



Geração de séries temporais artificiais de consumo elétrico, para utilização no dimensionamento de sistemas de produção em Comunidades de Energia Renovável

Diogo António Costa Martins

VERSÃO DE TRABALHO

Mestrado Integrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores

Orientador: Professor Doutor Cláudio Monteiro

Coorientador: Engenheiro Fábio Joel Gouveia Pereira

25 de janeiro de 2021

Resumo

A criação da figura jurídica Comunidades de Energia Renovável (CER), através da nova legislação, marca um importante passo na descentralização e transição para uma nova era do Sistema elétrico. Este tipo de sistemas incluem autoconsumo fotovoltaico produzido numa central centralizada e distribuído num conjunto de consumidores. Para o processo de dimensionamento dessas comunidades de energia, é essencial conhecer os fluxos de potência e, portanto, fundamental conhecer, numa base quarto-horária, os valores de consumo de cada um dos consumidores. Dado que este tipo de informação raramente está acessível, nesta dissertação, pretende-se criar uma ferramenta capaz de gerar uma série quarto-horária com os padrões típicos dos consumidores que vão aderir à CER.

Desta forma, ciente destes desafios e aliado à escassez de dados históricos de consumo, o objetivo deste trabalho é o desenvolvimento de uma ferramenta capaz de produzir séries temporais de caracterização probabilística de consumo de energia, para dimensionar sistemas de produção em Comunidades de Energia Renovável.

Por forma a cumprir este objetivo, foi desenvolvida uma metodologia que teve por base dados de perfis comerciais típicos de consumidores em Baixa Tensão, fornecidos pela Empresa Energia Simples, criando-se assim uma base de conhecimento com padrões típicos de consumo. A partir dos padrões, é feita uma caracterização probabilística, com a uma modelação paramétrica de uma distribuição capaz de se ajustar aos padrões de variabilidade dos consumos, em função de variáveis temporais.

Para validação da metodologia, foi utilizado um caso de estudo de um CER, com 10 consumidores e uma potência agregada de 64.4kW, em fase de estudo por parte da Empresa Energia Simples, simulando séries temporais de perfis de consumo a aplicar na construção da CER em meio rural.

Para a validação da metodologia, fez-se a simulação dos perfis de consumo para a CER deste caso de estudo, sendo realizada uma análise estatística destas séries. Além disso, foram comparados os perfis artificiais gerados, método probabilístico que se ajusta à variabilidade dos consumos, com o perfil gerado pela metodologia convencional apresentada e disponível pela ERSE e pela EDP para a geração de consumos, cujos resultados são normalizados, sem grandes flutuações e generalizando os padrões de consumo.

A ferramenta desenvolvida pode ser usada para a geração dos perfis de consumo individual e simular consumos futuros sendo a base para o dimensionamento de agregados de consumos em Comunidades de Energia.

Palavras-chave: Comunidade de energia renovável, séries temporais, diagramas de consumo, padrões de consumo, simulação

Abstract

The creation of the legal figure Renewable Energy Communities (REC), through the new legislation, marks an important step in the decentralization and transition to a new era of the electrical system. This type of system includes photovoltaic self-consumption produced in a centralized plant and distributed to a number of consumers. For the sizing process of these energy communities, it is essential to know the power flows and, therefore, fundamental to know, on a four-hour basis, the consumption values of each of the consumers. Given that this type of information is rarely accessible, this dissertation aims to create a tool capable of generating a quarter-hourly series with the typical standards of the consumers that will join the REC.

Thus, aware of these challenges and combined with the scarcity of historical consumption data, the objective of this work is the development of a tool capable of producing probabilistic time series of energy consumption characterization, to dimension production systems in Renewable Energy Communities.

In order to fulfill this objective, a methodology was developed based on data from typical commercial profiles of low voltage consumers, provided by the Simple Energy Company, thus creating a knowledge base with typical consumption patterns. From the patterns, a probabilistic characterization is made, with a parametric modeling of a distribution capable of adjusting itself to the patterns of consumption variability, according to temporal variables.

To validate the methodology, a case study of a REC, with 10 consumers and an aggregate power of 64.4kW, was used, being studied by the Simple Energy Company, simulating time series of consumption profiles to be applied in the construction of the REC in rural areas.

In order to validate the methodology, the simulation of the consumption profiles for the REC of this case study was carried out and a statistical analysis of these series was performed. In addition, the artificial profiles generated were compared, a probabilistic method that adjusts to the variability of consumption, with the profile generated by the conventional methodology presented and available by ERSE and EDP for the generation of consumption, whose results are normalized, without major fluctuations and generalizing consumption patterns.

The tool developed can be used to generate individual consumption profiles and simulate future consumptions being the basis for the sizing of consumption aggregates in Energy Communities.

Keywords: Renewable energy community, time series, consumption diagrams, consumption patterns, simulation

Translated with www.DeepL.com/Translator (free version)

Agradecimentos

Ao meu orientador e professor, Cláudio Monteiro, agradeço toda a dedicação, paciência, sabedoria e amizade que partilhou ao longo deste projeto. O meu agradecimento também à empresa Energia Simples, pela oportunidade de colaboração neste projecto, fornecimento de dados e materiais, e em particular ao meu co-orientador, Engenheiro Fábio Pereira, pela partilha de conhecimento e sugestões ao longo do trabalho que foram fundamentais para o desenvolvimento e realização deste projeto.

A todos os docentes e não-docentes que fizeram parte do meu longo percurso académico na FEUP o meu obrigado. Sem vocês não teria os conhecimentos e as oportunidades que hoje e no futuro terei. Aos meus colegas de Conselho Geral da UPorto e do Conselho de Representantes da FEUP, o meu profundo agradecimento pela oportunidade e pelas experiências.

À fantástica e fabulosa família do IEEE, que tive o prazer de liderar, levo-vos para a vida.

Aos meus amigos de uma vida, Catarina, Tiago, Miguel, Marco, Luis e Fábio o meu muito obrigado pelo companheirismo. À minha Inês, que desde a aventura macaense me acompanha diariamente, com todo o amor e carinho.

Aos meus familiares família, avós, tias, tio e prima, que foram pessoas fundamentais para o meu desenvolvimento enquanto pessoa. Aos meus pais, por nunca terem desistido de me proporcionar um ensino de qualidade durante todo o meu período escolar, mesmo nos momentos mais difíceis que passei durante este percurso, dando-me sempre uma vida cheia de experiências e oportunidades. O homem que hoje sou é graças a vocês.

À minha avó, que partiu era eu *feupinho*, dedico-lhe o meu futuro título de Mestre em Engenharia.

Diogo Martins

“Failure is the opportunity to begin again more intelligently”

Henry Ford

Conteúdo

1	Introdução	1
1.1	Enquadramento e Motivação	1
1.2	Objetivos	2
1.3	Estrutura da Dissertação	3
1.4	Contexto Empresarial	3
1.5	Dados Utilizados	3
2	Estado da Arte	5
2.1	Comunidades de Energia Renovável	5
2.1.1	Legislação e Regulamentos	5
2.1.2	Relação Comercial	7
2.1.3	Regras Técnicas	8
2.1.4	Modelos de Negócio das UPACs	10
2.1.5	Modelos de Repartição	15
2.2	Perfis de Consumo	17
2.2.1	Informação Comercial sobre o Consumidor	18
2.2.2	Informação de Medição de Consumo dos Consumidores	20
2.2.3	Proteção e Confidencialidade dos Dados	24
2.3	Caracterização de Perfis de Consumo	25
2.3.1	Determinação de Perfis BTN [1]	27
2.3.2	Determinação de Perfis UPAC [1]	29
2.3.3	Determinação de Perfis UPP [1]	30
3	Tratamento de Dados	33
3.1	Caracterização dos Dados	33
3.2	Análise dos Dados	34
3.3	Conclusões	39
4	Metodologia de Simulação de Perfis de Consumo	41
4.1	Padrões de Consumo	41
4.1.1	Construção de uma tabela Conjunta de Dados	42
4.1.2	Construção da Tabela de Padrão de Consumo Semanal	46
4.1.3	Construção da Tabela de Padrão de Consumo Mensal Simples	48
4.1.4	Construção da Tabela de Padrão Diário	50
4.1.5	Construção da Tabela de Padrão Horário	51
4.1.6	Construção da Tabela de Padrão de Consumo Mensal Enriquecido	52
4.1.7	Tabela Padrão Semanal Completa	55
4.2	Sintetização de dados para Geração de Perfis de Consumo	55

4.2.1	Determinação de parâmetros A, k e Média	56
4.2.2	Simulação - Valor Artificial de Consumo Elétrico	59
4.2.3	Função <i>Random</i>	61
4.3	Parametrização da Ferramenta	67
4.3.1	Parâmetro de escala da distribuição	67
4.3.2	Fator de forma da distribuição	69
4.3.3	Parâmetro alfa do gerador aleatório	72
4.3.4	Parâmetro beta do gerador aleatório	74
5	Comparação e Validação de Simulação de Padrões de Consumo	77
5.1	Gestão de Autoconsumo numa Comunidade de Energia Renovável em Núcleo Rural	77
5.2	Validação de Perfis em comparação com perfis Típicos da ERSE	78
5.2.1	Tipo de Validação	78
5.2.2	Comparações	78
6	Conclusões e Trabalho Futuro	81
6.1	Conclusões	81
6.2	Trabalho Futuro	82
A	Comunidades de Energia	83
A.1	Tarifas de Acesso às Redes	83
B	Agregação de Dados	93
B.1	Base de Conhecimento	93
C	Metodologia	103
C.1	Distribuição de Weibull	103
C.2	Padrões de Consumo	104
C.2.1	Padrão Mensal Simples	104
C.2.2	Padrão Semanal	105
C.2.3	Padrão Diário	105
C.2.4	Padrão Mensal Enriquecido	108
C.2.5	Padrão Semanal Completo	110
C.3	Distribuição Beta	115
D	Simulações	117
D.1	Perfis de Consumo Típicos	117
D.2	Caso de Estudo CER	117
	Referências	129

Lista de Figuras

2.1	Atividades propostas numa CER [2]	7
2.2	Percentagem das CIEG nas Tarifas de Acesso à Rede para 2021 [3]	9
2.3	Modelos de Negócio das UPACs	10
2.4	Autoconsumo Individual - Apenas 1 Edifício	11
2.5	Autoconsumo Individual - Recinto com vários Edifícios	12
2.6	Autoconsumo Coletivo - Bloco Individual	12
2.7	Autoconsumo Coletivo - Recinto com vários Edifícios	13
2.8	Autoconsumo Coletivo - Bloco com vizinhança	13
2.9	Modelos de Repartição	16
2.10	Informações Comerciais sobre Consumidor	18
2.11	Estrutura do CPE	19
2.12	Ciclos da Tarifa Bi-Horária [4]	20
2.13	Ciclos da Tarifa Tri-Horária [4]	21
2.14	Grandezas - RRC	21
3.1	Informação Tarifária dos Consumidores	35
3.2	Diagrama de Carga - Consumidores 3.45kVA	36
3.3	Exemplo de Diagrama de Carga - Consumidores 4.6kVA	36
3.4	Exemplo de Diagrama de Carga - Consumidores 5.75kVA	36
3.5	Exemplo de Diagrama de Carga - Consumidores 6.9kVA	37
3.6	Exemplo de Diagrama de Carga - Consumidores 10.35kVA	37
3.7	Exemplo de Diagrama de Carga - Consumidores 27,6kVA	37
3.8	Exemplos de Consumidores com falhas nas leituras e Interrupções Pontuais	38
4.1	Fluxograma - Procedimentos da Metodologia	41
4.2	Descrição COD1 e COD2	42
4.3	Distribuição de Weibull [5]	44
4.4	Gráfico com valores de A(kW) e k (adimensional) para uma semana exemplo	45
4.5	Padrão de Consumo Semanal (kW)	47
4.6	Exemplo do cálculo da Média Real para a Tabela de Consumo semanal	47
4.7	Média Mensal Normalizada sobrepostas (kW)	49
4.8	Exemplo do Cálculo da Média Real para a Tabela de Consumo Mensal simples	50
4.9	Diagrama Padrão Diário sobreposto (kW)	51
4.10	Diagrama Padrão Horário (kW)	53
4.11	Diagrama Padrão Horário (kW)	53
4.12	Diagrama Padrão Mensal Enriquecido	54
4.13	Diagrama Padrão Mensal Enriquecido sobreposto	54
4.14	Diagrama Padrão Semanal Completo	56

4.15	Diagrama Padrão Semanal Completo sobreposto	57
4.16	Valores da <i>Média</i> para a 1ª Janeiro	57
4.17	Valores de k para a primeira semana de janeiro	58
4.18	Valores de A para a primeira semana de janeiro	58
4.19	Agregação da <i>Média</i> , k e A para a primeira semana de janeiro	58
4.21	Função Inversa de Weibull	59
4.20	Distribuição de Weibull	60
4.22	Exemplo de simulação com função RAND para uma semana de janeiro de 2020	62
4.23	Distribuição dos valores reais de consumo (kWh) no instante i em comparação com o instante $i-1$	63
4.24	Função Distribuição Acumulativa	64
4.25	Curva de Parâmetros de Distribuição Beta	66
4.26	Simulação de uma semana de consumos com parâmetros $A_{fator}=0.5$; $k_{fator}=1$; $\alpha_{Beta}=10$ e $\beta_{Beta}=96$	68
4.27	Simulação de uma semana de consumos com parâmetros $A_{fator}=1$; $k_{fator}=1$; $\alpha_{Beta}=10$ e $\beta_{Beta}=96$	68
4.28	Simulação de uma semana de consumos com parâmetros $A_{fator}=2$; $k_{fator}=1$; $\alpha_{Beta}=10$ e $\beta_{Beta}=96$	69
4.29	Simulação de uma semana de consumos com parâmetros $A_{fator}=10$; $k_{fator}=1$; $\alpha_{Beta}=10$ e $\beta_{Beta}=96$	69
4.30	Simulação de uma semana de consumos com parâmetros $A_{fator}=2$; $k_{fator}=0.5$; $\alpha_{Beta}=10$ e $\beta_{Beta}=96$	70
4.31	Simulação de uma semana de consumos com parâmetros $A_{fator}=2$; $k_{fator}=1$; $\alpha_{Beta}=10$ e $\beta_{Beta}=96$	70
4.32	Simulação de uma semana de consumos com parâmetros $A_{fator}=2$; $k_{fator}=2$; $\alpha_{Beta}=10$ e $\beta_{Beta}=96$	71
4.33	Simulação de uma semana de consumos com parâmetros $A_{fator}=2$; $k_{fator}=5$; $\alpha_{Beta}=10$ e $\beta_{Beta}=96$	71
4.34	Simulação de uma semana de consumos com parâmetros $A_{fator}=2$; $k_{fator}=10$; $\alpha_{Beta}=10$ e $\beta_{Beta}=96$	72
4.35	Simulação de uma semana de consumos com parâmetros $A_{fator}=2$; $k_{fator}=2$; $\alpha_{Beta}=0,5$ e $\beta_{Beta}=96$	73
4.36	Simulação de uma semana de consumos com parâmetros $A_{fator}=2$; $k_{fator}=2$; $\alpha_{Beta}=1$ e $\beta_{Beta}=96$	73
4.37	Simulação de uma semana de consumos com parâmetros $A_{fator}=2$; $k_{fator}=2$; $\alpha_{Beta}=2$ e $\beta_{Beta}=96$	74
4.38	Simulação de uma semana de consumos com parâmetros $A_{fator}=2$; $k_{fator}=2$; $\alpha_{Beta}=10$ e $\beta_{Beta}=96$	74
4.39	Simulação de uma semana de consumos com parâmetros $A_{fator}=2$; $k_{fator}=2$; $\alpha_{Beta}=10$ e $\beta_{Beta}=12$	75
4.40	Simulação de uma semana de consumos com parâmetros $A_{fator}=2$; $k_{fator}=2$; $\alpha_{Beta}=10$ e $\beta_{Beta}=24$	75
4.41	Simulação de uma semana de consumos com parâmetros $A_{fator}=2$; $k_{fator}=2$; $\alpha_{Beta}=10$ e $\beta_{Beta}=48$	76
4.42	Simulação de uma semana de consumos com parâmetros $A_{fator}=2$; $k_{fator}=2$; $\alpha_{Beta}=10$ e $\beta_{Beta}=96$	76
5.1	Consumo para 2020 da Comunidade	78
5.2	Exemplo de Simulação para semana de janeiro de 2020	79

5.3	Exemplo de Simulação para dia 1 de janeiro 2020	79
B.1	Diagrama de Carga - Consumidores 3.45kVA - Amplo	95
B.2	Diagrama de Carga - Consumidores 4.6kVA - Amplo	96
B.3	Diagrama de Carga - Consumidores 5.75kVA - Amplo	97
B.4	Diagrama de Carga - Consumidores 6.9kVA - Amplo	98
B.5	Diagrama de Carga - Consumidores 10.35kVA - Amplo	99
B.6	Diagrama de Carga - Consumidores 27.6kVA - Amplo	100
B.7	Diagrama de Consumo de todos os Consumidores	101
D.1	Case de Estudo - Consumidor 1	118
D.2	Case de Estudo - Consumidor 2	119
D.3	Case de Estudo - Consumidor 3	120
D.4	Case de Estudo - Consumidor 4	121
D.5	Case de Estudo - Consumidor 5	122
D.6	Case de Estudo - Consumidor 6	123
D.7	Case de Estudo - Consumidor 7	124
D.8	Case de Estudo - Consumidor 8	125
D.9	Case de Estudo - Consumidor 9	126
D.10	Case de Estudo - Consumidor 10	127
D.11	Case de Estudo - Agregado	128

Lista de Tabelas

2.1	Condições CER	7
2.2	Modelos de CER	15
2.3	Níveis de Tensão de fornecimento de energia e respectivos intervalos de tensão fase-fase (UF_F) em valor eficaz	18
2.4	Correspondência entre Nível de Tensão e Fases	19
2.5	Tipologia de ciclos de contagem para efeitos de definição dos períodos horários [Quadro 5-1]	20
2.6	Periodicidade da Leitura de Ciclo em consumidores sem leitura remota	22
2.7	Periodicidade da Leitura de Ciclo em consumidores com leitura remota	22
2.8	Anomalias Tipificadas vs Não Tipificadas	22
2.9	Responsabilidade dos Equipamentos de Medição	22
2.10	Variáveis de faturação aplicadas aos vários níveis de tensão	23
2.11	Tabela de Equação do Cálculo do Consumo Médio Diário	27
2.12	Classes de Consumidores em Baixa Tensão	27
2.13	Caracterização UPAC em BTN	29
3.1	Caracterização dos Consumidores	33
3.1	Caracterização dos Consumidores	34
4.1	Agregação de dados	42
4.2	Frequência e Valor de Weibull	45
4.3	Exemplo Tabela DS_H Padrão semanal (168 casos)	46
4.4	Tabela Padrão mensal	48
4.5	Tabela Padrão diário	50
4.6	Tabela Padrão Horário	52
4.7	Exemplo Tabela M_DS Padrão mensal enriquecido	53
4.8	Tabela Padrão Semanal Completo	56
4.9	Distribuições de Probabilidade e respetivas Funções de Densidade	64
5.1	Potência Média de Séries e respetivo erro entre Séries	79
A.1	Tarifas de Acesso à Rede com CIEG e isenção a 100% do CIEG e respectivo desconto obtido	84
A.1	Tarifas de Acesso à Rede com CIEG e isenção a 100% do CIEG e respectivo desconto obtido	85
A.2	Tarifa de Acesso às redes do autoconsumo através da RESP - sem isenção de CEIG	86
A.2	Tarifa de Acesso às redes do autoconsumo através da RESP - sem isenção de CEIG	87
A.3	Tarifa de Acesso às redes do autoconsumo através da RESP - com 50% de CEIG	88
A.3	Tarifa de Acesso às redes do autoconsumo através da RESP - com 50% de CEIG	89

A.4	Tarifa de Acesso às redes do autoconsumo através da RESP - com 50% de CEIG	90
A.4	Tarifa de Acesso às redes do autoconsumo através da RESP - com 50% de CEIG	91
B.1	Dados Consumidores Base de Conhecimento	93
B.1	Dados Consumidores Base de Conhecimento	94
C.1	Frequência e Valor de Weibull Completa	103
C.1	Frequência e Valor de Weibull Completa	104
C.2	Tabela Padrão Mensal Simples Completa	104
C.2	Tabela Padrão Mensal Simples Completa	105
C.3	Tabela Padrão Dia de Semana Completa	105
C.4	Tabela Padrão Hora do Dia Completa	106
C.4	Tabela Padrão Hora do Dia Completa	107
C.5	Tabela Padrão Mensal Enriquecido Completa	108
C.5	Tabela Padrão Mensal Enriquecido Completa	109
C.5	Tabela Padrão Mensal Enriquecido Completa	110
C.6	Tabela Padrão Semanal Completa	110
C.6	Tabela Padrão Semanal Completa	111
C.6	Tabela Padrão Semanal Completa	112
C.6	Tabela Padrão Semanal Completa	113
C.6	Tabela Padrão Semanal Completa	114
C.6	Tabela Padrão Semanal Completa	115
C.7	Frequência, erro e valor de Beta	115
C.7	Frequência, erro e valor de Beta	116
D.1	Identificação Consumidores - Caso de Estudo	117

Abreviaturas e Símbolos

AC	Alternating Current/ Corrente Alternada
AT	Alta Tensão
BTE	Baixa Tensão Especial
BTN	Baixa Tensão Normal
BT	Baixa Tensão
C	Consumo
CA	Consumo Anual
CAE	Classificação Portuguesa de Atividades Económicas
CE	Comissão Europeia
CER	Comunidade de Energia Renovável
CIEG	Custos de Interesse Económico Geral
CN	Consumo Normalizado
CPE	Código de Ponto de Entrega
D	Dia
DC	Direct Current/ Corrente Contínua
DCP	Dispositivo Controlador de Potência
DGEG	Direção-Geral de Energia e Geologia
DS	Dia de Semana
EDP	Energia de Portugal
EGAC	Entidade Gestora do Autoconsumo Coletivo
ERSE	Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos
F	Frequência
FER	Fonte de Energia Renovável
FEUP	Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto
FV	Fotovoltaica
GMLDD	Guia de Medição, Leitura e Disponibilização de Dados do setor elétrico
H	Hora
ID	Identificação
IU	Instalação de Utilização
IP	Iluminação Pública
M	Mês
MAT	Muito Alta Tensão
ME	Mensal Enriquecido
MEN	Mensal Enriquecido Normalizado
MP	Microprodução
MPGGS	Manual de Procedimentos da Gestão Global do Sistema
MS	Mensal Simples
MSN	Mensal Simples Normalizado
MT	Média Tensão
MW	Mega-Watt

OMIE	Operador do Mercado Ibérico de Eletricidade - Pólo Espanha
ORD	Operador da Rede de Distribuição
ORT	Operador da Rede de Transporte
P	Potência
PPM	Produção Média Mensal
PT	Posto de Transformação
P2P	Peer to Peer
RAA	Região Autónoma da Madeira
RAM	Região Autónoma dos Açores
RARI	Regulamento de Acesso às Redes e às Interligações
RDBT	Rede Nacional de Distribuição de Baixa Tensão
REN	Redes Energéticas Nacionais
RESP	Rede Elétrica de Serviço Público
RGPD	Regulamento Geral de Proteção de Dados
RND	Rede Nacional de Distribuição
RNT	Rede Nacional de Transporte
RRC	Regulamento de Relações Comerciais
RSRI	Regulamento dos Serviços das Redes Inteligentes de Distribuição de Energia Elétrica)
RQT	Regulamento Qualidade Serviço
RT	Regulamento Tarifário do Setor Elétrico
S	Semana
SEE	Sistema Elétrico de Energia
SEN	Sistema Elétrico Nacional
UPAC	Unidade de Produção para Autoconsumo
UPP	Unidade de Pequena Produção
URT	Unidade Remota de Telecontrolo
UE	União Europeia
V	Volt
VA	Volt-Ampere
W	Watt
Wh	Watt-hora

Capítulo 1

Introdução

Neste capítulo introdutório, é especificado o enquadramento que esta dissertação vai ter ao longo da sua elaboração, bem como as motivações que levam à necessidade da criação de novas ferramentas para dimensionar sistemas de produção renovável. São igualmente traçados os objetivos desta dissertação e a sua estrutura, incluindo os dados utilizados para o caso de estudo.

1.1 Enquadramento e Motivação

O enquadramento desta dissertação tem como base a nova figura jurídica, *Comunidades de Energia Renovável*, introduzida através do Decreto-Lei 162/2019[2].

O Pacote Legislativo [?] "Energia Limpa para todos os Europeus" coloca Portugal e todos os estados membros da UE focados em criar ferramentas que garantam que os consumidores passem a ser também produtores, criando o novo conceito que começa a ganhar força e tem como principal objetivo tornar o mero consumidor num consumidor e produtor e, consequentemente, ter capacidade para armazenar, partilhar e/ou vender electricidade - o prosumidor [6]. Desta forma, um consumidor habitual passa a utilizar uma fonte de energia renovável para os seus gastos elétricos.

O Decreto-Lei nº162/2019 [2], de 25 de outubro, que revoga o anterior Decreto-Lei nº153/2014 [7], comporta partes da Diretiva Europeia acima referida, sendo o novo regime jurídico aplicável ao autoconsumo de energia renovável. Com esta alteração, o Governo procura intensificar a utilização de fontes renováveis e acelerar o caminho para a neutralidade carbónica, permitindo que cidadãos comuns ou grupos e empresas entrem em projetos de autoconsumo. É através deste Decreto que é então criada a nova figura jurídica denominada de *Comunidade de Energia Renovável*, sendo uma CER uma pessoa coletiva, de natureza singular ou coletiva; pública ou privada; com ou sem fins lucrativos; autónoma dos membros que a própria comunidade compõe [2].

É do interesse do regime estatuído que se atinja o objetivo de instalações fotovoltaicas superiores a 1 GW até 2030 [2], despertando um interesse nas empresas da área da Energia, em especial para comercializadoras, a iniciarem a curto prazo projetos de *Comunidades de Energia Renovável* em meios mais pequenos. Sem exceção, há interesse por parte da empresa comercializadora de

energia, Energia Simples [4], em construir centrais centralizadas com solar fotovoltaico em meios rurais.

Através da evolução tecnológica, os dados passaram a ter uma importância que até então não existia. Com o desenvolvimento de contadores inteligentes, o incentivo dado pela Diretiva 2009/72/CE [8] do Parlamento Europeu definiu que os estados membros da UE devem assegurar a implementação desses mesmos contadores. Os dados que, antes analógicos e recolhidos no local, tornaram-se de fácil e rápido acesso e de forma digital. O consumidor passa a ter uma melhor percepção dos seus consumos, acabando por ajudar a poupar energia, tempo e dinheiro. Os contadores inteligentes [9] têm a vantagem de estar em telegestão no operador de rede de distribuição, aumentando a qualidade de serviço, já que, rapidamente, são feitos o despiste e reparação remota de anomalias.

Para o dimensionamento de centrais, é necessário o conhecimento dos perfis de consumo de forma detalhada, algo que os contadores inteligentes vieram permitir, visto que fazem uma leitura quarto-horária. Através das informações obtidas pelos contadores, é possível construir perfis de consumo de cada consumidor sendo, por isso, mais fácil e mais preciso o dimensionamento dos prosumidores de uma CER.

A escassez ou completa falta de registos detalhados para dimensionamentos em meios rurais condiciona a existência de projetos para modelos de autoconsumo em *Comunidades de Energia Renovável*. É, por isso, fundamental criar ferramentas que permitam de forma artificial completar estes dados, criando perfis consumidores de diferentes perfis comerciais em cada instante quarto-horário. É, portanto, a motivação desta dissertação colmatar estas falhas, usando dados artificiais a fim de que projetos de dimensionamento para centrais de produção renovável sejam uma realidade num futuro próximo.

1.2 Objetivos

Nesta dissertação, propõe-se desenvolver uma ferramenta que identifique os perfis de consumidores de meios rurais para a criação de *Comunidades de Energia Renovável* nesses mesmos locais com finalidade de dimensionamento de parques renováveis. Pretende-se, assim, atingir os seguintes objetivos:

- Criação de uma base de dados com padrões tipificados de consumo gerados para diferentes perfis comerciais típicos de consumidores em Baixa Tensão;
- Criação de uma ferramenta de geração de séries temporais artificiais com resolução quarto-horária e intervalos de simulação anual, com informação de incerteza em cada instante;
- Criação de uma ferramenta de agregação probabilístico de perfis de consumo individual, desenhada para dimensionamento de agregados de consumos em *Comunidades de Energia Renovável*.

1.3 Estrutura da Dissertação

Esta dissertação está organizada em seis capítulos. Neste capítulo 1, é feita uma breve contextualização do tema, onde se inclui uma motivação, os seus objetivos, o envolvimento em espaço empresarial e os dados utilizados.

No capítulo 2, é descrito o estado da arte e são apresentados trabalhos relacionados com esta dissertação. São referidos pontos relevantes do regime jurídico aplicável ao autoconsumo de energia renovável, bem como os modelos de negócio e financiamento.

No capítulo 3, é dada uma análise e respetivo tratamento aos dados que foram fornecidos pela Energia Simples.

No capítulo 4, e com base no trabalho realizado no capítulo anterior(3), é elaborada uma agregação de conjunto de dados, explicada a metodologia na criação de Padrões de Consumo e a construção da ferramenta para geração de séries temporais.

No capítulo 5, é feita uma comparação entre os dados que a ferramenta criada é capaz de produzir e vários exemplos já existentes.

No capítulo 6, pretende-se apresentar as conclusões do trabalho desenvolvido ao longo do tempo e indicar os caminhos para trabalhos futuros.

1.4 Contexto Empresarial

O presente trabalho foi desenvolvido em estreita colaboração entre a empresa de comercialização de eletricidade e gás natural Energia Simples e a Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

A Energia Simples [4] é a marca da empresa PH Energia, Lda para a comercialização de energia elétrica no mercado liberalizado. A empresa, fundada em novembro de 2014, tem sede no Porto e já conta com a sua presença no mercado espanhol desde 2017. A Energia Simples procura garantir uma oferta justa e satisfatória aos seus clientes. O compromisso com o ambiente está sempre em mente, tentando encontrar soluções de autoconsumo e eficiência energética.

No âmbito desta dissertação, reuniu-se semanalmente com o mestrando para apresentação e acompanhamento do desenvolvimento deste trabalho.

1.5 Dados Utilizados

Os dados utilizados nesta dissertação - informações comerciais e históricos de perfis de consumo de clientes domésticos e não domésticos da Baixa Tensão Nominal em zonas rurais - foram disponibilizados pela Empresa Energia Simples. Os dados do caso de estudo, da Comunidade de Energia Renovável, também foram fornecidos pela empresa Energia Simples, correspondendo a um caso real de CER, em estudo pela empresa.

Capítulo 2

Estado da Arte

Este capítulo apresenta uma revisão bibliográfica de conteúdos relevantes para a elaboração da presente dissertação. Neste capítulo, são apresentados, numa primeira parte, os pontos mais importantes do Decreto-Lei nº162/2019 [2] de 25 de outubro, regulamentos e diretivas da Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos (ERSE) [10] e da Direção Geral de Energia e Geologia (DGEG), relativas às Comunidades de Energia Renovável, Modelos de Negócio e Modelos de Financiamento. Numa segunda parte, são descritas as medições de consumo dos clientes e erros associados, a disponibilização, a confidencialidade e análise dos dados e ainda a classificação de perfis de consumo.

2.1 Comunidades de Energia Renovável

Nesta secção, serão abordadas as componentes legislativas e regulamentativas associadas às Comunidades de Energia, as relações comerciais entre todos os intervenientes numa comunidade e os vários modelos de Comunidade de Energia.

2.1.1 Legislação e Regulamentos

As Comunidades de Energia Renovável foram introduzidas pela Diretiva Europeia 2018/2001 [11], transposta como uma nova figura jurídica através do Decreto-Lei 162/2019 aprovado a 25 de outubro de 2019. O conceito de Comunidade de Energia já não é recente, tendo sido apresentado a primeira vez pela União Europeia em 2016 com o objetivo de incentivar os cidadãos a serem parte ativa na produção, consumo e partilha de energia. Mas esta nova ideia prende-se com o facto de esta comunidade ter produção de fontes de energia renovável. O conceito é redigido no artigo 2º, alínea j, do Decreto-Lei 162/2019 [2], como "uma pessoa coletiva constituída nos termos do presente Decreto-Lei, com ou sem fins lucrativos, com base numa adesão aberta e voluntária dos seus membros, sócios ou acionistas, os quais podem ser pessoas singulares ou coletivas, de natureza pública ou privada, incluindo, nomeadamente, pequenas e médias empresas ou autarquias locais, que seja autónoma dos seus membros ou sócios, mas por eles efetivamente controlada, desde que e cumulativamente: os membros ou participantes estejam localizados na proximidade dos projetos

de energia renovável ou desenvolvam atividades relacionadas com os projetos de energia renovável da respetiva comunidade de energia; os referidos projetos sejam detidos e desenvolvidos pela referida pessoa coletiva; e a pessoa coletiva tenha por objetivo principal propiciar aos membros ou às localidades onde opera a comunidade benefícios ambientais, económicos e sociais em vez de lucros financeiros" [2].

Segundo o Decreto-Lei supracitado, existem dentro da atividade do autoconsumo três modalidades diferentes: individual, coletivo e comunidades de energia renovável, sendo que apenas o autoconsumo individual era contemplado no anterior Decreto-Lei [7]. O autoconsumo individual é quando a produção de energia ocorre dentro da instalação onde é consumida, ou seja, a unidade de produção para autoconsumo (UPAC) está associada a uma única Instalação de Utilização (IU). Já o autoconsumo coletivo permite que várias instalações de utilização beneficiem de uma ou mais unidades de produção, desde que haja proximidade geográfica e elétrica entre as IU. Este caso de autoconsumo significa que uma UPAC está associada a vários consumidores finais, sendo este modelo vantajoso comparativamente ao autoconsumo individual, já que todos os consumidores envolvidos repartem os custos de investimento e manutenção da unidade de produção. Em alguns casos, é necessário fazer uso da Rede Elétrica de Serviço Público (RESP) para transportar a energia produzida pela UPAC para os respetivos consumidores, tendo o custo associado ao pagamento das tarifas de acesso à rede [12].

É aqui que entra a nova figura jurídica impressa no Decreto-Lei 162/2019, Comunidade de Energia Renovável, onde autoconsumidores e entidades públicas ou privadas que queiram ser participantes no projeto de energia podem-se juntar e constituir uma Comunidade. Estas comunidades podem então ser definidas como instalações de energia elétrica renovável, detidas por cidadãos ou organizações. Desta maneira, existem vários intervenientes que participam e beneficiam deste tipo de comunidades, que passam a pertencer à cadeia do setor energético, tendo um papel fundamental na inclusão para uma participação ativa dos cidadãos na gestão da produção elétrica e também para a garantia da transição energética mais limpa. Entre os benefícios da atividade de autoconsumo estão o aproveitamento de recursos renováveis, que constitui uma forma mais limpa de produção de energia e a redução da utilização dos restantes recursos do Sistema Elétrico de Energia (SEE), aliviando o uso das redes de Transporte e Distribuição de Energia, contribuindo para um descongestionamento e redução de perdas no sistema [2].

Com já referido anteriormente, o antigo Decreto-Lei [7] apenas referia o autoconsumo como individual e que o mesmo não era necessariamente renovável. Já este novo Decreto-Lei [2] vem promover o autoconsumo renovável, reduzindo restrições e complexidades legais, dando oportunidade a soluções tecnológicas altamente desenvolvidas e novas técnicas de partilha de energia 2.1. Nesta nova forma de autoconsumo, passa a existir a obrigatoriedade de instalar contadores inteligentes para recolha de dados de produção e consumo em períodos de 15 minutos que trará um desafio para o operador da rede [13]. Mediante as proporções do projeto de Autoconsumo ou de CER [?], a potência a instalar é variável, sendo sujeita a diferentes condições para produção de energia renovável. Na Tabela 2.1 são encontradas essas mesmas categorias, conforme potência instalada.

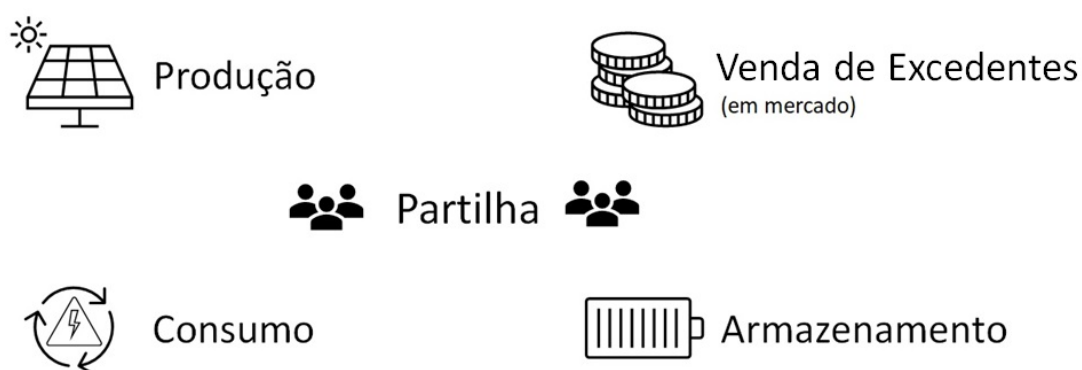


Figura 2.1: Atividades propostas numa CER [2]

Tabela 2.1: Condições CER

Potência Instalada	Informação
 $\leq 350 \text{ W}$	Sem controlo prévio
$350 \text{ W} >$  $\leq 30 \text{ kW}$	Comunicação prévia
$30 \text{ kW} >$  $\leq 1 \text{ MW}$	Registo prévio Certificado de Exploração Parecer do Operador da rede em caso de injeção na RESP
 $> 1 \text{ MW}$	Licença de produção e de exploração Prévia atribuição de capacidade de reserva em caso de injeção na RESP $> 1 \text{ MW}$

2.1.2 Relação Comercial

Devido ao modelo das CER pretender agregar consumidores e partilhar a produções entre eles, foi necessário criar uma figura para gerir a comunidade que é nomeada pelos membros que a compõem. Essa figura denomina-se por Entidade Gestora do Autoconsumo (EGAC), cujo papel é representar a comunidade perante os operadores de mercado e outras entidades, sendo responsável pelo relacionamento com o operador da rede, para gestão da partilha da energia produzida na comunidade e, com o agregador, para venda dos excedentes da comunidade [2]

Em relação à venda do excedente produzido resultante da atividade de autoconsumo, o excesso pode ser transacionado através de partição no mercado, através de facilitador de mercado e ainda em mercado organizado ou contrato bilateral. Importa salientar que a EGAC é responsável pelo pagamento dos desvios provocados no Sistema Elétrico Nacional.

O pagamento das tarifas de acesso à rede é obrigatório sempre que necessário o uso da RESP para fazer deslocar a energia produzida na UPAC até ao ponto de consumo. Quando são usadas redes internas para a veiculação da energia entra a UPAC e a IU, a CER está isenta de pagamentos

dessas tarifas [14]. Na diretiva nº5/2020 [15], emitida pela Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos (ERSE), estão estabelecidas as tarifas de acesso às redes a aplicar aos modelos de autoconsumo de energia elétrica através da rede elétrica de serviço público, durante o ano de 2020. As mesmas têm como base as tarifas de acesso às redes para o setor elétrico no ano de 2020, emitidas igualmente pela ERSE através da Diretiva nº3/2020 [16], sendo a diferença os valores das tarifas de uso das redes dos níveis de tensão a montante da UPAC. Já na diretiva nº15/2020 [14], são atualizados alguns dos valores das tarifas de acesso, como previsto nos termos do Despacho n.º 6453/2020 [17], de 19 de junho, dos novos projetos de comunidades de energia (CER) e também do autoconsumo individual e coletivo que envolvam a utilização da rede elétrica de serviço público (RESP). Quem obtenha as condições para o exercício da sua atividade, nos termos do artigo 3.º do Decreto-Lei n.º 162/2019, de 25 de outubro, até ao final do ano civil de 2021, e com duração de 7 anos, beneficia de uma isenção dos encargos correspondentes a custos de interesse económico geral (CIEG) que incidem sobre as tarifas de acesso às redes [2]. Desta forma, o valor a pagar nas tarifas de acesso às redes nos projetos de autoconsumo individual e não associados a contratos de prestação de serviços são deduzidos em 50% dos encargos do CIEG. No caso das CER e autoconsumo coletivo, o mesmo se aplica, mas com a dedução de 100% nos encargos da CIEG [14].

Estas tarifas têm como variáveis a energia ativa e a potência em horas de ponta. A primeira está diretamente relacionada com a energia ativa do autoconsumo que é através do RESP veiculada da UPAC para a IU. Já a segunda é o quociente entre a energia ativa em horas de ponta e em uso da RESP e o número de horas de ponta.

No Anexo A.1 apresentam-se as tabelas para os preços das tarifas acima referidas, propostas pela ERSE, para o ano de 2020, e ainda os montantes dos CIEG para os vários níveis de tensão e opções tarifárias. De acordo com o artigo 51.º do Regulamento de Relações Comerciais [18] do setor elétrico, em 2021, a proporção de CIEG nas Tarifas de Acesso às Redes por níveis de tensão é a apresentada na Figura 2.2.

2.1.3 Regras Técnicas

Nesta subsecção serão abordados os procedimentos técnicos e de qualidade impostos para a atividade de autoconsumo. Todas as instalações estão sujeitas aos regulamentos das instalações elétricas do tipo B e do tipo C, nos termos do Decreto-Lei nº96/2017 [19] e de um conjunto de regras técnicas estabelecidos no Regulamento Técnico de Qualidade [20]. O RTQ aplica-se a instalações [?] de dois tipos:

- Tipo B — Instalações que sejam alimentadas pela RESP em Média, Alta ou Muito Alta Tensão;
- Tipo C — Instalações que sejam alimentadas pela RESP em Baixa Tensão.

No que toca às ligações ao RESP, as instalações estão englobadas no regime geral, isto é, as ligações produtoras de autoconsumo ligadas à Rede Nacional de Transporte (RNT) estão sujeitas ao

Nível de tensão / Tipo de fornecimento	% (CIEG Portaria 332/2012/ Tarifas de Acesso)
MAT	73%
AT	66%
MT	60%
BTE	53%
BTN > 20,7 kVA	49%
BTN ≤ 20,7 kVA	55%
Total	56%

Figura 2.2: Percentagem das CIEG nas Tarifas de Acesso à Rede para 2021 [3]

Regulamento da Rede de Transporte (RRT), publicado no anexo I da Portaria nº596/2010 [21]. As ligações das instalações de autoconsumo à Rede Nacional de Distribuição de eletricidade de Alta e Média Tensão (RND) e à Rede Nacional de Distribuição em Baixa Tensão (RDBT) estão sujeitas ao regulamento da Rede de Distribuição, publicado no anexo II da Portaria nº596/2010 [21].

A nível da qualidade de serviço, a CER, como qualquer outra instalação de natureza técnica e comercial, deve cumprir as regras impostas no Regulamento da Qualidade de Serviço do Setor Energético e do Setor do Gás Natural, publicado no anexo I do regulamento nº629/2017 [22].

Para a medição, leitura e disponibilização dos dados provenientes de instalações de autoconsumo, devem ser cumpridas as regras estabelecidas no Guia de Medição, Leitura e Disponibilização de Dados [23], publicado pela ERSE. No que toca ao regime específico que regula as instalações elétricas de autoconsumo, em relação à contagem e disponibilização de dados, tal como definido no artigo 16º do Decreto-Lei nº162/2019 [2], e nos casos dos autoconsumidores coletivos e CER, esta contagem tem de ser feita por contador inteligente e com contagem quarto-horária (15 minutos). Em caso de existências de unidades de armazenamento associadas à UPAC e que se encontrem ligadas à RESP, a contagem da energia elétrica, através destas, é igualmente obrigatória, sendo da responsabilidade do operador da rede essa contagem. Deve também a entidade gestora da CER, através do portal [24] da Direção-Geral de Energia e Geologia (DGEG), apresentar, processar e comunicar pedidos de registo, licenciamento e gestão e controlo das atividades da CER ao operador da rede, bem como indicar os coeficientes de repartição de energia

produzida na UPAC, que devem ser mantidos inalterados por um período mínimo de 12 meses. Em caso de não comunicação, o operador da rede fará a repartição proporcional ao consumo, em cada período de contagem, devendo disponibilizar a informação necessária como forma de garantir a faturação correta para cada autoconsumidor, tal como a informação sobre a energia elétrica produzida excedente, no período de contagem (15 minutos). Por último, todos e quaisquer custos inerentes aos equipamentos de medição, desde a sua aquisição, instalação e manutenção, são da inteira responsabilidade do autoconsumidor. Os equipamentos de medição para contagem da energia elétrica total produzida pela UPAC devem estar localizados junto do contador de consumo, ou em locais de acesso privado, apenas acessível ao operador da rede. Para todas as Comunidades de Energia Renovável, sempre que a UPAC é constituída por mais de uma unidade de produção, em cada uma delas terá de estar associado um contador que faça a contagem da energia elétrica produzida pela mesma unidade. Assim, o valor da energia elétrica produzida será o somatório dos valores de contagem de cada unidade de produção. Nos termos da Portaria nº231/2013 [25], estas contagens devem ser disponibilizadas por telecontagem ao operador da RESP. Para a injeção de energia elétrica na RESP, é necessário que cada instalação possua um contador bidirecional com telecontagem.

