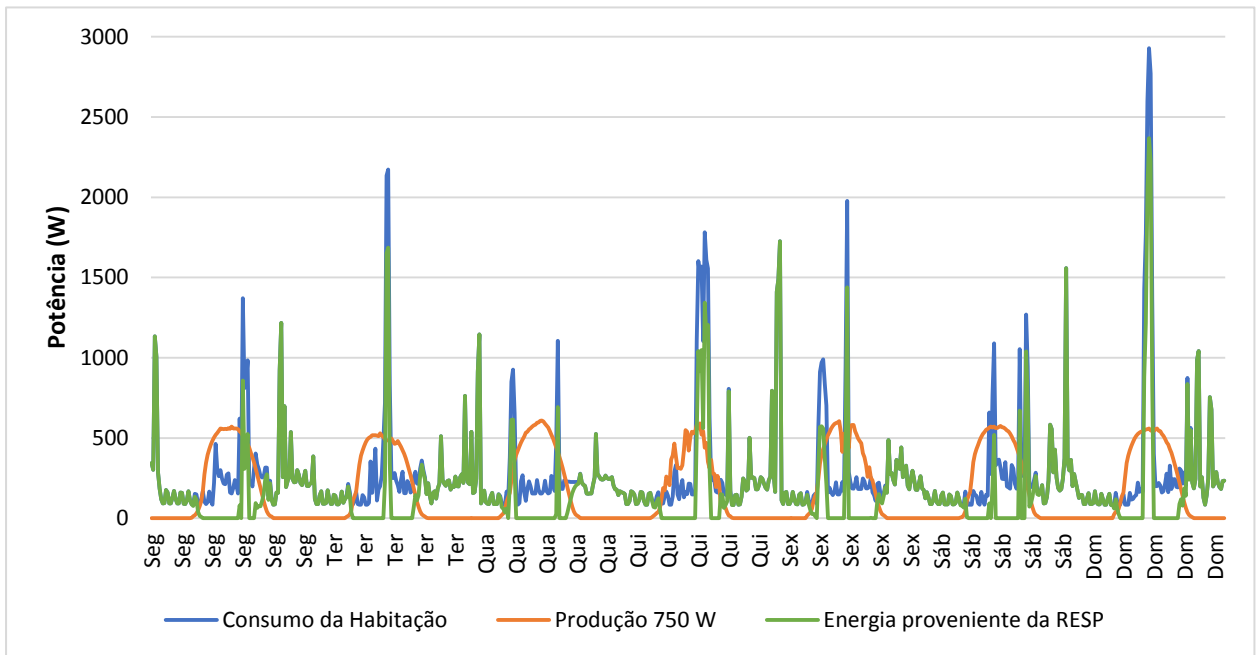


Figura C.14- Dados relativos à semana representativa do Verão (750 W)

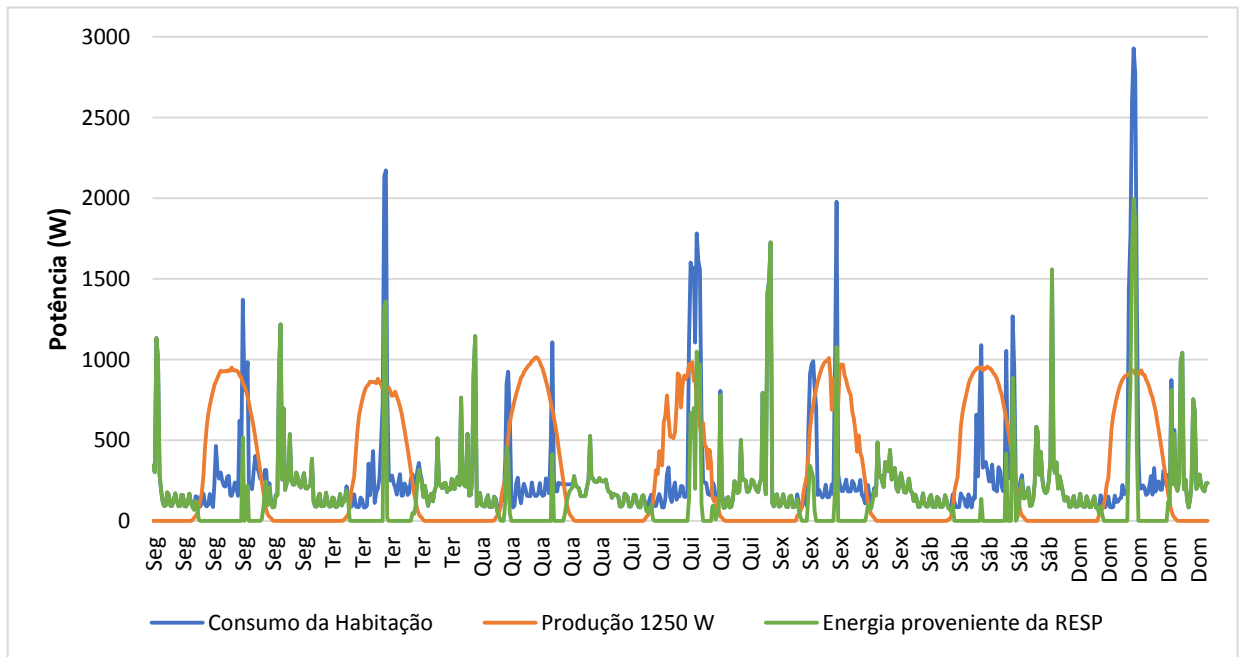


Figura C.14- Dados relativos à semana representativa do Verão (1250 W)

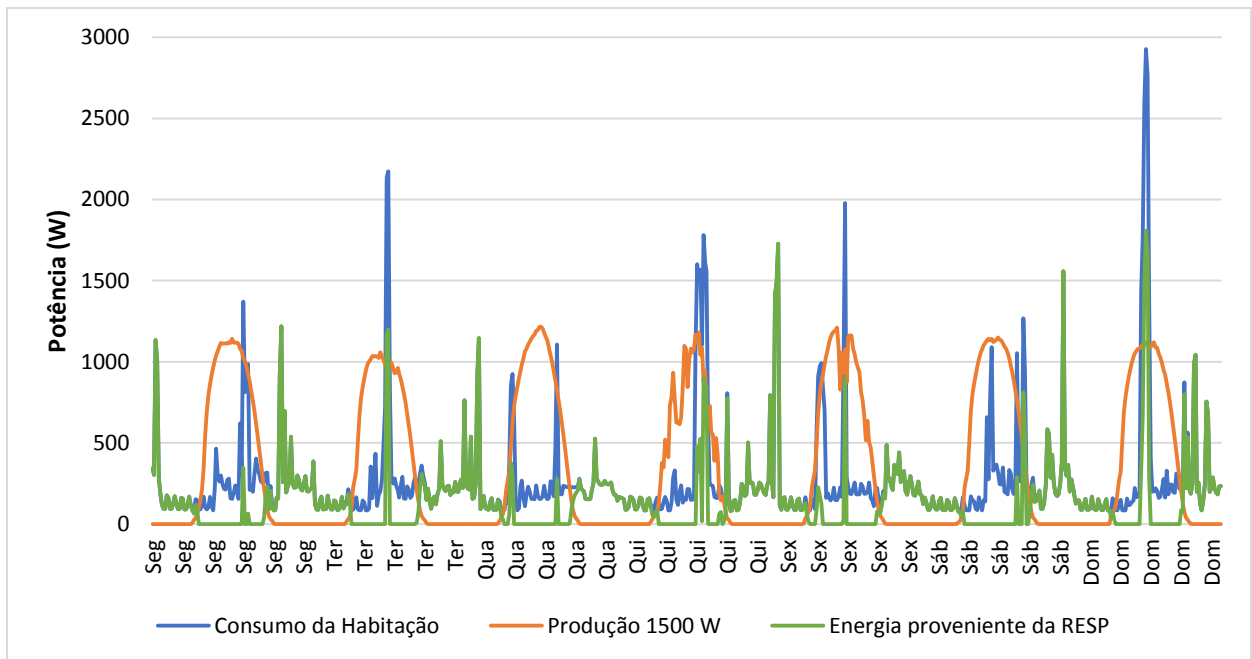


Figura C.15 - Dados relativos à semana representativa do Verão (1500 W)

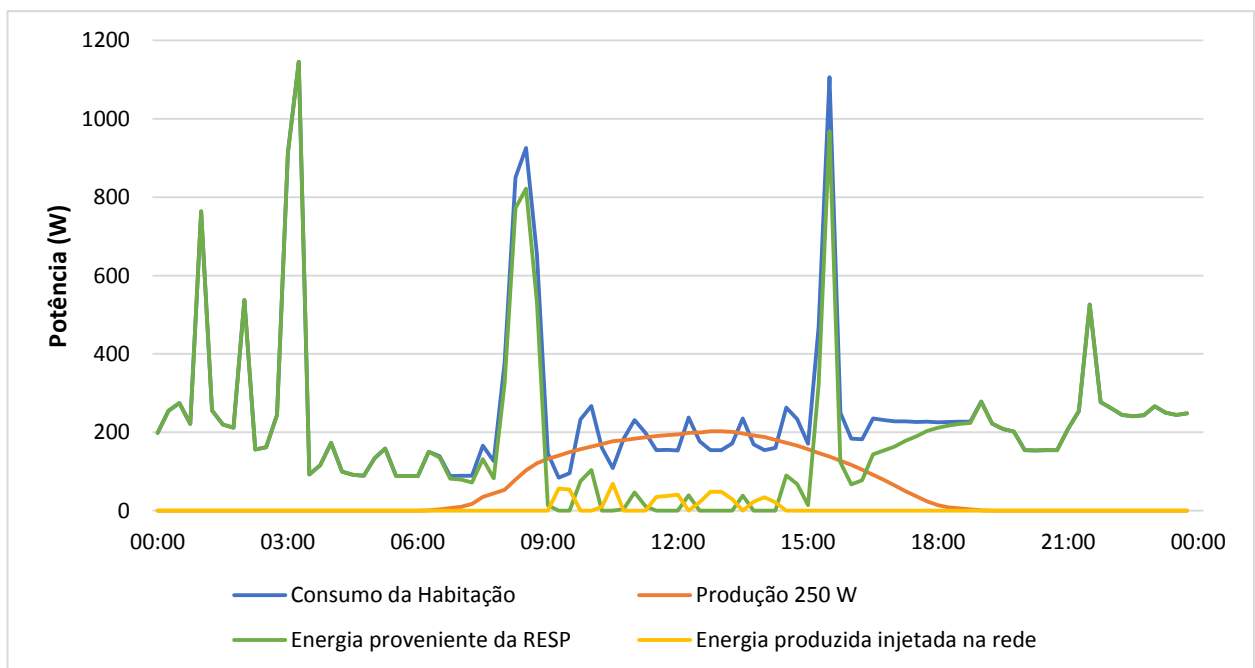


Figura C.16- Dados relativos a um dia da semana representativa do Verão (250 W)

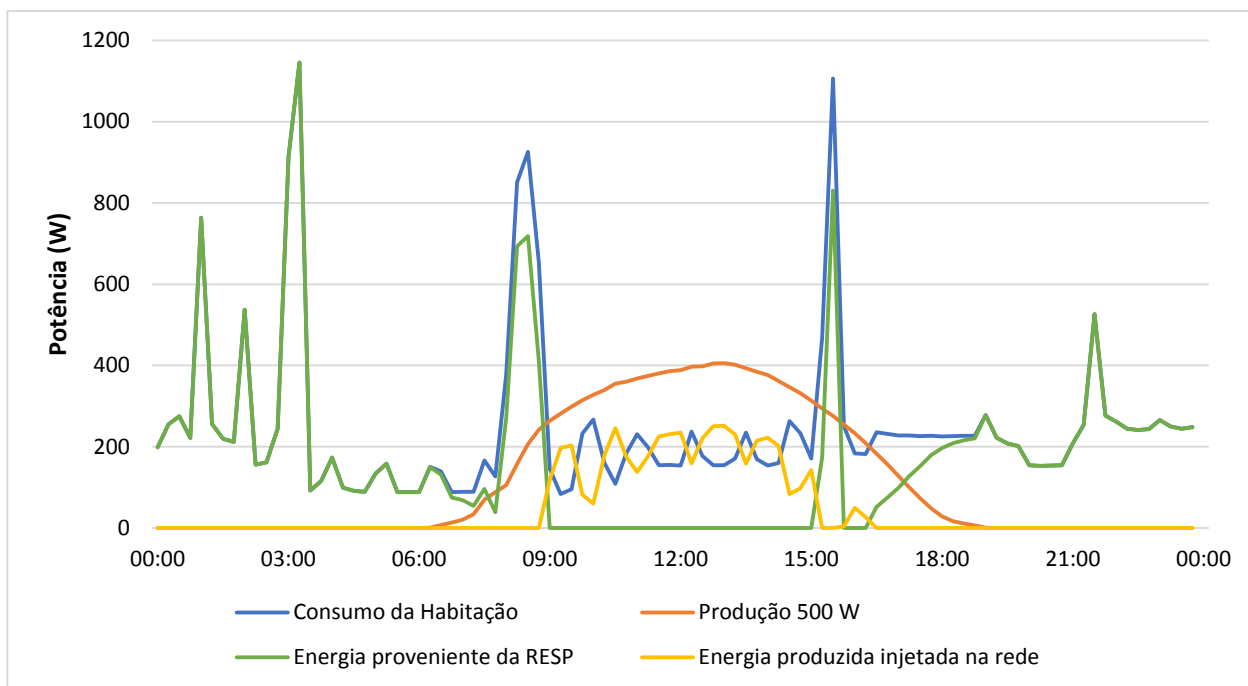


Figura C.17- Dados relativos a um dia da semana representativa do Verão (500 W)

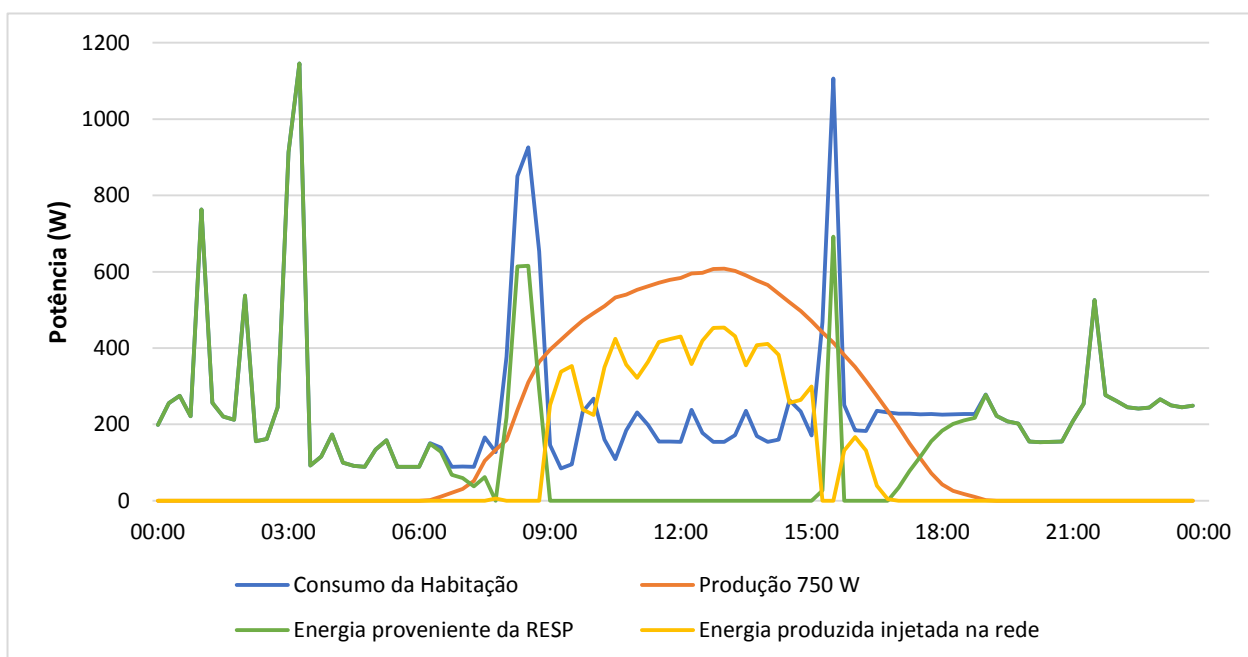


Figura C.18- Dados relativos a um dia da semana representativa do Verão (750 W)

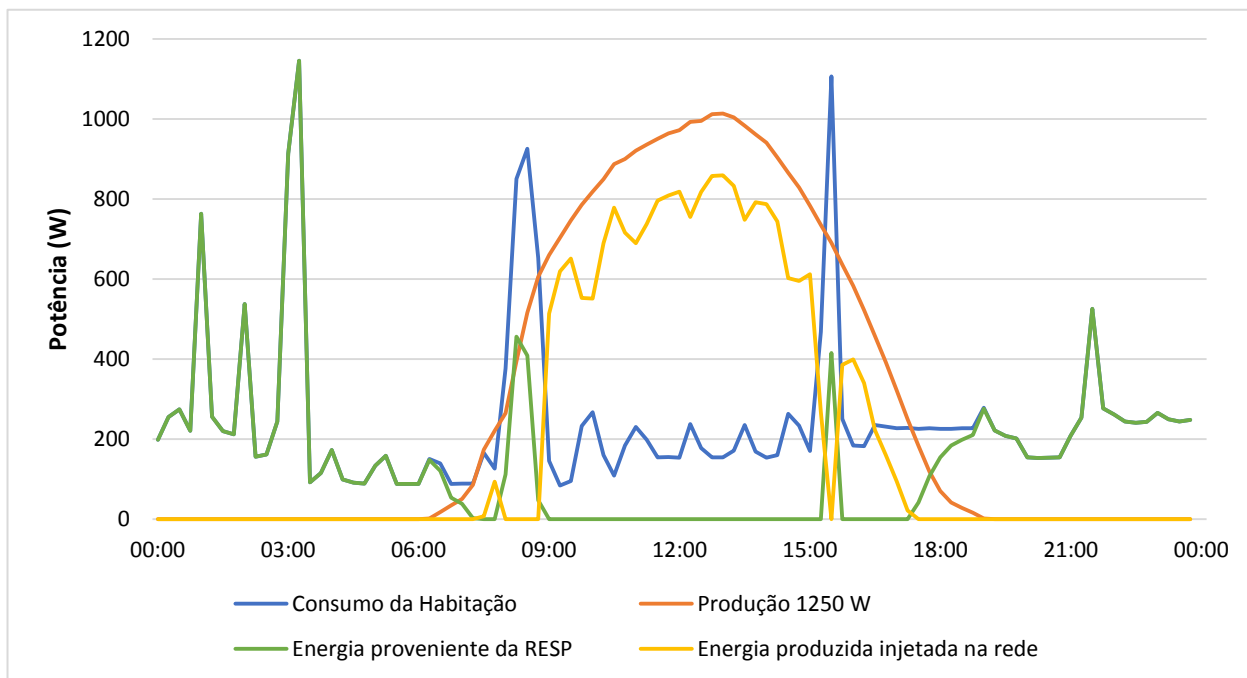


Figura C.19- Dados relativos a um dia da semana representativa do Verão (1250 W)

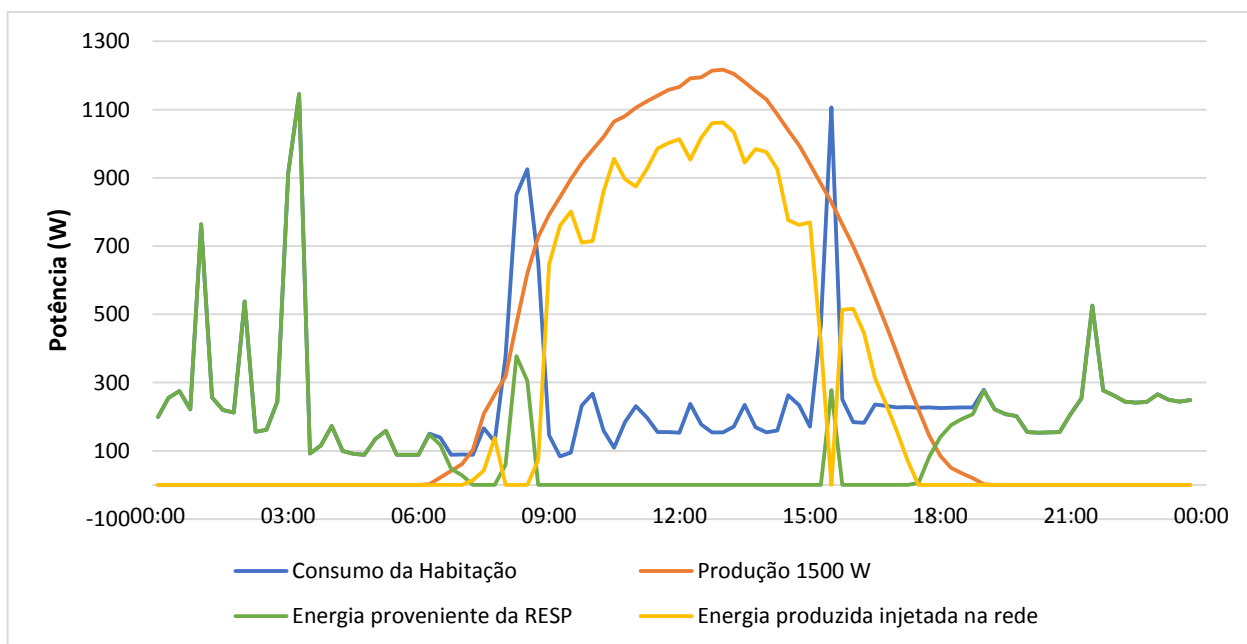


Figura C.20- Dados relativos a um dia da semana representativa do Verão (1500 W)

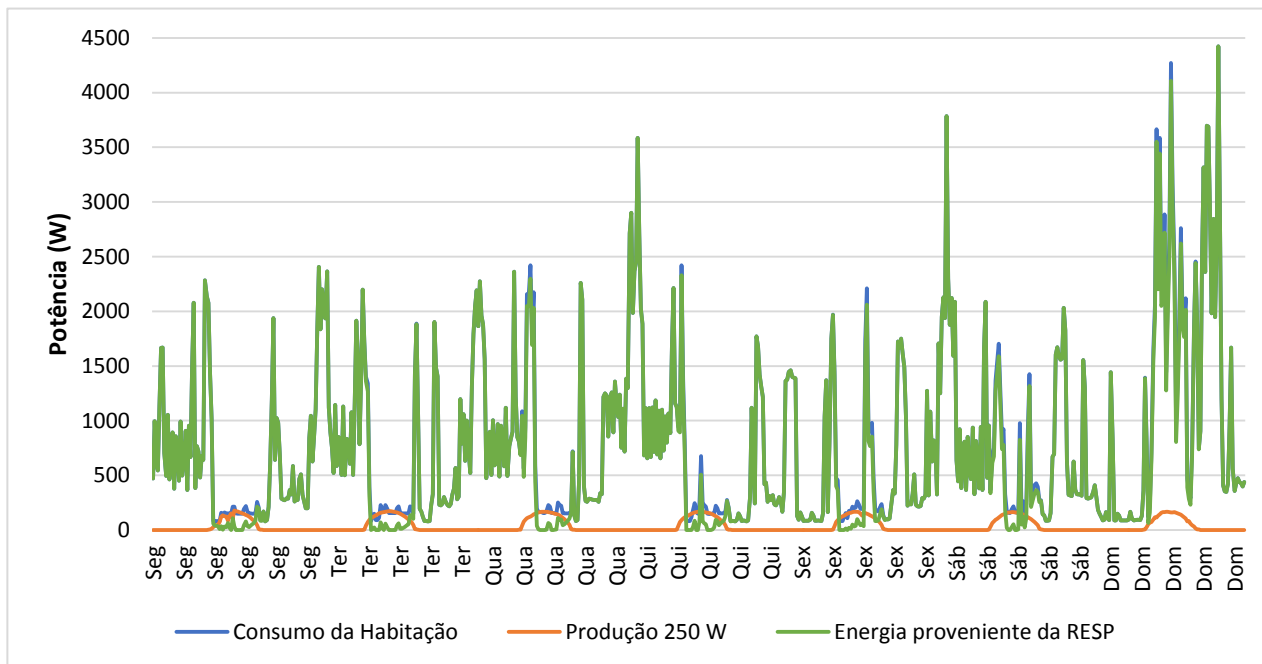


Figura C.21- Dados relativos à semana representativa do Inverno (250 W)

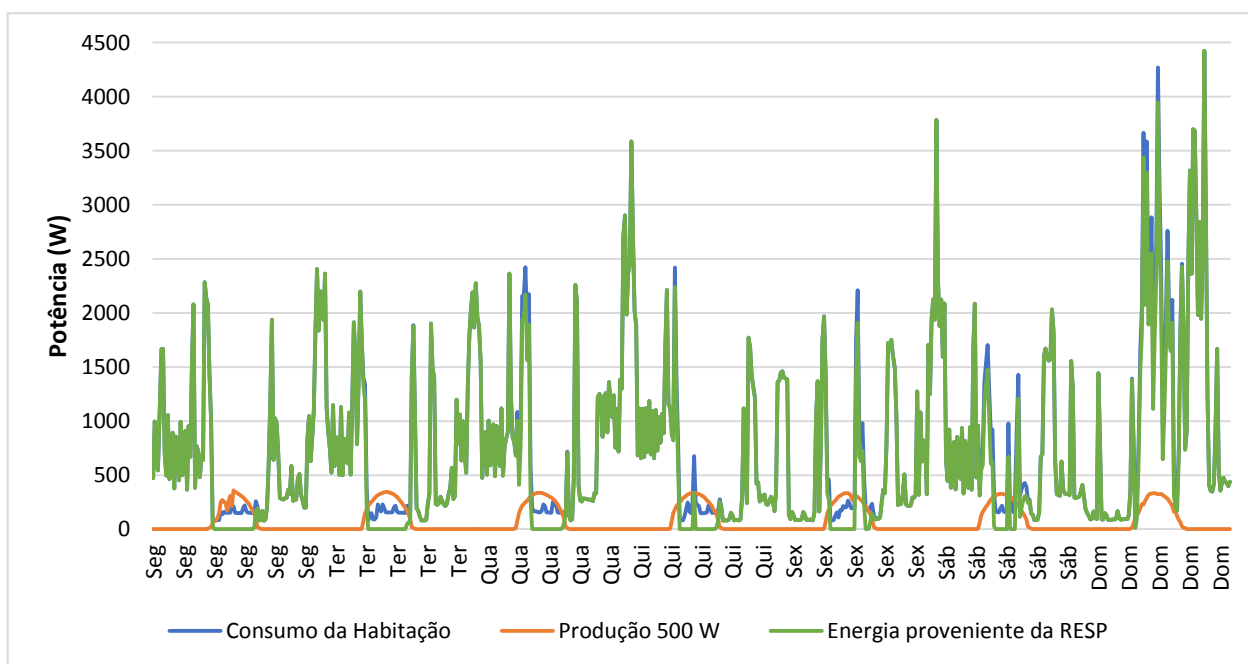


Figura C.22- Dados relativos à semana representativa do Inverno (500 W)

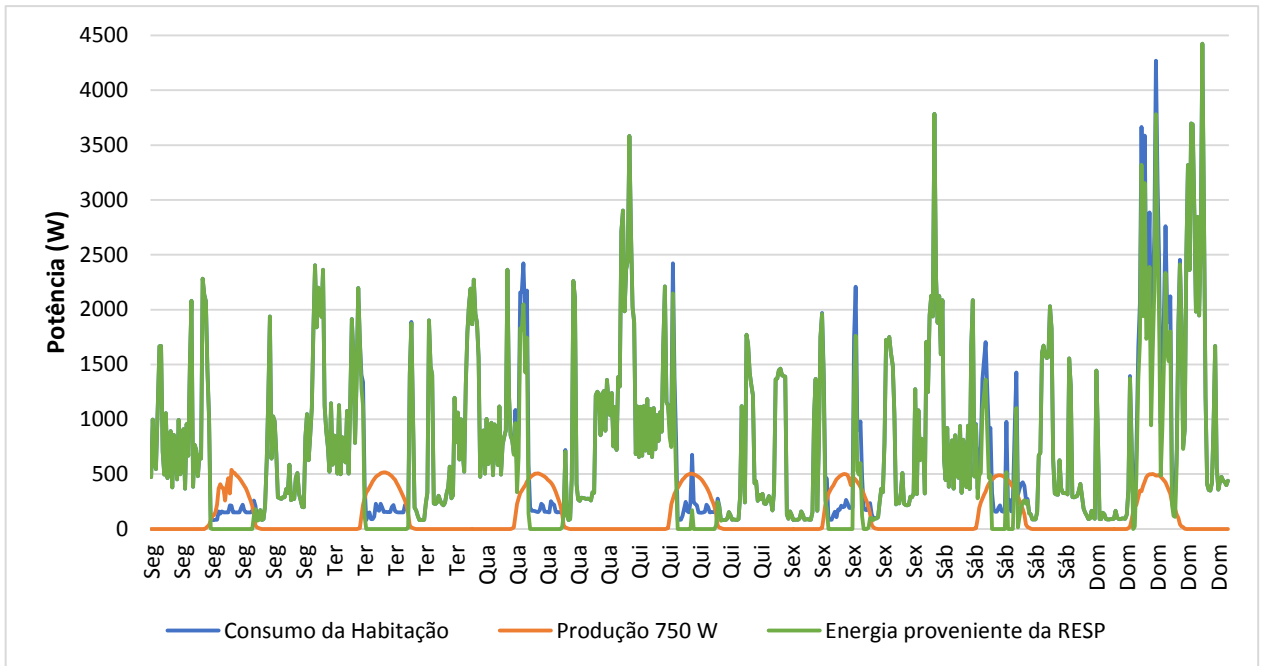


Figura C.23- Dados relativos à semana representativa do Inverno (750 W)

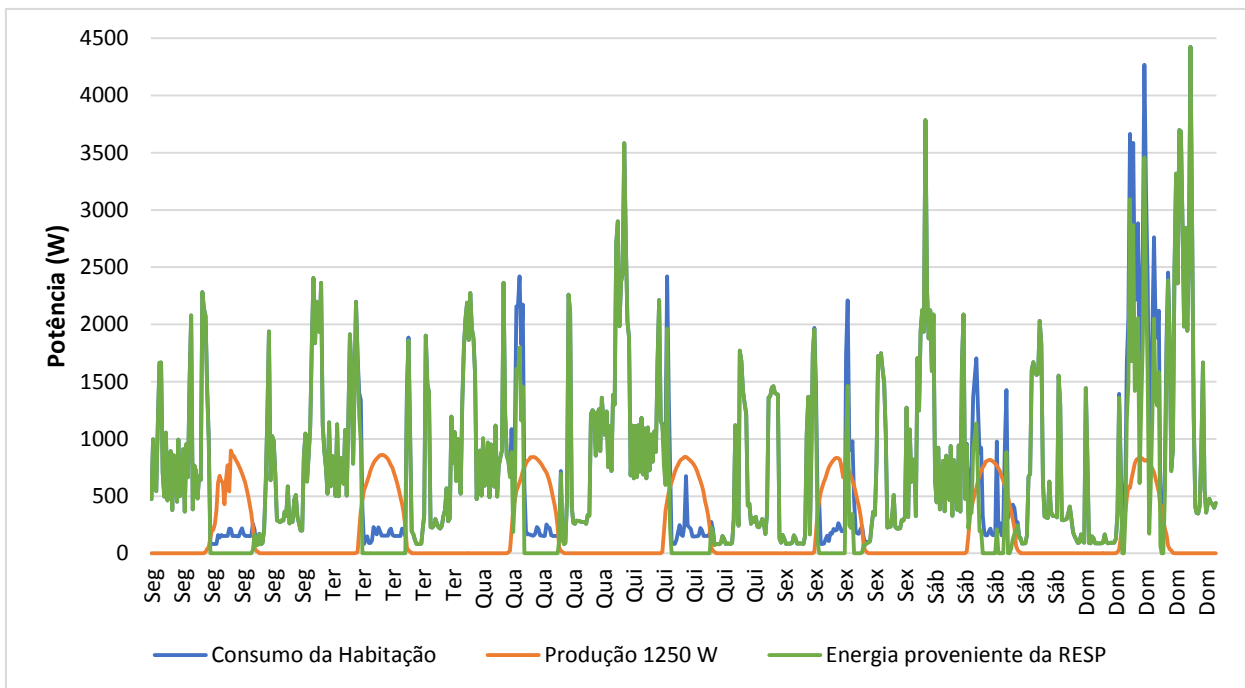


Figura C.24- Dados relativos à semana representativa do Inverno (1250 W)



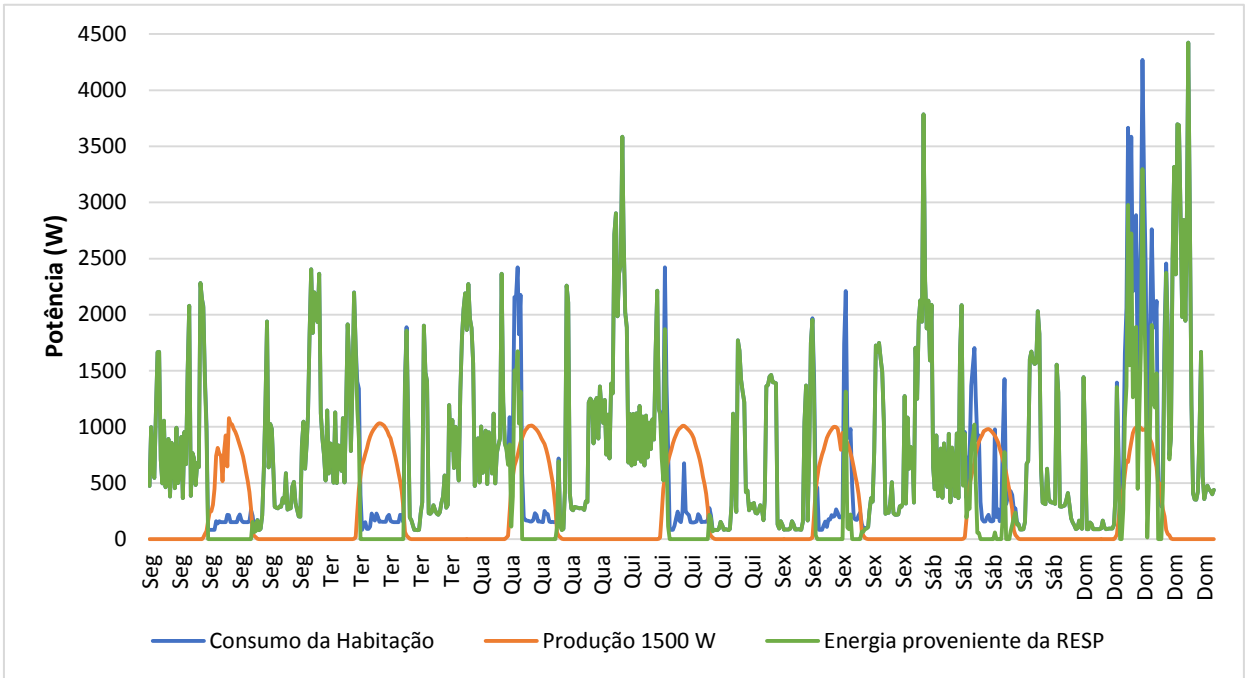


Figura C.25- Dados relativos à semana representativa do Inverno (1500 W)

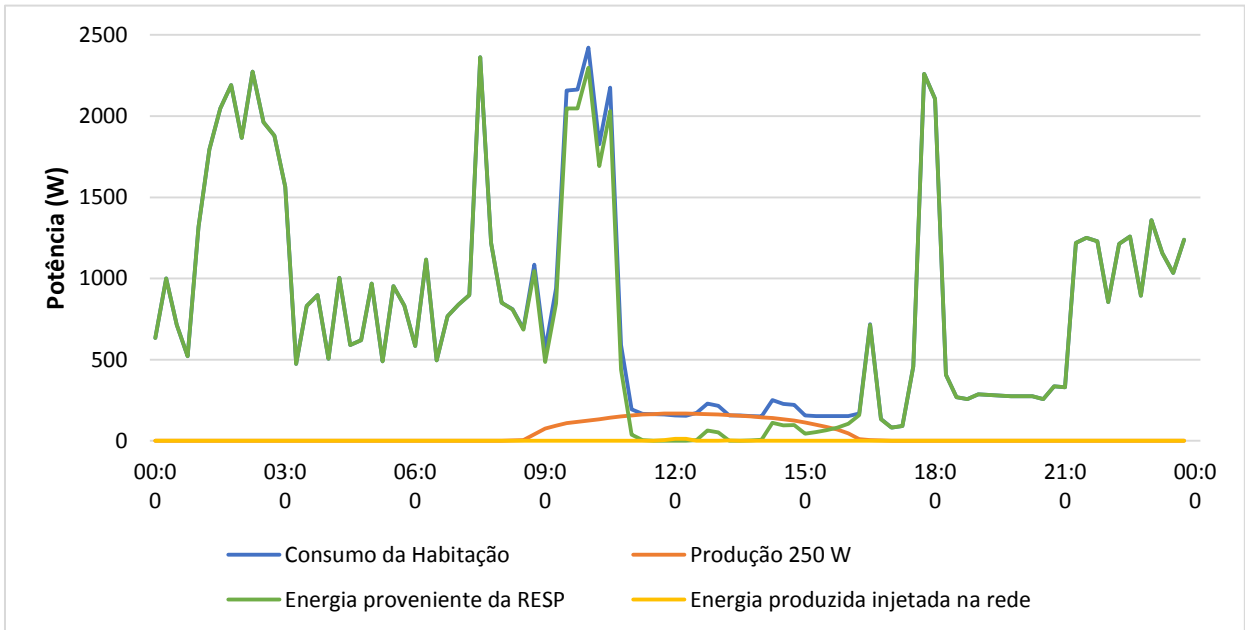


Figura C.26- Dados relativos a um dia da semana representativa do Inverno (250 W)

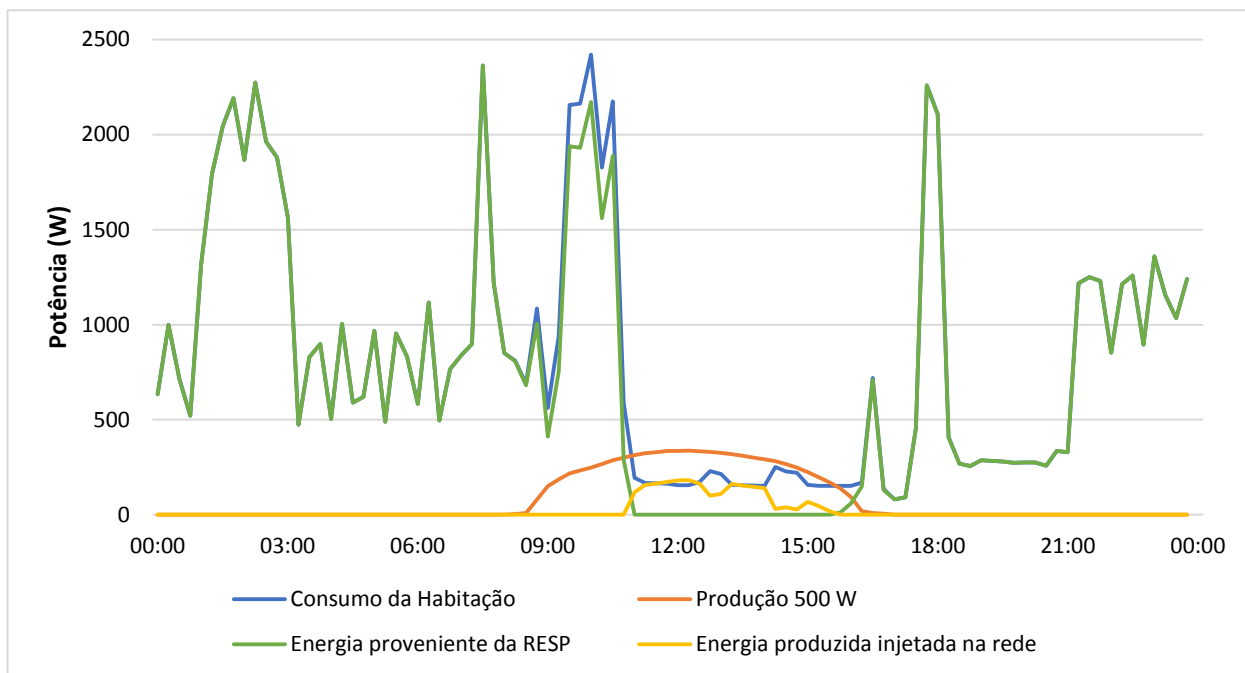


Figura C.27- Dados relativos a um dia da semana representativa do Inverno (500 W)

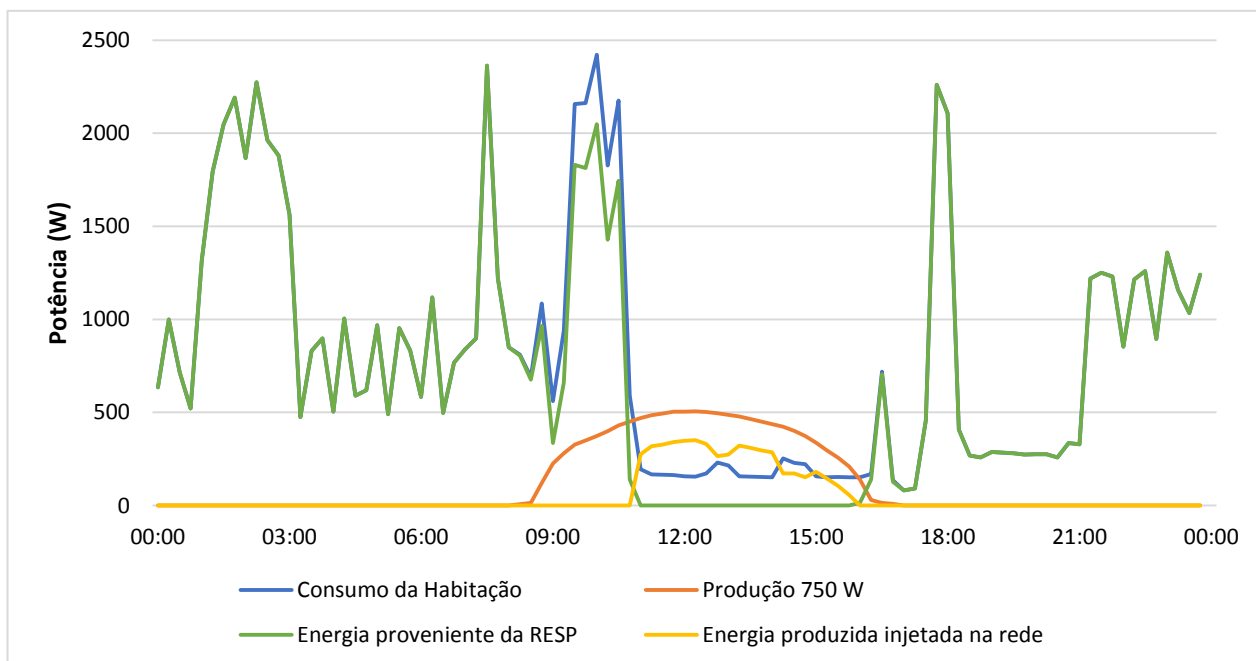


Figura C.28- Dados relativos a um dia da semana representativa do Inverno (750 W)

