



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

CLAUDIO CÉSAR MARTINS MAGALHÃES FILHO

**ANÁLISE DE VIABILIDADE DE MIGRAÇÃO PARA O MERCADO
LIVRE DE ENERGIA: UM ESTUDO DE CASO DAS UNIDADES
CONSUMIDORAS DO GRUPO A DA SECRETARIA DA SAÚDE DO
ESTADO DO CEARÁ**

FORTALEZA

2021

CLAUDIO CÉSAR MARTINS MAGALHÃES FILHO

ANÁLISE DE VIABILIDADE DE MIGRAÇÃO PARA O MERCADO LIVRE DE
ENERGIA: UM ESTUDO DE CASO DAS UNIDADES CONSUMIDORAS DO GRUPO
A DA SECRETARIA DA SAÚDE DO ESTADO DO CEARÁ

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Elétrica do Centro de Tecnologia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do grau de bacharel em Engenharia Elétrica.

Orientador: Prof. Dr. Fernando Antunes

Coorientador: Eng. Gabriel Marçal da Cunha Pereira

FORTALEZA

2021

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

M165a Magalhães Filho, Claudio César Martins.

Análise de viabilidade de migração para o mercado livre de energia : um estudo de caso das unidades consumidoras do Grupo A da Secretaria da Saúde do Estado do Ceará / Claudio César Martins Magalhães Filho. – 2021.
50 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Curso de Engenharia Elétrica, Fortaleza, 2021.

Orientação: Prof. Dr. Fernando Antunes.

Coorientação: Prof. Gabriel Marçal da Cunha Pereira.

1. Mercado livre de energia. 2. Eficiência energética. 3. Manipulação de dados. 4. Secretária de Saúde do Estado do Ceará. 5. SARIMA. I. Título.

CDD 621.3

CLAUDIO CÉSAR MARTINS MAGALHÃES FILHO

ANÁLISE DE VIABILIDADE DE MIGRAÇÃO PARA O MERCADO LIVRE DE
ENERGIA: UM ESTUDO DE CASO DAS UNIDADES CONSUMIDORAS DO GRUPO
A DA SECRETARIA DA SAÚDE DO ESTADO DO CEARÁ

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Elétrica do Centro de Tecnologia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do grau de bacharel em Engenharia Elétrica.

Aprovada em:

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Fernando Antunes (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Eng. Gabriel Marçal da Cunha
Pereira (Coorientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Eng. Patrícia Asfor Parente
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Eng. Luis Felipe Noronha Pinto
Centro Universitário Farias Brito (FBUi)

À minha mãe, Rosely Magalhães.

Ao meu pai, Claudio César.

À minha família.

A todos aqueles que fizeram a diferença na
minha trajetória.

AGRADECIMENTOS

Queria agradecer primeiramente aos meus pais e minha irmã que me deram todo o apoio para seguir com minha formação acadêmica e pessoal.

À minha namorada, por todo o apoio e carinho que ela sempre me dá.

Ao meus padrinhos Ornelito e Alci e à minha tia Yoko por todo o apoio durante a vida.

Aos meus amigos da faculdade por todo o apoio nas disciplinas e por todos os momentos de diversão no inesquecível "quadrado".

Ao meu Orientador Prof. Fernando Antunes e meu Coorientador Gabriel Marçal por toda a animação e apoio com esse trabalho de conclusão de curso.

Ao Movimento Empresa Júnior, por ter me proporcionado momentos, experiências e conhecimentos tão ricos e que tanto me fizeram amadurecer nos âmbitos pessoal e profissional. Em particular, agradeço aos amigos que estiveram comigo durante minha passagem pela empresa júnior do curso de engenharia elétrica da UFC, a Tecsys Jr.

Ao time de Performance e projetos do relacionamento com o cliente do SAS e ao time de BI da Arco Educação por terem me acolhido tão bem no meu primeiro emprego e me feito descobrir o que amo fazer.

“O que sabemos é uma gota. O que não sabemos é um oceano.”

(Isaac Newton)

RESUMO

A energia elétrica está presente na maior parte dos meios de produção da sociedade atual. O uso dessa energia é cobrado de diferentes formas e, visando otimizar o uso dessa energia e reduzir os custos das despesas provenientes desse consumo, faz-se necessário estudos para avaliar o potencial de economia entre as diferentes modalidades de cobrança. Portanto, esse trabalho tem o intuito fazer uma análise financeira entre o Mercado Regulado e o Mercado Livre de Energia de unidades consumidoras da Secretaria de Saúde do estado do Ceará (SESA) utilizando Power BI como *software* de visualização de dashboards, painel visual de indicadores, e técnicas de extração, transformação e carga de dados utilizando linguagem *Python*. Além disso, é feita uma previsão do consumo energia elétrica dessas unidades utilizando o método SARIMA (Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average) sendo um ponto de sustentação para a tomada de decisão do cliente na definição de um contrato para o mercado livre para essas unidades. Por fim, o resultado mostra que o mercado livre possui uma vantagem financeira muito maior em comparação ao mercado regulado, além do mais, o trabalho mostra que com o dados de previsão o contrato sazonalizado seria a melhor opção para o grupo de estudo.

Palavras-chave: Mercado Livre de Energia, Power BI, Eficiência Energética, Previsão de dados, SARIMA, Secretária da Saúde do Ceará, Análise de viabilidade, Manipulação de Dados, ETL .

ABSTRACT

Electricity is present in most of the means of production of the present society. The use of this energy is charged in different ways and, in order to optimize the use of this energy and reduce the costs of expenses arising from this consumption, studies are needed to evaluate the potential for savings between the different methods of collection. Therefore, this work aims to make a financial analysis between the Regulated Market and the Free Energy Market of consumer units of the Health Department of the state of Ceará (SESA) using Power BI as *software* of visualization of dashboards, visual panel of indicators, and techniques of extraction, transformation and data load using language *python*. In addition, a forecast of the electrical energy consumption of these units is made using the SARIMA (Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average) method being a support point for the customer's decision making in the definition of a contract for the free market for these units. Finally, the result shows that the free market has a much greater financial advantage compared to the regulated market, moreover, the work shows that with the forecast data the seasonalized contract would be the best option for the study group.

Keywords: Free Market of energy, Power BI, Energy Efficiency, Data Prediction, SARIMA, Health Secretary of Ceará, Feasibility analysis, Data Manipulation, ETL

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Valores de PIB e Consumo de energia de 2001-2019	16
Figura 2 – Contrato Flat	28
Figura 3 – Contrato Sazonalizado	28
Figura 4 – Fluxograma Mercado Spot	29
Figura 5 – Curva de carga de um cliente participante do mercado livre	30
Figura 6 – Processo de Extração do Dado	33
Figura 7 – Processo de Transformação do Dado	34
Figura 8 – Processo de Carga do Dado	34
Figura 9 – Consumo feito de 2019 a 2020	36
Figura 10 – Processo para criação de ambiente de visualização de dados	37
Figura 11 – Aba de Comparação de Faturas	42
Figura 12 – Consumo Real e Consumo Previsto	43
Figura 13 – Consumo Real x Consumo Previsto (Contrato Flat) Julho de 2020 . . .	44
Figura 14 – Consumo Real x Consumo Previsto (Contrato Sazonalizado) Julho de 2020	44
Figura 15 – Consumo Real x Consumo Previsto (Contrato Flat) Dezembro de 2020	44
Figura 16 – Consumo Real x Consumo Previsto (Contrato Sazonalizado) Dezembro de 2020	45
Figura 17 – Consumo Real x Consumo Previsto (Contrato Flat) Janeiro de 2021 . .	45
Figura 18 – Consumo Real x Consumo Previsto (Contrato Sazonalizado) Janeiro de 2021	46
Figura 19 – Aba de Previsão de Consumo	47

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Faturamento total para o mercado cativo	40
Tabela 2 – Faturamento total para o mercado livre	41
Tabela 3 – Comparação entre os faturamentos	41
Tabela 4 – Fluxo de Caixa	42

LISTA DE SÍMBOLOS

<i>TW</i>	Terawatts
<i>kWh</i>	Kilowatt-Hora
<i>kVA</i>	Kilovoltampere
<i>m</i>	Metro
<i>GrupoA</i>	Grupo de unidades consumidoras atendidas em alta ou média tensão
<i>PROCEL</i>	Programa de Conservação de Energia Elétrica
<i>SESA</i>	Secretaria da Saúde
<i>ARIMA</i>	Autoregressive Integrated Moving Average
<i>SARIMA</i>	Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average
<i>AWS</i>	Amazon Web Services
%	Porcentagem
<i>R\$</i>	Real
<i>V</i>	Volts
<i>A</i>	Ampères
<i>MW</i>	Megawatts
<i>t</i>	Tempo