2.1.4 Modelos de Negócio das UPACs

Nesta subsecção serão apresentados três modelos de negócio de unidades de produção: autoconsumo individual, autoconsumo coletivo e comunidade de energia renovável.

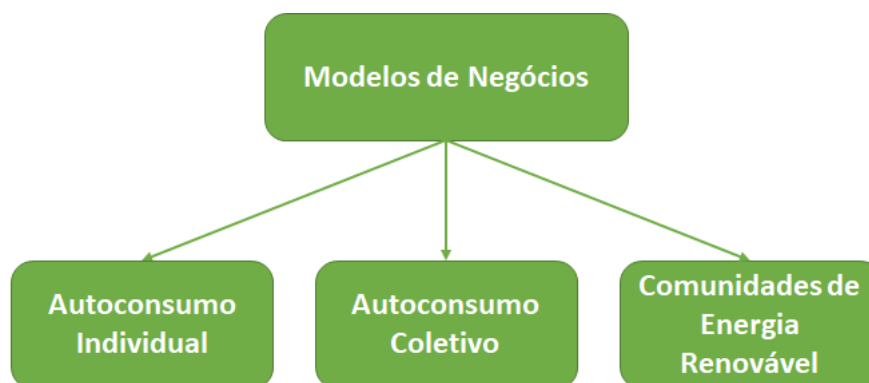


Figura 2.3: Modelos de Negócio das UPACs

2.1.4.1 Autoconsumo Individual

O autoconsumo individual é uma unidade de produção que está ligada a um único ponto de consumo, sendo o caso mais comum quando a UPAC é constituída por uma unidade de produção. Na Figura 2.4, estão representados dois exemplos de um modelo de ligação de autoconsumo conectado à RESP. O contador de autoconsumo faz a leitura do consumo dos períodos de 15 minutos entre o consumo da IU e a produção da UPAC.

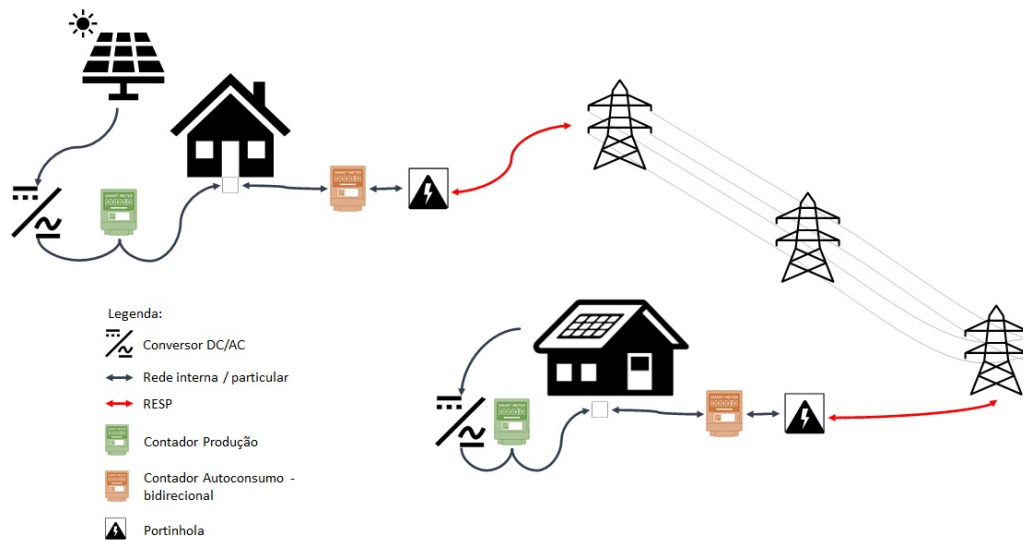


Figura 2.4: Autoconsumo Individual - Apenas 1 Edifício

Por outro lado, há a possibilidade de se associarem duas, ou mais, unidades de produção à UPAC, como pode ser visualizado na Figura 2.5, com cada unidade de produção a ter um contador independente, sendo a contagem total da energia produzida a soma dos valores produzidos em cada um dos contadores associados às unidades de produção. Para se considerar autoconsumo individual, as ligações são feitas através de uma rede particular ligada entre os contadores de cada IU e o contador do autoconsumo [26].

2.1.4.2 Autoconsumo Coletivo

No caso do autoconsumo coletivo, há várias possibilidades de ligação. Um primeiro, e apresentado na Figura 2.6, não envolve ligação e utilização da RESP para o autoconsumo. Uma unidade de produção é instalada para os consumos dos vários autoconsumidores que se encontram no edifício.

Um segundo exemplo é a constituição de um autoconsumidor através de vários autoconsumidores em edifícios próximos, sem ligação através de uma rede interna, sendo necessário dar-se uso à RESP para a atividade do autoconsumo, tal como é descrito pela Figura 2.7.

Um terceiro e último exemplo, visível na Figura 2.8, é um recinto fechado, sem rede interna própria, onde os edifícios alimentados diretamente pelo RESP e contadores individuais partilham de um conjunto de instalações produtoras que fazem uso do RESP para a atividade do autoconsumo [26].

2.1.4.3 Comunidades de Energia

As comunidades de energia podem constituir-se tendo por base diferentes modelos de gestão e tendo em conta a constituição dos seus próprios membros, havendo já vários modelos criados no papel: o modelo cooperativo; o modelo híbrido entre comunidade local e entidades públicas

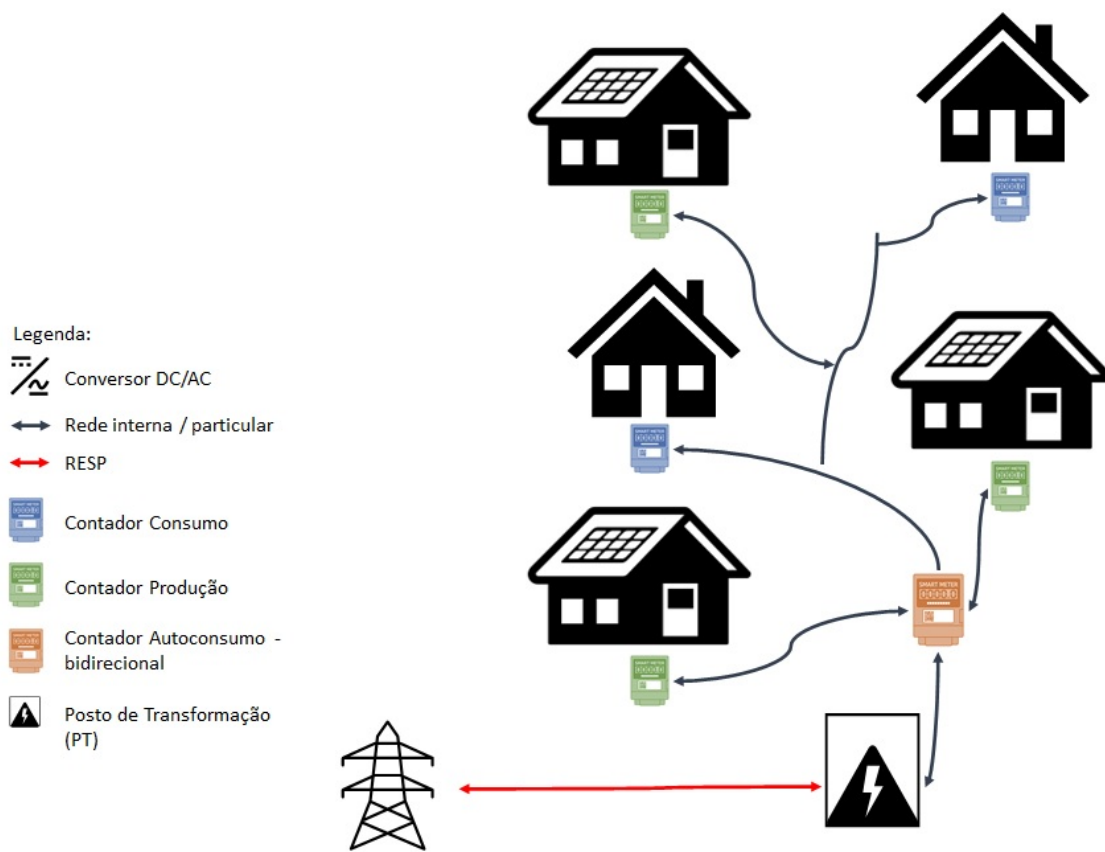


Figura 2.5: Autoconsumo Individual - Recinto com vários Edifícios

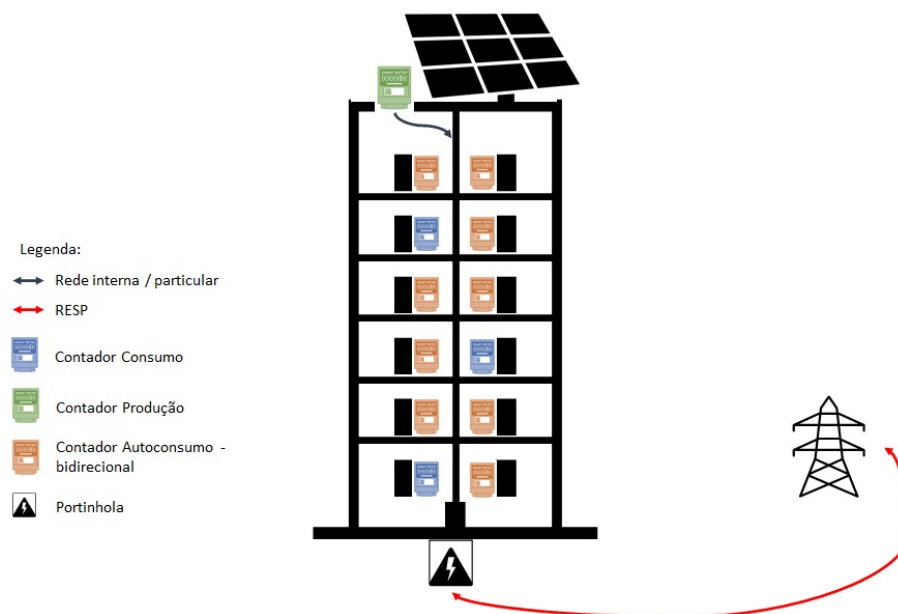


Figura 2.6: Autoconsumo Coletivo - Bloco Individual

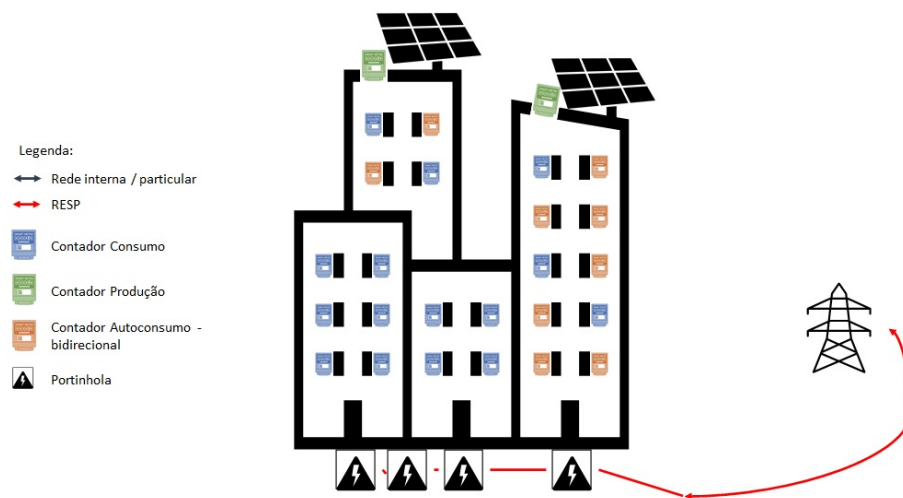


Figura 2.7: Autoconsumo Coletivo - Recinto com vários Edifícios

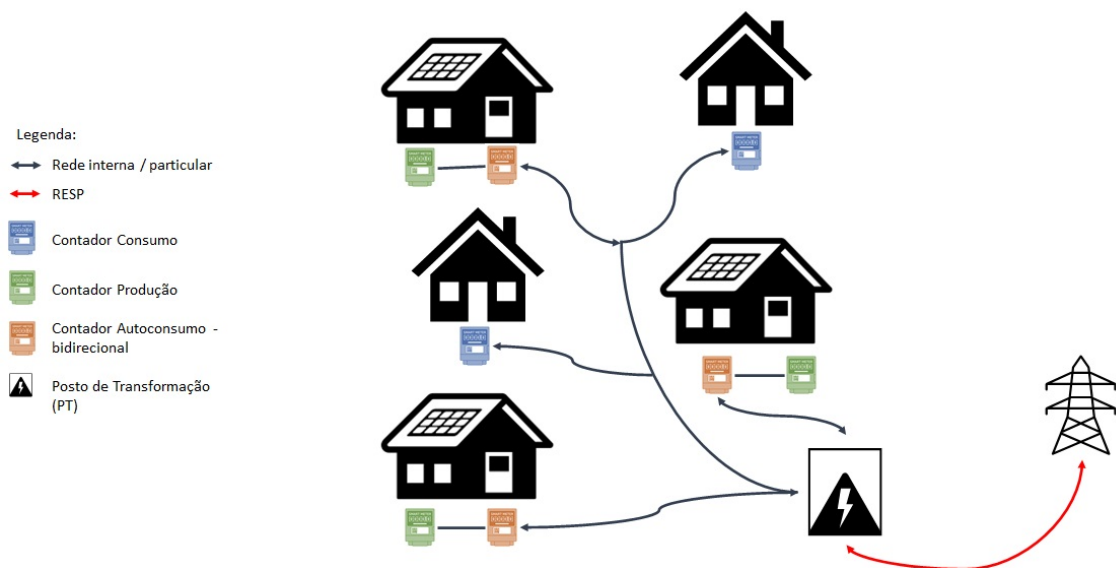


Figura 2.8: Autoconsumo Coletivo - Bloco com vizinhança

locais; o modelo híbrido entre comunidade local e entidade comercial privada e o modelo por quotas [27].

O modelo cooperativo é um tipo de modelo que é constituído e gerido diretamente pelos seus membros, que são os elementos da própria comunidade no qual está inserido, organizações nas quais os seus membros usufruem diretamente dos benefícios resultantes da produção de energia. São o modelo de CER mais adotado a nível europeu, nomeadamente na Europa Central e Países Nórdicos. Este tipo de modelo garante o envolvimento da comunidade local, dando-lhe a oportunidade de gerir e desenvolver os seus próprios ativos, de uma forma económica e ecologicamente sustentáveis. Tem como principal desvantagem o facto de ser a própria comunidade a ter que an-

gariar todo o capital inicial para o investimento, juntando a falta de conhecimentos para lidar com as questões técnicas da CER.

Face às desvantagens apresentadas no anterior modelo, é interessante analisar a variação deste modelo para um híbrido, onde parte da CER é detida pela própria comunidade e a restante é detida por uma entidade pública ou privada, sendo esta última capaz de resolver os problemas de financiamento, quer através de subsídios e rendas quer na obtenção de fundos externos, e os problemas técnicos para um projeto eficiente. É nesta variante que entidades públicas locais têm um papel fundamental para ajudar a impulsionar a transição energética e a promover uma atitude ecológica e verde para a sociedade e ambiente. Na variante onde a possibilidade passa pela inclusão de entidades privadas, estas serão um suporte de recursos financeiros e técnicos que as comunidades locais à partida não terão. Todavia, neste tipo de modelo, é necessário que haja transparência e clareza no envolvimento da entidade privada, já que a mesma quererá rentabilidade no projeto para que o retorno do investimento seja o mais elevado possível.

Por último, apresenta-se o modelo por quotas, onde a CER é dividida entre os vários proprietários e um fundo de investimento. Este modelo não tira a responsabilidade de gestão dos membros da comunidade, mas facilita e acelera o processo, já que a experiência da empresa do setor energético tornará o processo de aquisição e negociação, gestão fiscal, administrativa e controlo energético mais facilitado. Sendo a CER uma microempresa comercializadora, interna da comunidade, à qual os consumidores comprem parte da energia, mais barata, e partilham os seus excedentes. Com este modelo fica imperceptível a barreira técnica para os membros da comunidade [27].

É importante referir que, independentemente dos modelos possíveis, há opções interessantes para a criação de novas comunidades de energia, como são os casos de:

- Instalação de centrais fotovoltaicas nas coberturas de edifícios horizontais ou residências ou blocos de edifícios habitacionais;
- Instalação de centrais fotovoltaicas nas coberturas de edifícios sociais;
- Instalação de centrais fotovoltaicas nas coberturas de edifícios históricos ou públicos de autarquias;
- Instalação de centrais fotovoltaicas em parques de estacionamento, ao ar livre, públicos ou privados;
- Instalação de centrais fotovoltaicas em espaços comuns e/ou coberturas de parques industriais e empresariais;
- Instalação de centrais fotovoltaicas centralizadas em aldeias ou meios rurais;
- Instalação centralizada e distribuída, alimentando cooperativas elétricas locais.

Tabela 2.2: Modelos de CER

Modelo	Resultado
Edifícios de uma única entidade onde a UPAC pertence aos proprietários	Poupança na Fatura
UPAC centralizada que pertença a uma empresa de Serviços de Energia ou comercializadora	Venda da energia às IU ou através da fatura de eletricidade
Sistemas pertencentes a diferentes proprietários	Venda de excedentes à CER e as IU compram energia à CER
Diversos sistemas pertencentes a diferentes proprietários	Transação em mercado Peer to Peer (P2P)
CER instala sistemas nas IU da comunidade	Rendas e Venda às IU

2.1.5 Modelos de Repartição

O aparecimento das CER assenta num princípio de partilha de energia, onde a escolha do modelo de repartição da mesma tem que ser a mais adequada possível às circunstâncias da CER, garantindo eficiência tanto a nível energético como financeiro. Ainda não havendo muitos exemplos de CER, há já alguns modelos de repartição possíveis [27].

2.1.5.1 Repartição baseada em Coeficientes

O modelo de repartição baseada em coeficientes [27] garante uma repartição de energia proporcional aos coeficientes fixos, previamente estipulados. É um modelo muito simples, onde cada UPAC reparte a energia produzida por cada IU. O modelo recorre à equação 2.1:

$$ER_{IU_i} = \frac{F_{IU_i}}{\sum_i F_{IU_i}} \times \sum_j E_{UPAC_j} \quad (2.1)$$

Em que:

- ER_{IU_i} – Energia repartida na IU_i ;
- F_{IU_i} – Fator de repartida na IU_i ;
- $\sum_j E_{UPAC_j}$ – Energia a repartir;
- i – Índice da IU;
- j – Índice da unidade produção.

2.1.5.2 Repartição baseada em Consumo

O modelo de repartição baseado em consumo [27] tem uma repartição com base nos consumos de cada IU, garantindo a distribuição conforme as necessidades. Neste modelo, a repartição é feita com base em dados obtidos pelo ORD, sem interferência da EGAC. Com este modelo é possível minimizar as injeções na RESP. A equação 2.2 representa o cálculo efetuado para o modelo.

$$ER_{IU_i} = \frac{EC_{IU_i}}{\sum_i EC_{IU_i}} \times \sum_j E_{UPACj} \quad (2.2)$$

Em que:

- ER_{IU_i} – Fator de repartida na IU_i ;
- EC_{IU_i} – Energia consumida na IU_i ;
- $\sum_j E_{UPACj}$ – Energia a repartir;
- i – Índice da IU;
- j – Índice da unidade produção.

Como em qualquer modelo de repartição, existem vantagens e desvantagens. Na Figura 2.9 são expostos os benefícios e os problemas.

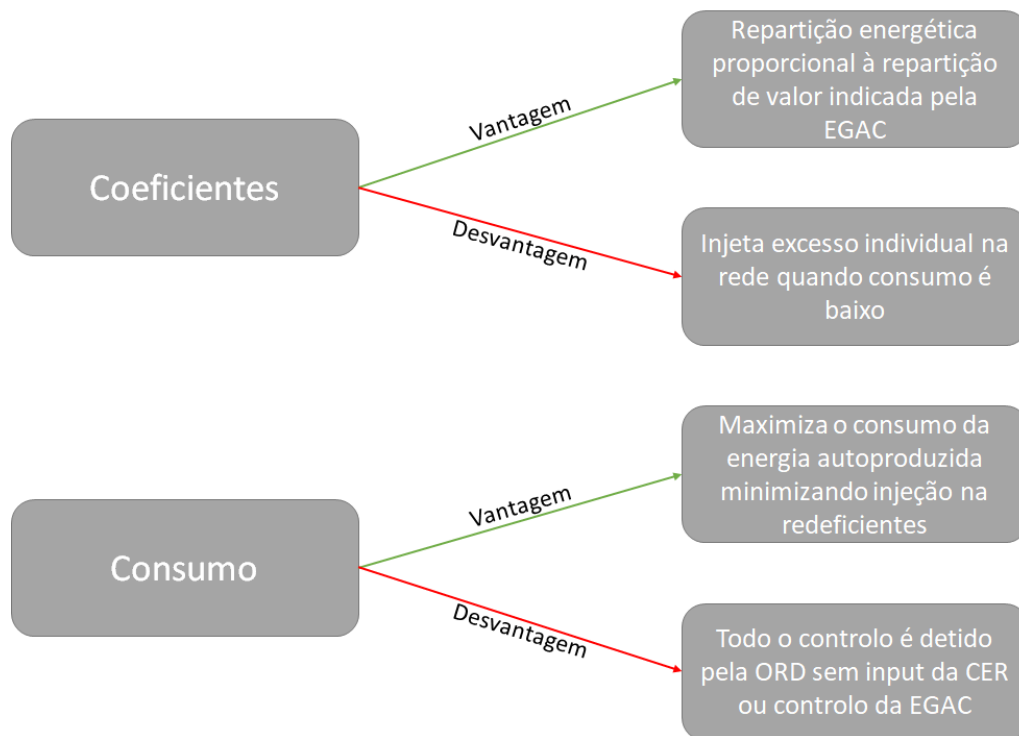


Figura 2.9: Modelos de Repartição

2.1.5.3 Repartição híbrida (consumo e coeficientes)

Este modelo ainda não se encontra previsto na legislação mas poderá ser um exemplo a adotar no futuro, já que incorpora os dois modelos anteriores [27]. Aproveita os benefícios de cada um dos modelos, havendo controlo dos consumos a cada instante, mas também há limites através dos coeficientes base. O modelo é obtida através da equação 2.3.

$$ER_{IU_i} = \frac{F_{IU_i} \times EC_{IU_i}}{\sum_i (F_{IU_i} \times EC_{IU_i})} \times \sum_j EP_{UPAC_j} \quad (2.3)$$

Em que:

- ER_{IU_i} – Energia repartida na IU_i ;
- $\sum_j EP_{UPAC_j}$ – Energia a repartir;
- F_{IU_i} – Fator de repartida na IU_i ;
- EC_{IU_i} – Energia consumida na IU_i ;
- i – Índice da IU;
- j – Índice da unidade produção.

2.2 Perfis de Consumo

Esta secção tem como fundamento compreender qual a relação do cliente com o sistema eléctrico, numa perspetiva comercial. As características que cada cliente tem poderão ser importante para a sua caracterização aquando do dimensionamento de uma CER [18].

A característica de um consumidor impõe uma modulação de energia consumida no tempo através de uma função denominada de diagrama de cargas, que traduz a variação do consumo ao longo das horas do dia e dos dias do ano. Os perfis de consumo descrevem o diagrama de carga de um grupo de consumidores e são usados para fornecer informações às empresas comercializadoras sobre a demanda de consumo. Os perfis de consumo são calculados para os clientes finais em MT e BTN que não possuem contadores inteligentes com registo de consumo de quarto-horário. Essa previsão de consumo é calculada através de um conjunto de três valores: valor do perfil inicial, diagrama de carga de referência e diagrama de carga do Sistema. O valor do perfil inicial é um valor de referência, publicado pela ERSE, sendo determinado para períodos de 15 minutos, e são normalizados correspondendo a um somatório de todos os valores de 15 em 15 minutos. O diagrama de carga de referência é um diagrama de carga previsto pela RESP que equivale ao somatório das potências de emissão das centrais ligadas diretamente à RNT e RND, adicionada a potência correspondente ao saldo importador das linhas de interligação com Espanha e deduzida a potência dos consumos para bombagem. Por último, o Diagrama de Carga do Sistema simetriza a soma de todos os valores de potência referidos para o Diagrama de Carga de Referência [28] [18].

No âmbito das UPAC, o fornecimento e instalação dos equipamentos de medição têm vários responsáveis, dependendo do tipo de instalação. É responsabilidade do autoconsumidor, tanto no caso do equipamento que mede o total da produção da UPAC como no caso do contador autónomo da instalação de consumo que mede a injeção na rede. Há uma partilha de encargos entre o autoconsumidor e o ORD quando o contador é bidirecional, medindo simultaneamente o consumo da instalação e a injeção na rede [2].

2.2.1 Informação Comercial sobre o Consumidor

Numa contratualização entre um consumidor e uma empresa comercializadora de energia elétrica há um conjunto de informações básicas do cliente e da instalação de consumo que são recolhidas para a celebração de um contrato. São essas o nível de tensão, tipo de fornecimento, código de ponto de entrega (CPE), código de atividade económica (CAE), potência instalada, potência certificada, potência requisitada e potência contratada, consumo anual estimado e períodos tarifários, como referidos na Figura 2.10 [18].



Figura 2.10: Informações Comerciais sobre Consumidor

Níveis de Tensão

Em Portugal, os consumidores de eletricidade são classificados conforme o nível de tensão da ligação que usam. Esses níveis são apresentados na Tabela 2.3. De salientar que, dentro da Baixa Tensão, existem duas categorias:

- Baixa Tensão (BTN) - consumidores com potência contratada $\leq 41,4\text{kW}$;
- Baixa Tensão Especial (BTE) - consumidores com potência contratada $> 41,4\text{kW}$.

Tabela 2.3: Níveis de Tensão de fornecimento de energia e respetivos intervalos de tensão fase-fase (UF_F) em valor eficaz

Nível de Tensão	Intervalo de Tensão (kV)
MAT	$UF_F > 110$
AT	$45 < UF_F \leq 110$
MT	$1 < UF_F \leq 45$
BT	$UF_F \leq 1$

Tipo de Fornecimento de Energia

O tipo de fornecimento de energia elétrica para as instalações pode ser monofásico ou trifásico, dependendo sempre do nível de tensão e potência certificada da instalação. Na Tabela 2.4 pode ser encontrada a sua correspondência.

CPE

Relativamente ao código do ponto de entrega ou CPE, é um código único e universal atribuído a cada ponto de entrega, formado por 20 caracteres, entre letras e números, dividido em quatro campos específicos, como apresentado na Figura 2.11. A responsabilidade da atualização da base de dados dos CPE é do operador de rede, enquanto os comercializadores têm que incluir na fatura o CPE associado ao consumidor. No caso de uma instalação ser produtora e consumidora, deverá haver um CPE distinto para cada uma das atividades, sendo este o caso a reter numa CER.

Tabela 2.4: Correspondência entre Nível de Tensão e Fases

Nível Tensão	Trifásico	Monofásico
MAT	•	
AT	•	
MT	•	
BTE	•	
BTN	•	•



Figura 2.11: Estrutura do CPE

Períodos Tarifários

Os preços da energia elétrica variam em relação aos períodos tarifários, dependendo do dia e hora em que está a ser consumida a energia elétrica. Os períodos tarifários dividem-se em períodos trimestrais e períodos horários. Os períodos trimestrais de entrega de eletricidade são divididos por:

- Período I - 1 de janeiro a 31 de março;
- Período II - 1 de abril a 30 de junho;
- Período III - 1 de julho a 30 de setembro;
- Período IV - 1 de outubro a 31 de dezembro.

Já nos períodos horários, a divisão é feita por:

- Horas de ponta;
- Horas de vazio normal;
- Horas cheias;
- Horas de super vazio.

Os ciclos de contagem são determinados em função do nível de tensão e estão representados na Tabela 2.5.

As tarifas de acesso às redes dos clientes são aplicadas em dois ciclos [29]: semanal ou semanal opcional, para os clientes em MAT, AT e MT. No caso dos clientes em BTN e BTE, aplicam-se o ciclo semanal ou ciclo diário. No ciclo diário, os períodos horários são iguais para todos os dias, semana e fim de semana, sendo a única diferença para o horário legal de verão e de inverno. No ciclo semanal, apresentam-se três grupos horários: dias úteis, sábados e domingos, e incluem a diferenciação dos dois períodos da hora legal. Face aos tipos de tarifas, os clientes finais em MAT, AT, MT e BTE apresentam uma tarifa com os quatro períodos horários, denominado de

Tabela 2.5: Tipologia de ciclos de contagem para efeitos de definição dos períodos horários [Quadro 5-1]

Portugal Continental	Região Autónoma dos Açores	Região Autónoma da Madeira
Consumidores em MAT, AT e MT	Consumidores em MT e BTE	Consumidores em AT, MT e BTE
• Ciclo Semanal • Ciclo Semanal opcional	• Ciclo Semanal • Ciclo Semanal opcional	• Ciclo Semanal • Ciclo Semanal opcional
Consumidores em BTE e BTN	Consumidores em BTE e BTN	Consumidores em BTE e BTN
• Ciclo Semanal • Ciclo Diário	• Ciclo Semanal • Ciclo Diário	• Ciclo Semanal • Ciclo Diário

tetra-horária. Já para os clientes em BTN, a tarifa pode ter três designações: simples, bi-horária e tri-horária. De acordo com cada tipo de tarifa, os períodos horários são organizados conforme a visualização das Figuras 2.12 e 2.13.

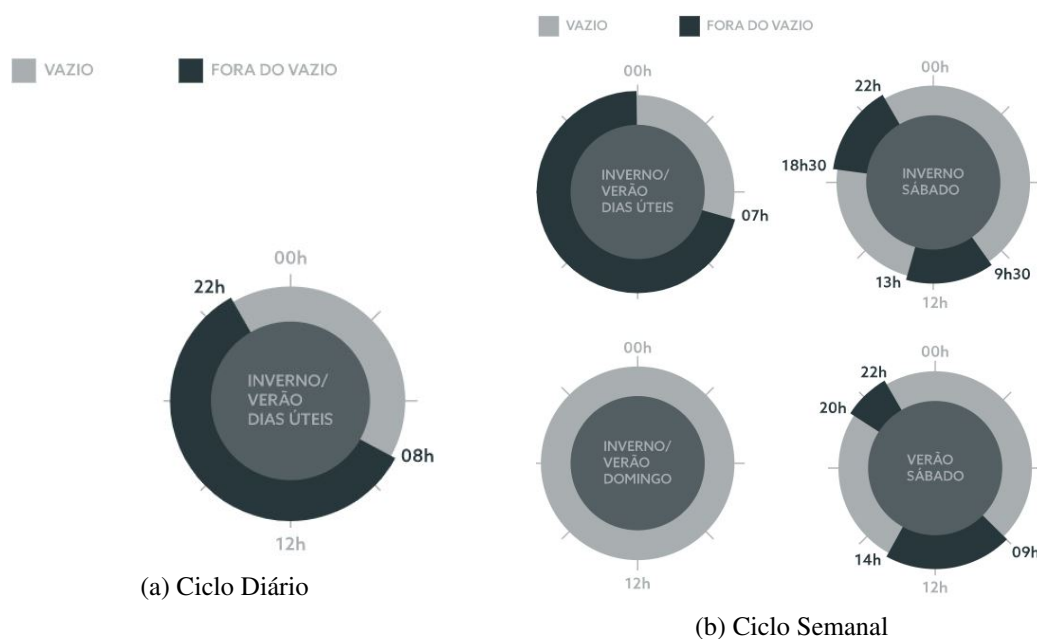


Figura 2.12: Ciclos da Tarifa Bi-Horária [4]

2.2.2 Informação de Medição de Consumo dos Consumidores

As informações de medição de consumo de clientes de energia elétrica podem ser recolhidas de diferentes sistemas de medição que apresentam dados com uma certa periodicidade de leitura, não obstante erros e desvios. Nas instalações de MAT, AT, MT e BTE e em algumas de BTN, os dados são recolhidos através de um sistema de telecontagem. Este sistema, de leitura remota, é constituído por equipamentos capazes de medir as grandezas necessárias para os períodos de

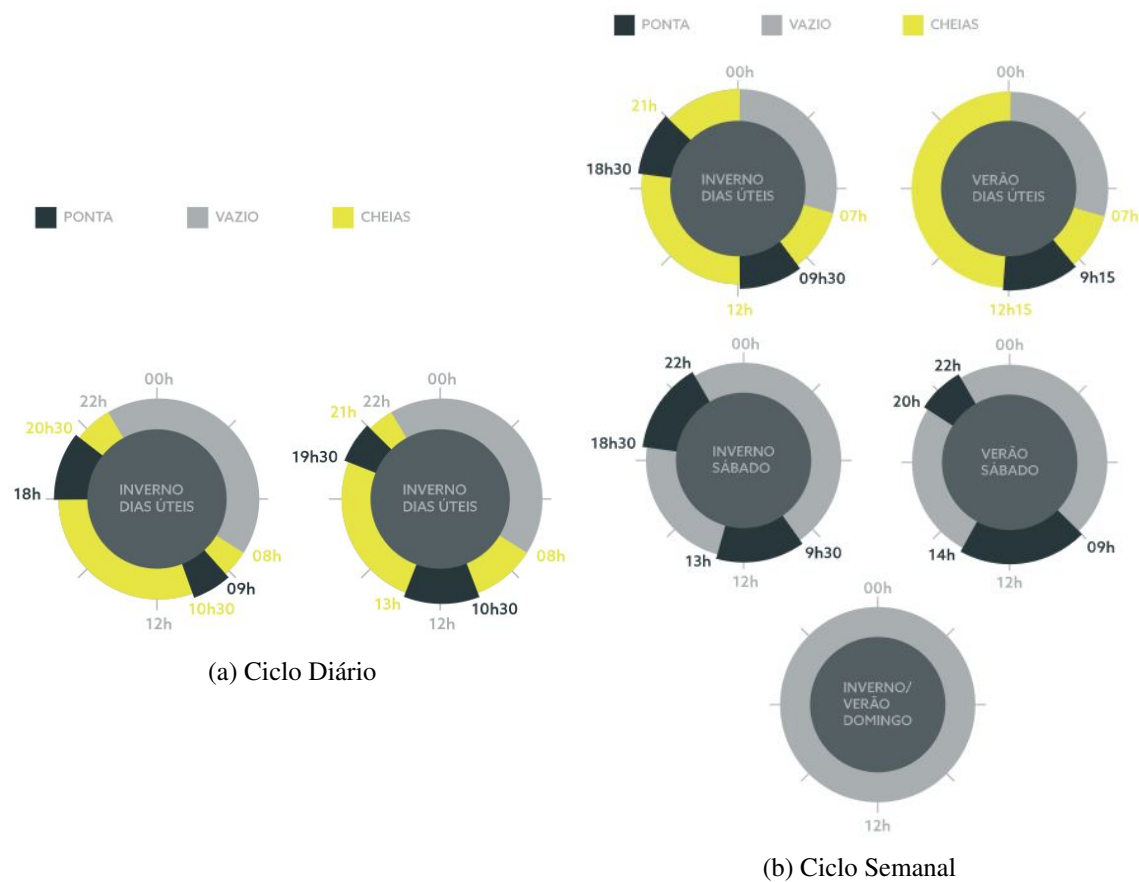


Figura 2.13: Ciclos da Tarifa Tri-Horária [4]

integração e comunicar com os sistemas centralizados de recolha e tratamento de dados. Nas restantes instalações, de BTN, essa leitura é feita através de um sistema de leitura local que apenas posteriormente é enviada para o sistema centralizado [23]

De acordo com o Regulamento de Relações Comerciais, há um conjunto de grandezas que têm que ser quantificadas e medidas para efeitos de faturação de um consumidor. Algumas dessas são através de uma leitura e/ou medição dos equipamentos de medição instalados em cada consumidor, mas as restantes são processadas e calculadas. Estas grandezas estão ilustradas na Figura 2.14.

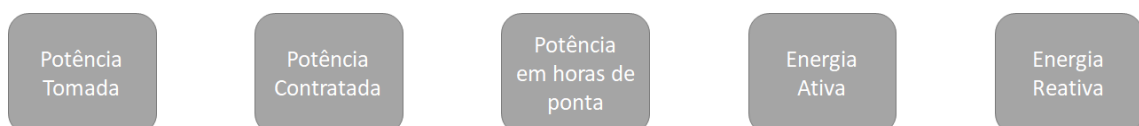


Figura 2.14: Grandezas - RRC

Passa-se agora a descrever as grandezas medidas através dos equipamentos de medição obtidas, conforme o tipo de instalação ou ponto de medição.

A energia ativa ou potência ativa média e a energia reativa ou potência reativa média são obtidas conforme a periodicidade definida no GMLDD [23] e a Tabela 2.6, quando o cliente não dispõe de um contador inteligente de medição quarto-horária ou sem leitura remota.

Tabela 2.6: Periodicidade da Leitura de Ciclo em consumidores sem leitura remota

Tipo de Cliente	Periodicidade da Leitura de Ciclo
MT e BTE	Mensal
BTN	Trimestral

Já nas restantes grandezas medidas, em todo o tipo de cliente final que tenha uma leitura de forma remota, o operador da rede deve garantir o cumprimento da periodicidade de leitura conforme apresentada na Tabela 2.7 [23].

Tabela 2.7: Periodicidade da Leitura de Ciclo em consumidores com leitura remota

Tipo de Cliente	Periodicidade da Leitura de Ciclo
MAT, AT, MT e BTE	Diária
BTN	Mensal

Quando não é possível obter todas as grandezas necessárias através da consulta dos equipamentos de medição, é necessário recorrer a cálculos auxiliares [23].

Anomalias

Existem dois tipos de anomalias relativas à medição e leitura: anomalias tipificadas e anomalias não tipificadas, conforme a Tabela 2.8.

Tabela 2.8: Anomalias Tipificadas vs Não Tipificadas

Anomalias Tipificadas	Anomalias Não Tipificadas
Erros de medição	Anomalias de comunicação que têm como consequência a falta de dados de medição para a instalação que ultrapasse os 10% do total de energia elétrica apurado no período da faturação anterior
Erros de configuração	
Erros de leitura por acesso local	
Erros de comunicação de dados por acesso remoto	Todas as restantes possíveis anomalias não descritas

Todos os procedimentos e regras relativos a anomalias de medição e leitura podem ser encontrados no GMLDD [23].

Para a leitura dos equipamentos de medição há um conjunto de responsáveis, conforme os pontos de instalação e medição. Essa responsabilidade está resumida na Tabela 2.9 [23].

Tabela 2.9: Responsabilidade dos Equipamentos de Medição

Equipamento de Medição	Responsável
Instalação de Produção	Operador de Rede e Produtor
UPP	ORD
UPAC	ORD
Redes Fora do Território Nacional	Operador cuja rede está interligada. ORD tem direito à leitura
Subestação da RNT à RND	ORT. ORD MT e AT têm direito à leitura
Ligação da RND à RND BT	ORD MT e AT
Clientes Finais	Operador de Rede onde a Instalação está ligada

No caso dos clientes finais, os mesmos têm a possibilidade de efetuar a leitura dos equipamentos de medição e a sua comunicação. Os clientes em BTN podem comunicar leituras do equipamento de medição ao ORD ou ao comercializador, ficando do lado do ORD e das comercializadoras o dever do registo e coordenação das leituras feitas pelos clientes.

Tabela 2.10: Variáveis de faturação aplicadas aos vários níveis de tensão

	MAT	AT	MT	BTE	BTN
Potência					
Potência contratada	•	•	•	•	•
Potência em horas de ponta	•	•	•	•	
Energia ativa					
Preços diferenciados por trimestre	•	•	•	•	
Tetra-horária	•	•	•	•	
Tri-horária					•
Bi-horária					•
Estrutura simples					•
Energia reativa					
Indutiva	•	•	•	•	
Capacitiva	•	•	•	•	

A potência instalada dos pontos de entrega em BT é o valor máximo para a qual a instalação do consumidor está dimensionada e licenciada. Em AT e MT, a potência instalada é o somatório das potências nominais dos transformadores instalados num Posto de Transformação (PT), podendo ser de serviço público ou particular.

Já a potência certificada é igual à instalada em BT. No caso de AT e MT, a mesma é o valor da potência instalada com as limitações das proteções e cablagens da instalação.

A potência requisitada de um ponto de entrega é o valor da potência máxima que a rede, a montante da instalação, consegue alimentar, em condições determinadas na legislação e regulamentação vigentes, e para a qual a ligação deve ser dimensionada. No caso de ligações à rede através de uma instalação coletiva de uso particular, como é o caso de edifícios e/ou conjuntos de edifícios, uma potência requisitada é definida pela ligação à rede do edifício ou conjunto de edifícios. Nesta situação, o valor da potência requisitada em cada instalação de utilização equivale à potência certificada, em conformidade com as exigências determinantes para potência requisitada da instalação coletiva.

A potência contratada é aquela que os operadores das redes disponibilizam para o ponto de entrega e a mesma não pode ser maior que a potência requisitada. Nos pontos de entrega em BTN, a potência contratada é a potência aparente disponível ao cliente em relação ao limite do disjuntor instalado. O disjuntor é considerado um dispositivo controlador de potência (DCP), sendo que os DCP são instalados pelo Operador da Rede de Distribuição (ORD) e colocados a jusante do equipamento de medição. Os DCP podem ser bipolares para instalações monofásicas ou tetrapolares para instalações trifásicas e os seus calibres têm que estar de acordo com a potência contratada. As potências contratadas em BTN são normalizadas por escalões, como apresentado

na Tabela 2.10 [1]. Nos restantes níveis de tensão, MAT, AT, MT e BTE, não existem escalões definidos de potência contratada, já que a determinação do valor para esses clientes é feita através do registo dos 12 meses anteriores, incluindo o mês da faturação, ou seja, a máxima potência tomada nesses 12 meses é determinada como potência contratada. Nos pontos de entrega em MAT, AT e MT, a potência contratada (em kW) não pode ser menor 50% da potência instalada (em kVA) conforme o artigo 247º do regulamento de Relações Comerciais do Setor Elétrico redigido pela ERSE [18].

Já a potência contratada em horas de ponta (P_p), é a potência ativa média que é obtida através da equação 2.4.

$$(P_p) = \frac{E_p}{H_p} \quad (2.4)$$

onde:

- E_p - Energia ativa medida nas horas de ponta p referentes ao ciclo de contagem utilizado e no intervalo de tempo relativo à fatura em questão;
- H_p - Número de horas de ponta referentes p ao ciclo de contagem utilizado e no intervalo de tempo relativo à fatura em questão.

Finalmente, a potência tomada é o valor máximo da potência ativa média medida no intervalo de tempo faturado.

2.2.3 Proteção e Confidencialidade dos Dados

Os dados de medição de clientes finais de energia elétrica são acessíveis ao cliente, ao respetivo comercializador e ao operador da rede ao qual a instalação do cliente final está ligada. O ORT e o ORD são responsáveis pela aquisição e disponibilização dos dados dos seus clientes e os comercializadores têm o dever de disponibilizar aos seus clientes, através da respetiva fatura, as informações necessárias para o entendimento dos valores medidos e faturados. Há a possibilidade da solicitação, por parte do cliente, dos diagramas de carga das medições obtidas sempre que os contadores têm uma leitura remota. A proteção de dados pessoais é um direito de todos os cidadãos da União Europeia através do Decreto-Lei n.º 58/2019 [30]. Todos têm o direito de ter os dados pessoais tratados em processos legais e para fins especificados. Os equipamentos de medição de clientes finais devem estar equipados com medidas de proteção da privacidade dos dados, que possam ser considerados dados pessoais, nos termos da lei acima mencionada. As entidades com acesso remoto à URT, associada a cada ponto de medição são responsáveis por garantir a proteção da privacidade dos dados dos clientes finais. O tratamento para investigação científica ou fins estatísticos ou interesse público, contemplado no Regulamento (UE) 2016/679 do Parlamento Europeu e do Conselho [31], é possível, sempre que autorizada pelo cliente e desde que adotadas medidas como pseudonimização, para que os dados pessoais não fiquem associados

a uma pessoa singular identificável. Para além disso, um dos princípios gerais de relacionamento comercial entre as entidades que operam no SEN é o direito à garantia do anonimato da informação comercial. A determinação da informação comercial sensível é feita pela ERSE, através de uma lista de informação comercialmente sensível.

2.3 Caracterização de Perfis de Consumo

Nesta secção serão abordadas as várias caracterizações de perfis de consumo bem como os métodos utilizados para se chegar a esses perfis.

Os perfis de consumos são uma aplicação direta a todos os clientes que não dispõem de equipamentos de medição, última geração ou contadores inteligentes, com registos de consumos em períodos de 15 minutos. Os perfis são obtidos através de adaptações de perfis iniciais, com base em Diagramas de Carga de Referência e Diagrama de Carga do Sistema, minimizando ao máximo erros ou desacertos provocados por fatores alheios [23].

Em instalações BT, onde não é possível leituras com a periodicidade exigida pela disponibilização de dados, é necessário definir um método de cálculo de consumo estimado. Esse cálculo tem como objetivos:

- Procurar que a estimativa de consumos corresponda aos consumos efetivamente realizados pelo cliente.
- Garantir a transparência dos métodos a utilizar pelos ORD e pelos comercializadores, assegurando a menor perturbação no relacionamento com os clientes finais, nomeadamente, nos processos de faturação.