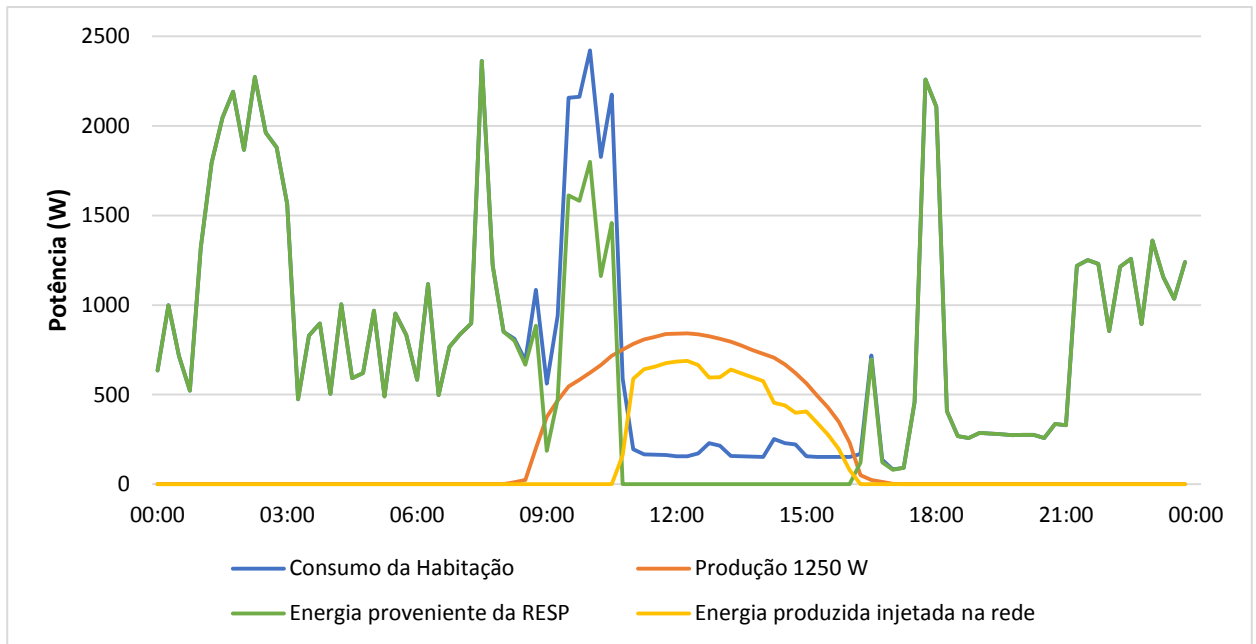


Figura C.29- Dados relativos a um dia da semana representativa do Inverno (1250 W)

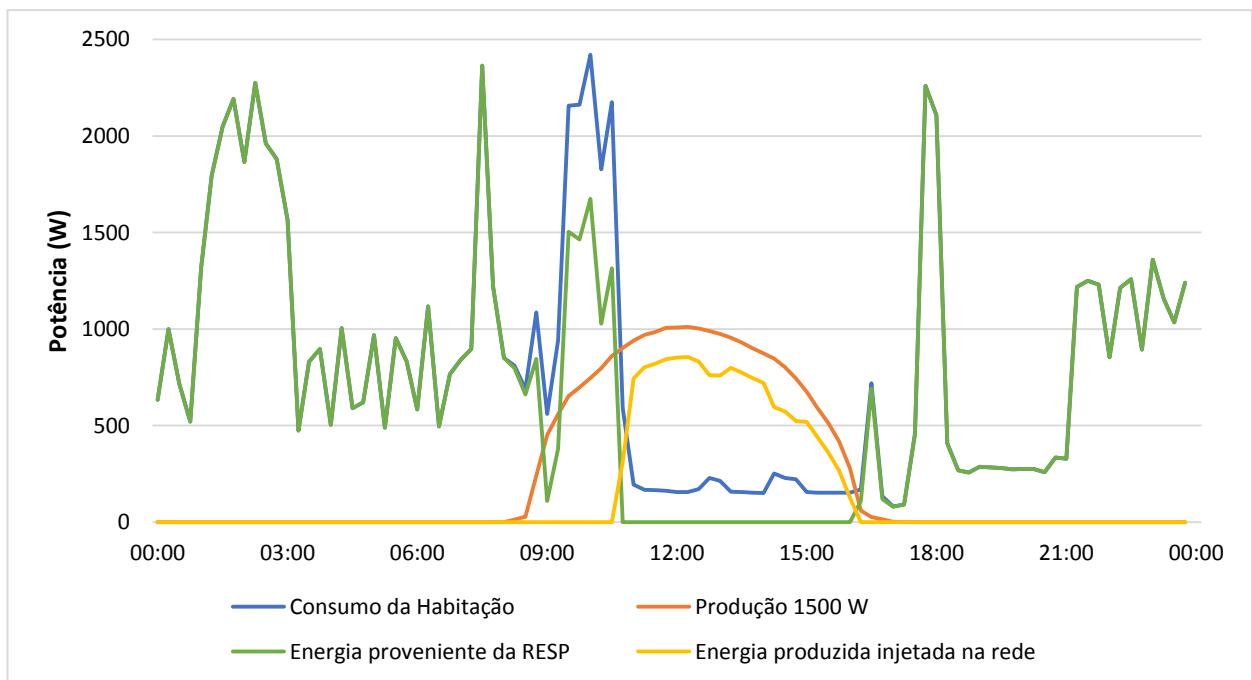


Figura C.30- Dados relativos a um dia da semana representativa do Inverno (1500 W)

## Apêndice D – Resultados Anuais de um sistema para autoconsumo com armazenamento

Tabela D.1- Encargos energéticos anuais em euros dos vários cenários estudados

		Sem Armazenamento	Armazenamento							
			1000 Wh	2000 Wh	3000 Wh	4000 Wh	5000 Wh	6000 Wh	7000 Wh	
P r o d u ç ã o	250 W	670,3	667,9							
	500 W	628,5	606,9	598,4	597,9					
	750 W	601,8	570,1	548,1	534,4	528,9	528,0			
	1000 W	580,1	542,1	512,8	490,9	476,5	468,1	464,0	462,5	
	1250 W	561,6	520,5	486,3	459,7	438,4	424,7	415,7	409,5	
	1500 W	546,4	503,7	465,7	435,2	410,2	392,9	380,5	371,8	

Tabela D.2 -Poupanças Energéticas anuais em percentagem dos vários cenários estudados

		Sem Armazenamento	Armazenamento							
			1000 Wh	2000 Wh	3000 Wh	4000 Wh	5000 Wh	6000 Wh	7000 Wh	
P r o d u ç ã o	250 W	8,8	9,0							
	500 W	13,7	16,1	17,0	17,1					
	750 W	16,9	20,6	23,0	24,5	25,2	25,4			
	1000 W	19,6	23,9	27,3	29,8	31,7	32,9	33,6	33,9	
	1250 W	21,8	26,6	30,5	33,6	36,4	38,4	39,9	40,9	
	1500 W	23,7	28,7	33,1	36,8	40,0	42,5	44,5	46,0	

Tabela D.3- Energia produzida consumida anual em percentagem dos vários cenários estudados

		Sem Armazenamento	Armazenamento							
			1000 Wh	2000 Wh	3000 Wh	4000 Wh	5000 Wh	6000 Wh	7000 Wh	
P r o d u ç ã o	250 W	95,3	100,0							
	500 W	74,5	93,9	99,6	100,0					
	750 W	61,3	79,9	90,1	96,3	99,6	100,0			
	1000 W	53,0	69,2	79,4	87,3	93,0	96,8	99,1	99,8	
	1250 W	47,3	60,9	70,5	78,2	84,7	89,7	93,2	95,7	
	1500 W	42,8	54,3	63,0	70,5	76,9	82,1	86,2	89,1	

Tabela D.4 – Energia produzida injetada na rede anual em percentagem dos vários cenários estudados

		Sem Armazenamento	Armazenamento						
			1000 Wh	2000 Wh	3000 Wh	4000 Wh	5000 Wh	6000 Wh	7000 Wh
P r o d u ç ã o	250 W	4,7	0,0						
	500 W	25,5	6,1	0,4	0,0				
	750 W	38,7	20,1	9,9	3,7	0,5	0,0		
	1000 W	47,0	30,8	20,6	12,7	7,0	3,2	0,9	0,2
	1250 W	52,7	39,1	29,5	21,8	15,3	10,4	6,8	4,3
	1500 W	57,2	45,7	37,0	29,5	23,1	17,9	13,8	10,9

Tabela D.5- Energia consumida proveniente da rede anual em percentagem dos vários cenários estudados

		Sem Armazenamento	Armazenamento						
			1000 Wh	2000 Wh	3000 Wh	4000 Wh	5000 Wh	6000 Wh	7000 Wh
P r o d u ç ã o	250 W	91,21	91,0						
	500 W	86,26	83,9	83,0	82,9				
	750 W	83,06	79,4	77,0	75,5	74,8	74,6		
	1000 W	80,44	76,1	72,7	70,2	68,3	67,1	66,4	66,1
	1250 W	78,21	73,4	69,5	66,4	63,6	61,6	60,1	59,1
	1500 W	76,34	71,3	66,9	63,2	60,0	57,5	55,5	54,0

Tabela D.6- Percentagem de tempo que a bateria está à carga mínima num ano para os vários cenários estudados

		Armazenamento						
		1000 Wh	2000 Wh	3000 Wh	4000 Wh	5000 Wh	6000 Wh	7000 Wh
P r o d u ç ã o	250 W	91,3						
	500 W	75,5	74,2	74,2				
	750 W	69,7	66,8	64,9	63,9	63,7		
	1000 W	66,2	62,5	59,6	57,1	55,1	54,0	53,7
	1250 W	63,7	59,5	56,0	52,4	49,3	46,9	45,3
	1500 W	61,8	57,2	53,2	49,1	45,4	42,2	40,2

Tabela D.7- Percentagem de tempo que a bateria está à carga máxima num ano para os vários cenários estudados

		Armazenamento						
		1000 Wh	2000 Wh	3000 Wh	4000 Wh	5000 Wh	6000 Wh	7000 Wh
<b>P r o d u ç ã o</b>	<b>250 W</b>	0,0						
	<b>500 W</b>	3,7	0,3	0,0				
	<b>750 W</b>	9,3	4,9	2,2	0,3	0,0		
	<b>1000 W</b>	13,2	9,1	5,9	3,6	1,9	0,6	0,1
	<b>1250 W</b>	16,2	12,3	9,3	6,9	4,9	3,5	2,2
	<b>1500 W</b>	18,8	15,1	12,1	9,7	7,8	6,2	5,0

## Apêndice E – Resultados Mensais de um sistema para autoconsumo com armazenamento

Tabela E.8-Percentagem de tempo que a bateria está à carga mínima nos diversos meses para os vários cenários estudados

Bateria	Produção	Mês											
		Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maior	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
1000 Wh	250 W	95,5	94,2	93,1	95,5	89,6	91,6	86,6	87,3	81,6	89,8	93,9	97,1
	500 W	89,3	85,0	80,4	80,9	68,4	70,2	60,8	62,8	65,3	74,1	79,9	89,7
	750 W	86,1	81,7	76,4	70,6	60,5	60,1	55,4	55,6	60,6	67,3	75,5	87,2
2000 Wh	1000 W	84,2	78,9	73,7	65,0	55,7	54,8	52,7	51,4	56,7	63,3	73,8	85,3
	1250 W	82,3	75,4	71,8	61,5	53,0	50,9	50,3	48,8	54,6	61,0	72,3	83,6
	1500 W	80,5	73,2	69,9	58,9	50,8	48,6	48,6	46,8	52,9	59,4	71,0	81,8
3000 Wh	500 W	89,1	84,4	79,5	80,5	67,4	68,5	58,6	60,3	61,2	72,7	79,8	89,7
	750 W	85,5	79,4	74,8	68,6	57,6	56,4	51,3	48,9	55,7	64,5	73,4	86,6
	1000 W	82,9	76,4	71,6	61,6	52,0	49,7	47,6	44,0	51,1	60,0	70,5	83,8
4000 Wh	1250 W	80,3	73,1	69,1	57,5	48,7	44,9	44,6	41,0	48,4	56,6	68,3	82,0
	1500 W	78,0	70,6	66,5	54,3	46,3	41,9	42,5	38,6	46,3	54,8	66,5	80,2
	500 W	89,0	84,4	79,4	80,5	67,4	68,5	58,6	60,3	60,9	72,3	79,8	89,7
5000 Wh	750 W	85,2	78,8	74,0	67,4	55,6	54,3	46,3	45,2	51,1	62,1	73,1	86,3
	1000 W	82,3	75,5	70,5	60,2	48,4	46,6	41,7	37,0	46,3	56,7	68,2	83,1
	1250 W	79,3	71,9	67,5	55,5	44,5	41,4	38,0	32,7	42,5	52,7	65,5	81,1
6000 Wh	1500 W	76,7	69,2	63,9	51,5	41,7	37,4	35,9	30,3	40,1	50,2	63,4	79,0
	750 W	84,9	78,7	73,7	67,4	54,1	53,9	42,8	43,1	48,3	61,2	73,1	86,3
	1000 W	81,7	74,1	69,5	58,8	45,3	43,2	35,1	30,9	42,3	54,8	67,3	82,9
7000 Wh	1250 W	78,2	70,4	65,6	53,5	39,8	36,5	30,6	23,9	37,7	50,0	63,3	80,1
	1500 W	75,3	67,4	61,9	49,2	36,4	31,3	27,8	20,4	35,0	46,8	60,7	77,9
	750 W	84,7	78,7	73,7	67,4	53,9	53,9	42,6	43,0	47,4	61,1	73,1	86,3
5000 Wh	1000 W	81,5	73,5	68,9	58,0	43,5	38,9	30,7	26,4	36,3	54,0	67,3	82,9
	1250 W	77,8	68,8	64,1	51,9	35,3	30,3	25,0	17,7	31,5	48,5	62,1	79,7
	1500 W	74,7	65,6	60,1	47,1	31,0	24,8	20,9	13,1	28,1	44,7	58,6	76,9
6000 Wh	1000 W	81,5	73,4	68,7	58,0	42,6	37,2	28,7	24,2	32,4	51,1	67,3	82,9
	1250 W	77,8	67,4	63,6	50,2	33,6	25,8	20,2	12,1	26,3	45,1	62,0	79,5
	1500 W	74,5	63,6	59,5	44,4	27,1	20,1	15,7	7,2	22,3	40,7	57,5	75,8
7000 Wh	1000 W	81,2	73,4	68,6	58,0	42,3	36,6	28,0	23,9	31,5	51,9	67,3	82,9
	1250 W	77,7	66,8	63,2	50,1	30,4	23,3	16,3	9,7	22,4	43,2	62,0	79,5
	1500 W	74,4	62,5	58,8	43,6	22,5	17,4	12,3	3,9	18,0	37,9	57,3	75,6

Tabela E.9- Percentagem de tempo que a bateria está à carga máxima nos diversos meses para os vários cenários estudados

Bateria	Produção	Mês													
		Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maió	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro		
1000 Wh	250 W	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	500 W	0,2	2,1	2,5	1,0	4,8	4,4	8,1	5,9	9,9	3,8	0,9	11,0		
	750 W	2,3	6,3	6,1	4,2	12,4	11,6	17,6	15,9	17,0	8,7	5,9	30,5		
2000 Wh	1000 W	4,0	7,9	9,3	8,9	17,5	17,0	23,9	21,6	20,8	13,1	9,3	43,5		
	1250 W	5,3	9,4	12,0	13,1	21,8	21,2	27,3	25,8	24,9	16,4	11,3	53,5		
	1500 W	6,4	11,6	14,6	16,6	25,1	26,1	29,7	29,0	27,6	19,3	12,4	62,0		
3000 Wh	500 W	0,0	0,0	0,2	0,0	0,2	0,0	0,4	0,2	1,8	0,8	0,0	0,9		
	750 W	0,3	3,0	2,8	1,7	5,8	6,3	11,2	8,3	12,0	4,8	1,6	15,1		
	1000 W	1,9	5,7	5,6	4,7	12,6	11,6	17,9	16,1	16,3	8,6	5,0	29,2		
4000 Wh	1250 W	3,1	7,3	7,9	7,9	17,0	15,6	22,8	21,1	20,6	12,2	7,5	40,0		
	1500 W	4,4	8,6	10,6	11,6	20,6	20,5	25,9	25,2	23,8	15,1	9,6	49,1		
	500 W	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
5000 Wh	750 W	0,0	0,6	1,2	0,2	3,3	2,5	4,8	4,0	7,0	2,3	0,0	6,4		
	1000 W	0,4	3,6	3,1	3,0	7,8	7,8	13,3	10,7	12,7	5,5	2,2	18,5		
	1250 W	1,6	5,5	5,6	5,1	13,5	11,7	18,7	17,3	17,0	8,4	4,5	29,6		
6000 Wh	1500 W	2,6	7,0	7,6	8,0	17,2	15,9	22,5	21,8	20,8	12,0	6,6	39,1		
	750 W	0,0	0,0	0,2	0,0	0,2	0,1	0,7	0,3	1,9	0,7	0,0	1,0		
	1000 W	0,0	1,5	1,8	1,1	4,6	4,9	9,0	6,8	9,4	3,5	0,0	10,7		
7000 Wh	1250 W	0,5	3,9	3,5	3,7	9,7	8,9	14,9	13,3	14,0	6,0	2,4	21,4		
	1500 W	1,6	5,5	5,8	5,8	14,0	12,3	19,3	18,8	17,7	9,0	4,4	30,6		
	750 W	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,1		
8000 Wh	1000 W	0,0	0,1	0,9	0,1	2,9	2,3	4,8	3,7	5,9	2,1	0,0	5,6		
	1250 W	0,0	2,4	2,3	2,3	6,2	6,8	12,1	10,4	11,3	4,4	0,5	14,7		
	1500 W	0,8	4,1	4,2	4,5	11,1	10,2	16,7	16,3	14,8	6,8	2,6	24,2		
9000 Wh	1000 W	0,0	0,0	0,1	0,0	0,4	0,4	2,3	0,9	2,3	0,8	0,0	1,8		
	1250 W	0,0	1,0	1,4	0,8	4,3	4,7	9,3	7,8	9,1	3,0	0,0	10,2		
	1500 W	0,0	2,9	2,8	3,6	8,2	8,4	14,5	14,2	12,6	5,3	1,1	18,6		
10000 Wh	1000 W	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,6	0,2	0,8	0,0	0,0	0,4		
	1250 W	0,0	0,0	0,7	0,0	2,8	2,9	6,0	5,9	6,1	2,2	0,0	6,6		
	1500 W	0,0	1,6	1,9	2,4	6,3	7,3	13,0	13,0	10,7	3,9	0,0	15,0		



Tabela E.10-Energia consumida proveniente da rede mensal em percentagem dos vários cenários estudados

Bateria	Produção	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maior	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
10000 Wh	250 W	97,2	94,7	93,2	90,5	85,2	83,7	81,2	79,1	82,1	88,8	93,6	96,7
	500 W	94,9	90,5	87,8	82,5	73,9	70,9	67,0	63,1	70,0	80,0	88,1	93,8
	750 W	93,0	87,4	83,7	76,2	66,5	62,7	61,0	54,4	63,8	74,9	84,8	91,8
	1000 W	91,5	84,5	79,8	70,8	61,5	57,3	57,0	49,1	59,2	71,4	82,6	90,2
	1250 W	90,0	81,7	76,7	66,8	58,0	53,3	53,7	46,0	56,8	68,6	80,7	88,5
2000 Wh	1500 W	88,9	79,2	73,9	64,1	55,4	50,8	51,3	43,8	54,7	66,7	78,9	86,9
	500 W	94,8	90,2	87,3	82,1	72,4	68,8	64,2	60,8	66,3	78,6	88,1	93,8
	750 W	92,6	86,1	82,3	74,2	62,3	58,0	55,4	47,1	59,0	72,0	82,8	91,1
	1000 W	90,6	83,0	77,9	68,0	55,9	51,0	49,4	40,2	52,9	67,0	79,5	88,9
	1250 W	88,8	80,1	73,8	63,2	51,4	46,5	45,9	36,7	49,1	62,9	76,9	87,1
3000 Wh	1500 W	87,5	77,2	70,3	59,4	48,0	43,2	43,4	34,1	46,5	60,7	74,4	85,4
	500 W	94,7	90,2	87,3	82,1	72,4	68,8	64,2	60,8	65,9	78,3	88,1	93,8
	750 W	92,5	85,4	81,7	73,6	59,8	55,1	49,6	43,0	53,7	70,1	82,3	91,0
	1000 W	90,0	81,9	76,7	66,6	51,0	46,6	43,3	32,6	47,1	63,6	77,5	88,2
	1250 W	87,8	78,7	72,3	61,0	45,9	40,8	38,8	28,1	42,4	58,9	74,2	86,0
4000 Wh	1500 W	86,1	75,5	67,7	55,9	41,6	36,8	36,2	25,4	39,7	55,6	71,6	84,1
	750 W	92,4	85,2	81,4	73,6	58,1	54,2	47,1	41,0	49,9	69,0	82,3	91,0
	1000 W	89,9	80,9	75,8	65,2	48,2	42,5	37,7	27,1	41,8	61,5	76,4	87,8
	1250 W	87,1	77,6	70,8	59,0	41,1	35,3	32,1	20,1	36,3	55,3	72,0	85,0
	1500 W	85,3	74,1	66,0	53,5	36,4	29,9	28,8	16,9	32,5	51,1	68,7	82,9
5000 Wh	750 W	92,4	85,2	81,4	73,6	58,0	54,2	46,9	40,7	48,6	68,8	82,3	91,0
	1000 W	89,8	80,5	75,3	64,9	46,5	39,6	33,2	22,8	36,4	59,7	76,4	87,8
	1250 W	87,0	76,5	70,0	57,5	37,5	31,4	26,1	14,1	31,0	52,7	70,7	84,7
	1500 W	84,7	72,9	64,8	51,6	32,3	25,1	22,5	10,2	26,2	47,2	66,8	82,2
	1000 W	89,8	80,4	75,1	64,9	45,1	38,4	30,7	20,5	33,0	58,3	76,4	87,8
6000 Wh	1250 W	87,0	75,9	69,2	56,4	35,1	28,1	21,7	10,2	26,0	50,5	70,6	84,7
	1500 W	84,4	72,0	63,8	49,9	28,2	21,6	18,4	5,7	20,6	44,2	65,3	81,7
	1000 W	89,7	80,4	75,0	64,9	44,9	38,0	29,7	19,9	32,0	58,0	76,4	87,8
7000 Wh	1250 W	86,9	75,6	68,8	56,3	32,7	25,7	18,1	7,8	21,6	49,0	70,6	84,7
	1500 W	84,3	71,2	63,0	48,6	24,9	19,3	14,5	2,6	15,8	42,0	64,9	81,6

Tabela E.11- Energia produzida consumida mensal em percentagem dos vários cenários estudados

Bateria	Produção	Mês													
		Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maió	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro		
10000 Wh	250 W	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
	500 W	99,6	96,4	96,2	98,6	93,6	94,5	90,9	93,3	85,2	92,0	98,9	99,4	99,4	99,4
	750 W	90,9	85,9	87,6	90,7	79,2	79,6	71,9	75,3	67,8	77,7	84,4	89,1	89,1	89,1
	1000 W	82,7	79,3	78,9	81,1	67,6	68,2	59,3	61,7	56,7	66,0	72,8	81,8	81,8	81,8
	1250 W	75,8	74,5	72,0	73,0	58,3	59,0	50,4	52,0	47,9	57,2	64,2	75,4	75,4	75,4
	1500 W	70,0	69,2	65,9	65,2	51,3	51,8	43,9	44,8	41,5	49,9	58,7	70,6	70,6	70,6
20000 Wh	500 W	100,0	100,0	99,7	100,0	99,9	100,0	99,7	99,9	97,8	98,8	100,0	100,0	100,0	100,0
	750 W	99,3	94,2	94,4	96,8	89,9	89,8	83,6	88,1	79,2	88,3	97,3	98,5	98,5	98,5
	1000 W	93,0	86,7	87,8	89,7	78,1	78,2	70,0	73,1	67,1	77,5	86,8	91,0	91,0	91,0
	1250 W	85,8	81,1	81,7	82,9	68,0	69,1	59,1	61,6	57,0	68,0	78,0	84,2	84,2	84,2
	1500 W	79,8	76,6	75,6	75,3	59,8	60,2	51,3	52,6	49,1	60,0	70,3	79,2	79,2	79,2
	500 W	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
30000 Wh	750 W	100,0	99,2	98,2	99,8	95,7	96,8	94,3	95,5	89,8	94,9	100,0	100,0	100,0	100,0
	1000 W	98,9	92,7	93,2	94,7	86,6	86,2	78,9	83,4	76,0	85,8	95,9	97,4	97,4	97,4
	1250 W	93,6	87,0	87,6	88,4	75,9	76,7	67,4	70,4	65,3	77,2	87,6	91,3	91,3	91,3
	1500 W	87,7	81,9	82,5	82,5	67,0	68,3	58,3	60,1	56,7	68,7	80,8	85,8	85,8	85,8
	750 W	100,0	100,0	99,9	100,0	99,8	99,9	99,5	99,7	97,8	98,9	100,0	100,0	100,0	100,0
	1000 W	100,0	97,5	96,4	98,5	92,5	92,6	87,4	90,7	84,0	91,7	100,0	99,8	99,8	99,8
40000 Wh	1250 W	98,5	91,7	92,2	92,8	82,9	83,1	75,1	78,6	73,1	84,0	95,1	96,4	96,4	96,4
	1500 W	93,2	86,8	87,1	87,1	73,9	75,1	64,9	67,1	64,1	76,1	87,9	91,9	91,9	91,9
	750 W	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	99,9	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
	1000 W	100,0	99,9	98,8	99,9	96,4	97,2	94,1	96,0	91,3	95,8	100,0	100,0	100,0	100,0
	1250 W	100,0	95,7	95,1	96,4	89,0	88,4	81,4	84,6	79,5	89,3	99,4	99,4	99,4	99,4
	1500 W	97,6	90,7	91,1	91,1	79,6	79,9	70,6	72,9	70,8	82,0	94,3	96,0	96,0	96,0
50000 Wh	1000 W	100,0	100,0	100,0	100,0	99,6	99,3	97,6	99,0	96,9	98,8	100,0	100,0	100,0	100,0
	1250 W	100,0	98,6	97,6	99,1	93,3	92,6	86,7	88,9	84,9	93,0	100,0	100,0	100,0	100,0
	1500 W	99,9	94,5	94,0	93,8	85,2	84,1	75,2	77,1	75,8	86,6	98,5	99,0	99,0	99,0
	1000 W	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	99,9	99,3	99,8	98,9	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
	1250 W	100,0	100,0	99,1	100,0	96,6	95,4	91,0	91,4	90,7	95,3	100,0	100,0	100,0	100,0
	1500 W	100,0	97,6	96,3	96,5	89,0	86,8	78,5	79,4	80,5	90,1	100,0	99,8	99,8	99,8

Tabela E.12- Encargos energéticos mensais em euros dos vários cenários estudados

Bateria	Produção	Mês												
		Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maió	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	
10000 Wh	250 W	93,3	85,1	85,4	48,7	40,5	34,7	32,2	29,7	32,7	39,8	53,9	92,0	
	500 W	90,5	80,7	79,6	43,8	34,2	28,8	25,6	22,7	27,1	35,2	50,0	88,7	
	750 W	88,3	77,4	75,2	40,0	30,6	25,2	23,1	18,9	24,3	32,5	47,9	86,7	
	1000 W	86,6	74,4	71,2	36,8	27,8	22,8	21,5	16,5	22,2	30,8	46,5	84,9	
	1250 W	85,0	71,7	68,1	34,5	26,0	21,0	20,1	15,2	21,1	29,5	45,3	83,0	
	1500 W	83,7	69,2	65,3	33,0	24,6	19,9	19,2	14,3	20,3	28,6	44,1	81,3	
2000 Wh	500 W	90,5	80,3	79,0	43,5	33,3	27,8	24,1	21,7	25,2	34,3	50,0	88,7	
	750 W	87,9	75,9	73,4	38,6	28,1	22,9	20,4	15,8	22,0	30,9	46,4	85,8	
	1000 W	85,6	72,7	68,8	34,9	24,7	19,9	17,9	12,8	19,3	28,4	44,3	83,6	
	1250 W	83,5	69,8	64,8	32,3	22,3	17,8	16,4	11,3	17,5	26,4	42,6	81,6	
	1500 W	82,1	67,0	61,5	30,0	20,4	16,4	15,4	10,3	16,5	25,4	41,0	79,9	
	500 W	90,4	80,3	78,9	43,5	33,3	27,8	24,1	21,7	25,0	34,1	50,0	88,7	
3000 Wh	750 W	87,8	75,0	72,7	38,3	26,5	21,4	17,7	14,1	19,5	29,9	46,0	85,6	
	1000 W	84,9	71,3	67,3	34,0	21,9	17,7	15,1	9,9	16,6	26,6	42,8	82,7	
	1250 W	82,3	68,1	63,0	30,8	19,2	15,0	13,3	8,1	14,5	24,2	40,7	80,5	
	1500 W	80,6	65,1	58,4	28,0	16,9	13,4	12,3	7,0	13,4	22,7	38,9	78,5	
	750 W	87,8	74,7	72,4	38,3	25,5	21,1	16,6	13,6	17,9	29,6	46,0	85,6	
	4000 Wh	1000 W	84,7	70,1	66,3	33,3	20,5	16,0	13,0	8,3	14,6	25,6	42,0	82,3
1250 W		81,6	66,7	61,2	29,8	16,9	12,8	10,8	5,6	12,2	22,5	39,0	79,3	
1500 W		79,6	63,5	56,4	26,6	14,4	10,6	9,5	4,5	10,6	20,5	36,9	77,1	
750 W		87,7	74,7	72,4	38,3	25,5	21,1	16,5	13,4	17,3	29,5	46,0	85,6	
5000 Wh		1000 W	84,7	69,5	65,7	33,1	19,8	15,0	11,3	7,0	12,7	25,1	42,0	82,3
		1250 W	81,5	65,4	60,4	28,9	15,3	11,5	8,5	3,9	10,5	21,5	38,2	79,0
	1500 W	78,9	62,1	55,1	25,5	12,7	9,1	7,2	2,7	8,5	19,0	35,7	76,3	
	1000 W	84,6	69,5	65,6	33,1	19,4	14,6	10,4	6,3	11,6	24,6	42,0	82,3	
	6000 Wh	1250 W	81,4	64,7	59,7	28,3	14,5	10,6	6,9	2,8	8,9	20,8	38,1	78,9
		1500 W	78,6	61,1	54,2	24,6	11,4	8,0	5,8	1,5	6,9	17,9	34,9	75,7
1000 W		84,5	69,5	65,5	33,1	19,3	14,5	10,0	6,1	11,3	24,4	42,0	82,3	
7000 Wh		1250 W	81,3	64,5	59,2	28,2	13,8	9,7	5,7	2,2	7,6	20,2	38,1	78,9
		1500 W	78,5	60,5	53,4	23,9	10,3	7,2	4,6	0,7	5,4	17,1	34,7	75,6

Tabela E.13- Energia produzida injetada na rede mensal em percentagem dos vários cenários estudados

Bateria	Produção	Mês													
		Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maió	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro		
1000 Wh	250 W	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	500 W	0,4	3,6	3,8	1,4	6,4	5,5	9,1	6,7	14,8	8,0	1,1	0,6		
	750 W	9,1	14,1	12,4	9,3	20,8	20,4	28,1	24,7	32,2	22,3	15,6	10,9		
2000 Wh	1000 W	17,3	20,7	21,1	18,9	32,4	31,8	40,7	38,3	43,3	34,0	27,2	18,2		
	1250 W	24,2	25,5	28,0	27,0	41,7	41,0	49,6	48,0	52,1	42,8	35,8	24,6		
	1500 W	30,0	30,8	34,1	34,8	48,7	48,2	56,1	55,2	58,5	50,1	41,3	29,4		
3000 Wh	500 W	0,0	0,0	0,3	0,0	0,1	0,0	0,3	0,1	0,1	0,2	0,0	0,0		
	750 W	0,7	5,8	5,6	3,2	10,1	10,2	16,4	11,9	20,8	11,7	2,7	1,5		
	1000 W	7,0	13,3	12,2	10,3	21,9	21,8	30,0	26,9	32,9	22,5	13,2	9,0		
4000 Wh	1250 W	14,2	18,9	18,3	17,1	32,0	30,9	40,9	38,4	43,0	32,0	22,0	15,8		
	1500 W	20,2	23,4	24,4	24,7	40,2	39,8	48,7	47,4	50,9	40,0	29,7	20,8		
	500 W	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
5000 Wh	750 W	0,0	0,8	1,8	0,2	4,3	3,2	5,7	4,5	10,2	5,1	0,0	0,0		
	1000 W	1,1	7,3	6,8	5,3	13,4	13,8	21,1	16,6	24,0	14,2	4,1	2,6		
	1250 W	6,4	13,0	12,4	11,6	24,1	23,3	32,6	29,6	34,7	22,8	12,4	8,7		
6000 Wh	1500 W	12,3	18,1	17,5	17,5	33,0	31,7	41,7	39,9	43,3	31,3	19,2	14,2		
	750 W	0,0	0,0	0,1	0,0	0,2	0,1	0,5	0,3	0,3	0,1	0,0	0,0		
	1000 W	0,0	2,5	3,6	1,5	7,5	7,4	12,6	9,3	16,0	8,3	0,0	0,2		
7000 Wh	1250 W	1,5	8,3	7,8	7,2	17,1	16,9	24,9	21,4	26,9	16,0	4,9	3,6		
	1500 W	6,8	13,2	12,9	12,9	26,1	24,9	35,1	32,9	35,9	23,9	12,1	8,1		
	750 W	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0		
8000 Wh	1000 W	0,0	0,1	1,2	0,1	3,6	2,8	5,9	4,0	8,7	4,2	0,0	0,0		
	1250 W	0,0	4,3	4,9	3,6	11,0	11,6	18,6	15,4	20,5	10,7	0,6	0,6		
	1500 W	2,4	9,3	8,9	8,9	20,4	20,1	29,4	27,1	29,2	18,0	5,7	4,0		
9000 Wh	1000 W	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,7	2,4	1,0	3,1	1,2	0,0	0,0		
	1250 W	0,0	1,4	2,4	0,9	6,7	7,4	13,3	11,1	15,1	7,0	0,0	0,0		
	1500 W	0,1	5,5	6,0	6,2	14,8	15,9	24,8	22,9	24,2	13,4	1,5	1,0		
10000 Wh	1000 W	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,7	0,2	1,1	0,0	0,0	0,0		
	1250 W	0,0	0,0	0,9	0,0	3,4	4,6	9,0	8,6	9,3	4,7	0,0	0,0		
	1500 W	0,0	2,4	3,7	3,5	11,0	13,2	21,5	20,6	19,5	9,9	0,0	0,2		

Tabela E.14- Poupanças Energéticas mensais em porcentagem dos vários cenários estudados

Bateria	Produção	Mês											
		Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maior	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
10000 Wh	250 W	2,8	5,3	6,8	9,5	14,8	16,3	18,8	20,9	17,9	11,2	6,4	3,3
	500 W	5,1	9,5	12,2	17,5	26,1	29,1	33,0	36,9	30,0	20,0	11,9	6,2
	750 W	7,0	12,6	16,3	23,8	33,5	37,3	39,0	45,6	36,2	25,1	15,2	8,2
	1000 W	8,5	15,5	20,2	29,2	38,5	42,7	43,0	50,9	40,8	28,6	17,4	9,8
	1250 W	10,0	18,3	23,3	33,2	42,0	46,7	46,3	54,0	43,2	31,4	19,3	11,5
	1500 W	11,1	20,8	26,1	35,9	44,6	49,2	48,7	56,2	45,3	33,3	21,1	13,1
20000 Wh	500 W	5,2	9,8	12,7	17,9	27,6	31,2	35,8	39,2	33,7	21,4	11,9	6,2
	750 W	7,4	13,9	17,7	25,8	37,7	42,0	44,6	52,9	41,0	28,0	17,2	8,9
	1000 W	9,4	17,0	22,1	32,0	44,1	49,0	50,6	59,8	47,1	33,0	20,5	11,1
	1250 W	11,2	19,9	26,2	36,8	48,6	53,5	54,1	63,3	50,9	37,1	23,1	12,9
	1500 W	12,5	22,8	29,7	40,6	52,0	56,8	56,6	65,9	53,5	39,3	25,6	14,6
	500 W	5,3	9,8	12,7	17,9	27,6	31,2	35,8	39,2	34,1	21,7	11,9	6,2
30000 Wh	750 W	7,5	14,6	18,3	26,4	40,2	44,9	50,4	57,0	46,3	29,9	17,7	9,0
	1000 W	10,0	18,1	23,3	33,4	49,0	53,4	56,7	67,4	52,9	36,4	22,5	11,8
	1250 W	12,2	21,3	27,7	39,0	54,1	59,2	61,2	71,9	57,6	41,1	25,8	14,0
	1500 W	13,9	24,5	32,3	44,1	58,4	63,2	63,8	74,6	60,3	44,4	28,4	15,9
	750 W	7,6	14,8	18,6	26,4	41,9	45,8	52,9	59,0	50,1	31,0	17,7	9,0
	1000 W	10,1	19,1	24,2	34,8	51,8	57,5	62,3	72,9	58,2	38,5	23,6	12,2
40000 Wh	1250 W	12,9	22,4	29,2	41,0	58,9	64,7	67,9	79,9	63,7	44,7	28,0	15,0
	1500 W	14,7	25,9	34,0	46,5	63,6	70,1	71,2	83,1	67,5	48,9	31,3	17,1
	750 W	7,6	14,8	18,6	26,4	42,0	45,8	53,1	59,3	51,4	31,2	17,7	9,0
	1000 W	10,2	19,5	24,7	35,1	53,5	60,4	66,8	77,2	63,6	40,3	23,6	12,2
	1250 W	13,0	23,5	30,0	42,5	62,5	68,6	73,9	85,9	69,0	47,3	29,3	15,3
	1500 W	15,3	27,1	35,2	48,4	67,7	74,9	77,5	89,8	73,8	52,8	33,2	17,8
60000 Wh	1000 W	10,2	19,6	24,9	35,1	54,9	61,6	69,3	79,5	67,0	41,7	23,6	12,2
	1250 W	13,0	24,1	30,8	43,6	64,9	71,9	78,3	89,8	74,0	49,5	29,4	15,3
	1500 W	15,6	28,0	36,2	50,1	71,8	78,4	81,6	94,3	79,4	55,8	34,7	18,3
	1000 W	10,3	19,6	25,0	35,1	55,1	62,0	70,3	80,1	68,0	42,0	23,6	12,2
70000 Wh	1250 W	13,1	24,4	31,2	43,7	67,3	74,3	81,9	92,2	78,4	51,0	29,4	15,3
	1500 W	15,7	28,8	37,0	51,4	75,1	80,7	85,5	97,4	84,2	58,0	35,1	18,4

## Apêndice F – Semanas representativas de um sistema para autoconsumo com armazenamento

### 500 W + 1000 Wh

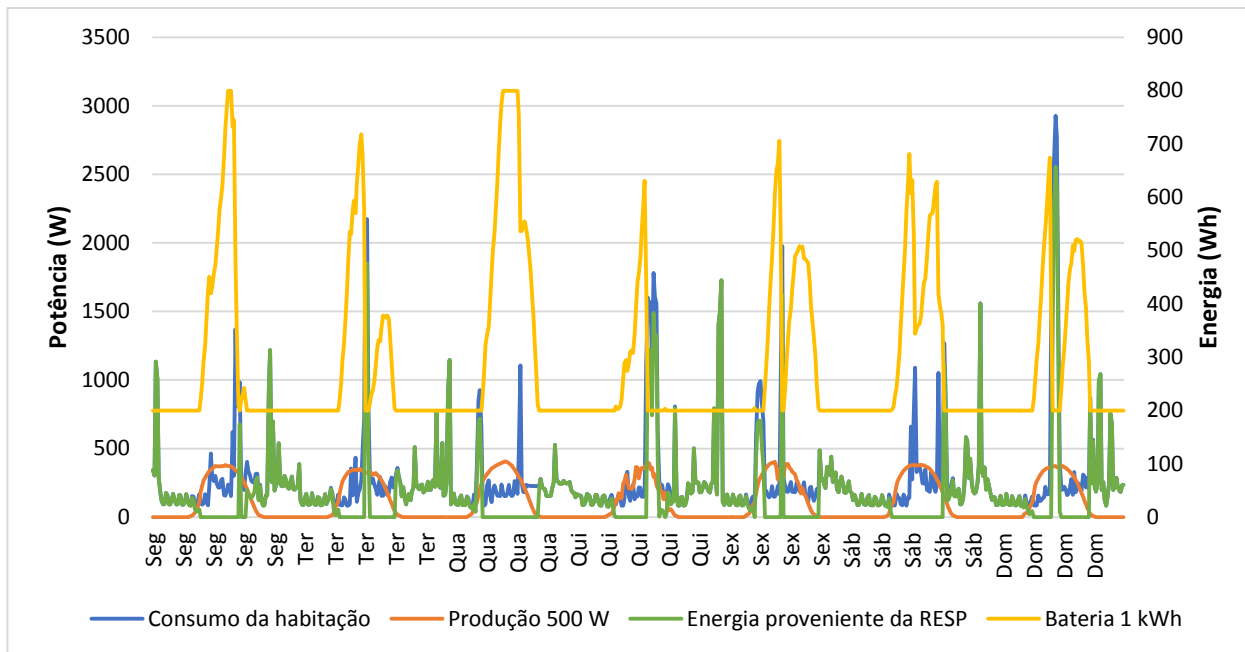


Figura F.31- Dados relativos à semana representativa do Verão (500 W + 1000 Wh)

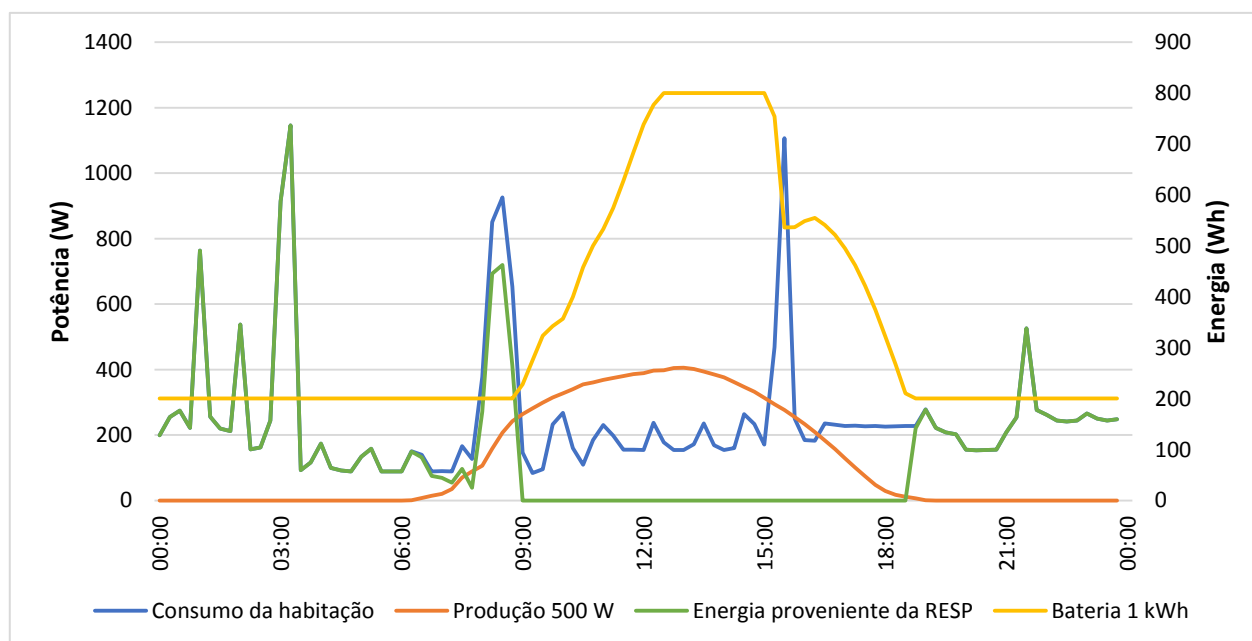


Figura F.32- Dados relativos a um dia da semana representativa do Verão (500 W + 1000 Wh)