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
1.1	Objetivos	17
1.2	Estrutura do trabalho	17
2	FUNDAMENTAÇÃO E DEFINIÇÕES	19
2.1	Energia elétrica	19
2.1.1	<i>Energia ativa</i>	19
2.1.2	<i>Energia reativa</i>	19
2.2	Fator de potência	19
2.3	Demanda elétrica	20
2.4	Estrutura da tarifação	21
2.4.1	<i>Classificação do consumidor.</i>	21
2.4.2	<i>Posto horário.</i>	22
2.4.2.1	<i>Horário ponta</i>	22
2.4.2.2	<i>Horário fora de ponta</i>	22
2.4.3	<i>Tipo de tarifa.</i>	22
2.4.3.1	<i>Monômnia</i>	23
2.4.3.2	<i>Binômnia</i>	23
2.5	Métodos de tarifação	23
2.5.1	<i>Tarifa convencional</i>	23
2.5.2	<i>Tarifa horosazonal verde</i>	23
2.5.3	<i>Tarifa horosazonal azul</i>	24
2.6	Mercado livre de energia	26
2.6.1	<i>Mercado Livre (ACL) versus Mercado cativo (ACR)</i>	26
2.6.2	<i>Classificação de consumidores no mercado livre de energia</i>	26
2.6.3	<i>Tipos de energia no mercado livre</i>	27
2.6.4	<i>Contratos no mercado livre</i>	27
2.6.5	<i>Mercado de Curto Prazo (Mercado spot de energia)</i>	29
3	METODOLOGIA	31
3.1	Introdução	31
3.1.1	<i>Processo de aquisição de dados</i>	31

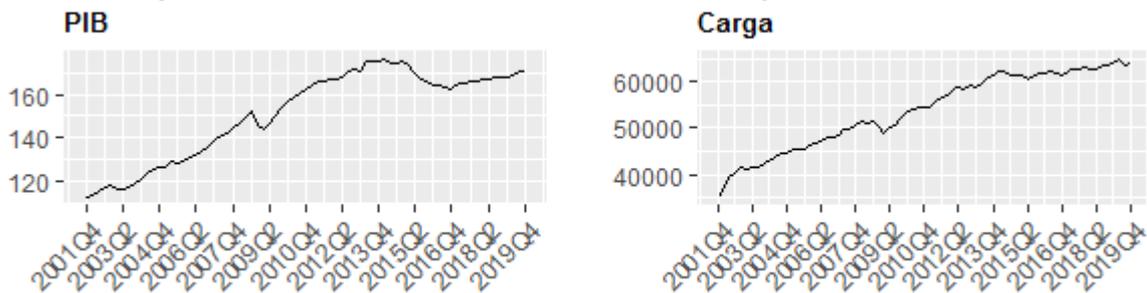
3.1.2	<i>ETL</i>	31
3.1.2.1	<i>Extração</i>	32
3.1.2.2	<i>Transformação</i>	33
3.1.2.3	<i>Carga</i>	34
3.1.3	<i>Utilização de metodologias de previsão</i>	35
3.1.3.1	<i>Exclusão de dados anômalos</i>	35
3.1.3.2	<i>Séries temporais</i>	35
3.1.3.3	<i>SARIMA</i>	35
3.1.3.4	<i>Definição de tipo e de valor de contrato</i>	36
3.2	Criação de um ambiente de visualização de dados	37
3.2.1	<i>Softwares utilizados</i>	37
3.2.2	<i>Estrutura do ambiente de visualização</i>	38
3.2.2.1	<i>Aba de comparação de faturas</i>	38
3.2.2.2	<i>Aba de previsão de dados</i>	38
4	ANÁLISE DOS RESULTADOS OBTIDOS	39
4.1	Comparação de faturas pelo ambiente de visualização	39
4.1.1	<i>Cálculo de Faturas</i>	39
4.1.1.1	<i>Faturamento Mercado Cativo</i>	40
4.1.1.2	<i>Faturamento Mercado Livre</i>	40
4.1.1.3	<i>Comparação entre os dois mercados</i>	41
4.1.1.4	<i>Aba de Visualização - Comparação de Faturas</i>	42
4.1.2	<i>Previsão de consumo e definição de contrato para o Mercado Livre</i>	43
4.1.2.1	<i>Previsão de consumo</i>	43
4.1.2.2	<i>Definição do contrato para o Mercado Livre</i>	46
4.1.2.3	<i>Aba de Visualização - Previsão de gastos e definição de contrato</i>	46
5	CONCLUSÕES	48
6	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	49
	REFERÊNCIAS	50

1 INTRODUÇÃO

A sociedade e seu progresso estão totalmente ligados ao uso da energia elétrica. A medida que a civilização descobria novas fontes de energia, a sociedade passava por novos rumos para a evolução humana. Nossos ancestrais utilizavam o fogo como fonte de energia para cozinhar, se aquecer e etc. Hoje, chegamos em um patamar que a energia sempre esteve presente no dia a dia do ser humano.

Com isso, a energia está totalmente ligada ao desenvolvimento econômico das sociedades. Como citado em (NETO, 2014), o crescimento econômico de um país ou uma região está intimamente ligado à disponibilidade de insumos para o processo produtivo, dentre eles destacam-se a terra, o trabalho, o capital e a energia. Para que ocorra um desenvolvimento sustentável é preciso que seja feito um planejamento que diminua os gastos e, conseqüentemente, o uso de energia elétrica de forma que não afete a economia.

Figura 1 – Valores de PIB e Consumo de energia de 2001-2019



Fonte: (WILHER, 2020)

Na figura 1, é apresentada a correlação diretamente proporcional entre o PIB e o consumo de energia elétrica nos anos de 2001 a 2019 no Brasil. Em vista disso, percebe-se que para manter um crescimento econômico mais forte e sustentável é preciso expandir a capacidade produtiva do Estado com o menor gasto possível de energia.

Sendo assim, tem sido cada vez mais discutido formas de diminuir os gastos com o consumo energético e uma dessas opções é o mercado livre de energia. Atualmente, esta opção é uma alternativa que consegue gerar um bom retorno financeiro. No ano de 2020, o mercado livre de energia teve um crescimento de número de clientes de 22% em relação ao ano anterior (NOTÍCIAS, 2020).

Como pode-se perceber, o mercado livre está ganhando cada vez mais consumi-

dores mostrando-se uma alternativa atrativa para o consumidor que quer gastar menos com a conta de energia.

Por fim, o intuito deste trabalho será fazer um estudo de viabilidade de migração para o mercado livre de energia para consumidores do Grupo A.

1.1 Objetivos

O objetivo geral desse Trabalho de Final de Curso (TCC) é fazer um estudo de viabilidade econômica para a mudança do mercado cativo de energia elétrica para o mercado livre para as unidades consumidoras da SESA (Secretaria de Saúde) do Ceará.

Objetiva-se a elaboração de um painel que possa entregar os seguintes resultados:

- Simular o faturamento do mercado livre para um ano específico;
- Realizar uma comparação financeira entre o faturamento do mercado cativo e do mercado livre;
- Demonstrar a viabilidade econômica da migração do mercado cativo para o mercado livre de energia;
- Realizar uma previsão de consumo para o mês posterior ao da análise;
- Realizar uma comparação entre a curva de carga real e a curva de carga anteriormente prevista;
- Definir um valor de energia elétrica para usar como parâmetro para estipular um contrato para o mercado livre;

1.2 Estrutura do trabalho

Este trabalho está estruturado da seguinte forma:

- No primeiro capítulo, é apresentado uma ideia geral do tema abordado, os objetivos traçados e a estrutura no qual o trabalho foi organizado.
- O Capítulo 2 traz uma revisão dos termos e definições de eficiência energética, os elementos de consumo e a estrutura tarifária do setor elétrico. Além disso, é contemplado os métodos de tarifação, elementos que compõe uma fatura de energia elétrica e uma fundamentação sobre o mercado livre.
- No Capítulo 3, é apresentada a metodologia do trabalho, ou seja, como foi feita a extração, a utilização e a previsão dos dados para fazer a comparação

entre o mercado livre e o mercado cativo para as unidades consumidoras do estudo.

- No Capítulo 4, é apresentado os resultados do trabalho, ou seja, a análise econômica da mudança de mercado e o painel utilizado para criar essa análise.
- No Capítulo 5, são apresentadas as conclusões do estudo feito.
- No Capítulo 6, são apresentadas sugestões de trabalhos futuros que possam agregar na linha de pesquisa.

2 FUNDAMENTAÇÃO E DEFINIÇÕES

Neste capítulo serão abordados definições e conceitos de energia elétrica e os aspectos do sistema tarifário brasileiro.

2.1 Energia elétrica

A energia elétrica em forma de corrente alternada pode ser subdividida em duas componentes: a energia ativa e a energia reativa. Esses 2 elementos possuem seu espaço nos equipamentos elétricos e são indispensáveis para o cálculo da tarifa de energia.

2.1.1 *Energia ativa*

A energia ativa está presente nos equipamentos puramente resistivos, mas também coexiste com a energia reativa em motores, transformadores e etc. Esta energia, medida em kWh, é a energia que produz trabalho e perdas nos dispositivos, ou seja, no caso dos motores é a energia responsável pelo movimento de rotação (ELEKTRO, 2019).

2.1.2 *Energia reativa*

A energia reativa é fornecida por geradores, condensadores síncronos ou equipamentos eletrostáticos como capacitores e influencia diretamente a tensão do sistema elétrico. Geralmente é expresso em quilo volt-ampere-reativo (kvar) ou mega volt-ampere-reativo (Mvar) (FRANCISCO, 2017).