Estas estimativas apenas são para consumidores em BTN, já que nas instalações em BTE não são aplicáveis estimativas de consumo. Nesses casos, a ausência de leitura implica que o consumo estimado seja nulo para o período em questão. O cliente tem obrigação de saber antecipadamente o método de cálculo utilizado pelo ORD e pelo comercializador na determinação do consumo estimado da sua instalação, bem como de outros métodos de cálculo disponibilizados pelo ORD e pelo seu comercializador, podendo o utilizador exercer o direito de opção pelo método de cálculo, conforme estabelecido pelo RRC [18]. Em caso de alteração de empresa comercializadora, quando não é possível obter uma leitura real à data da mudança, os métodos de cálculos também podem ser aplicados. Em clientes finais em BT, aplica-se a metodologia dos perfis de consumo, que possibilita a disponibilização dos dados de consumo de forma discriminada em períodos de 15 minutos, e é aplicável a todos os clientes finais em BT que não têm equipamento de medição com registo de consumos em períodos quarto-horários [23].

Importante salientar que os clientes em MT e BTE podem não conter sistema de telecontagem devido a impedimentos técnicos que podem surgir pela falta de cobertura de rede de comunicações móveis ou linha telefónica da rede fixa. Nestes casos, a contagem deve ser efetuada de forma manual no local da instalação.

Para a obtenção do consumo estimado de cliente em BTN, o cliente pode optar por um dos dois métodos de estimativa existentes - Método A - "Perfil" e Método B "Consumo Fixo". Quando não há uma indicação ou escolha por parte do cliente, é-lhe atribuído automaticamente o Método A. O método A tem por base o Consumo Médio Diário (C_{md}). Para os pontos de entrega com ou sem histórico de leituras, e em função das opções tarifárias, baseia-se no Consumo Médio diário obtido para um Ponto de Entrega [23].

Já o método B aplica-se conforme o valor de consumo médio mensal registado pelo ORD ou pelo comercializador. A aplicação deste método é posta em prática quando não existe uma leitura real, que poderá ser corrigida, sob solicitação, pelo ORD, comercializador ou cliente.

2.3.0.1 Obtenção do Consumo Médio Diário

Conforme o GMLDD [23], a obtenção do Consumo Médio Diário depende do tipo de contador que a instalação tem, bem como o tipo de tarifa que o consumidor tem contratada. Dessa forma, as equações 2.5 a 2.8 representam esses cálculos. Na Tabela 2.11 é encontrada a equivalência entre as equações e o respetivo tipo de consumidor.

$$C_{md} = \frac{CEL}{Nd} \quad (2.5)$$

$$C_{md_p} = \frac{CEL_p}{Nd} \quad (2.6)$$

$$CAEPC_j = \frac{W_{BTN_j}}{NC_{BTN_j}} \quad (2.7)$$

$$C_{md} = \frac{CAEPC_j}{365} \quad (2.8)$$

Em que as variáveis são:

- C_{md} - Consumo médio diário;
- CEL - Consumo entre leituras;
- Nd - Número de dias entre leituras;
- C_{md_p} - Consumo Médio Diário no período horário p;
- CEL_p - Consumo entre leituras no período horário p;
- Nd - Número de dias entre leituras;
- $CAEPC_j$ - Consumo médio anual dos clientes finais enquadráveis no escalão de potência contratada j;
- W_{BTN_j} - Energia ativa consumida no ano anterior ao de aplicação, pelos clientes finais enquadráveis no escalão de potência contratada j;

- NC_{BTN_j} - Média aritmética simples do número de clientes finais enquadráveis no escalão de potência contratada j , no início e no final do ano anterior ao de aplicação;

Tabela 2.11: Tabela de Equação do Cálculo do Consumo Médio Diário

Cálculo do Consumo Médio Diário		Equação
Com Histórico	Tarifa Simples	2.5
	Tarifa Multi-Horária	2.6
Sem Histórico	Tarifa Simples	2.7
	Tarifa Multi-Horária	[32]

2.3.1 Determinação de Perfis BTN [1]

Em estudos para criações de CER, é importante conhecer os perfis de consumos dos vários elementos compostos pela comunidade. Por falta de dados de contagem, são muitas vezes utilizados diagramas de carga padrão, para diferentes níveis de tensão e opção tarifária, que representam de maneira adequada os perfis de consumo dos consumidores. Estes perfis, elaborados pela EDP Distribuição e posteriormente aprovados e disponibilizados pela ERSE, resultam de um levantamento de dados de consumo entre o dia 1 de outubro do ano X e 30 de setembro de $X+1$ durante 7 anos, (1 de outubro do ano $X+6$ e 30 de setembro do ano $X+7$), completando sempre 84 meses. Ao abrigo da Diretiva ERSE nº 12/2017 de 22 de dezembro, são considerados três perfis de consumo para as instalações BTN, a aplicar entre 1 de janeiro e 31 de dezembro, com a informação constante da tabela 2.12. Os perfis em BTN são caracterizados pela potência contratada e consumo respetivo nos últimos doze meses, nas três classes distintas. A determinação dos perfis conta com leituras quarto-horárias de locais amostrados e consumos médios discriminados não telecontados relativos à população de locais de consumo da EDP Distribuição.

Tabela 2.12: Classes de Consumidores em Baixa Tensão

	Potência Contratada (kVA)	Energia (kWh)
Classe A	13,8	qualquer
Classe B	13,8	7140
Classe C	13,8	7140

O perfil de consumo em BTN Classe A está associado a instalações com utilização profissional, a Classe B associada a um conjunto de instalações empresariais e ainda a um leque reduzido de consumidores residenciais. Por último, a Classe C aponta para um consumo maioritariamente residencial.

$$P_{m,d,h}^f = P_{m,d,h}^0 \times \frac{D_{m,d,h} / \sum_d \sum_h D_{m,d,h}}{DR_{m,d,h} / \sum_d \sum_h DR_{m,d,h}} \quad (2.9)$$

- - $P_{m,d,h}^f$ – Valor do Perfil Final para o mês m , dia d e período de 15 minutos h ;
- - $P_{m,d,h}^0$ – Valor do Perfil Inicial, para o mês m , dia d e período de 15 minutos h ;

- - $D_{m,d,h}$ – Valor do Diagrama de Carga do Sistema, para o mês m , dia d e período de 15 minutos h ;
- - $DR_{m,d,h}$ – Valor do Diagrama de Carga de Referência, para o mês m , dia d e período de 15 minutos h .

Desta forma, são considerados e analisados três tipos de perfis, BTN A, BNT B e BTN C, correspondendo, respetivamente, cada um a uma das classes.

A sua estimação é elaborada através de seis etapas:

1. Referenciação para cada um dos sete anos, por referências através de um código diário, tipo de dia (útil, sábado e domingo/feriado) e ordem cronológica;
2. Cálculo de consumo médio a cada quinze minutos para cada dia do ano durante todo o período da amostra.

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n fe_i \times x_i}{\sum_{i=1}^n fe_i} \quad (2.10)$$

$$fe_i = \frac{N_i}{n_i} \quad (2.11)$$

Onde:

- X – consumo médio;
 - X_i – consumo médio dos clientes da amostra i ;
 - N – número de estratos;
 - Fe_i – fator de extrapolação – calculado através da equação
 - N_i – número de locais de consumo na população pertencente ao extrato i ;
 - n_i – número de locais de consumo na amostra pertencente ao extrato i ;
3. Cálculo da média dos consumos a cada 15 minutos de cada dia do ano para todos os anos em consideração para as classes de perfis. Para este cálculo, é usado um intervalo de anterior e posterior para a data em questão, criando-se uma média móvel. No caso de um dia útil, é usado um intervalo de dez dias úteis anteriores e dez dias úteis posteriores. Relativamente a um sábado, o intervalo corresponde a dois sábado anteriores e a dois posteriores, tal como no caso de um domingo/feriado. Esta utilização tem como objetivo obter variações graduais dos perfis ao longos dos dias, retirando eventuais transições mensais na evolução do ano.
 4. Cálculo da média anual dos consumos usando as médias móveis obtidas na etapa anterior;
 5. Para o ano de calendário em questão para o qual é feita a estimação dos perfis, atribuir o respetivo diagrama por dia do ano;

6. Diagrama normalizado, como forma de atingir a soma anual igual a 1000.

É igualmente calculado um procedimento para suavizar as transições entre os diferentes dias do ano, em especial entre as 23h30 e as 00h30 do dia seguinte, bem como de domingo para segunda, sextas para sábados, sábados para domingos e ainda de dia útil para feriado e vice versa. Através destes procedimentos, resultam os perfis estimados para a Baixa Tensão Normal.

2.3.2 Determinação de Perfis UPAC [1]

A produção de uma CER advém muitas vezes de UPAC, sendo a determinação do seu perfil, importante para o dimensionamento.

As UPAC têm um apuramento de dados, quer de consumo quer de produção, sendo que os relativos à produção correspondem à injeção líquida da energia na RESP. Tal como os restantes perfis, são aplicados perfis de consumo e de produção, quando a UPAC não tem qualquer registo para períodos de 15 minutos. Em UPAC de consumidores BTN, poderá haver três classes de perfis e ainda instalações, com contrato ou sem contrato de venda de energia. Essa caracterização é feita através da Tabela 2.13.

Tabela 2.13: Caracterização UPAC em BTN

Com contrato de venda	Sem contrato de venda
Classe A	Classe A
Classe B	Classe B
Classe C	Classe C

Tendo a caracterização em consideração é necessário estimar nove diferentes perfis:

- 3 perfis de consumo solicitado à rede para as instalações com perfis A, B e C e com contrato de venda;
- 3 perfis de injeção de energia na rede para as instalações com perfis A, B e C e com contrato de venda;
- 3 perfis de consumo solicitado à rede para as instalações com perfis A, B e C e sem contrato de venda.

Para a determinação do perfil esperado para a produção, é utilizado o perfil estimado para MP. Já para a determinação dos perfis de consumo, são determinados os trânsitos de potências de energia com o ponto de fronteira da instalação com o RESP. Esses trânsitos são calculados através da seguinte fórmula:

$$TRAS_i^{P,G} = DCON_i^{P,G} - DPROD_i^{P,G} \quad (2.12)$$

Onde:

- $TRAS_i^{P,G}$ - trânsito de energia na fronteira de instalação de perfil P e segmento G (com ou sem contrato de venda) com a rede de distribuição no período de 15 minutos i associado ao perfil P;
- $=DCON_i^{P,G}$ - diagrama de consumo de energia da instalação de perfil P e segmento G (com ou sem contrato de venda) com a rede de distribuição no período de 15 minutos i associado ao perfil P;
- $DPROD_i^{P,G}$ - diagrama de produção de energia da instalação de perfil P e segmento G (com ou sem contrato de venda) com a rede de distribuição no período de 15 minutos i associado ao perfil P.

Desta forma, obtêm-se os diagramas de consumo e de produção para instalações UPAC e, consequentemente, se constrói o perfil UPAC.

2.3.3 Determinação de Perfis UPP [1]

Apesar de estas Unidades de Produção estarem muitas vezes relacionadas com grandes unidades, é preciso ter a capacidade perceber que o desenvolvimento de uma CER poderá ter a necessidade da instalação de uma UPP. Logo a determinação do seu perfil é relevante para o tema, mesmo que no presente projeto não se venha a utilizar uma UPP.

Para todas as unidades de produção em BT, com potência de ligação até 41,4kVA, são criados perfis UPP. A determinação é feita para períodos de quinze minutos, utilizando a estimação do valor de produção média mensal (PMM). A PMM é calculada individualmente para cada instalação ou para classes de instalações (quando há proximidade geográfica).

A estimação da PMM é feita através do valor médio de produção de cada UPP ou através do mês homólogo do ano anterior. Para cada caso, é efetuado o cálculo pelo quociente entre o somatório do valor da energia recolhido de cada UPP e o número médio das UPP ativas para cada mês.

$$PED_i^{MP_k|\alpha} = PMM_m^\alpha \cdot \frac{PerfMP_i^\alpha}{\sum_{i \in m} PerfMP_i^\alpha} \quad (2.13)$$

$$PEAD_l^{MP} = \sum_{\alpha} \sum_k PED_i^{MP_k|\alpha} \quad (2.14)$$

Onde:

- $PED_i^{MP_k|\alpha}$ - Produção estimada discriminada, correspondente à energia ativa produzida pela UPP MPk, da classe alfa, no período de 15 minutos i;
- PMM_m^α - Produção média mensal da UPP alfa, no mês m do ano anterior;
- $PerfMP_i^\alpha$ - Valor do perfil da UPP, da classe alfa, no período de 15 minutos i;

- $PerfMP_i^\alpha$ - Produção estimada agregada discriminada, correspondente à energia ativa produzida pela UPP sem leitura diária, no período de 15 minutos i .

Capítulo 3

Tratamento de Dados

Neste capítulo, é apresentada a visão geral dos dados utilizados, a sua análise e tratamento. Os aspetos focados serão fundamentais na construção/elaboração da ferramenta que gera séries temporais especificados no capítulo 4.

3.1 Caracterização dos Dados

Os dados utilizados para esta dissertação foram disponibilizados pela empresa Energia Simples e consideraram um total de 34 clientes domésticos de Baixa Tensão. Estes clientes não apresentavam um ano inteiro de histórico, sendo que o intervalo mais longo abrangia o período de dezembro de 2019 a outubro de 2020. A informação tarifária de cada consumidor pode ser analisada através da 3.1, com a associação de consumidores pelo seu ciclo horário e potência contratada.

Para cada um dos trinta e quatro consumidores analisados, há valores de 15 minutos de contagem através dos contadores inteligentes instalados nas suas habitações. De forma a perceber os diagramas de carga de cada um dos exemplos, foi montado um gráfico B.7 para cada consumidor a fim de se entender os seus consumos ao longo do tempo. Essa análise é feita no sub-capítulo seguinte.

Para futura referência, a Tabela 3.1 representa a associação entre o ID do consumidor, a potência contratada e o ciclo tarifário, respetivo. Neste caso, a criação do ID para cada consumidor é uma forma de não serem divulgados os CPE de cada consumidor, tentando cumprir o anonimato dos dados e fazendo cumprir a legislação [30] sobre Regulamento Geral de Proteção de Dados 2.2.3:

Tabela 3.1: Caracterização dos Consumidores

ID	Potência Contratada (kVA)	Tarifário
28	3,45	Bi-Horário
21	3,45	Simples
30	3,45	Simples
24	4,6	Bi-Horário

Tabela 3.1: Caracterização dos Consumidores

ID	Potência Contratada (kVA)	Tarifário
31	4,6	Bi-Horário
3	4,6	Simples
16	4,6	Simples
29	4,6	Simples
32	4,6	Simples
9	5,75	Bi-Horário
7	5,75	Simples
33	5,75	Simples
2	6,9	Bi-Horário
11	6,9	Bi-Horário
14	6,9	Bi-Horário
1	6,9	Simples
4	6,9	Simples
6	6,9	Simples
8	6,9	Simples
10	6,9	Simples
12	6,9	Simples
13	6,9	Simples
15	6,9	Simples
17	6,9	Simples
18	6,9	Simples
19	6,9	Simples
20	6,9	Simples
22	6,9	Simples
26	6,9	Simples
27	10,35	Bi-Horário
5	10,35	Simples
23	10,35	Simples
25	10,35	Simples
34	27,6	Tri-Horário

3.2 Análise dos Dados

De forma a perceber como tratar os dados para elaboração do projeto proposto, é necessário analisar os 34 consumidores e os seus dados. O procedimento feito em todos os clientes em estudo tem como principais objetivos:



Figura 3.1: Informação Tarifária dos Consumidores

1. analisar visualmente os dados do histórico de cada consumidor;
2. analisar visualmente os diagramas de carga de cada consumidor;
3. maximizar a qualidade dos dados;
4. obter padrões de consumo através dos dados;

Com o objetivo de tirar ilações sobre os comportamentos dos consumidores com as mesmas potências, foram criados seis gráficos, correspondendo cada um a um conjunto de consumidores com a mesma potência contratada. Esses mesmo gráficos apresentados nas Figuras 3.2- 3.7 correspondem às potências contratadas de 3.45kVA, 4.6kVA, 5.75kVA, 6.9kVA, 10.35kVA e 27.6kVA, respetivamente.

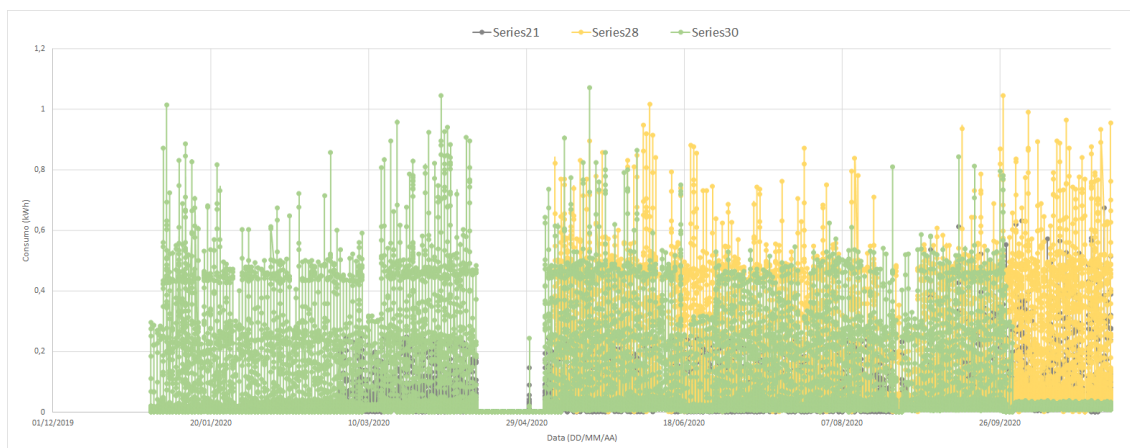


Figura 3.2: Diagrama de Carga - Consumidores 3.45kVA

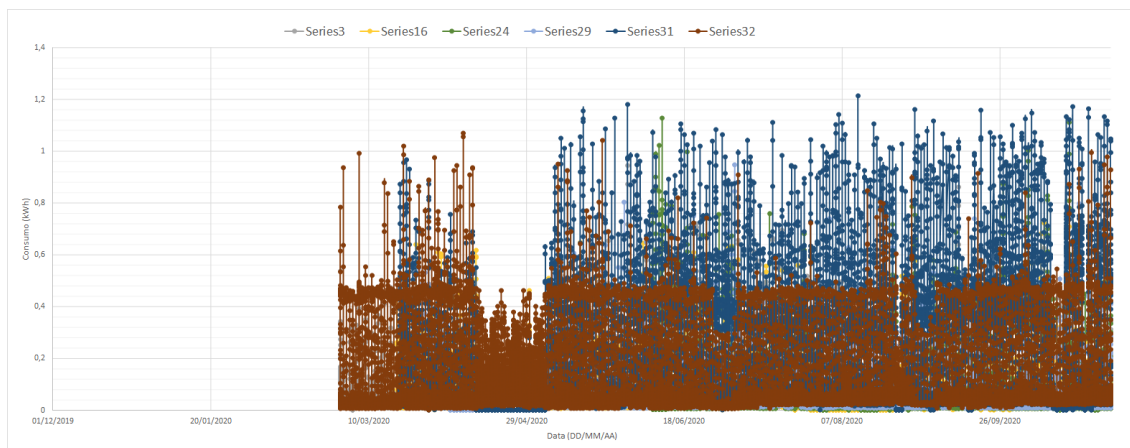


Figura 3.3: Exemplo de Diagrama de Carga - Consumidores 4.6kVA

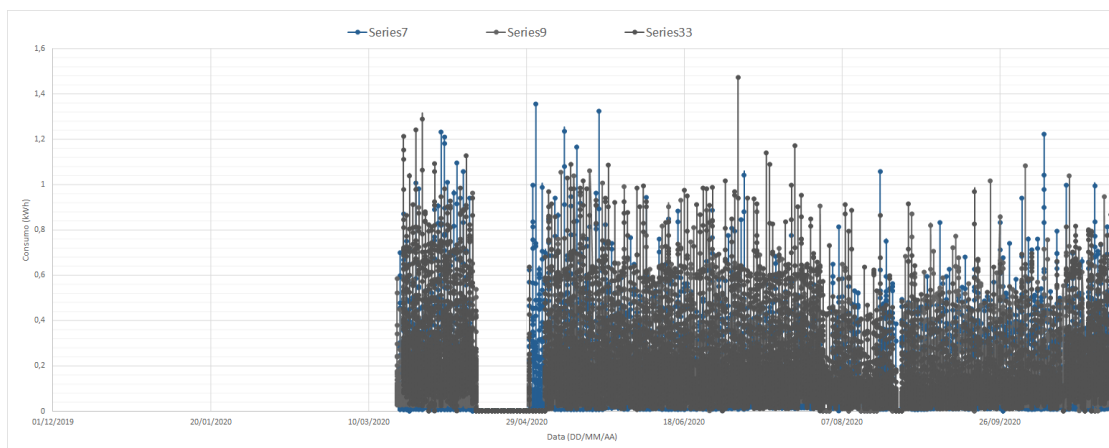


Figura 3.4: Exemplo de Diagrama de Carga - Consumidores 5.75kVA

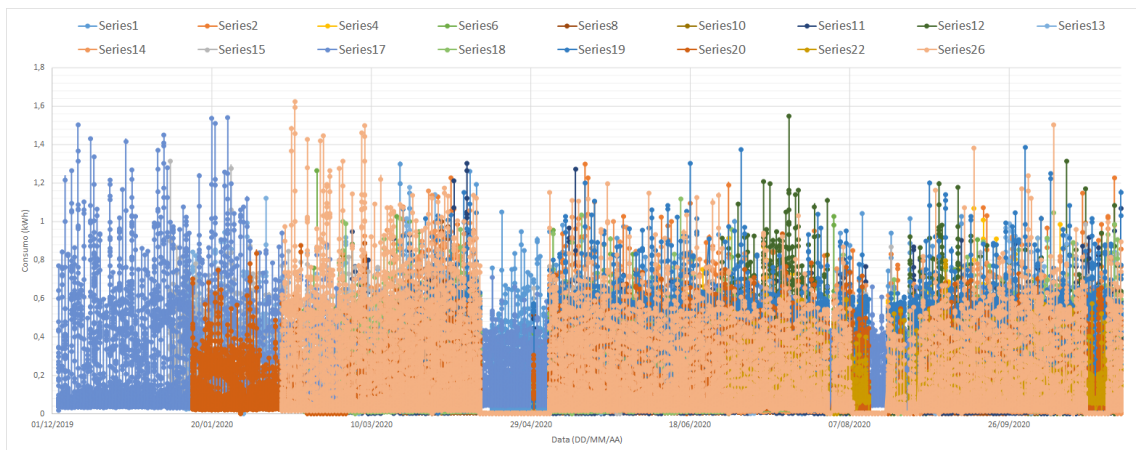


Figura 3.5: Exemplo de Diagrama de Carga - Consumidores 6.9kVA

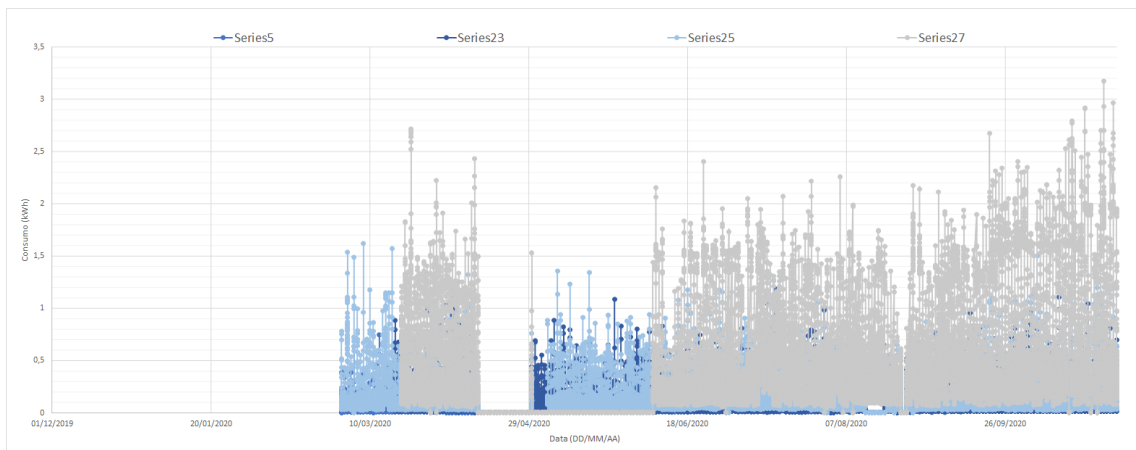


Figura 3.6: Exemplo de Diagrama de Carga - Consumidores 10.35kVA

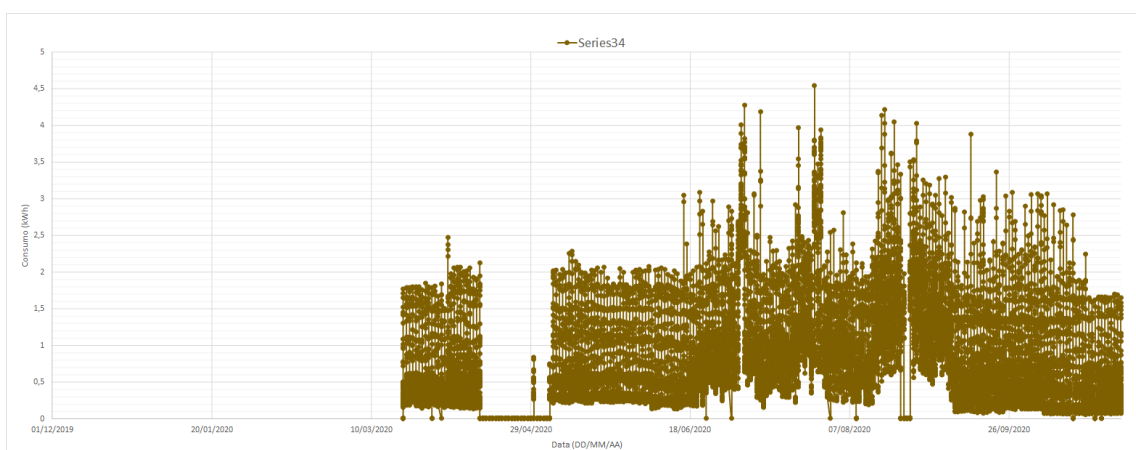


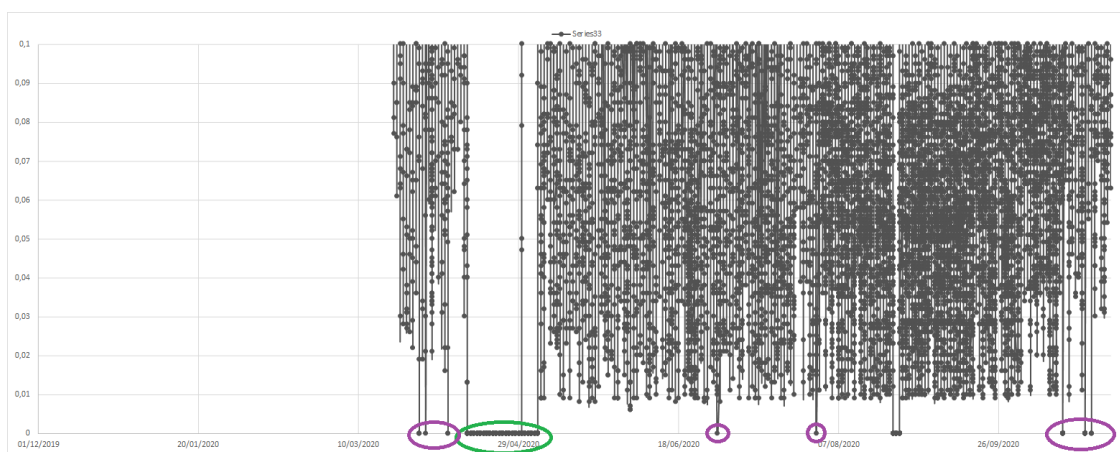
Figura 3.7: Exemplo de Diagrama de Carga - Consumidores 27,6kVA

Com a exceção dos consumidores com potências contratadas de 10.35kVA [3.6](#) e 27.6kVA [3.7](#), as características dos diagramas de cada um dos consumidores acabam por ter uma densidade

similar entre todos, concluindo-se que apenas em alturas de picos de utilização da Energia é que os valores não seguem o caminho dos valores médios, havendo um aumento desses picos conforme o aumento da potência contratada.

Analisando graficamente, os consumidores em questão não usam de forma intensiva o valor mais baixo do kWh durante as horas de fora do vazio em ciclo bi-horário, sendo em alguns casos quase impercetível a diferença de perfil de consumidor.

Nesta análise de dados, foi também constatado que, em alguns consumidores, e por longos períodos, o seu consumo é de 0kWh, conforme a Figura 3.8. A existência de cargas constantes nas habitações, como são o caso de frigoríficos e outros eletrodomésticos, tornam o 0kWh constante como improvável de acontecer. A falhas ou interrupções de alimentação por parte do ORD são sempre pontuais e de curta duração. Logo, nestas circunstâncias, considera-se que o contador não foi capaz de fazer a leitura, por erro próprio ou por falha de comunicação com os sistemas de informação. Tendo esta informação em conta, para tratamento dos dados e utilização dos mesmos na realização do trabalho, foram ignorados todos os valores de períodos de 15 minutos a 0kWh.



(a) Consumidor 27



(b) Consumidor 33

Figura 3.8: Exemplos de Consumidores com falhas nas leituras e Interrupções Pontuais

Nota: Todos estes gráficos podem ser encontrados no Anexo A com maior dimensão e melhor resolução.

3.3 Conclusões

Tendo em consideração os dados analisados ao longo do capítulo 3, foram tomadas as seguintes decisões para a continuação do trabalho:

- Ignorar o consumidor nº34 3.7 - o facto deste consumidor ter uma potência contratada de 27,6kVA, acaba por ter também consumos fora da média de qualquer consumidor em BT, distorcendo os padrões de consumo;
- Substituir todos os valores igual a 0kWh em todos os períodos lidos por um valor vazio - um zero tem o significado técnico de não consumo de energia durante o período em questão, sendo que fará uma distorção dos dados quando envolvidos com outros. O valor zero, em muitos dos casos acima mencionado, significam uma incorreta leitura, por parte do contador, ou interrupção da alimentação.

Capítulo 4

Metodologia de Simulação de Perfis de Consumo

Neste capítulo é demonstrado um procedimento para obtenção de padrões de consumo e respectivos diagramas de cargas, os passos de que forma foi construída a ferramenta de simulação de perfis de consumo. É desenvolvida uma ferramenta para gerar séries temporais de consumo elétrico a aplicar em dimensionamentos de Comunidades de Energia Renováveis.

4.1 Padrões de Consumo

Ao longo deste sub-capítulo serão discriminados, ponto a ponto, todos os passos realizados ao longo da construção dos Padrões de Consumo. O fluxograma 4.1 representa, de forma resumida, todos os passos percorridos.

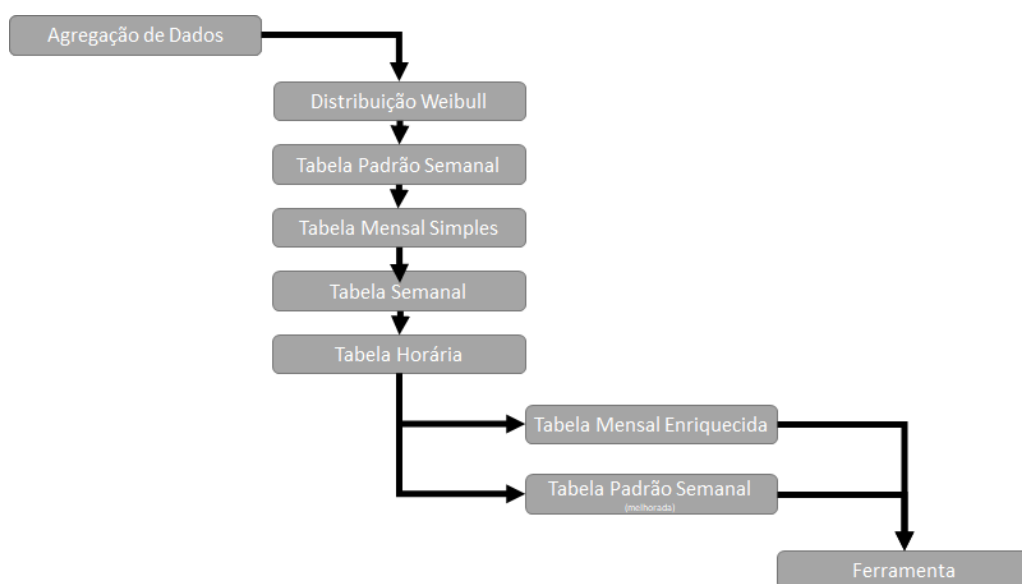


Figura 4.1: Fluxograma - Procedimentos da Metodologia

4.1.1 Construção de uma tabela Conjunta de Dados

O objetivo é construir um base de conhecimento de padrões de consumo; essa base de conhecimento deve ser construída com o máximo de dados possível. Na análise de dados, chegou-se à conclusão que todos os consumidores tinham padrões de consumo com as mesmas características. Tendo em conta estes pressupostos, passamos a construir a base de conhecimento com os registos quarto-horários de todos os 33 consumidores. Para tal, procedemos à construção de uma tabela conjunta de dados.

A tabela criada conta com a configuração apresentada na tabela 4.1, onde os dados das colunas a verde são os dados originais e as colunas a laranja são dados fragmentados para melhor uso. A tabela completa, que conta com 447491 linhas de dados, não pode colocada neste documento. As siglas COD1 e COD2 são explicadas à frente 4.2, enquanto DS - dia da semana, cujos valores (1) corresponde a domingo e (7) a sábado.

Tabela 4.1: Agregação de dados

Cod1	Cod2	ID	Data	Hora	min	Consumo	Consumo2	Data_hora	Mês	DS	Hora
---	---		_//_	_h - _h	_ - _	---	---	_//_ _:	_	_	_
(...)	(...)		(...)	(...)	(...)	(...)	(...)	(...)	(...)	(...)	(...)
500	35	1	19/03/2020	0h - 1h	0 - 15	0,068	0,004624	3/19/20 0:00	3	5	0
500	35	1	19/03/2020	0h - 1h	15 - 30	0,052	0,002704	3/19/20 0:00	3	5	0
500	35	1	19/03/2020	0h - 1h	30 - 45	0,063	0,003969	3/19/20 0:00	3	5	0
500	35	1	19/03/2020	0h - 1h	45 - 60	0,023	0,000529	3/19/20 0:00	3	5	0
501	35	1	19/03/2020	1h - 2h	0 - 15	0,021	0,000441	3/19/20 1:00	3	5	1
501	35	1	19/03/2020	1h - 2h	15 - 30	0,047	0,002209	3/19/20 1:00	3	5	1
501	35	1	19/03/2020	1h - 2h	30 - 45	0,038	0,001444	3/19/20 1:00	3	5	1
501	35	1	19/03/2020	1h - 2h	45 - 60	0,022	0,000484	3/19/20 1:00	3	5	1

Os dois códigos denominados de COD1 e COD2, explicados na Figura 4.2, foram criados para uma automatização de leitura rápida das relações entre o dia da semana e a hora do dia e entre o mês e dia da semana.



Figura 4.2: Descrição COD1 e COD2

4.1.1.1 Distribuição de Weibull

O objetivo desta dissertação é fazer uma caracterização probabilística dos consumos. Para tal, será necessário fazer uma modelização paramétrica dessa probabilidade, escolhendo uma distribuição que se adapte ao padrão de variabilidade dos consumos em análise, representando esse

padrão com um ajuste dos parâmetros da distribuição para função de um conjunto de variáveis temporais (hora do dia, dia da semana, mês do ano).

Para dar início à criação da ferramenta, foi necessário fazer alguma pesquisa para encontrar a Distribuição que melhor se apropriava aos dados de consumo de energia elétrica. Tendo em consideração as características que os dados de consumo têm, optou-se por restringir a escolha entre distribuição de probabilidade contínuas com intervalos semi-infinitos. Ou seja, os consumos são caracterizados por terem sempre valores maiores que zero, limitado inferiormente em zero. Além disso, os consumos são caracterizados por terem um padrão de forma de distribuição assimétrica. Olhando a variadíssima lista, há quatro que poderiam perfeitamente assentar nas necessidades:

- Weibull;
- Exponencial;
- Logaritmo Normal;
- Rayleigh.

Para a modelização de consumos, é bastante vulgar encontrar modelização probabilísticas com distribuições Log-Normal; no entanto, os testes de adaptação mostraram não se adequar a este tipo de consumos de BT, que são muito voláteis. Da mesma forma, a distribuição Exponencial não se mostrou adequada. Assim a escolha fica entre a Weibull e a Rayleigh cuja adaptações das distribuições se mostraram adequadas. Mas, olhando às características da distribuição de Rayleigh, seria desvantajoso usá-la, já que apenas consiste no uso de um único parâmetro, limitando a capacidade de ajuste da distribuição aos histogramas reais. Dessa forma, a distribuição de Weibull foi a eleita para usar nesta ferramenta, cujas características e funções são apresentadas.

A distribuição de Weibull [33] é uma distribuição de probabilidade contínua, é descrita pela Equação 4.1 e tem a forma da Figura 4.3.

$$f(x; \lambda, k) = \begin{cases} \frac{k}{\lambda} \left(\frac{x}{\lambda}\right)^{k-1} \cdot e^{-(x/\lambda)^k} & x \geq 0 \\ 0 & x < 0 \end{cases} \quad (4.1)$$

O parâmetro λ (fator de escala) está definido de 0 a ∞ e é medido na mesma unidade que x , sendo, neste caso, a potência em kW. Já o parâmetro k (fator de forma) é adimensional, sendo responsável pelo declive e o pico que a distribuição pode atingir. O facto da distribuição conter apenas valores positivos ou zeros, é uma ótima analogia ao que acontece num consumidor de energia elétrica, já que não há consumos negativos.

Mais à frente, serão explicitados em simulação as influências dos parâmetros que compõem a distribuição. A distribuição Weibull é amplamente utilizada na análise de dados, devido à sua fiabilidade e versatilidade. Dependendo dos valores dos parâmetros, a distribuição de Weibull pode ser utilizada para modelar uma variedade de comportamentos, sendo, neste caso, a curva de consumo de energia. A esta distribuição tem a capacidade de assumir as características de muitas outras distribuições e isso torna-a extremamente útil para modelar dados. Tem ainda a

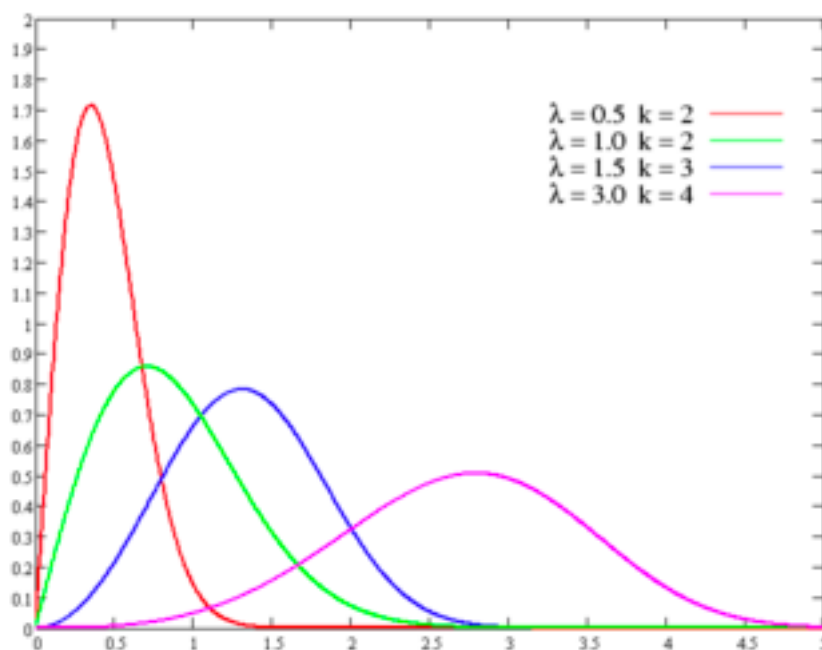


Figura 4.3: Distribuição de Weibull [5]

característica de flexibilidade para se moldar a qualquer conjunto de dados, sendo neste caso ideal que assim o seja, já que a ferramenta está a ser construída com uma Base de Dados, mas poderá ser rapidamente utilizada por outros e mais dados.

Para consumos baixos, próximos de zeros, a distribuição ajusta-se tipicamente com parâmetros k baixos, apresentando uma forma próxima da distribuição exponencial. Já para consumos de maior magnitude a parametrização com melhor ajuste, apresenta valores de k mais elevados, levando a formas da distribuição próximas da distribuição Normal. Quanto ao fator de escala, λ este é proporcional ao valor médio do consumo. Estes ajustes de parâmetros vão variando com as diversas variáveis temporais, adaptação esta que será discutida nas secções seguintes.

4.1.1.2 Cálculo dos Parâmetros de Weibull

Para compreender a distribuição de Weibull nos consumos de cada cliente, construiu-se uma tabela para calcular a frequência dos valores de consumo na base de dados. Estes valores estão compreendidos entre o valor mínimo - 0, e o máximo - 2.1, a cada 0.05, associados ao COD1, tendo assim uma compreensão por dia da semana e hora do dia. Através de uma *what-if analysis*, obteve-se os valores de A (anteriormente descrito como λ) e k , podendo usar, desta forma, estes valores em trabalho futuro. Assim, construiu-se uma Tabela com a forma simplificada apresentada em 4.2 e de forma completa em Anexo C.1.

Tabela 4.2: Frequência e Valor de Weibull

		Frequência	Weibull	erro
0	0,05	0,364558	0,381133304	0,000275
0,05	0,1	0,27828	0,268516967	9,53E-05
0,1	0,15	0,131745	0,159656319	0,000779
(..)	(..)	(..)	(..)	(..)
1,95	2	0,000274	5,88418E-14	7,5E-08
2	2,05	0,000548	2,4758E-14	3E-07
2,05	2,1	0,000548	1,04361E-14	3E-07

A frequência é obtida através de uma relação entre o valor de consumo mínimo e máximo para cada linha e com o valor de COD1, sendo uma contagem de casos com valores entre p_- e p_+ . Já o valor de Weibull é calculado através de uma função própria. Por último, o valor de erro é obtido através do quadrado da diferença entre a frequência e o valor de Weibull 4.2. Para o cálculo do valor de Weibull, foi necessário recorrer à *what-if analysis* acima referida, para minimizar o somatório dos erros de toda a distribuição em cada valor de COD1. Desta forma também se obteve o conjunto de valores k e A para cada COD1, que será usado na elaboração ferramenta e pode ser encontrado no Anexo A.

$$e = (f - w)^2 \quad (4.2)$$

Onde:

- f - frequência;
- w - é o valor de probabilidade acumulada dentre p_- e p_+ , calculado pela diferença da distribuição acumulada de weibull em p_+ menos a distribuição acumulada de weibull em p_- ;
- e - erro.

Os valores de A e de k são graficamente analisados através da Figura 4.4.

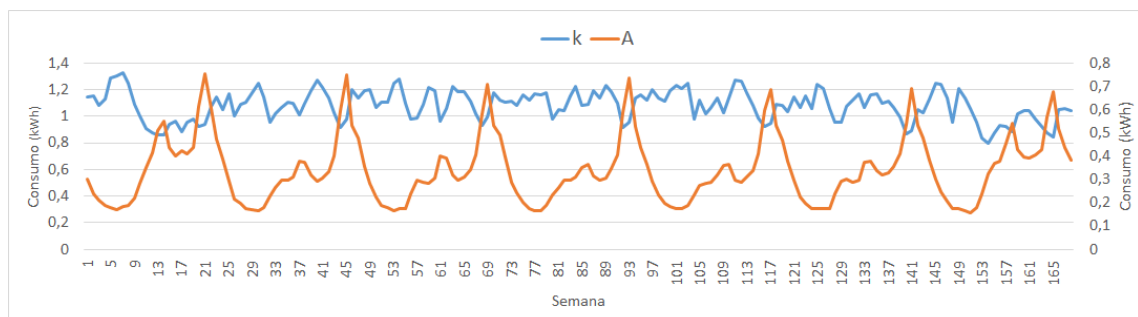


Figura 4.4: Gráfico com Valores de A(kW) e k (adimensional) para uma semana exemplo

Estes valores demonstram o significado que os parâmetros A e k têm no consumo. O valor de k regula os altos e baixos do consumo, atingindo valores mais baixos quando há picos no consumo, e sobe quando os valores estão estáveis e muito perto de uma distribuição normal. Já o valor de A acaba por ser uma média, sendo uma aproximação do valor real do consumo. As variações de k fazem com que A suba e desça, sendo que, quando o k é baixo, o A procura fazer uma média dos valores de pico controlando-os para não serem tão voláteis.

Como já explicado anteriormente, o A está relacionado com o valor médio do consumo. Visualizando a Figura 4.4, os valores de A descrevem um diagrama típico de consumo, onde se pode ver valores mais elevados nas horas de ponta e consumos mais baixos nas horas de vazio. O parâmetro k representa a forma da distribuição; da imagem 4.4 podemos concluir que o padrão da forma apresenta um padrão pouco regular ao longo das horas da semana, mas no geral apresenta valores ligeiramente mais baixos nas horas com probabilidade de picos. Ou seja, apresenta uma forma mais exponencial, com tendência para valores de picos de consumo que surgem na cauda mais alongada da distribuição.