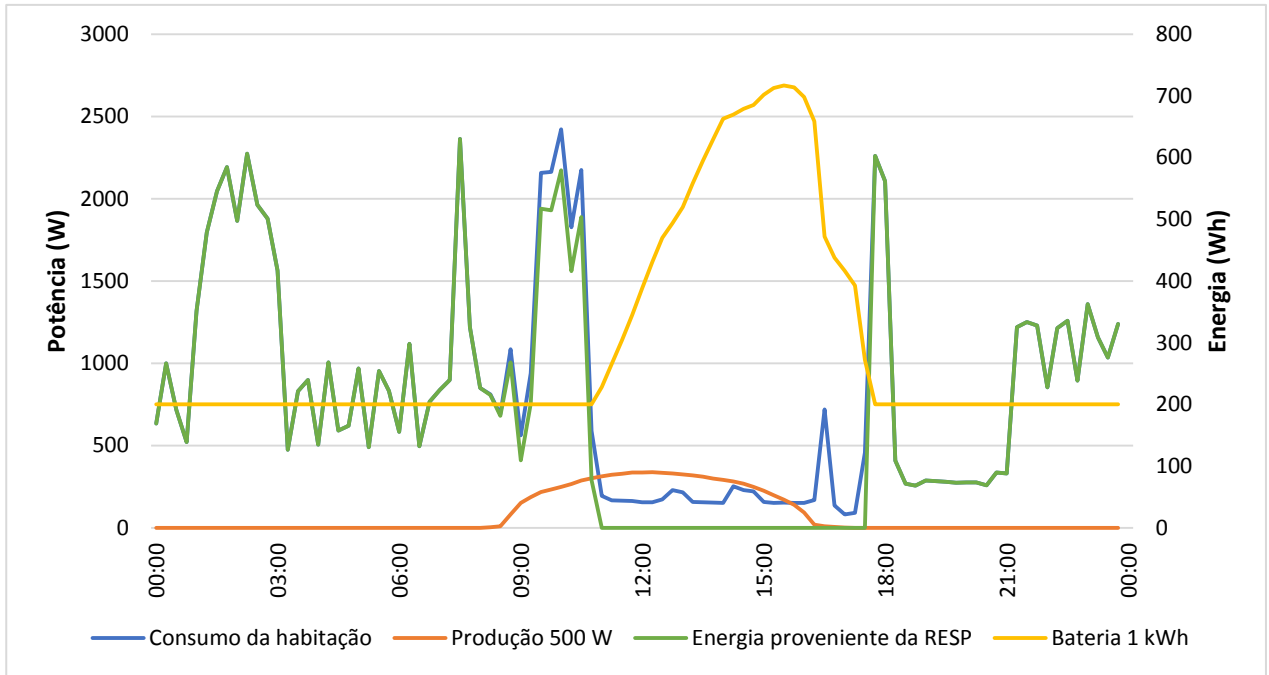


Figura F.33- Dados relativos a um dia da semana representativa do Inverno (500 W + 1000 Wh)

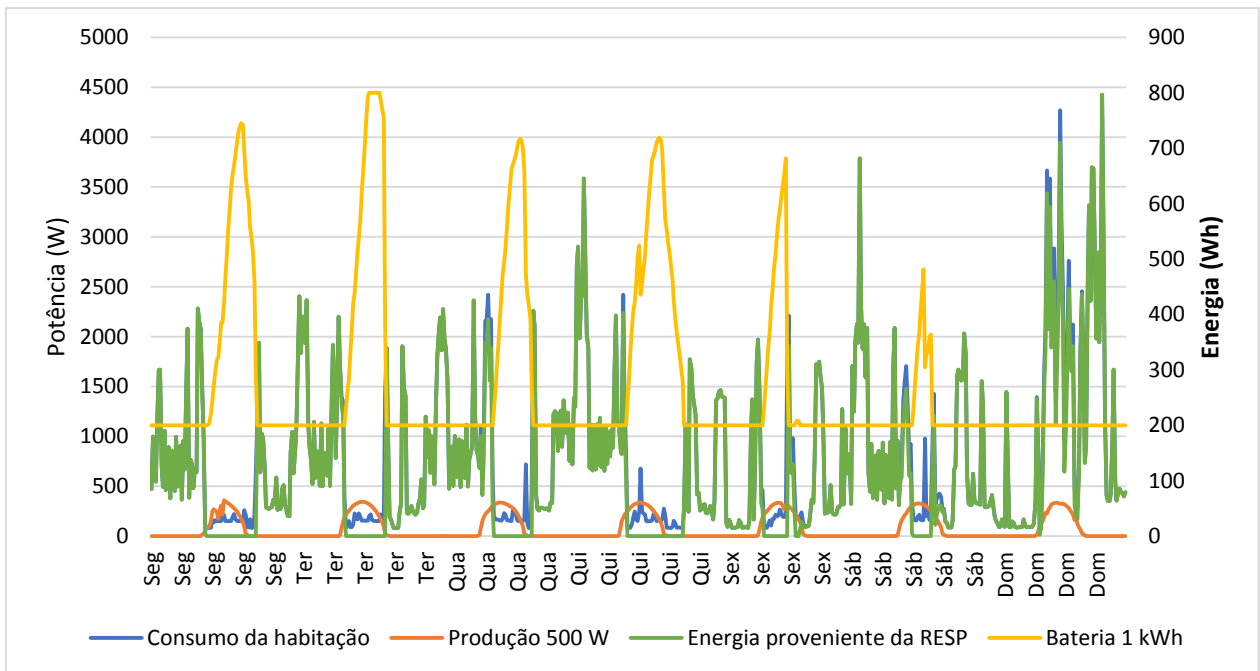


Figura F.34- Dados relativos a um dia da semana representativa do Inverno (500 W + 1000 Wh)

## 750 W + 1000 Wh

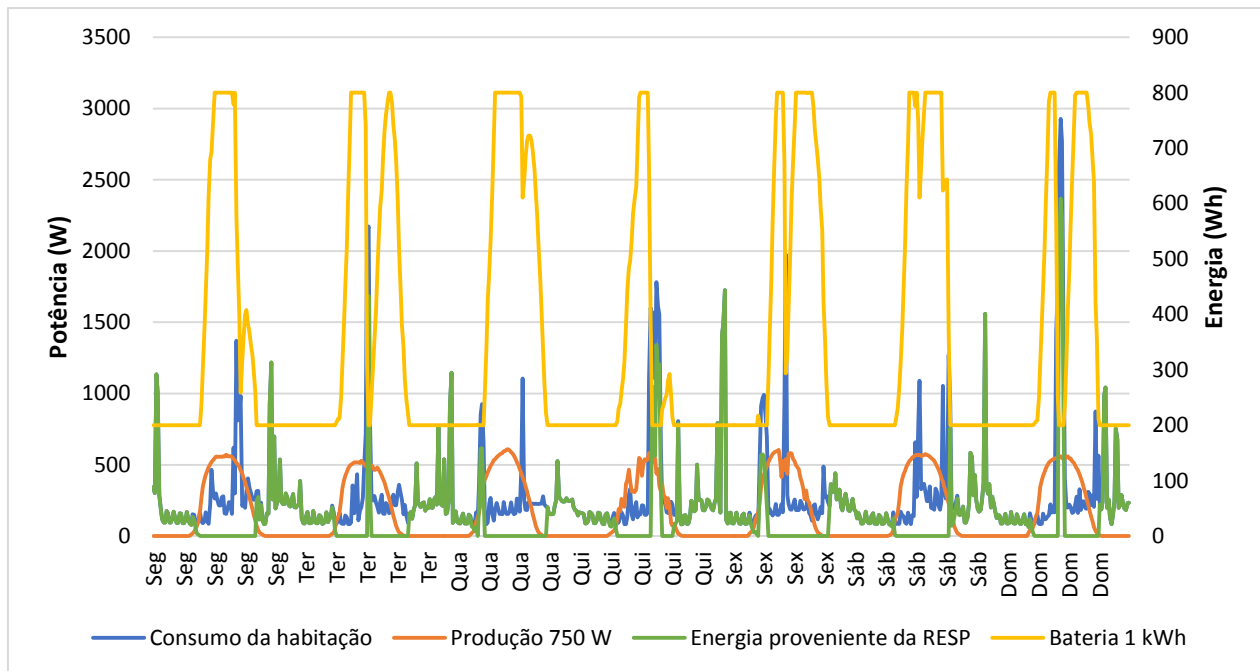


Figura F.35- Dados relativos à semana representativa do Verão (750 W + 1000 Wh)

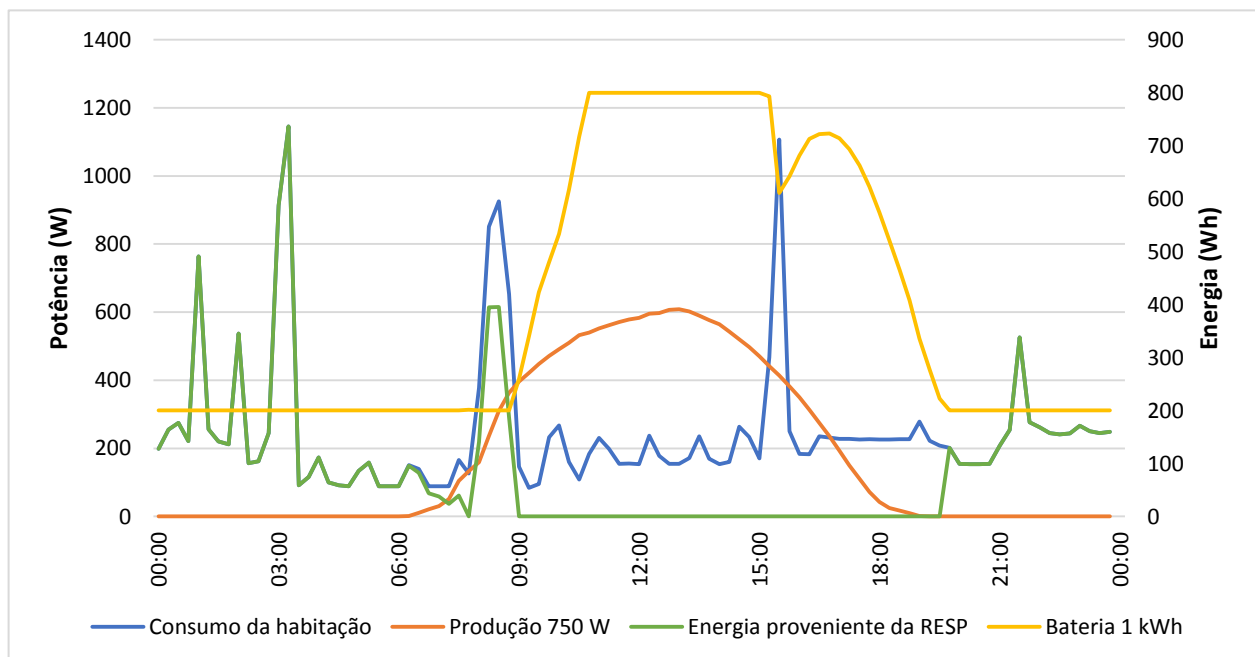


Figura F.36- Dados relativos a um dia da semana representativa do Verão (750 W + 1000 Wh)



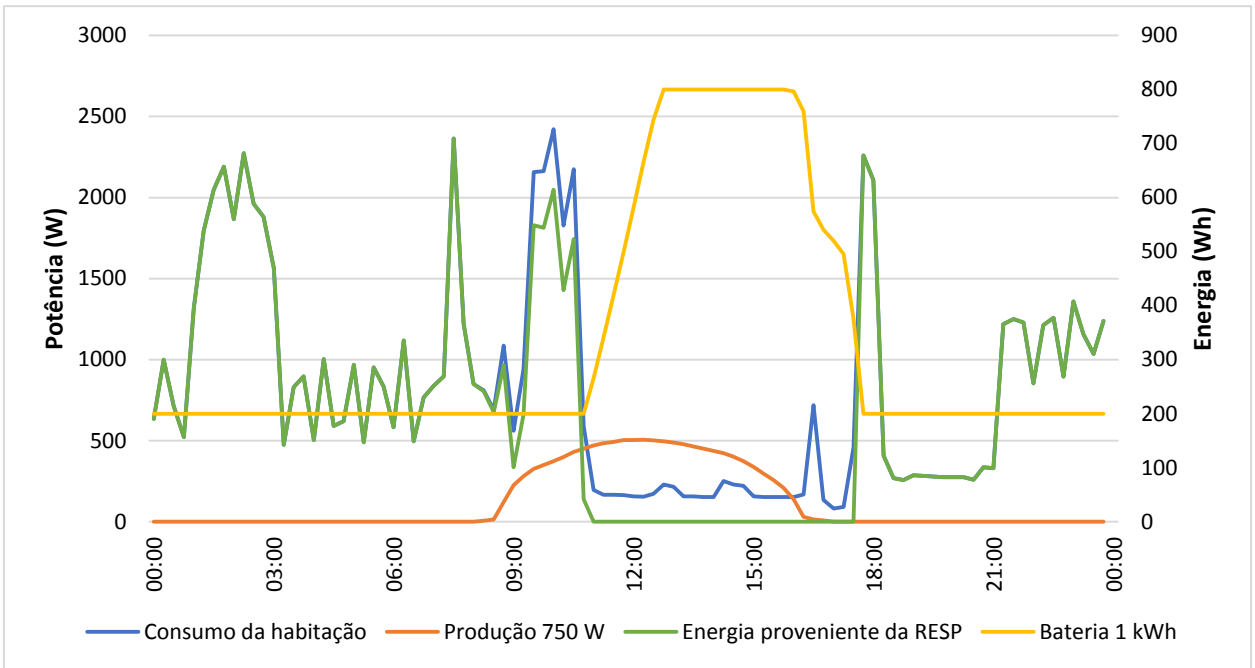


Figura F.37- Dados relativos a um dia da semana representativa do Inverno (750 W + 1000 Wh)

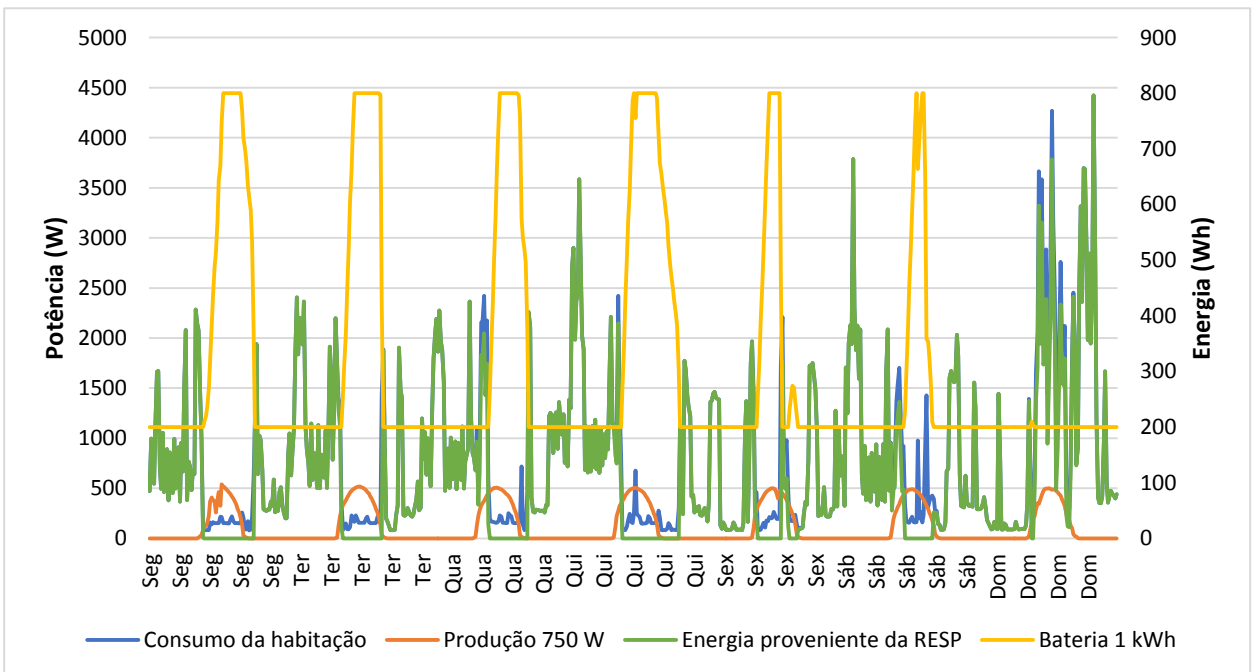


Figura F.38- Dados relativos à semana representativa do Inverno (750 W + 1000 Wh)

## 1000 W + 1000 Wh

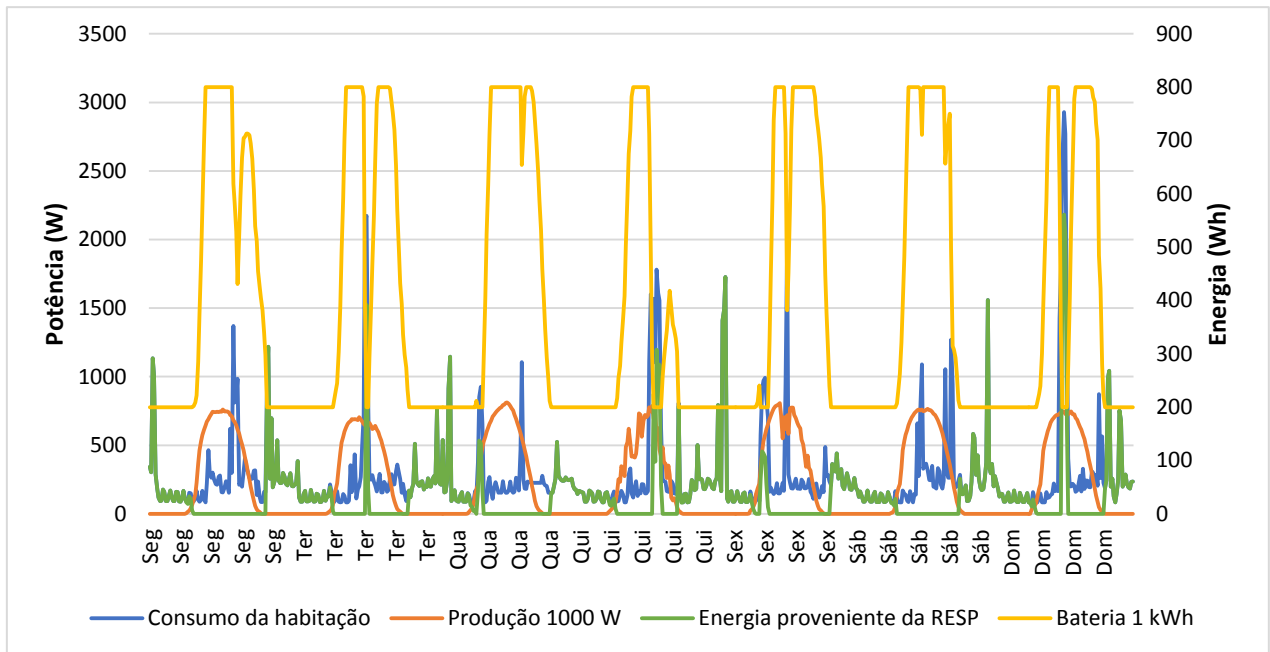


Figura F.39- Dados relativos à semana representativa do Verão (1000 W + 1000 Wh)

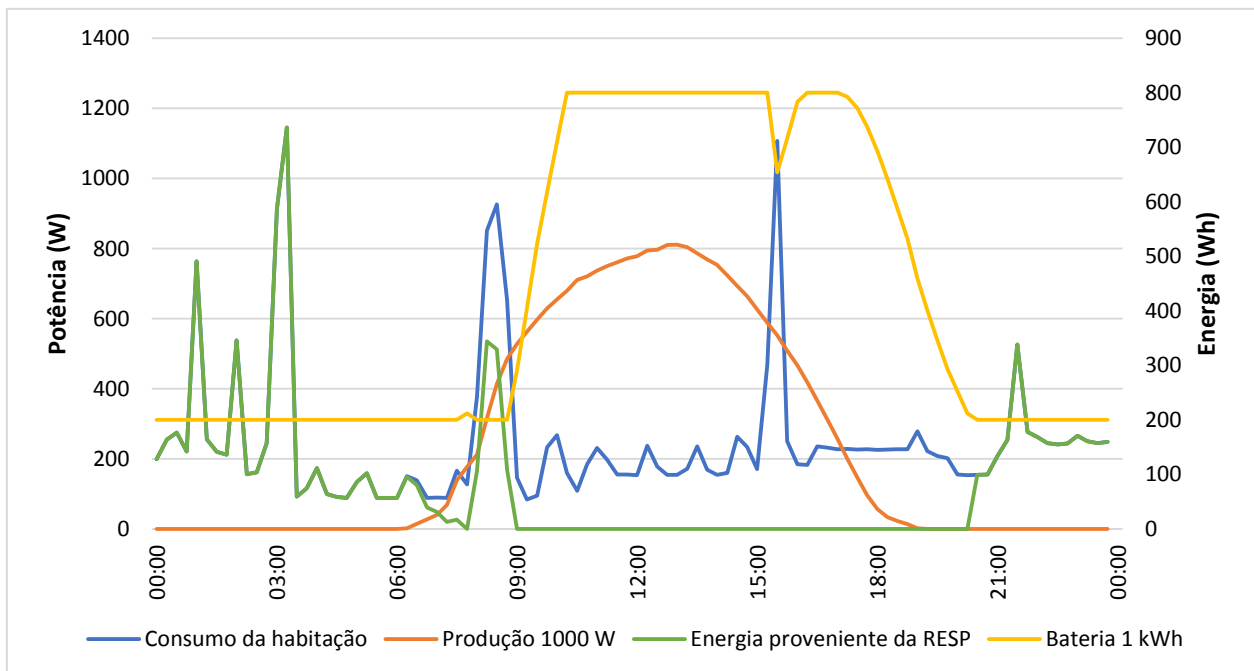


Figura F.40- Dados relativos a um dia da semana representativa do Verão (1000 W + 1000 Wh)

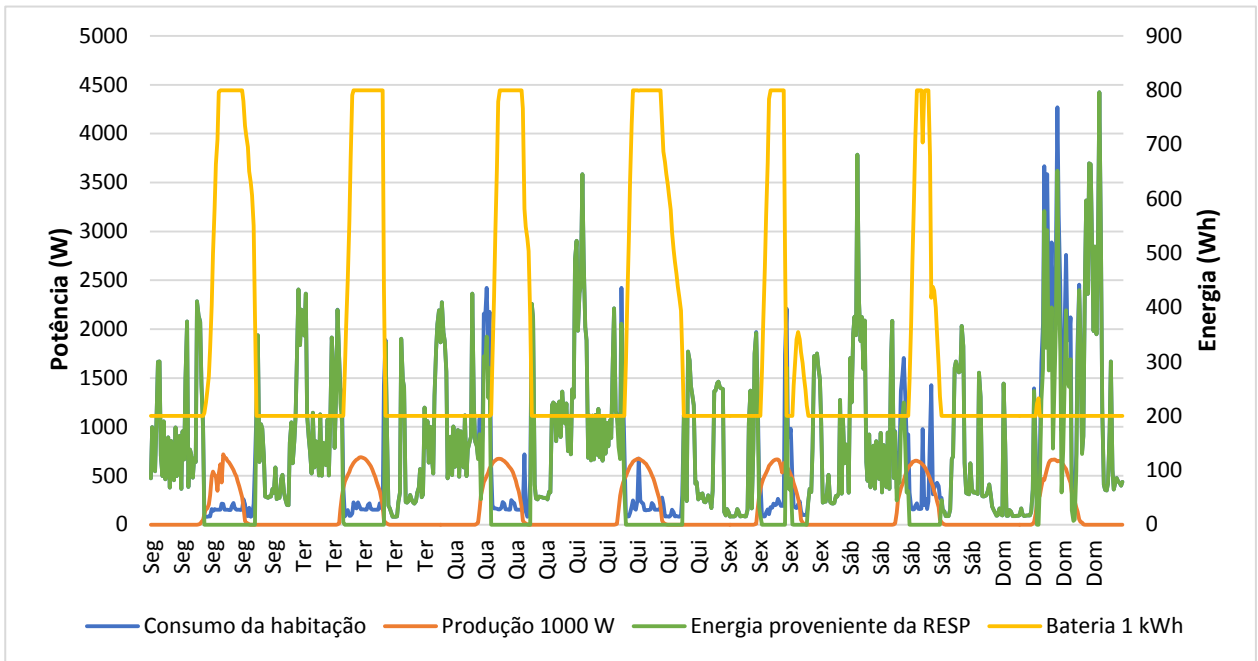


Figura F.41- Dados relativos à semana representativa do Inverno (1000 W + 1000 Wh)

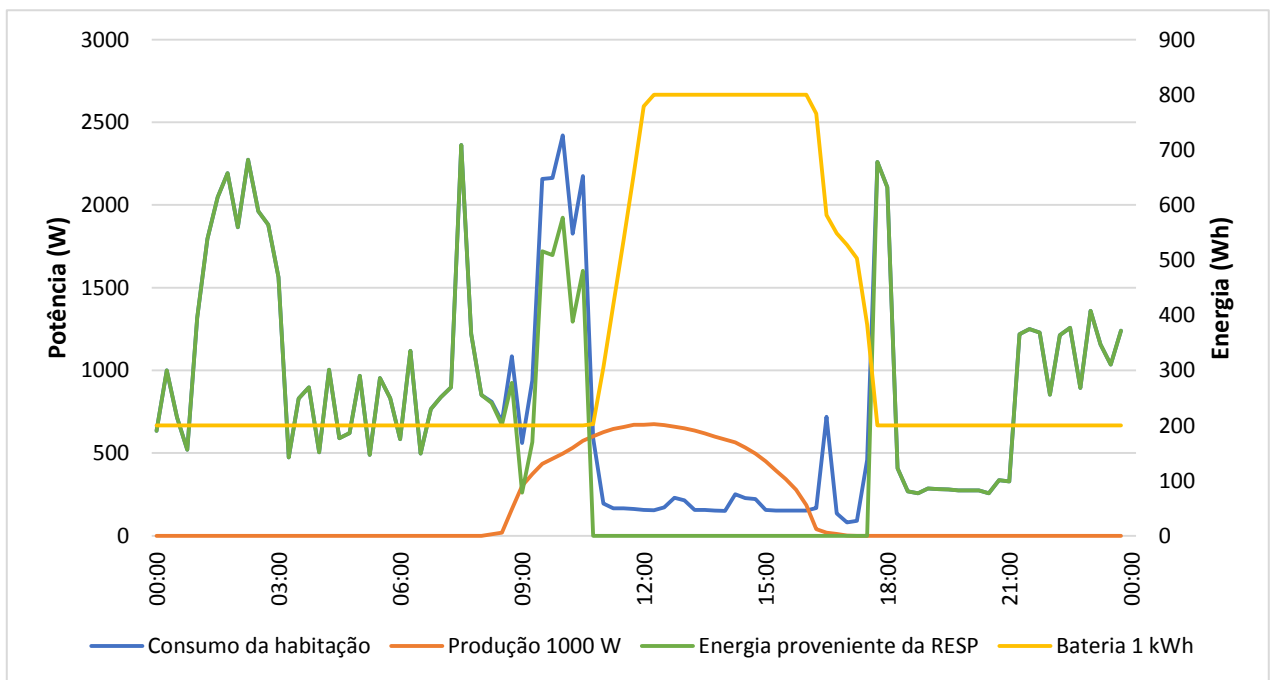


Figura F.42- Dados relativos a um dia da semana representativa do Inverno (1000 W + 1000 Wh)

## 1250 W + 1000 Wh

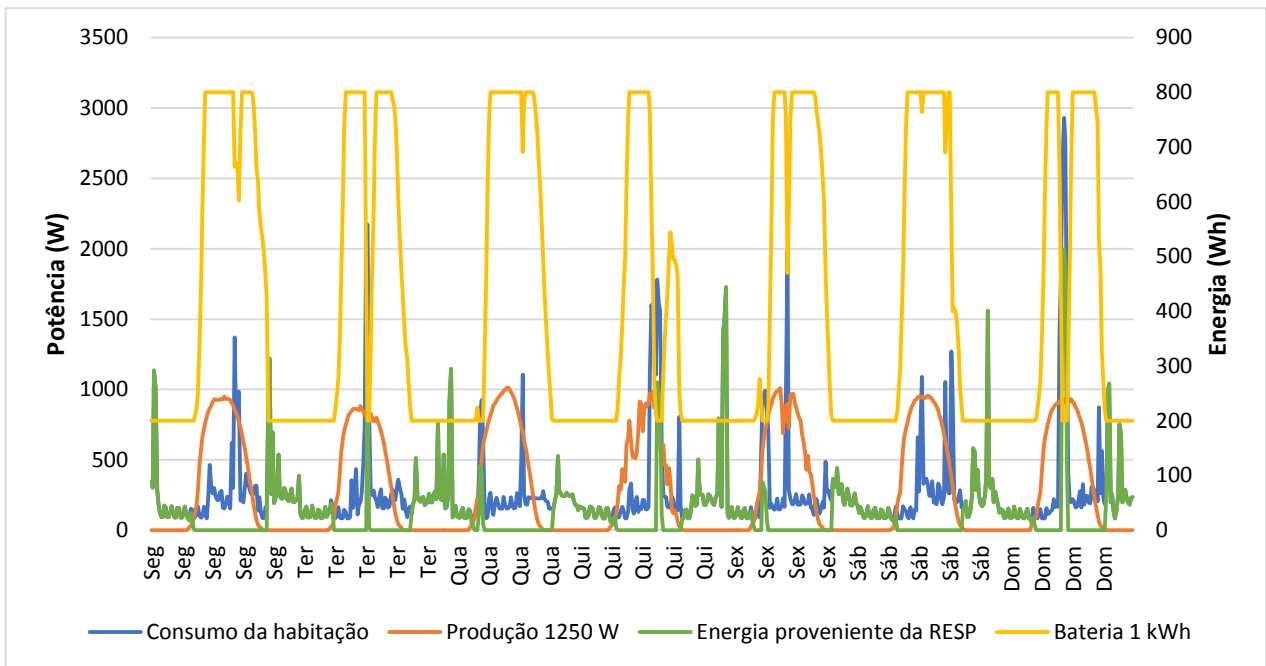


Figura F.43- Dados relativos à semana representativa do Verão (1250 W + 1000 Wh)

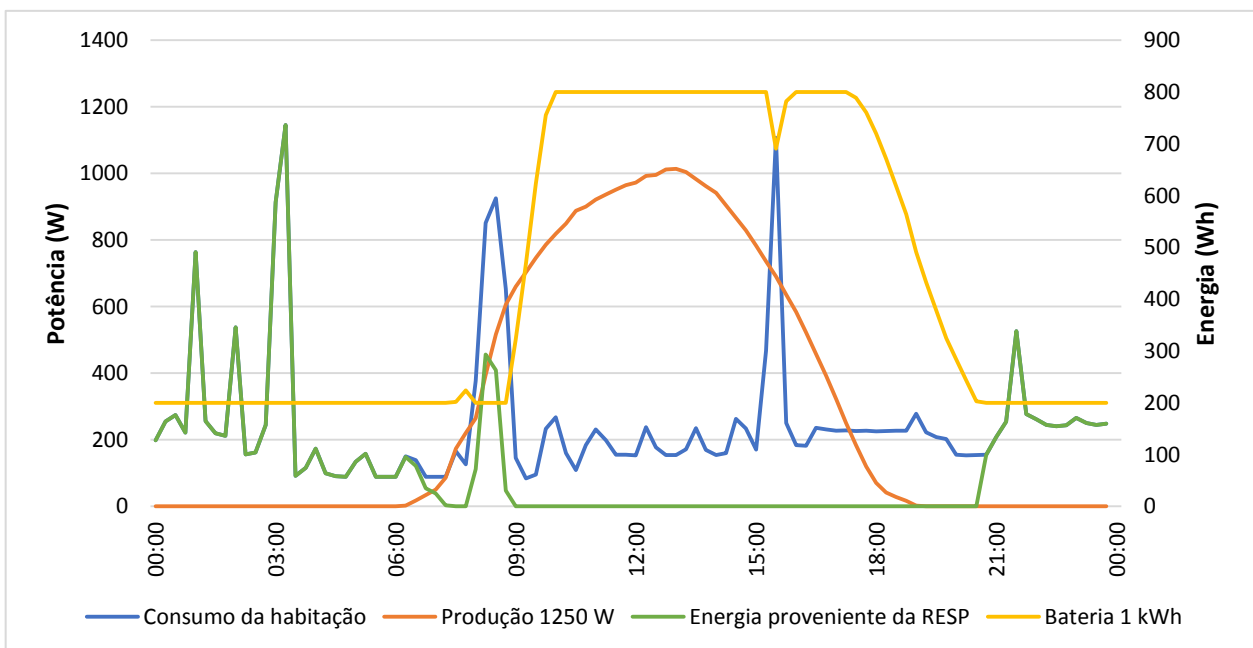


Figura F.44- Dados relativos a um dia da semana representativa do Verão (1250 W + 1000 Wh)

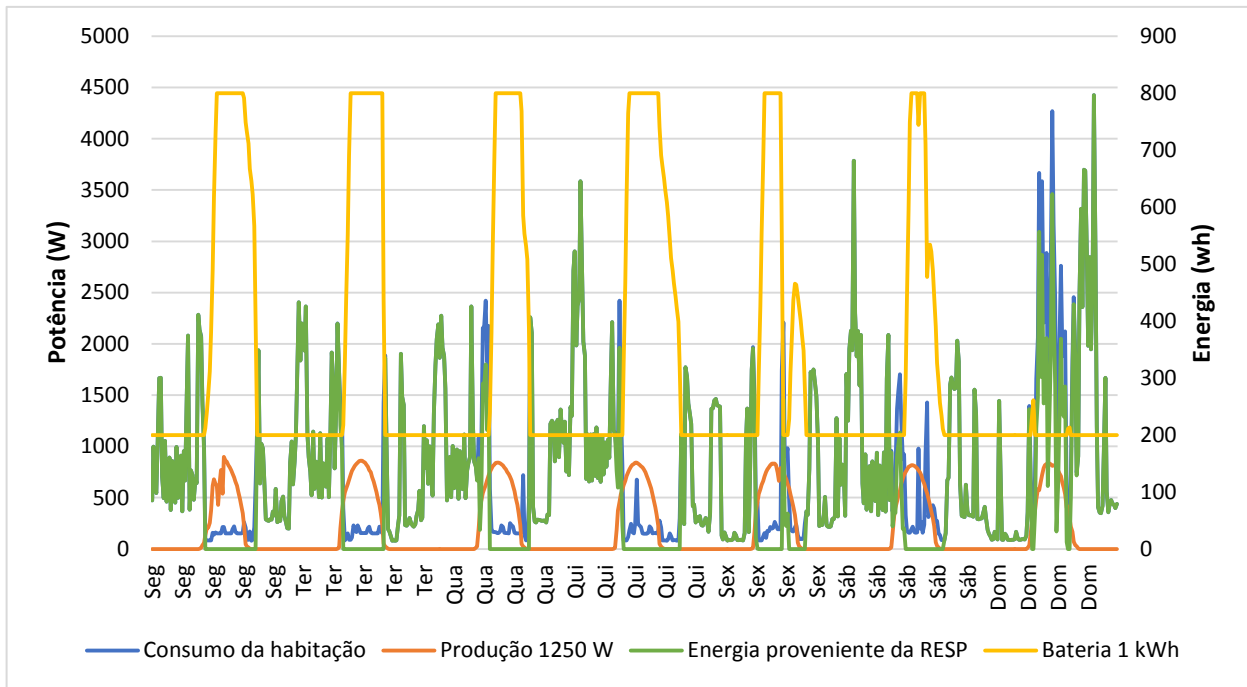


Figura F.45- Dados relativos à semana representativa do Inverno (1250 W + 1000 Wh)

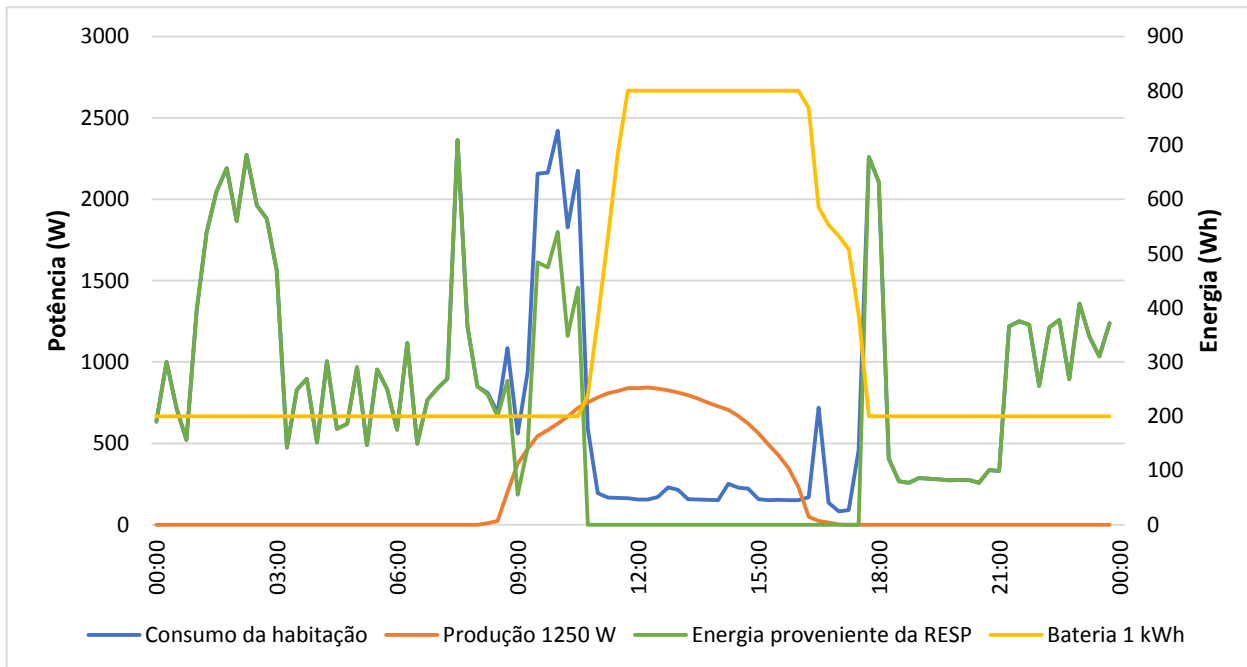
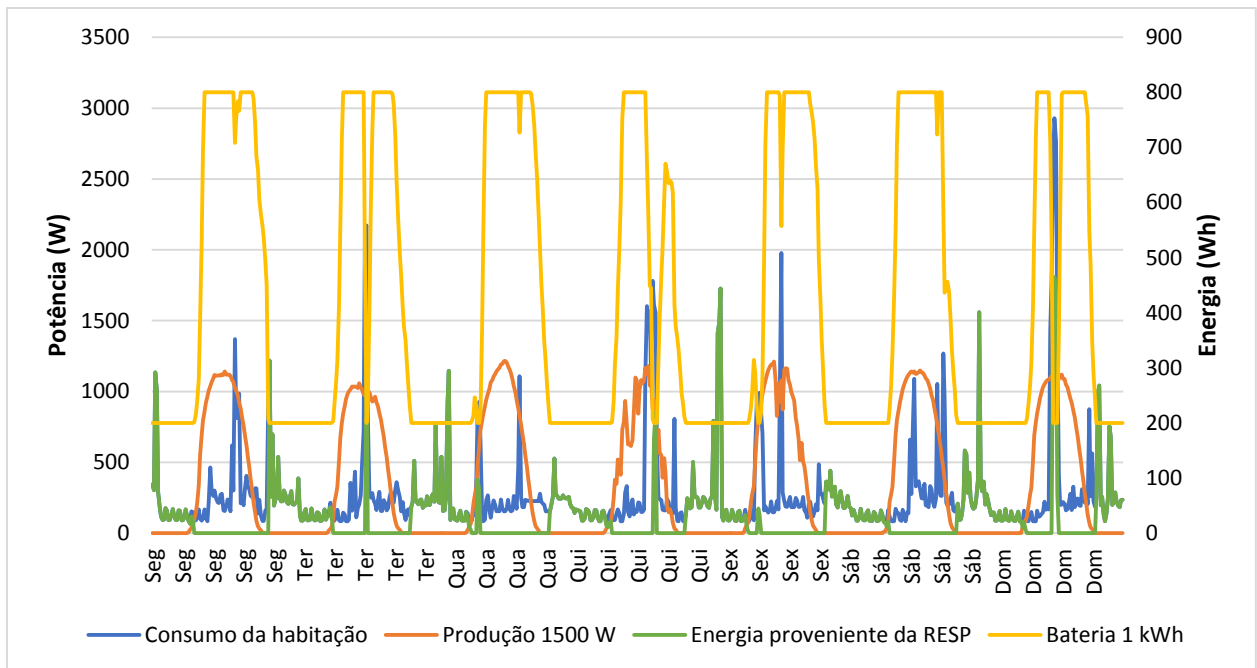
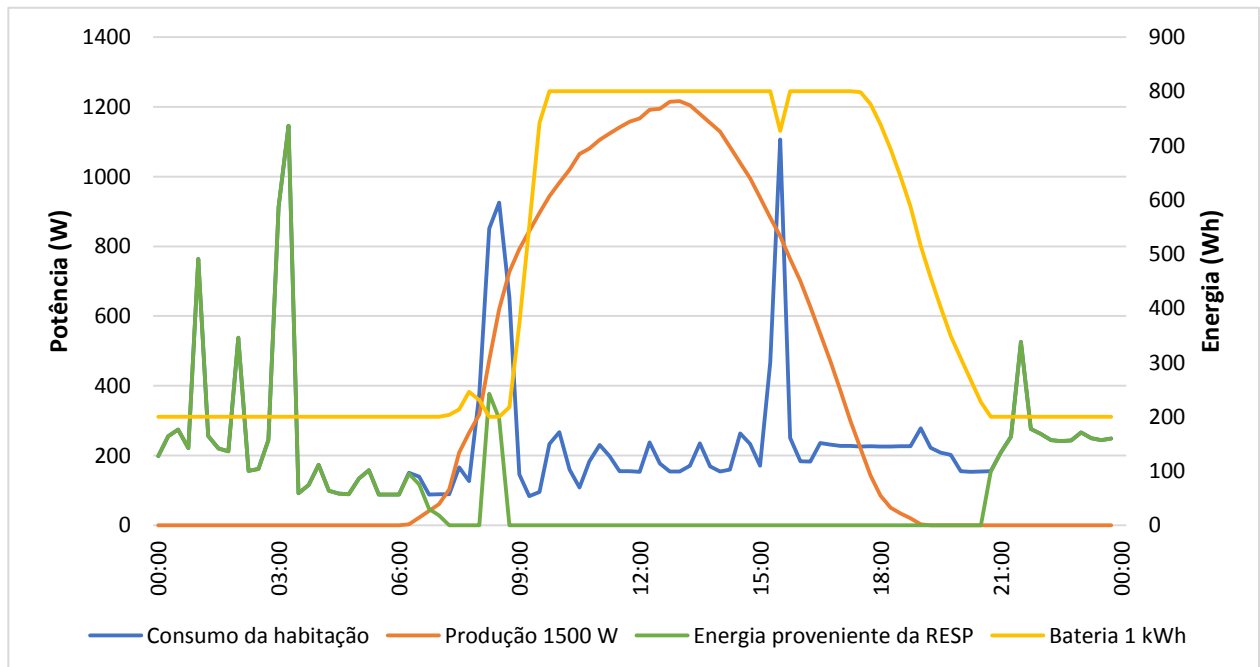


Figura F.46- Dados relativos a um dia da semana representativa do Inverno (1250 W + 1000 Wh)

## 1500 W + 1000 Wh



*Figura F.47- Dados relativos à semana representativa do Verão (1500 W + 1000 Wh)*



*Figura F.48- Dados relativos a um dia da semana representativa do Verão (1500 W + 1000 Wh)*

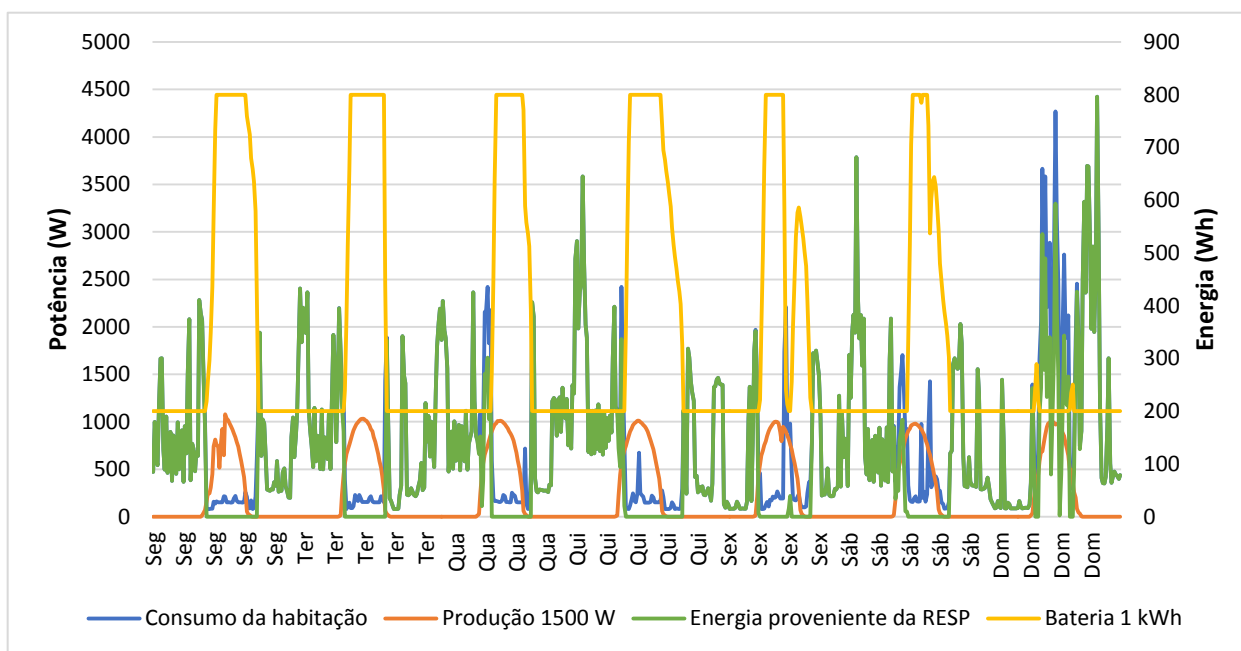


Figura F.49- Dados relativos à semana representativa do Inverno (1500 W + 1000 Wh)