Um ponto a ser levado em consideração é que a energia reativa possui uma regulamentação quanto ao seu uso. Essa energia usada em demasia prejudica o sistema de distribuição e reduz o “rendimento” da instalação elétrica, visto que aumenta a temperatura dos condutores, a queda de tensão da instalação e diminui a vida útil dos equipamentos (HADDAD, 2004)

2.2 Fator de potência

O fator de potência é a relação entre potência ativa e a potência aparente, que indica a eficiência com a qual a energia está sendo usada (COSTA, 2019). As equações

abaixo demonstram a fórmula para calcular o fator de potência:

$$\text{Fator de Potência} = \frac{\text{Energia Ativa}}{\text{Energia Aparente}} \quad (2.1)$$

$$\text{Fator de Potência} = \frac{\text{Energia Ativa}}{\sqrt{(\text{Energia Ativa})^2 + (\text{Energia Reativa})^2}} \quad (2.2)$$

2.3 Demanda elétrica

De acordo com a RESOLUÇÃO NORMATIVA Nº 414, DE 9 DE SETEMBRO DE 2010, Art.2º, §1º, XX da ANEEL:

Demanda é a média das potências elétricas ativas ou reativas, solicitadas ao sistema elétrico pela parcela da carga instalada em operação na unidade consumidora, durante um intervalo de tempo especificado, expressa em quilowatts (kW) e quilovolt-ampère-reactivo (kVar), respectivamente. (RESOLUÇÃO, 2010, p.4)

As unidades consumidoras de média tensão precisam estipular um valor de demanda com a distribuidora para faturamento da sua conta de energia, essa demanda é chamada de "demanda contratada". Na mesma resolução citada anteriormente essa demanda é definida como:

Demanda de potência ativa a ser obrigatória e continuamente disponibilizada pela distribuidora, no ponto de entrega, conforme valor e período de vigência fixados em contrato, e que deve ser integralmente paga, seja ou não utilizada durante o período de faturamento, expressa em quilowatts (kW); (RESOLUÇÃO, 2010, p.4)

O faturamento da demanda é composto por 3 elementos: demanda faturada, demanda medida e demanda contratada. Essas 3 demandas são utilizadas para o cálculo do faturamento da conta de energia.

2.4 Estrutura da tarifação

O método de tarifação brasileiro leva em conta diversos fatores técnicos para o cálculo da fatura de uma unidade consumidora. Estes fatores são:

- Classificação do consumidor;
- Posto Horário;
- Tipo de tarifa;

2.4.1 *Classificação do consumidor.*

As unidades consumidoras são divididas em dois grupos, o Grupo A (unidades atendidas com tensão superior a 2,3kV) e o Grupo B (unidades atendidas com tensão inferior a 2,3kV). Esses grupos podem ser subdivididos de acordo com a atividade de consumo e tensão de atendimento (ANEEL, 2012).

Segundo o Manual de Tarifação de Energia Elétrica (PROCEL, 2002): O Grupo B é dividido em subgrupos, de acordo com a atividade do consumidor, conforme apresentados a seguir:

- Subgrupo B1 – residencial e residencial baixa renda;
- Subgrupo B2 – rural e cooperativa de eletrificação rural;
- Subgrupo B3 – demais classes;
- Subgrupo B4 – iluminação pública.

Os consumidores atendidos em alta tensão, acima de 2300 volts, como indústrias, shopping centers e alguns edifícios comerciais, são classificados no Grupo A. Esse grupo é subdividido de acordo com a tensão de atendimento, como mostrado a seguir.

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

2.4.2 *Posto horário.*

O posto horário é uma faixa de horário definida pela distribuidora em que é utilizada para fazer o faturamento, a contratação de energia e a demanda de energia elétrica. Por meio dessa faixa, o consumidor consegue ser beneficiado com tarifas mais baixas ao utilizar energia em horário em que o Sistema Elétrico está sendo subutilizado e, por outro lado, ser taxado com tarifas mais altas ao utilizar em horários de maior utilização do sistema elétrico. Nas modalidades tarifárias do Grupo A, aplicam-se os horários de ponta e fora ponta e na Tarifa Branca aplicada ao Grupo B, aplicam-se os três postos tarifários: ponta, intermediário e fora ponta.

2.4.2.1 *Horário ponta*

É a faixa de horário de 3h consecutivas, com exceção feita aos sábados, domingos e feriados nacionais, definido pela concessionária. Nesse horário as tarifas de energia possuem um preço mais elevado em algumas modalidades.

2.4.2.2 *Horário fora de ponta*

Período diário composto pelas horas consecutivas e complementares ao horário de ponta e intermediário. Caso, não haja distinção de horário intermediário, esse período é composto pelas horas consecutivas e complementares somente ao horário de ponta.

2.4.3 *Tipo de tarifa.*

A energia elétrica se tornou um bem imprescindível para o dia a dia da sociedade. Com isso, para o uso desse bem é necessária a aplicação de tarifas que remunerem o serviço de forma adequada, que viabilize a estrutura para manter o serviço com qualidade e que crie incentivos para eficiência. Seguindo tais preceitos, a Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL desenvolve metodologias de cálculo tarifário para segmentos do setor elétrico (geração, transmissão, distribuição e comercialização), considerando fatores como a infraestrutura de geração, transmissão e distribuição, bem como fatores econômicos de incentivos à modicidade tarifária e sinalização ao mercado (TARIFAS, 2016).

2.4.3.1 *Monômnia*

Tarifa constituída por valor monetário aplicável unicamente ao consumo de energia elétrica ativa (TARIFAS, 2016). Esta tarifa é a mais simples de ser utilizada, já que leva em consideração somente o consumo elétrico no tempo.

2.4.3.2 *Binômnia*

Tarifa constituída por valor monetário aplicável ao consumo de energia elétrica ativa e à demanda faturável. Esta modalidade é aplicada somente aos consumidores do grupo A e leva em consideração mais fatores para o cálculo da fatura, como a inclusão da demanda faturável, ponto este que não é levado em consideração na tarifa monômnia.

2.5 Métodos de tarifação

De acordo com as premissas da distribuidora cada unidade consumidora possui um método de tarifação que leva em conta seu perfil de atuação, consumo mensal e tensão de atendimento.

2.5.1 *Tarifa convencional*

Tarifa única de consumo de energia elétrica cobrada aos consumidores do grupo B, não existe contratação de demanda, sendo considerado somente o consumo elétrico sem diferenciação de horas do dia (TARIFAS, 2016), como mostrado na equação abaixo:

$$\text{Consumo Faturado (R\$)} = \text{Tarifa (R\$/kW)} * \text{Consumo (kW)}_{\text{Medido}}$$

2.5.2 *Tarifa horosazonal verde*

Tarifas diferenciadas de consumo de energia elétrica, de acordo com as horas de utilização do dia (postos tarifários), e de uma única tarifa de demanda de potência como mostrado na equação abaixo. Disponível para os subgrupos A3a, A4 e AS (TARIFAS,

2016).

$$\begin{aligned}
 \text{Consumo Faturado (R\$)} = & \\
 & \text{Tarifa (R\$/kW)}_{\text{Consumo-Horario Ponta}} * \\
 & \text{Consumo (kW)}_{\text{Medido-Horario Ponta}} + \\
 & \text{Tarifa (R\$/kW)}_{\text{Consumo-Horario Fora Ponta}} * \\
 & \text{Consumo (kW)}_{\text{Medido-Horario Fora Ponta}}
 \end{aligned}$$

Além do consumo elétrico, a demanda elétrica também é considerada sendo que, neste caso, não é levado em conta o posto tarifário vigente. Esta demanda utilizada pode ser a contratada ou a demanda medida (a maior delas), caso esta não ultrapasse 5% da demanda contratada (RESOLUÇÃO, 2010), como mostrado na equação abaixo.

$$\text{Demanda Faturada (R\$)} = \text{Tarifa (R\$/kW)}_{\text{Demanda}} * \text{Demanda (kW)}_{\text{Contratada}}$$

Caso a demanda medida (a maior delas), ultrapasse 5% do valor da demanda contratada, é necessário utilizar a tarifa de ultrapassagem e multiplicar por 2 e pela diferença entre essas duas demandas, como mostrado na equação abaixo:

$$\begin{aligned}
 \text{Demanda Ultrapassada (R\$)} = & \\
 & \text{Tarifa (R\$/kW)}_{\text{Demanda}} * 2 * \\
 & [\text{Demanda (kW)}_{\text{Medida}} - \text{Demanda (kW)}_{\text{Contratada}}]
 \end{aligned}$$

2.5.3 Tarifa horosazonal azul

Disponibilizada para todos os subgrupos do grupo A (TARIFAS, 2016), possui tarifas diferenciadas de consumo de energia elétrica e de demanda de potência, de acordo

com as horas de utilização do dia (postos tarifários). Segue a mesma lógica da tarifa horosazonal verde, sendo que sua diferença é que o posto tarifário é considerado no cálculo da demanda faturada e na demanda ultrapassada, como mostrado nas equações abaixo.