4.1.2 Construção da Tabela de Padrão de Consumo Semanal

A elaboração da tabela de padrão de consumo semanal tem por base os valores médios das horas de cada dia da semana. Para cada dia e hora da semana (COD1) é calculado um valor com base na média de todos os valores que coincidem com COD1, respetivamente.

O padrão de consumo semanal tem 168 casos (*7 dias da semana x 24 horas do dia*), sendo que cada caso corresponde a um valor do COD1. Na Tabela 4.3 encontra-se um exemplo de como fica preenchida. A Tabela completa pode ser encontrada no Anexo C.6.

Tabela 4.3: Exemplo Tabela DS_H Padrão semanal (168 casos)

Cod1	DS	Hora	Média Real
---	-	-	---
(...)	(...)	(...)	(...)
100	1	0	0,426423864
101	1	1	0,384998756
(...)	(...)	(...)	(...)
722	7	22	0,613151505
723	2	23	0,509875914

A tabela de padrão de consumo semanal é visível através da figura 4.5. Assemelha-se aos diversos exemplos de diagramas-tipo publicados pelo ORD, ORT e ERSE [12], anualmente, seguindo o padrão habitual de um consumo semanal, realçando os pequenos picos de consumo durante as horas de despertar e as horas de almoço, sendo o pico mais acentuado ao início de noite. Destaque também para as diferenças acentuadas entre os dias de semana, sábados e domingos.

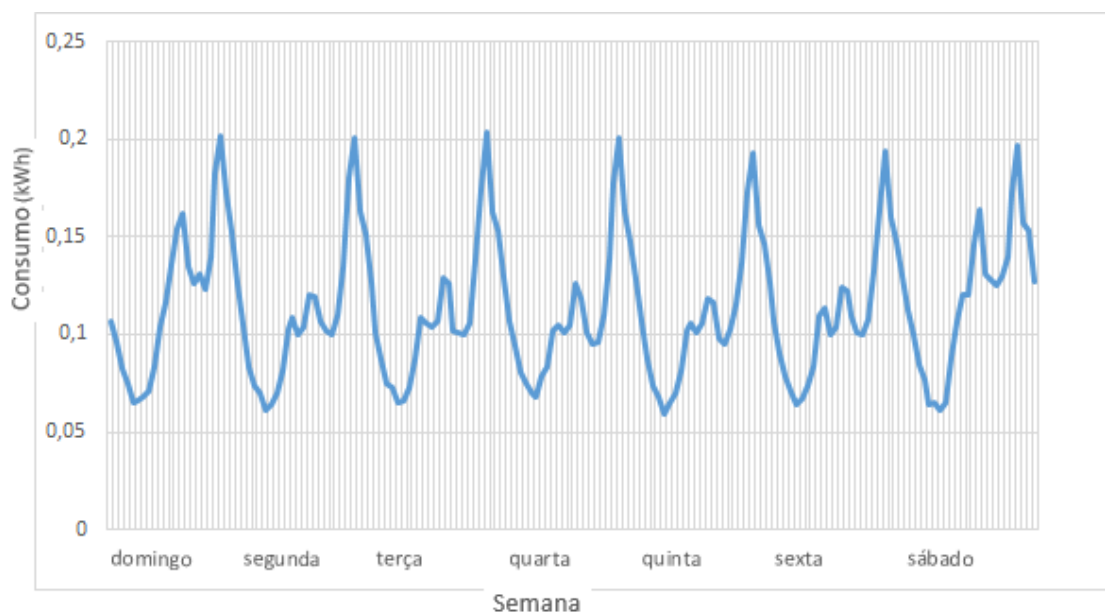


Figura 4.5: Padrão de Consumo Semanal (kW)

4.1.2.1 Exemplo

O valor da média real corresponde à média entre todos os valores quatro-horário dos 33 consumidores no mesmo dia da semana, à mesma hora. Para exemplificar, usa-se o cálculo do valor obtido com o $COD1 = 100$ que corresponde à média de valores de domingo (algarismo 1) às 00h (algarismo 00). Pela extensa quantidade de dados, este exemplo contempla a simulação apenas com os dados do mês de janeiro dos consumidores 13 e 15.

Cod1	Cod2	ID	Data	Hora	min	Cons	ConsA	Data_hora	Mês	DS	Hora
100	11	13	12/01/2020	0h - 1h	0 - 15	0,582	0,338724	1/12/20 0:00	1	1	0
100	11	13	12/01/2020	0h - 1h	15 - 30	0,499	0,249001	1/12/20 0:00	1	1	0
100	11	13	12/01/2020	0h - 1h	30 - 45	0,453	0,205209	1/12/20 0:00	1	1	0
100	11	13	12/01/2020	0h - 1h	45 - 60	0,473	0,223729	1/12/20 0:00	1	1	0
100	11	13	19/01/2020	0h - 1h	0 - 15	0,066	0,004356	1/19/20 0:00	1	1	0
100	11	13	19/01/2020	0h - 1h	15 - 30	0,043	0,001849	1/19/20 0:00	1	1	0
100	11	13	19/01/2020	0h - 1h	30 - 45	0,035	0,001225	1/19/20 0:00	1	1	0
100	11	13	19/01/2020	0h - 1h	45 - 60	0,048	0,002304	1/19/20 0:00	1	1	0
100	11	13	26/01/2020	0h - 1h	0 - 15	0,279	0,077841	1/26/20 0:00	1	1	0
100	11	13	26/01/2020	0h - 1h	15 - 30	0,33	0,1089	1/26/20 0:00	1	1	0
100	11	13	26/01/2020	0h - 1h	30 - 45	0,358	0,128164	1/26/20 0:00	1	1	0
100	11	13	26/01/2020	0h - 1h	45 - 60	0,367	0,134689	1/26/20 0:00	1	1	0
100	11	15	12/01/2020	0h - 1h	0 - 15	0,079	0,006241	1/12/20 0:00	1	1	0
100	11	15	12/01/2020	0h - 1h	15 - 30	0,063	0,003969	1/12/20 0:00	1	1	0
100	11	15	12/01/2020	0h - 1h	30 - 45	0,092	0,008464	1/12/20 0:00	1	1	0
100	11	15	12/01/2020	0h - 1h	45 - 60	0,062	0,003844	1/12/20 0:00	1	1	0
100	11	15	19/01/2020	0h - 1h	0 - 15	0,091	0,008281	1/19/20 0:00	1	1	0
100	11	15	19/01/2020	0h - 1h	15 - 30	0,063	0,003969	1/19/20 0:00	1	1	0
100	11	15	19/01/2020	0h - 1h	30 - 45	0,063	0,003969	1/19/20 0:00	1	1	0
100	11	15	19/01/2020	0h - 1h	45 - 60	0,092	0,008464	1/19/20 0:00	1	1	0
100	11	15	26/01/2020	0h - 1h	0 - 15	0,062	0,003844	1/26/20 0:00	1	1	0
100	11	15	26/01/2020	0h - 1h	15 - 30	0,072	0,005184	1/26/20 0:00	1	1	0
100	11	15	26/01/2020	0h - 1h	30 - 45	0,081	0,006561	1/26/20 0:00	1	1	0
100	11	15	26/01/2020	0h - 1h	45 - 60	0,062	0,003844	1/26/20 0:00	1	1	0

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n}$$

$n = 24$
 $\sum x = 4,415$
 $\bar{x} = 0,183958$

Figura 4.6: Exemplo do cálculo da Média Real para a Tabela de Consumo semanal

4.1.3 Construção da Tabela de Padrão de Consumo Mensal Simples

A construção desta Tabela advém da necessidade da apresentação de consumos mensais para perfis de consumo. Para o seu cálculo são utilizadas as médias de todo o consumo no mês, ou seja, é a média de todos instantes de 15 minutos do dia, sem qualquer distinção do dia da semana.

Para cada mês é feita a média de todos os valores existentes na base de dados relativos ao mês em questão. A tabela seguinte 4.4 refere-se às médias reais calculadas através da média dos dados de cada mês. A não existência de dados para novembro obrigou a uma aproximação (ajustada) e, consequentemente, a uma normalização, que irá ser explicado de seguida, para ser encontrado o valor de novembro.

Tabela 4.4: Tabela Padrão mensal

Mês	Média Real	Média Ajustada	Normalização
1	0,558	0,563	1,1620096
2	0,446	0,511	1,0554714
3	0,487	0,471	0,9720578
4	0,555	0,442	0,9117688
5	0,420	0,424	0,8746043
6	0,413	0,417	0,8605643
7	0,436	0,421	0,869649
8	0,413	0,437	0,9018582
9	0,443	0,464	0,957192
10	0,480	0,502	1,0356504
11		0,551	1,1372333
12	0,665	0,611	1,2619408

4.1.3.1 Elaboração da Média Ajustada e Normalização

Tendo em conta que os dados recolhidos para a realização deste projeto não continham o mês de novembro, foi necessário recorrer a método de aproximação para completar a tabela e usá-la noutras tabelas e ferramenta criada.

Foi necessário recorrer a um ajuste de cada mês para compensar a falta do mês de novembro. Analisando visualmente, notamos que os meses de março e abril estão acima do normal, especialmente abril que se encontra acima dos meses de inverno, facto que não aconteceria num ano típico e que resulta do Confinamento geral devido à COVID-19. Usando uma regressão polinomial de mínimos quadrados, chegou-se a uma equação 4.3, de segundo grau, que satisfizesse a habitual curva anual das cargas, como é possível ver na figura 4.7.

$$ajust : 4 \times (0.0014 \times consumo^2 - 0.0171 \times consumo + 0.1564) \quad (4.3)$$

- ajust - valor ajustado da média mensal do consumo;
- consumo - média mensal do consumo real;

A normalização da curva ajustada obtida por regressão polinomial, através do valor ajustado de cada mês a dividir pela média de todas as 12 médias ajustadas, conforme descrito na equação 4.4. Assim, com esta normalização, o Padrão Mensal resulta graficamente como visível na Figura 4.7, assemelhando-se à habitual e conhecida curva mensal.

$$norm_m = \frac{ajustado_m}{\frac{\sum_{m=1}^{12} ajustado_m}{12}} \quad (4.4)$$

Em que:

- norm - valor mensal normalizado;
- m - mês;
- ajustado - valor médio mensal ajustado;
- 12 - número de meses por ano.

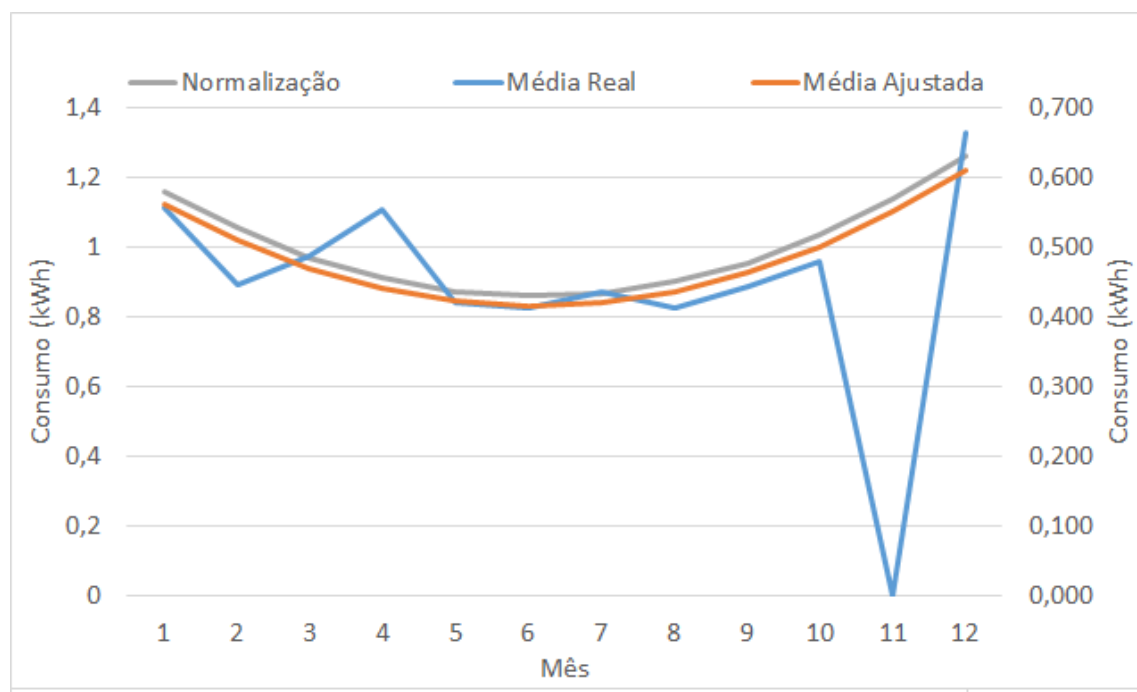


Figura 4.7: Média Mensal Normalizada sobrepostas (kW)

A comparação entre curvas da Figura 4.7 (com os diagramas sobrepostos) mostra que são muito semelhantes, alterando apenas o seu valor de consumo.

4.1.3.2 Exemplo

Na figura 4.8, estão exemplificadas algumas partes dos consumos de janeiro. A soma de todos os consumos existentes no mês e a divisão pelo número de dados quarto-horário desse mês é o valor de média real para janeiro.

Cod1	Cod2	ID	Data	Hora	min	Cons	Cons^2	Data_hora	Mês	DS	Hora
100	11	13	12/01/2020	0h - 1h	0 - 15	0,582	0,338724	1/12/20 0:00	1	1	0
100	11	13	12/01/2020	0h - 1h	15 - 30	0,499	0,249001	1/12/20 0:00	1	1	0
100	11	13	12/01/2020	0h - 1h	30 - 45	0,453	0,205209	1/12/20 0:00	1	1	0
100	11	13	12/01/2020	0h - 1h	45 - 60	0,473	0,223729	1/12/20 0:00	1	1	0
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
305	13	13	14/01/2020	5h - 6h	0 - 15	0,044	0,001936	1/14/20 5:00	1	3	5
305	13	13	14/01/2020	5h - 6h	15 - 30	0,046	0,002116	1/14/20 5:00	1	3	5
305	13	13	14/01/2020	5h - 6h	30 - 45	0,044	0,001936	1/14/20 5:00	1	3	5
305	13	13	14/01/2020	5h - 6h	45 - 60	0,162	0,026244	1/14/20 5:00	1	3	5
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
623	16	13	31/01/2020	23h - 24h	0 - 15	0,037	0,001369	1/31/20 23:00	1	6	23
623	16	13	31/01/2020	23h - 24h	15 - 30	0,05	0,0025	1/31/20 23:00	1	6	23
623	16	13	31/01/2020	23h - 24h	30 - 45	0,1	0,01	1/31/20 23:00	1	6	23
623	16	13	31/01/2020	23h - 24h	45 - 60	0,088	0,007744	1/31/20 23:00	1	6	23

Figura 4.8: Exemplo do Cálculo da Média Real para a Tabela de Consumo Mensal simples

4.1.4 Construção da Tabela de Padrão Diário

A tabela 4.5 representa a média de consumo em cada dia da semana, com influência da hora, mas sem influência do mês. O seu cálculo resulta da média entre todos os valores reais de consumos para cada dia da semana. Usando outra forma de explicação, é a média para cada dia da semana quando o COD1 tem o mesmo valor para o DS - $COD1 = DSX$.

Tabela 4.5: Tabela Padrão diário

DS	Média Real	Normalização
1	0,47980478	1,06273079
2	0,43978116	0,97408155
3	0,44609661	0,98806979
4	0,44516574	0,98600797
5	0,43420259	0,96172545
6	0,44244494	0,9799816
7	0,47288448	1,04740285

A média real para cada dia da semana é importante ser normalizada, já que os seus valores médios são abaixo do que se pode considerar normal. Dessa forma, e tal como se procedeu no consumo mensal simples, o valor normalizado de cada dia da semana corresponde ao valor da média real para esse mesmo dia a dividir pela média de valores médios de todos os dias da semana.

O Diagrama de carga da semana ou padrão diário pode ser visualizado na Figura 4.9, onde a curva de baixo (a amarelo) corresponde à Média Real e a curva de cima (a cinzento) à normalização dos valores. Neste caso, a normalização efetuada é muito semelhante à já obtida para a Média Mensal Normalizada - para cada dia, a média é a divisão entre o seu valor médio a dividir pela média de todos os valores médios, equação 4.5.

$$norm_d = \frac{media_d}{\frac{\sum_{d=1}^7 media_d}{7}} \quad (4.5)$$

Em que:

- norm - valor diário normalizado;
- d - dia da semana;
- média - valor médio diário;;
- 7 - número de dia por semana.

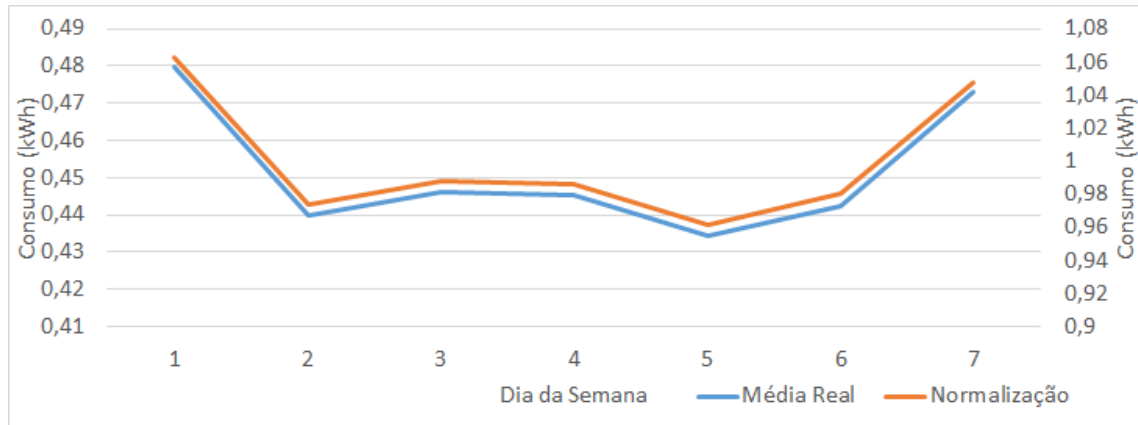


Figura 4.9: Diagrama Padrão Diário sobreposto (kW)

A comparação entre gráficos da Figura 4.9 (com os diagramas sobrepostos) mostra que as duas curvas são muito semelhantes, alterando apenas o seu valor de consumo.

4.1.5 Construção da Tabela de Padrão Horário

De forma semelhante, a Tabela de Padrão Horário é construída através das médias de cada hora do dia, mas neste caso, sendo dependente da hora do dia e não do dia da semana. É calculada através da Equação da média de todos os valores de consumo correspondentes à hora h .

A tabela 4.6 engloba as 24h do dia numa média da base de conhecimento usado. A esta tabela foram acrescentadas 7 colunas à sua esquerda, com valor igual a 1 para cada hora do dia, com o propósito de, em futuros trabalhos, haver alterações na escala do consumo - exemplo: uma comunidade onde os proprietários apenas usam os seus pontos de consumo durante o fim de semana, Anexo C.4.

Tal como no caso da construção da Tabela do Padrão Mensal e Padrão diário, é necessário efetuar a normalização das médias para que os valores fiquem mais próximos da realidade. Neste caso em concreto, a normalização é feita através da Equação 4.6.

$$norm_h = \frac{media_h}{\frac{\sum_{h=0}^{23} media_d}{24}} \quad (4.6)$$

Em que:

- norm - valor horário normalizado;

Tabela 4.6: Tabela Padrão Horário

h	Média Real	Normalização
0	0,42605815	0,94368614
1	0,36510928	0,80868906
2	0,31382282	0,69509347
3	0,29008349	0,64251269
4	0,25659742	0,5683436
5	0,26378801	0,58427022
6	0,28271337	0,62618844
7	0,31619734	0,70035286
8	0,39831502	0,88223723
9	0,42881879	0,94980075
10	0,42470104	0,94068024
11	0,44612213	0,9881263
12	0,52492323	1,16266471
13	0,53094292	1,17599785
14	0,44734285	0,9908301
15	0,42756419	0,94702189
16	0,43120145	0,95507814
17	0,45738022	1,01306212
18	0,54923769	1,21651936
19	0,69969055	1,54976091
20	0,79456493	1,7599004
21	0,64886954	1,43719627
22	0,60069281	1,33048851
23	0,51085234	1,13149877

- h - hora do dia;
- média - valor médio horário;
- 7 - número de horas por dia.

A comparação entre as Figura 4.10 e 4.11 (com os diagramas sobrepostos) mostra que as duas curvas são muito similares, alterando apenas o seu valor de consumo.

4.1.6 Construção da Tabela de Padrão de Consumo Mensal Enriquecido

Neste passo calcula-se a tabela de padrão do consumo mensal enriquecido, na qual se apresentam os valores de consumo médio dos dias da semana para cada mês. Para cada dia da semana de cada mês (COD2) é calculado um valor com base na média dos valores coincidentes com COD2. Esse cálculo é a multiplicação dos valores obtidos nos pontos anteriores - média dos valores médios mensais ajustados, a normalização para cada mês e a normalização para cada dia da semana. O padrão mensal tem 84 casos ($7\text{dias da semana} \times 12\text{ meses do ano}$) sendo que cada valor corresponde a um valor médio do COD2. A Tabela 4.7 é um exemplo de como fica preenchida. Pela sua extensão o exemplo completo encontra-se em Anexo C.5.

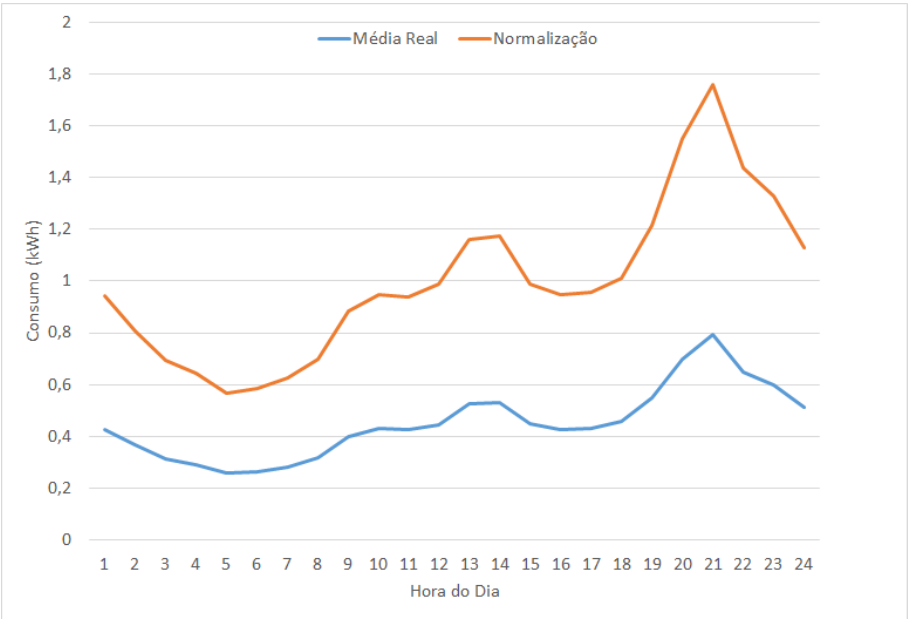


Figura 4.10: Diagrama Padrão Horário (kW)

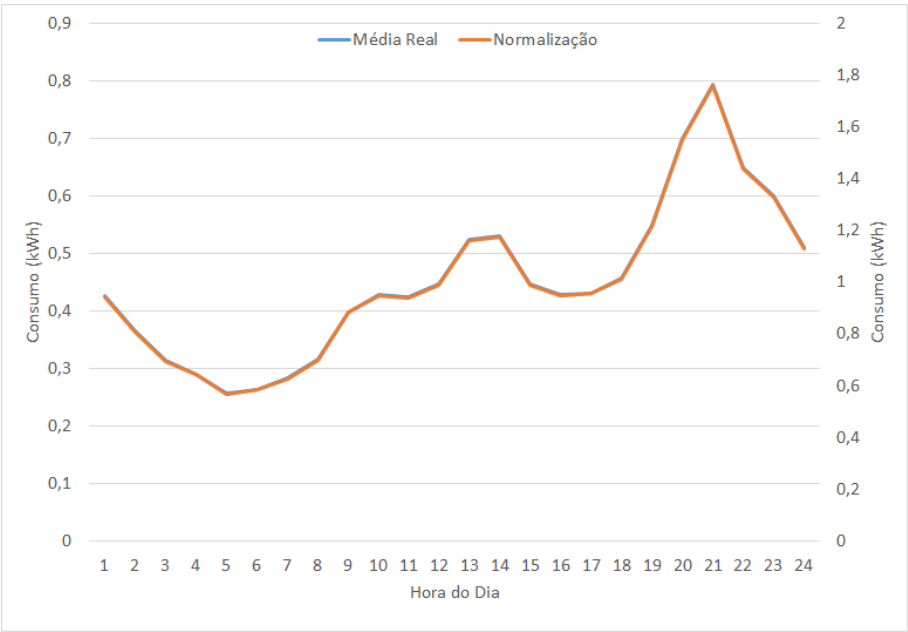


Figura 4.11: Diagrama Padrão Horário (kW)

Tabela 4.7: Exemplo Tabela M_DS Padrão mensal enriquecido

Cod2	Mês	DS	Média Ajustada	Normalização
--	--	--	---	---
(...)	(...)	(...)	(...)	(...)
11	1	1	0,5981	1,235
12	1	2	0,5482	1,132
(...)	(...)	(...)	(...)	(...)
67	6	7	0,4366	0,901
71	7	1	0,4476	0,924
(...)	(...)	(...)	(...)	(...)
126	12	6	0,5990	1,237
127	12	7	0,6402	1,322

É agora necessário normalizar estes valores. Para tal, usa-se o mesmo procedimento já utilizado nas restantes normalizações; logo, para cada valor de COD2, o valor médio normalizado corresponde ao valor da média ajustada, conforme a equação 4.7.

$$norm_{menriquecido} = \frac{media_{ajustada_{cod2}}}{\frac{\sum_{cod2=11}^{127} media_{cod2}}{84}} \quad (4.7)$$

Em que:

- $norm_{menriquecido}$ - valor mensal enriquecido normalizado;
- $media_{ajustada_{cod2}}$ - valor médio de cada COD2 ajustado;

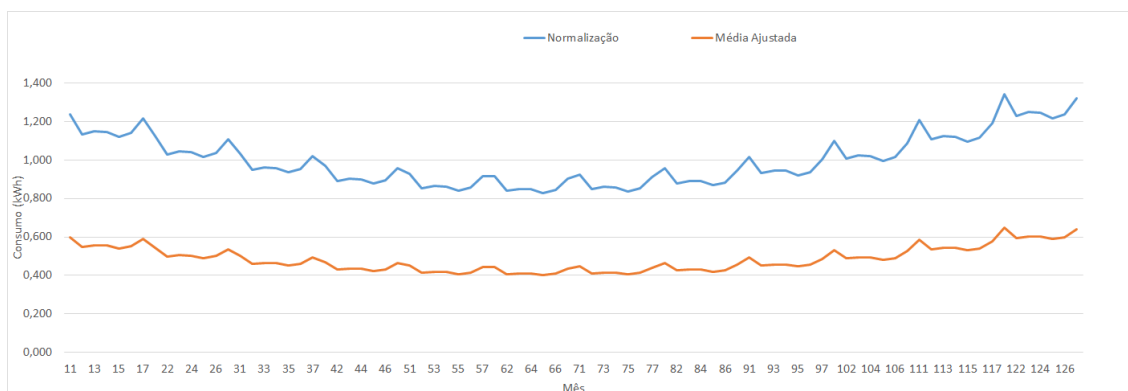


Figura 4.12: Diagrama Padrão Mensal Enriquecido

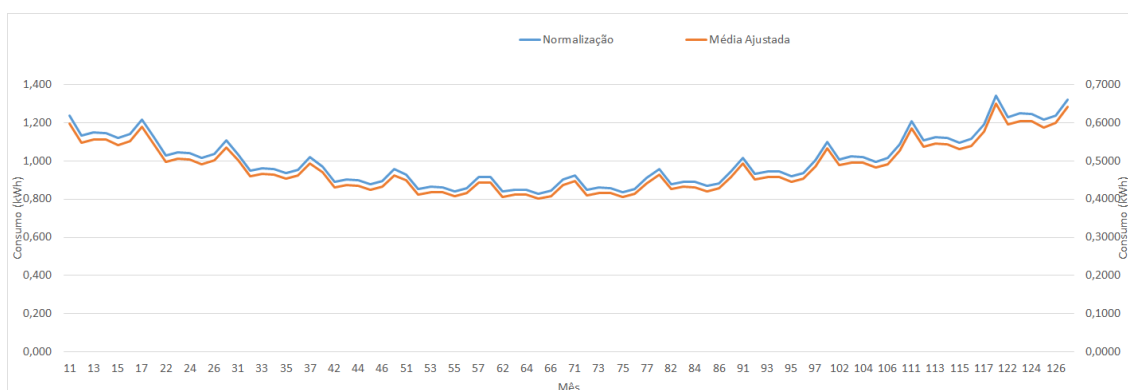


Figura 4.13: Diagrama Padrão Mensal Enriquecido sobreposto

A comparação entre as Figuras 4.12 e 4.13 (com os diagramas sobrepostos) mostra que as duas curvas são muito semelhantes, alterando apenas o seu valor de consumo.

4.1.7 Tabela Padrão Semanal Completa

Depois da criação de um conjunto de tabelas e dados essenciais para o uso dos consumos inicialmente fornecidos, falta agora aumentar a veracidade da tabela Padrão Semanal. Na tabela inicial 4.3, existiam os valores para a média real de consumo para cada COD1 e também valores para k e A, sendo A a sigla correspondente às alterações em escala da distribuição e k correspondente à forma, apesar de não aparecerem. Nesta nova tabela enriquecida, são adicionados os parâmetros Aorig, korig, A, k e a normalização da média, sendo que as seguintes fórmulas correspondem aos cálculos de cada uma das variáveis.

- Aorig - valor de A original;
- korig - valor de k original;
- A - valor de A modificado quando a Tabela 4.6 sofre alterações por dia da semana (neste caso é igual ao Aorig);
- k - valor de k com ajuste de escala (neste caso =1);
- normalização - valor normalizado da média, cujo resultado é calculado através da equação 4.8.

$$norm_{semana} = \frac{media_{COD1}}{\frac{\sum_{COD1=100}^{723} media_{COD1}}{168}} \quad (4.8)$$

Em que:

- $norm_{menriquecido}$ - valor mensal enriquecido normalizado;
- $media_{COD1}$ - valor média real de um COD1;

A Tabela completa pode ser encontrada no Anexo C.6, sendo que a Tabela 4.8 é um exemplo dos valores obtidos.

A comparação entra a Figura 4.14 e 4.15 (com os diagramas sobrepostos) mostra que as duas curvas são praticamente iguais, alterando apenas o seu valor de consumo.

4.2 Sintetização de dados para Geração de Perfis de Consumo

O principal objetivo deste trabalho tem por base a criação de séries temporais para consumo elétrico. A partir desta ideia, todo o processo percorrido até esta fase, a utilização de todos os valores calculados são indispensáveis. A base da criação da Ferramenta da Geração de Perfis de Consumo dependerá de várias variáveis e formulações. As várias fórmulas e variáveis são descritas ao longo da criação da ferramenta. Este processo de sintetização de dados tem três passos que serão apresentados no decorrer desta leitura: os valores da Média (M) e os parâmetros

Tabela 4.8: Tabela Padrão Semanal Completo

Cod1	DS	H	Média Real	k	A	korig	Aorig	Normalização
100	1	0	0,426423864	1,147682	0,301158	1,147682	0,301158	0,944496
101	1	1	0,384998756	1,149711	0,239678	1,149711	0,239678	0,852743
(...)	(...)	(...)	(...)	(...)	(...)	(...)	(...)	(...)
208	2	8	0,412771844	1,01781	0,267024	1,01781	0,267024	0,914258
209	2	9	0,436113153	1,0659	0,296506	1,0659	0,296506	0,965957
(...)	(...)	(...)	(...)	(...)	(...)	(...)	(...)	(...)
517	5	17	0,460677269	1,078248	0,339611	1,078248	0,339611	1,020365
518	5	18	0,54633891	0,989637	0,410347	0,989637	0,410347	1,210099
(...)	(...)	(...)	(...)	(...)	(...)	(...)	(...)	(...)
722	7	22	0,613151505	1,059744	0,436621	1,059744	0,436621	1,358084
723	7	23	0,509875914	1,044104	0,383645	1,044104	0,383645	1,129336

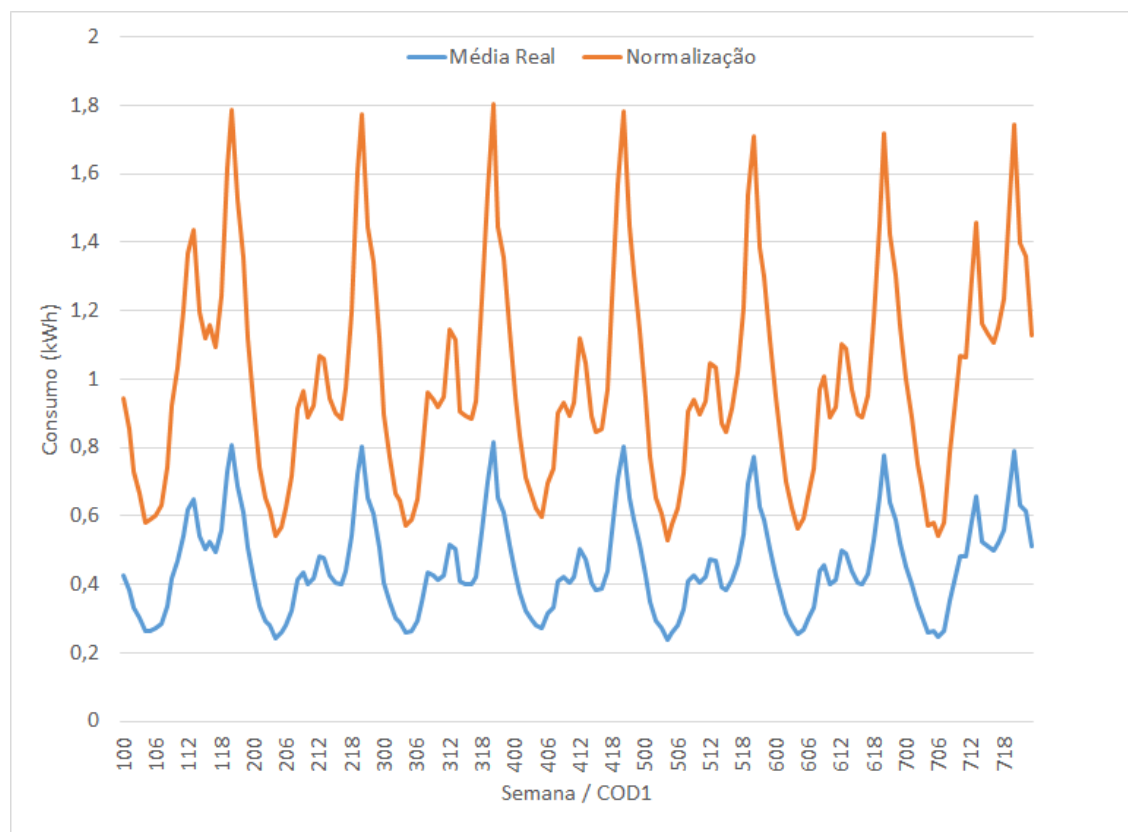


Figura 4.14: Diagrama Padrão Semanal Completo

da distribuição de Weibull (k e A), uma função criada para melhorar a qualidade dos dados (B_R) e a simulação do valor artificial para cada período (Sim).

4.2.1 Determinação de parâmetros A , k e Média

A obtenção do valor Média, cuja sigla é M , representa a combinação de dois valores calculados em 4.1.6 e 4.1.7. Isto significa que, para COD1, o valor da Média Real do Padrão Semanal Com-

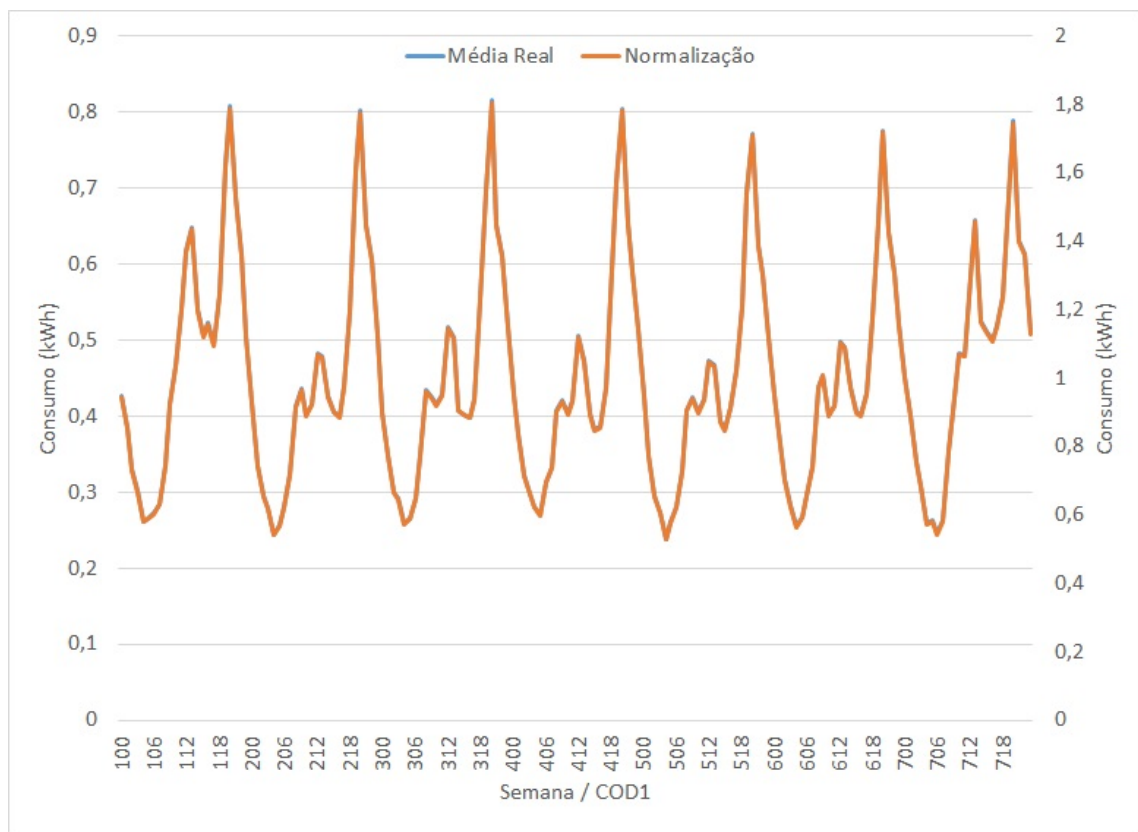


Figura 4.15: Diagrama Padrão Semanal Completo sobreposto

pleto 4.1.7 é multiplicado pelo respectivo valor Normalizado do Padrão Mensal Enriquecido 4.1.6 quando COD2. A nível teórico, isto significa que cada dia da semana é multiplicado por um fator de escala para esse mesmo dia.

Um exemplo de como se comporta a média ao longo da simulação para a primeira semana de janeiro de 2021 está representado na Figura 4.16.

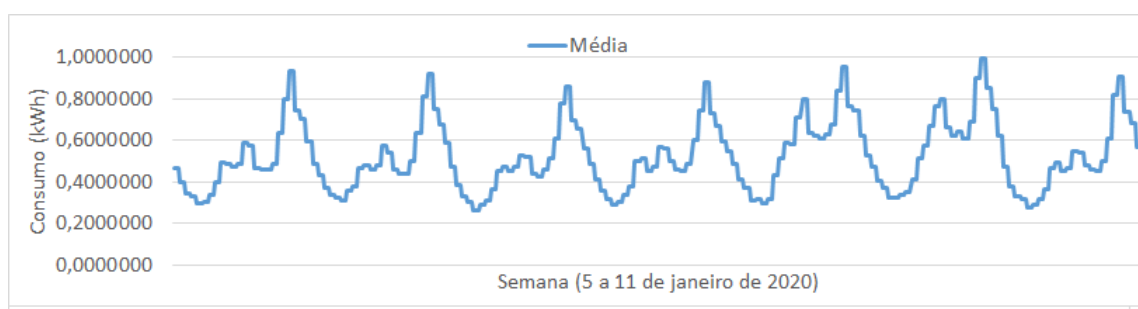


Figura 4.16: Valores da *Média* para a 1ª Janeiro

O valor de k , parâmetro de forma da distribuição de Weibull, é o mesmo obtido em 4.1.7.

O seu comportamento ao longo da simulação para a primeira semana de janeiro de 2021 pode ser analisando na Figura 4.17.

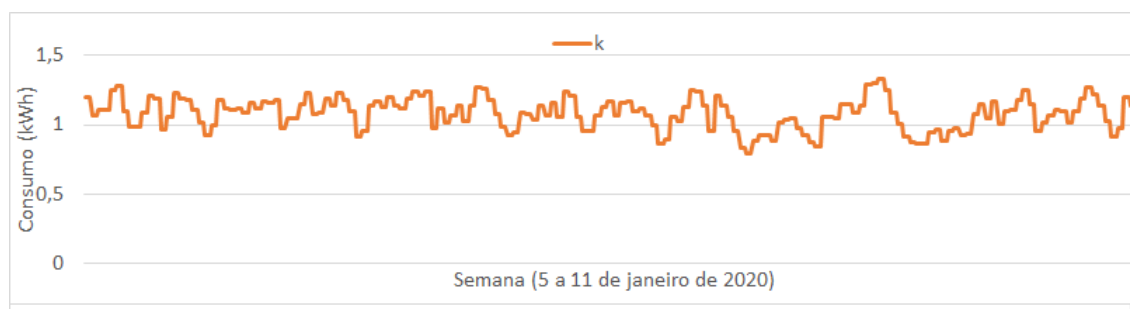


Figura 4.17: Valores de k para a primeira semana de janeiro

Semelhante ao exercício realizado com o cálculo da Média, está a obtenção de A . O uso de A ajustado como calculado em 4.1.7 para cada valor de COD1, quando combinado com um valor de COD2, é multiplicado pelo valor Normalizado do Padrão Mensal Enriquecido 4.1.6. Desta forma, temos para cada dia, o valor de A multiplicado por um fator de escala.

O seu comportamento ao longo da simulação para a primeira semana de janeiro de 2021 pode ser analisando na Figura 4.18.

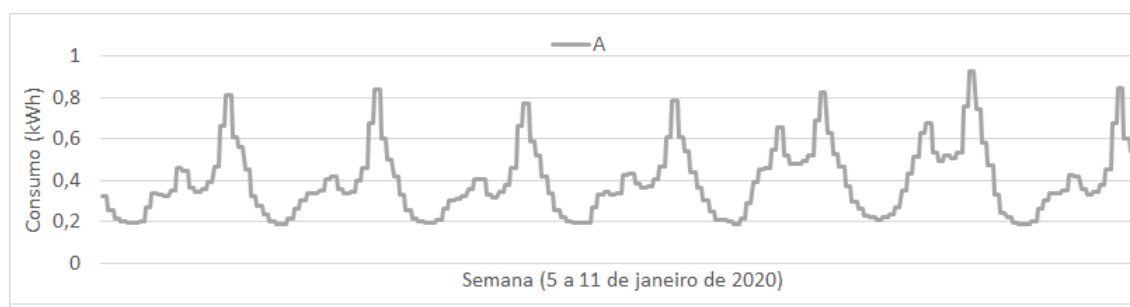


Figura 4.18: Valores de A para a primeira semana de janeiro

A relação entre os valores da Média, k e A são bastante perceptíveis e já explicados anteriormente neste documento. O exemplo de simulação para a primeira semana de janeiro de 2021 replica isso mesmo em 4.19.

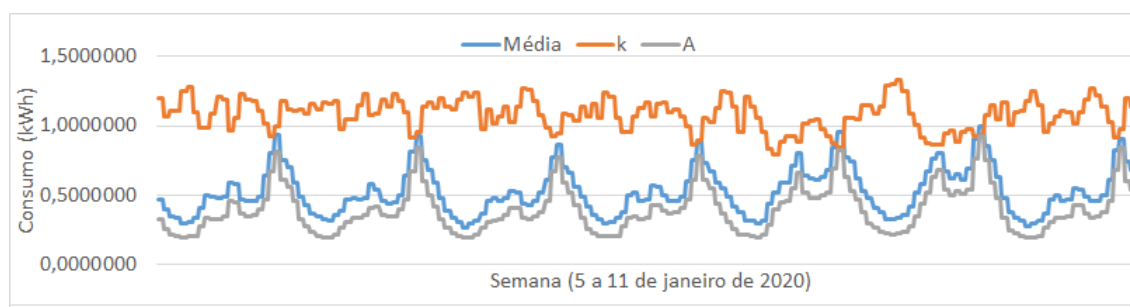


Figura 4.19: Agregação da Média, k e A para a primeira semana de janeiro

4.2.2 Simulação - Valor Artificial de Consumo Elétrico

A simulação é feita com base numa distribuição de Weibull. A sua função acumulada registada em 4.20, onde os eixos dos YY correspondem à probabilidade de um valor dos eixos dos XX acontecer, sendo neste caso um valor de X correspondente ao consumo. A função acumulada, independentemente da sua escala, tem sempre início em 0 e fim em 1, tendo assim distribuição uniforme de [0,1]. Isto é, a forma da linha da função acumulativa, depende única e exclusivamente do valor de k .