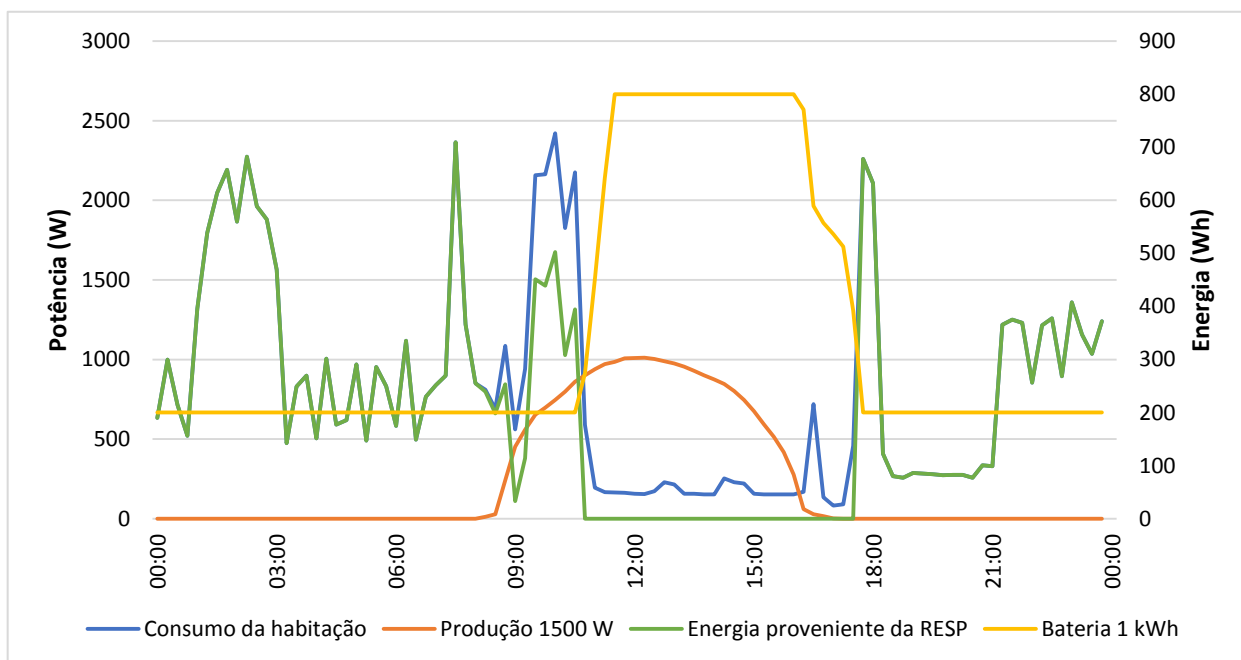


Figura F.50- Dados relativos a um dia da semana representativa do Inverno (1500 W + 1000 Wh)

## 500 W + 2000 Wh

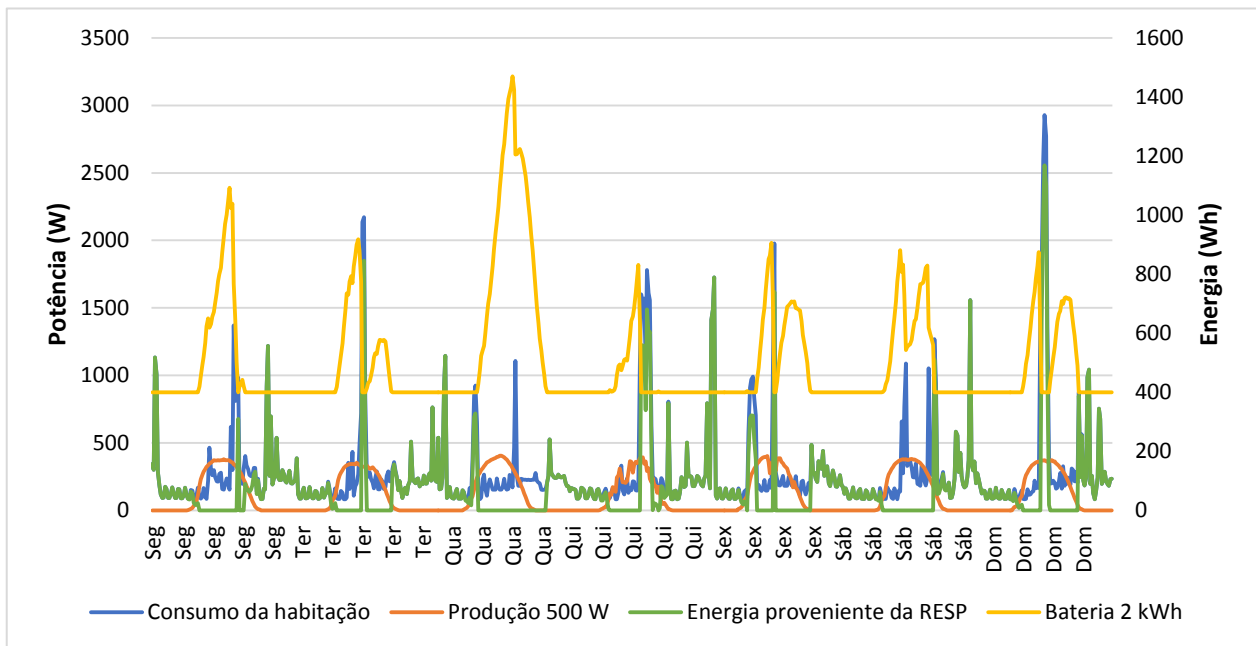


Figura F.51- Dados relativos à semana representativa do Verão (500 W + 2000 Wh)

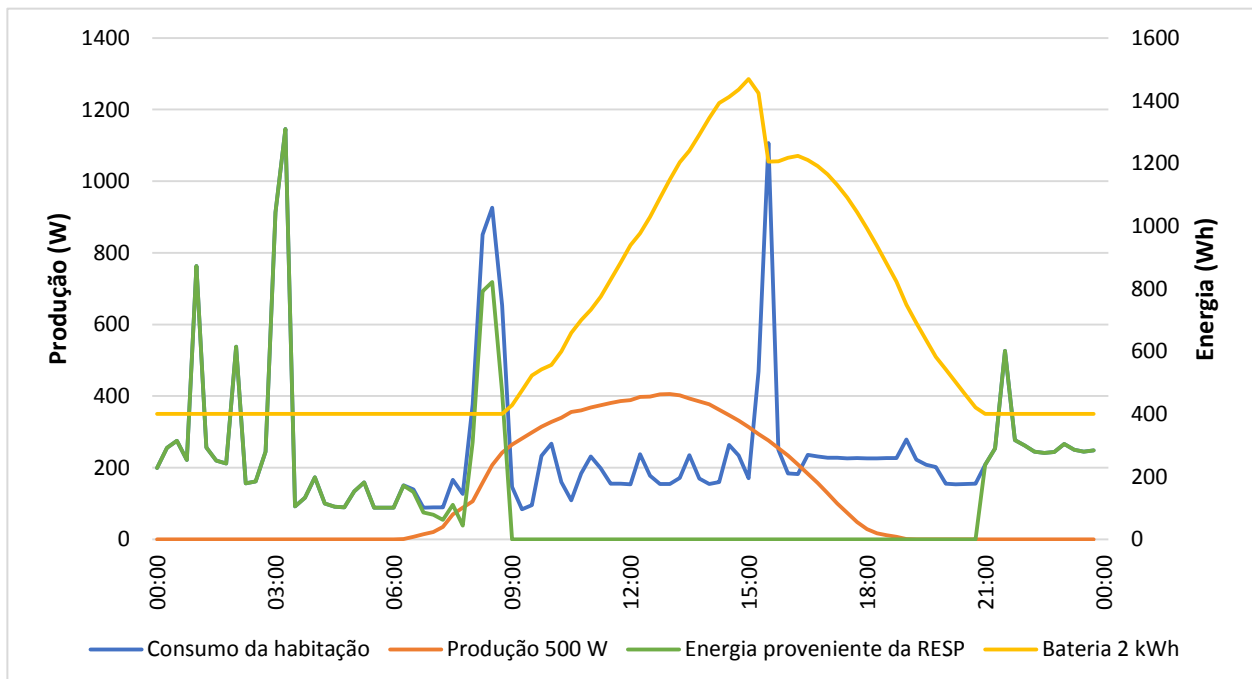


Figura F.52- Dados relativos a um dia da semana representativa do Verão (500 W + 2000 Wh)



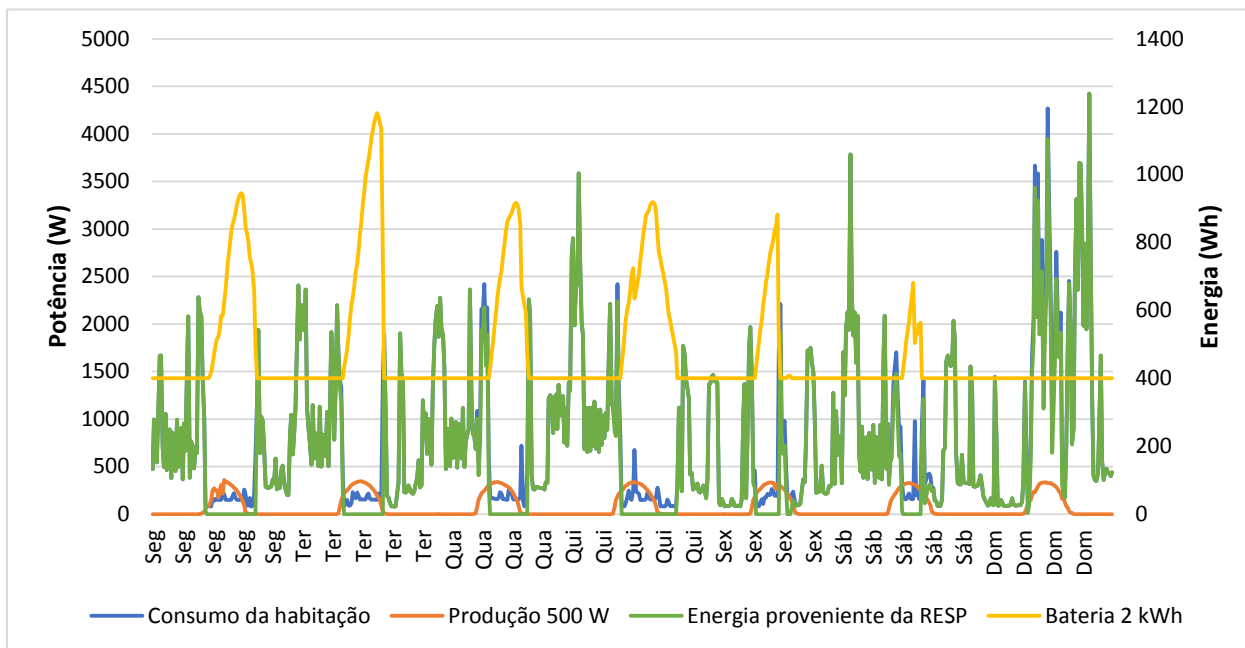


Figura F.53- Dados relativos à semana representativa do Inverno (500 W + 2000 Wh)

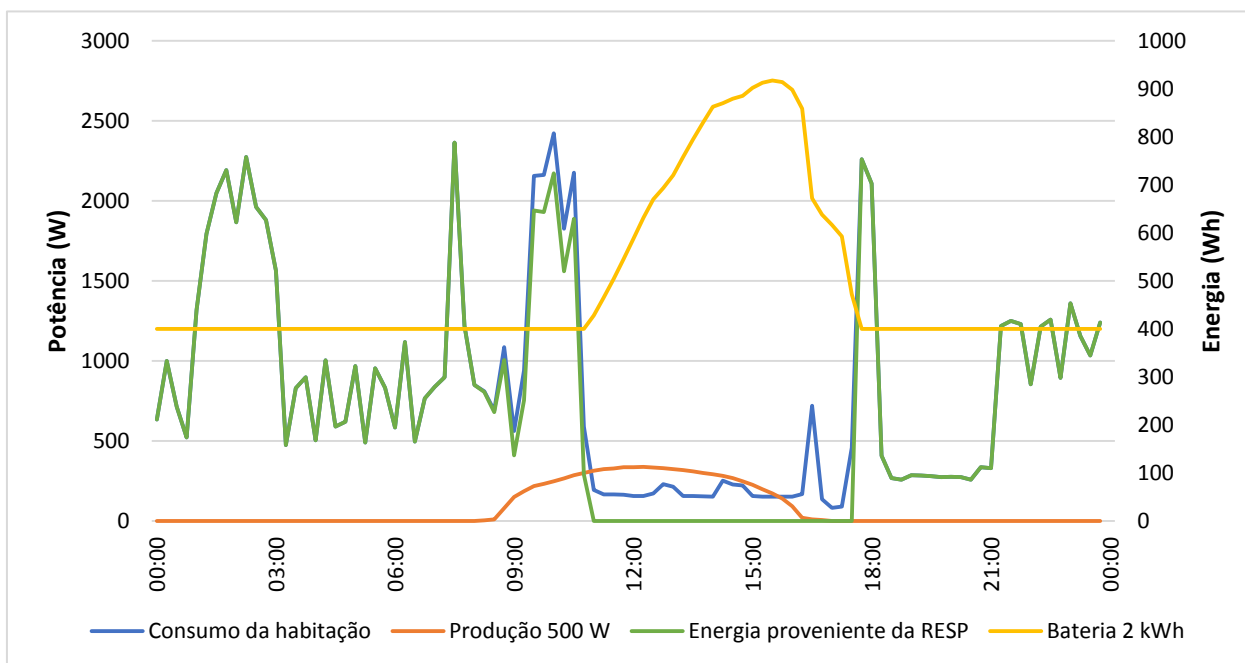


Figura F.54- Dados relativos a um dia da semana representativa do Inverno (500 W + 2000 Wh)

## 750 W + 2000 Wh

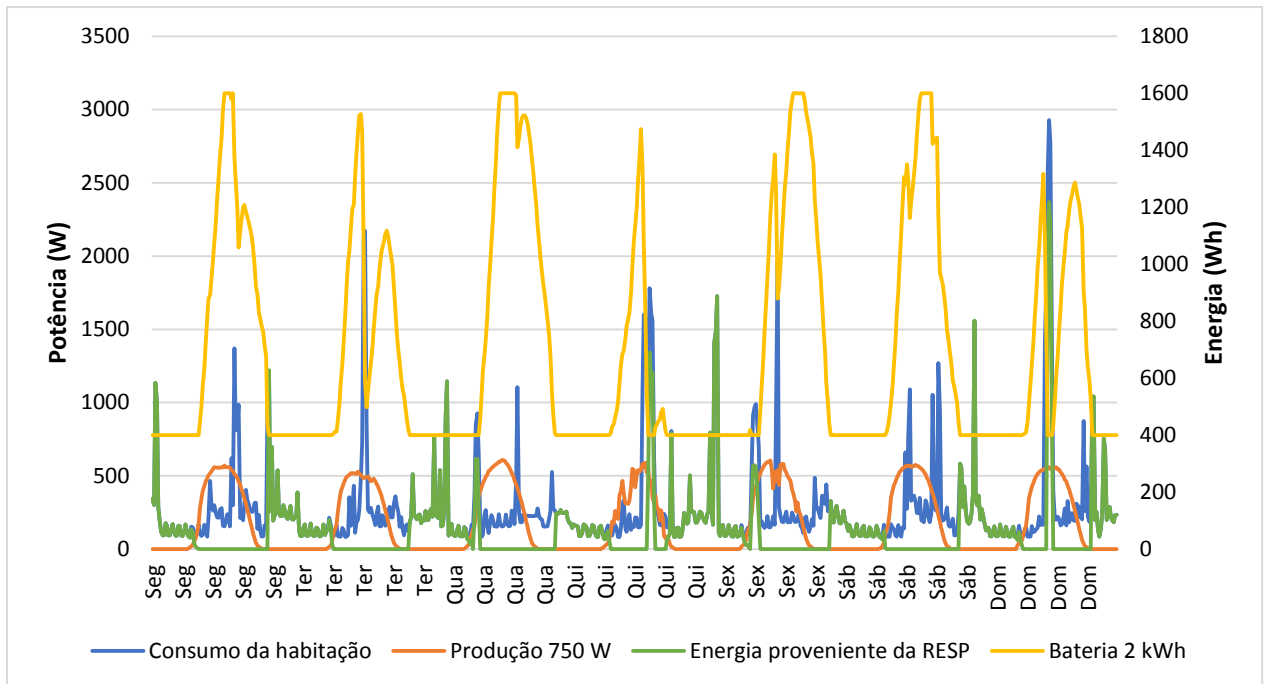


Figura F.55- Dados relativos à semana representativa do Verão (750 W + 2000 Wh)

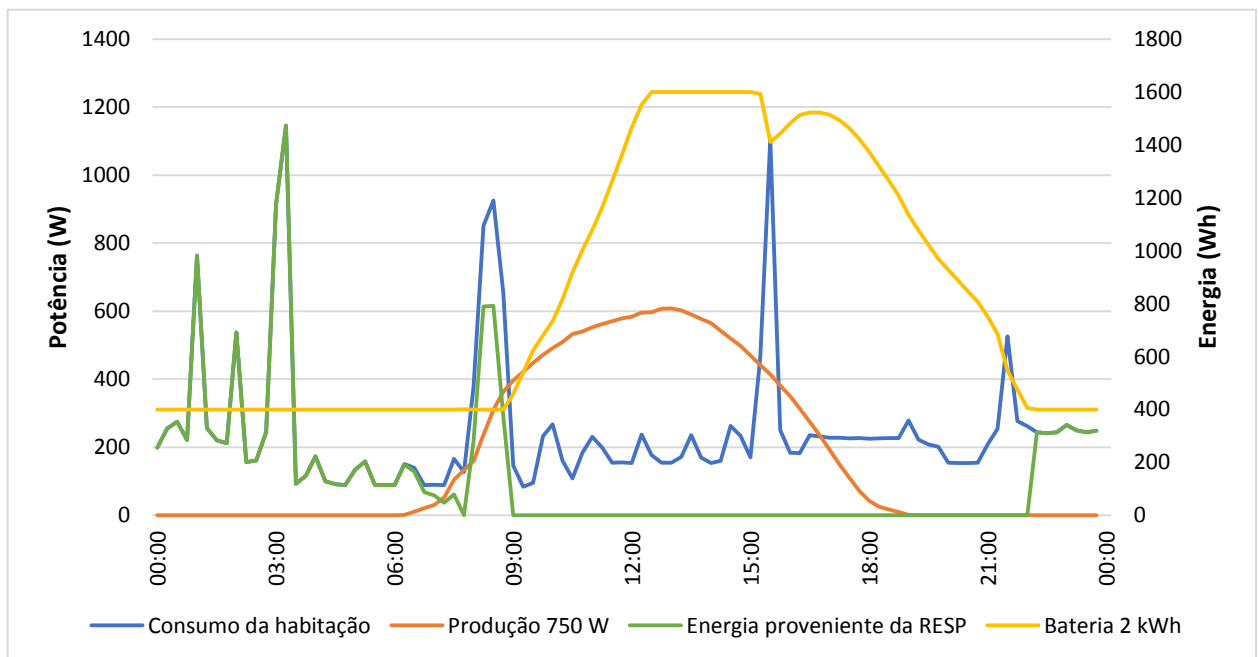


Figura F.56-Dados relativos a um dia da semana representativa do Verão (750 W + 2000 Wh)

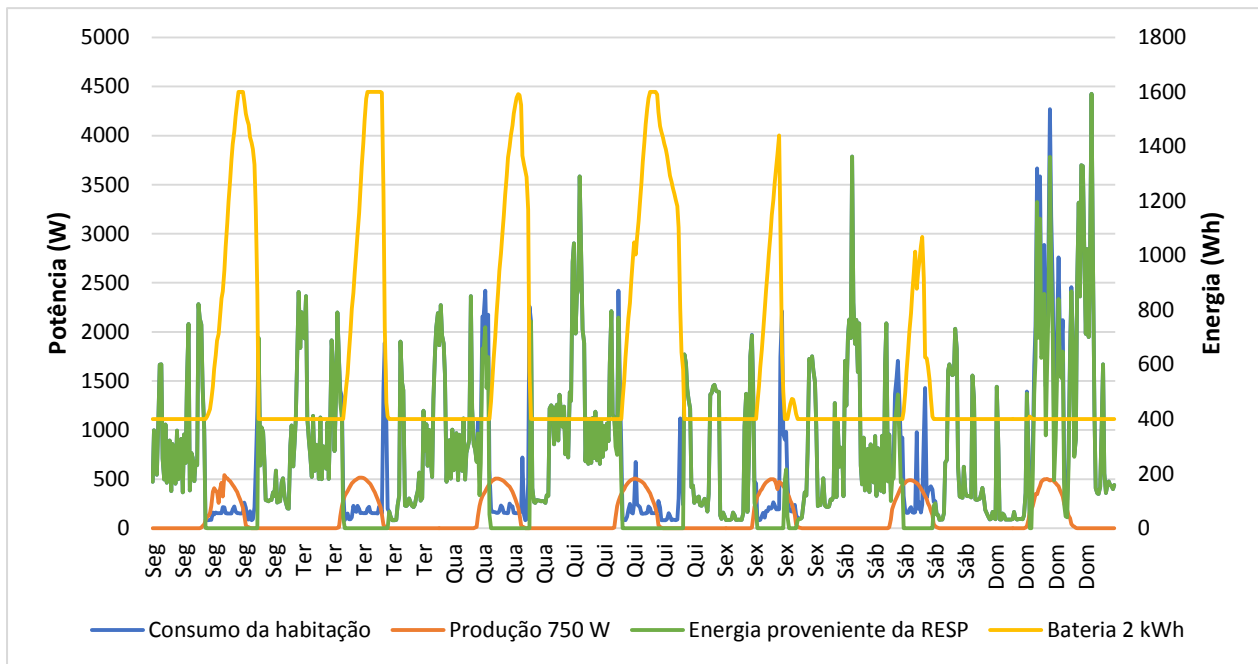


Figura F.57- Dados relativos à semana representativa do Inverno (750 W + 2000 Wh)

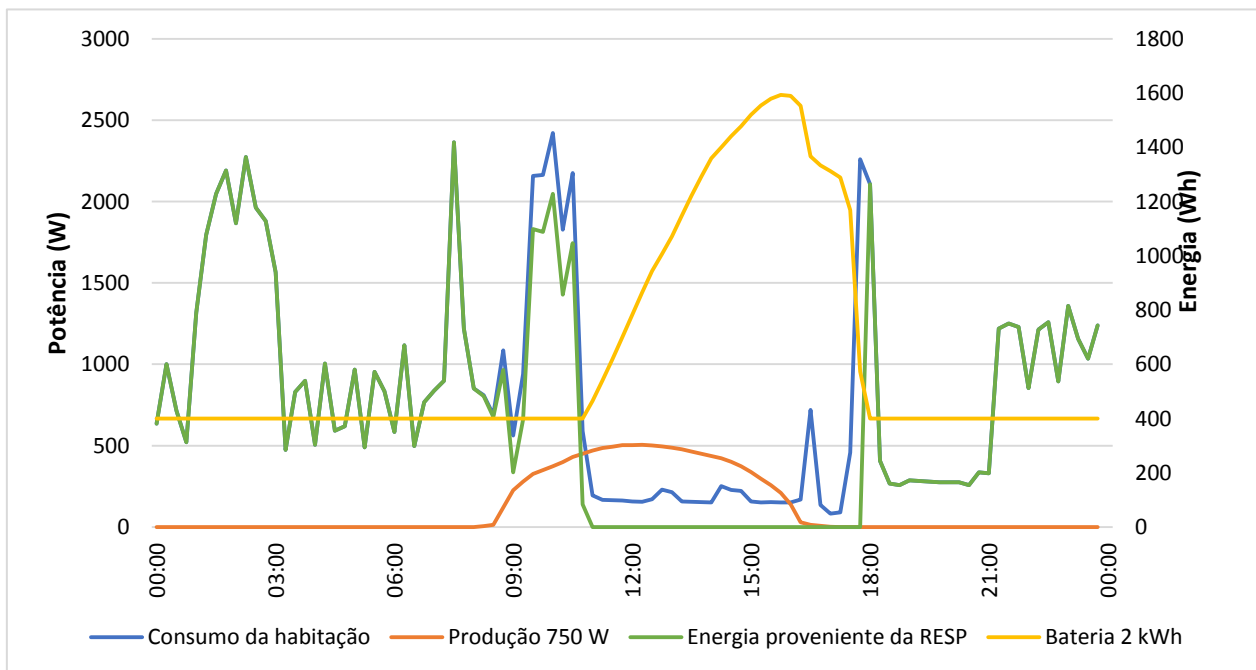


Figura F.58- Dados relativos a um dia da semana representativa do Inverno (750 W + 2000 Wh)

## 1000 W + 2000 Wh

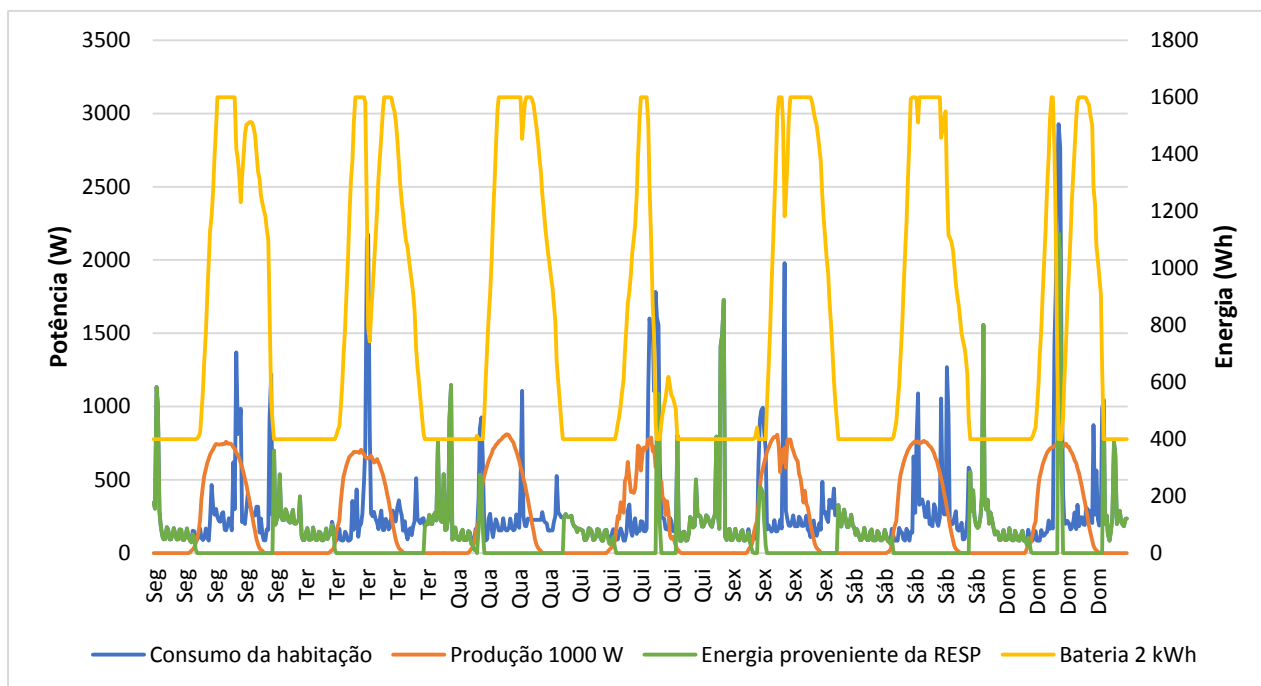


Figura F.59- Dados relativos à semana representativa do Verão (1000 W + 2000 Wh)

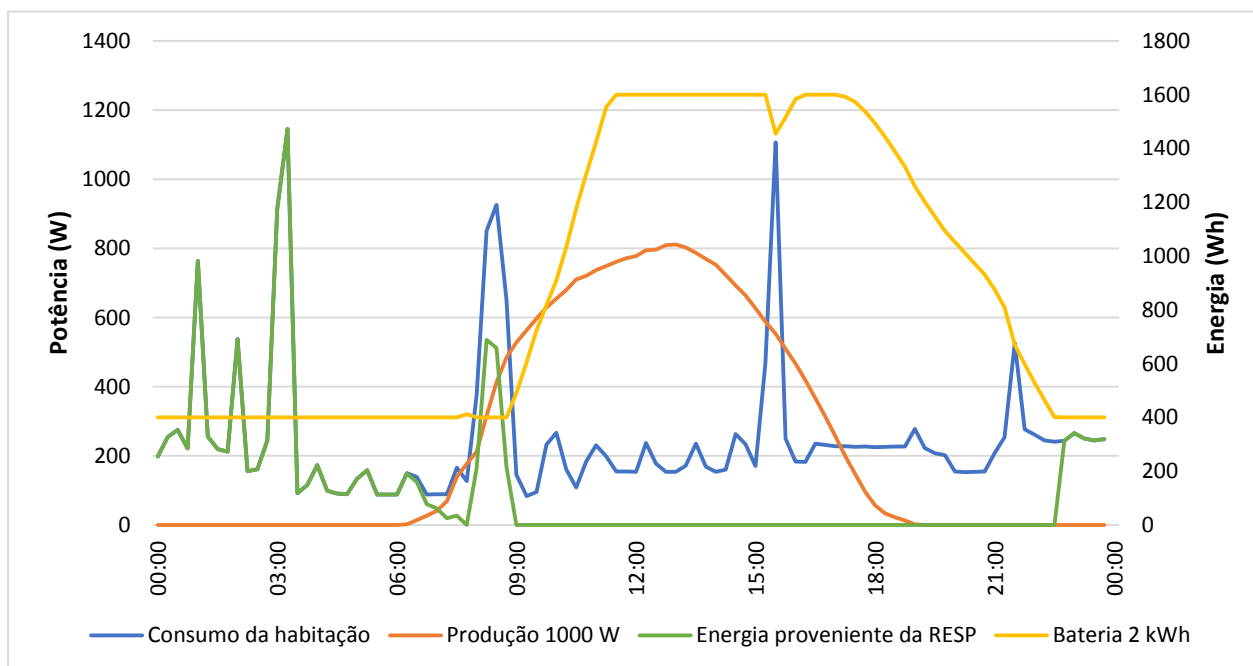


Figura F.60-Dados relativos a um dia da semana representativa do Verão (1000 W + 2000 Wh)

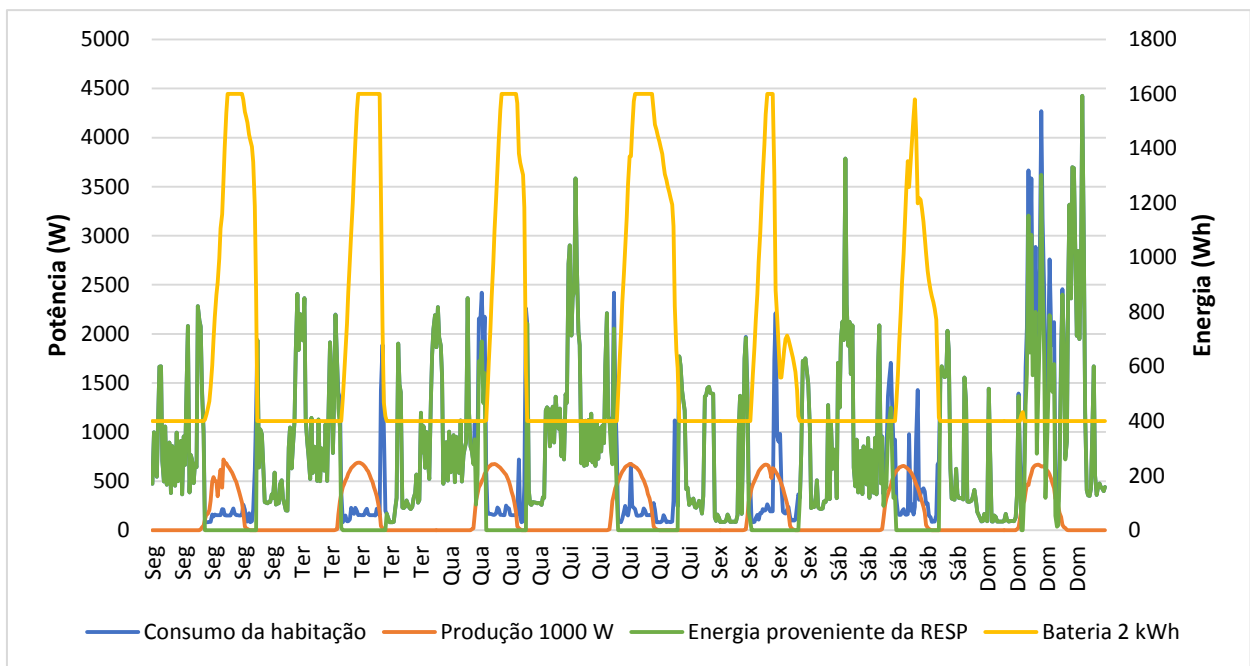


Figura F.61- Dados relativos à semana representativa do Inverno (1000 W + 2000 Wh)

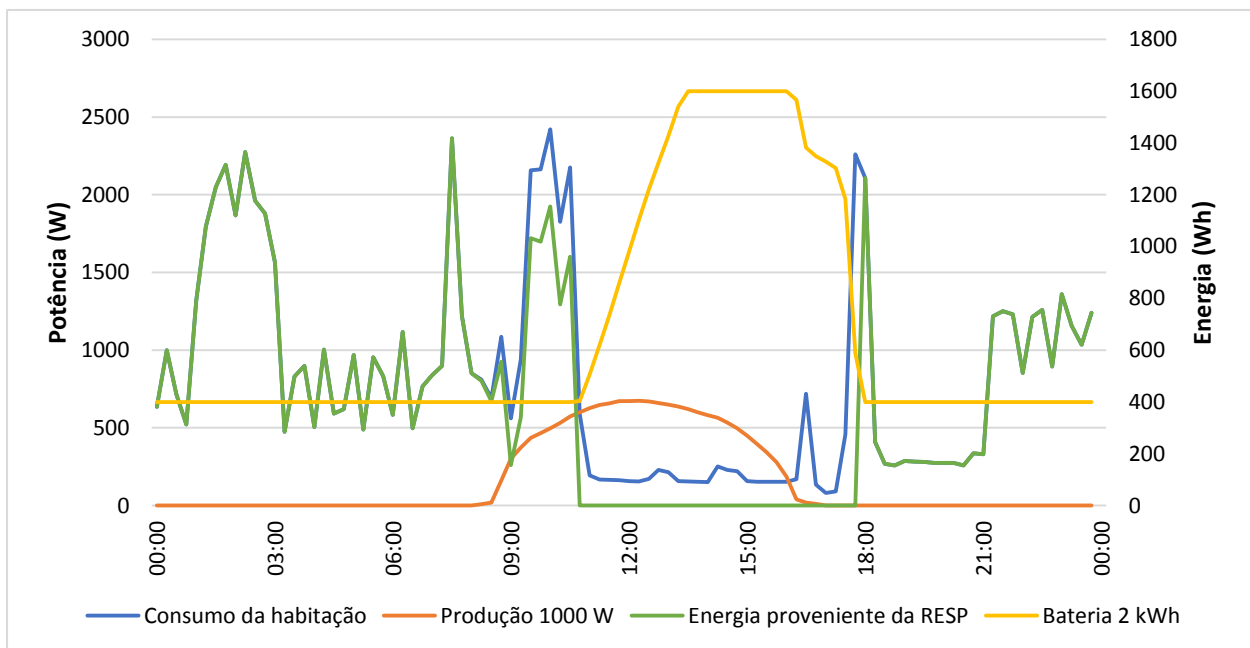


Figura F.62-Dados relativos a um dia da semana representativa do Inverno (1000 W + 2000 Wh)

## 1250 W + 2000 Wh

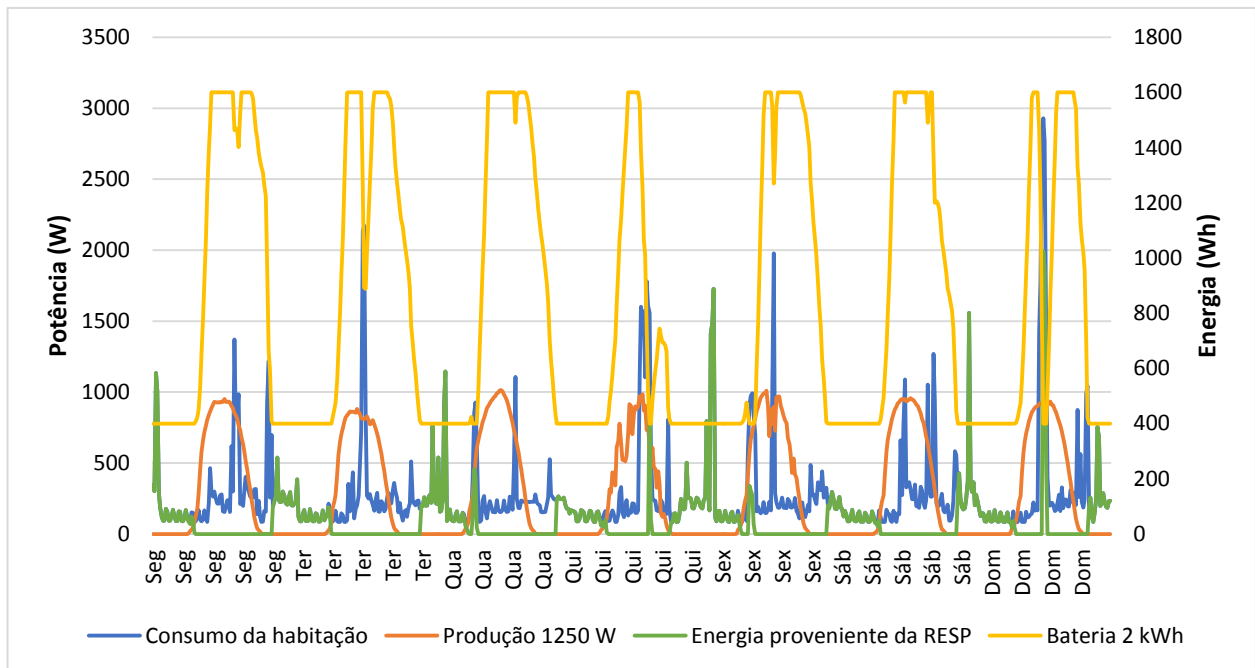


Figura F.63- Dados relativos à semana representativa do Verão (1250 W + 2000 Wh)

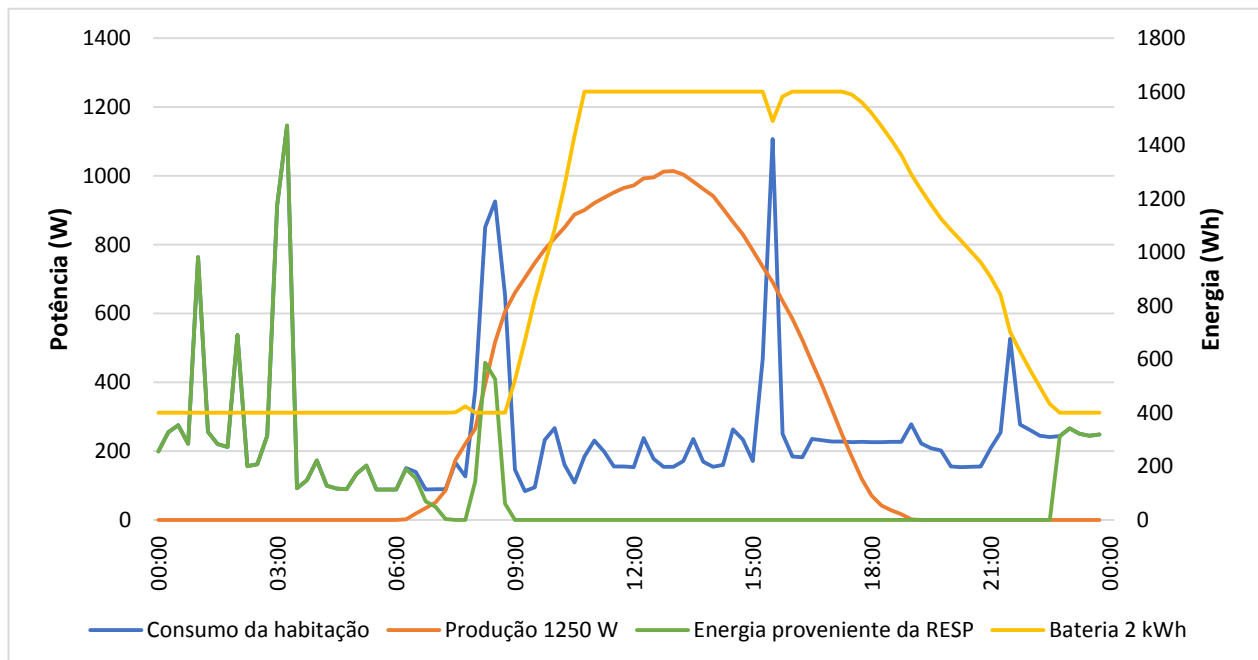


Figura F.64- Dados relativos a um dia da semana representativa do Verão (1250 W + 2000 Wh)

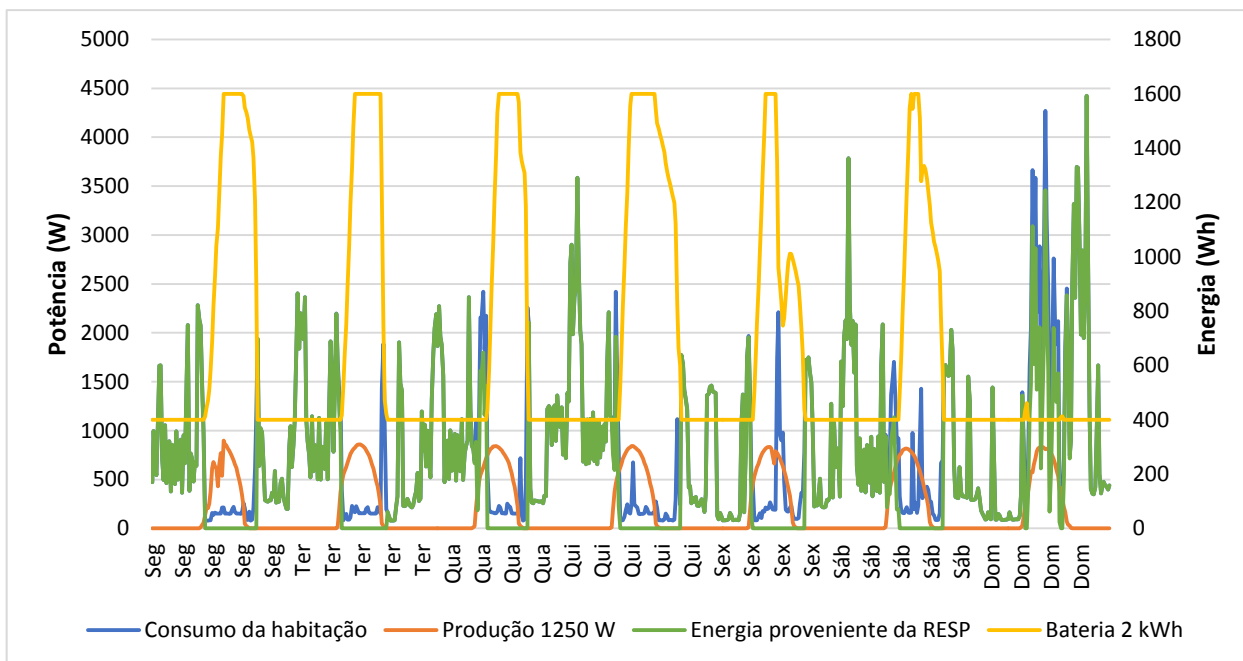


Figura F.65- Dados relativos à semana representativa do Inverno (1250 W + 2000 Wh)