Consumo Faturado (R\$) =

$$\begin{aligned} & \textit{Tarifa (R\$/kW)}_{\textit{Consumo-Horario Ponta}} * \\ & \textit{Consumo (kW)}_{\textit{Medido-Horario Ponta}} + \\ & \textit{Tarifa (R\$/kW)}_{\textit{Consumo-Horario Fora Ponta}} * \\ & \textit{Consumo (kW)}_{\textit{Medido-Horario Fora Ponta}} \end{aligned}$$

Demanda Faturada (R\$) =

$$\begin{aligned} & \textit{Tarifa (R\$/kW)}_{\textit{Demanda-Horario Ponta}} * \\ & \textit{Demanda (kW)}_{\textit{Medida-Horario Ponta}} + \\ & \textit{Tarifa (R\$/kW)}_{\textit{Demanda-Horario Fora Ponta}} * \\ & \textit{Demanda (kW)}_{\textit{Medida-Horario Fora Ponta}} \end{aligned}$$

Demanda Ultrapassada (R\$) =

$$\begin{aligned} & \textit{Tarifa (R\$/kW)}_{\textit{Demanda-Horario Ponta}} * 2 * \\ & [\textit{Demanda (kW)}_{\textit{Medida-Horario Ponta}} - \textit{Demanda (kW)}_{\textit{Contratada-Horário Ponta}}] \\ & \textit{Tarifa (R\$/kW)}_{\textit{Demanda-Horario Fora Ponta}} * 2 * \\ & [\textit{Demanda (kW)}_{\textit{Medida-Horario Fora Ponta}} - \textit{Demanda (kW)}_{\textit{Contratada-Horário Fora Ponta}}] \end{aligned}$$

2.6 Mercado livre de energia

O Mercado Livre é um ambiente de negociação onde consumidores livres podem comprar energia alternativamente ao suprimento da concessionária local. Nesse ambiente, o consumidor negocia o preço da sua energia diretamente com os agentes geradores e comercializadores. Dessa forma, o cliente livre pode escolher qual será o seu fornecedor de energia.

2.6.1 *Mercado Livre (ACL) versus Mercado cativo (ACR)*

O mercado de energia no Brasil está dividido em ACR (Ambiente de Contratação Regulada) onde estão os consumidores cativos, e ACL (Ambiente de Contratação Livre) formado pelos consumidores livres.

Os consumidores cativos são aqueles que compram a energia das concessionárias de distribuição às quais estão ligados. Para esses consumidores, as tarifas são reguladas pelo governo e cada unidade consumidora paga apenas uma fatura de energia por mês, incluindo o serviço de distribuição e a geração da energia.

Os consumidores livres compram energia diretamente dos geradores ou comercializadores, através de contratos bilaterais com condições livremente negociadas, como preço, prazo, volume, etc. Cada unidade consumidora paga uma fatura referente ao serviço de distribuição para a concessionária local (tarifa regulada) e uma ou mais faturas referentes à compra da energia (preço negociado de contrato).

A principal vantagem do mercado livre é a flexibilidade de poder escolher entre diversos tipos de contratos, no qual o cliente pode escolher o que atender melhor às suas necessidades, possuindo uma flexibilidade que o mercado cativo não entrega.

2.6.2 *Classificação de consumidores no mercado livre de energia*

No mercado livre de energia, os consumidores são divididos em consumidores livres e consumidores especiais. Para se tornar um desses tipos de consumidores precisa seguir os seguintes critérios:

Consumidor Especial - Demanda mínima de 1500kW

Consumidor Livre - Demanda mínima de 500kW e pertencer ao Grupo A

2.6.3 *Tipos de energia no mercado livre*

No mercado livre, existem 2 tipos de energia, a energia convencional e a energia incentivada, essas energias possuem as seguintes características:

Energia Incentivada - estabelecida pelo Governo para estimular a expansão de geradores de fontes renováveis limitados a 30 MW de potência, como PCH (Pequenas Centrais Hidroelétricas), Biomassa, Eólica e Solar. Para esses geradores serem mais competitivos, o comprador da energia proveniente deles, chamada de energia incentivada, recebe descontos (de 50%, 80% ou 100%) na tarifa de uso do sistema de distribuição.

Energia Convencional - proveniente de outros tipos de geradores diferentes dos da energia incentivada, como usinas térmicas a gás ou hidroelétricas de grande porte.

2.6.4 *Contratos no mercado livre*

Uma das principais vantagens de migrar para o Mercado Livre é a redução de custos, visto que a energia pode ser contratada diretamente com o gerador ou o comercializador, diminuindo o número de intermediados na compra.

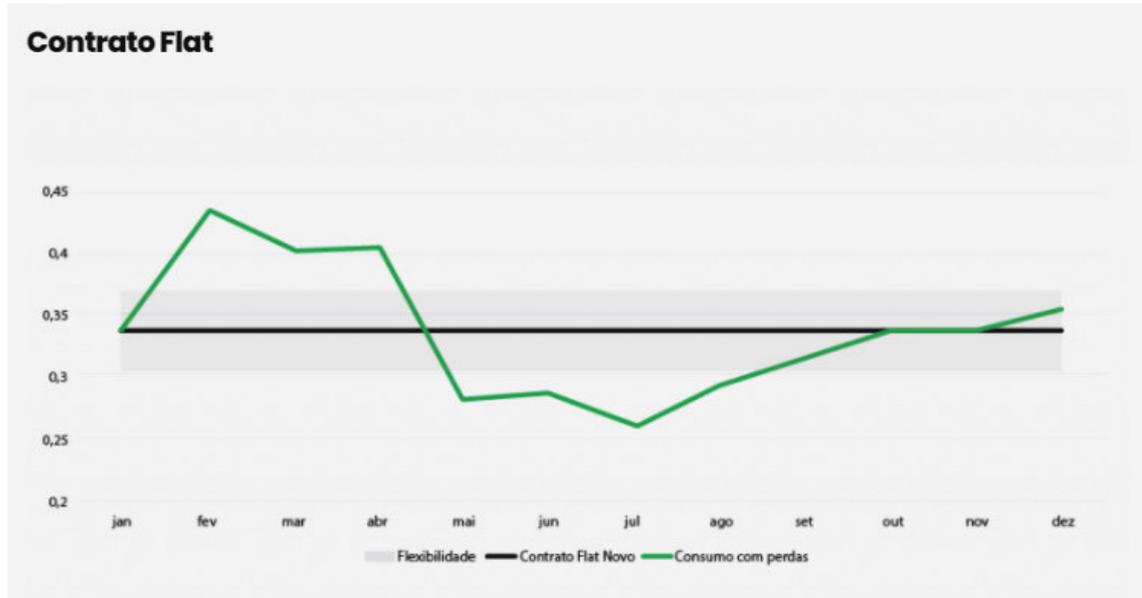
Existem alguns parâmetros básicos de contrato, e todos podem ser negociados diretamente com os fornecedores de energia, como citado em (CONTRATOS, 2021). São eles:

- **Preços de energia** - se refere ao quanto o cliente paga pela energia fornecida em determinado tempo.
- **Prazo do contrato** - se refere à duração do contrato entre agente e fornecedor.
- **Volume de energia** - se refere ao volume mensal que a unidade tende a consumir de acordo com o histórico do cliente.
- **Sazonalidade** - permite que os valores contratados mensais sejam alterados, desde que não ultrapassem o limite da sazonalidade estipulado em contrato, geralmente o mercado trabalha com 10% (LIVRE, 2020), e o volume de energia contratado anual .
- **Flexibilidade** - é composta pelos limites mínimos e máximos que são aplicados aos volumes mensais “sazonalizados”. Esses limites também são acordados em contrato, e dentro dessa faixa o fornecedor garante o volume e o preço de contrato.
- **Modulação** - permite que os valores horários do contrato sejam registrados de acordo com a curva de consumo da unidade. Existem limites de máximo e mínimo

que também são estipulados em contrato.