Mas o uso da função acumulada não se adequa ao propósito da ferramenta. Será por isso necessário dar uso à função inversa representada pela equação 4.9 e pela Figura 4.21.

$$inversa = A \times (-LN(1 - RAND(z)))^{\frac{1}{k}} \quad (4.9)$$

Onde:

- $RAND(z)$ - é uma função random com valores [0,1].

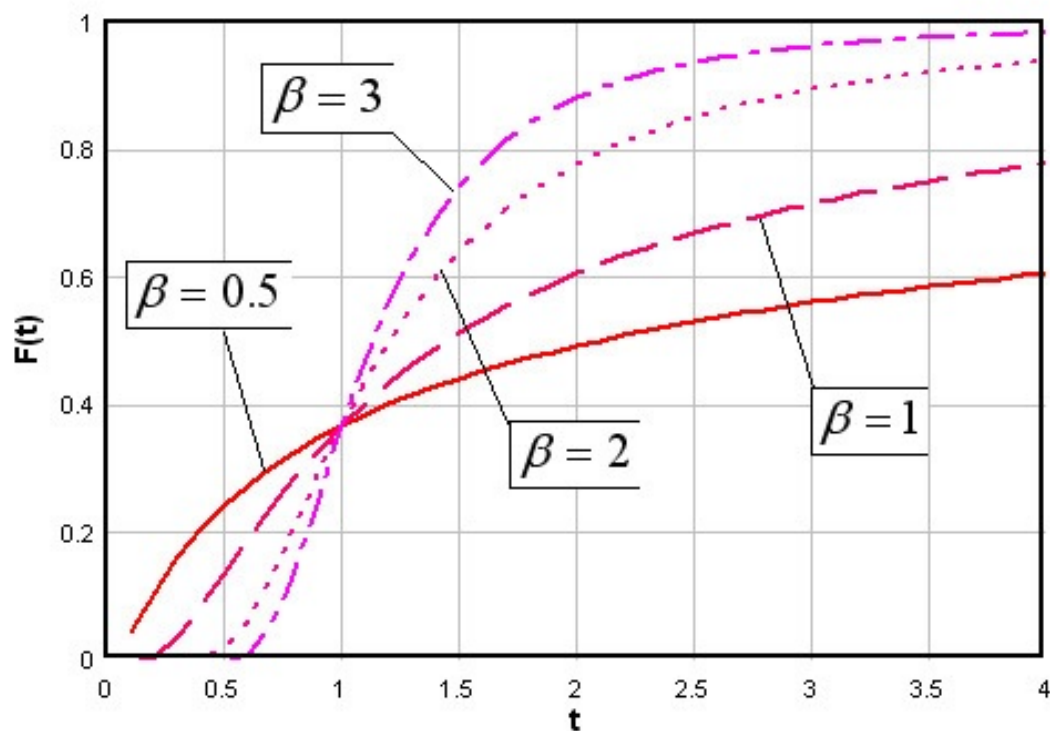
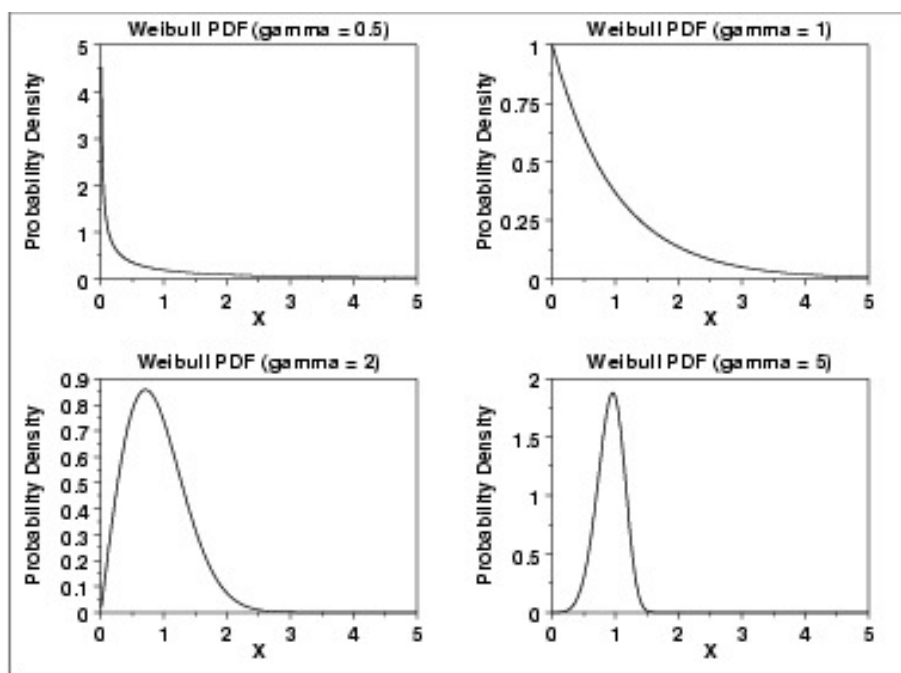


Figura 4.21: Função Inversa de Weibull

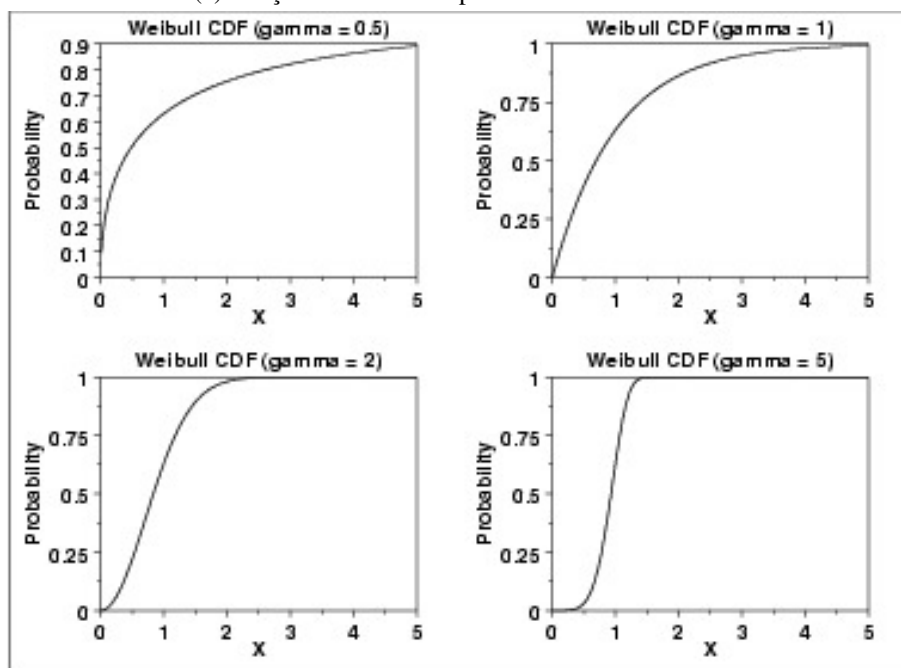
2

¹Figura 4.20 onde se lê γ , é o equivalente ao parâmetro k .

²Figura 4.21 onde se lê β , é o equivalente ao parâmetro k .



(a) Função densidade de probabilidade de Weibull



(b) Função de distribuição acumulada de Weibull

Figura 4.20: Distribuição de Weibull

1

Esta análise permite concluir que será necessário usar um parâmetro aleatório para gerir os valores de probabilidade $[0,1]$. Este procedimento será explicado no sub-capítulo seguinte 4.2.3.

Para que a função inversa seja adaptável a cada consumidor ou comunidade sempre que haja uma simulação, foram criados dois fatores de escala, multiplicativos, que irão moldar os diagramas

às características ideais de cada simulação. Logo a função, inversa 4.9 é substituída pela nova função de simulação representada na equação 4.10.

$$simulao : (A \times A_{fator}) \times (-LN(1 - (RAND(z))))^{\frac{1}{k \times k_{fator}}} \quad (4.10)$$

Onde:

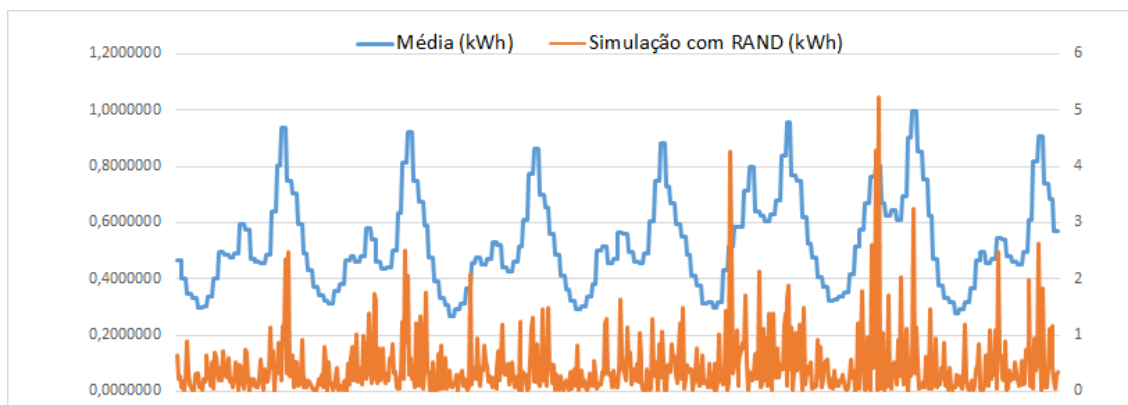
- simulação - equivale ao valor simulado para um instante de 15 minutos;
- A_{fator} - fator multiplicativo de A;
- k_{fator} - fator multiplicativo de k;
- $RAND(z)$ - é uma função random com valores [0,1];
- A - valor de A;
- k - valor de k;

Estes fatores de escala fazem diversas alterações, que serão exemplificadas no sub-capítulo 4.3. Ainda assim alterações no parâmetro A_{fator} fazem alterar as amplitudes dos valores de consumo, sendo que quanto mais alto for, maior são as potências contratadas do cliente e vice-versa. Por outro lado, alterações em k_{fator} , fazem a amplitude não sofrer de tantas variações, aproximando a curva mais de uma média, escondendo os "altos e baixos" mais expressivos de uma variação de A_{fator} .

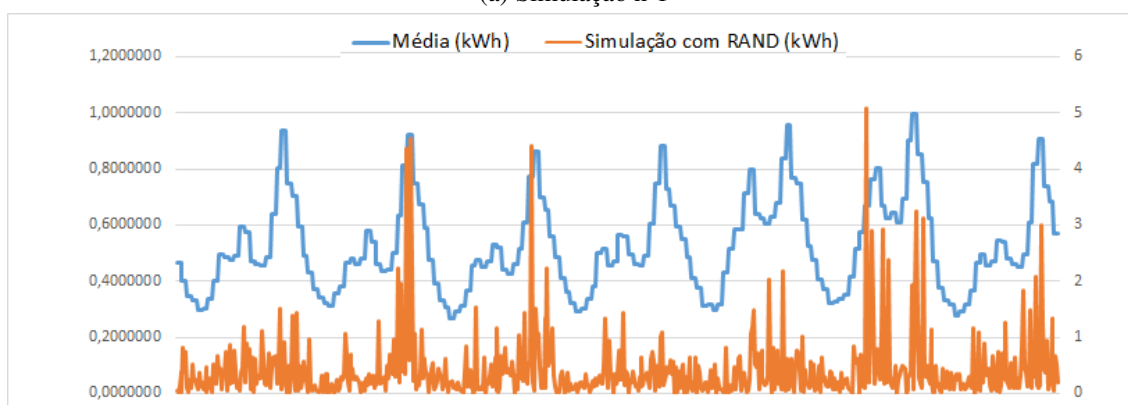
4.2.3 Função Random

Neste sub-capítulo, são encontradas a resolução e solução adotada para a função $RAND(z)$ presente no cálculo da simulação.

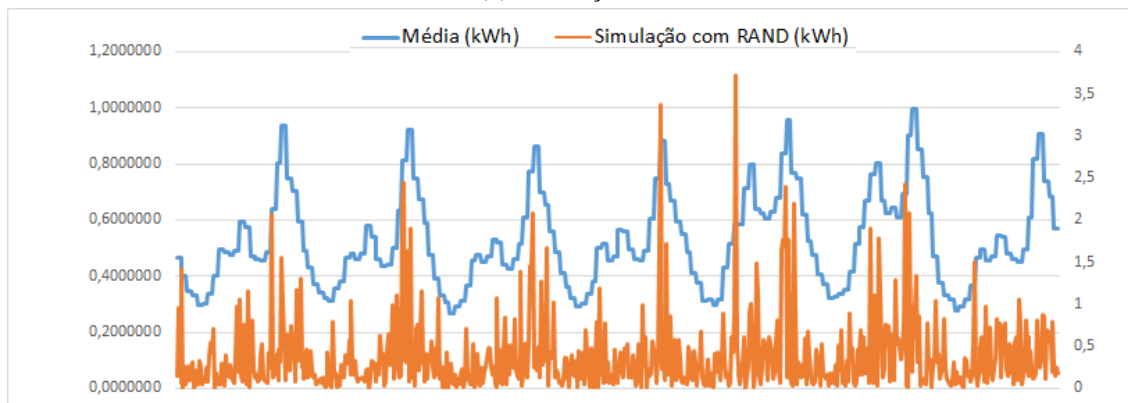
Para a função $RAND(z)$ foi inicialmente experimentado o uso de uma simples função *random*, cujos valores seguem uma distribuição uniforme ente [0,1]. Para a sua validação foi testado o uso da fórmula 4.10 e cujo resultado é visível no conjunto de Figuras 4.22.



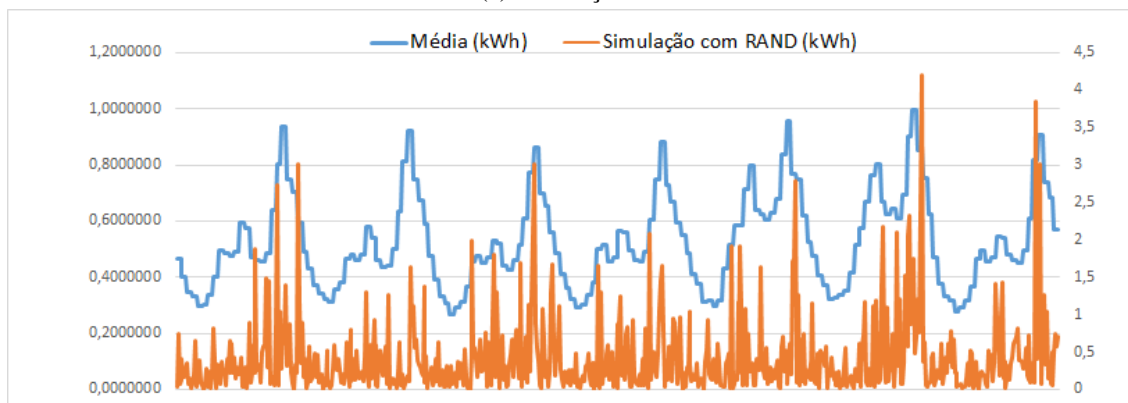
(a) Simulação nº1



(b) Simulação nº2



(c) Simulação nº3



(d) Simulação nº4

Figura 4.22: Exemplo de simulação com função RAND para uma semana de janeiro de 2020

A conclusão é óbvia só com uma análise às várias simulações realizadas. As oscilações de forma não controlada eram espectáveis, já que os eventos são independentes, isto é, a simulação num instante $i+1$ não depende de valores do instante i criando as oscilações entre instantes sem qualquer controlo, algo que seria impensável de acontecer no consumo elétrico, onde há um padrão a seguir e as variações entre instantes não são tão drásticas.

Concluí-se que não se pode usar uma distribuição uniforme, já que é necessário uma distribuição capaz de simular valores aleatórios, mas sempre relacionados entre os instantes i . É por isso fundamental encontrar uma distribuição que simule alguma aleatoriedade e que nunca ultrapasse valores compreendidos entre 0 e 1.

Para isso, analisou-se o comportamento do instante $i+1$ em relação ao instante i , nos valores reais, para tentar encontrar a melhor correlação com uma distribuição já existente. Esse comportamento é visível através da Figura 4.23.

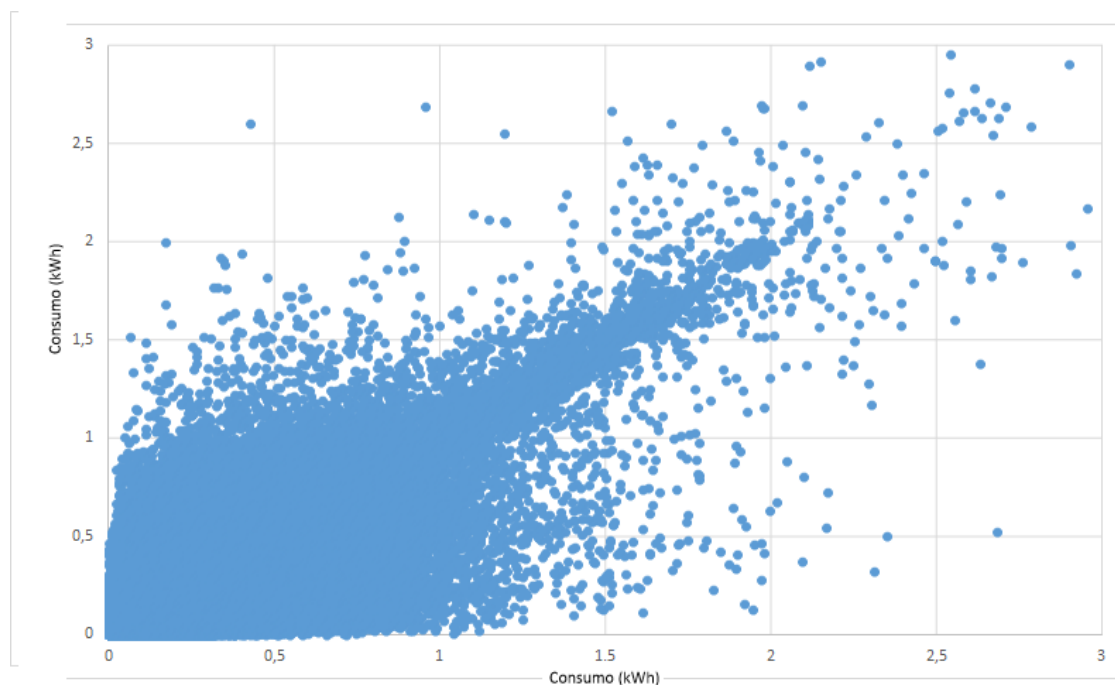


Figura 4.23: Distribuição dos valores reais de consumo (kWh) no instante i em comparação com o instante $i-1$

Conseguimos perceber que os dados reais seguem intervalos regulares a partir dos pontos estabelecidos, comprovando que se trata da função distribuição acumulada (FDA), de variável aleatória, ou seja, referente a quantis.

A tabela 4.9 indica todas as possibilidades de distribuições de probabilidade que tenham em consideração os quantis.

Tabela 4.9: Distribuições de Probabilidade e respectivas Funções de Densidade

Distribuição	Função Densidade	Validação
F-distribution	4.24a	X
Gama	4.24b	X
Beta	4.24c	✓
t-Student	4.24d	X
Chi-Square	4.24e	✓

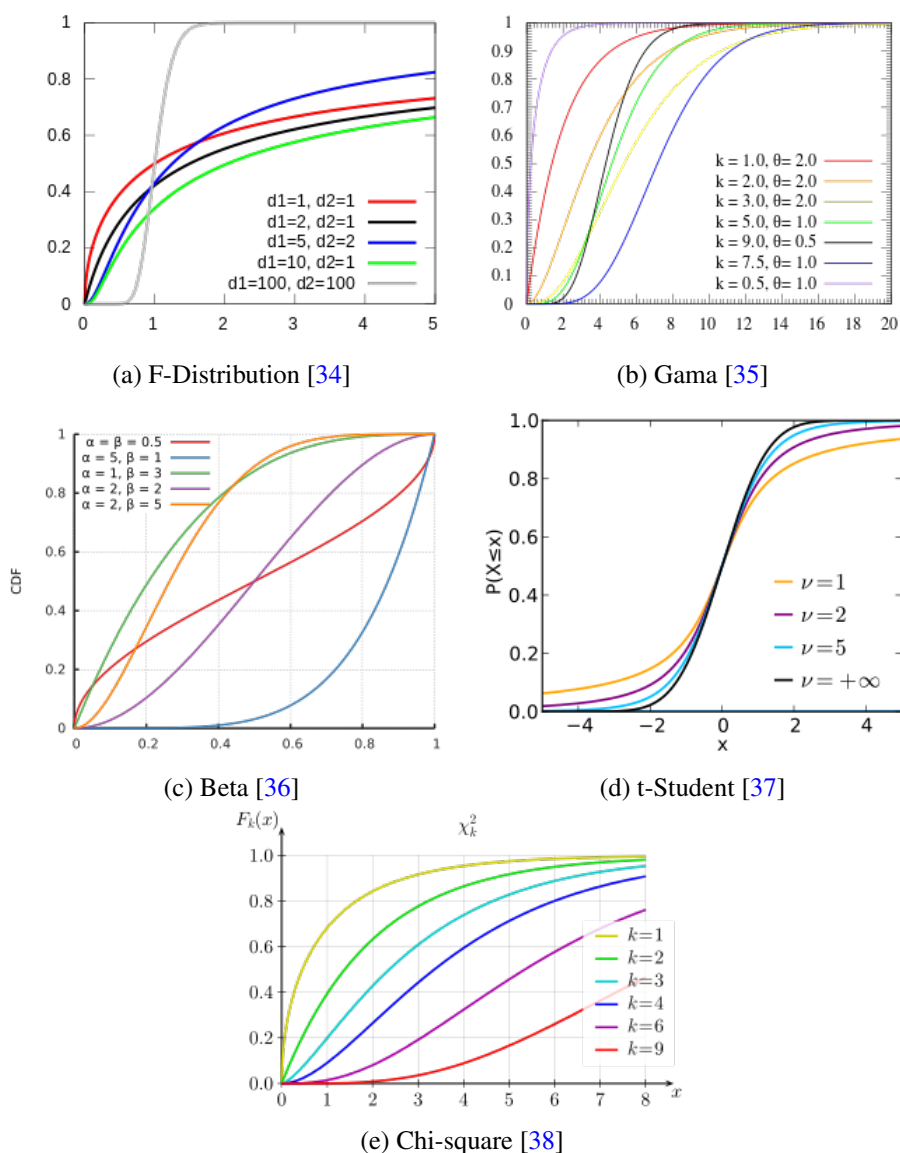


Figura 4.24: Função Distribuição Acumulativa

Tanto a distribuição Gama como a Chi-square têm um comportamento muito semelhante com os valores reais de consumo, mas há uma grande distinção entre as duas, que faz toda a diferença.

A distribuição Gama está definida para o intervalo $[0,1]$, sendo que será a distribuição Gama que fará de função *Random*.

4.2.3.1 Distribuição Beta

A distribuição Beta é uma família de distribuições de probabilidade contínuas definidas no intervalo $[0,1]$, parametrizada por α e β de valores positivos. A distribuição é apresentada na equação 4.15.

$$\frac{x^{\alpha-1}(1-x)^{\beta-1}}{B(\alpha, \beta)} \quad (4.11)$$

$$B(\alpha, \beta) = \frac{\Gamma(\alpha)\Gamma(\beta)}{\Gamma(\alpha + \beta)} \quad (4.12)$$

Onde:

- α - parâmetro de Beta;
- β - parâmetro de Beta;
- B - função Beta;
- Γ - função Gama;

A parametrização de α e β é próximo passo. Para efetivamente se saber como se deve parametrizar estas duas variáveis, optou-se por se fazer um processo inverso, isto é, em vez de simular séries, em forma de teste constante, para se compreender o comportamento de α e β , optou-se por ver nos valores reais (base de dados) a frequência, valores e respetivo erro 4.13 de uma distribuição Beta. Nessa perspetiva, construiu-se uma tabela de frequência de probabilidades, como realizado já no início do trabalho com os parâmetros de k e A de Weibull, e através de uma minimização do valor total do erro, calcula-se os valores de α e β para cada conjunto de valores compreendidos entre 0 e o máximo, com escala de 0,05. Essa tabela pode ser encontrada no Anexo C.7.

$$e = (f - B)^2 \quad (4.13)$$

Onde:

- f - frequência;
- B - Beta;
- e - erro.



Figura 4.25: Curva de Parâmetros de Distribuição Beta

Com os valores de α e β , construiu-se um gráfico para compreender as curvas da Figura 4.25. Quando α sobe através do valor anterior, β desce; logo, para a parametrização ser perfeita, é necessário encontrar duas equações lineares, inversas uma da outra, para que o cruzamento seja feito em 0,5. Para tal, usa-se uma regressão polinomial de mínimos quadrados, que se aproxima graficamente dos valores obtidos, chegando-se às seguintes equações 4.14 e 4.15.

$$\alpha = 2 + X \times 14 \quad (4.14)$$

$$\beta = 2 + (1 - X) \times 14 \quad (4.15)$$

Há então a necessidade de criar dois parâmetros que alterem, sempre que necessários os parâmetros de α e β da função Beta. Chamam-se α_{Beta} e β_{Beta} , fazendo com que a função de Beta tenha uma complexidade capaz de corresponder à aleatoriedade necessária. A simulação de uma sequência de números baseados numa distribuição Beta em que o valor do anterior é relevante para o instante seguinte cria uma série simulada.

A função inversa de Beta fica então com uma distribuição uniforme dentro dela, *random*, capaz de simular valores compreendidos entre 0 e 1, mas que seguirão uma sequência conforme o instante anterior, controlando valores díspares. A função *betarand* 4.16 terá a seguinte forma:

$$(RAND(); \alpha = \alpha_{Beta} + \beta_{Beta} \times (betarand_{i-1}); \beta = \alpha_{Beta} + \beta_{Beta} \times (1 - (betarand_{i-1}))) \quad (4.16)$$

Onde:

- $RAND()$ - função rand com valores compreendidos entre 0 e 1;
- α_{Beta} - parâmetro que controlará a escala de variação;
- β_{Beta} - parâmetro que controlará a velocidade e atraso;

Desta forma, a ferramenta está completa e pronta para gerir séries temporais artificiais de consumo elétrico.

4.3 Parametrização da Ferramenta

A ferramenta capaz de reproduzir séries temporais de valores de consumo, para além de dependência dos valores utilizados na base de conhecimento, tem 4 parâmetros reguláveis, cada um com o seu significado muito importante para a característica da série a gerar. De seguida, apresentam-se esses mesmos parâmetros.

- A_{fator} - parâmetro de escala da distribuição;
- k_{fator} - parâmetro de forma da distribuição;
- α_{Beta} - parâmetros α do gerador aleatório;
- β_{Beta} - parâmetros β do gerador aleatório.

4.3.1 Parâmetro de escala da distribuição

A variação deste parâmetro serve para que a média da série temporal gerada se aproxime da média de valores constituída pela base de dados. Um valor de média próximo ou igual da média real significa que, ao longo da série existe um padrão de valores em amplitude e os picos ocorrerão em escala muito similar. Um aumento considerável, ou diminuição, poderá também significar querer simular um consumidor com uma potência contratada mais elevada, ou baixa, já que a subida deste fator fará aumentar os eixos de amplitude, com já referido.

Apresenta-se de seguida um exemplo que ilustra os efeitos do parâmetro de escala da distribuição.

Este exemplo terá para valores de A_{fator} compreendidos entre [0.5;1;2;10], e para os restantes parâmetros, valores fixos de $k_{fator} = 1$; $\alpha_{Beta} = 10$ e $\beta_{Beta} = 96$ e está representado temporalmente com a primeira semana de janeiro de 2021.

A análise neste exemplo é feita através da comparação entre o gráfico de simulação da série com a média real da base de dados presentes nas Figuras 4.26 a 4.29.

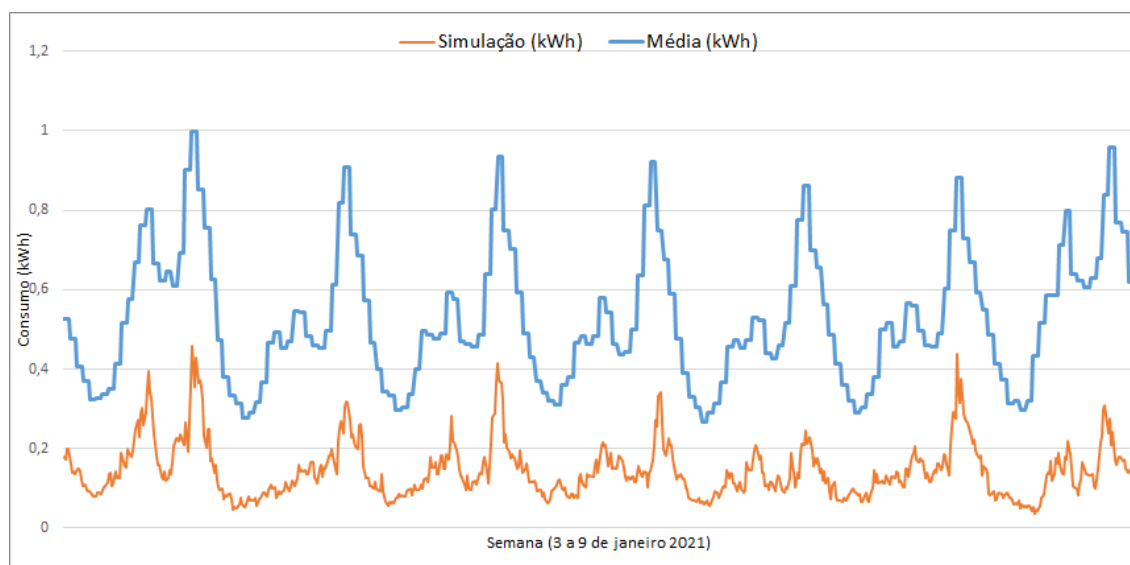


Figura 4.26: Simulação de uma semana de consumos com parâmetros $A_{fator}=0.5$; $k_{fator}=1$; $\alpha_{Beta}=10$ e $\beta_{Beta}=96$

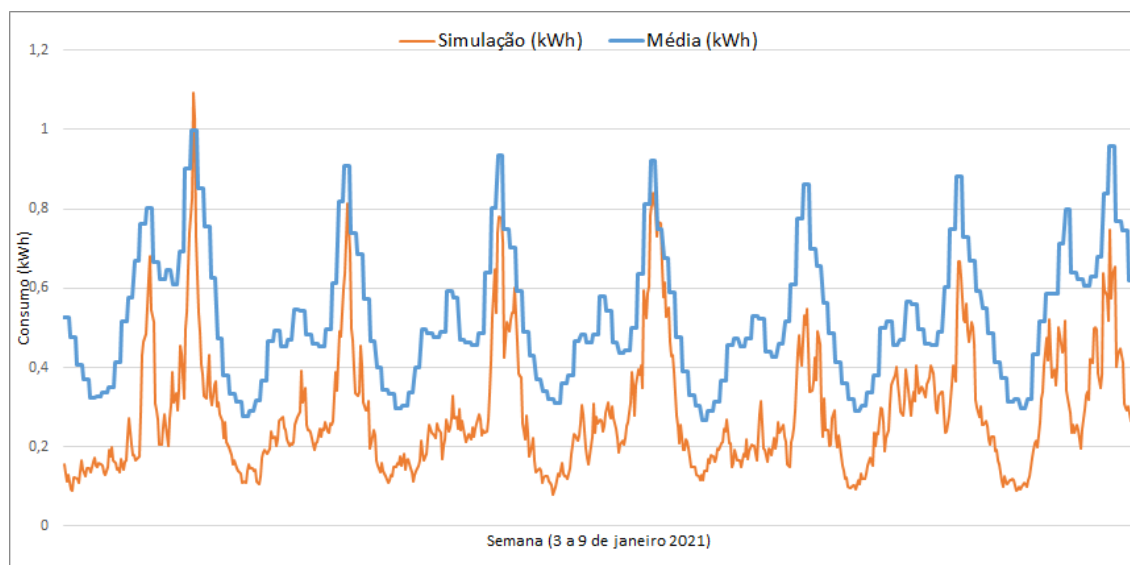


Figura 4.27: Simulação de uma semana de consumos com parâmetros $A_{fator}=1$; $k_{fator}=1$; $\alpha_{Beta}=10$ e $\beta_{Beta}=96$

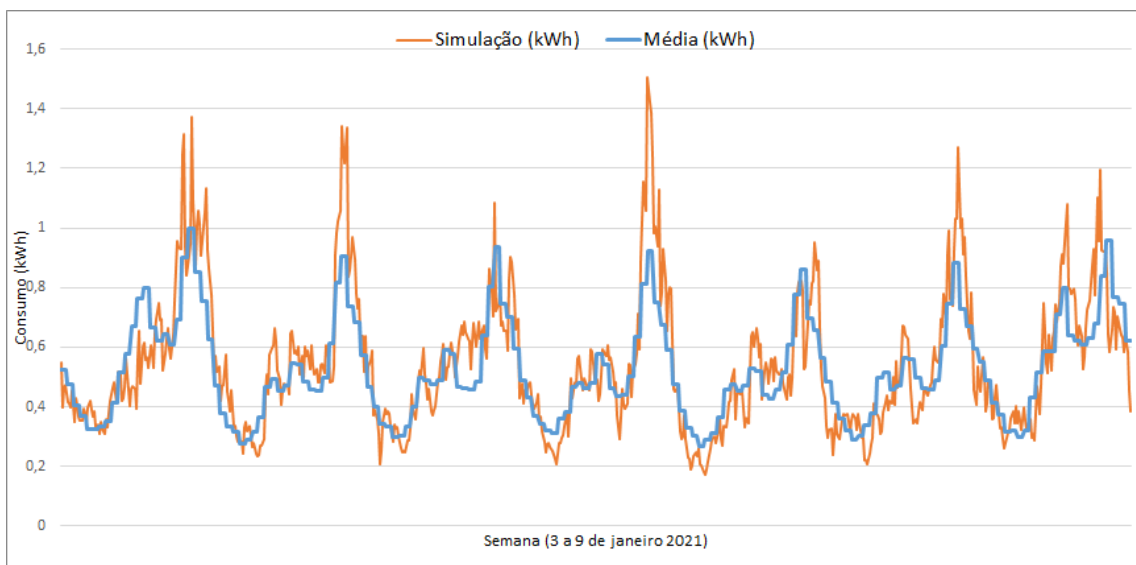


Figura 4.28: Simulação de uma semana de consumos com parâmetros $A_{fator}=2$; $k_{fator}=1$; $\alpha_{Beta}=10$ e $\beta_{Beta}=96$

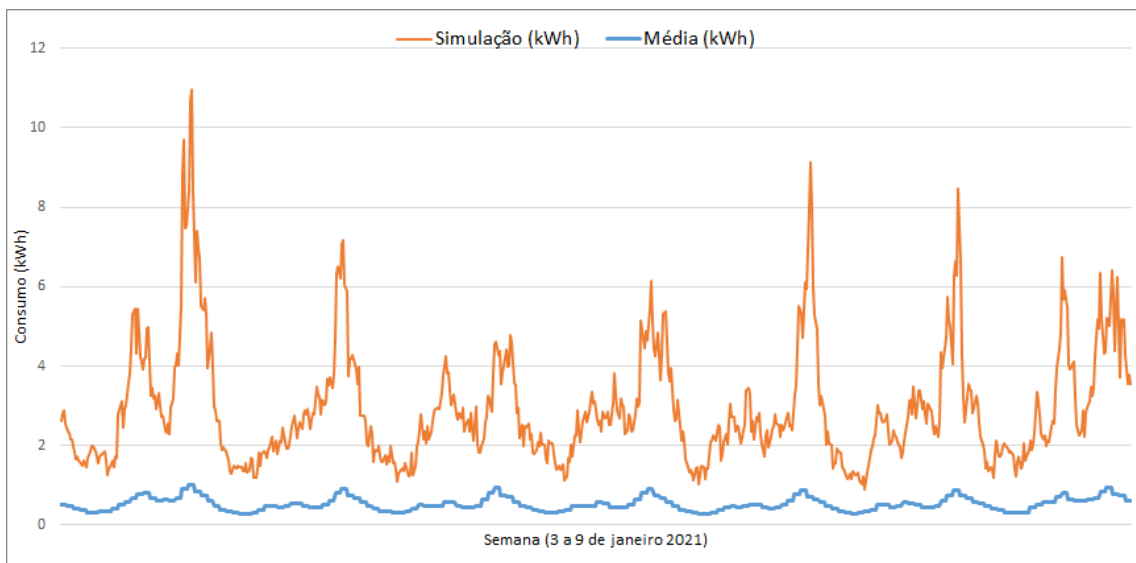


Figura 4.29: Simulação de uma semana de consumos com parâmetros $A_{fator}=10$; $k_{fator}=1$; $\alpha_{Beta}=10$ e $\beta_{Beta}=96$

A análise deste conjunto de simulações comprava que a variação de A_{fator} faz subir e descer as amplitudes que a série temporal assume. Desde a Figura 4.26 até à 4.29, há um aumento do valor do fator e consequentemente aumento das amplitudes.

4.3.2 Fator de forma da distribuição

O parâmetro k é o fator de forma da distribuição, modulando a variabilidade e a maior ou menor reação de picos nas horas com maiores consumos. Valores de k mais elevados resultam em

simulações com menor variabilidade e menos ocorrências de picos.

Tal como na sub-secção anterior, a análise é feita através da comparação entre o gráfico de simulação da série com a média real da base de dados.

Este exemplo terá para valores de k_{fator} compreendidos entre [0.5;1;2;5;10], e para os restantes parâmetros, valores fixos de $A_{fator} = 2$; $\alpha_{Beta} = 10$ e $\beta_{Beta} = 96$ e está representado temporalmente com a primeira semana de janeiro de 2021.

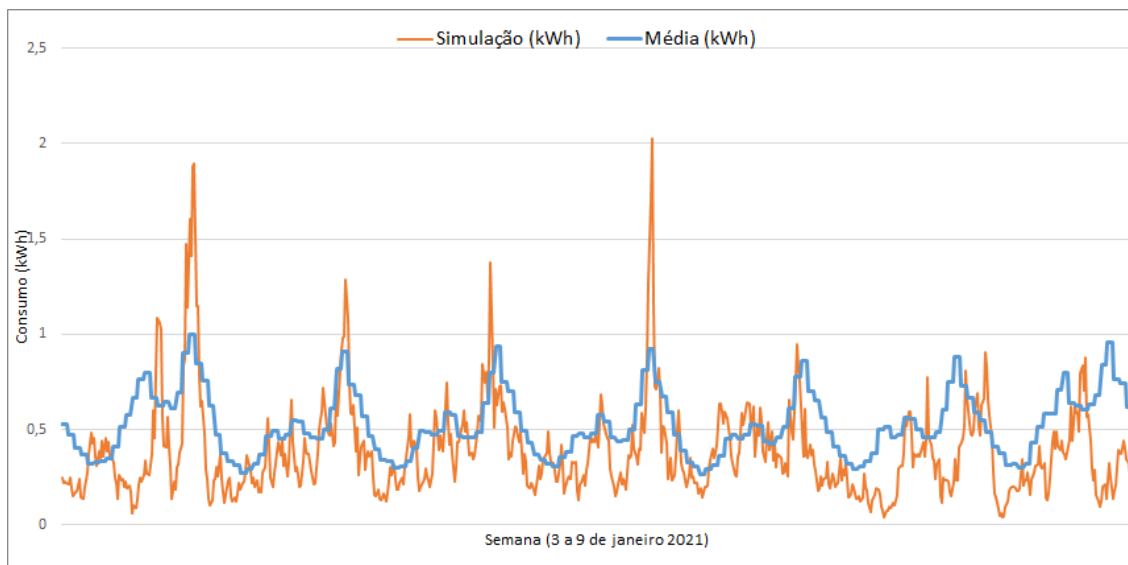


Figura 4.30: Simulação de uma semana de consumos com parâmetros $A_{fator} = 2$; $k_{fator} = 0.5$; $\alpha_{Beta} = 10$ e $\beta_{Beta} = 96$

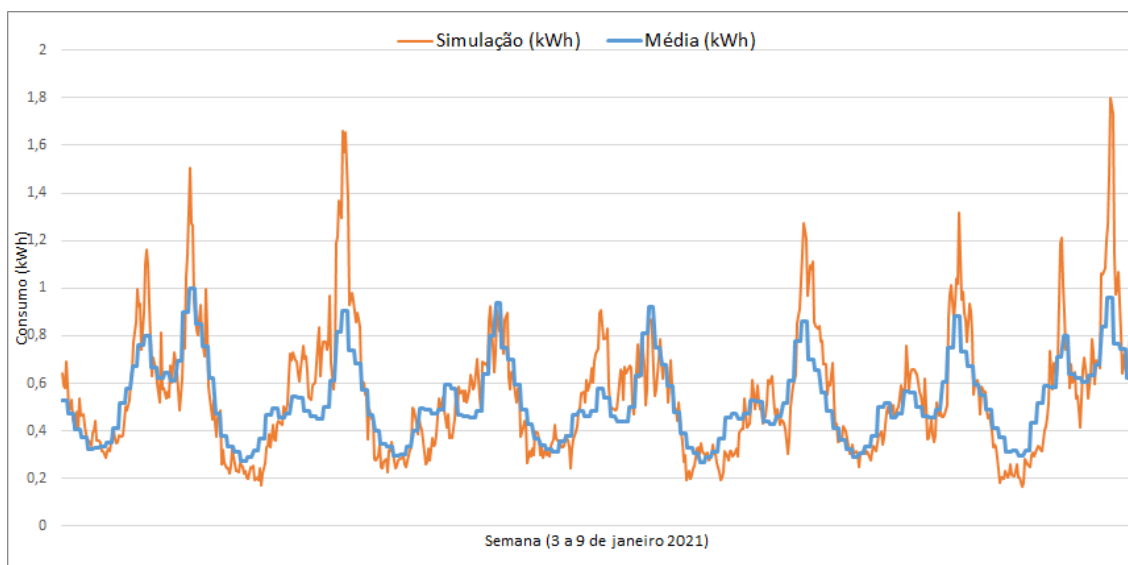


Figura 4.31: Simulação de uma semana de consumos com parâmetros $A_{fator} = 2$; $k_{fator} = 1$; $\alpha_{Beta} = 10$ e $\beta_{Beta} = 96$

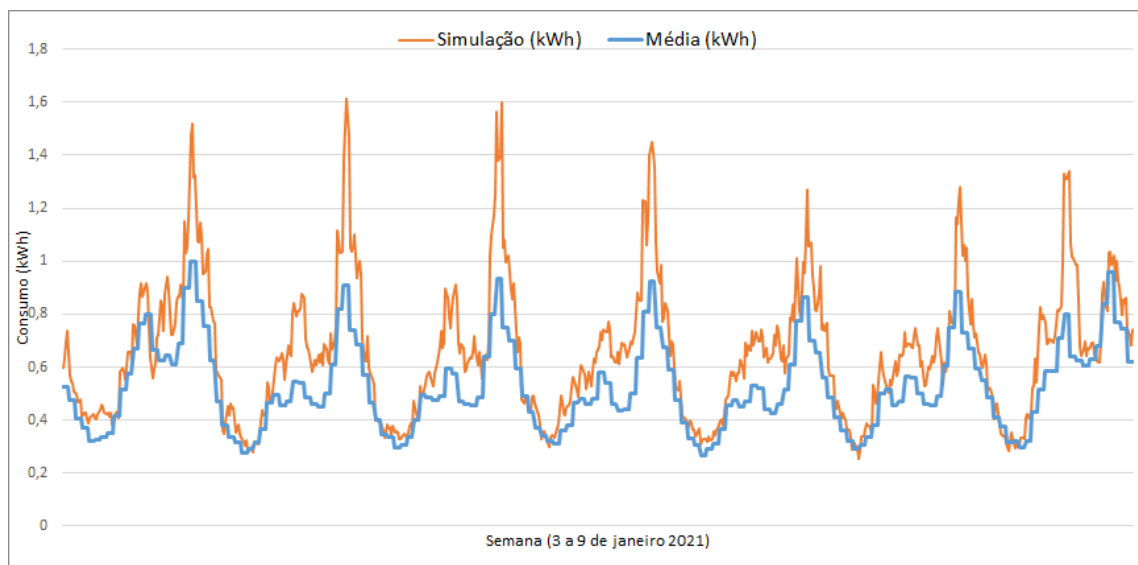


Figura 4.32: Simulação de uma semana de consumos com parâmetros $A_{fator}=2$; $k_{fator}=2$; $\alpha_{Beta}=10$ e $\beta_{Beta}=96$

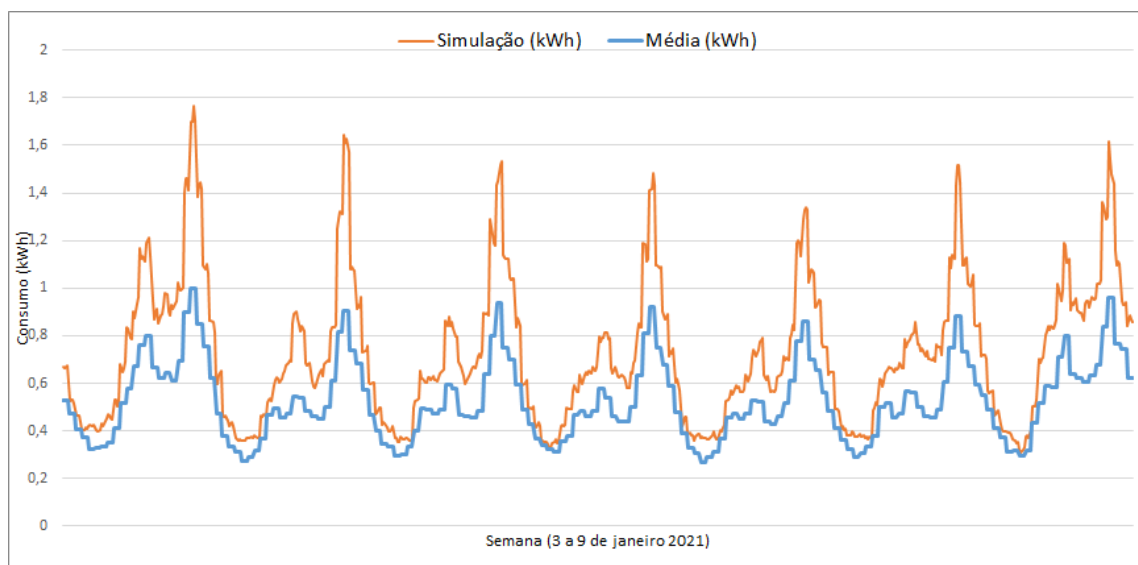


Figura 4.33: Simulação de uma semana de consumos com parâmetros $A_{fator}=2$; $k_{fator}=5$; $\alpha_{Beta}=10$ e $\beta_{Beta}=96$

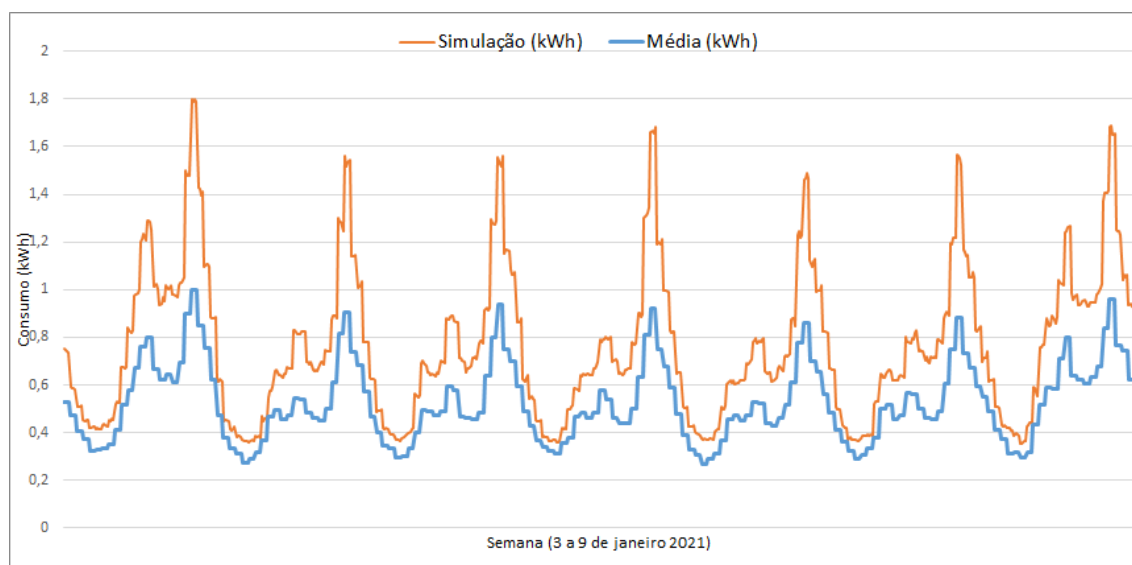


Figura 4.34: Simulação de uma semana de consumos com parâmetros $A_{fator}=2$; $k_{fator}=10$; $\alpha_{Beta}=10$ e $\beta_{Beta}=96$

À medida que o valor de k_{fator} é alterado (aumentado), notamos uma clara aproximação dos valores simulados pelos valores médios, diminuindo a variação temporal ao longo da subida do parâmetro, ficando cada vez mais semelhante à forma da média.