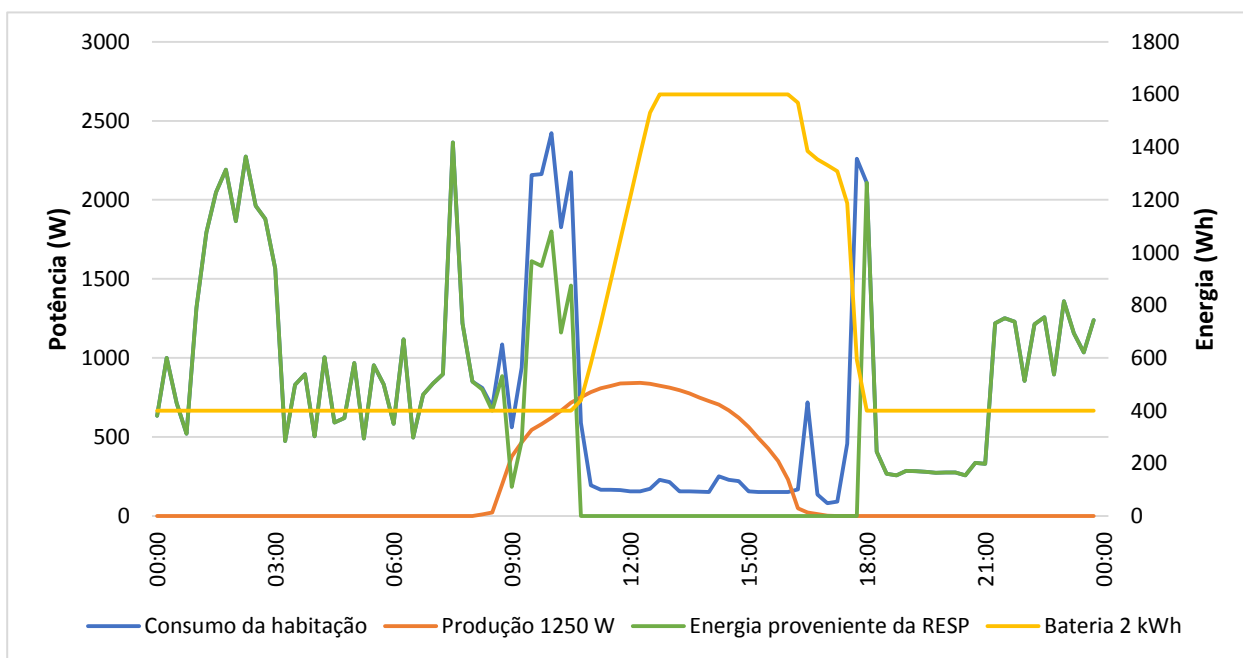


Figura F.66-Dados relativos a um dia da semana representativa do Inverno (1250 W + 2000 Wh)

## 1500 W + 2000 Wh

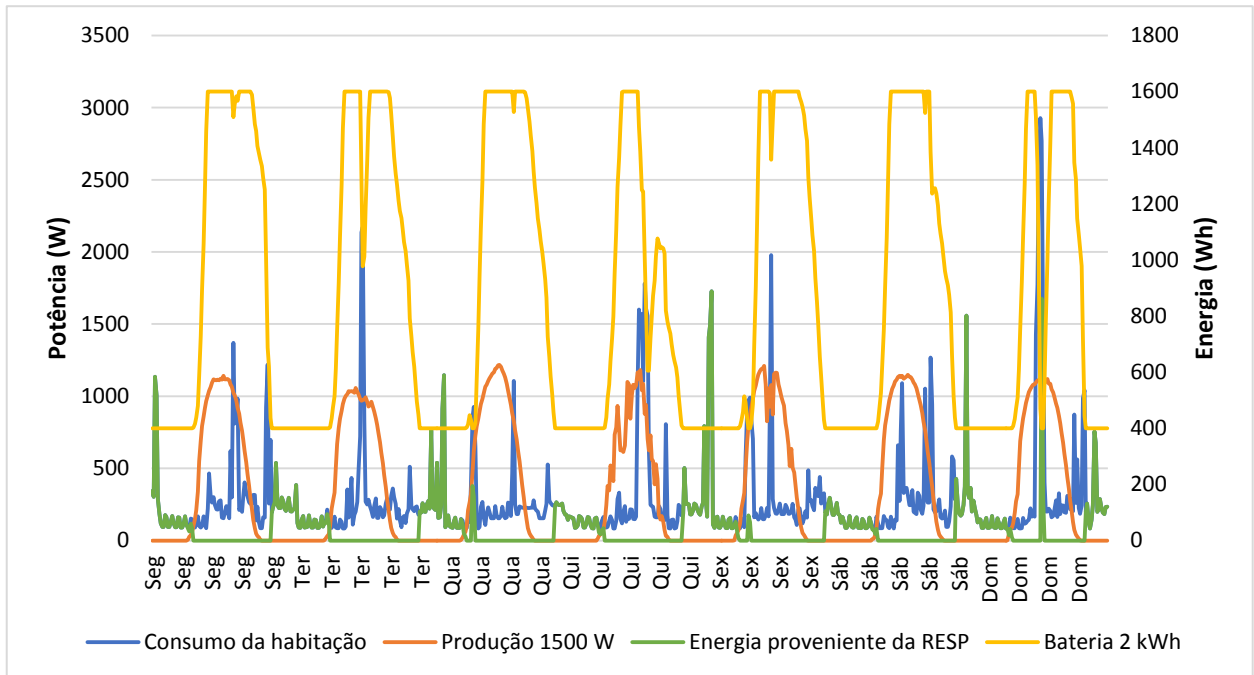


Figura F.67- Dados relativos à semana representativa do Verão (1500 W + 2000 Wh)

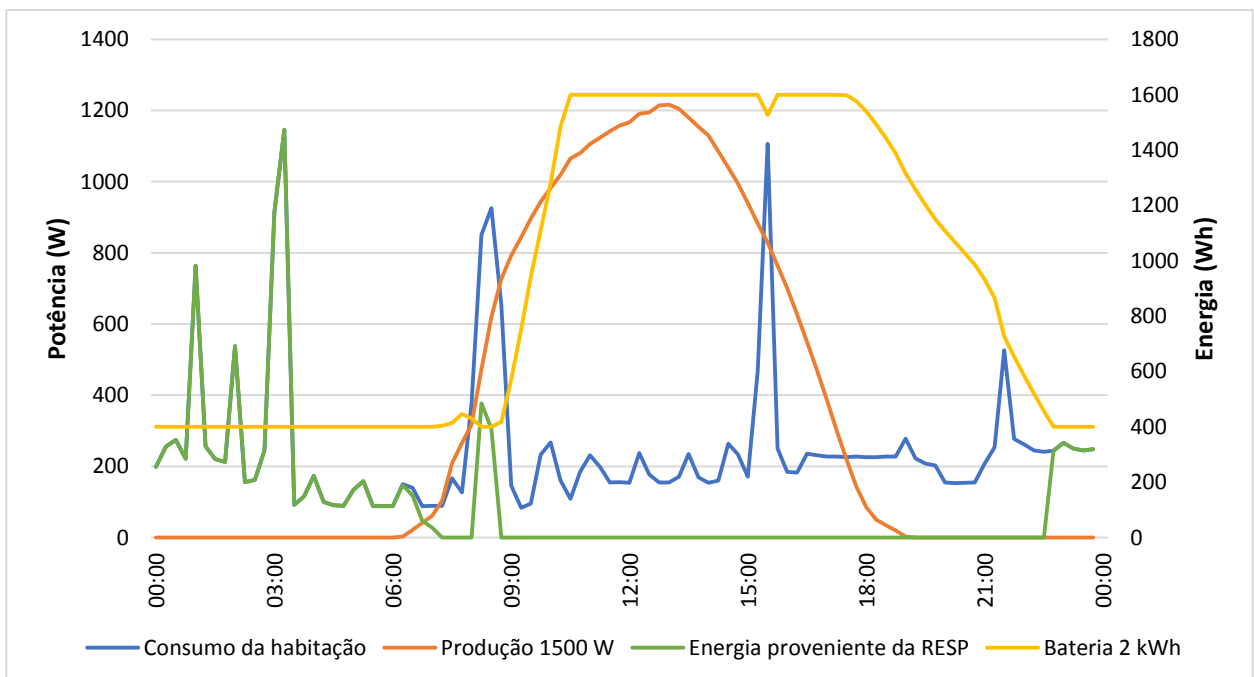


Figura F.68- Dados relativos a um dia da semana representativa do Verão (1500 W + 2000 Wh)



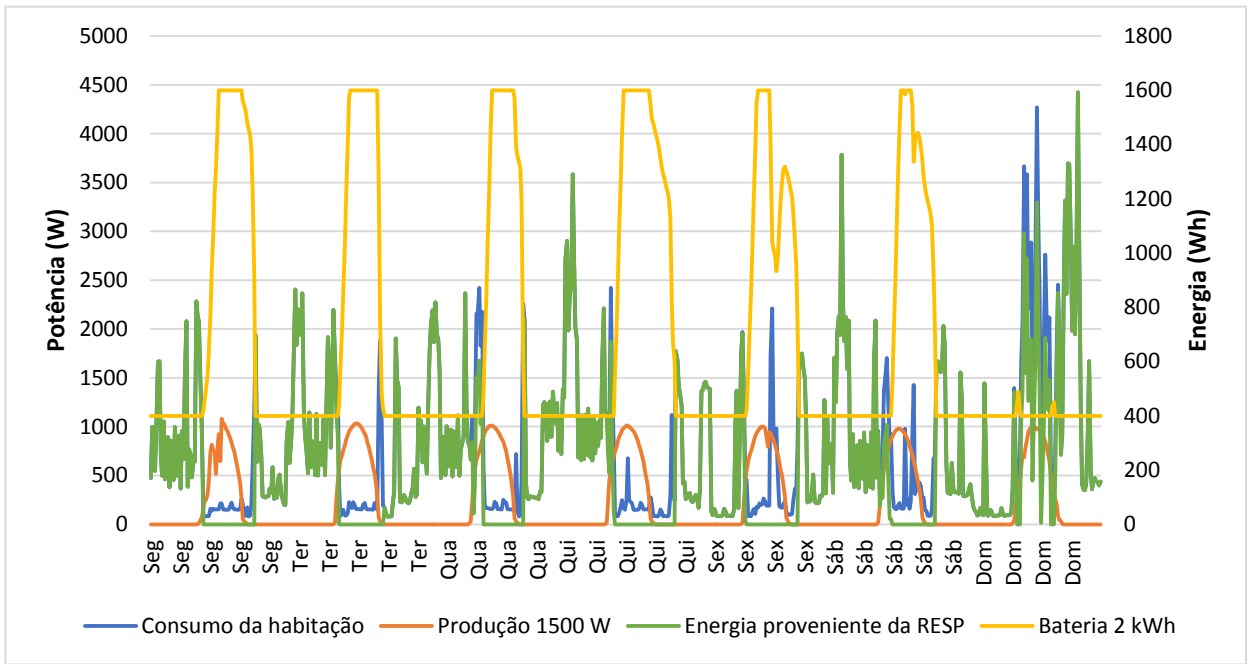


Figura F.69- Dados relativos à semana representativa do Inverno (1500 W + 2000 Wh)

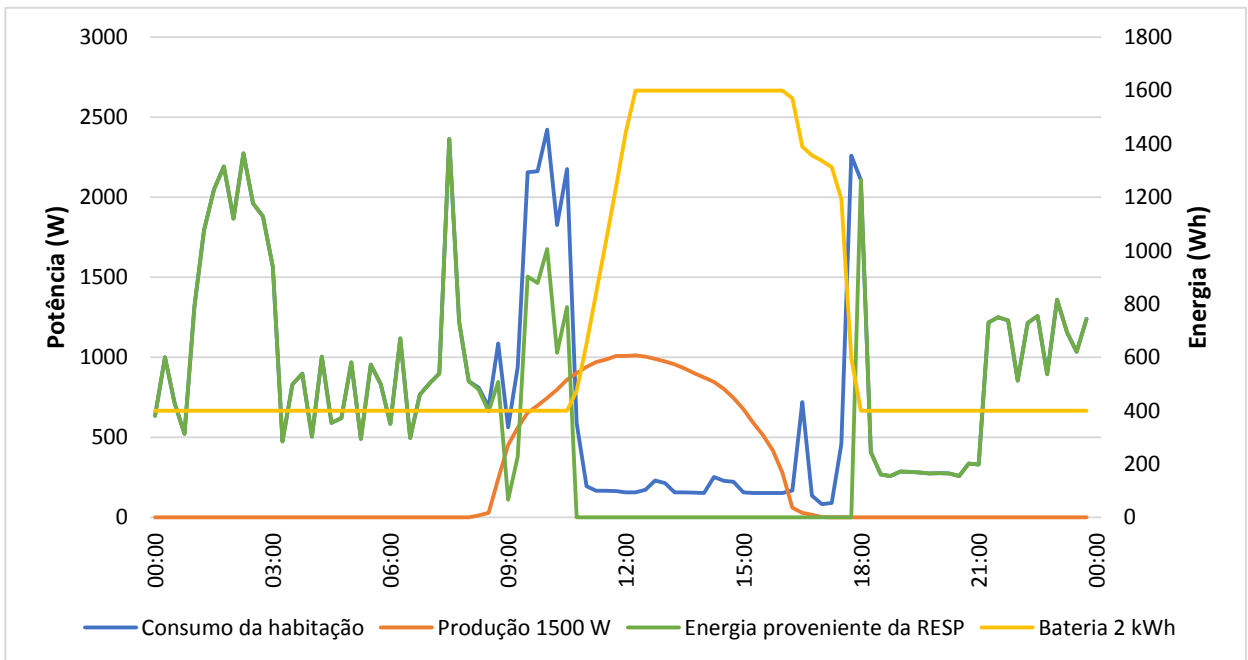
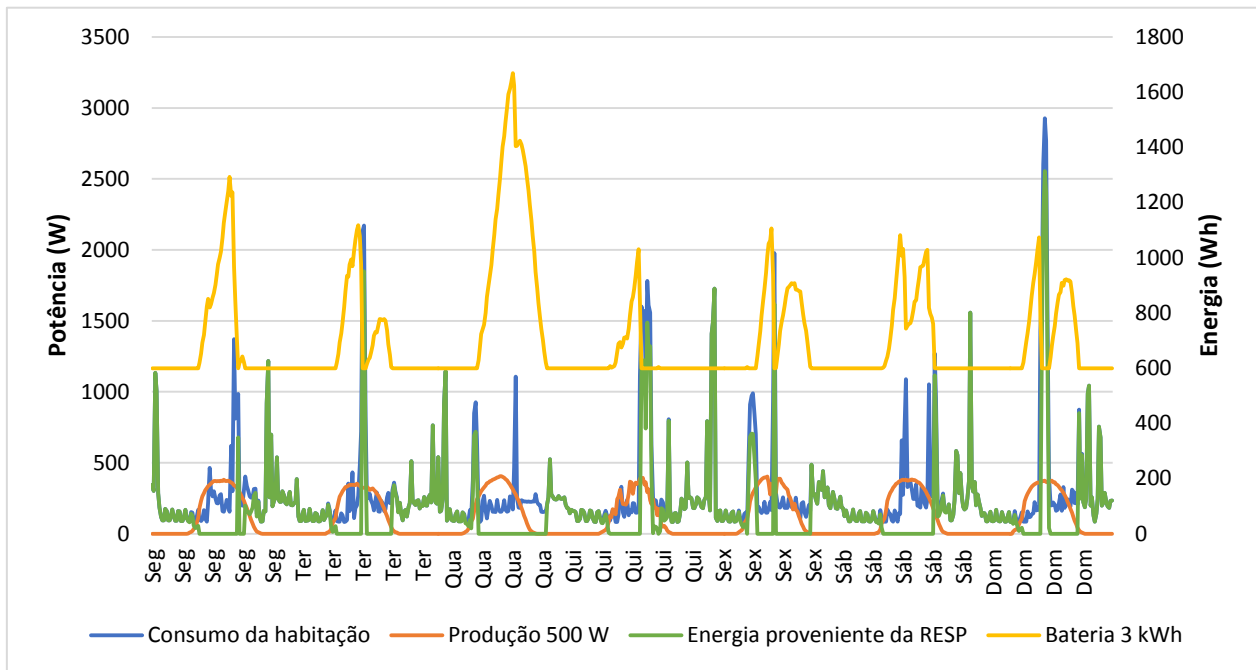
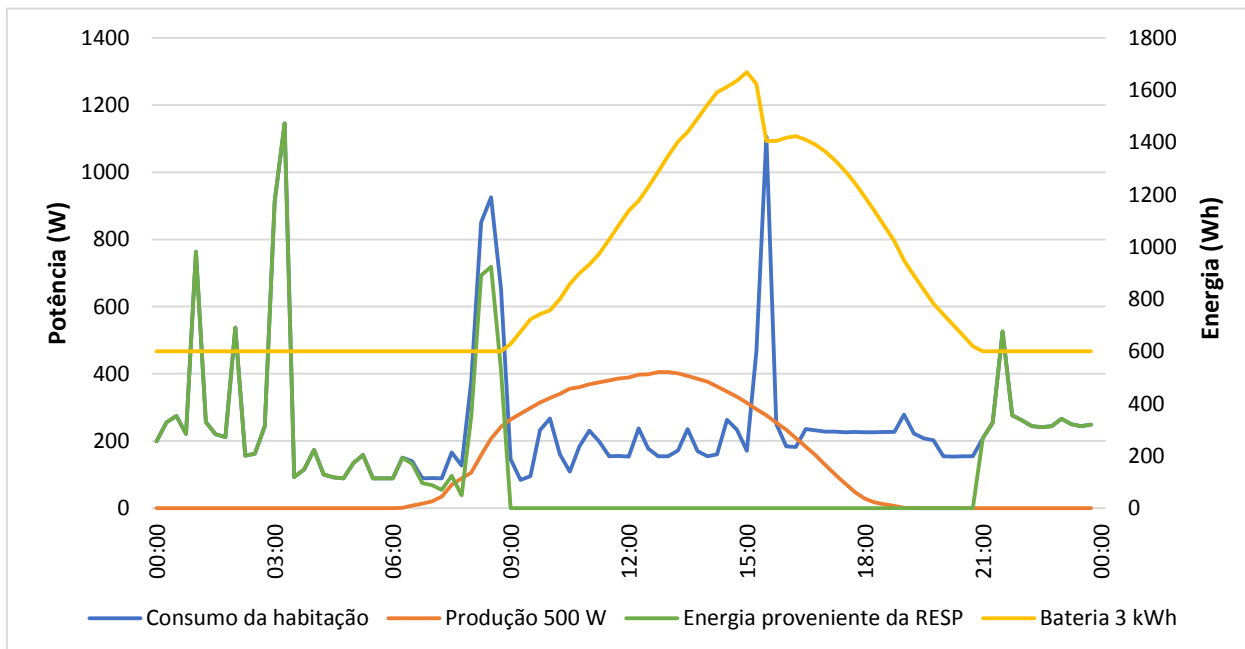


Figura F.70-Dados relativos a um dia da semana representativa do Inverno (1500 W + 2000 Wh)

## 500 W + 3000 Wh



*Figura F.71- Dados relativos à semana representativa do Verão (500 W + 3000 Wh)*



*Figura F.72- Dados relativos a um dia da semana representativa do Verão (500 W + 3000 Wh)*

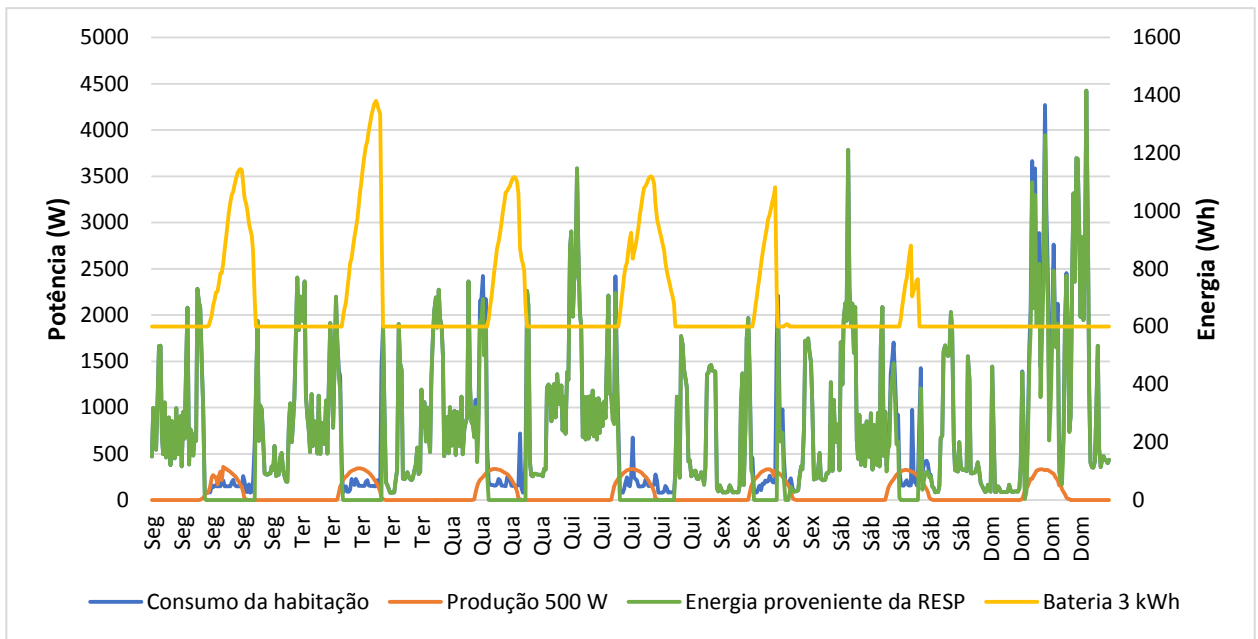


Figura F.73- Dados relativos à semana representativa do Inverno (500 W + 3000 Wh)

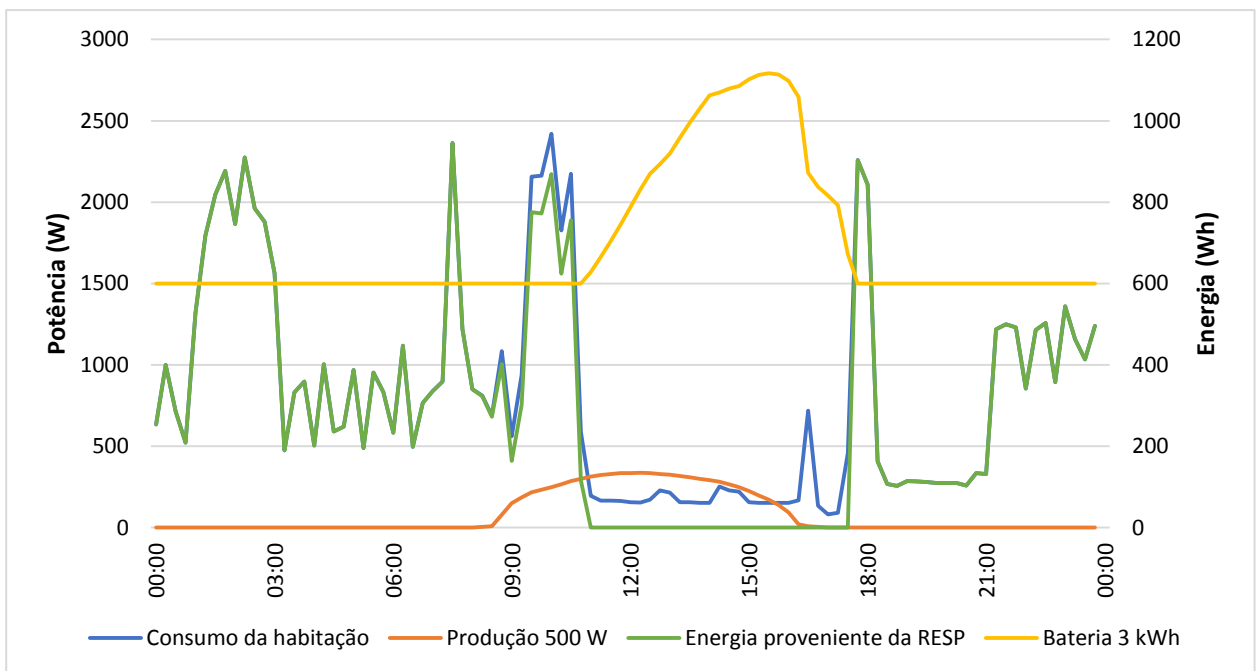


Figura F.74- Dados relativos a um dia da semana representativa do Inverno (500 W + 3000 Wh)

## 1000 W + 3000 Wh

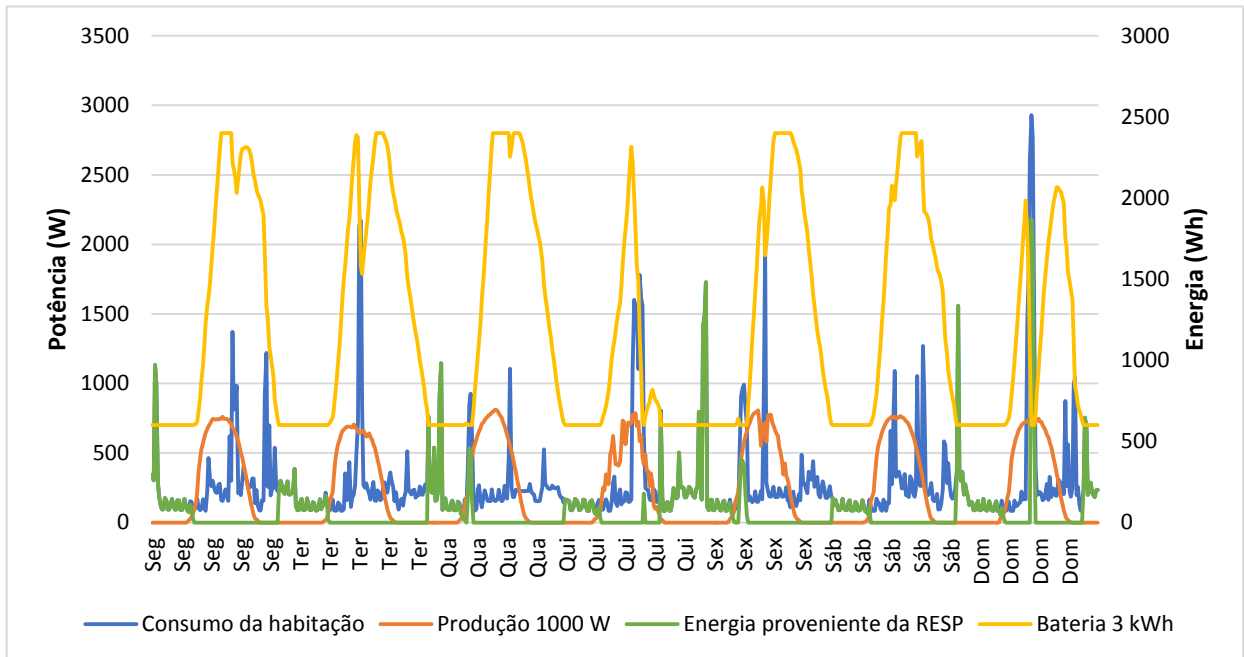


Figura F.75- Dados relativos à semana representativa do Verão (1000 W + 3000 Wh)

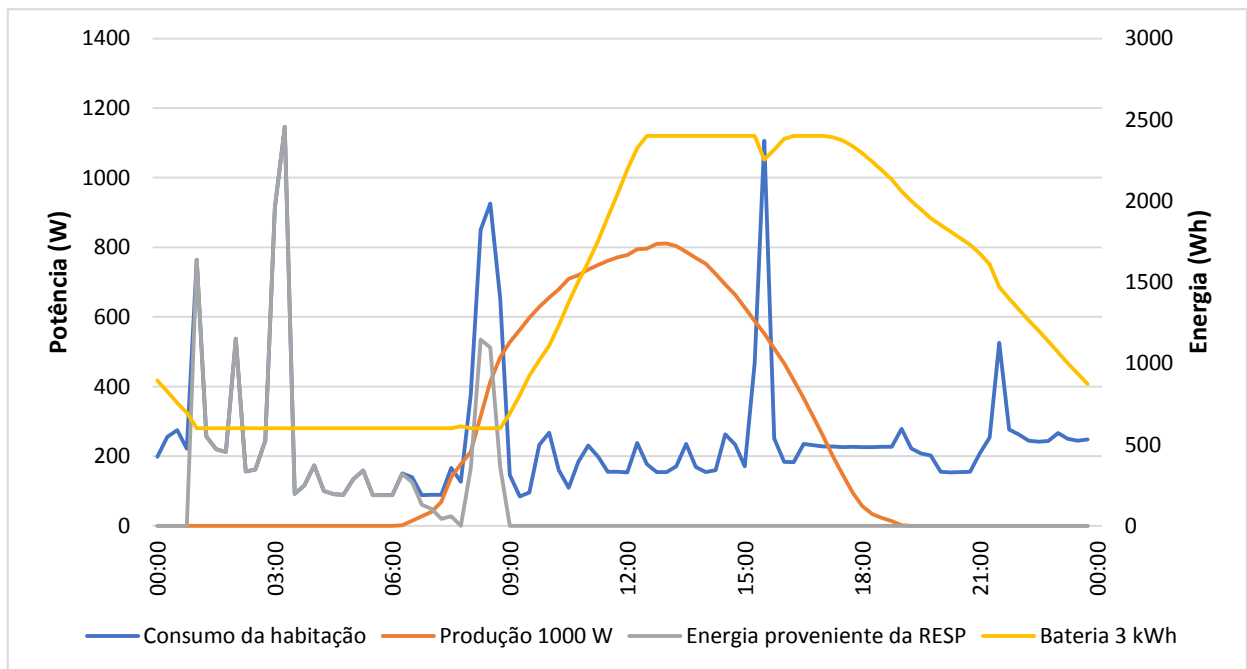


Figura F.76- Dados relativos a um dia da semana representativa do Verão (1000 W + 3000 Wh)

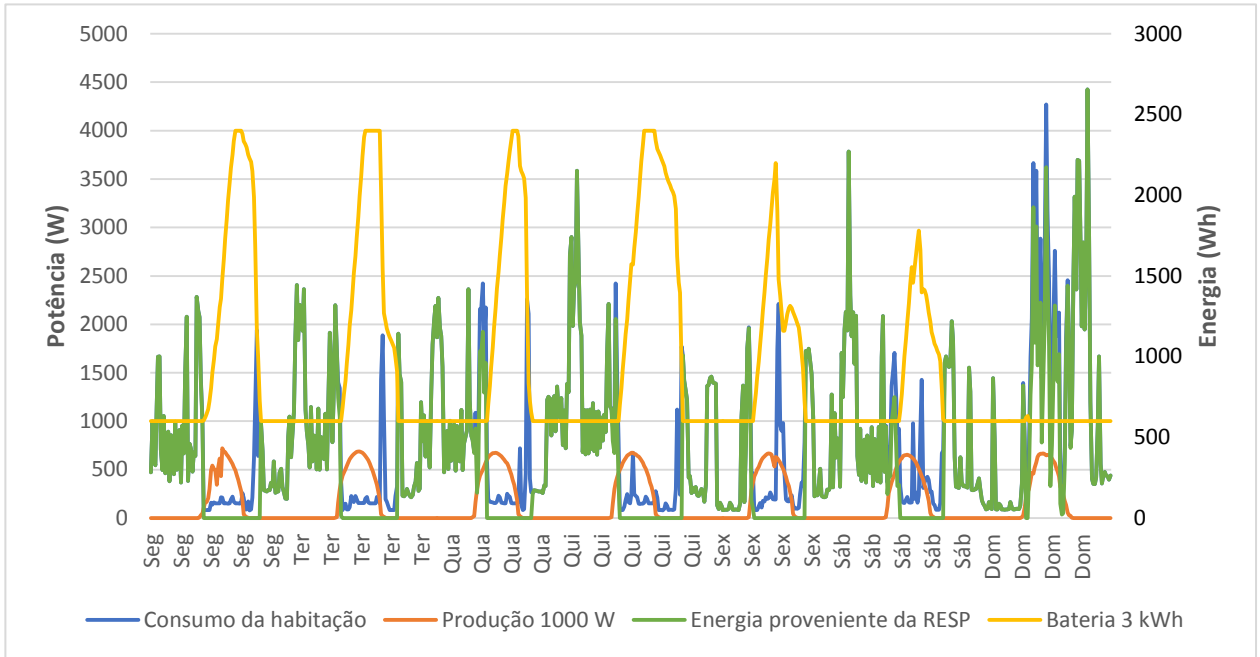


Figura F.77- Dados relativos à semana representativa do Inverno (1000 W + 3000 Wh)

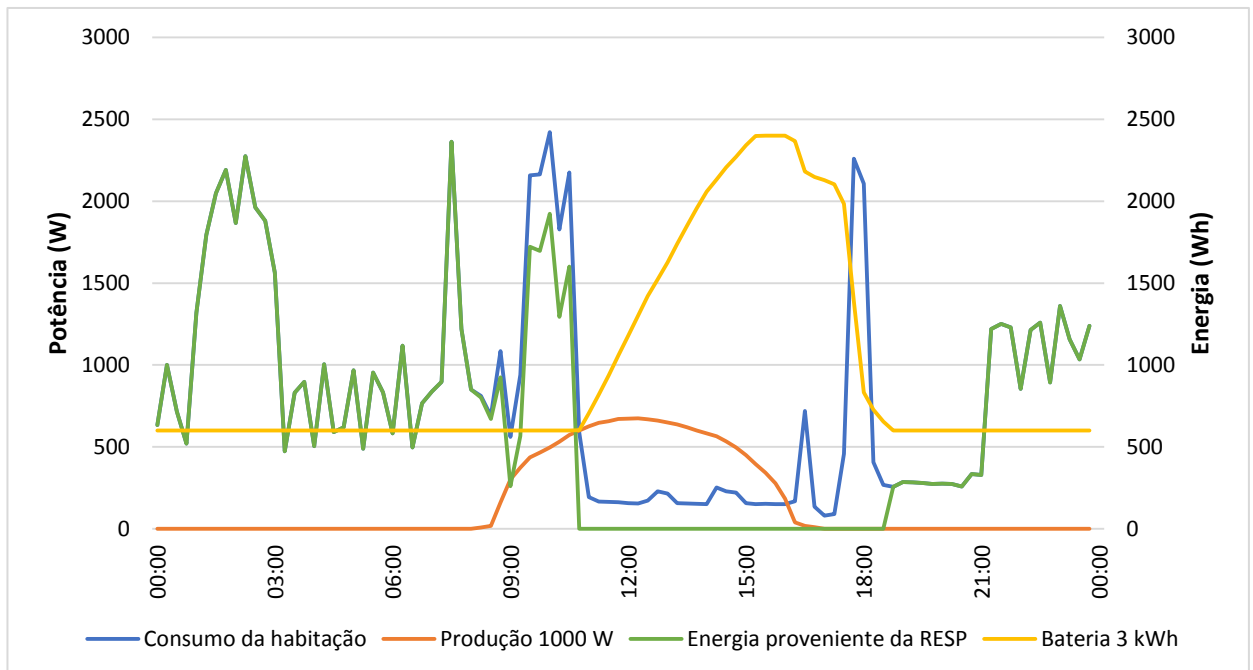


Figura F.78- Dados relativos a um dia da semana representativa do Inverno (1000 W + 3000 Wh)

## 1250 W + 3000 Wh

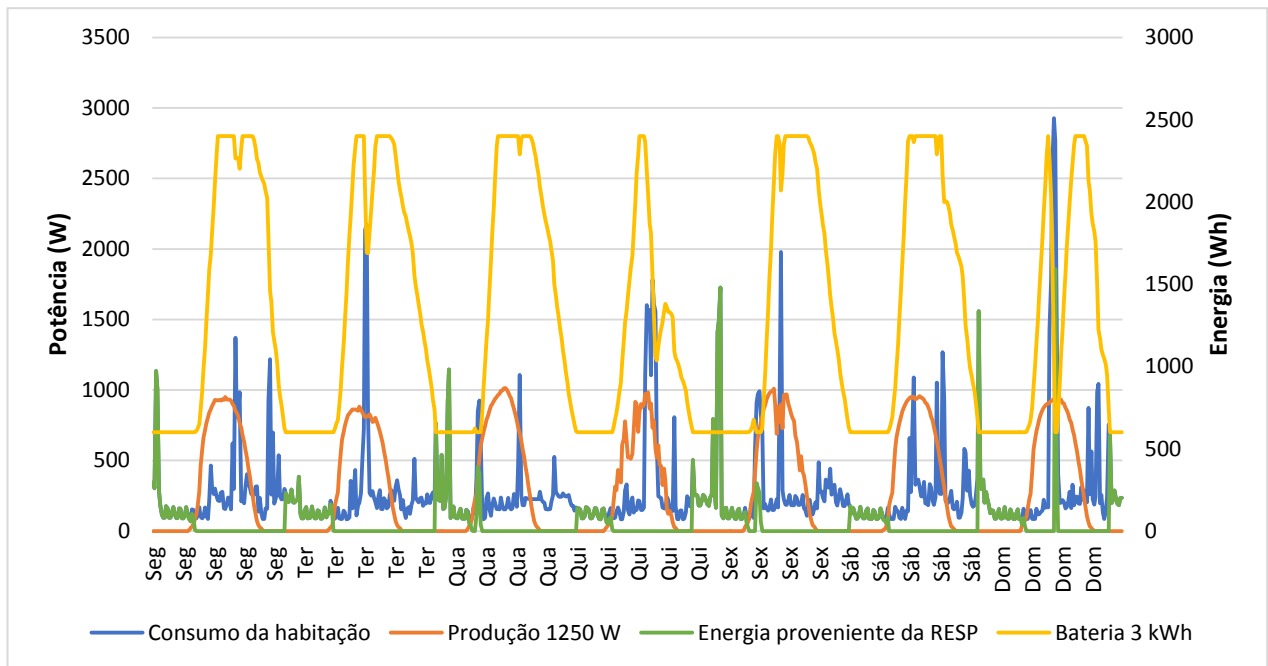


Figura F.79- Dados relativos à semana representativa do Verão (1250 W + 3000 Wh)

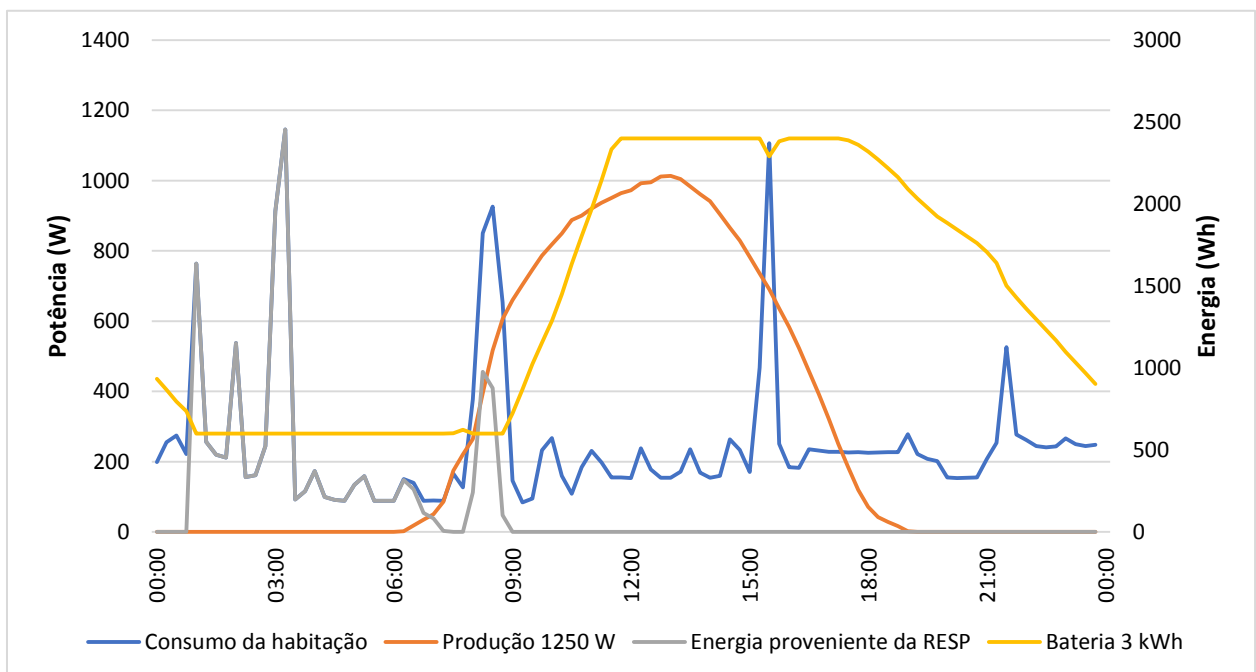


Figura F.80- Dados relativos a um dia da semana representativa do Verão (1250 W + 3000 Wh)

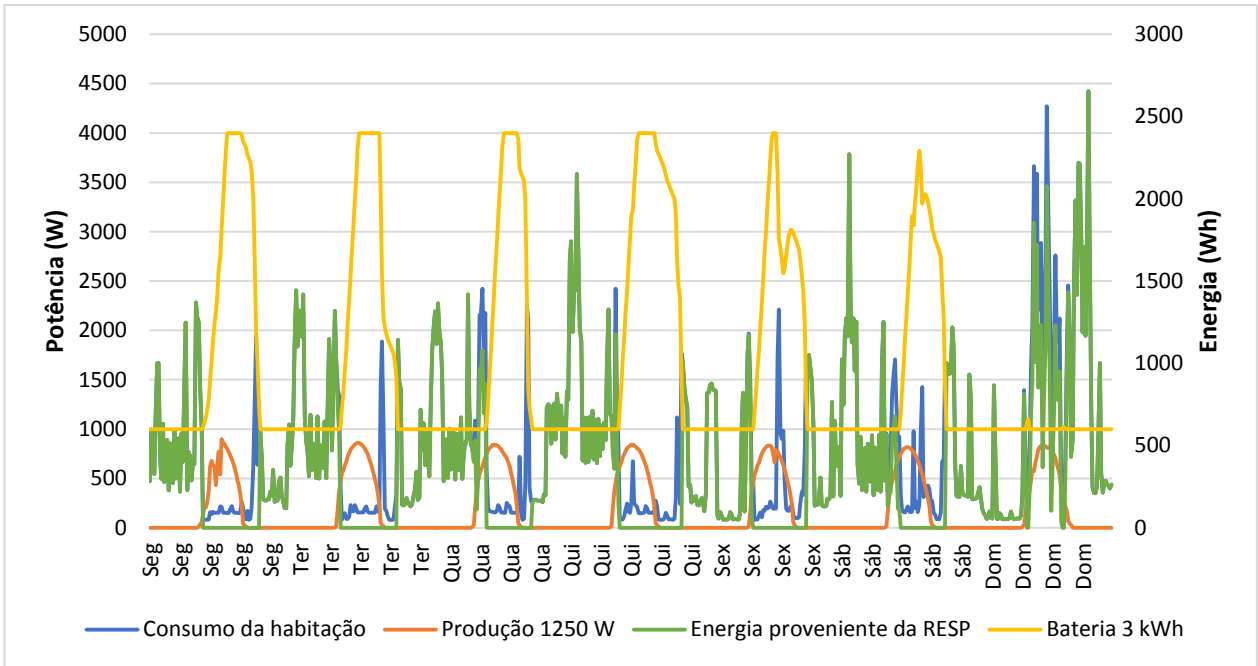


Figura F.81- Dados relativos à semana representativa do Inverno (1250 W + 3000 Wh)