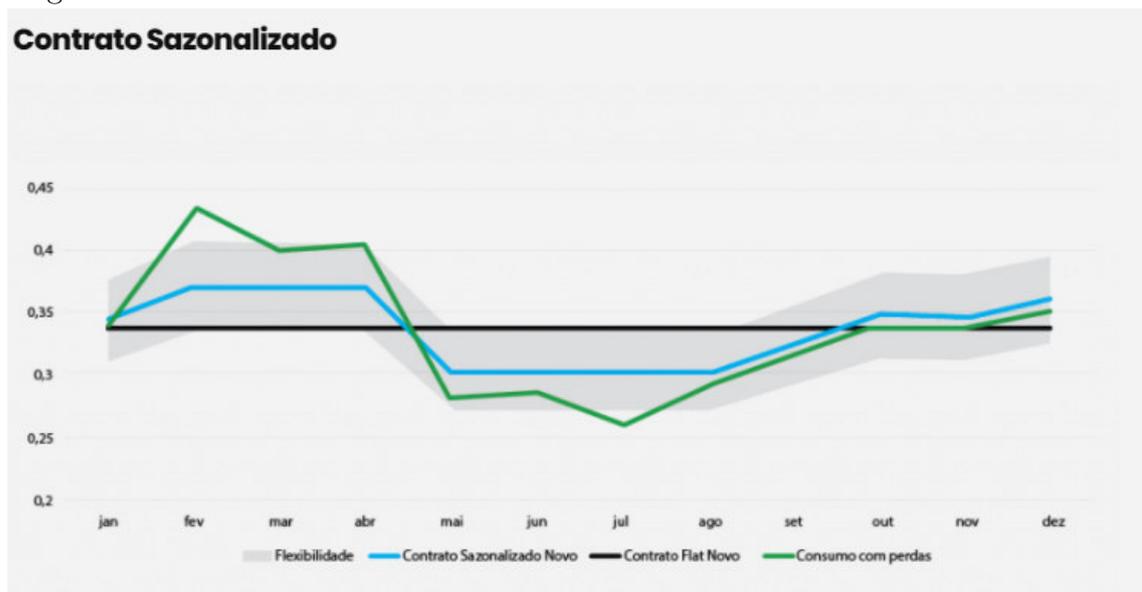
Existem dois tipos de contratos, o contrato *Flat* (sem sazonalidade) e o contrato Sazonalizado. No contrato Flat é estipulado um valor de energia fixo que é entregue todo mês e no contrato Sazonalizado a energia estipulada segue a curva de consumo da unidade. Segue abaixo as figuras 2 e 3 que exemplificam os dois contratos citados:

Figura 2 – Contrato Flat



Fonte: (CONTRATOS, 2021)

Figura 3 – Contrato Sazonalizado

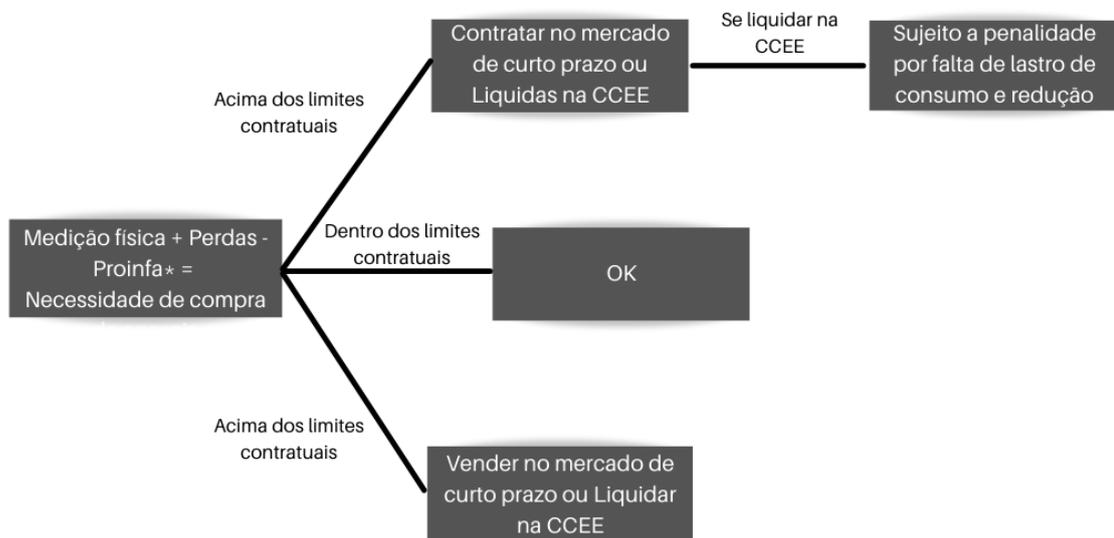


Fonte: (CONTRATOS, 2021)

2.6.5 Mercado de Curto Prazo (Mercado spot de energia)

Mensalmente, os consumidores livres devem fechar as posições contratuais com os fornecedores ao escolherem no mercado de curto prazo e, caso ocorra falta ou excesso de energia, o agente pode liquidar a sobra ou a falta na própria Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE) pelo processo de contabilização, ou comprar/vender no mercado como mostra na imagem abaixo:

Figura 4 – Fluxograma Mercado Spot

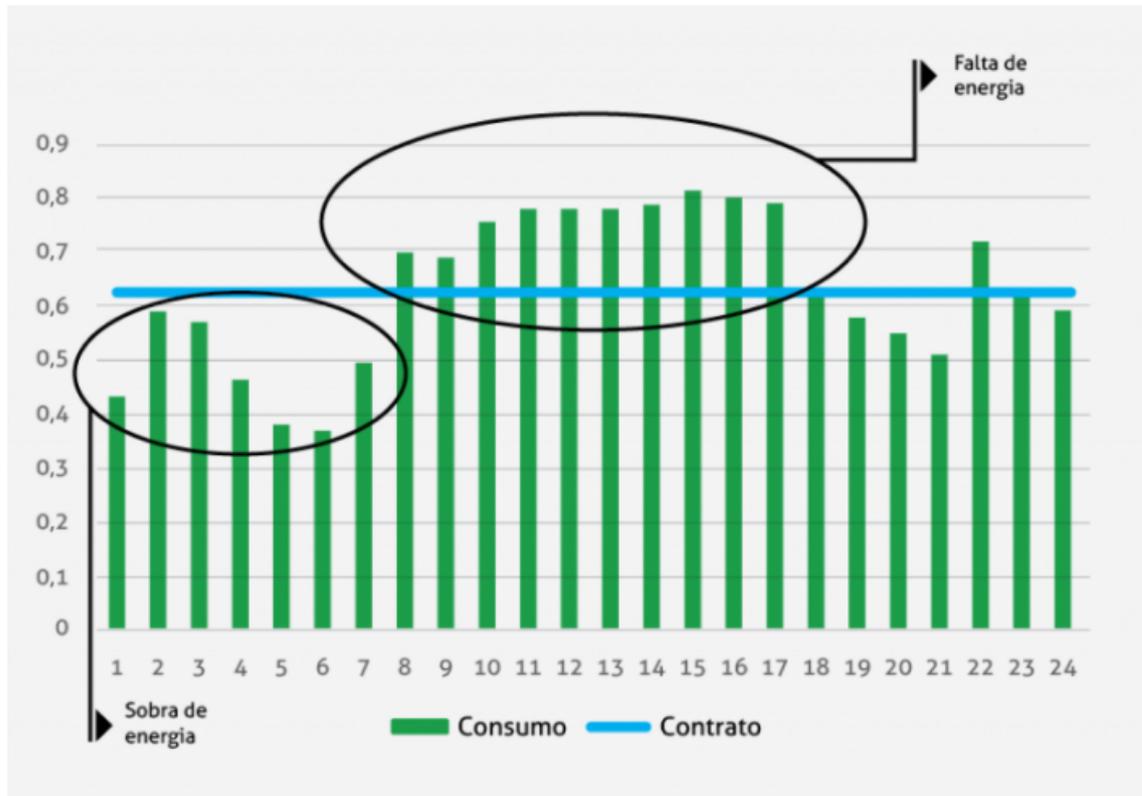


Fonte: (SPOT, 2021)

*Proinfa: Programa de Incentivo de Fontes Alternativas – trata-se de uma quota de energia a que todo consumidor tem direito.

Ao serem liquidadas na CCEE, as sobras ou faltas de energia são valoradas no Preço de Liquidação das Diferenças (PLD) na semana, e posteriormente, a soma desses valores pode se tornar um crédito ou débito acordado no processo de liquidação financeira da CCEE.

Figura 5 – Curva de carga de um cliente participante do mercado livre



Fonte: (ENERGIA, 2021)

Na figura 5, o valor estipulado de contrato é representado pela linha azul e em verde o consumo real, ou seja, a soma das faltas de energia (valor que passou da linha azul) e das sobras de energia (valor que ficou abaixo da linha azul) se tornarão crédito ou débito para o processo de liquidação financeira.

3 METODOLOGIA

3.1 Introdução

O estudo de eficiência energética é aplicável a todos que consomem energia elétrica. Além disso, vale salientar que a redução de gastos normalmente é uma consequência de um processo de eficientização adequado, todavia, a redução de despesas, em um primeiro momento, propicia um alívio dos recursos para que sejam alocados em projetos futuros de eficiência que demandem investimentos. O Governo do Estado do Ceará é um relevante consumidor, devido a sua carga instalada e a importância para a sociedade de suas unidades consumidoras do Grupo A (CARVALHO, 2019).

Conforme apresentado nos capítulo 2, existem 2 métodos tarifários de cobrança de energia, o mercado cativo e o mercado livre. Nesse contexto, o intuito deste trabalho será avaliar os ganhos econômicos da mudança do faturamento de unidades consumidoras da Secretaria da Saúde do Governo do Ceará. Por fim, foram feitos os seguintes passos para chegar nessa análise:

- **Processo de aquisição de dados.**
- **Utilização de metodologias de previsão.**
- **Criação de um ambiente de visualização.**

3.1.1 Processo de aquisição de dados

A priori foi preciso fazer várias etapas de extração de dados para formar uma base de dados para utilizar no trabalho. Dessa forma, foi necessário utilizar de técnicas de ETL (*Extraction, Transformation and Load*) utilizando a linguagem de programação *Python* para conseguir construir uma base de dados sólida para uso no trabalho. Dessa maneira, foram extraídos os dados dos anos de 2019 e 2020 de 70 unidades consumidoras da SESA.