4.3.3 Parâmetro alfa do gerador aleatório

O valor de α_{Beta} representa uma escala de variação. Valores de α_{Beta} aumentam ou diminuem os extremos conforme a subida e descida do valor. Este valor tem um significado muito probabilístico, já que um baixo valor corresponderá a um conjunto de valores muito espalhados sem grande simetria; por seu lado, um valor alto levará a um conjunto de pontos mais limitado numa gama de valores, mas em abundância.

Este exemplo terá para valores de α_{Beta} compreendidos entre [0.5;1;2;10], e para os restantes parâmetros, valores fixos de $A_{fator}=1$; $k_{fator}=2$ e $\beta_{Beta}=96$ e está representado temporalmente com a primeira semana de janeiro de 2021.

A análise das alterações do parâmetro α_{Beta} tem que ser vista de uma forma diferente dos exemplos anteriores. Neste caso, há um enquadramento de quatro gráficos, tendo cada um deles um papel relevante para a comparação. O gráfico da Média é o mesmo nas quatro figuras, havendo alterações nos outros três. O gráfico da função *betarand* representa as principais variações na forma e escala que os parâmetros podem apresentar. Por seu lado, a inclusão do gráfico de probabilidades da função beta é para compreender a distribuição de probabilidade dos valores obtidos.

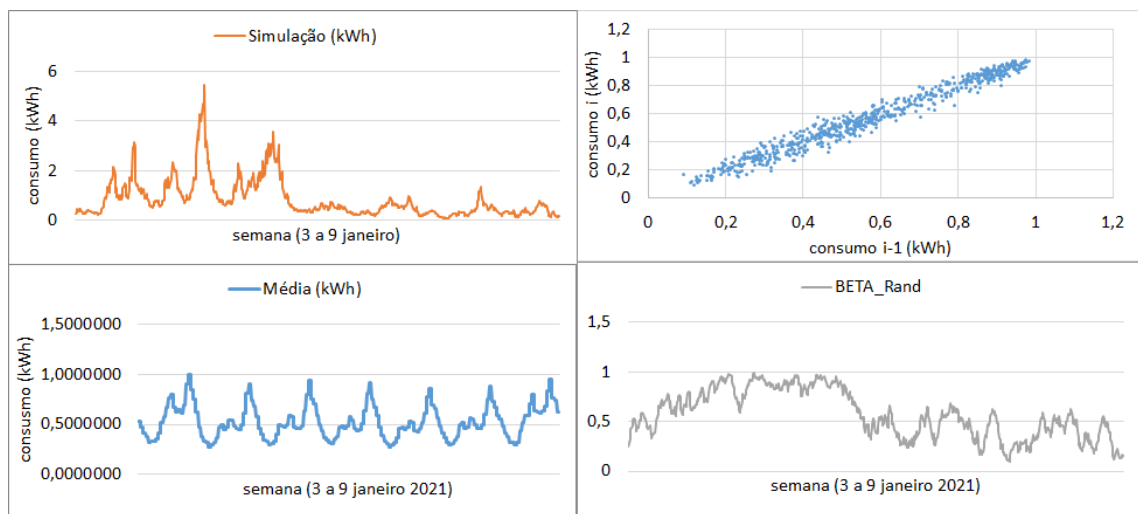


Figura 4.35: Simulação de uma semana de consumos com parâmetros $A_{fator}=2$; $k_{fator}=2$; $\alpha_{Beta}=0,5$ e $\beta_{Beta}=96$

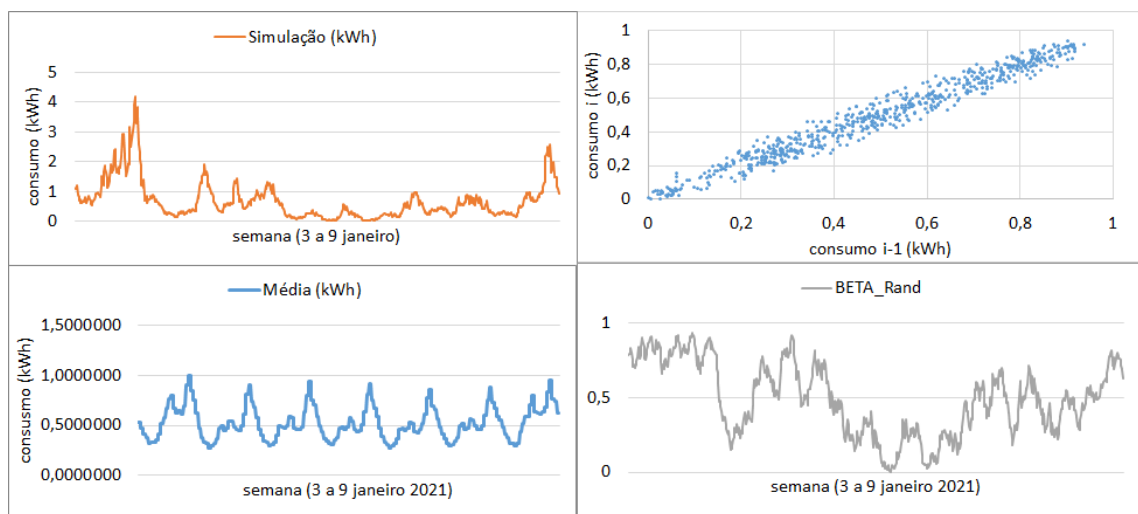


Figura 4.36: Simulação de uma semana de consumos com parâmetros $A_{fator}=2$; $k_{fator}=2$; $\alpha_{Beta}=1$ e $\beta_{Beta}=96$

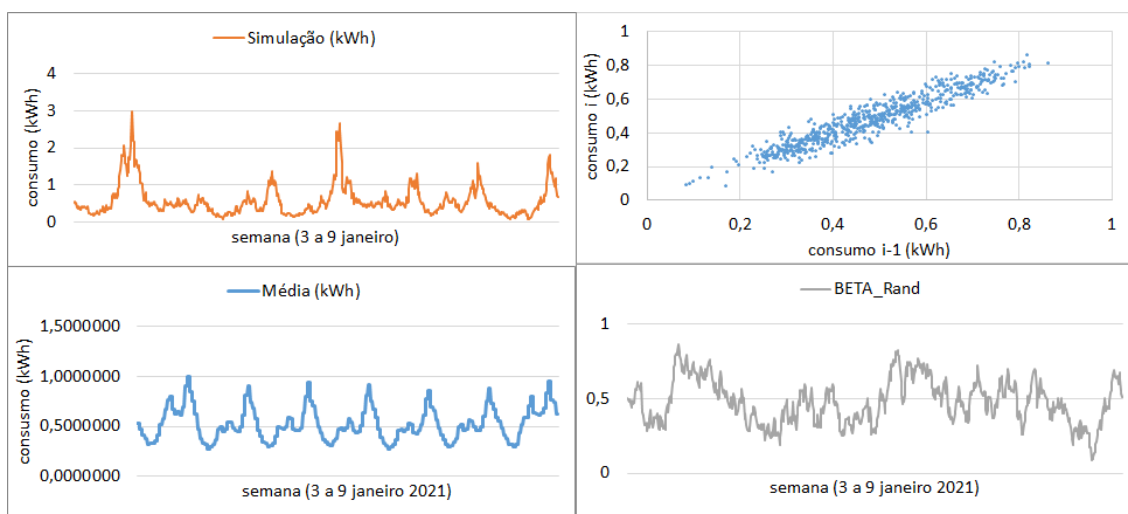


Figura 4.37: Simulação de uma semana de consumos com parâmetros $A_{fator}=2$; $k_{fator}=2$; $\alpha_{Beta}=2$ e $\beta_{Beta}=96$

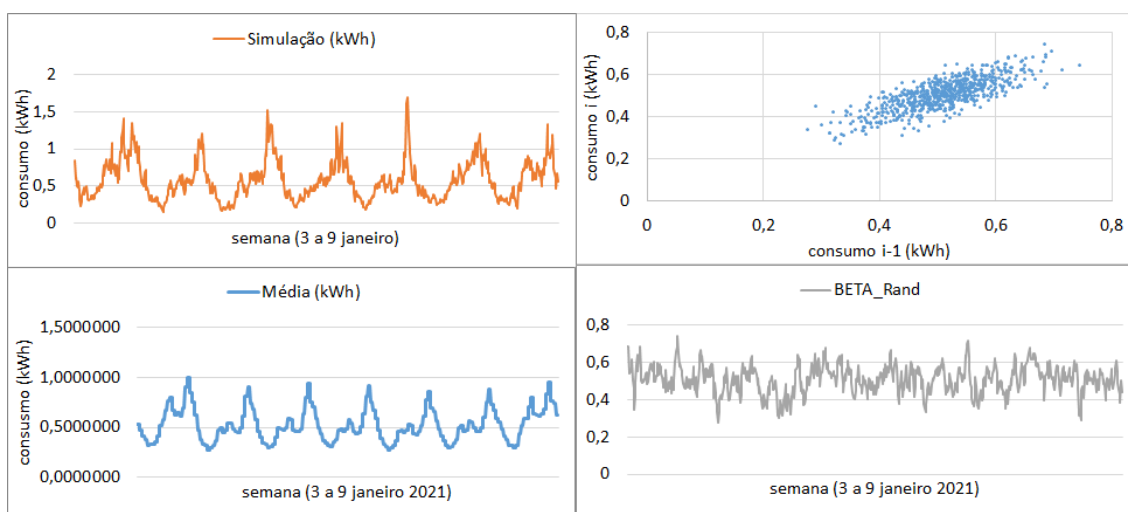


Figura 4.38: Simulação de uma semana de consumos com parâmetros $A_{fator}=2$; $k_{fator}=2$; $\alpha_{Beta}=10$ e $\beta_{Beta}=96$

A variação (aumento) de α_{Beta} tem uma grande influência na probabilidade dos dados simulados como seria de esperar. A concentração de dados vai aumentando à medida em que o parâmetro sobe, mas vai perdendo a forma constante de subida de probabilidade, provando que valores mais baixos provocam mais inflações e flutuações, enquanto valores mais altos acabam por manter uma simetria na série gerada, seguindo o seu padrão.

4.3.4 Parâmetro beta do gerador aleatório

O valor aleatório oscila entre 0 e 1, mas a sua velocidade vai definir o atraso, perante a média real. Um valor β_{Beta} alto vai dar uma variação mais lenta entre instantes, tornando-o mais real. O

valor na função *betarand* que resulta desta variação na simulação, segue um trajeto linear ao longo dos períodos. Este valor tem uma relação com os instantes de quatro-horários.

De igual forma na análise de α_{Beta} , a realidade de análise de β_{Beta} tem que ser vista da mesma forma.

Este exemplo terá para valores de β_{Beta} compreendidos entre [12;24;48;96], e para os restantes parâmetros, valores fixos de $A_{fator} = 1$; $k_{fator} = 2$ e $\alpha_{Beta} = 10$ e está representado temporalmente com a primeira semana de janeiro de 2021.

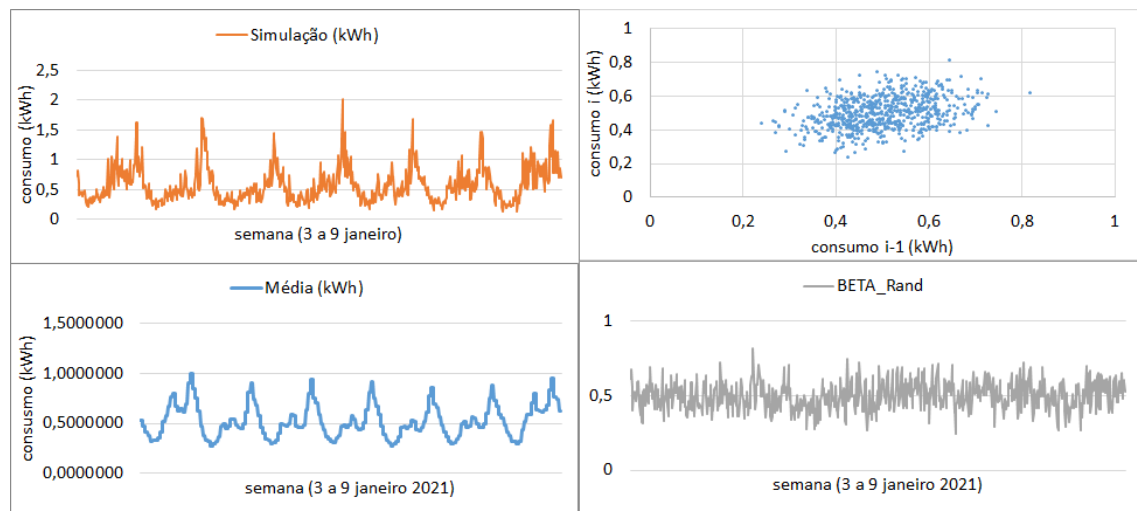


Figura 4.39: Simulação de uma semana de consumos com parâmetros $A_{fator} = 2$; $k_{fator} = 2$; $\alpha_{Beta} = 10$ e $\beta_{Beta} = 12$

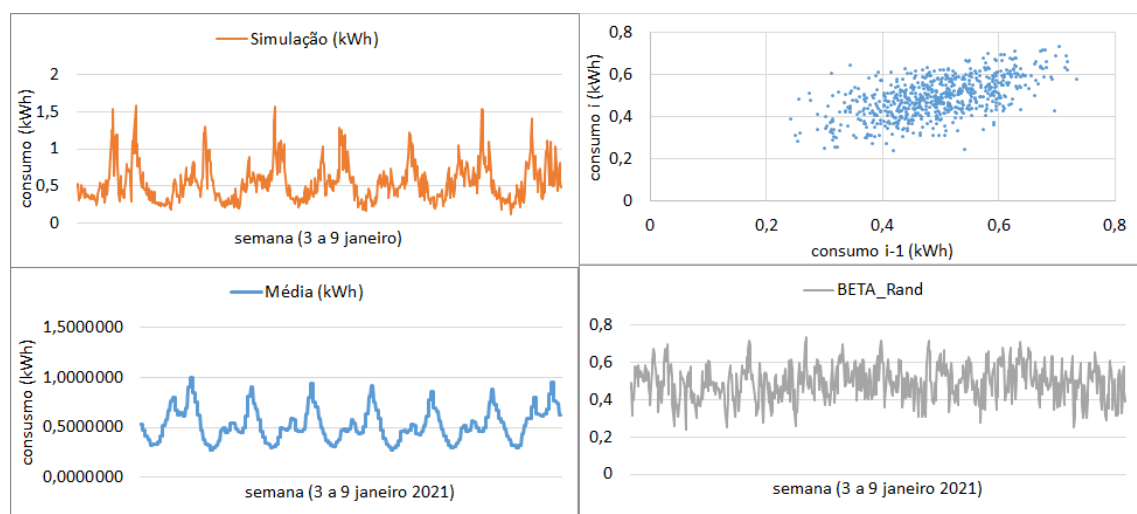


Figura 4.40: Simulação de uma semana de consumos com parâmetros $A_{fator} = 2$; $k_{fator} = 2$; $\alpha_{Beta} = 10$ e $\beta_{Beta} = 24$

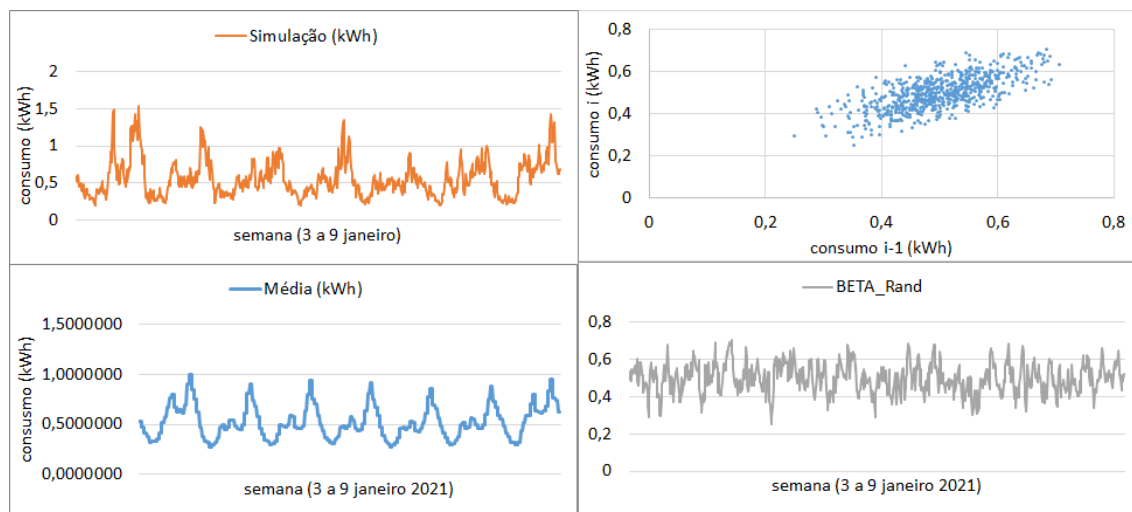


Figura 4.41: Simulação de uma semana de consumos com parâmetros $A_{fator}=2$; $k_{fator}=2$; $\alpha_{Beta}=10$ e $\beta_{Beta}=48$

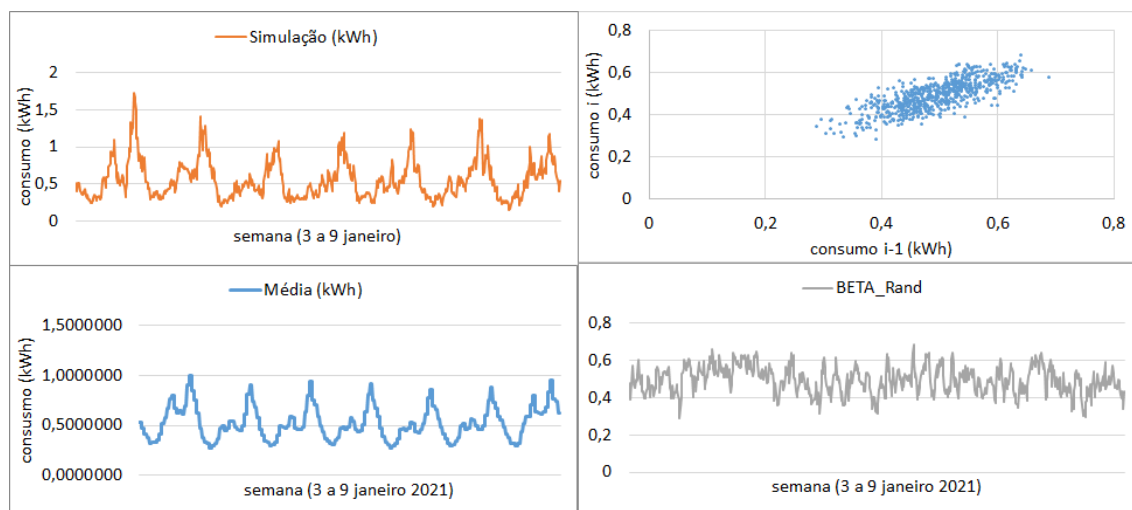


Figura 4.42: Simulação de uma semana de consumos com parâmetros $A_{fator}=2$; $k_{fator}=2$; $\alpha_{Beta}=10$ e $\beta_{Beta}=96$

No caso da variável β_{Beta} , a dispersão de valores em probabilidade vai diminuindo ao longo do aumento do seu valor, mas, ao contrário das variações de α_{Beta} , a gama de valores de consumo fica na mesma compreendida num conjunto limitado, não expandindo para uma gama de valores de mínimo e máximo como acontece em α_{Beta} . Os valores gerados aleatórios acabam por seguir a tendência do instante anterior não havendo tantas flutuações e seguindo muito a linha da média.

Capítulo 5

Comparação e Validação de Simulação de Padrões de Consumo

Este capítulo serve de validação e comparação dos dados obtidos através da Ferramenta construída, com as curvas de perfil de consumo da EDP Distribuição, homologados pela ERSE.

5.1 Gestão de Autoconsumo numa Comunidade de Energia Renovável em Núcleo Rural

Para validação e teste da metodologia foi utilizado um caso de uma CER com 10 consumidores, estando esta em fase de estudo, pela empresa Energia Simples, no momento de realização desta dissertação. Foram simuladas séries temporais de perfis de consumo para aplicar na construção de uma Comunidade de Energia real numa zona rural do país.

No caso de estudo em questão, foi usada uma CER na freguesia de Queimada, concelho de Armamar, e consiste em 10 consumidores com diversas potências contratadas, desde 3,45kVA a 20,7kVA, num total de 64,4kVA. No projeto, foram realizadas análises energéticas e económicas para compreender a solução mais favorável à Comunidade.

A Figura 5.1 é uma representação gráfica dos consumos para os 10 consumidores para o ano de 2020 e o total de consumo da comunidade. Em Anexo D.2 estão, de forma, mais detalhada os consumos individuais.

Para a otimização da instalação e aproveitamento da UPAC, é feita uma avaliação energética, com quatro cenários possíveis, coincidindo cada um com potência total produzida e potência FV (kWp), respetivamente. No âmbito de outra dissertação, que decorreu em paralelo, foram estudados vários cenários de autoconsumo comunitário. O estudo desses cenários partiram de séries sintéticas de consumos individuais geradas pela metodologia desenvolvida e apresentada nesta tese.

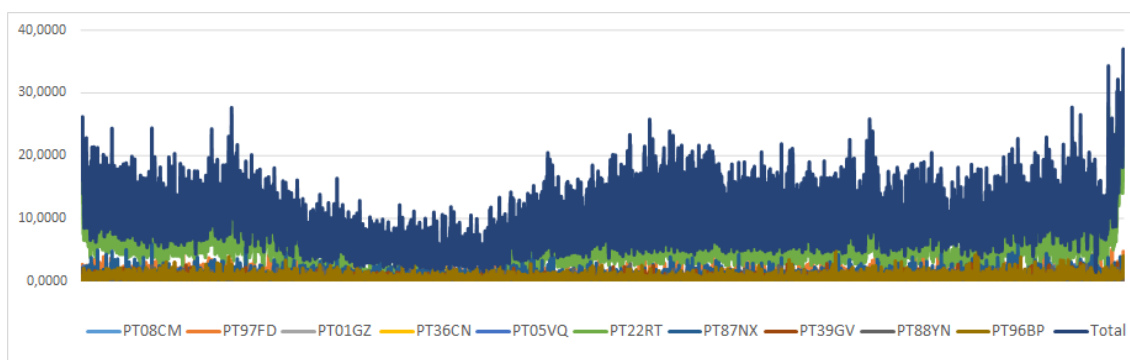


Figura 5.1: Consumo para 2020 da Comunidade

5.2 Validação de Perfis em comparação com perfis Típicos da ERSE

Os perfis de Consumo Típicos usados em Portugal são elaborados pela EDP Distribuição e posteriormente disponibilizados pela ERSE, tal como explicado na Subsecção 2.3.1 - Determinação de Perfis BTN. Para avaliar e validar o desempenho da ferramenta construída, foi feito o exercício de produzir, através dos métodos da ERSE, perfis, e compará-los com os 10 consumidores já criados para o caso de estudo.

Os métodos de cálculo do ORD/ERSE estão presentes na metodologia deste documento 2.3.1 e por isso não são transcritos para este capítulo.

5.2.1 Tipo de Validação

Para a validação da ferramenta, foram calculados os valores médios de potência para cada instante de 15 minutos entre a série gerada pela ferramenta probabilística e a série gerada pelo método da ERSE. O erro associado encontra-se em percentagem e é calculado através da Equação 5.1. Na Tabela 5.1 estão os valores das médias das potências para cada perfil e os erros entre os perfis.

$$e = 1 - \frac{\bar{P}_{pp}}{\bar{P}_{pe}} \quad (5.1)$$

Onde:

- e : erro entre métodos;
- $\bar{P}_{pp}$: média de potências do método probabilístico;
- $\bar{P}_{pe}$: média de potências do método ERSE;

5.2.2 Comparações

Nesta sub-secção, faz-se uma análise gráfica entre diversos perfis em determinados períodos semanais e diários.

De forma aleatória foram escolhidos exemplos de semanas e dias para se fazer a comparação.

Tabela 5.1: Potência Média de Séries e respetivo erro entre Séries

	PT08CM	ERSE 1	PT97FD	ERSE 2	PT01GZ	ERSE 3	PT36CN	ERSE 4
Potência Média	0,3605	0,3529	0,8634	0,8451	0,3336	0,3299	0,2991	0,2958
% erro	2,119%		2,119%		1,110%		1,110%	
	PT05VQ	ERSE 5	PT22RT	ERSE 6	PT87NX	ERSE 7	PT39GV	ERSE 8
Potência Média	0,4331	0,4239	5,1008	5,0442	0,7953	0,7704	0,3874	0,3792
% erro	2,119%			1,110%			3,128%	
Potência Média	PT88YN	ERSE 9	PT96BP	ERSE 10				
	0,3451	0,3343	0,5741	0,5736				
% erro	3,128%		0,101%					

As Figuras 5.2 e 5.2 simulam uma semana e um dia janeiro. Claramente a curva a laranja tem uma simetria muito perfeita, mas não equivale ao consumo real de um consumidor real, como vemos a azul nas figuras.

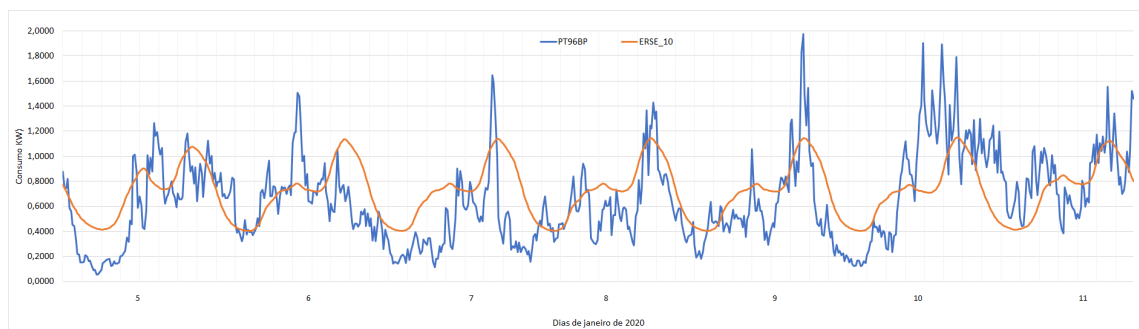


Figura 5.2: Exemplo de Simulação para semana de janeiro de 2020

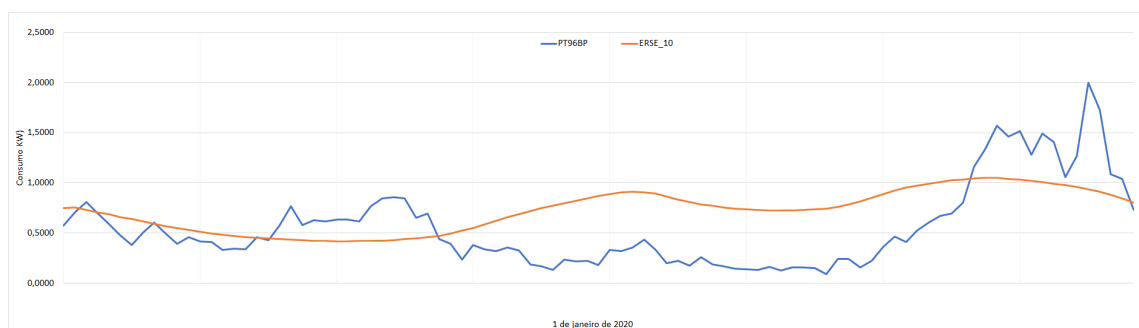


Figura 5.3: Exemplo de Simulação para dia 1 de janeiro 2020

Capítulo 6

Conclusões e Trabalho Futuro

Neste último capítulo, são registadas as conclusões obtidas ao longo da realização desta dissertação, incluindo propostas de melhoria ao trabalho e futuros desafios.

6.1 Conclusões

A transição para um sistema energético sustentável, onde a envolvência dos consumidores com a integração das fontes de energia renovável são extremamente significativas e importantes para a descarbonização, é necessário caminhar a passos largos para a alteração do modelo de produção tradicional - e ainda atual, na qual os cidadãos são meros consumidores e as habitações são apenas pontos de consumo. Nesta emergência global que o mundo atravessa sob a ameaça da escassez dos recursos, a utilização das FER, para consumo próprio ou coletivo, faz aumentar a necessidade da existência do conceito Comunidades de Energia Renovável presente no dia a dia do setor energético. A flexibilização e os desafios que os modelos de gestão de uma CER tocam em diversos pontos da sociedade - sociais, ambientais e económicos - criam a oportunidade para o desenvolvimento de novas perspetivas e visões para as CER.

Na criação de uma CER, aplicada a qualquer modelo de negócio, os perfis dos consumos que ela integra têm uma importância relevante para todo o processo de dimensionamento. A falta de dados quarto-horário e de consumo ao longo de pequenos períodos de tempo levam a um dimensionamento mais irrealista do que aquele que seria na existência de todos os dados possíveis.

Aliado à falta de dados, o facto do tema ser ainda bastante recente e estar ainda em debate, toda a legislação e questões jurídicas permanecem de forma dúbia, pouco claras e às vezes complexas ou confusas, que afastam consumidores, autarquias, empresas do setor e até mesmo entidades externas no envolvimento da criação de Comunidades. Verifica-se a necessidade da revisão dos regulamentos e directrizes que servem de apoio jurídico à construção e exploração das CER.

Nestas condições, foi elaborada uma ferramenta de simulação capaz de gerar séries temporais artificiais de consumo elétrico, para o dimensionamento de UPAC. Esta ferramenta poderá ser fundamental para futuras elaborações de estudos de viabilidade de CER, já que é capaz de colmatar a falha de informação de consumos quarto-horários, essencial para o dimensionamento dos

sistemas de consumo elétrico, conforme as circunstâncias e as necessidades de cada Comunidade ou participantes integrantes da mesma, através de uma base de dados, que poderá ser alargada ou alterada para dados mais específicos. É igualmente apropriado para sintetizar informações de Padrões de Consumo horário, diário, semanal e mensal, ajudando à caracterização paramétrica destes consumos.

A base de conhecimento, apesar de não apresentar valores de um ano completo de consumos, acaba por ter uma complexidade bastante elevada, demonstrando maturidade nos seus resultados. Os 33 consumidores utilizados, são clientes comuns, com as suas variações de consumo conforme as necessidades e estilos de vida, incluindo os picos de utilização de energia bem como os cortes e avarias, ainda que pontuais, dando expressão real aos dados simulados. Por seu lado, os métodos de cálculo da ERSE, aplicados pela EDP Distribuição, tornam os dados muito sintéticos e sem grandes flutuações, acabando por generalizar os consumidores e os seus consumos, dando apenas uma perspetiva global de uma média aproximada prevista para os anos calculados.

As normalizações dos dados de padrão de consumo horário, diário, semanal completo e mensal enriquecido foram incluídas para detetar padrões de consumos muito similares, ainda que com picos, oscilações e amplitudes diferentes.

Através desta ferramenta, empresas comercializadoras, entidades competentes e até mesmo grupos de consumidores/cidadãos comuns são capazes de prever diagramas de consumo dos vários participantes de uma CER, podendo fazer rapidamente um dimensionamento de uma central de produção para autoconsumo. Além disso, a capacidade de previsão que as séries artificiais têm podem ser fundamentais para empresas comercializadoras, como é o caso da Energia Simples, de prever diagramas de cargas a curto, médio e longo-prazo dos seus e de possíveis novos clientes, integrantes ou não de uma comunidade de energia renovável, assim como nas idas a mercado no OMIE, de forma a minimizar desvios e custos associados.

A ferramenta está a ser utilizada em projetos de dissertação para o desenvolvimento e dimensionamento de Comunidades de Energia Renovável.

6.2 Trabalho Futuro

Ao longo da elaboração desta dissertação, foram obtidas ideias que teriam como base a ferramenta de geração de séries temporais de consumo elétrico desenvolvida. De seguida são apresentados possíveis trabalhos e estudos a serem realizados no futuro.

- Representação e utilização da vertente probabilística paramétrica dos consumos;
- Agregação probabilística de consumos, em alternativa à agregação de simulações;
- Um estudo mais aprofundado da parametrização para melhor afinação dos fenómenos estocásticos associados a consumos com diferentes níveis de volatilidade.

Anexo A

Comunidades de Energia

A.1 Tarifas de Acesso às Redes

Tabela A.1: Tarifas de Acesso à Rede com CIEG e isenção a 100% do CIEG e respectivo desconto obtido

		PREÇOS (Com CIEG)		PREÇOS (ISENÇÃO 100% CIEG)		Desconto Obtido
TARIFA DE ACESSO ÀS REDES DO AUTOCONSUMO ATRAVÉS DA RESP EM MT						
Potência		(EUR/kW.mês)	(EUR/kW.dia)	(EUR/kW.mês)	(EUR/kW.dia)	
	Horas de ponta	2,011	0,0660	2,011	0,0660	
Energia activa		(EUR/kWh)		(EUR/kWh)		
	Períodos I, IV	Horas de ponta	0,0548		0,0058	89,42%
		Horas cheias	0,0390		0,0054	86,15%
		Horas de vazio normal	0,0134		0,0046	65,67%
		Horas de super vazio	0,0130		0,0042	67,69%
	Períodos II, III	Horas de ponta	0,0546		0,0056	89,74%
		Horas cheias	0,0389		0,0053	86,38%
		Horas de vazio normal	0,0133		0,0045	66,17%
		Horas de super vazio	0,0130		0,0042	67,69%
TARIFA DE ACESSO ÀS REDES DO AUTOCONSUMO ATRAVÉS DA RESP EM BTE						
Potência		(EUR/kW.mês)	(EUR/kW.dia)	(EUR/kW.mês)	(EUR/kW.dia)	Desconto Obtido
	Horas de ponta	6,613	0,2168	6,613	0,2168	
Energia activa		(EUR/kWh)		(EUR/kWh)		
	Períodos I, IV	Horas de ponta	0,0797		0,0089	88,83%
		Horas cheias	0,0510		0,0079	84,51%
		Horas de vazio normal	0,0180		0,0065	63,89%
		Horas de super vazio	0,0165		0,0050	69,70%
	Períodos II, III	Horas de ponta	0,0793		0,0085	89,28%
		Horas cheias	0,0507		0,0076	85,01%
		Horas de vazio normal	0,0178		0,0063	64,61%

Tabela A.1: Tarifas de Acesso à Rede com CIEG e isenção a 100% do CIEG e respectivo desconto obtido

			PREÇOS (Com CIEG)	PREÇOS (ISENÇÃO 100% CIEG)	Desconto Obtido
		Horas de super vazio	0,0165	0,0050	69,70%
TARIFA DE ACESSO ÀS REDES DO AUTOCONSUMO ATRAVÉS DA RESP EM BTN (>20,7 kVA)					
Energia activa			(EUR/kWh)	(EUR/kWh)	Desconto Obtido
	Tarifa tri-horária	Horas de ponta	0,1053	0,0297	71,79%
		Horas cheias	0,0625	0,0287	54,08%
		Horas de vazio	0,0148	0,006	59,46%
TARIFA DE ACESSO ÀS REDES DO AUTOCONSUMO ATRAVÉS DA RESP EM BTN (<=20,7 kVA)					
Energia activa			(EUR/kWh)	(EUR/kWh)	Desconto Obtido
	Tarifa simples		0,0588	0,0189	67,86%
	Tarifa bi-horária	Horas fora de vazio	0,0786	0,027	65,65%
		Horas de vazio	0,0287	0,0065	77,35%
	Tarifa tri-horária	Hora ponta	0,1034	0,0282	72,73%
		Hora cheia	0,0716	0,0267	62,71%
		Hora vazio	0,0287	0,0065	77,35%

Tabela A.2: Tarifa de Acesso às redes do autoconsumo através da RESP - sem isenção de CEIG

Níveis de tensão e opções tarifárias da IU	N.º períodos horários	Níveis de tensão da UPAC	Potência em horas de ponta		Energia ativa (EUR/kWh)			
					Períodos I e IV		Períodos II e III	
			[EUR/(kW.mês)]	[EUR/(kW.dia)]	Horas de ponta	Horas cheias	Horas de vazio normal	Horas de super vazio
BTN simples	1	MT			0,0957			
		AT			0,0981			
		MAT			0,1080			
		BT	n.a.		0,0637			
		MT			0,0706			
		AT			0,0723			
		MAT			0,0786			

Tabela A.3: Tarifa de Acesso às redes do autoconsumo através da RESP - com 50% de CEIG

Níveis de tensão e opções tarifárias da IU	N.º períodos horários	Níveis de tensão da UPAC	Potência em horas de ponta		Energia ativa (EUR/kWh)							
					Períodos I e IV				Períodos II e III			
			[EUR/(kW.mês)]	[EUR/(kW.dia)]	Horas de ponta	Horas cheias	Horas de vazio normal	Horas de super vazio	Horas de ponta	Horas cheias	Horas de vazio normal	Horas de super vazio
MAT	4	MAT	1,385	0,0455	0,0166	0,0129	0,0084	0,0084	0,0165	0,0129	0,0084	0,0084
AT	4	AT	0,414	0,0136	0,0206	0,0146	0,0085	0,0084	0,0205	0,0146	0,0085	0,0084
		MAT	3,152	0,1036	0,0215	0,0154	0,0092	0,0090	0,0213	0,0154	0,0092	0,0090
MT	4	MT	2,092	0,0688	0,0297	0,0218	0,0090	0,0085	0,0295	0,0217	0,0089	0,0085
		AT	2,580	0,0848	0,0306	0,0226	0,0095	0,0089	0,0304	0,0224	0,0094	0,0089
		MAT	5,447	0,1791	0,0315	0,0235	0,0102	0,0095	0,0313	0,0232	0,0101	0,0096
BTE	4	BT	6,650	0,2186	0,0479	0,0320	0,0126	0,0111	0,0475	0,0317	0,0124	0,0111
		MT	9,486	0,3118	0,0507	0,0343	0,0141	0,0121	0,0501	0,0339	0,0138	0,0122
		AT	10,021	0,3294	0,0517	0,0351	0,0147	0,0125	0,0510	0,0347	0,0143	0,0126
		MAT	13,165	0,4328	0,0527	0,0360	0,0155	0,0132	0,0520	0,0356	0,0150	0,0133
BTN>	3	BT	n.a.	0,0729	0,0487	0,0118		0,0729	0,0487	0,0118		
		MT		0,1098	0,0509	0,0131		0,1098	0,0509	0,0131		
		AT		0,1172	0,0517	0,0136		0,1172	0,0517	0,0136		
		MAT		0,1561	0,0526	0,0143		0,1561	0,0526	0,0143		
BTN< tri-horária	3	BT	n.a.	0,0714	0,0526	0,0184		0,0714	0,0526	0,0184		
		MT		0,1095	0,0549	0,0198		0,1095	0,0549	0,0198		
		AT		0,1172	0,0557	0,0203		0,1172	0,0557	0,0203		
		MAT		0,1575	0,0566	0,0211		0,1575	0,0566	0,0211		
BTN bi-horária	2	BT	n.a.	0,0569		0,0184		0,0569		0,0184		

Tabela A.3: Tarifa de Acesso às redes do autoconsumo através da RESP - com 50% de CEIG

Níveis de tensão e opções tarifárias da IU	N.º períodos horários	Níveis de tensão da UPAC	Potência em horas de ponta		Energia ativa (EUR/kWh)					
					Períodos I e IV			Períodos II e III		
			[EUR/(kW.mês)]	[EUR/(kW.dia)]	Horas de ponta	Horas cheias	Horas de vazio normal	Horas de super vazio	Horas de vazio normal	Horas de super vazio
BTN simples	1	MT			0,0673		0,0198	0,0673	0,0198	
		AT			0,0697		0,0203	0,0697	0,0203	
		MAT			0,0796		0,0211	0,0796	0,0211	
		BT	n.a.		0,0419			0,0419		
		MT			0,0488			0,0488		
		AT			0,0505			0,0505		
		MAT			0,0568			0,0568		

Tabela A.4: Tarifa de Acesso às redes do autoconsumo através da RESP - com 50% de CEIG