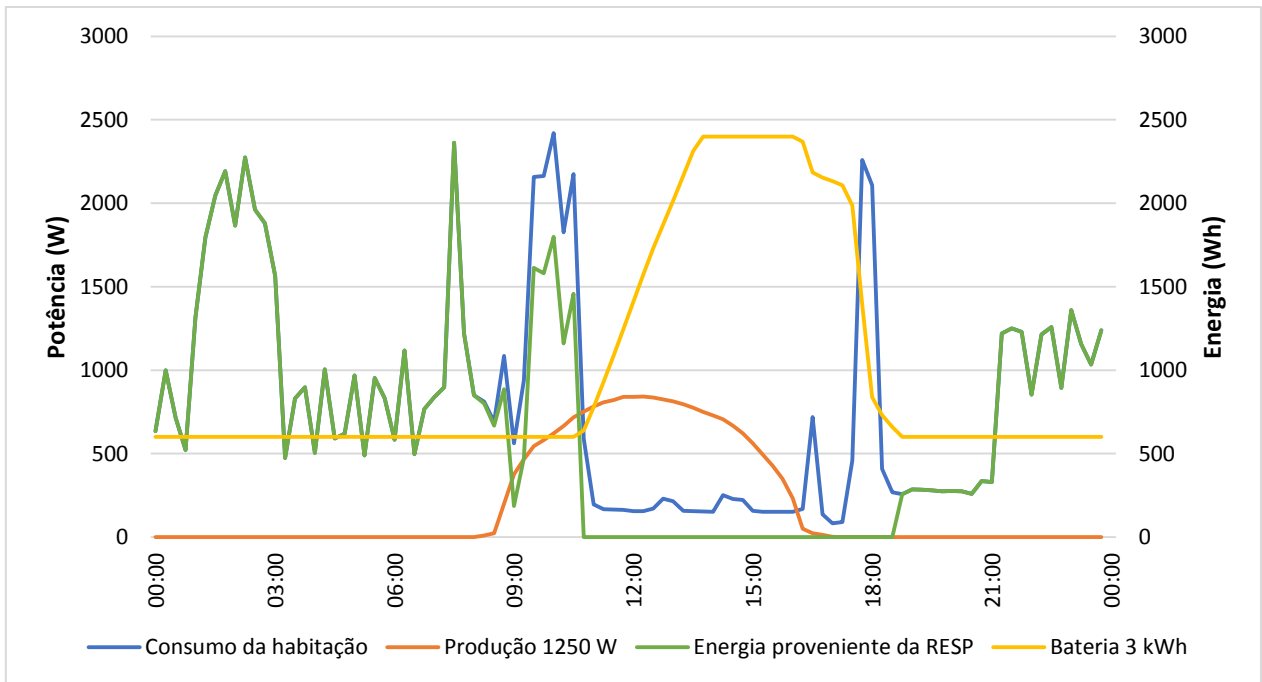


Figura F.82- Dados relativos a um dia da semana representativa do Inverno (1250 W + 3000 Wh)

## 1500 W + 3000 Wh

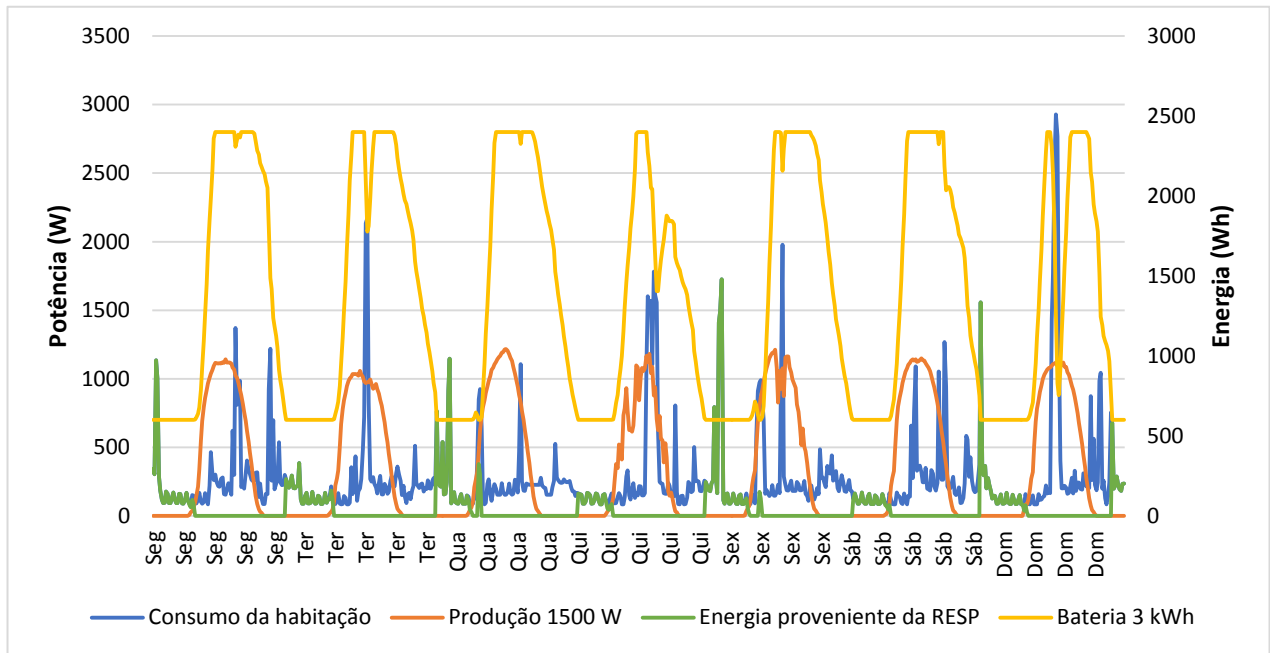


Figura F.83- Dados relativos à semana representativa do Verão (1500 W + 3000 Wh)

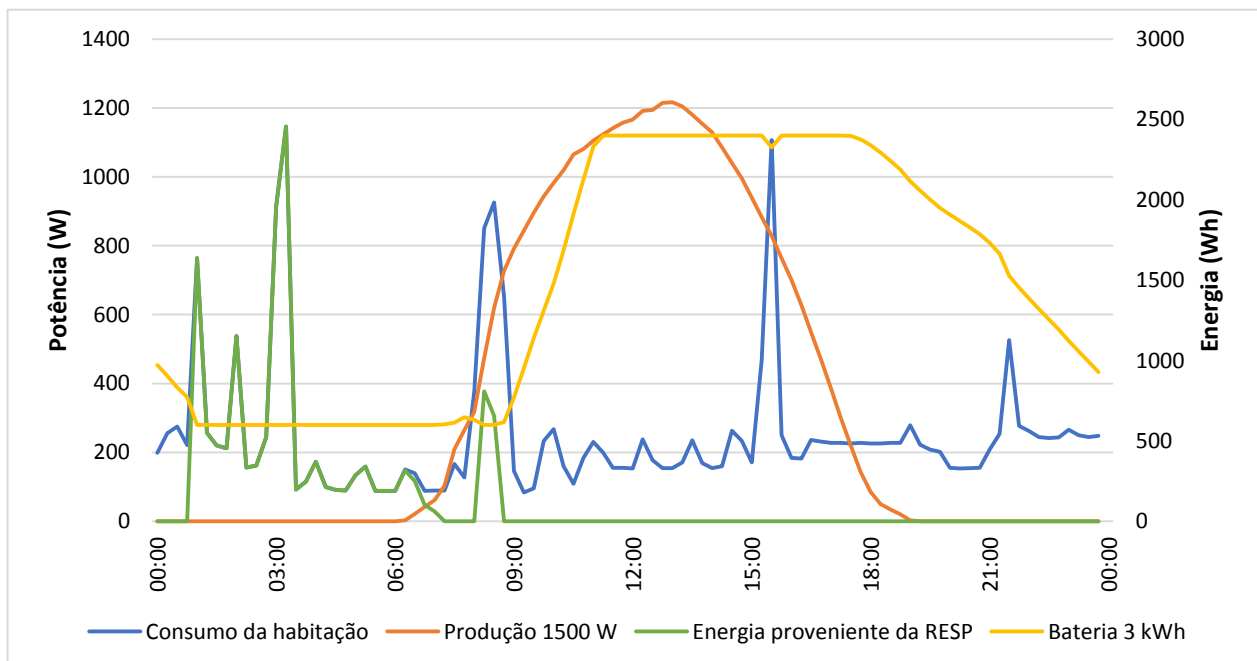


Figura F.84- Dados relativos a um dia da semana representativa do Verão (1500 W + 3000 Wh)



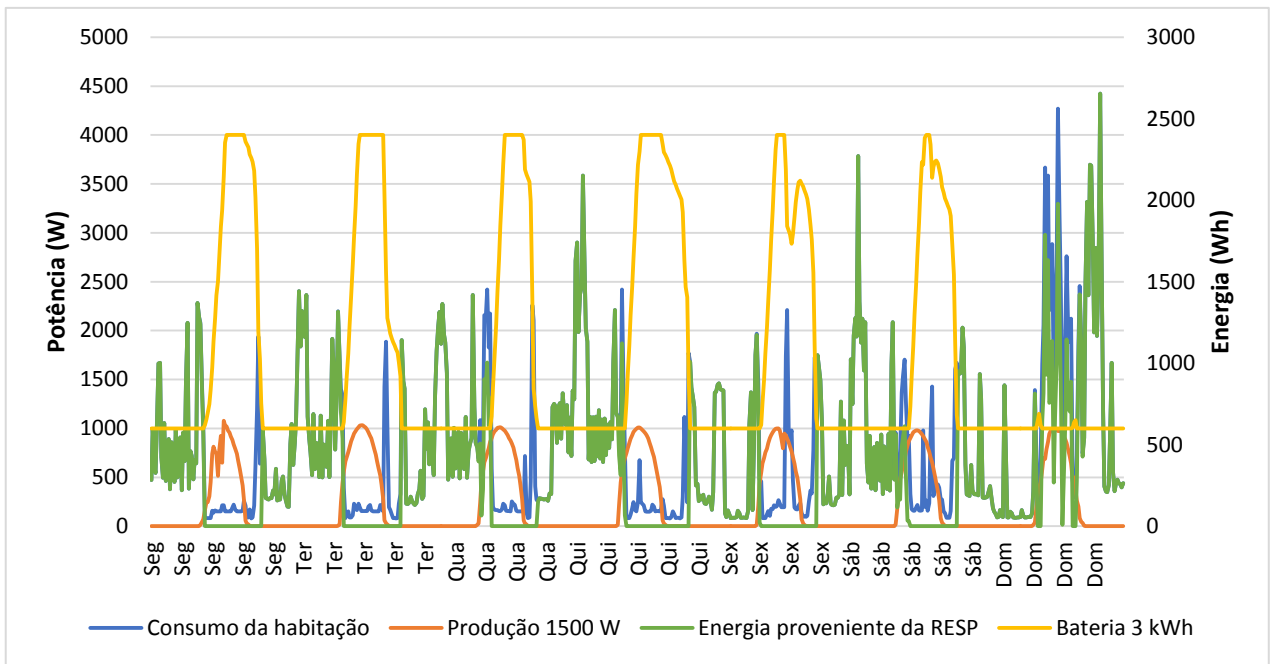


Figura F.85- Dados relativos à semana representativa do Inverno (1500 W + 3000 Wh)

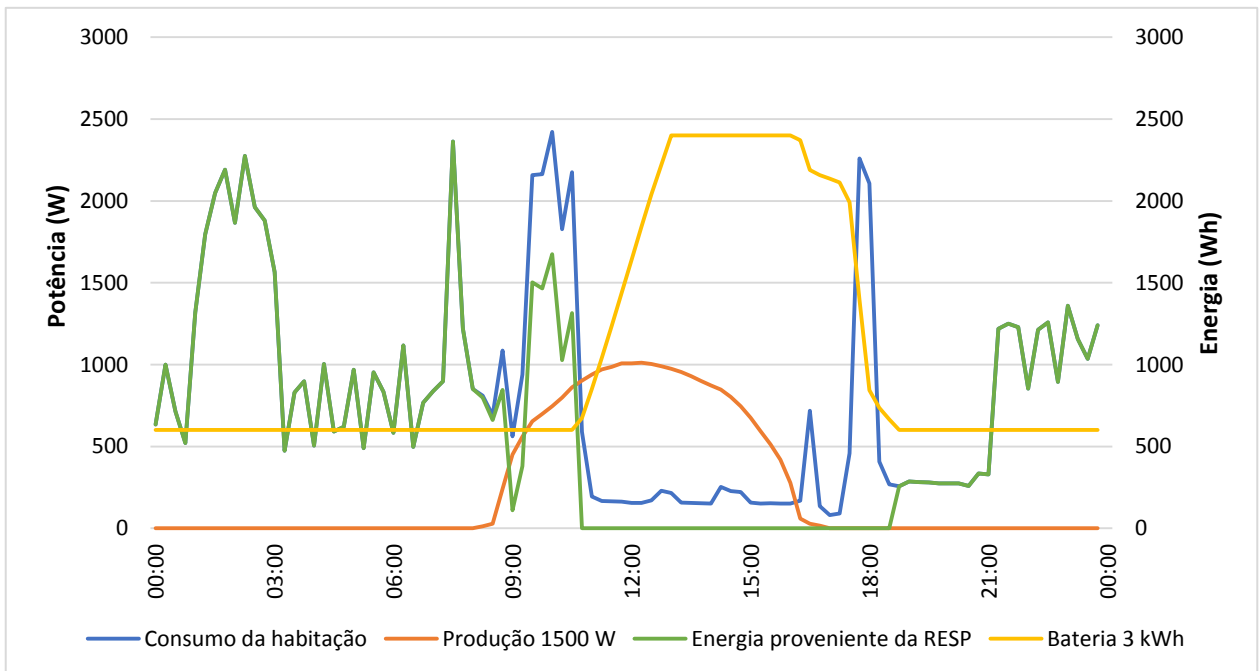


Figura F.86- Dados relativos a um dia da semana representativa do Inverno (1500 W + 3000 Wh)

## 750 W + 4000 Wh

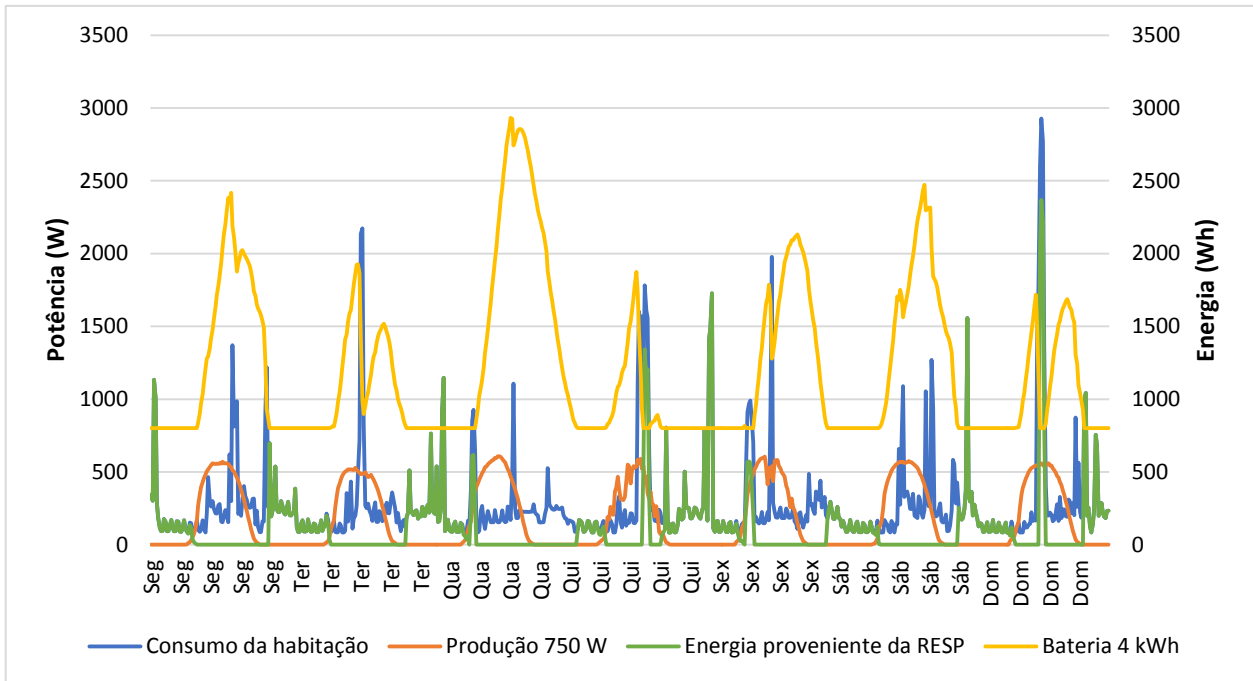


Figura F.87- Dados relativos à semana representativa do Verão (750 W + 4000 Wh)

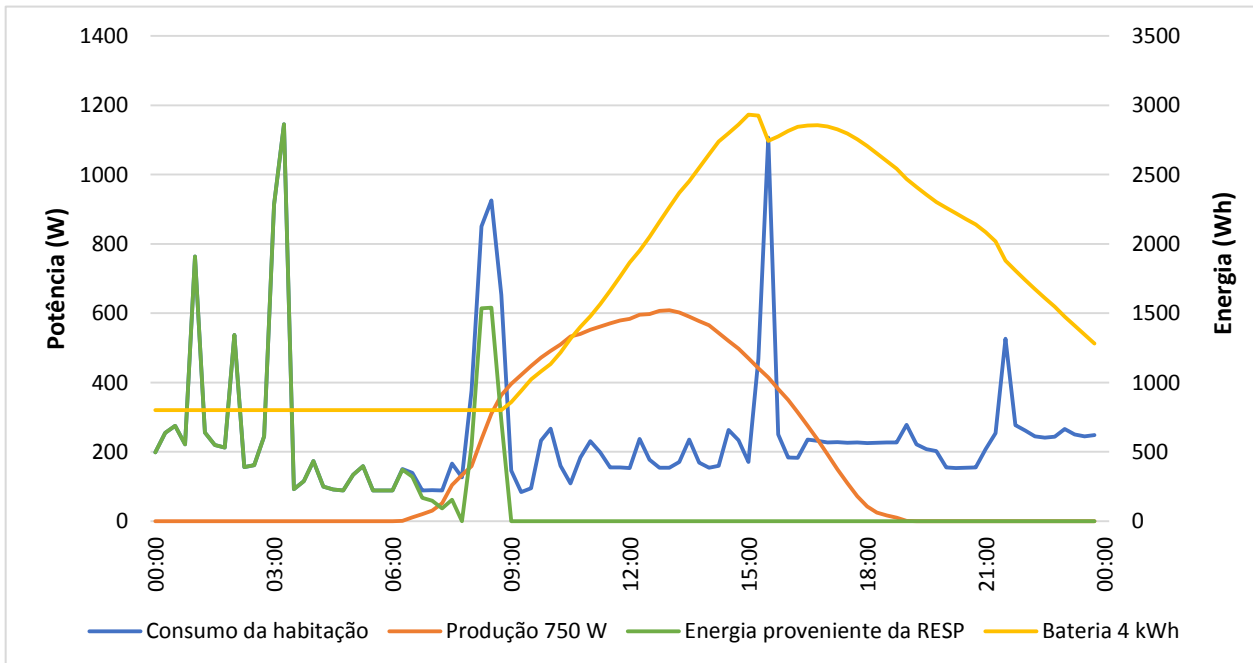


Figura F.88- Dados relativos a um dia da semana representativa do Verão (750 W + 4000 Wh)

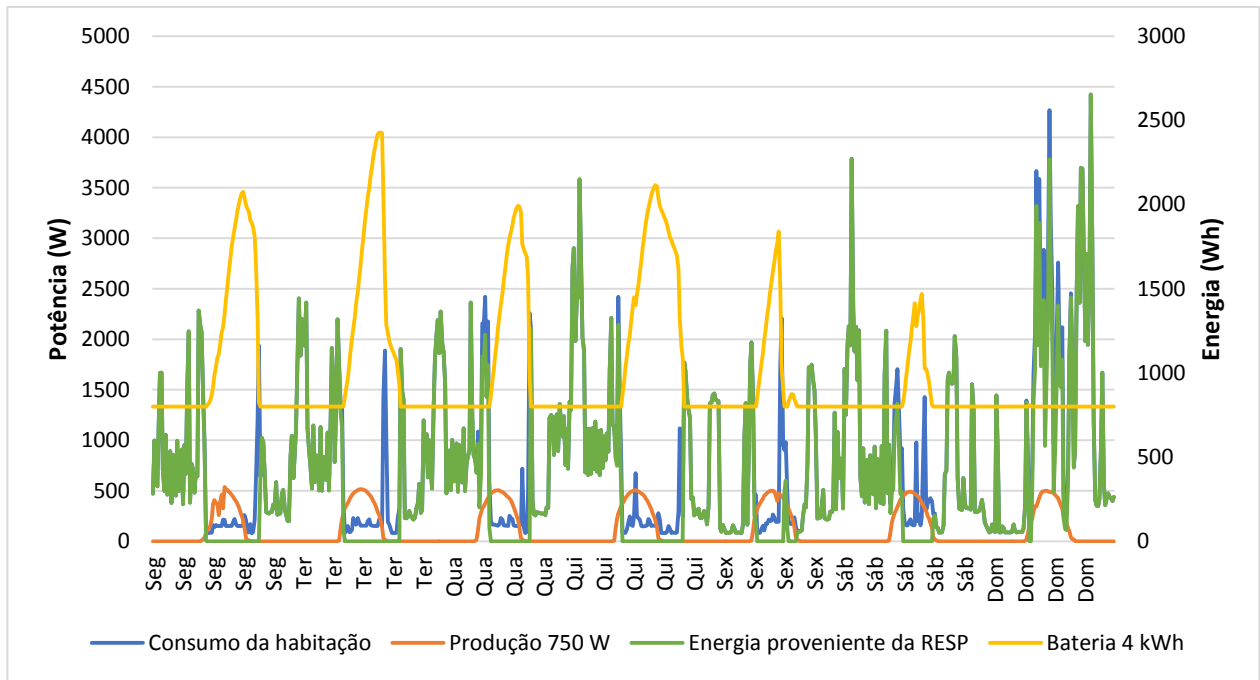


Figura F.89- Dados relativos à semana representativa do Inverno (750 W + 4000 Wh)

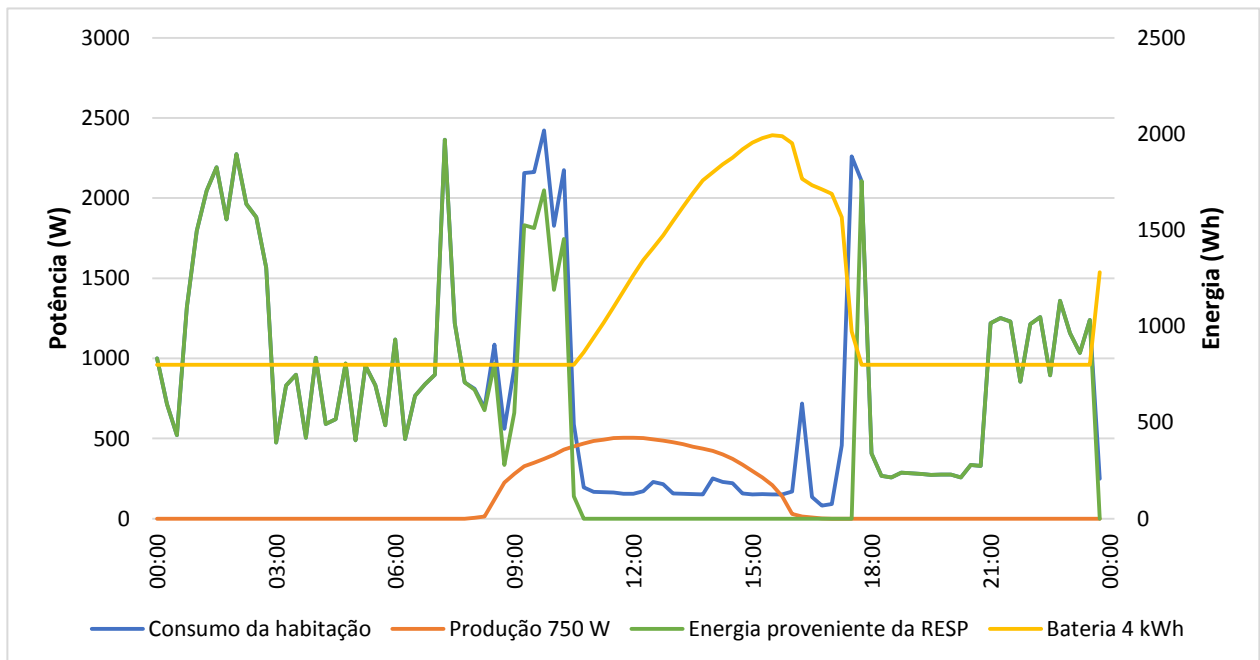


Figura F.90- Dados relativos a um dia da semana representativa do Inverno (750 W + 4000 Wh)

## 1250 W + 4000 Wh

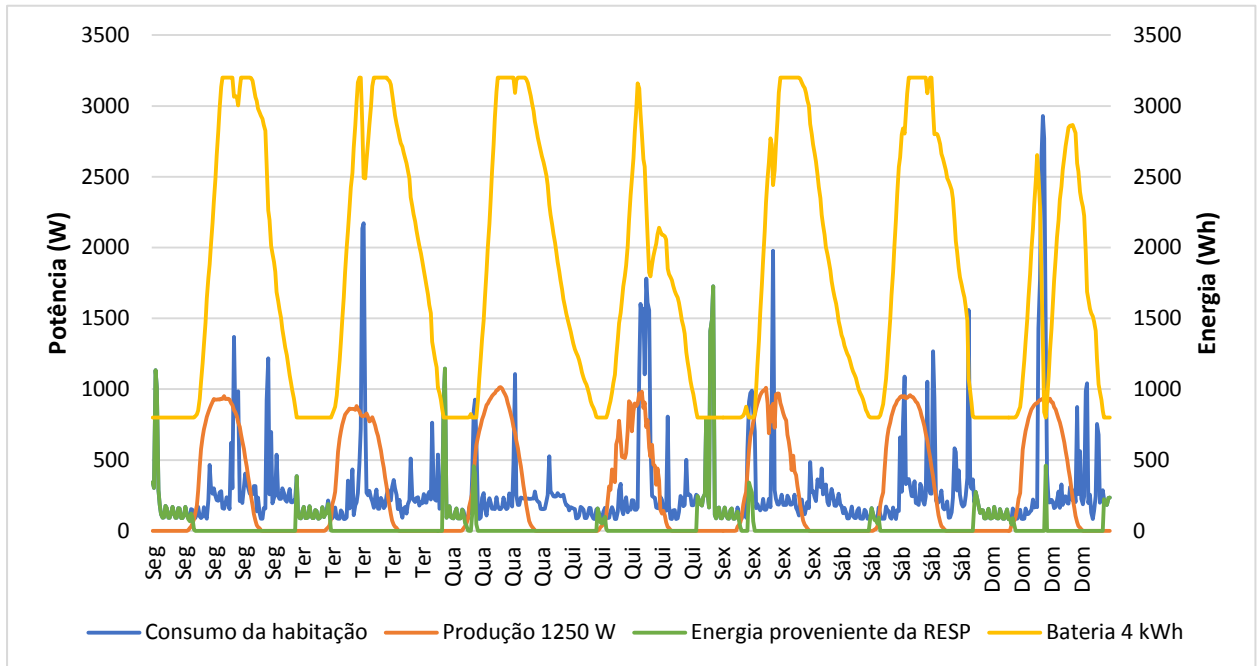


Figura F.91- Dados relativos à semana representativa do Verão (1250 W + 4000 Wh)

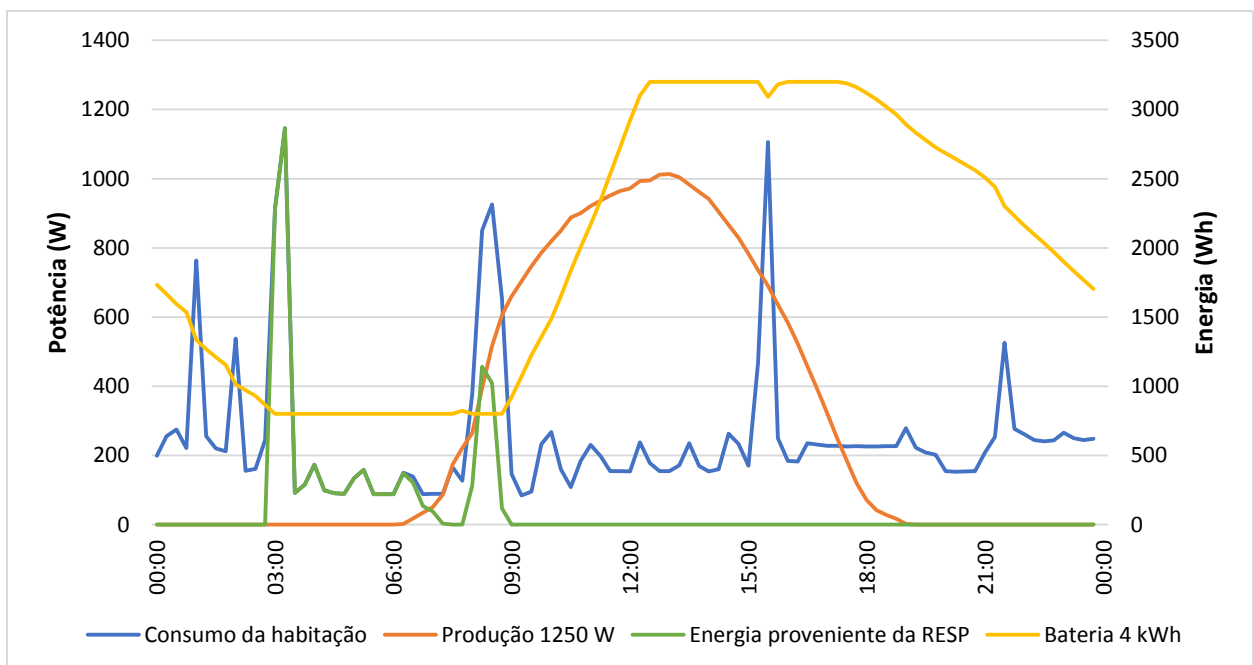


Figura F.92- Dados relativos a um dia da semana representativa do Verão (1250 W + 4000 Wh)

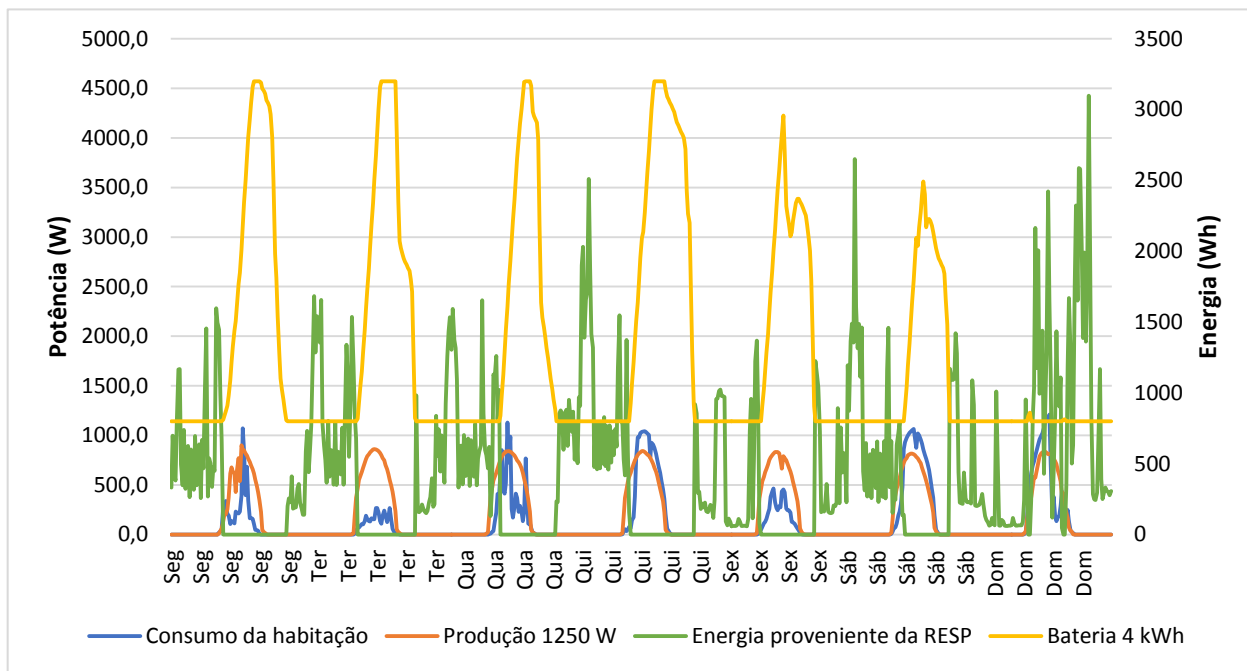


Figura F.93- Dados relativos à semana representativa do Inverno (1250 W + 4000 Wh)

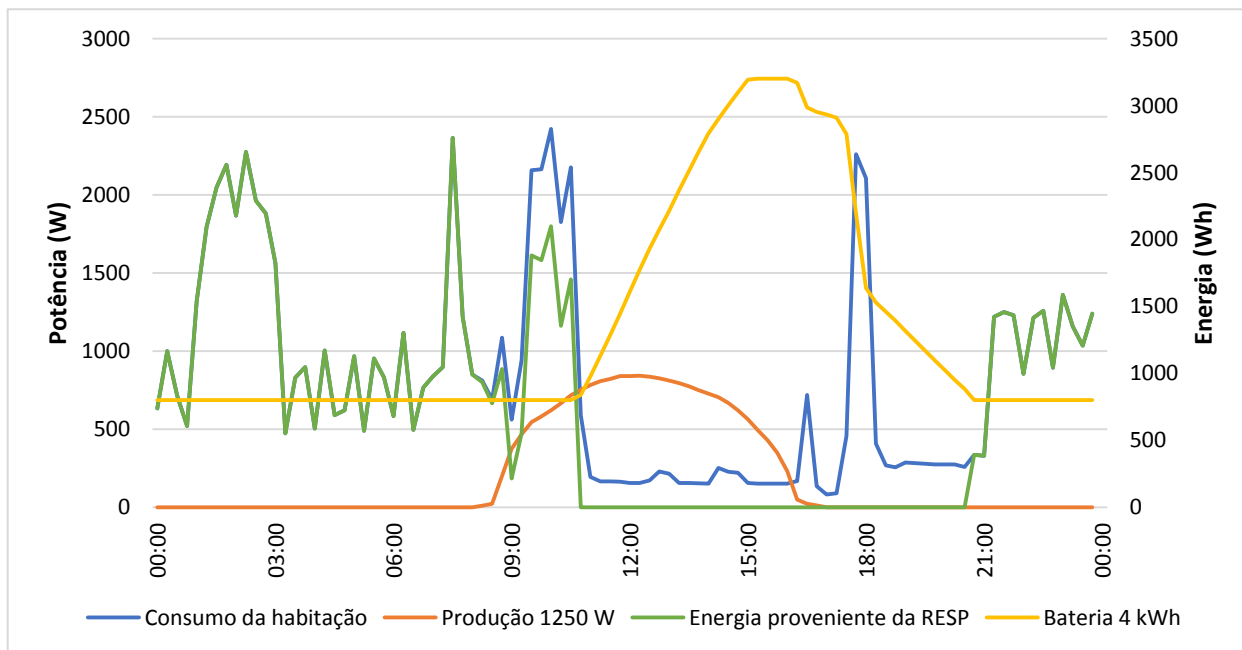


Figura F.94- Dados relativos a um dia da semana representativa do Inverno (1250 W + 4000 Wh)

## 1500 W + 4000 Wh

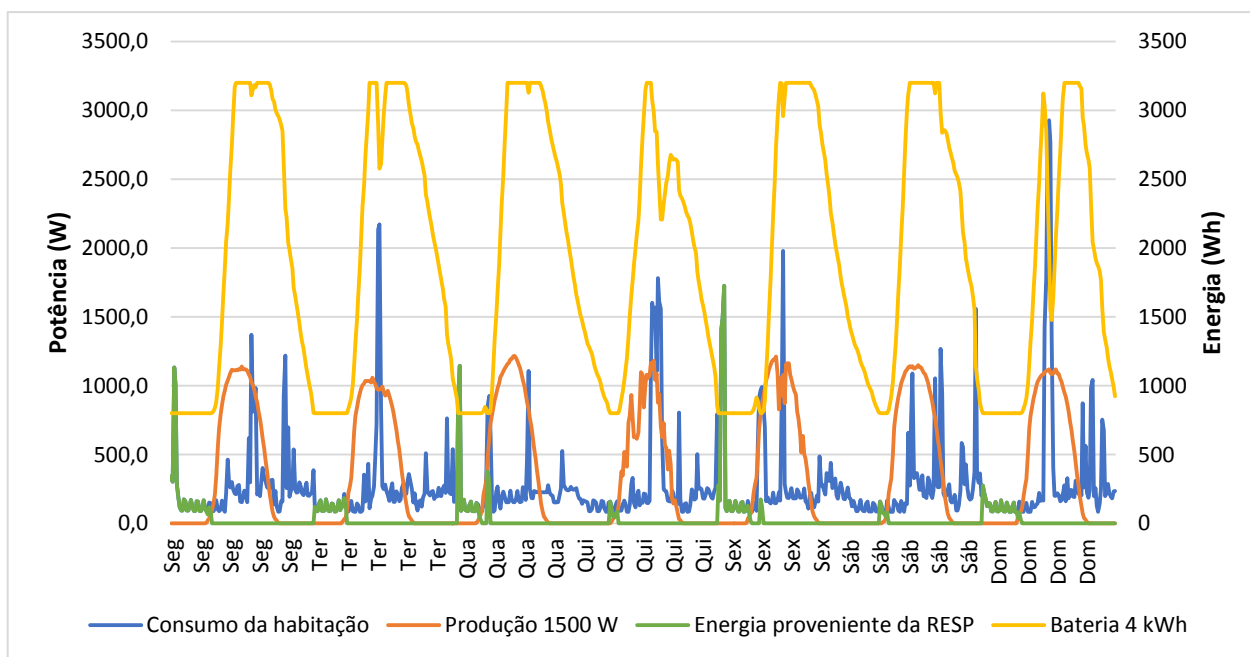


Figura F.95- Dados relativos à semana representativa do Verão (1500 W + 4000 Wh)

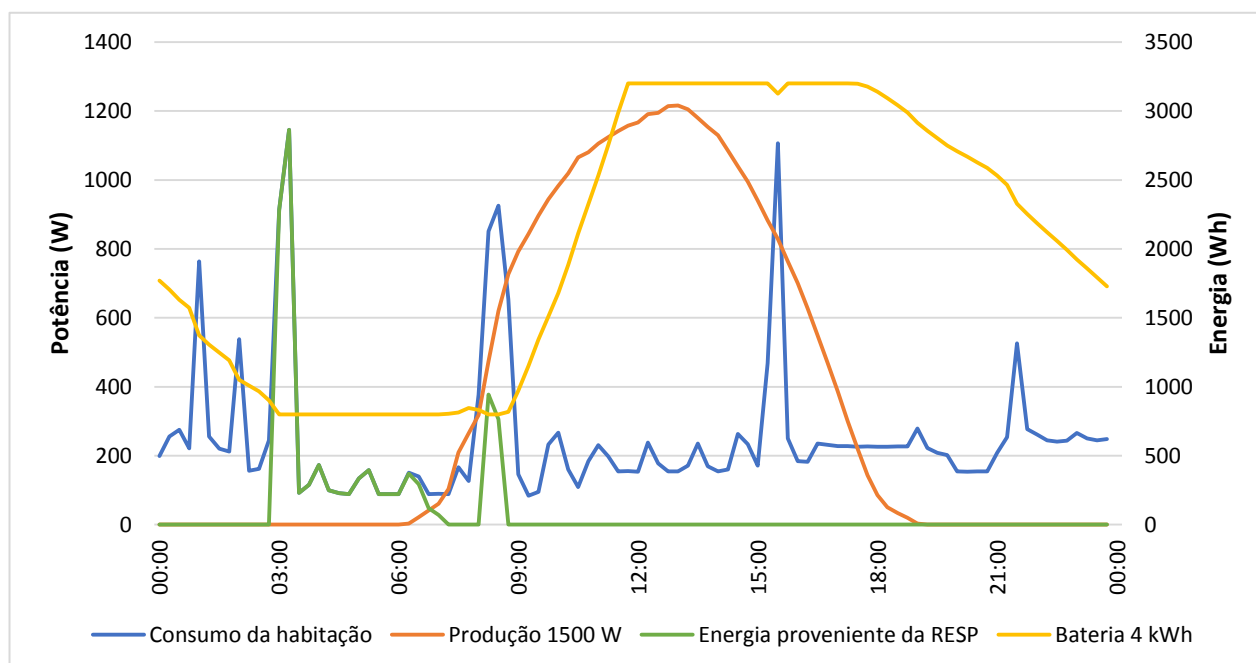


Figura F.96- Dados relativos a um dia da semana representativa do Verão (1500 W + 4000 Wh)

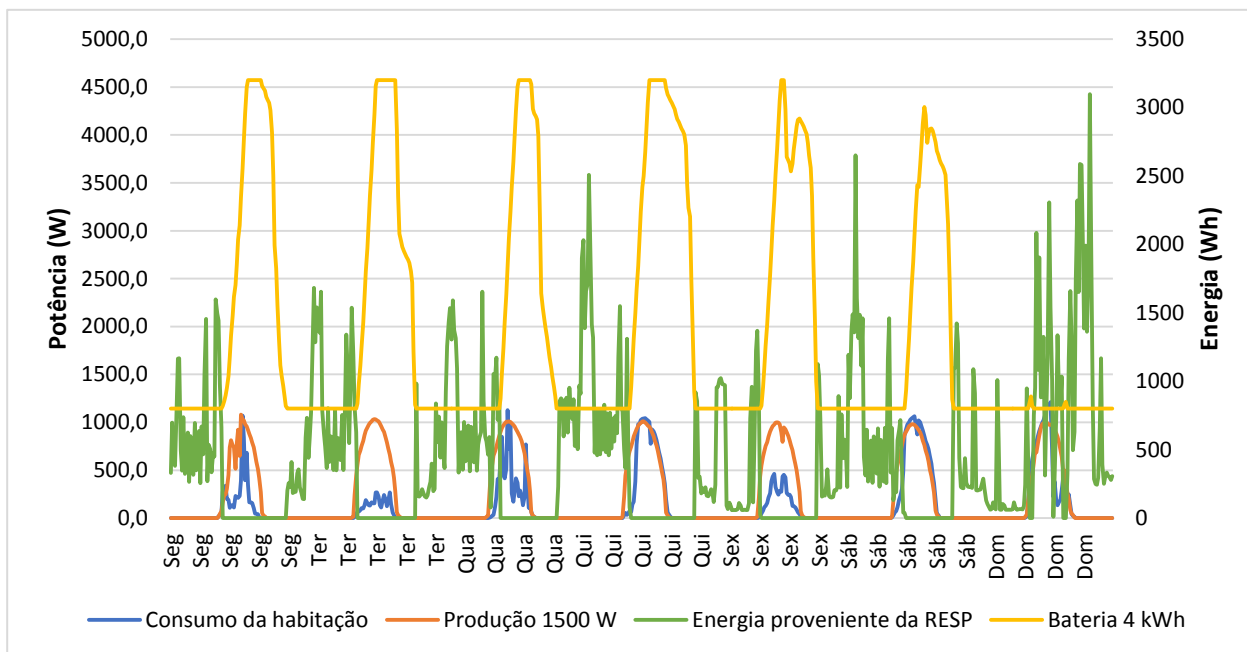


Figura F.97- Dados relativos à semana representativa do Inverno (1500 W + 4000 Wh)

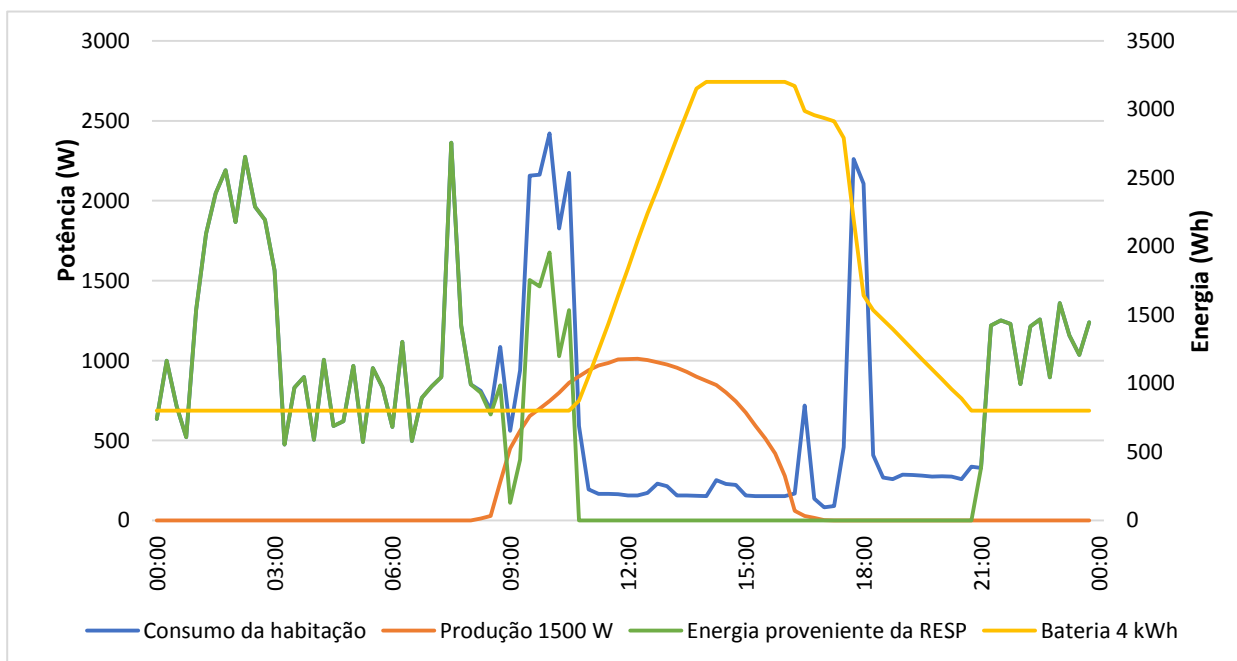


Figura F.98- Dados relativos a um dia da semana representativa do Inverno (1500 W + 4000 Wh)