3.1.2 ETL

Método com o qual muitas empresas contam todos os dias, como varejistas, que precisam olhar os dados de vendas regularmente, ou operadoras de saúde procurando por um quadro preciso de seu uso. O ETL pode combinar e exibir dados de transações de

um *data warehouse*, que é um sistema de gerenciamento de dados projetado para ativar e fornecer suporte às atividades de *business intelligence (BI)*, especialmente a análise avançada, ou outro banco de dados, de modo que eles estejam sempre prontos para analistas de negócios os visualizarem em um formato compreensível. O ETL também é utilizado para migrar dados de sistemas arcaicos para sistemas modernos, com diferentes formatos possíveis. É frequentemente usado para consolidar dados de fusões de empresas e para coletar e unir dados de fornecedores ou parceiros externos (SAS, 2018). Esse processo é dividido em 3 passos como citado em (IGTI, 2017):

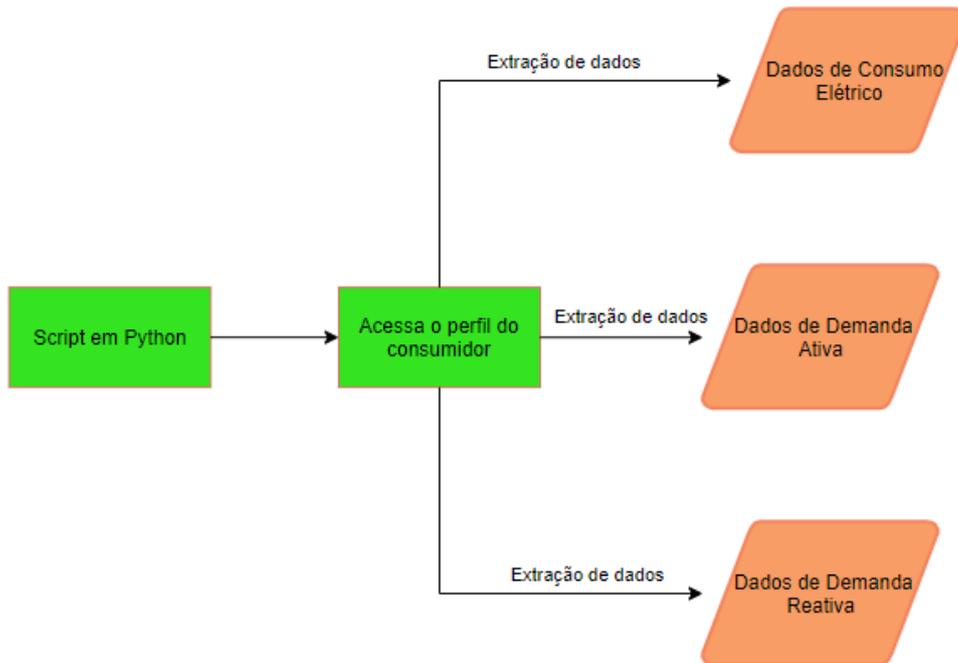
- **PROCESSO DE EXTRAÇÃO:** Fase em que os dados são extraídos de diversas fontes e conduzidos para a *staging area* (área de transição ou área temporária), onde são convertidos para um único formato.
- **PROCESSO DE TRANSFORMAÇÃO:** É nesta etapa onde é realizado os devidos ajustes nos dados, como a mudança de formato do dado, exclusão de dados, criação de colunas de cálculos e etc, podendo, assim, melhorar a qualidade dos dados e consolidá-los utilizando uma ou mais fontes.
- **PROCESSO DE CARGA:** Consiste em fisicamente estruturar e carregar os dados para dentro da camada de apresentação seguindo o modelo dimensional.

3.1.2.1 Extração

Nesta fase foram necessárias 2 etapas, definição da fonte de dados e criação do código em *Python* para extração.

Antes de começar a fazer a extração de dados era necessário procurar alguma fonte onde existisse os dados corretos para o estudo. Com isso, foi utilizado o site de clientes da Enel Ceará. A partir deste site foi necessário o código de acesso dos clientes que seriam utilizados para estudo, nesse aspecto esses acessos foram disponibilizados pelo governo do estado para uso acadêmico. Com a fonte de dados definida e os acessos liberados, foram extraídas 3 fontes de dados (consumo, demanda ativa e demanda reativa) de 70 unidades consumidoras da SESA do Ceará utilizando um código escrito em linguagem *Python*. No fim, o processo pode ser exemplificado na figura 6:

Figura 6 – Processo de Extração do Dado

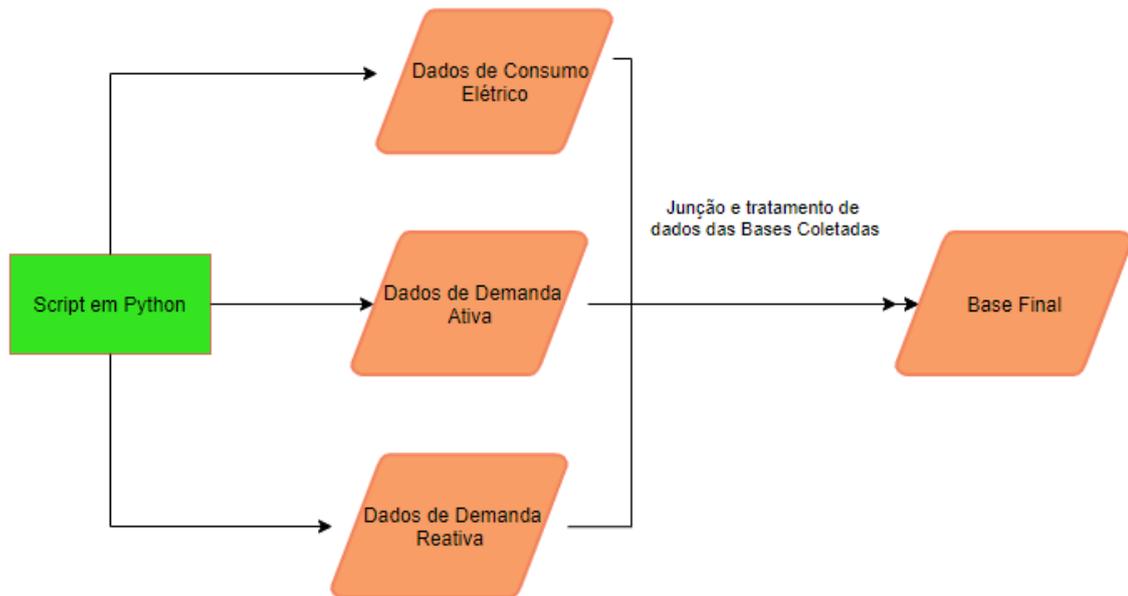


Fonte: O Autor

3.1.2.2 Transformação

Após a extração dos dados, seguiu-se o processo de transformação, processo este responsável por organizar os dados. Com isso, nessa etapa foi feita a junção entre as três bases de dados que foram extraídas, consumo, demanda ativa e demanda reativa e definição de tipos de dados das colunas. Esse processo também foi feito em *Python* e, no fim, foi criada uma base de dados compilando todos os dados. Essa etapa está exemplificada na figura 7:

Figura 7 – Processo de Transformação do Dado

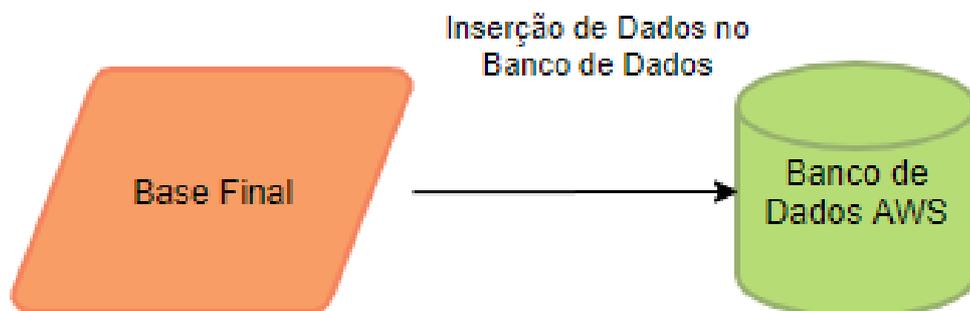


Fonte: O Autor

3.1.2.3 Carga

Após adquirir a base final tratada e compilada é necessário armazenar esses dados em algum local, seja um arquivo, excel, CSV ou até um banco de dados. Para deixar o ambiente dos dados mais seguro e estruturado foi decidido fazer a carga dos dados da base final em um banco de Dados hospedado na *Amazon Web Services* (AWS) por ser um serviço com alta segurança em relação a backups e possuir um ambiente mais estruturado para armazenar os dados e utilizá-los. Com isso, a etapa final do ETL é exemplificada na figura 8:

Figura 8 – Processo de Carga do Dado



Fonte: O Autor

3.1.3 Utilização de metodologias de previsão

Após ter todos os dados necessários no banco de dados, foi necessário pensar em uma forma de definir qual seria o valor de consumo elétrico definido em contrato para as unidades ingressarem no mercado livre. Com isso, pelo fato das unidades consumidoras serem todas do governo, ou seja, possuem o mesmo cnpj, foi possível somar seus consumos elétricos para definir daí qual seria o valor de consumo definido em contrato.