Níveis de tensão e opções tarifárias da IU	N.º períodos horários	Níveis de tensão da UPAC	Potência em horas de ponta		Energia ativa (EUR/kWh)							
					Períodos I e IV				Períodos II e III			
			[EUR/(kW.mês)]	[EUR/(kW.dia)]	Horas de ponta	Horas cheias	Horas de vazio normal	Horas de super vazio	Horas de ponta	Horas cheias	Horas de vazio normal	Horas de super vazio
MAT	4	MAT	1,385	0,0455	0,0166	0,0129	0,0084	0,0084	0,0165	0,0129	0,0084	0,0084
AT	4	AT	0,414	0,0136	0,0206	0,0146	0,0085	0,0084	0,0205	0,0146	0,0085	0,0084
		MAT	3,152	0,1036	0,0215	0,0154	0,0092	0,0090	0,0213	0,0154	0,0092	0,0090
MT	4	MT	2,092	0,0688	0,0297	0,0218	0,0090	0,0085	0,0295	0,0217	0,0089	0,0085
		AT	2,580	0,0848	0,0306	0,0226	0,0095	0,0089	0,0304	0,0224	0,0094	0,0089
		MAT	5,447	0,1791	0,0315	0,0235	0,0102	0,0095	0,0313	0,0232	0,0101	0,0096
BTE	4	BT	6,650	0,2186	0,0479	0,0320	0,0126	0,0111	0,0475	0,0317	0,0124	0,0111
		MT	9,486	0,3118	0,0507	0,0343	0,0141	0,0121	0,0501	0,0339	0,0138	0,0122
		AT	10,021	0,3294	0,0517	0,0351	0,0147	0,0125	0,0510	0,0347	0,0143	0,0126
		MAT	13,165	0,4328	0,0527	0,0360	0,0155	0,0132	0,0520	0,0356	0,0150	0,0133
BTN>	3	BT	n.a.	0,0729	0,0487	0,0118		0,0729	0,0487	0,0118		
		MT		0,1098	0,0509	0,0131		0,1098	0,0509	0,0131		
		AT		0,1172	0,0517	0,0136		0,1172	0,0517	0,0136		
		MAT		0,1561	0,0526	0,0143		0,1561	0,0526	0,0143		
BTN< tri-horária	3	BT	n.a.	0,0714	0,0526	0,0184		0,0714	0,0526	0,0184		
		MT		0,1095	0,0549	0,0198		0,1095	0,0549	0,0198		
		AT		0,1172	0,0557	0,0203		0,1172	0,0557	0,0203		
		MAT		0,1575	0,0566	0,0211		0,1575	0,0566	0,0211		
BTN bi-horária	2	BT	n.a.	0,0569		0,0184		0,0569		0,0184		

Tabela A.4: Tarifa de Acesso às redes do autoconsumo através da RESP - com 50% de CEIG

Níveis de tensão e opções tarifárias da IU	N.º períodos horários	Níveis de tensão da UPAC	Potência em horas de ponta		Energia ativa (EUR/kWh)					
					Períodos I e IV			Períodos II e III		
			[EUR/(kW.mês)]	[EUR/(kW.dia)]	Horas de ponta	Horas cheias	Horas de vazio normal	Horas de super vazio	Horas de vazio normal	Horas de super vazio
BTN simples	1	MT			0,0673		0,0198	0,0673	0,0198	
		AT			0,0697		0,0203	0,0697	0,0203	
		MAT			0,0796		0,0211	0,0796	0,0211	
		BT	n.a.		0,0419			0,0419		
		MT			0,0488			0,0488		
		AT			0,0505			0,0505		
		MAT			0,0568			0,0568		

Anexo B

Agregação de Dados

B.1 Base de Conhecimento

Tabela B.1: Dados Consumidores Base de Conhecimento

ID	CPE	Potência Contratada	Tarifário	Consumo Anual		
				Simples	Fora Vazio	Vazio
1	PTXXXXXXXXXXXXXXXXX09DC	6,9	Simples	4012	-	-
2	PTXXXXXXXXXXXXXXXXX53GA	6,9	Bi-Horário	-	2100	1668
3	PTXXXXXXXXXXXXXXXXX59MN	4,6	Simples	1739	-	-
4	PTXXXXXXXXXXXXXXXXX19RD	6,9	Simples	2383	-	-
5	PTXXXXXXXXXXXXXXXXX42AZ	10,35	Simples	3164	-	-
6	PTXXXXXXXXXXXXXXXXX45SD	6,9	Simples	5236	-	-
7	PTXXXXXXXXXXXXXXXXX39QT	5,75	Simples	697	-	-
8	PTXXXXXXXXXXXXXXXXX23HK	6,9	Simples	3392	-	-
9	PTXXXXXXXXXXXXXXXXX43ML	5,75	Bi-Horário	-	2148	1704
10	PTXXXXXXXXXXXXXXXXX48ZN	6,9	Simples	2504	-	-
11	PTXXXXXXXXXXXXXXXXX58RY	6,9	Bi-Horário	-	1512	1296
12	PTXXXXXXXXXXXXXXXXX12GV	6,9	Simples	1812	-	-
13	PTXXXXXXXXXXXXXXXXX21AM	6,9	Simples	4251	-	-
14	PTXXXXXXXXXXXXXXXXX97PT	6,9	Bi-Horário	-	2364	1428
15	PTXXXXXXXXXXXXXXXXX73CJ	6,9	Simples	4897	-	-
16	PTXXXXXXXXXXXXXXXXX92GY	4,6	Simples	1991	-	-
17	PTXXXXXXXXXXXXXXXXX55CM	6,9	Simples	7647	-	-
18	PTXXXXXXXXXXXXXXXXX73MJ	6,9	Simples	3295	-	-
19	PTXXXXXXXXXXXXXXXXX75AD	6,9	Simples	9000	-	-
20	PTXXXXXXXXXXXXXXXXX95ML	6,9	Simples	4043	-	-
21	PTXXXXXXXXXXXXXXXXX52ZK	3,45	Simples	1600	-	-
22	PTXXXXXXXXXXXXXXXXX81HB	6,9	Simples	3096	-	-

Tabela B.1: Dados Consumidores Base de Conhecimento

ID	CPE	Potência Contratada	Tarifário	Consumo Anual		
				Simples	Fora Vazio	Vazio
23	PTXXXXXXXXXXXXXXXXX35WS	10,35	Simples	1873	-	-
24	PTXXXXXXXXXXXXXXXXX36ZD	4,6	Bi-Horário	-	864	996
25	PTXXXXXXXXXXXXXXXXX35ZZ	10,35	Simples	7885	-	-
26	PTXXXXXXXXXXXXXXXXX49PR	6,9	Simples	4426	-	-
27	PTXXXXXXXXXXXXXXXXX39ZS	10,35	Bi-Horário	-	9804	12288
28	PTXXXXXXXXXXXXXXXXX77AN	3,45	Bi-Horário	-	2628	1776
29	PTXXXXXXXXXXXXXXXXX29QR	4,6	Simples	1220	-	-
30	PTXXXXXXXXXXXXXXXXX52TP	3,45	Simples	1000	-	-
31	PTXXXXXXXXXXXXXXXXX87PY	4,6	Bi-Horário	-	4416	3180
32	PTXXXXXXXXXXXXXXXXX83ER	4,6	Simples	81	-	-
33	PTXXXXXXXXXXXXXXXXX88LL	5,75	Simples	7953	-	-
34	PTXXXXXXXXXXXXXXXXX45SB	27,6	Tri-Horário	60085		

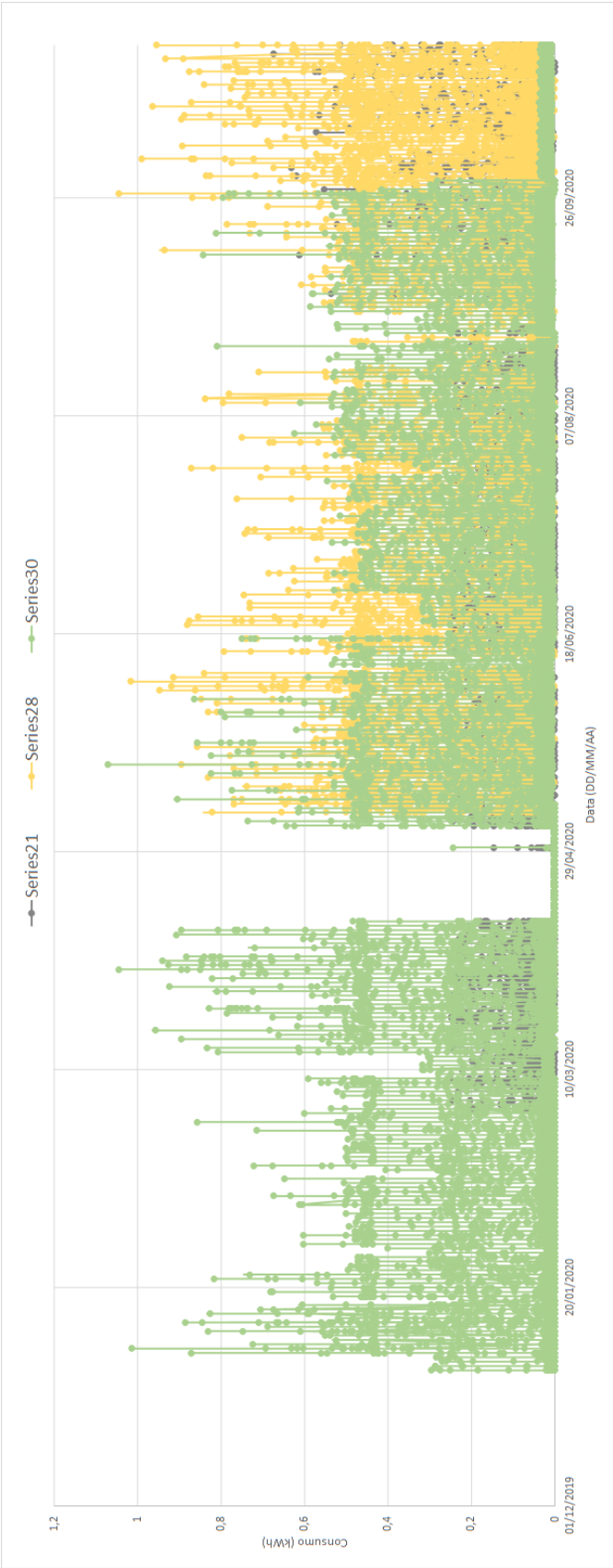


Figura B.1: Diagrama de Carga - Consumidores 3.45kVA - Amplo

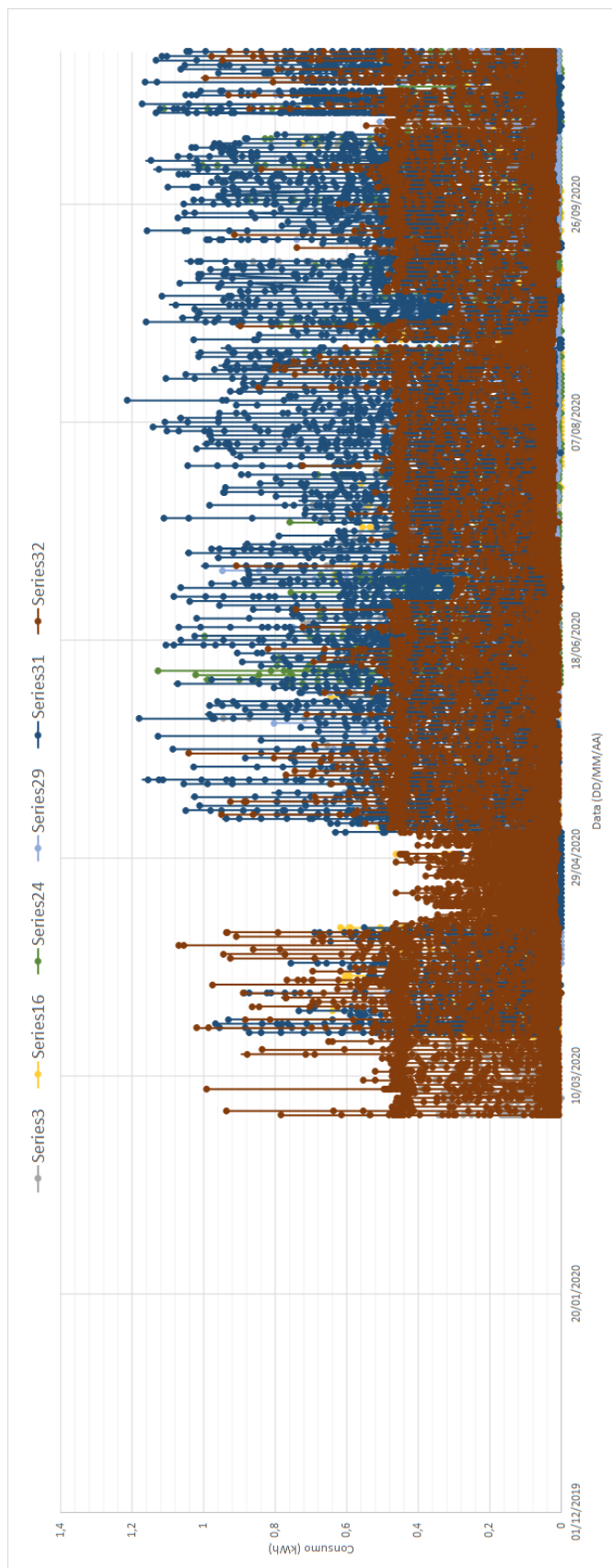


Figura B.2: Diagrama de Carga - Consumidores 4.6kVA - Amplo

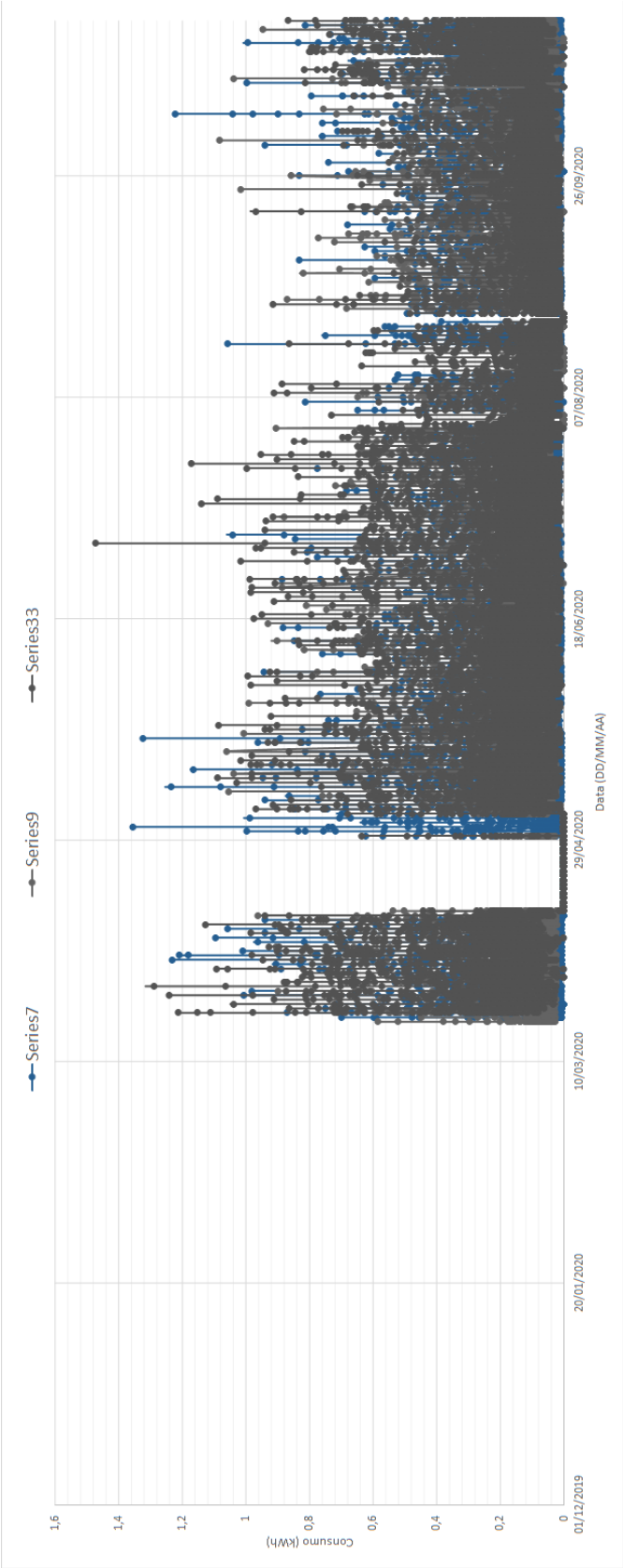


Figura B.3: Diagrama de Carga - Consumidores 5.75kVA - Amplo

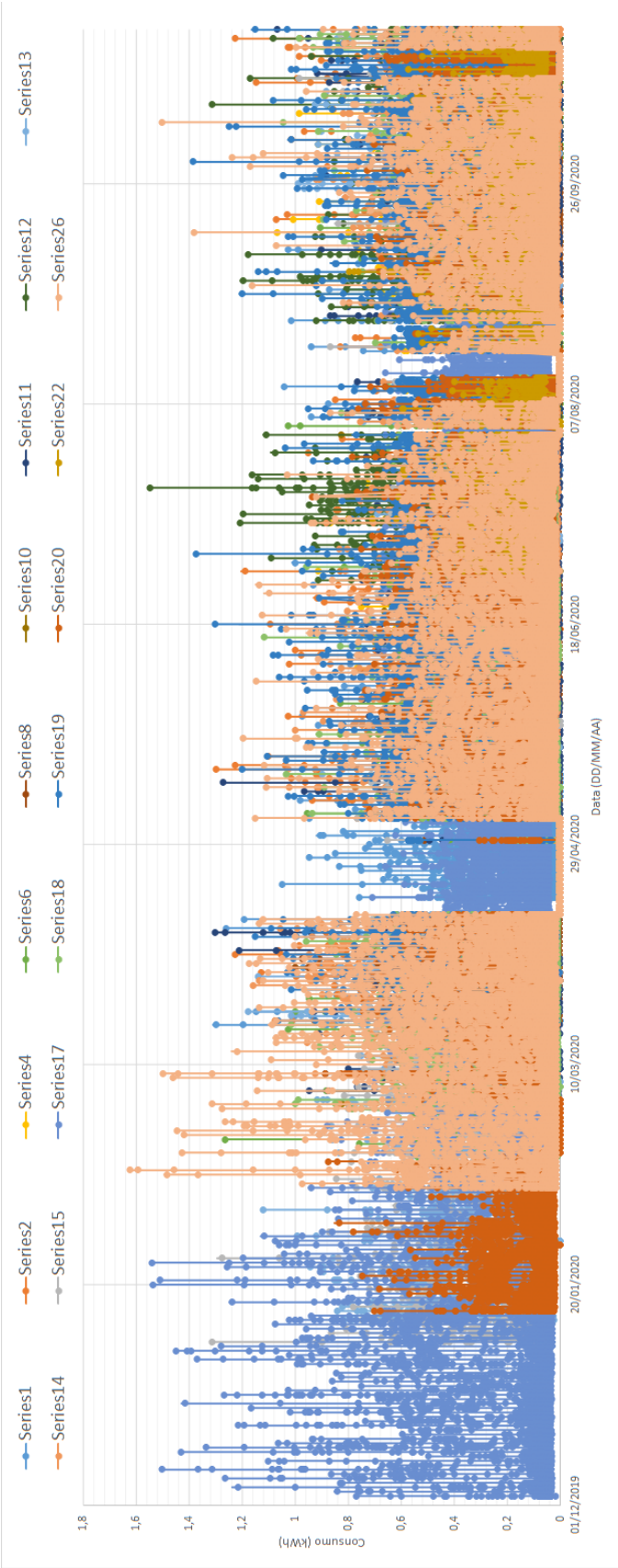


Figura B.4: Diagrama de Carga - Consumidores 6.9kVA - Amplo

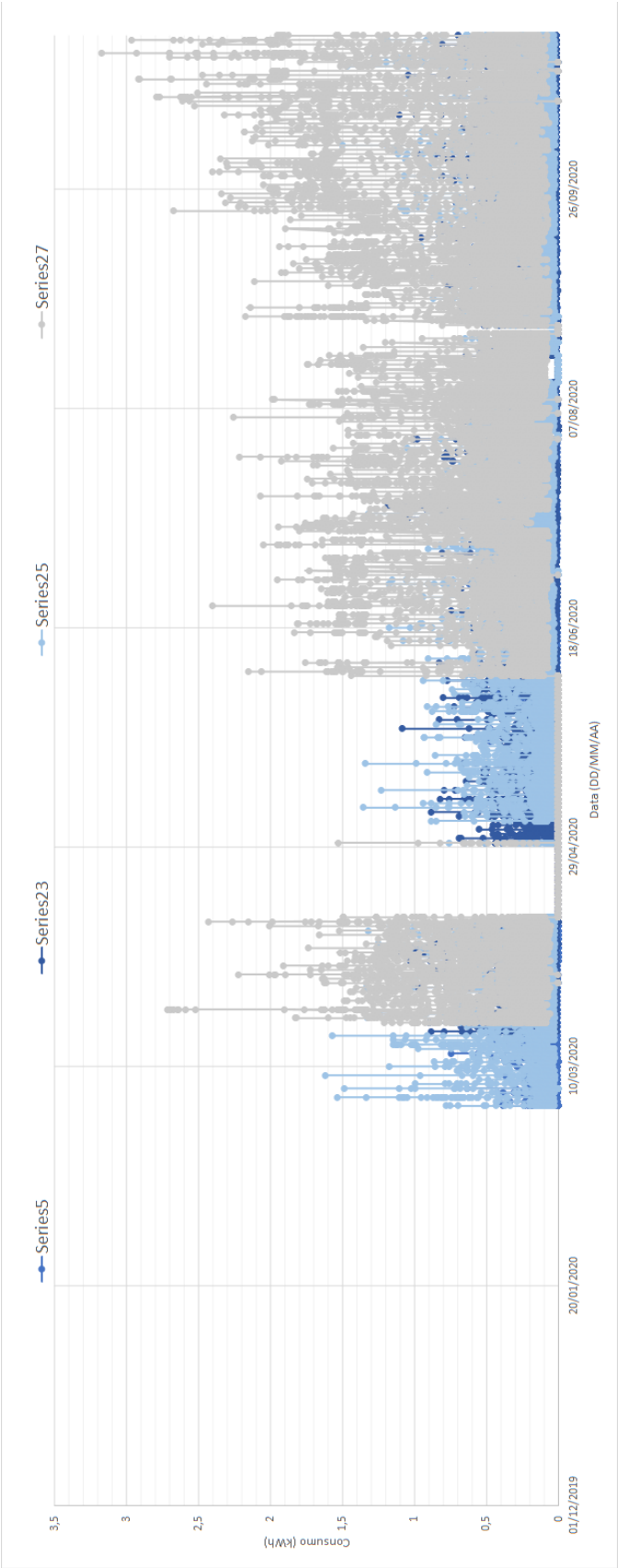


Figura B.5: Diagrama de Carga - Consumidores 10.35kVA - Amplo

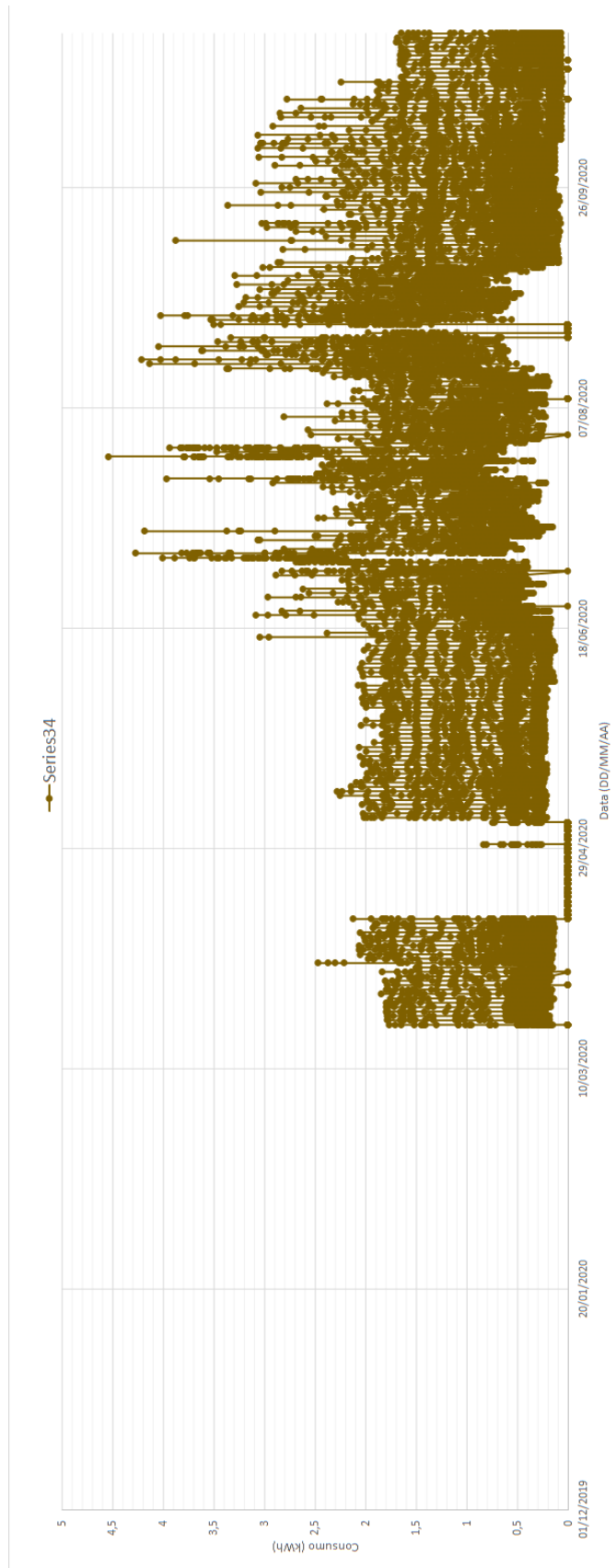


Figura B.6: Diagrama de Carga - Consumidores 27.6kVA - Amplo

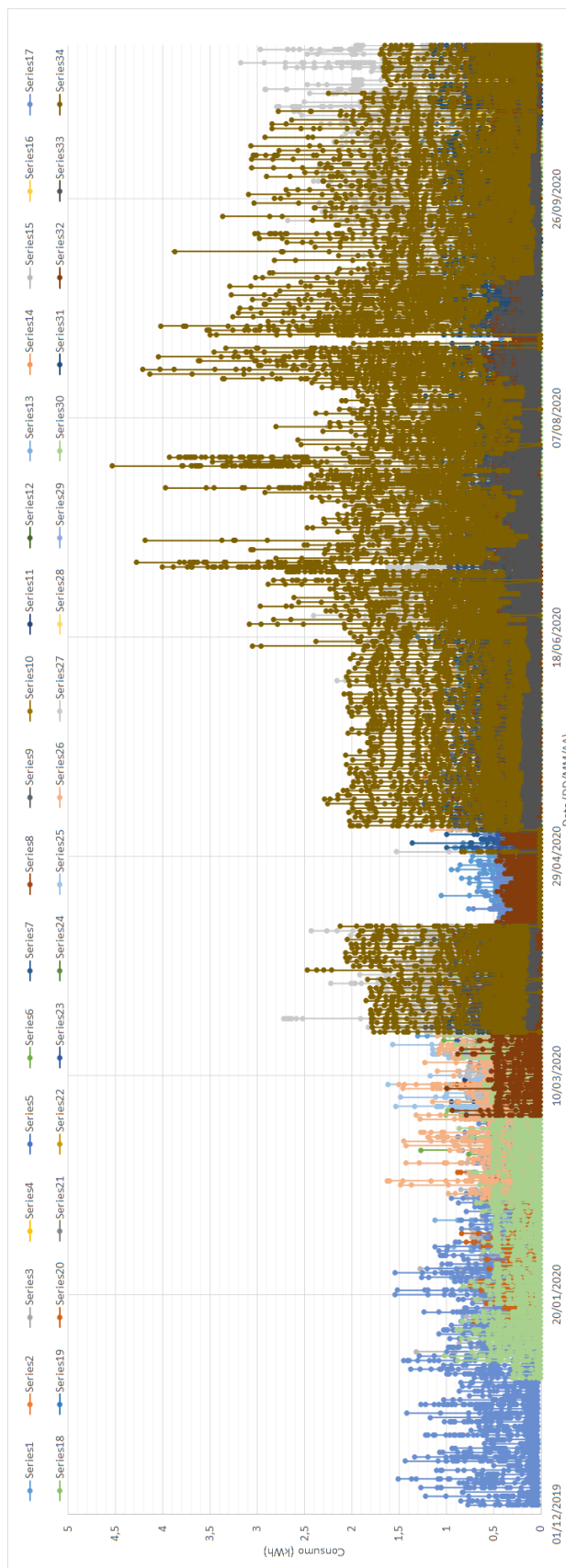


Figura B.7: Diagrama de Consumo de todos os Consumidores

Anexo C

Metodologia

C.1 Distribuição de Weibull

Tabela C.1: Frequência e Valor de Weibull Completa

		Frequência	Weibull	erro
0	0,05	0,364558	0,381133304	0,000275
0,05	0,1	0,27828	0,268516967	9,53E-05
0,1	0,15	0,131745	0,159656319	0,000779
0,15	0,2	0,058066	0,089666984	0,000999
0,2	0,25	0,031498	0,048610099	0,000293
0,25	0,3	0,033416	0,025682739	5,98E-05
0,3	0,35	0,015338	0,013296306	4,17E-06
0,35	0,4	0,019173	0,006768728	0,000154
0,4	0,45	0,016982	0,003396432	0,000185
0,45	0,5	0,011504	0,00168289	9,64E-05
0,5	0,55	0,010134	0,000824523	8,67E-05
0,55	0,6	0,009039	0,000399888	7,46E-05
0,6	0,65	0,004382	0,000192153	1,76E-05
0,65	0,7	0,002465	9,15485E-05	5,63E-06
0,7	0,75	0,001096	4,32732E-05	1,11E-06
0,75	0,8	0,000822	2,03041E-05	6,42E-07
0,8	0,85	0	9,46113E-06	8,95E-11
0,85	0,9	0,001369	4,38E-06	1,86E-06
0,9	0,95	0,001643	2,01526E-06	2,69E-06
0,95	1	0,000822	9,21834E-07	6,74E-07
1	1,05	0	4,19335E-07	1,76E-13
1,05	1,1	0,000274	1,89744E-07	7,49E-08

Tabela C.1: Frequência e Valor de Weibull Completa

		Frequência	Weibull	erro
1,1	1,15	0,000274	8,54225E-08	7,5E-08
1,15	1,2	0,000548	3,82708E-08	3E-07
1,2	1,25	0	1,70662E-08	2,91E-16
1,25	1,3	0,000548	7,57632E-09	3E-07
1,3	1,35	0,000822	3,3489E-09	6,75E-07
1,35	1,4	0,001096	1,47412E-09	1,2E-06
1,4	1,45	0,000274	6,46268E-10	7,5E-08
1,45	1,5	0	2,82227E-10	7,97E-20
1,5	1,55	0,000548	1,22784E-10	3E-07
1,55	1,6	0	5,32222E-11	2,83E-21
1,6	1,65	0	2,29879E-11	5,28E-22
1,65	1,7	0,000274	9,89464E-12	7,5E-08
1,7	1,75	0,001096	4,24472E-12	1,2E-06
1,75	1,8	0	1,81488E-12	3,29E-24
1,8	1,85	0,000548	7,73603E-13	3E-07
1,85	1,9	0	3,28626E-13	1,08E-25
1,9	1,95	0	1,39222E-13	1,94E-26
1,95	2	0,000274	5,88418E-14	7,5E-08
2	2,05	0,000548	2,4758E-14	3E-07
2,05	2,1	0,000548	1,04361E-14	3E-07

C.2 Padrões de Consumo

C.2.1 Padrão Mensal Simples

Tabela C.2: Tabela Padrão Mensal Simples Completa

Mês	Média Real	Média Ajustada	Normalização
1	0,558	0,563	1,1620096
2	0,446	0,511	1,0554714
3	0,487	0,471	0,9720578
4	0,555	0,442	0,9117688
5	0,420	0,424	0,8746043
6	0,413	0,417	0,8605643
7	0,436	0,421	0,869649
8	0,413	0,437	0,9018582
9	0,443	0,464	0,957192

Tabela C.2: Tabela Padrão Mensal Simples Completa

Mês	Média Real	Média Ajustada	Normalização
10	0,480	0,502	1,0356504
11		0,551	1,1372333
12	0,665	0,611	1,2619408

C.2.2 Padrão Semanal

Tabela C.3: Tabela Padrão Dia de Semana Completa

DS	Média Real	Normalização
1	0,47980478	1,06273079
2	0,43978116	0,97408155
3	0,44609661	0,98806979
4	0,44516574	0,98600797
5	0,43420259	0,96172545
6	0,44244494	0,9799816
7	0,47288448	1,04740285

C.2.3 Padrão Diário

Tabela C.4: Tabela Padrão Hora do Dia Completa

H	Média Real	Normalização	norm DS1	norm DS2	norm DS3	norm DS4	norm DS5	norm DS6	norm DS7
0	0,42605815	0,94368614	1	1	1	1	1	1	1
1	0,36510928	0,80868906	1	1	1	1	1	1	1
2	0,31382282	0,69509347	1	1	1	1	1	1	1
3	0,29008349	0,64251269	1	1	1	1	1	1	1
4	0,25659742	0,5683436	1	1	1	1	1	1	1
5	0,26378801	0,58427022	1	1	1	1	1	1	1
6	0,28271337	0,62618844	1	1	1	1	1	1	1
7	0,31619734	0,70035286	1	1	1	1	1	1	1
8	0,39831502	0,88223723	1	1	1	1	1	1	1
9	0,42881879	0,94980075	1	1	1	1	1	1	1
10	0,42470104	0,94068024	1	1	1	1	1	1	1
11	0,44612213	0,9881263	1	1	1	1	1	1	1
12	0,52492323	1,16266471	1	1	1	1	1	1	1
13	0,53094292	1,17599785	1	1	1	1	1	1	1
14	0,44734285	0,9908301	1	1	1	1	1	1	1
15	0,42756419	0,94702189	1	1	1	1	1	1	1
16	0,43120145	0,95507814	1	1	1	1	1	1	1
17	0,45738022	1,01306212	1	1	1	1	1	1	1
18	0,54923769	1,21651936	1	1	1	1	1	1	1
19	0,69969055	1,54976091	1	1	1	1	1	1	1
20	0,79456493	1,7599004	1	1	1	1	1	1	1
21	0,64886954	1,43719627	1	1	1	1	1	1	1

Tabela C.4: Tabela Padrão Hora do Dia Completa

H	Média Real	Normalização	norm DS1	norm DS2	norm DS3	norm DS4	norm DS5	norm DS6	norm DS7
22	0,60069281	1,33048851	1	1	1	1	1	1	1
23	0,51085234	1,13149877	1	1	1	1	1	1	1

C.2.4 Padrão Mensal Enriquecido

Tabela C.5: Tabela Padrão Mensal Enriquecido Completa

Cod2	Mês	DS	Normalização	Média Ajustada
11	1	1	1,235	0,5981
12	1	2	1,132	0,5482
13	1	3	1,148	0,5561
14	1	4	1,146	0,5549
15	1	5	1,118	0,5413
16	1	6	1,139	0,5515
17	1	7	1,217	0,5895
21	2	1	1,122	0,5433
22	2	2	1,028	0,4980
23	2	3	1,043	0,5051
24	2	4	1,041	0,5040
25	2	5	1,015	0,4916
26	2	6	1,034	0,5010
27	2	7	1,106	0,5354
31	3	1	1,033	0,5003
32	3	2	0,947	0,4586
33	3	3	0,960	0,4652
34	3	4	0,958	0,4642
35	3	5	0,935	0,4528
36	3	6	0,953	0,4614
37	3	7	1,018	0,4931
41	4	1	0,969	0,4693
42	4	2	0,888	0,4302
43	4	3	0,901	0,4363
44	4	4	0,899	0,4354
45	4	5	0,877	0,4247
46	4	6	0,894	0,4328
47	4	7	0,955	0,4625
51	5	1	0,929	0,4502
52	5	2	0,852	0,4126
53	5	3	0,864	0,4185
54	5	4	0,862	0,4177
55	5	5	0,841	0,4074
56	5	6	0,857	0,4151

Tabela C.5: Tabela Padrão Mensal Enriquecido Completa

Cod2	Mês	DS	Normalização	Média Ajustada
57	5	7	0,916	0,4437
61	6	1	0,915	0,4429
62	6	2	0,838	0,4060
63	6	3	0,850	0,4118
64	6	4	0,849	0,4110
65	6	5	0,828	0,4008
66	6	6	0,843	0,4085
67	6	7	0,901	0,4366
71	7	1	0,924	0,4476
72	7	2	0,847	0,4103
73	7	3	0,859	0,4162
74	7	4	0,857	0,4153
75	7	5	0,836	0,4051
76	7	6	0,852	0,4128
77	7	7	0,911	0,4412
81	8	1	0,958	0,4642
82	8	2	0,878	0,4255
83	8	3	0,891	0,4316
84	8	4	0,889	0,4307
85	8	5	0,867	0,4201
86	8	6	0,884	0,4281
87	8	7	0,945	0,4575
91	9	1	1,017	0,4927
92	9	2	0,932	0,4516
93	9	3	0,946	0,4581
94	9	4	0,944	0,4571
95	9	5	0,921	0,4459
96	9	6	0,938	0,4543
97	9	7	1,003	0,4856
101	10	1	1,101	0,5331
102	10	2	1,009	0,4886
103	10	3	1,023	0,4956
104	10	4	1,021	0,4946
105	10	5	0,996	0,4824
106	10	6	1,015	0,4916
107	10	7	1,085	0,5254

Tabela C.5: Tabela Padrão Mensal Enriquecido Completa

Cod2	Mês	DS	Normalização	Média Ajustada
111	11	1	1,209	0,5854
112	11	2	1,108	0,5365
113	11	3	1,124	0,5442
114	11	4	1,121	0,5431
115	11	5	1,094	0,5297
116	11	6	1,114	0,5398
117	11	7	1,191	0,5769
121	12	1	1,341	0,6495
122	12	2	1,229	0,5954
123	12	3	1,247	0,6039
124	12	4	1,244	0,6026
125	12	5	1,214	0,5878
126	12	6	1,237	0,5990
127	12	7	1,322	0,6402

C.2.5 Padrão Semanal Completo

Tabela C.6: Tabela Padrão Semanal Completa

Cod1	DS	H	Média Real	k	A	korig	Aorig	Média Ajustada	Normalização
100	1	0	0,426424	1,147682	0,301158	1,147682	0,301158	0,426424	0,944496
101	1	1	0,384999	1,149711	0,239678	1,149711	0,239678	0,384999	0,852743
102	1	2	0,329503	1,082476	0,211516	1,082476	0,211516	0,329503	0,729824
103	1	3	0,300795	1,132812	0,188596	1,132812	0,188596	0,300795	0,666239
104	1	4	0,261542	1,285881	0,179247	1,285881	0,179247	0,261542	0,579295
105	1	5	0,265052	1,301310	0,172435	1,301310	0,172435	0,265052	0,587070
106	1	6	0,271976	1,327493	0,181711	1,327493	0,181711	0,271976	0,602406
107	1	7	0,284391	1,245808	0,190311	1,245808	0,190311	0,284391	0,629903
108	1	8	0,335148	1,089219	0,218111	1,089219	0,218111	0,335148	0,742327
109	1	9	0,416799	1,001712	0,283207	1,001712	0,283207	0,416799	0,923177
110	1	10	0,466482	0,909350	0,349503	0,909350	0,349503	0,466482	1,033221
111	1	11	0,542674	0,876368	0,415616	0,876368	0,415616	0,542674	1,201981
112	1	12	0,617185	0,862089	0,509109	0,862089	0,509109	0,617185	1,367018
113	1	13	0,648329	0,862079	0,548130	0,862079	0,548130	0,648329	1,435998
114	1	14	0,539822	0,942150	0,435497	0,942150	0,435497	0,539822	1,195663
115	1	15	0,504626	0,966215	0,399887	0,966215	0,399887	0,504626	1,117708

Tabela C.6: Tabela Padrão Semanal Completa

Cod1	DS	H	Média Real	k	A	korig	Aorig	Média Ajustada	Norma-lização
116	1	16	0,523185	0,882072	0,424733	0,882072	0,424733	0,523185	1,158814
117	1	17	0,493769	0,951915	0,411106	0,951915	0,411106	0,493769	1,093661
118	1	18	0,560270	0,979127	0,435186	0,979127	0,435186	0,560270	1,240956
119	1	19	0,729925	0,926900	0,615438	0,926900	0,615438	0,729925	1,616729
120	1	20	0,807317	0,936627	0,751787	0,936627	0,751787	0,807317	1,788144
121	1	21	0,688744	1,075104	0,605014	1,075104	0,605014	0,688744	1,525515
122	1	22	0,610447	1,144055	0,473692	1,144055	0,473692	0,610447	1,352094
123	1	23	0,505912	1,049177	0,385740	1,049177	0,385740	0,505912	1,120557
200	2	0	0,417360	1,167685	0,292801	1,167685	0,292801	0,417360	0,924421
201	2	1	0,334656	1,002899	0,214699	1,002899	0,214699	0,334656	0,741238
202	2	2	0,294800	1,092133	0,196674	1,092133	0,196674	0,294800	0,652960
203	2	3	0,278230	1,104033	0,175306	1,104033	0,175306	0,278230	0,616258
204	2	4	0,243463	1,176906	0,169212	1,176906	0,169212	0,243463	0,539252
205	2	5	0,256776	1,248294	0,167684	1,248294	0,167684	0,256776	0,568738
206	2	6	0,280808	1,143450	0,179885	1,143450	0,179885	0,280808	0,621969
207	2	7	0,324220	0,953144	0,230902	0,953144	0,230902	0,324220	0,718123
208	2	8	0,412772	1,017810	0,267024	1,017810	0,267024	0,412772	0,914258
209	2	9	0,436113	1,065900	0,296506	1,065900	0,296506	0,436113	0,965957
210	2	10	0,400657	1,103328	0,297413	1,103328	0,297413	0,400657	0,887424
211	2	11	0,415593	1,096118	0,308962	1,096118	0,308962	0,415593	0,920506
212	2	12	0,482820	1,011691	0,377121	1,011691	0,377121	0,482820	1,069408
213	2	13	0,478257	1,097968	0,373283	1,097968	0,373283	0,478257	1,059303
214	2	14	0,426640	1,191342	0,319578	1,191342	0,319578	0,426640	0,944975
215	2	15	0,406161	1,273906	0,291356	1,273906	0,291356	0,406161	0,899616
216	2	16	0,399617	1,216307	0,305900	1,216307	0,305900	0,399617	0,885121
217	2	17	0,439894	1,135212	0,333366	1,135212	0,333366	0,439894	0,974331
218	2	18	0,540405	1,022834	0,401550	1,022834	0,401550	0,540405	1,196955
219	2	19	0,722455	0,918887	0,597419	0,918887	0,597419	0,722455	1,600182
220	2	20	0,801073	0,975388	0,748154	0,975388	0,748154	0,801073	1,774316
221	2	21	0,652151	1,197799	0,531448	1,197799	0,531448	0,652151	1,444465
222	2	22	0,604643	1,136960	0,476555	1,136960	0,476555	0,604643	1,339238
223	2	23	0,505184	1,192449	0,356726	1,192449	0,356726	0,505184	1,118945
300	3	0	0,404875	1,198684	0,281243	1,198684	0,281243	0,404875	0,896767
301	3	1	0,348426	1,063384	0,223347	1,063384	0,223347	0,348426	0,771737
302	3	2	0,300070	1,105923	0,187568	1,105923	0,187568	0,300070	0,664631

Tabela C.6: Tabela Padrão Semanal Completa

Cod1	DS	H	Média Real	k	A	korig	Aorig	Média Ajustada	Norma-lização
303	3	3	0,290802	1,107476	0,178439	1,107476	0,178439	0,290802	0,644104
304	3	4	0,258834	1,249844	0,167790	1,249844	0,167790	0,258834	0,573298
305	3	5	0,264652	1,277528	0,172799	1,277528	0,172799	0,264652	0,586184
306	3	6	0,292365	1,097404	0,176780	1,097404	0,176780	0,292365	0,647565
307	3	7	0,349428	0,980397	0,237231	0,980397	0,237231	0,349428	0,773957
308	3	8	0,433232	0,984927	0,295911	0,984927	0,295911	0,433232	0,959576
309	3	9	0,424659	1,089263	0,286726	1,089263	0,286726	0,424659	0,940588
310	3	10	0,413945	1,214050	0,282865	1,214050	0,282865	0,413945	0,916857
311	3	11	0,427500	1,188982	0,304366	1,188982	0,304366	0,427500	0,946880
312	3	12	0,516038	0,960973	0,399203	0,960973	0,399203	0,516038	1,142985
313	3	13	0,502701	1,056162	0,390300	1,056162	0,390300	0,502701	1,113444
314	3	14	0,408058	1,224549	0,321197	1,224549	0,321197	0,408058	0,903818
315	3	15	0,401894	1,183964	0,298095	1,183964	0,298095	0,401894	0,890165
316	3	16	0,398024	1,181399	0,311040	1,181399	0,311040	0,398024	0,881592
317	3	17	0,422144	1,110734	0,341623	1,110734	0,341623	0,422144	0,935017
318	3	18	0,556195	1,015991	0,407002	1,015991	0,407002	0,556195	1,231930
319	3	19	0,698172	0,928584	0,580610	0,928584	0,580610	0,698172	1,546398
320	3	20	0,815101	0,992007	0,709868	0,992007	0,709868	0,815101	1,805387
321	3	21	0,651167	1,177690	0,530051	1,177690	0,530051	0,651167	1,442285
322	3	22	0,611066	1,119311	0,489666	1,119311	0,489666	0,611066	1,353465
323	3	23	0,516967	1,104747	0,395365	1,104747	0,395365	0,516967	1,145043
400	4	0	0,428389	1,116885	0,285615	1,116885	0,285615	0,428389	0,948849
401	4	1	0,376366	1,084311	0,242983	1,084311	0,242983	0,376366	0,833622
402	4	2	0,322268	1,160305	0,204043	1,160305	0,204043	0,322268	0,713799
403	4	3	0,298070	1,119693	0,174253	1,119693	0,174253	0,298070	0,660202
404	4	4	0,280816	1,167642	0,166980	1,167642	0,166980	0,280816	0,621987
405	4	5	0,270287	1,160364	0,164857	1,160364	0,164857	0,270287	0,598665
406	4	6	0,313347	1,174834	0,190057	1,174834	0,190057	0,313347	0,694040
407	4	7	0,332755	0,976556	0,232185	0,976556	0,232185	0,332755	0,737027
408	4	8	0,406772	1,049403	0,263464	1,049403	0,263464	0,406772	0,900968
409	4	9	0,420572	1,042365	0,295375	1,042365	0,295375	0,420572	0,931534
410	4	10	0,403716	1,152879	0,294727	1,152879	0,294727	0,403716	0,894200
411	4	11	0,420669	1,225405	0,309073	1,225405	0,309073	0,420669	0,931750
412	4	12	0,504661	1,081102	0,352929	1,081102	0,352929	0,504661	1,117784
413	4	13	0,472594	1,089791	0,365091	1,089791	0,365091	0,472594	1,046761