## 750 W + 5000 Wh

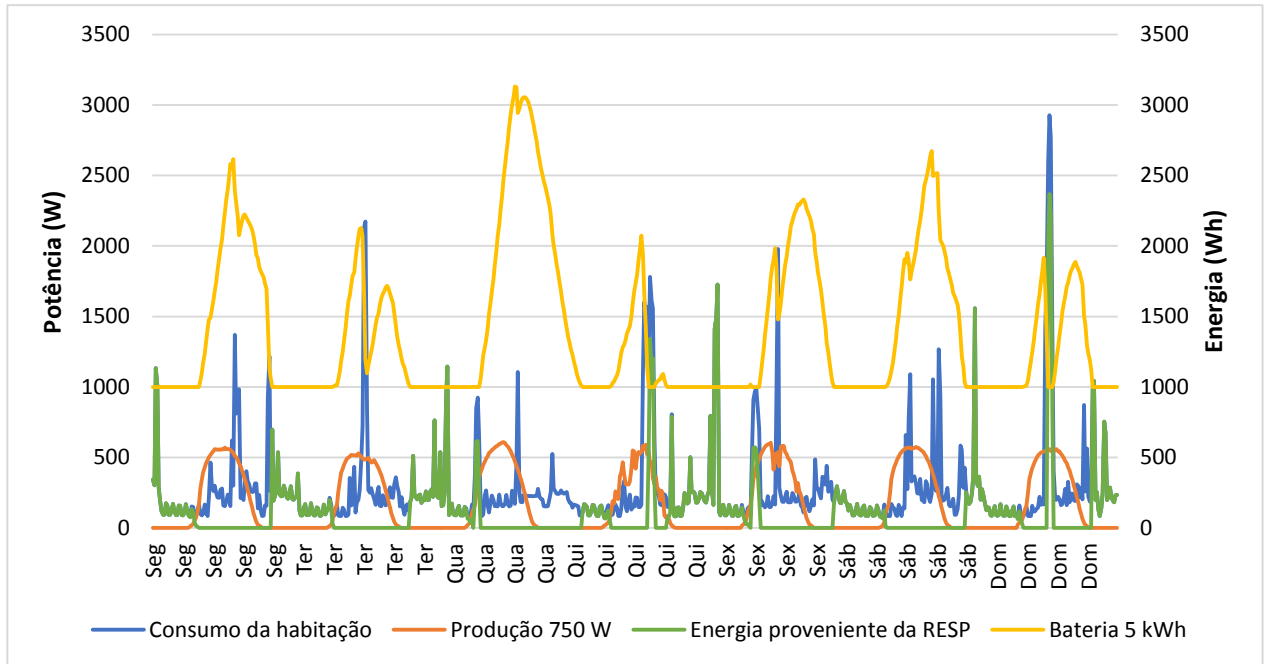


Figura F.99- Dados relativos à semana representativa do Verão (750 W + 5000 Wh)

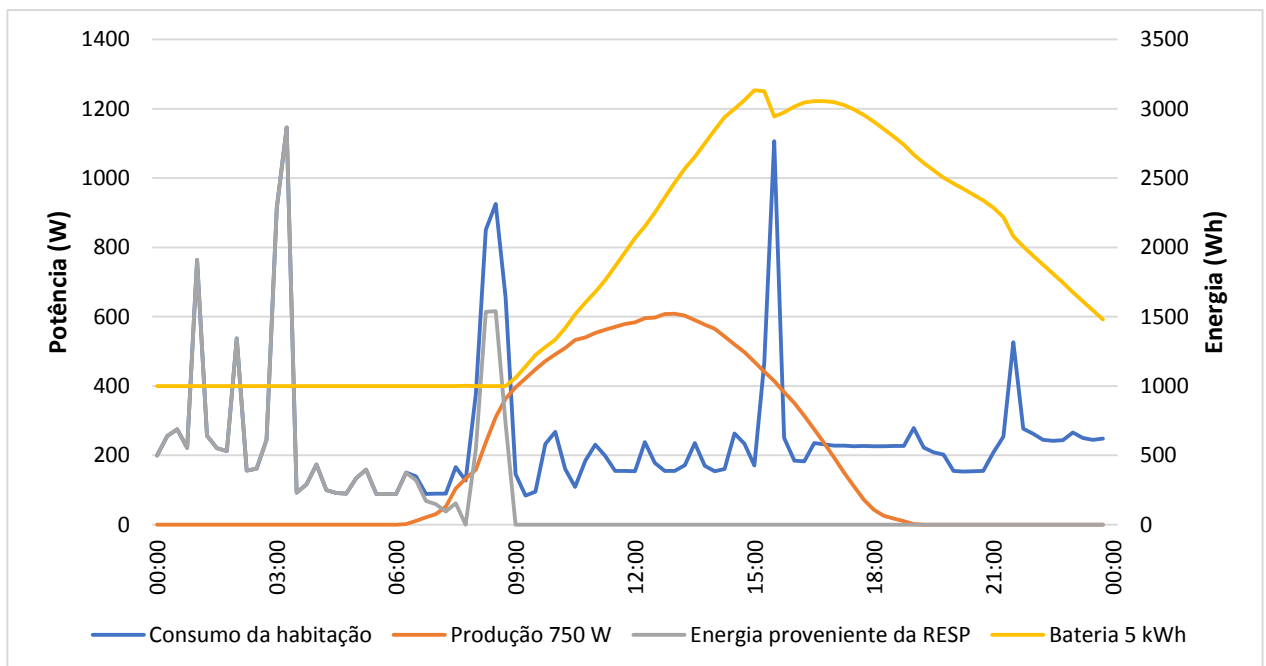


Figura F.100- Dados relativos a um dia da semana representativa do Verão (750 W + 5000 Wh)



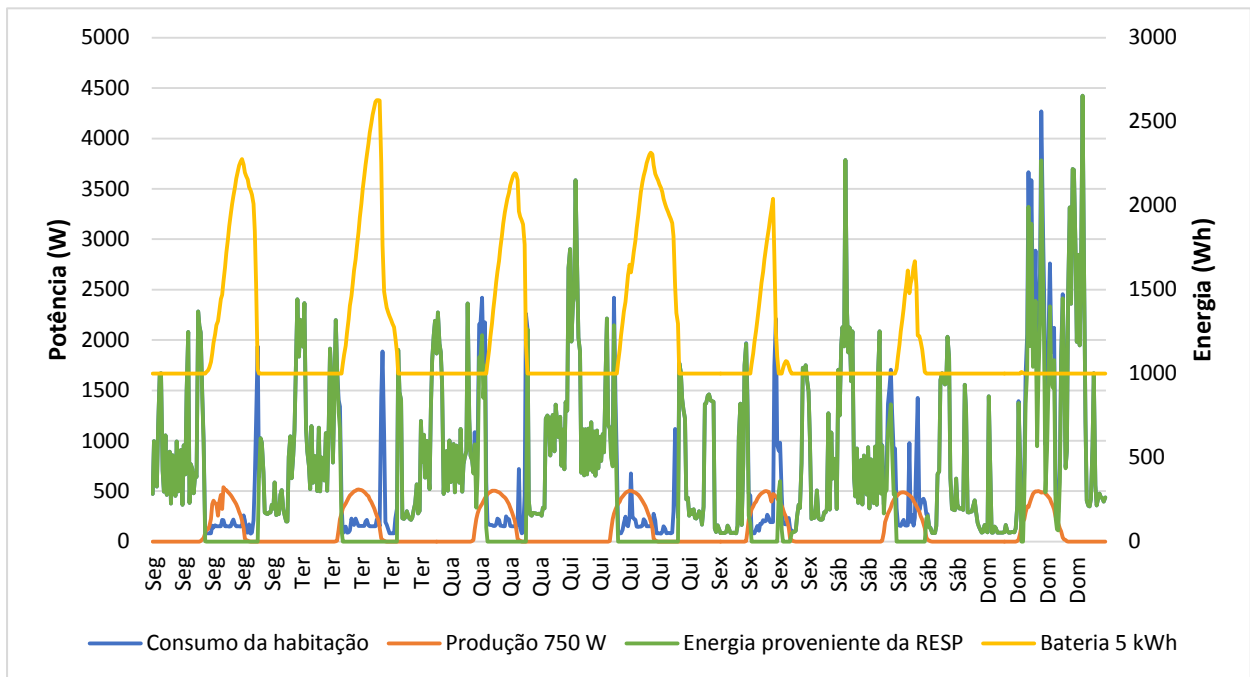


Figura F.101- Dados relativos à semana representativa do Inverno (750 W + 5000 Wh)

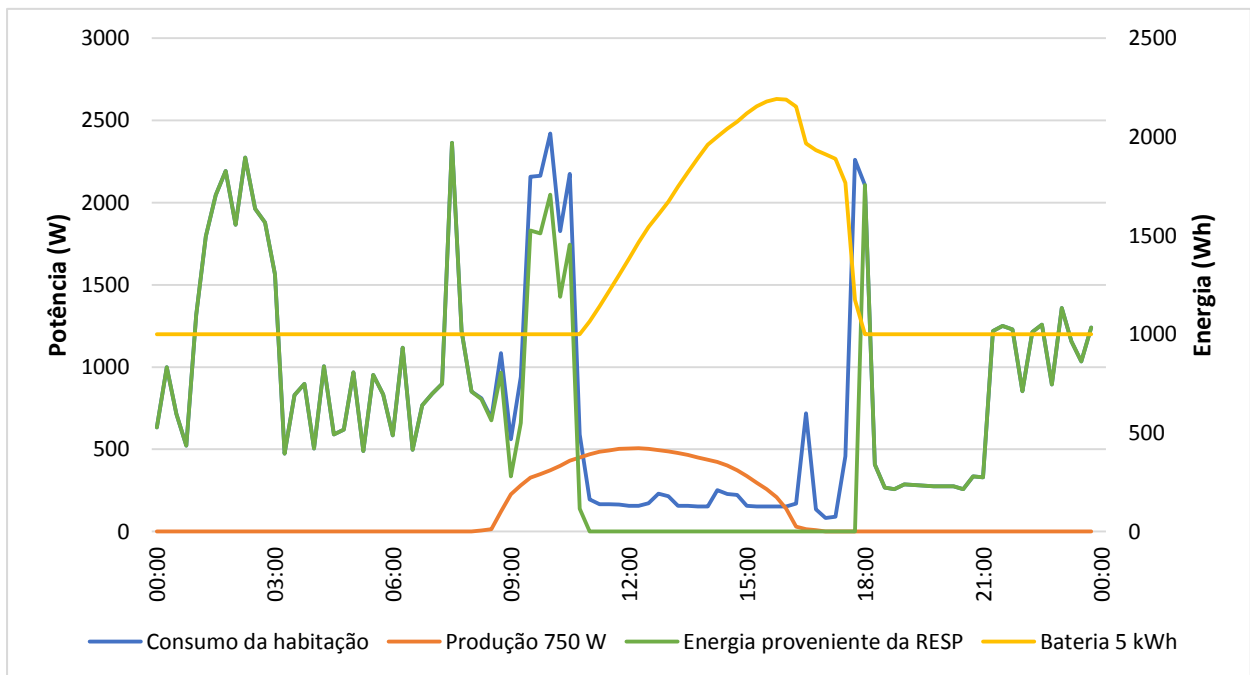


Figura F.102- Dados relativos a um dia da semana representativa do Inverno (750 W + 5000 Wh)

## 1000 W + 5000 Wh

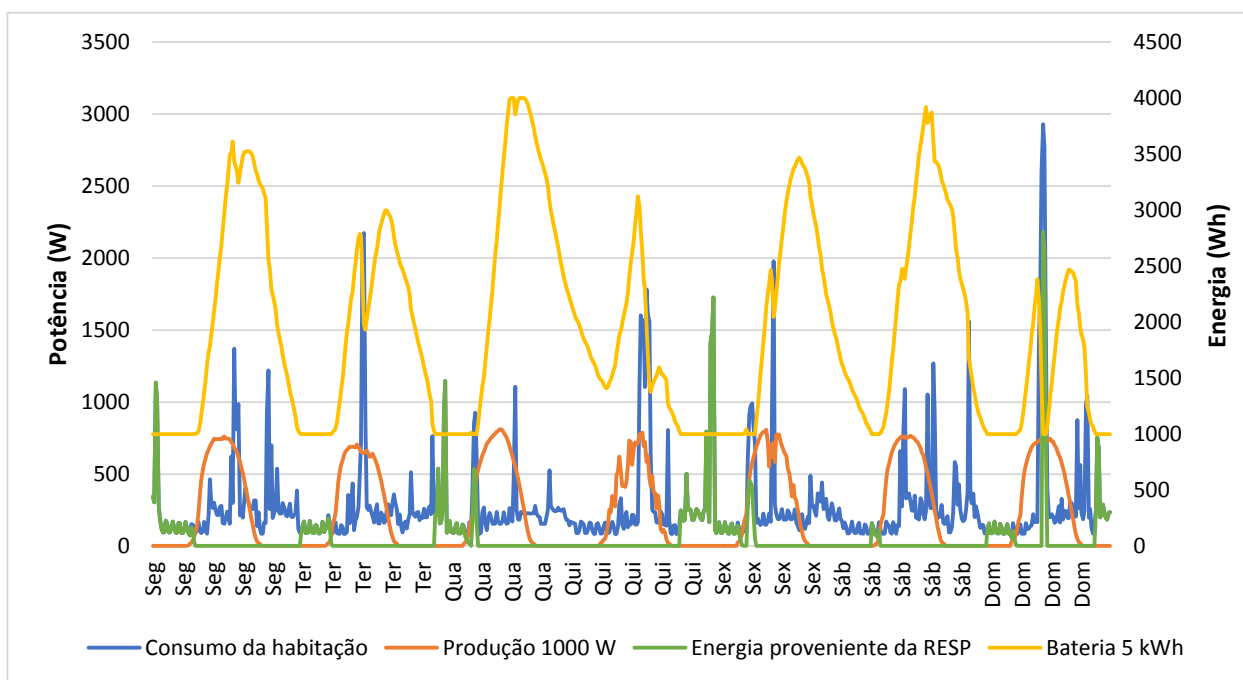


Figura F.103- Dados relativos à semana representativa do Verão (1000 W + 5000 Wh)

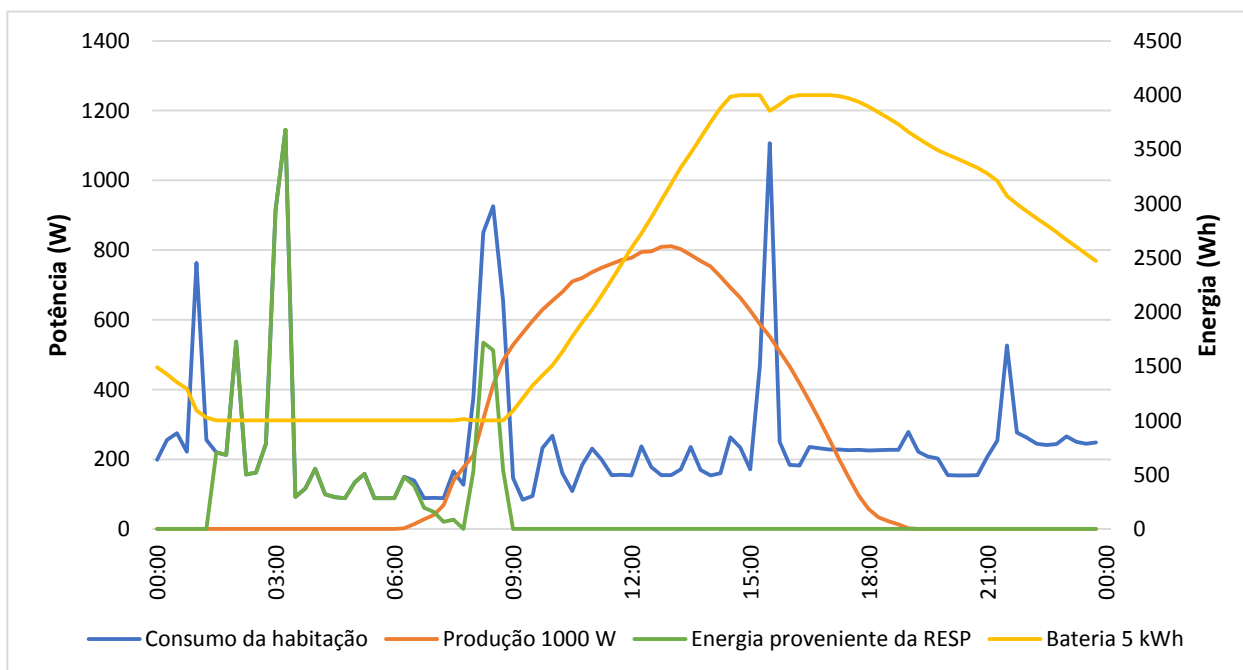


Figura F.104- Dados relativos a um dia da semana representativa do Verão (1000 W + 5000 Wh)

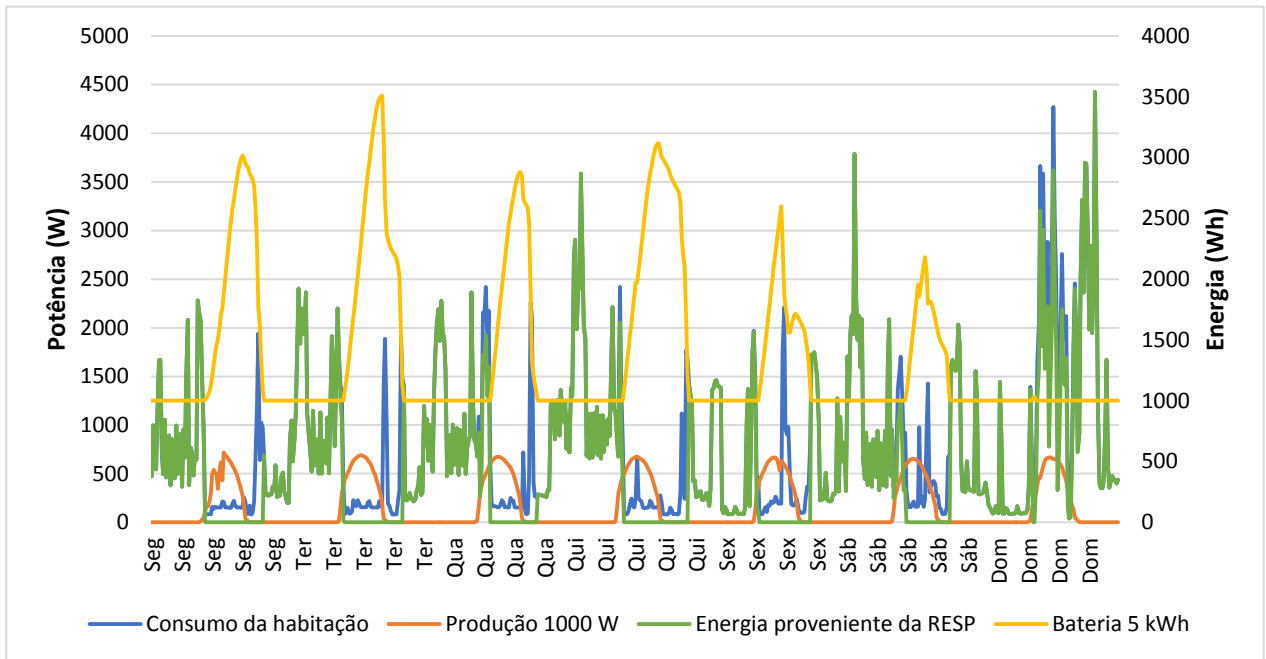


Figura F.105- Dados relativos à semana representativa do Inverno (1000 W + 5000 Wh)

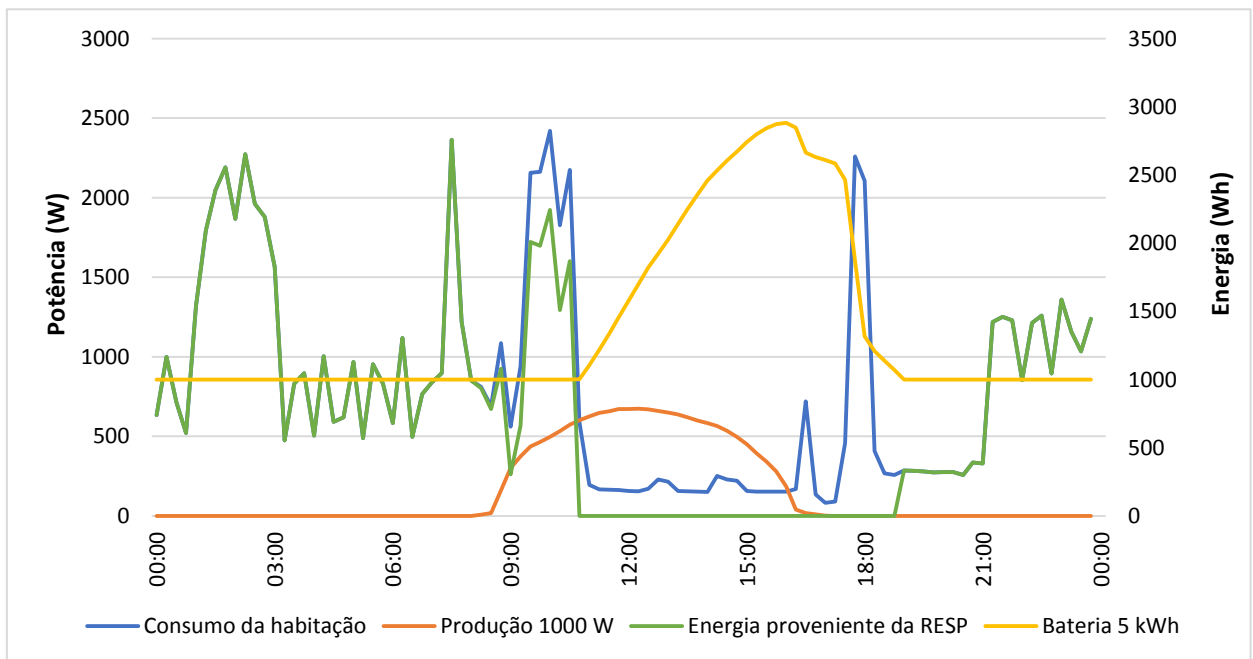


Figura F.106- Dados relativos a um dia da semana representativa do Inverno (1000 W + 5000 Wh)

## 1500 W + 5000 Wh

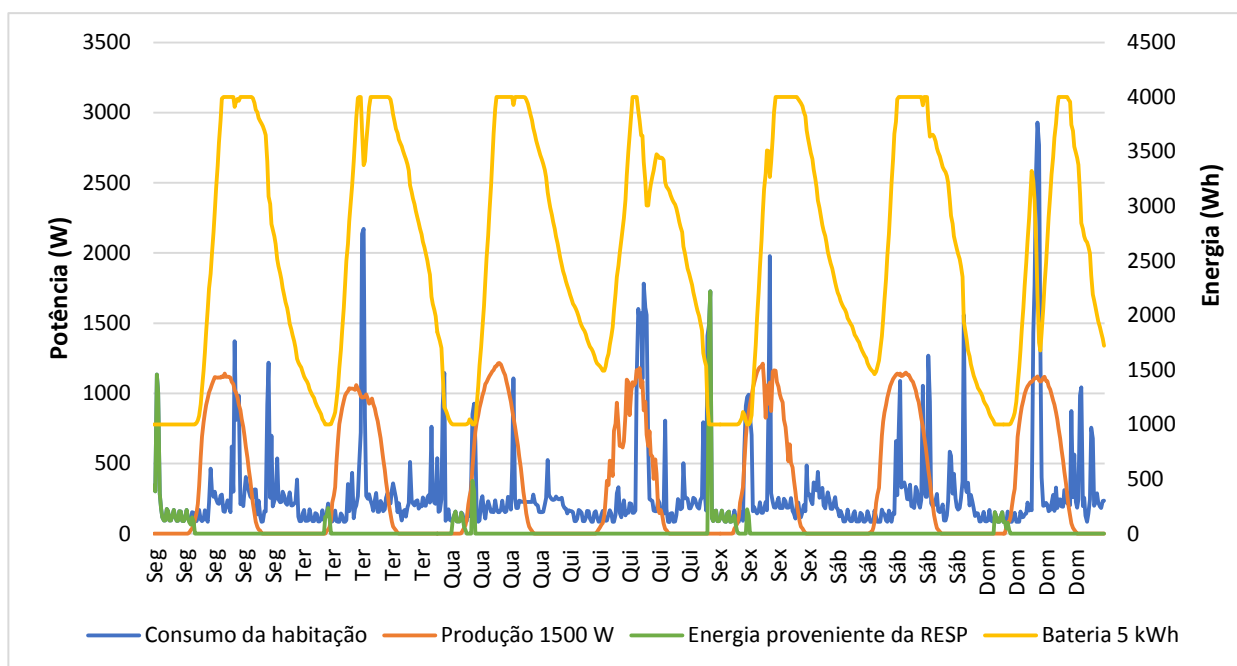


Figura F.107- Dados relativos à semana representativa do Verão (1500 W + 5000 Wh)

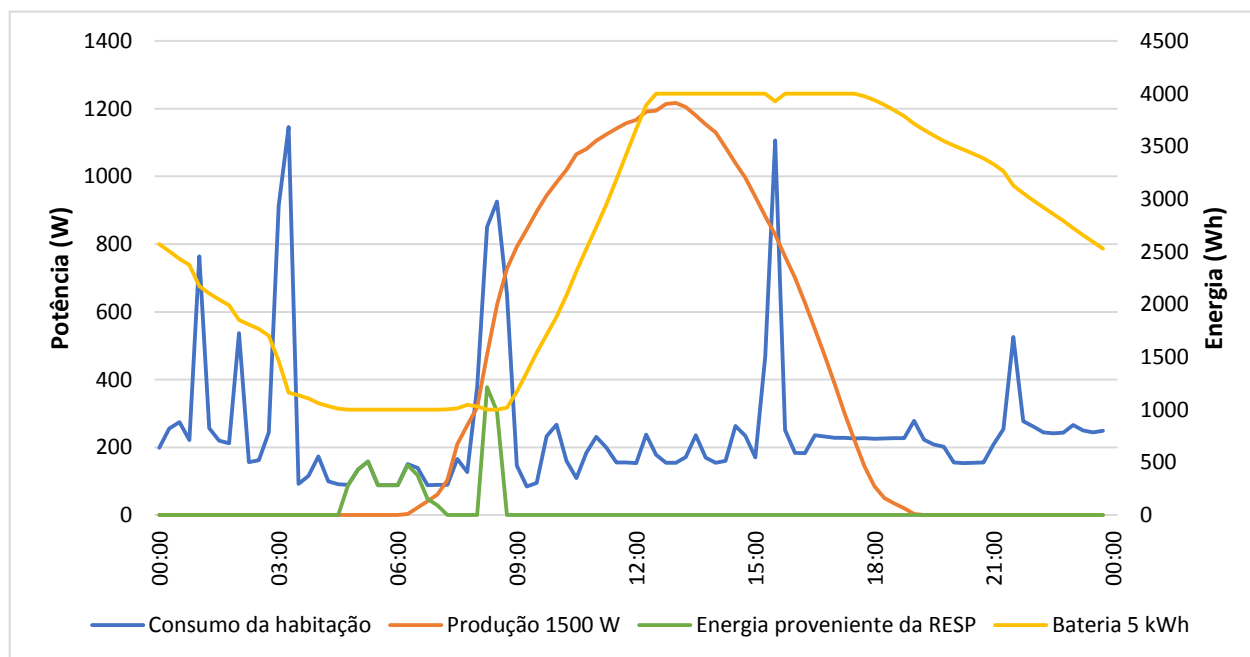


Figura F.108- Dados relativos a um dia da semana representativa do Verão (1500 W + 5000 Wh)

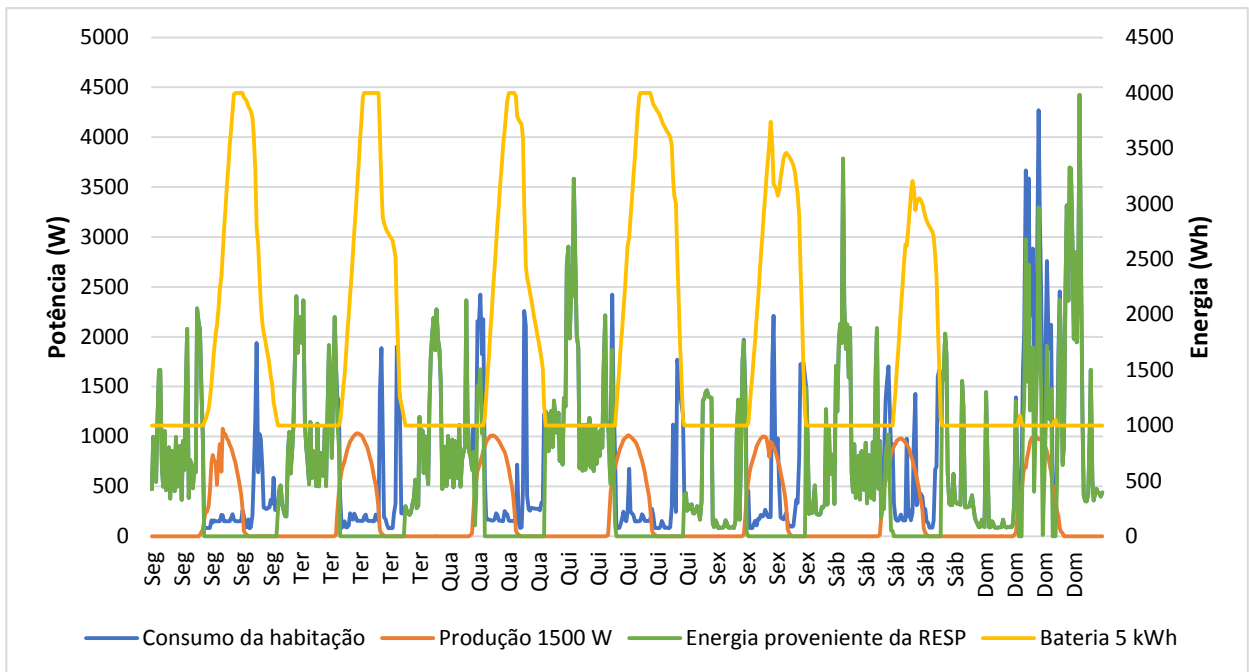


Figura F.109- Dados relativos à semana representativa do Inverno (1500 W + 5000 Wh)

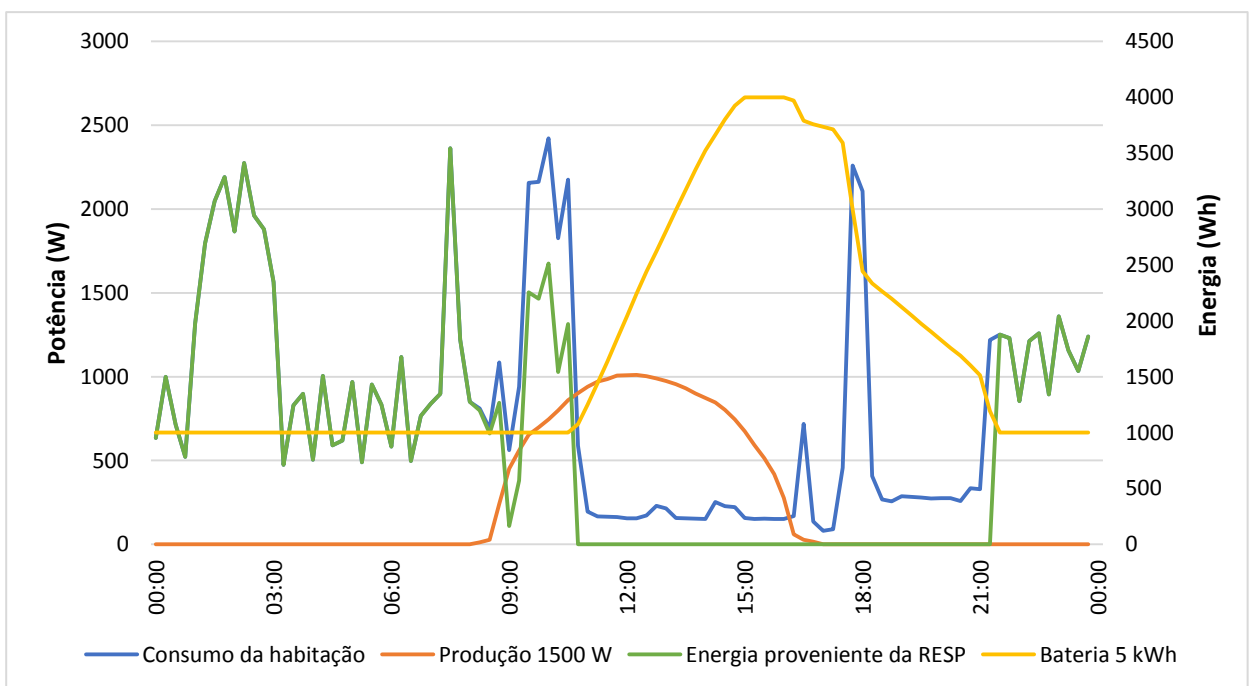


Figura F.110- Dados relativos a um dia da semana representativa do Inverno (1500 W + 5000 Wh)

## 1000 W + 6000 Wh

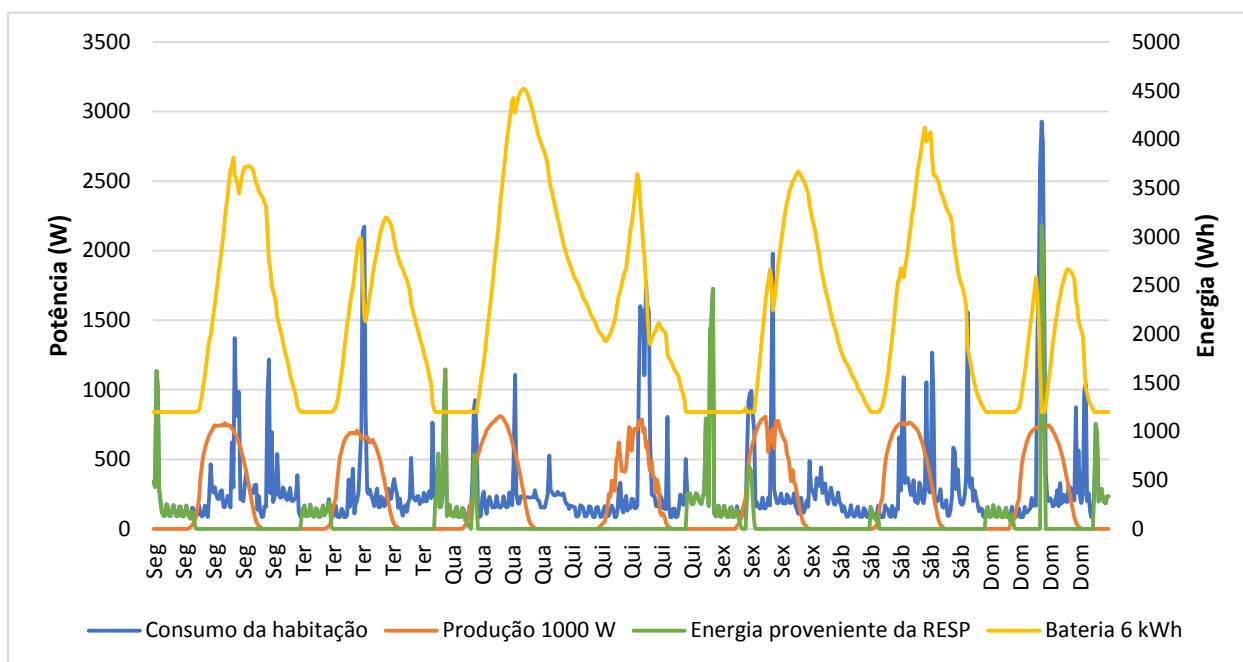


Figura F.111- Dados relativos à semana representativa do Verão (1000 W + 6000 Wh)

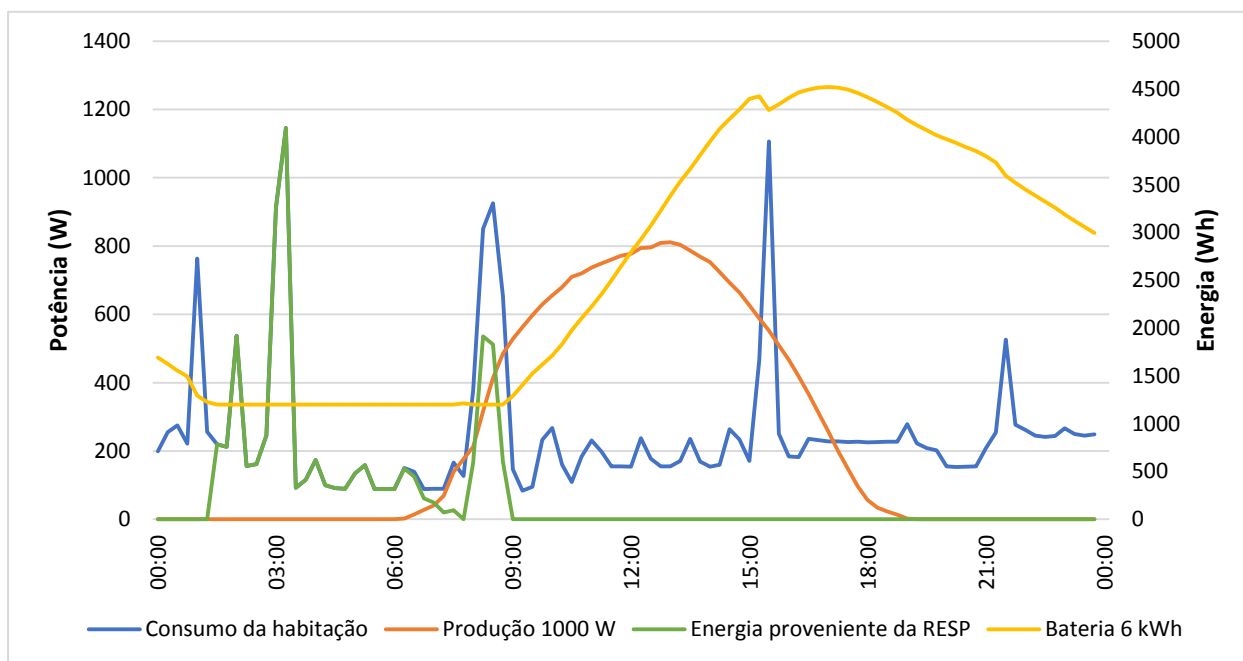


Figura F.112- Dados relativos a um dia da semana representativa do Verão (1000 W + 6000 Wh)

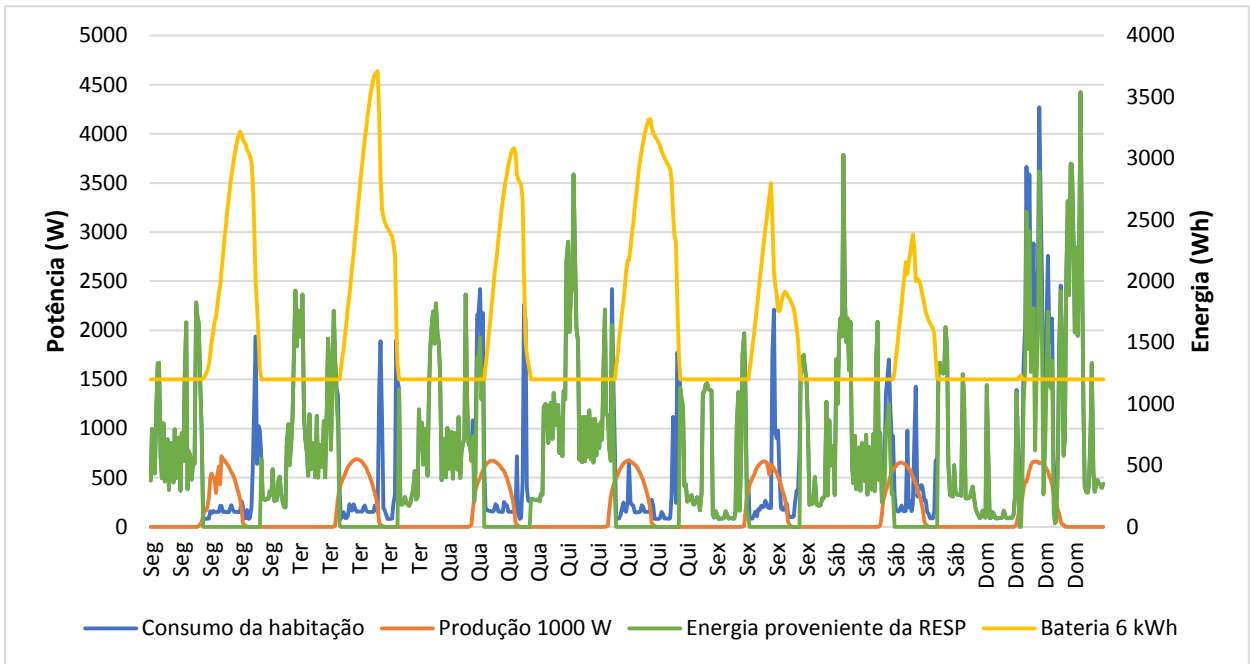


Figura F.113- Dados relativos à semana representativa do Inverno (1000 W + 6000 Wh)

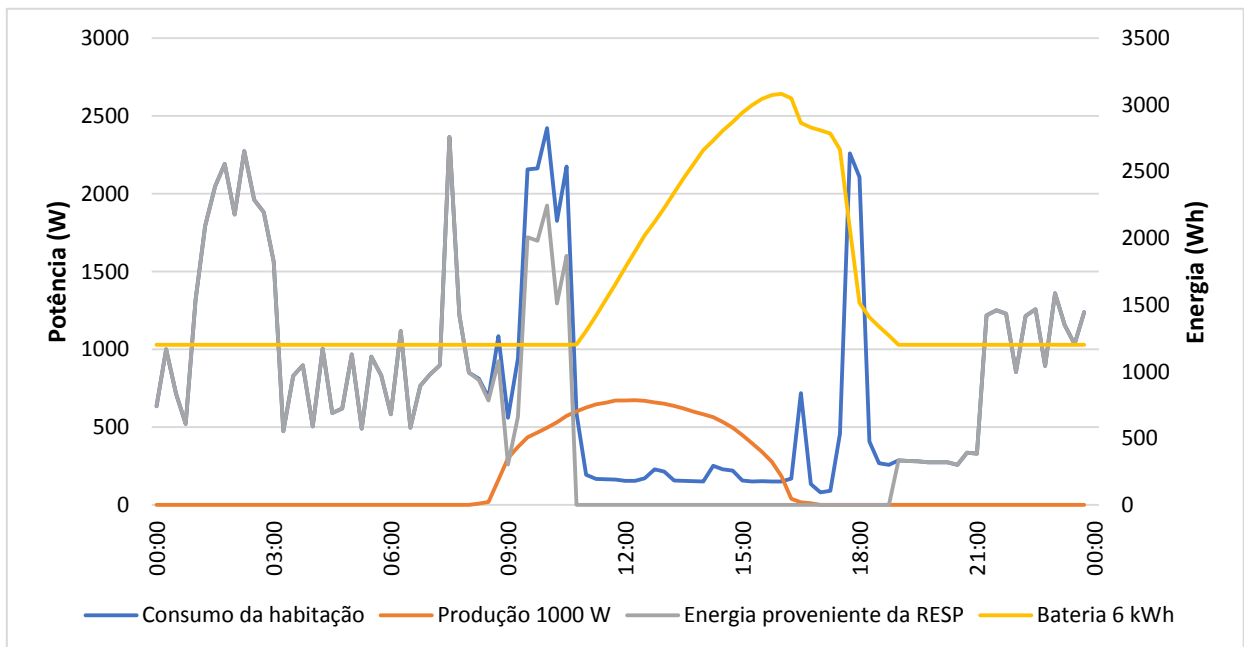


Figura F.114- Dados relativos a um dia da semana representativa do Inverno (1000 W + 6000 Wh)