Por fim, usando os dados dos anos de 2019 a 2020, foi utilizada uma técnica de previsão de series temporais conhecida como SARIMA (*Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average*) (GRAVES, 2020).

3.1.3.1 Exclusão de dados anômalos

Ao analisar os dados disponíveis das 70 unidades consumidoras foram encontrados valores anômalos mais comumente conhecidos como *outliers*. *Outliers* são dados discrepantes do conjunto de dados. No caso em estudo foram encontrados discrepâncias resultantes de variações muito grandes de um ano para o outro. Como o grupo de estudo foram hospitais, sua curva de carga não deveria variar tanto de um ano para outro pelo seu perfil de consumo mais constante.

Em vista disso, foram excluídas da análise todas as unidades consumidoras que tiveram variação de 2019 para 2020 maior de 10%. No fim, sobraram 32 unidades consumidoras para utilizar no estudo.

3.1.3.2 Séries temporais

Series temporais são um conjunto de observações sobre uma variável, ordenado no tempo, e registrado em períodos regulares (REIS, 2020). No estudo desse trabalho, os dados de consumo elétrico estão ordenados no eixo do tempo, sendo, então, considerada uma série temporal.

3.1.3.3 SARIMA

ARIMA é um modelo auto-regressivo integrado de médias móveis (ARIMA - *autoregressive integrated moving average*) é uma generalização de um modelo auto-regressivo de médias móveis (ARMA), onde a parte auto-regressiva (AR) indica que a

variável evoluinte de interesse é regressada em seus próprios valores defasados, isto é, anteriores. A parte de média móvel (MA) indica que o erro de regressão é na verdade uma combinação linear dos termos de erro, cujos valores ocorreram contemporaneamente e em vários momentos no passado. A parte integrada (I) indica que os valores de dados foram substituídos com a diferença entre seus valores e os valores anteriores e este processo diferenciador pode ter sido realizado mais de uma vez (GREENE, 1997). Neste trabalho foi explorado o uso do SARIMA, uma técnica de previsão de séries temporais que é uma evolução do ARIMA já que, neste último, não é possível trabalhar com dados que possuem sazonalidade.

Como neste trabalho foi escolhido dados de energia elétrica, esses dados possuem uma alta sazonalidade devido a variação de valores em determinados períodos do ano e de dias da semana. Em vista disso, pelo fato dos dados de energia elétrica serem uma série temporal e possuírem sazonalidade o SARIMA foi utilizado.

3.1.3.4 Definição de tipo e de valor de contrato

Com a metodologia de previsão definida foi necessário analisar os dados e definir o período de previsão. Observando a figura 9 é possível ver que os dados não possuem variação grande durante o ano, ou seja, não existe um mês específico ou época do ano em que o consumo seja muito maior em comparação a outra época.

Figura 9 – Consumo feito de 2019 a 2020



Fonte: O Autor

Em vista disso, para definir o valor e o tipo de contrato para o ano de 2021 foram utilizados os valores de consumo elétrico previstos para os meses de Julho e Dezembro de 2020 e Janeiro de 2021 considerando a flexibilidade de 10%. Sendo que, para o contrato *Flat* foi utilizada a mediana como valor de contrato e para o sazonalizado usou-se os próprios valores de previsão. Desse modo, foi possível avaliar qual melhor tipo de contrato para o grupo de estudo e seu valor de energia.

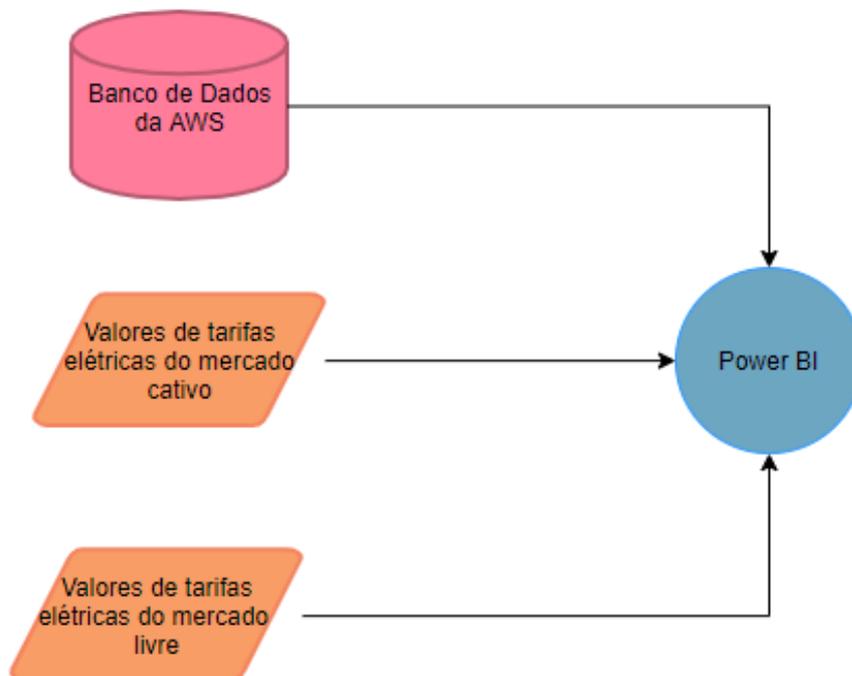
3.2 Criação de um ambiente de visualização de dados

Após ter sido feita a extração de dados e implementado o método de previsão, a última etapa foi criar um ambiente de visualização para apresentação dos dados em gráficos e tabelas estruturadas.

3.2.1 Softwares utilizados

Para a criação desse ambiente foi utilizado o Power BI, software da Microsoft. Este software foi alimentado pelo banco de dados onde existiam os valores de consumo, demanda ativa e demanda reativa e por duas tabelas referentes a tarifas de energia, uma para mercado regulado e outra para mercado livre. No fim, o fluxograma abaixo representa bem como ficou estruturada as fontes de dados para o uso do Power BI.

Figura 10 – Processo para criação de ambiente de visualização de dados



Fonte: O Autor

3.2.2 Estrutura do ambiente de visualização

Com as fontes de dados alimentando o Power BI, foi feita a criação das visualizações. Definiu-se criar as seguintes abas no software:

- **Aba de comparação de faturas**
- **Aba de previsão de dados**

3.2.2.1 Aba de comparação de faturas

Esta aba foi criada com o intuito de dar ao cliente uma noção das suas faturas mês a mês para o mercado cativo e uma simulação utilizando o mercado livre para esse mesmo período citado, sendo, então uma fonte de comparação para analisar a viabilidade econômica da mudança.

3.2.2.2 Aba de previsão de dados

Esta aba foi criada com o intuito de mostrar uma previsão de carga para o mês posterior, utilizando a técnica de previsão SARIMA. Desse modo, essa página será responsável por mostrar como está a curva de carga atual para as unidades consumidoras e entregar ao cliente uma percepção de como será o próximo mês para um contrato *Flat* ou sazonalizado.

4 ANÁLISE DOS RESULTADOS OBTIDOS

Com a criação do ambiente de visualização foi possível comparar o faturamento para o mercado livre em relação ao mercado cativo. Além disso, o método de previsão ajudou na definição do valor de consumo para estipular em contrato e se tornou uma base para uma previsão de gastos mensais. Desse modo, essa seção será dividida nesses 2 tópicos:

- **Comparação de faturas pelo ambiente de visualização.**
- **Previsão de gastos e definição de contrato para o Mercado Livre.**

4.1 Comparação de faturas pelo ambiente de visualização

A comparação de faturas pelo ambiente de visualização tem o intuito de ver qual o retorno financeiro da mudança do mercado regulado para o mercado livre. Com isso, é possível checar se o cliente teria tido um retorno positivo para um período específico. Nas próximas sessões esse ambiente será mais detalhado.

4.1.1 *Cálculo de Faturas*

Para fazer a comparação das faturas foi utilizado o ano de 2020 como tempo de comparação. Em vista disso, foi calculada a fatura do mercado cativo em 2020 para as 32 unidades consumidoras e uma simulação para o mercado livre utilizando esse mesmo período.

Além disso, é importante pontuar que não foi considerado valores de multa por excedente reativo, sendo, então, o fator de potência considerado como 0,92 para todas essas unidades e, também, não está sendo cobrado os valores de impostos nas faturas visto que existe variações mensais e a sua inclusão não afetaria significativamente o resultado. Esses valores que não serão cobrados não afetam o estudo porque as cobranças seriam iguais para os dois ambiente de contratação, já que a grande mudança entre o mercado cativo e o mercado livre se concentra nas tarifas de consumo elétrico.