Tabela C.6: Tabela Padrão Semanal Completa

Cod1	DS	H	Média Real	k	A	korig	Aorig	Média Ajustada	Norma-lização
414	4	14	0,402838	1,189871	0,313384	1,189871	0,313384	0,402838	0,892256
415	4	15	0,382213	1,136642	0,297660	1,136642	0,297660	0,382213	0,846573
416	4	16	0,386089	1,230404	0,303705	1,230404	0,303705	0,386089	0,855157
417	4	17	0,437276	1,180713	0,345772	1,180713	0,345772	0,437276	0,968533
418	4	18	0,554503	1,098627	0,404317	1,098627	0,404317	0,554503	1,228182
419	4	19	0,708055	0,916114	0,588285	0,916114	0,588285	0,708055	1,568287
420	4	20	0,804186	0,952517	0,735759	0,952517	0,735759	0,804186	1,781210
421	4	21	0,653299	1,138280	0,525710	1,138280	0,525710	0,653299	1,447007
422	4	22	0,590218	1,164241	0,435181	1,164241	0,435181	0,590218	1,307287
423	4	23	0,514018	1,123449	0,366349	1,123449	0,366349	0,514018	1,138511
500	5	0	0,426390	1,198570	0,293691	1,198570	0,293691	0,426390	0,944421
501	5	1	0,348145	1,135987	0,231642	1,135987	0,231642	0,348145	0,771115
502	5	2	0,295027	1,115706	0,195283	1,115706	0,195283	0,295027	0,653462
503	5	3	0,272944	1,188507	0,182745	1,188507	0,182745	0,272944	0,604550
504	5	4	0,238431	1,234421	0,173871	1,234421	0,173871	0,238431	0,528105
505	5	5	0,260386	1,204366	0,173416	1,204366	0,173416	0,260386	0,576736
506	5	6	0,280179	1,243967	0,186562	1,243967	0,186562	0,280179	0,620574
507	5	7	0,327424	0,976211	0,235314	0,976211	0,235314	0,327424	0,725219
508	5	8	0,408073	1,122108	0,275378	1,122108	0,275378	0,408073	0,903851
509	5	9	0,424098	1,017527	0,281234	1,017527	0,281234	0,424098	0,939344
510	5	10	0,404769	1,063566	0,288192	1,063566	0,288192	0,404769	0,896532
511	5	11	0,422345	1,140109	0,318959	1,140109	0,318959	0,422345	0,935461
512	5	12	0,472473	1,022931	0,361427	1,022931	0,361427	0,472473	1,046492
513	5	13	0,467015	1,138126	0,362612	1,138126	0,362612	0,467015	1,034403
514	5	14	0,393074	1,271384	0,297522	1,271384	0,297522	0,393074	0,870629
515	5	15	0,381457	1,260675	0,287245	1,260675	0,287245	0,381457	0,844899
516	5	16	0,411563	1,177090	0,309820	1,177090	0,309820	0,411563	0,911580
517	5	17	0,460677	1,078248	0,339611	1,078248	0,339611	0,460677	1,020365
518	5	18	0,546339	0,989637	0,410347	0,989637	0,410347	0,546339	1,210099
519	5	19	0,693981	0,920006	0,595496	0,920006	0,595496	0,693981	1,537114
520	5	20	0,771347	0,944935	0,687924	0,944935	0,687924	0,771347	1,708473
521	5	21	0,625124	1,089304	0,529970	1,089304	0,529970	0,625124	1,384601
522	5	22	0,586484	1,079140	0,466918	1,079140	0,466918	0,586484	1,299017
523	5	23	0,503117	1,033196	0,377320	1,033196	0,377320	0,503117	1,114366
600	6	0	0,427024	1,140867	0,294928	1,140867	0,294928	0,427024	0,945825

Tabela C.6: Tabela Padrão Semanal Completa

Cod1	DS	H	Média Real	k	A	korig	Aorig	Média Ajustada	Norma-lização
601	6	1	0,362743	1,066264	0,226214	1,066264	0,226214	0,362743	0,803449
602	6	2	0,315937	1,156374	0,195633	1,156374	0,195633	0,315937	0,699775
603	6	3	0,281891	1,058989	0,175261	1,058989	0,175261	0,281891	0,624367
604	6	4	0,254863	1,236220	0,174924	1,236220	0,174924	0,254863	0,564501
605	6	5	0,267376	1,207580	0,174049	1,207580	0,174049	0,267376	0,592218
606	6	6	0,295573	1,054024	0,174960	1,054024	0,174960	0,295573	0,654671
607	6	7	0,333268	0,954194	0,237493	0,954194	0,237493	0,333268	0,738164
608	6	8	0,437487	0,952147	0,290162	0,952147	0,290162	0,437487	0,968999
609	6	9	0,454293	1,070019	0,301884	1,070019	0,301884	0,454293	1,006225
610	6	10	0,400822	1,122946	0,288230	1,122946	0,288230	0,400822	0,887791
611	6	11	0,413701	1,166025	0,295829	1,166025	0,295829	0,413701	0,916315
612	6	12	0,496885	1,065194	0,371782	1,065194	0,371782	0,496885	1,100562
613	6	13	0,490679	1,161948	0,378676	1,161948	0,378676	0,490679	1,086817
614	6	14	0,437179	1,167477	0,336454	1,167477	0,336454	0,437179	0,968319
615	6	15	0,405118	1,098937	0,320887	1,098937	0,320887	0,405118	0,897306
616	6	16	0,401142	1,112432	0,326276	1,112432	0,326276	0,401142	0,888499
617	6	17	0,429686	1,067458	0,357687	1,067458	0,357687	0,429686	0,951721
618	6	18	0,529767	0,995223	0,408089	0,995223	0,408089	0,529767	1,173393
619	6	19	0,656736	0,866278	0,535419	0,866278	0,535419	0,656736	1,454619
620	6	20	0,775443	0,889107	0,689411	0,889107	0,689411	0,775443	1,717547
621	6	21	0,641335	1,053674	0,533466	1,053674	0,533466	0,641335	1,420508
622	6	22	0,588840	1,028873	0,478440	1,028873	0,478440	0,588840	1,304235
623	6	23	0,520891	1,128070	0,383449	1,128070	0,383449	0,520891	1,153735
700	7	0	0,451945	1,249624	0,299528	1,249624	0,299528	0,451945	1,001024
701	7	1	0,400429	1,243633	0,248471	1,243633	0,248471	0,400429	0,886919
702	7	2	0,339155	1,138634	0,205329	1,138634	0,205329	0,339155	0,751202
703	7	3	0,307852	0,954763	0,174744	0,954763	0,174744	0,307852	0,681868
704	7	4	0,258234	1,211788	0,173483	1,211788	0,173483	0,258234	0,571968
705	7	5	0,261987	1,140624	0,165942	1,140624	0,165942	0,261987	0,580281
706	7	6	0,244746	1,057280	0,154834	1,057280	0,154834	0,244746	0,542094
707	7	7	0,261895	0,956710	0,178631	0,956710	0,178631	0,261895	0,580077
708	7	8	0,354721	0,836192	0,236691	0,836192	0,236691	0,354721	0,785680
709	7	9	0,425198	0,796778	0,324480	0,796778	0,324480	0,425198	0,941780
710	7	10	0,482516	0,879556	0,370917	0,879556	0,370917	0,482516	1,068736
711	7	11	0,480374	0,928045	0,377707	0,928045	0,377707	0,480374	1,063991

Tabela C.6: Tabela Padrão Semanal Completa

Cod1	DS	H	Média Real	k	A	korig	Aorig	Média Ajustada	Normalização
712	7	12	0,584401	0,924193	0,452984	0,924193	0,452984	0,584401	1,294403
713	7	13	0,657025	0,885047	0,541214	0,885047	0,541214	0,657025	1,455259
714	7	14	0,523788	1,017041	0,428909	1,017041	0,428909	0,523788	1,160151
715	7	15	0,511479	1,038092	0,394130	1,038092	0,394130	0,511479	1,132887
716	7	16	0,498791	1,045230	0,393707	1,045230	0,393707	0,498791	1,104783
717	7	17	0,518215	0,977785	0,407432	0,977785	0,407432	0,518215	1,147806
718	7	18	0,557185	0,926049	0,425978	0,926049	0,425978	0,557185	1,234121
719	7	19	0,688510	0,875680	0,568774	0,875680	0,568774	0,688510	1,524997
720	7	20	0,787488	0,840926	0,676576	0,840926	0,676576	0,787488	1,744226
721	7	21	0,630267	1,053630	0,517241	1,053630	0,517241	0,630267	1,395993
722	7	22	0,613152	1,059744	0,436621	1,059744	0,436621	0,613152	1,358084
723	7	23	0,509876	1,044104	0,383645	1,044104	0,383645	0,509876	1,129336

C.3 Distribuição Beta

Tabela C.7: Frequência, erro e valor de Beta

	inf.	sup.	freq.	Beta dist.	erro
0,0	0,00	0,05	4,0%	4,1%	4,79E-07
0,1	0,05	0,10	13,7%	18,0%	1,78E-03
0,1	0,10	0,15	29,0%	24,8%	1,77E-03
0,2	0,15	0,20	17,5%	21,9%	1,97E-03
0,2	0,20	0,25	12,7%	15,1%	5,76E-04
0,3	0,25	0,30	8,0%	8,7%	5,33E-05
0,3	0,30	0,35	4,6%	4,3%	5,32E-06
0,4	0,35	0,40	2,5%	1,9%	4,47E-05
0,4	0,40	0,45	1,6%	0,7%	8,59E-05
0,5	0,45	0,50	1,0%	0,2%	5,59E-05
0,5	0,50	0,55	0,7%	0,1%	3,61E-05
0,6	0,55	0,60	0,4%	0,0%	1,39E-05
0,6	0,60	0,65	0,4%	0,0%	1,71E-05
0,7	0,65	0,70	0,4%	0,0%	1,26E-05
0,7	0,70	0,75	0,3%	0,0%	1,08E-05
0,8	0,75	0,80	0,4%	0,0%	1,40E-05
0,8	0,80	0,85	0,4%	0,0%	1,73E-05

Tabela C.7: Frequência, erro e valor de Beta

	inf.	sup.	freq.	Beta dist.	erro
0,9	0,85	0,90	0,5%	0,0%	2,97E-05
0,9	0,90	0,95	0,7%	0,0%	4,24E-05
1,0	0,95	1,00	1,0%	0,0%	9,68E-05

Anexo D

Simulações

D.1 Perfis de Consumo Típicos

D.2 Caso de Estudo CER

Todos o diagramas apresentam a geração de dados para um ano civil completo.

Tabela D.1: Identificação Consumidores - Caso de Estudo

Consumidor ID	Figura	Consumidor ID	Figura
1	D.1	7	D.7
2	D.2	8	D.8
3	D.3	9	D.9
4	D.4	10	D.10
5	D.5	Agregado	D.11
6	D.6		

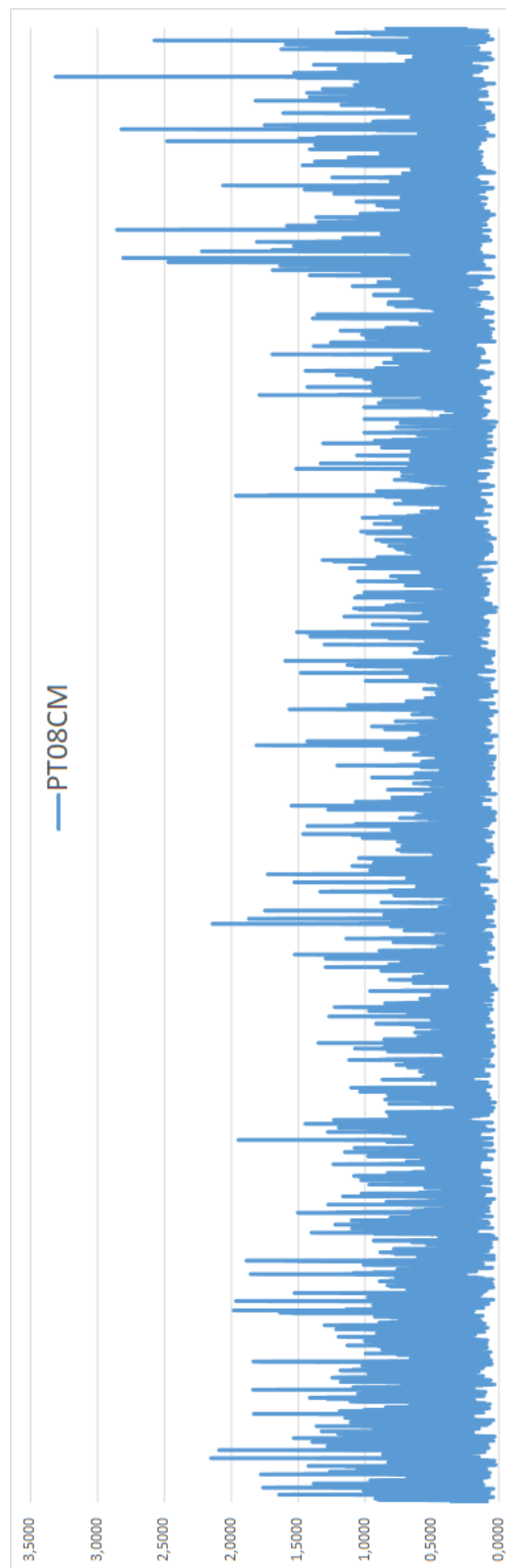


Figura D.1: Case de Estudo - Consumidor 1

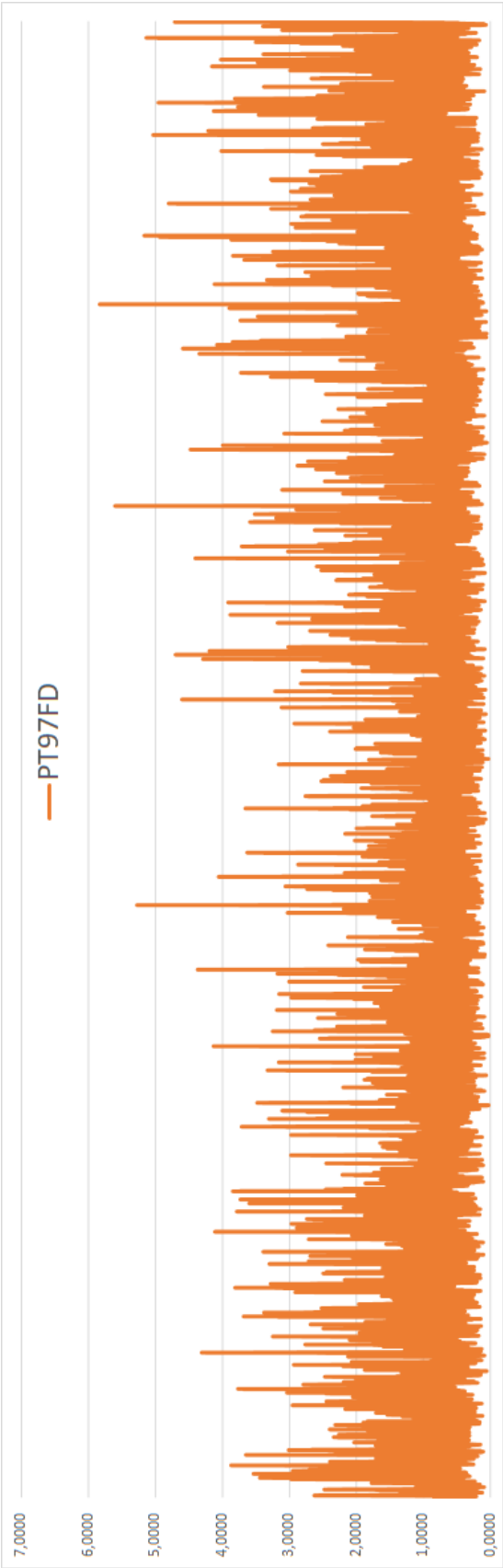


Figura D.2: Case de Estudo - Consumidor 2

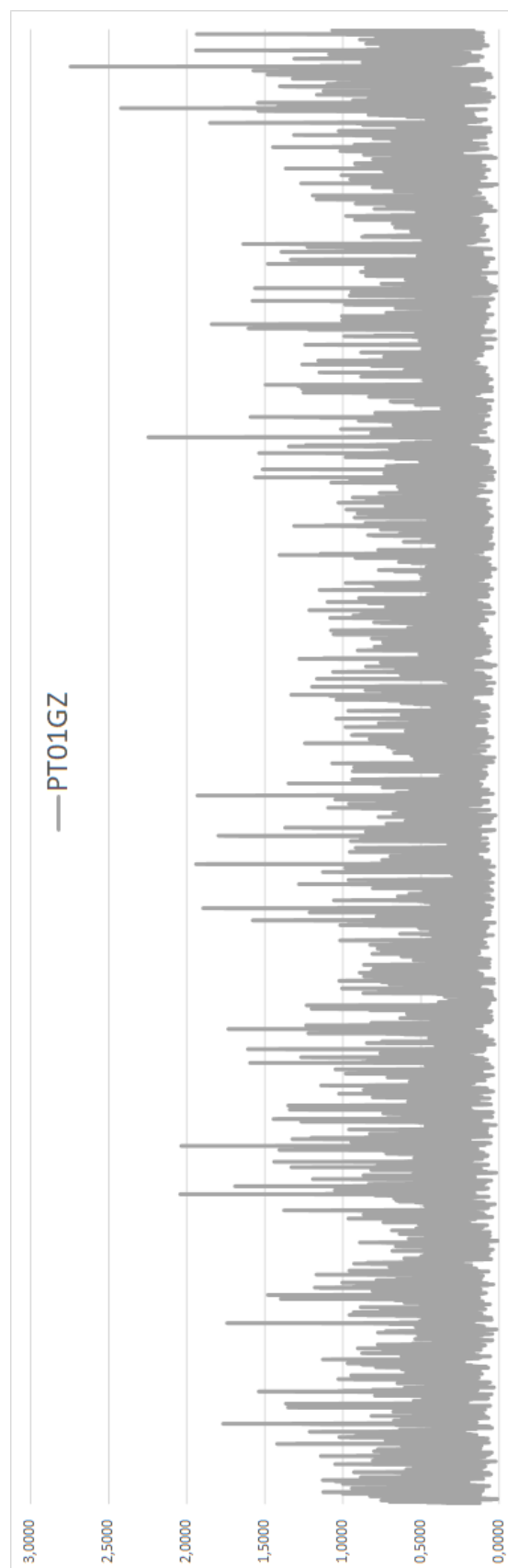


Figura D.3: Case de Estudo - Consumidor 3

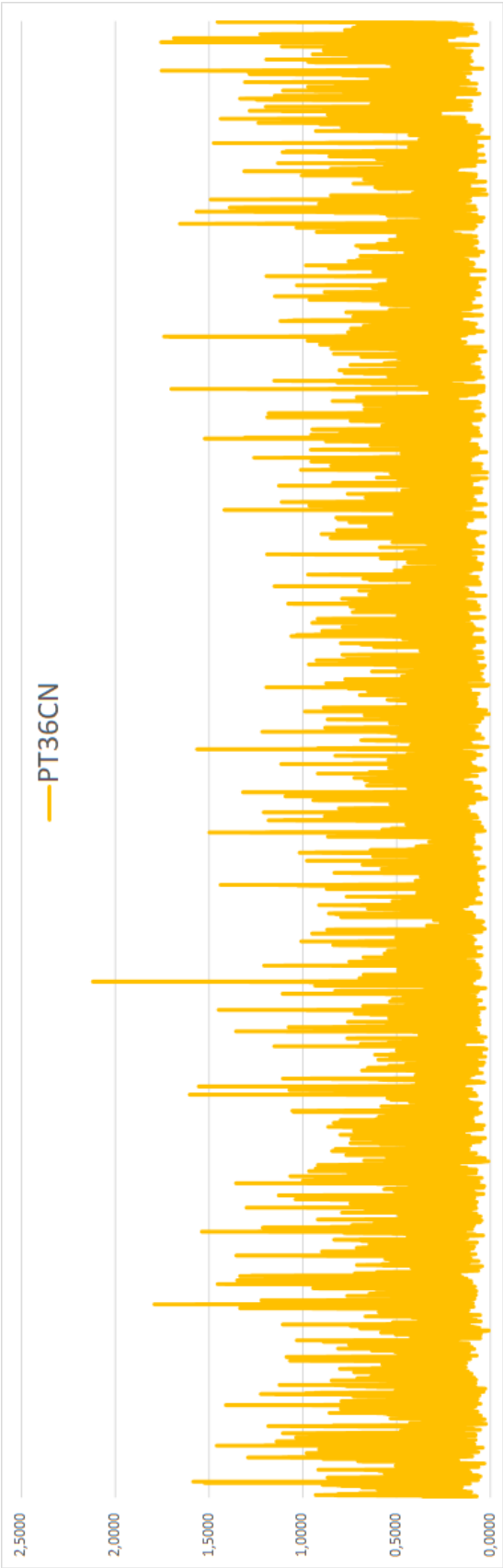


Figura D.4: Case de Estudo - Consumidor 4

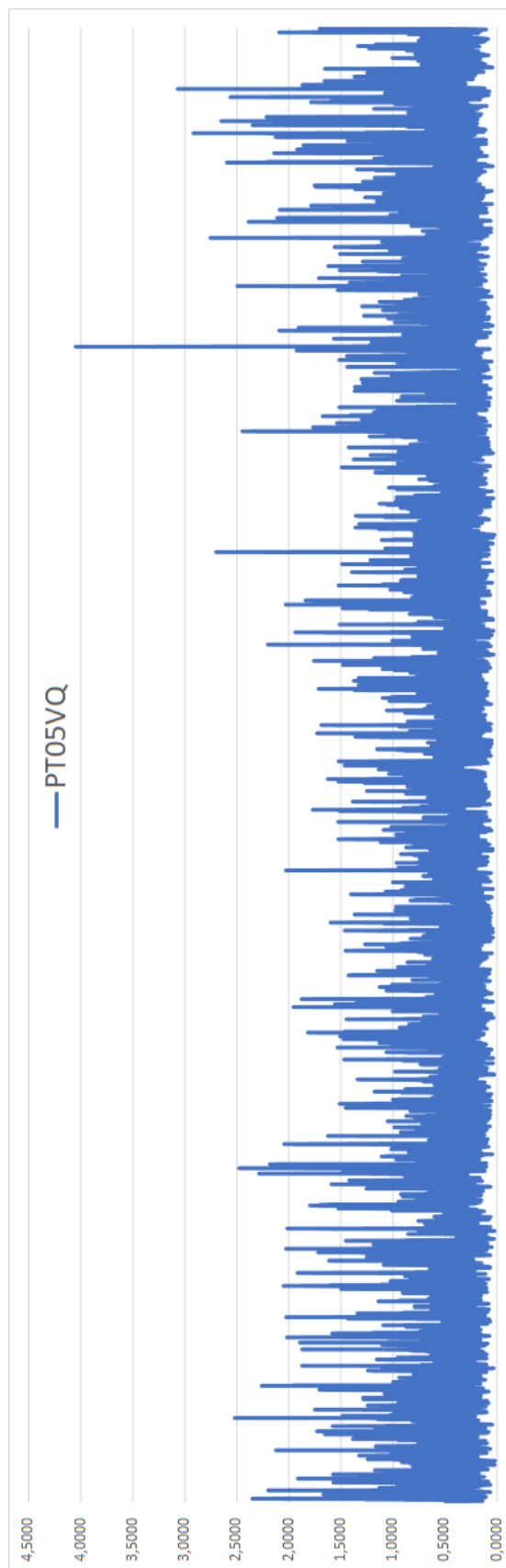


Figura D.5: Case de Estudo - Consumidor 5

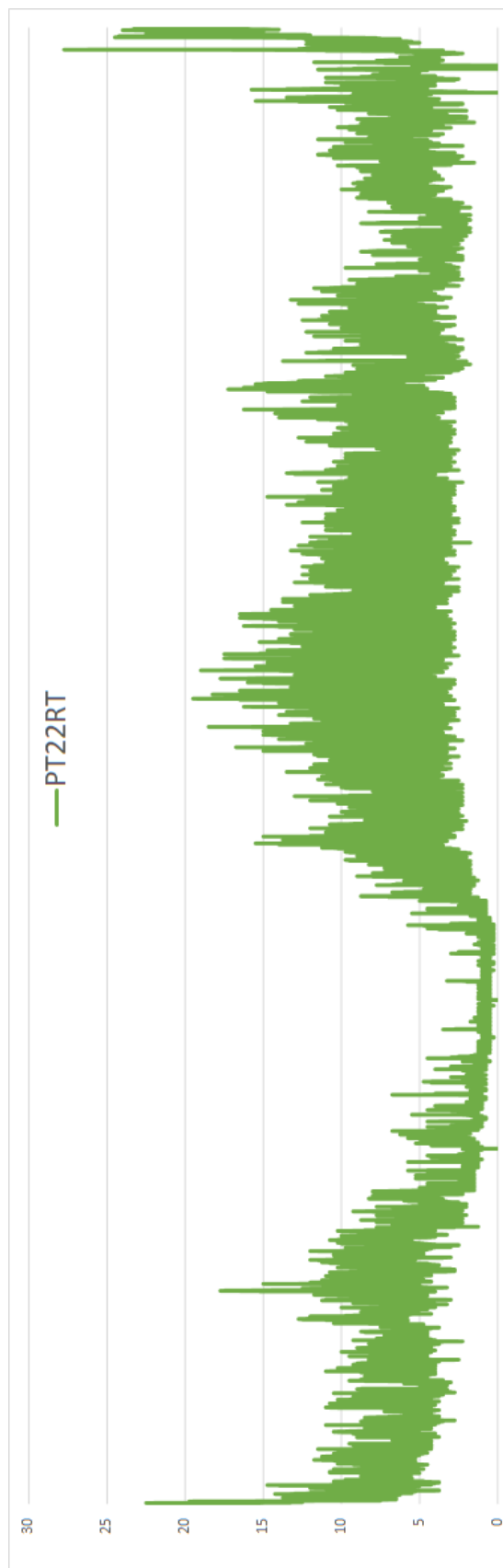


Figura D.6: Case de Estudo - Consumidor 6

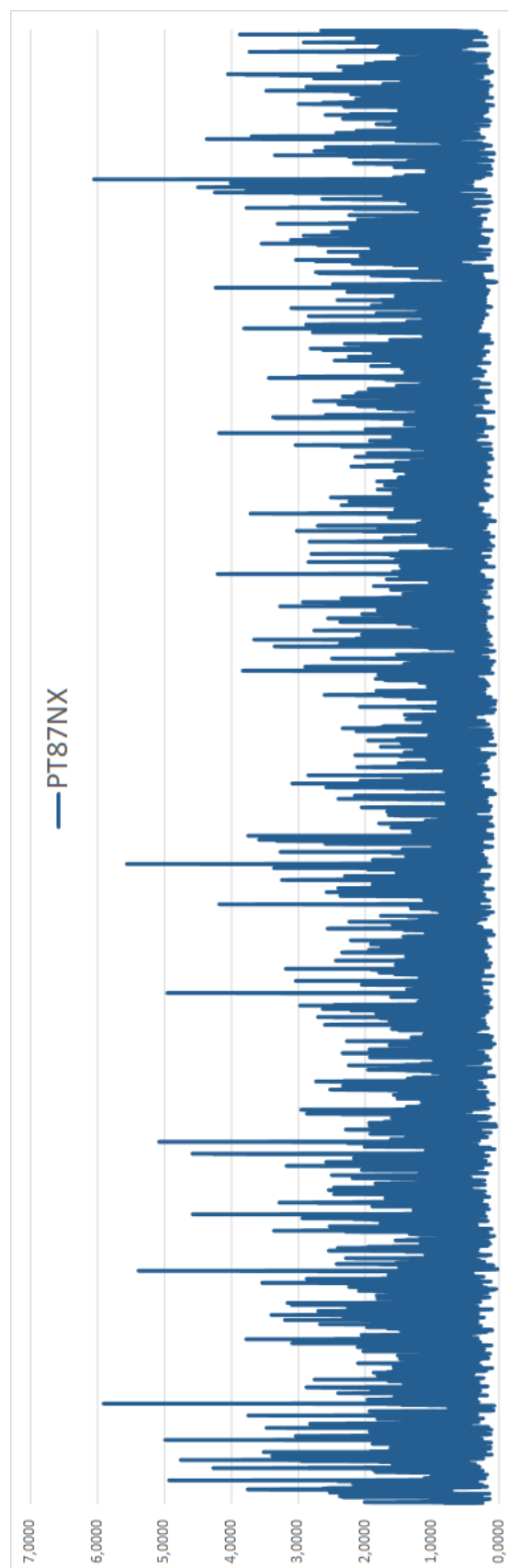


Figura D.7: Case de Estudo - Consumidor 7

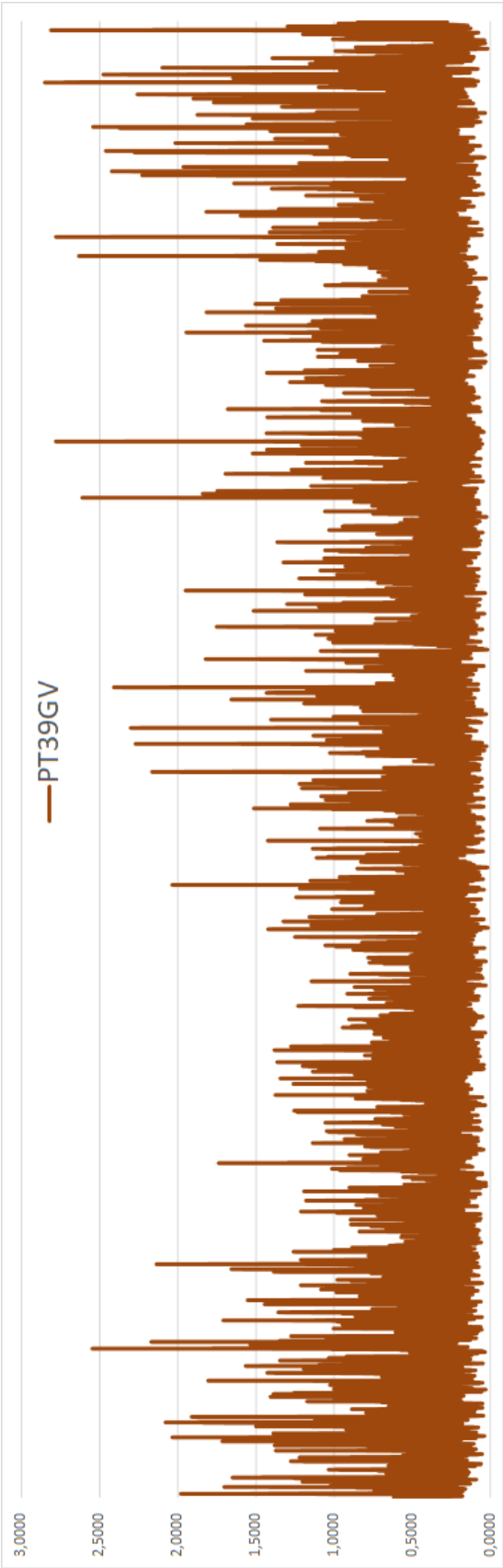


Figura D.8: Case de Estudo - Consumidor 8

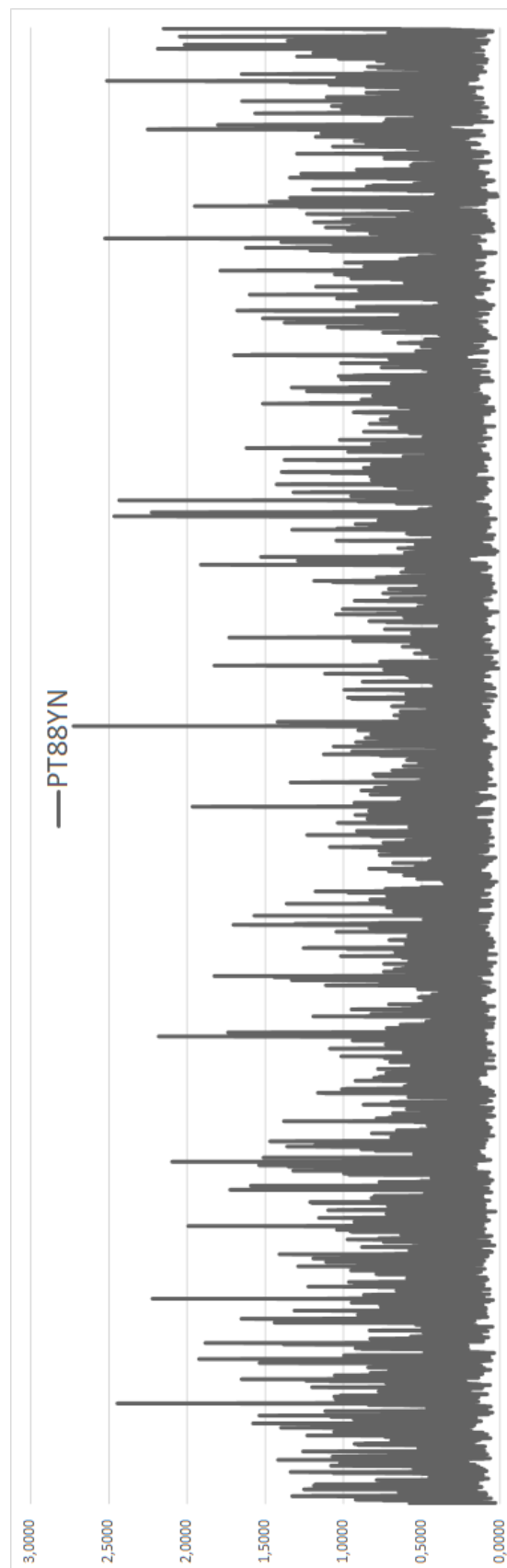


Figura D.9: Case de Estudo - Consumidor 9

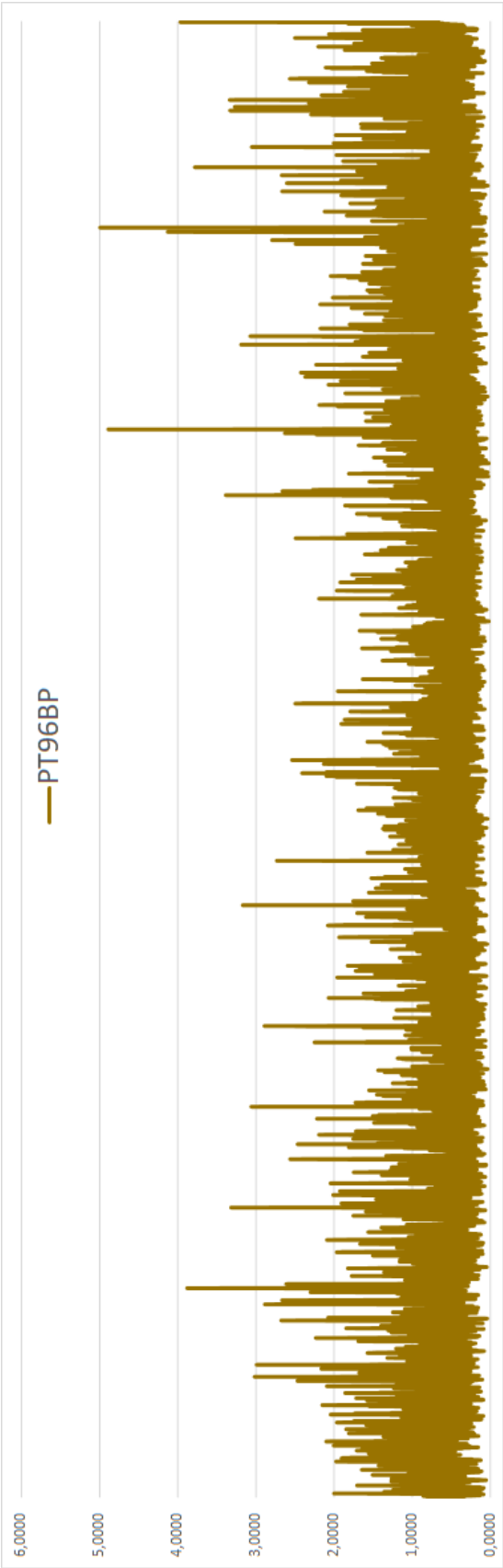


Figura D.10: Case de Estudo - Consumidor 10

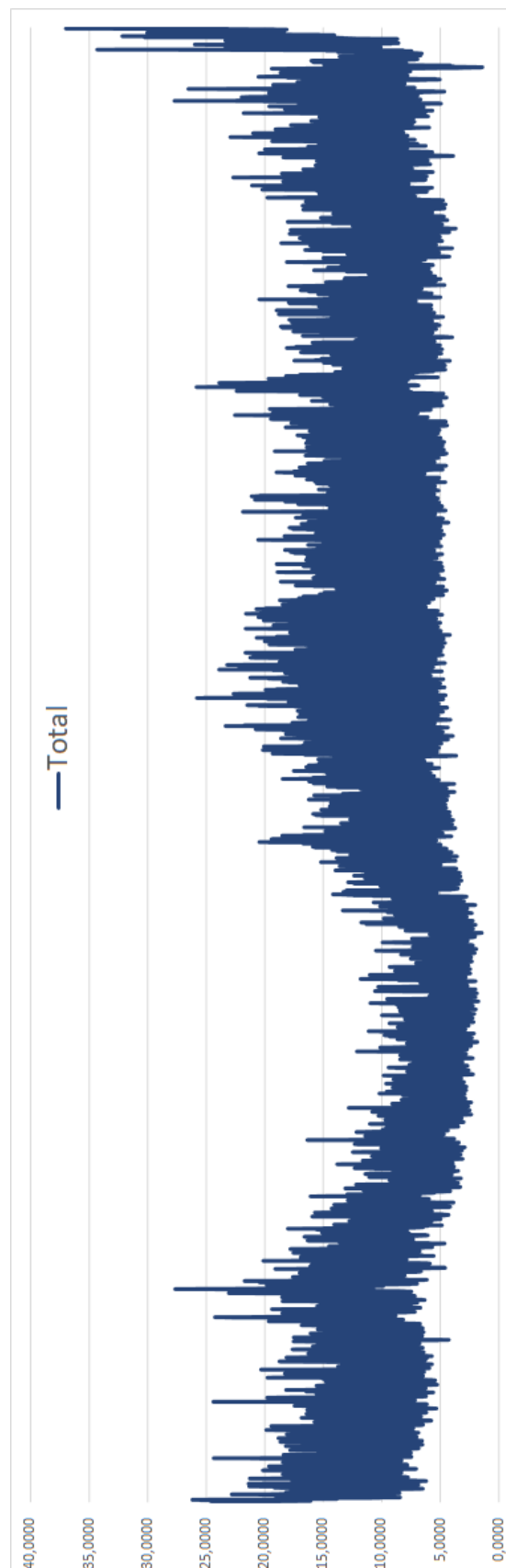


Figura D.11: Case de Estudo - Agregado

Referências

- [1] (Documento Metodológico de Atualização de Perfis de consumo, de produção e de autoconsumo para o ano de 2019). URL: https://www.edpdistribuicao.pt/sites/edd/files/2019-03/DocMetodologico{__}Perfis2019{__}20190111v2.pdf.
- [2] Decreto-Lei 162/2019, 2019-10-25 - DRE. URL: <https://data.dre.pt/web/guest/pesquisa/-/search/125692189/details/maximized>.
- [3] Tarifas de Acesso às Redes - Iberdrola generación - Energia e serviços Portugal. URL: <https://www.iberdrola.pt/sobre-nos/mercado-eletrico/regulamento-legislacao/tarifas-de-acesso-as-redes>.
- [4] Eletricidade e Gás - Energia Simples. URL: <https://www.energiasimples.pt/>.
- [5] Entrada em vigor e produção de efeitos. Relatório técnico.
- [6] (No Title). URL: <https://www.erse.pt/media/movpxypa/pef-2019-2022.pdf>.
- [7] Decreto-Lei 153/2014, 2014-10-20 - DRE. URL: <https://dre.pt/home/-/dre/58406974/details/maximized>.
- [8] EUR-Lex - 32009L0072 - EN - EUR-Lex. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/pt/TXT/?uri=CELEX{%}3A32009L0072>.
- [9] Serviços Redes Inteligentes | EDP Distribuição. URL: <https://www.edpdistribuicao.pt/pt-pt/redes-do-futuro/redes-inteligentes/servicos-redes-inteligentes>.
- [10] (No Title). URL: <https://dre.pt/application/conteudo/136167767>.
- [11] EUR-Lex - 32018L2001 - EN - EUR-Lex. URL: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=uriserv:OJ.L{__}.2018.328.01.0082.01.ENG.
- [12] EUR-Lex - 32018L2001 - EN - EUR-Lex. URL: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=uriserv:OJ.L{__}.2018.328.01.0082.01.ENG.
- [13] ERSE - Distribuição. URL: <https://www.erse.pt/eletricidade/funcionamento/distribuicao/>.
- [14] Diário da República, 2.ª série PARTE E ENTIDADE REGULADORA DOS SERVIÇOS ENERGÉTICOS. Relatório técnico.

- [15] Diretiva 5/2020, 2020-03-20 - DRE. URL: <https://dre.pt/home/-/dre/130469271/details/maximized>.
- [16] Diretiva 3/2020, 2020-02-17 - DRE. URL: <https://dre.pt/home/-/dre/129260742/details/maximized>.
- [17] (No Title). URL: <https://dre.pt/application/conteudo/136167767>.
- [18] ERSE - Regulamento de Relações Comerciais do setor elétrico e do setor do gás. URL: <https://www.erse.pt/ebooks/regulamentos-manuais-guias/eletricidade/regulamento-de-relacoes-comerciais-do-setor-eletrico-e-do-setor-do-gas/>.
- [19] Decreto-Lei 96/2017, 2017-08-10 - DRE. URL: <https://dre.pt/pesquisa/-/search/107987277/details/maximized>.
- [20] Regulamento Técnico e de Qualidade 2. Relatório técnico.
- [21] Portaria 596/2010, 2010-07-30 - DRE. URL: <https://dre.pt/pesquisa/-/search/334076/details/maximized>.
- [22] Regulamento 629/2017, 2017-12-20 - DRE. URL: <https://dre.pt/home/-/dre/114385023/details/maximized>.
- [23] ENTIDADE REGULADORA DOS SERVIÇOS ENERGÉTICOS GUIA DE MEDIÇÃO, LEITURA E DISPONIBILIZAÇÃO DE DADOS. Relatório técnico, 2015. URL: www.erse.pt.
- [24] DGEG - Portal Aplicacional. URL: <https://apps.dgeg.gov.pt/DGEG/>.
- [25] EUR-Lex - 32018L2001 - EN - EUR-Lex. URL: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=uriserv:OJ.L_{_}.2018.328.01.0082.01.ENG.
- [26] ERSE - Autoconsumo. URL: <https://www.erse.pt/atividade/regulamentos-eletricidade/autoconsumo/>.
- [27] EUR-Lex - 32018L2001 - EN - EUR-Lex. URL: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=uriserv:OJ.L_{_}.2018.328.01.0082.01.ENG.
- [28] F Maciel Barbosa. Gestão do Diagrama de Cargas GESTÃO DE ENERGIA GESTÃO DO DIAGRAMA DE CARGAS. Relatório técnico, 2004.
- [29] PERÍODOS HORÁRIOS na energia elétrica em Portugal. Relatório técnico.
- [30] Entrada em vigor e produção de efeitos. Relatório técnico.
- [31] General Data Protection Regulation (GDPR) – Official Legal Text. URL: <https://gdpr-info.eu/>.
- [32] ERSE - Tarifas e preços - eletricidade. URL: <https://www.erse.pt/atividade/regulacao/tarifas-e-precos-eletricidade/{#}atuais>.
- [33] Entrada em vigor e produção de efeitos. Relatório técnico.

- [34] F dist cdf - F-distribution - Wikipedia. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/F-distribution#/media/File:F{}_dist{}_cdf.svg.
- [35] Gamma distribution cdf - Distribuição gama – Wikipédia, a enciclopédia livre. URL: https://pt.wikipedia.org/wiki/Distribuiç{o}_gama#/media/Ficheiro:Gamma{}_distribution{}_cdf.svg.
- [36] File:Beta distribution cdf.svg - Wikipedia. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/File:Beta{}_distribution{}_cdf.svg.
- [37] Student's t-distribution - Wikipedia. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Student{%}27s{}_t-distribution.
- [38] Chi-square cdf - Chi-square distribution - Wikipedia. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Chi-square{}_distribution#/media/File:Chi-square{}_cdf.svg.