## 1250 W + 6000 Wh

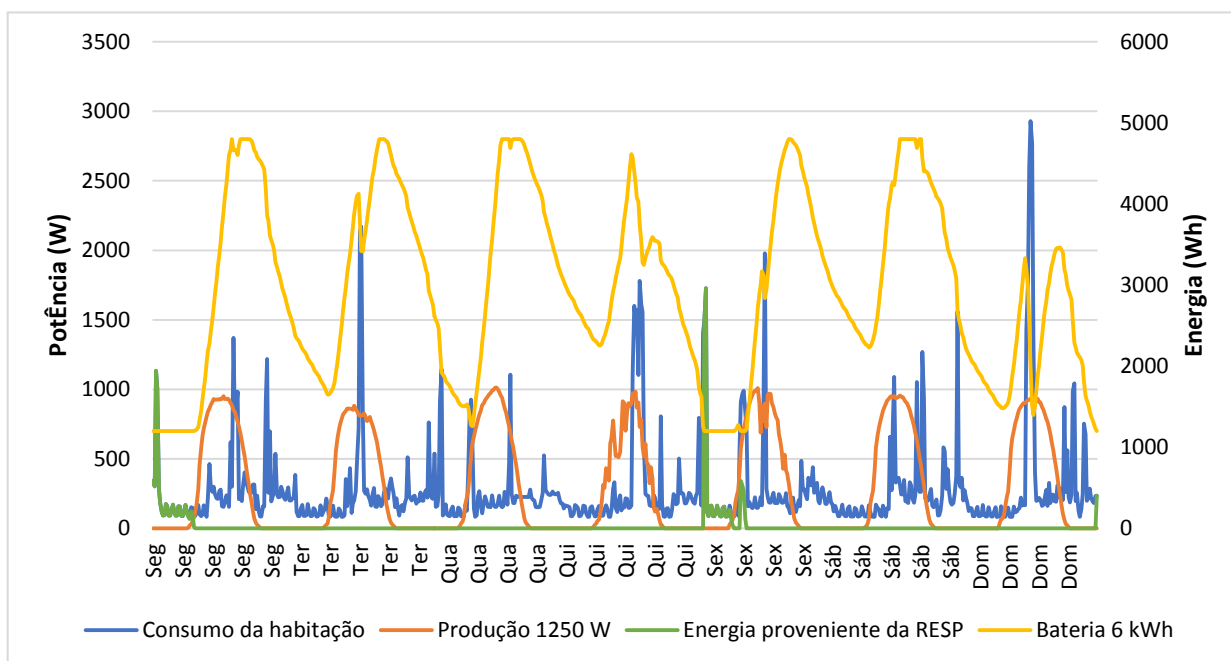


Figura F.115- Dados relativos à semana representativa do Verão (1250 W + 6000 Wh)

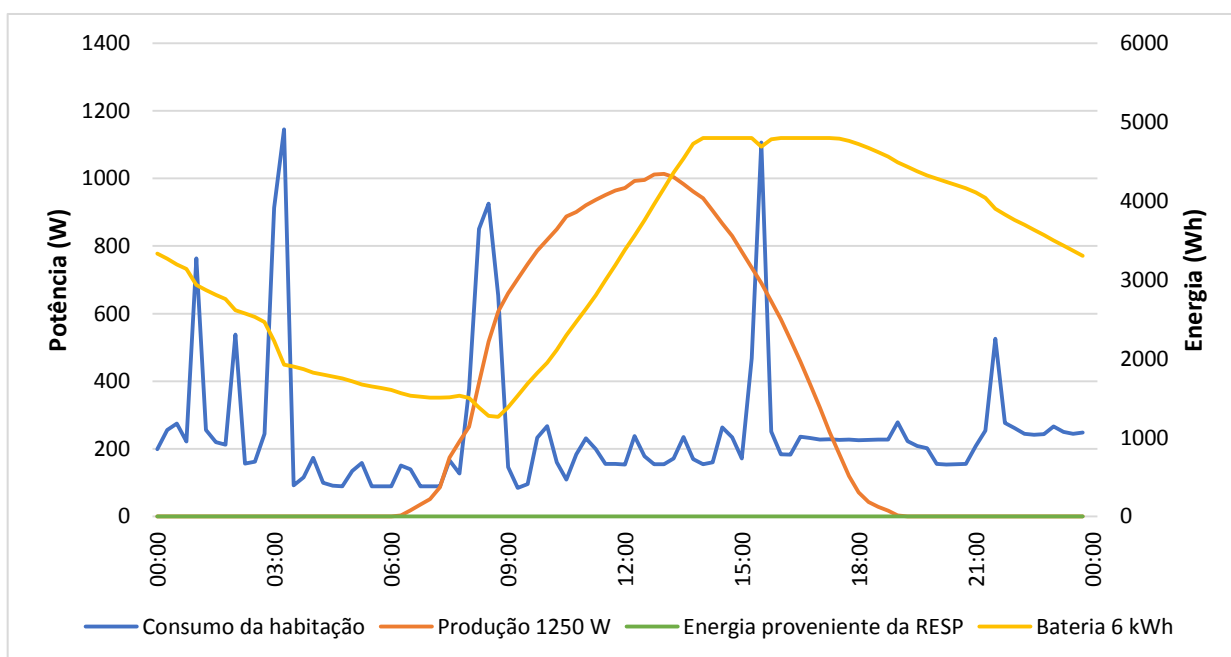


Figura F.116- Dados relativos a um dia da semana representativa do Verão (1250 W + 6000 Wh)



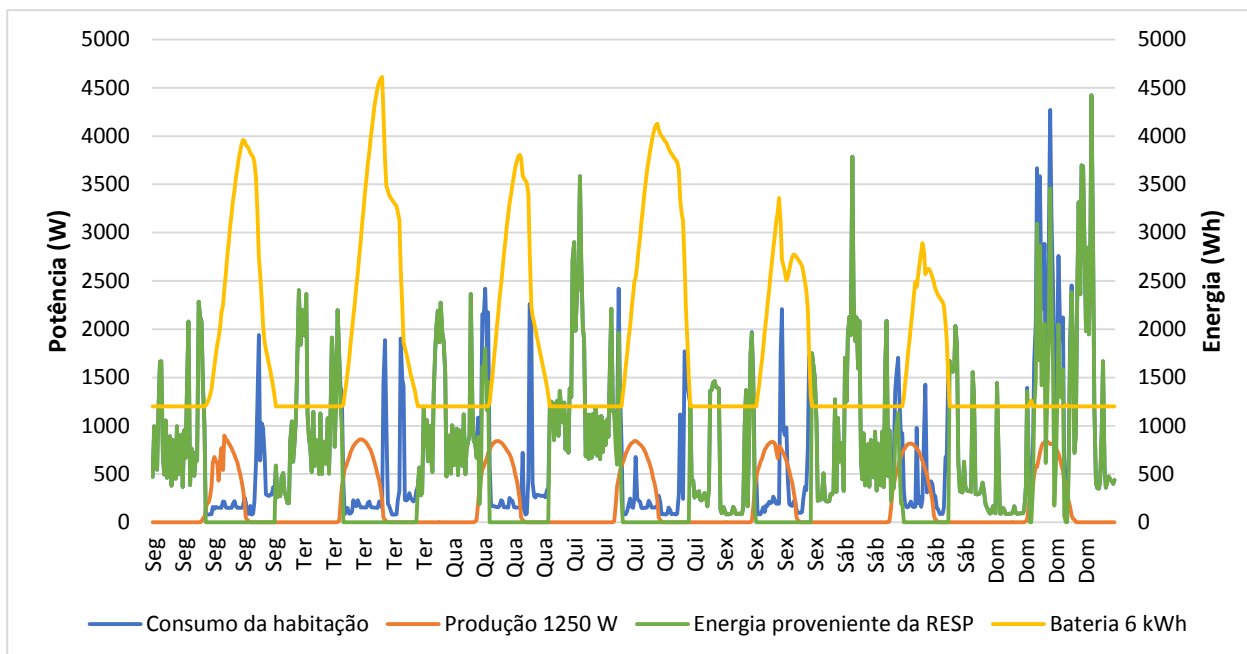


Figura F.117- Dados relativos à semana representativa do Inverno (1250 W + 6000 Wh)

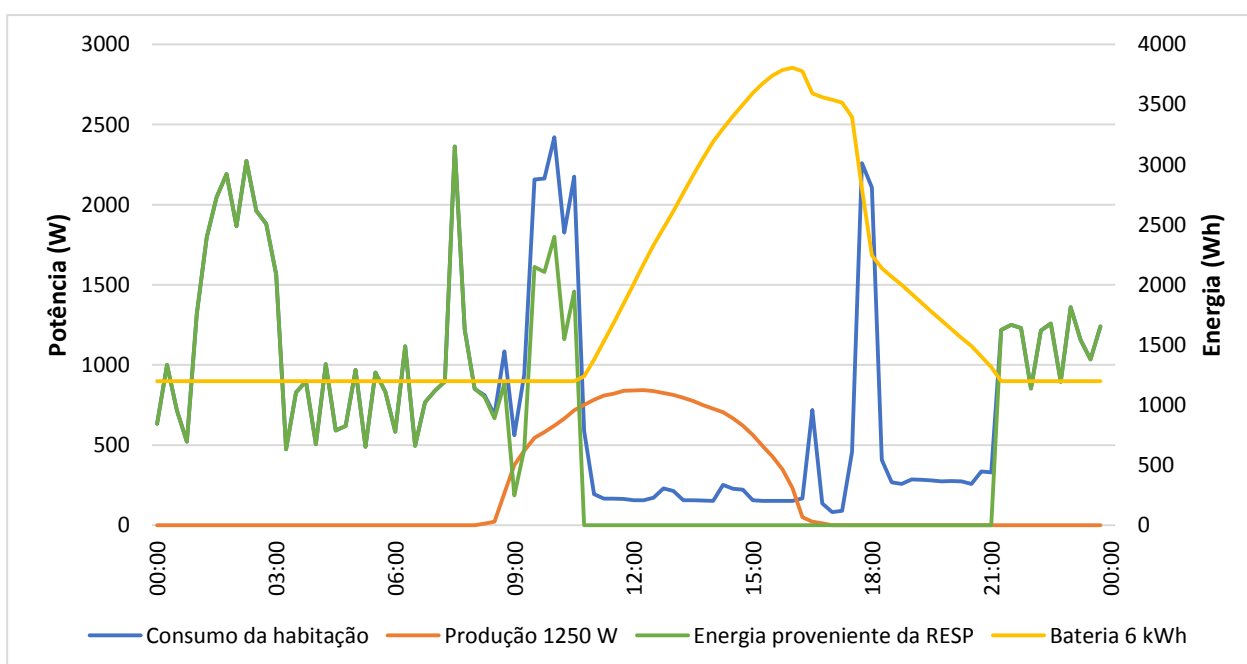


Figura F.118- Dados relativos a um dia da semana representativa do Inverno (1250 W + 6000 Wh)

## 1500 W + 6000 Wh

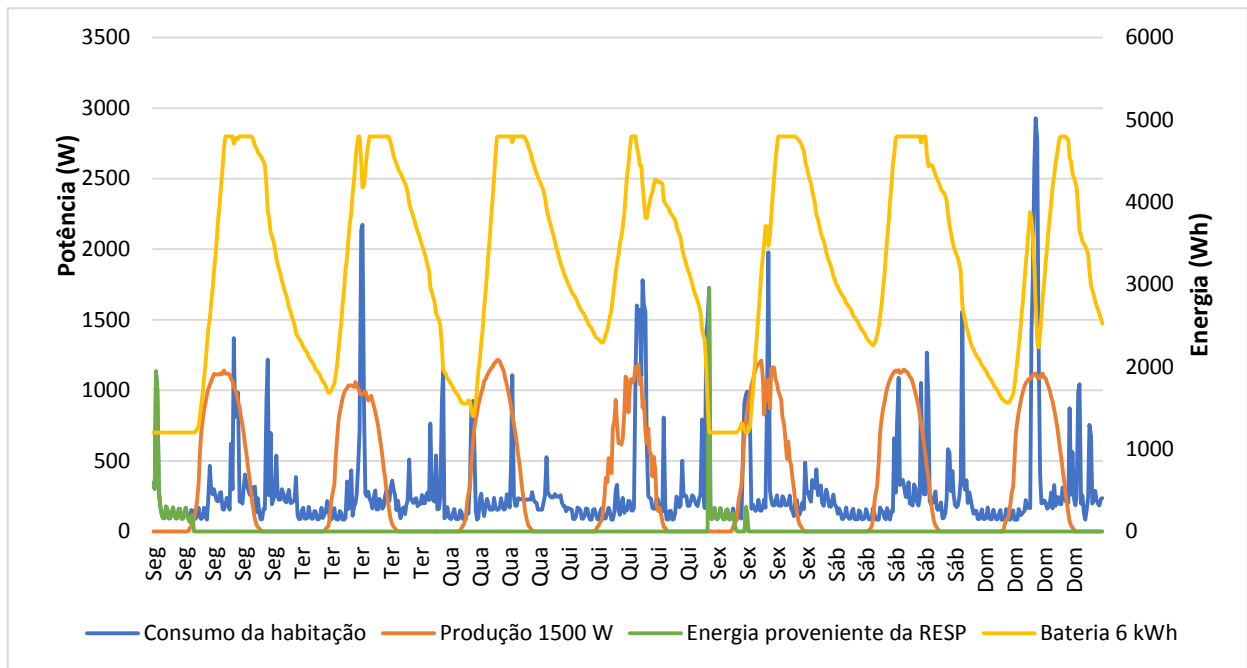


Figura F.119- Dados relativos à semana representativa do Verão (1500 W + 6000 Wh)

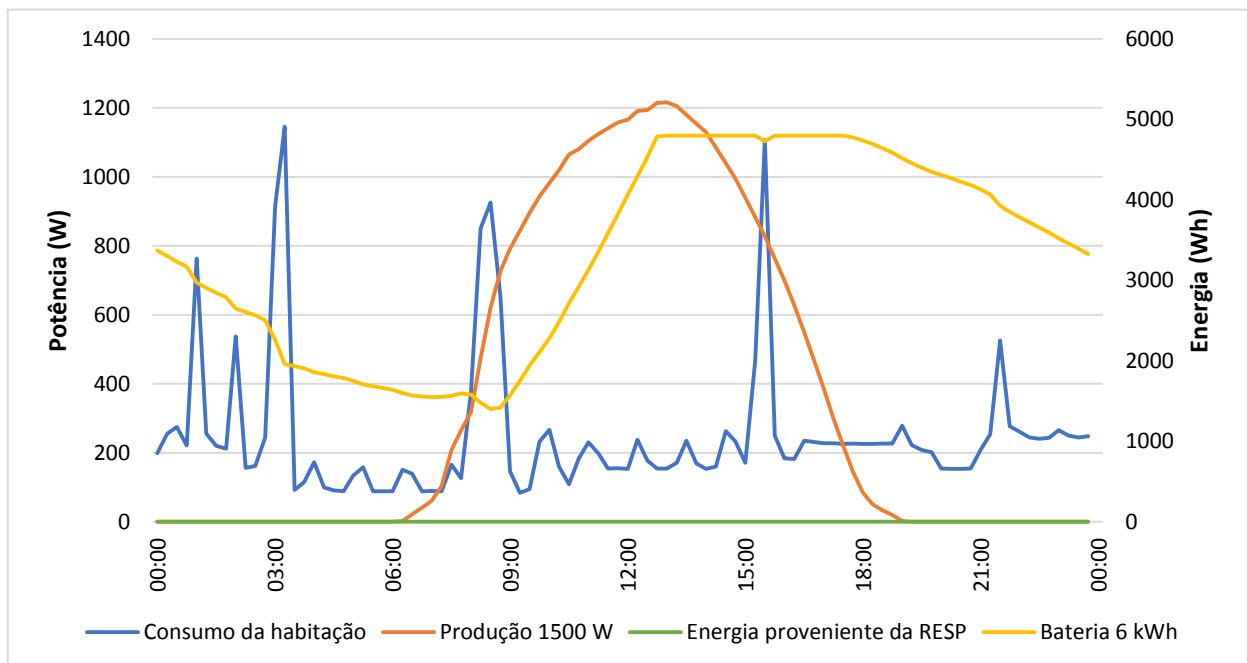


Figura F.120- Dados relativos a um dia da semana representativa do Verão (1500 W + 6000 Wh)

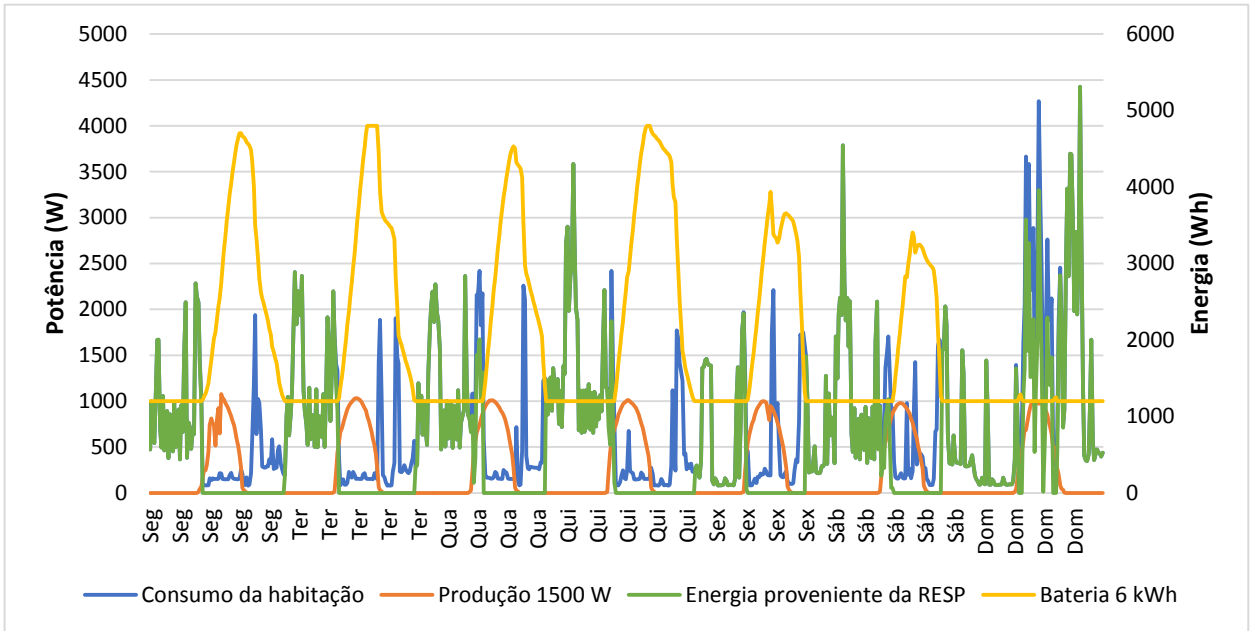


Figura F.121- Dados relativos à semana representativa do Inverno (1500 W + 6000 Wh)

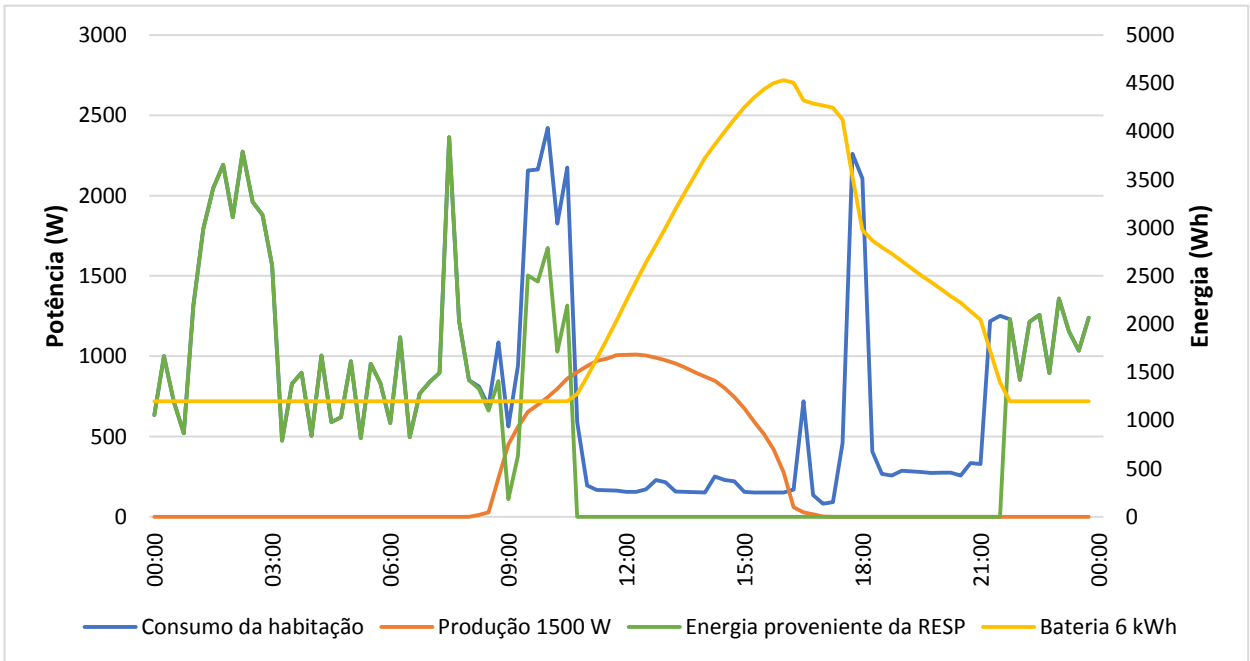


Figura F.122- Dados relativos a um dia da semana representativa do Inverno (1500 W + 6000 Wh)

## 1000 W + 7000 Wh

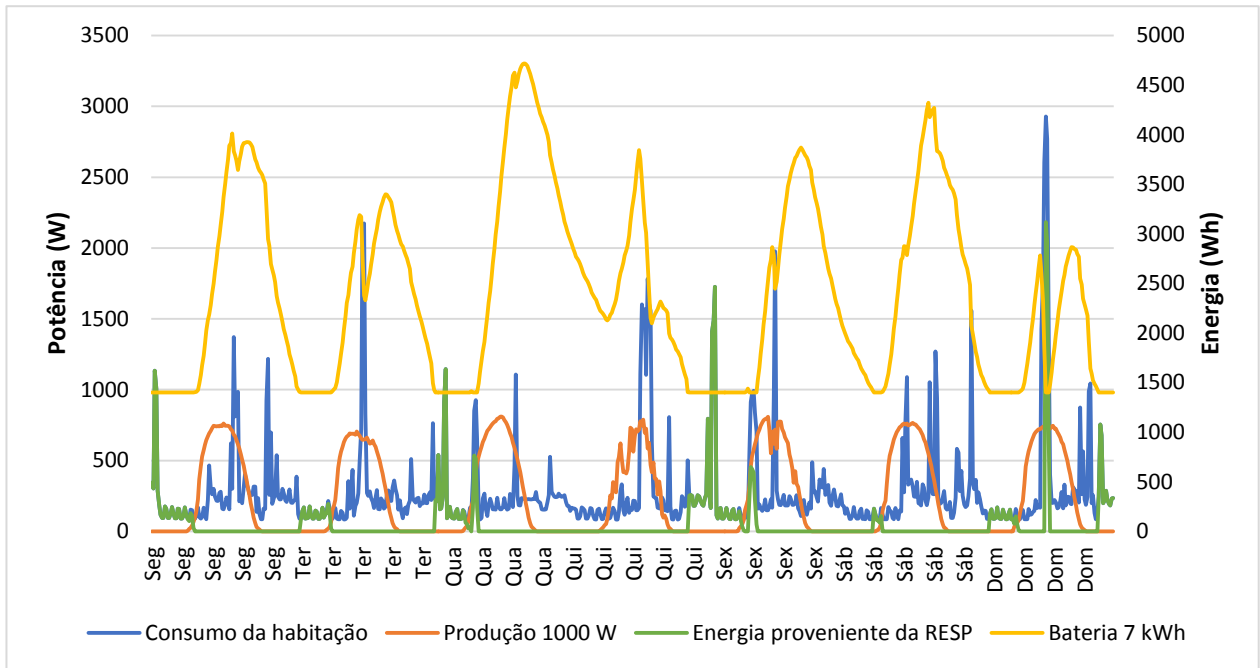


Figura F.123- Dados relativos à semana representativa do Verão (1000 W + 7000 Wh)

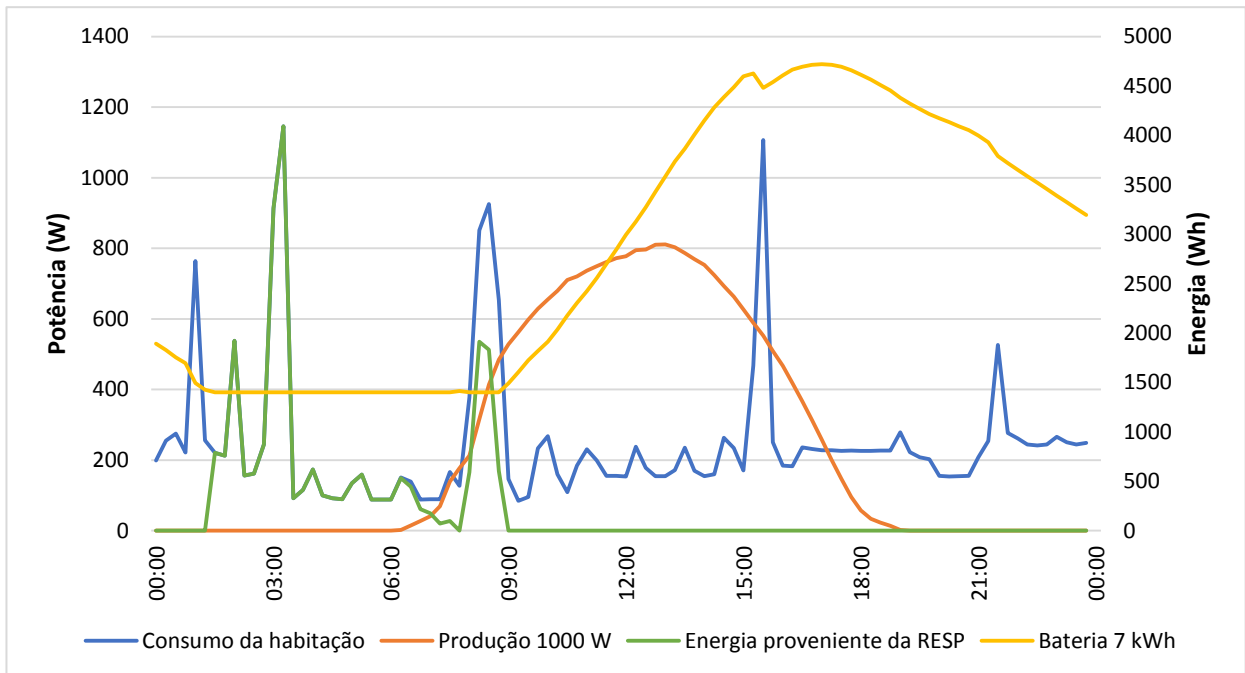


Figura F.124- Dados relativos a um dia da semana representativa do Verão (1000 W + 7000 Wh)

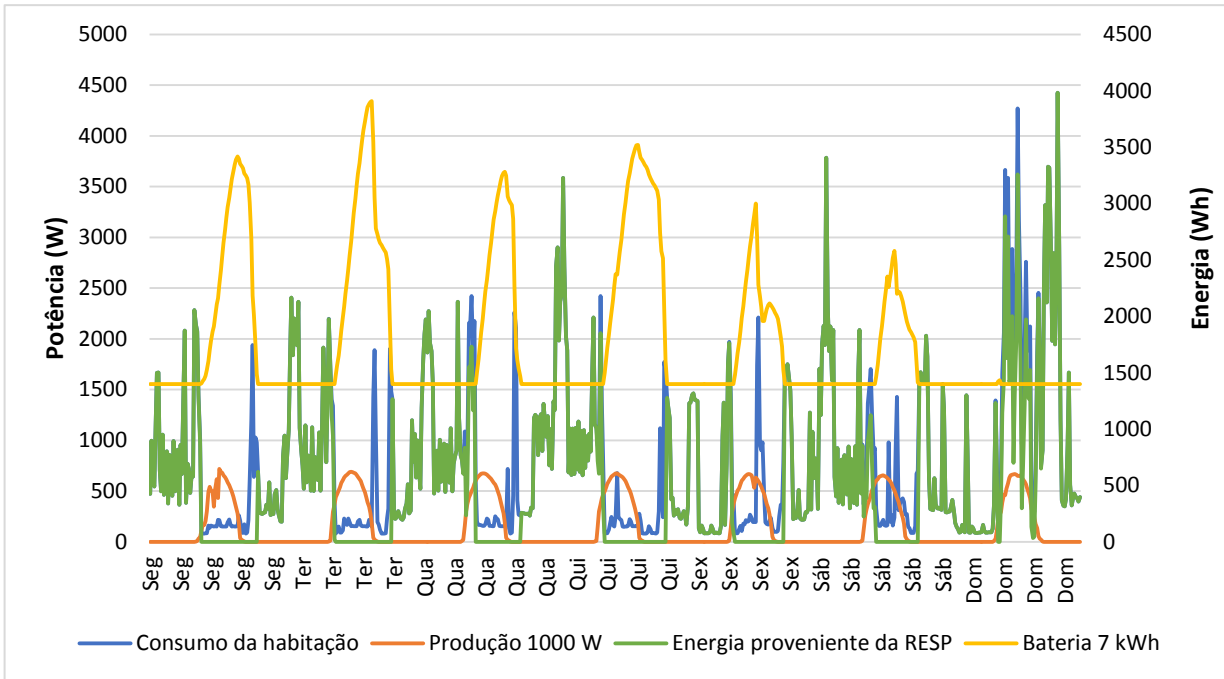


Figura F.125- Dados relativos à semana representativa do Inverno (1000 W + 7000 Wh)

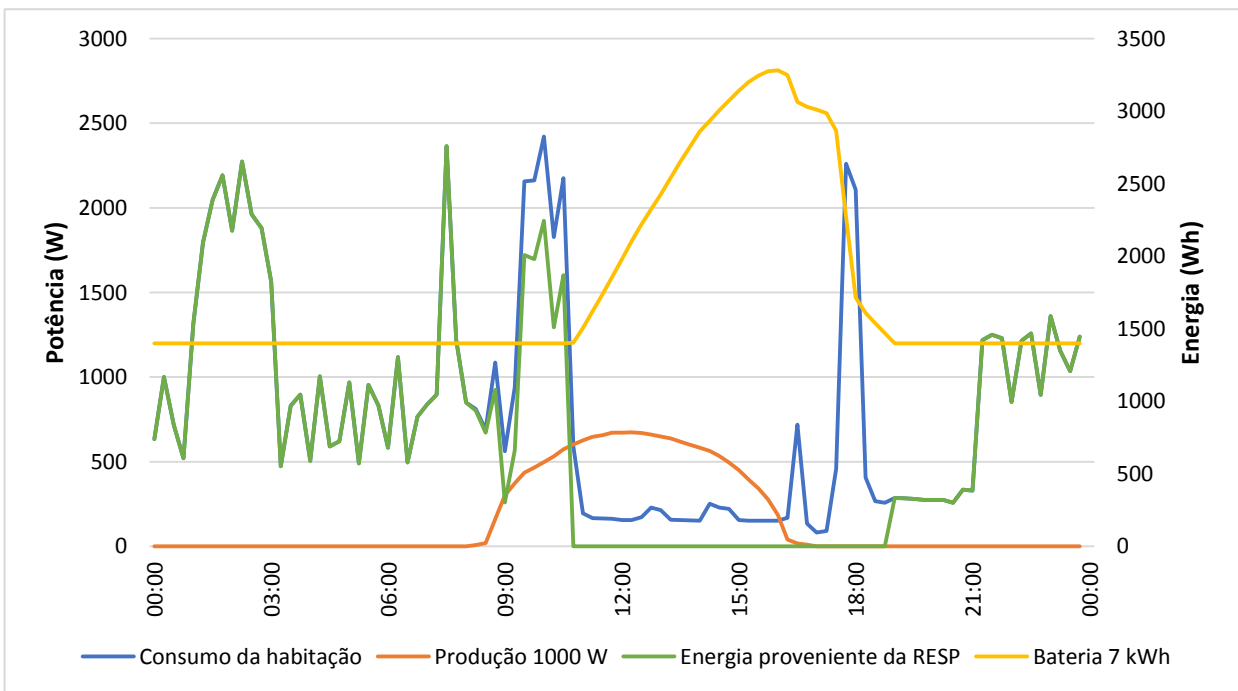
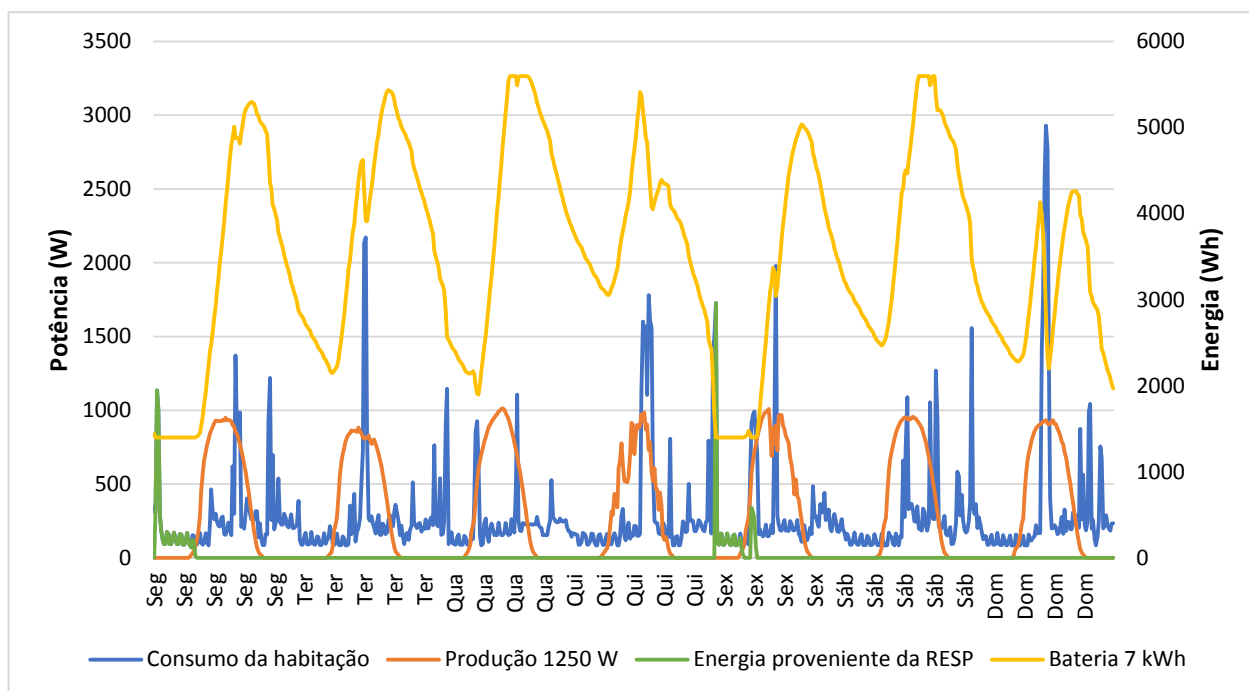
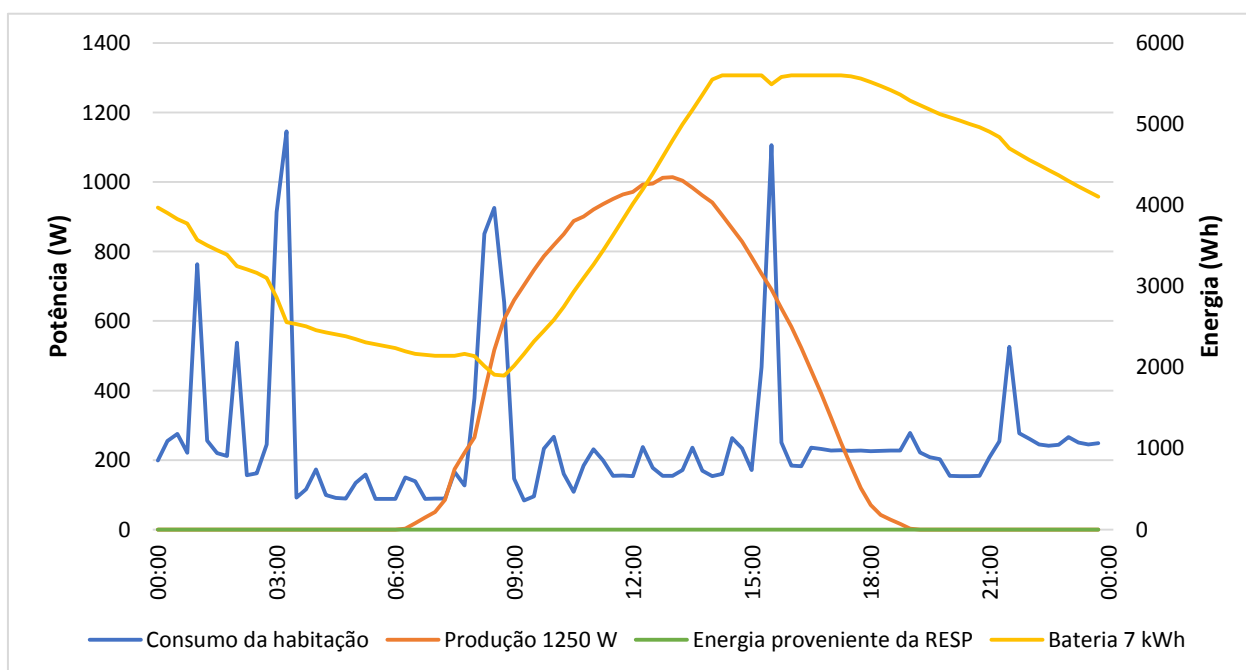


Figura F.126- Dados relativos a um dia da semana representativa do Inverno (1000 W + 7000 Wh)

## 1250 W + 7000 Wh



*Figura F.127- Dados relativos à semana representativa do Verão (1250 W + 7000 Wh)*



*Figura F.128- Dados relativos a um dia da semana representativa do Verão (1250 W + 7000 Wh)*

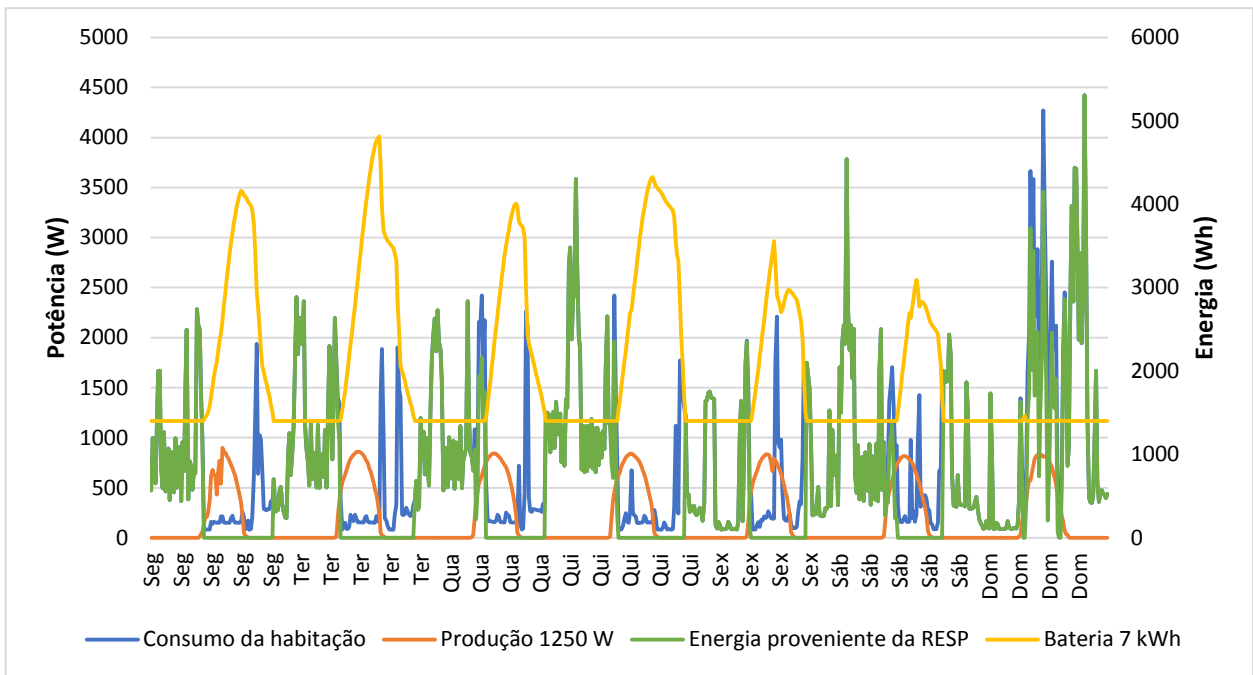


Figura F.129- Dados relativos à semana representativa do Inverno (1250 W + 7000 Wh)

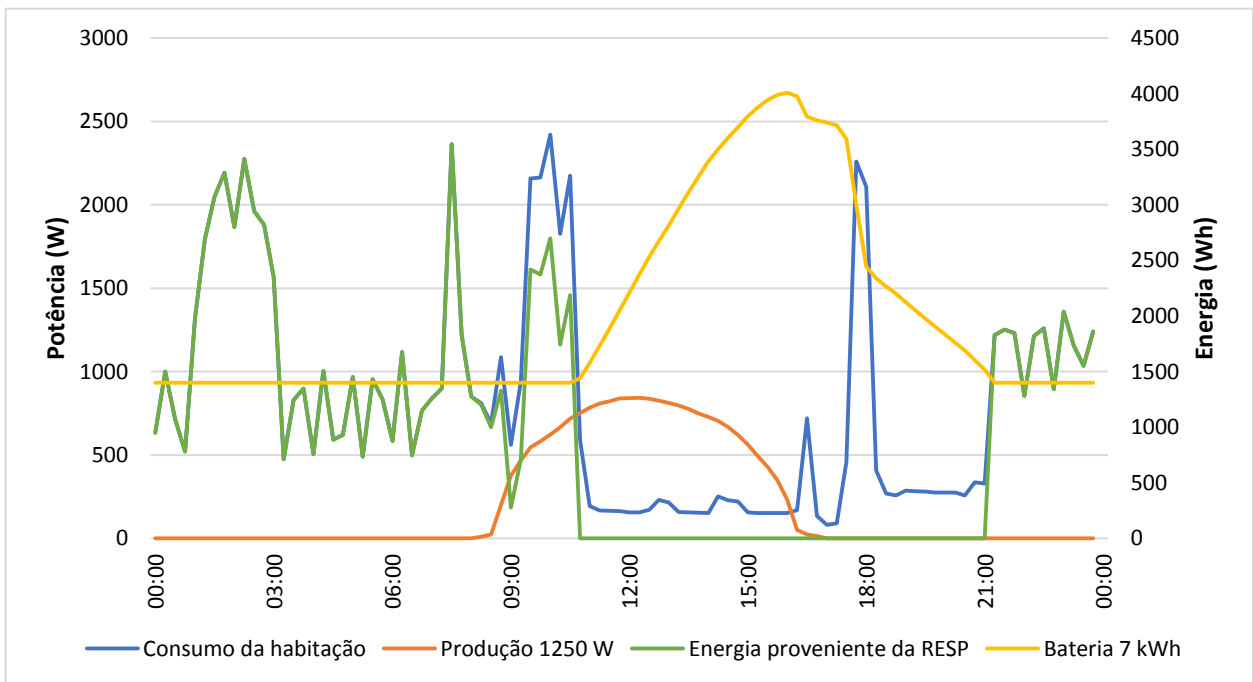


Figura F.130- Dados relativos a um dia da semana representativa do Inverno (1250 W + 7000 Wh)