4.1.1.1 *Faturamento Mercado Cativo*

Com os dados extraídos de consumo e demanda das 32 unidades consumidoras foi possível calcular o faturamento delas no mercado cativo. Ademais, com a ajuda da Secretaria de Infraestrutura do Ceará (SEINFRA) foi obtida a demanda contratada e a modalidade tarifária de cada uma delas. Com essas informações, foi possível calcular o faturamento discriminando pela modalidade tarifária utilizada. Segue na tabela 1, o valor do faturamento total por mês em 2020 considerando as 32 unidade consumidoras do estudo:

Tabela 1 – Faturamento total para o mercado cativo

Mês	Faturamento Total Mercado Cativo
Janeiro	R\$ 1.191.226,35
Fevereiro	R\$ 1.081.661,67
Março	R\$ 1.151.358,20
Abril	R\$ 1.081.977,81
Maiο	R\$ 1.131.407,59
Junho	R\$ 1.104.897,99
Julho	R\$ 1.127.054,60
Agosto	R\$ 1.125.727,40
Setembro	R\$ 1.140.906,78
Outubro	R\$ 1.207.921,22
Novembro	R\$ 1.207.868,11
Dezembro	R\$ 1.217.500,74

4.1.1.2 *Faturamento Mercado Livre*

Com as informações utilizadas para o cálculo do faturamento do mercado cativo também é possível calcular o faturamento do mercado livre. A única diferença é que as tarifas de energia são diferentes, então, para o mercado livre foi utilizado um preço de tarifa de consumo para energia convencional de R\$/MWh 220,77 que foi obtido com uma empresa para se ter um valor mais real. Por fim, os valores encontrados para a simulação do mercado livre para 2020 estão na tabela 2:

Tabela 2 – Faturamento total para o mercado livre

Mês	Faturamento Total Mercado Livre
Janeiro	R\$ 1.103.038,76
Fevereiro	R\$ 1.004.886,67
Março	R\$ 1.066.896,48
Abril	R\$ 1.004.823,74
Mai	R\$ 1.049.270,50
Junho	R\$ 1.025.111,61
Julho	R\$ 1.044.232,90
Agosto	R\$ 1.044.207,53
Setembro	R\$ 1.057.268,54
Outubro	R\$ 1.118.518,24
Novembro	R\$ 1.119.559,73
Dezembro	R\$ 1.127.756,74

4.1.1.3 Comparação entre os dois mercados

Com os valores calculados de fatura do mercado livre e do mercado cativo é possível fazer análise de viabilidade financeira para a mudança de mercado. Na tabela 3, tem descrito o ganho financeiro mensal caso esse grupo de unidades consumidoras estivesse utilizando o ambiente de contratação livre:

Tabela 3 – Comparação entre os faturamentos

Mês	Faturamento Total Mercado Cativo	Faturamento Total Mercado Livre	Retorno Financeiro
Janeiro	R\$ 1.191.226,35	R\$ 1.103.038,76	R\$ 88.187,59
Fevereiro	R\$ 1.081.661,67	R\$ 1.004.886,67	R\$ 76.775,00
Março	R\$ 1.151.358,20	R\$ 1.066.896,48	R\$ 84.461,72
Abril	R\$ 1.081.977,81	R\$ 1.004.823,74	R\$ 77.154,07
Mai	R\$ 1.131.407,59	R\$ 1.049.270,50	R\$ 82.137,09
Junho	R\$ 1.104.897,99	R\$ 1.025.111,61	R\$ 79.786,38
Julho	R\$ 1.127.054,60	R\$ 1.044.232,90	R\$ 82.821,70
Agosto	R\$ 1.125.727,40	R\$ 1.044.207,53	R\$ 81.519,87
Setembro	R\$ 1.140.906,78	R\$ 1.057.268,54	R\$ 83.638,25
Outubro	R\$ 1.207.921,22	R\$ 1.118.518,24	R\$ 89.402,98
Novembro	R\$ 1.207.868,11	R\$ 1.119.559,73	R\$ 88.308,38
Dezembro	R\$ 1.217.500,74	R\$ 1.127.756,74	R\$ 89.744,00

No entanto, sabendo que o custo de instalação do medidor utilizado para o mercado livre para cada unidade consumidora é em torno de R\$ 30.000,00, então para instalar nas 32 unidades seria preciso gastar R\$ 960.000,00. Com isso, tem-se que demoraria

1 ano para o retorno financeiro arcar os custos de mudança para o mercado livre. A tabela 4 com um fluxo de caixa simples demonstra melhor isso:

Tabela 4 – Fluxo de Caixa

Fluxo de Caixa	
Tipo de operação financeira	Valor (R\$)
Gasto em 2021 com a implantação do mercado livre	-R\$ 960.000,00
Retorno em 2021 com a implantação do mercado livre	R\$ 1.003.937,02
Resultado Final	R\$ 43.937,02

Por fim, a simulação mostra que o mercado livre traria retorno financeiro em um período curto de 1 ano, já que pela tabela percebe-se que em 1 ano o payback já seria positivo. Isso mostra que a mudança para o mercado livre seria algo muito positivo financeiramente para o estado do Ceará.

4.1.1.4 Aba de Visualização - Comparação de Faturas

Utilizando o Power BI foi possível criar um relatório automático que faz a simulação para as unidades consumidoras que se quer fazer o estudo. Dessa forma, esse relatório permite um cálculo de faturas para o mercado cativo e uma simulação de fatura do mercado livre de forma fácil para verificar a viabilidade financeira. Segue na figura 11 a imagem da tela:

Figura 11 – Aba de Comparação de Faturas

Comparação de Faturas				
Ano	UC	Quantidade de UCs	Gasto Previsto para Instalação	Tempo para pagar instalação com o retorno (meses)
2020	Todos	32	R\$960 Mil	11,47

COMPARAÇÃO			
Month	Faturamento Total Mercado Cativo	Faturamento Total Mercado Livre	Retorno Financeiro
January	R\$ 1.191.226,35	R\$ 1.103.038,76	R\$ 88.187,59
February	R\$ 1.081.661,67	R\$ 1.004.886,67	R\$ 76.775,00
March	R\$ 1.151.358,20	R\$ 1.066.896,48	R\$ 84.461,72
April	R\$ 1.081.977,81	R\$ 1.004.823,74	R\$ 77.154,07
May	R\$ 1.131.407,59	R\$ 1.049.270,50	R\$ 82.137,09
June	R\$ 1.104.897,99	R\$ 1.025.111,61	R\$ 79.786,38
July	R\$ 1.127.054,60	R\$ 1.044.232,90	R\$ 82.821,70
August	R\$ 1.125.727,40	R\$ 1.044.207,53	R\$ 81.519,87
September	R\$ 1.140.906,78	R\$ 1.057.268,54	R\$ 83.638,25
October	R\$ 1.207.921,22	R\$ 1.118.518,24	R\$ 89.402,98
November	R\$ 1.207.868,11	R\$ 1.119.559,73	R\$ 88.308,38
December	R\$ 1.217.500,74	R\$ 1.127.756,74	R\$ 89.744,00
Total	R\$ 13.769.508,46	R\$ 12.765.571,44	R\$ 1.003.937,02

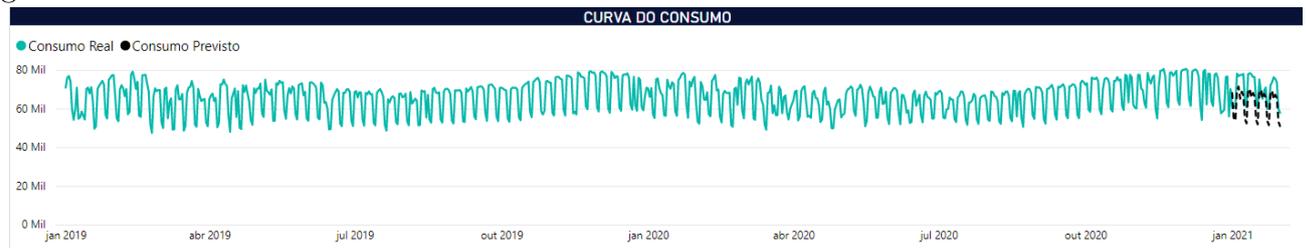
4.1.2 Previsão de consumo e definição de contrato para o Mercado Livre

O intuito deste ambiente de visualização é mostrar ao cliente uma comparação entre a curva real de consumo durante os anos e uma curva de previsão do mês posterior ao mês atual. Além disso, é possível com essas curvas definir um modelo de contrato que atenda ao modelo de consumo do cliente. Nas próximas sessões esse ambiente será mais detalhado.

4.1.2.1 Previsão de consumo

Como apresentado anteriormente, foi utilizado o SARIMA para prever os valores de consumo do mês posterior. O intuito dessa previsão foi ter uma visão de janeiro de 2021 para utilizar como base para definição de contrato e até de prever gastos. Na figura 12 temos um gráfico de linha mostrando a curva de carga real e a prevista:

Figura 12 – Consumo Real e Consumo Previsto



Fonte: O Autor

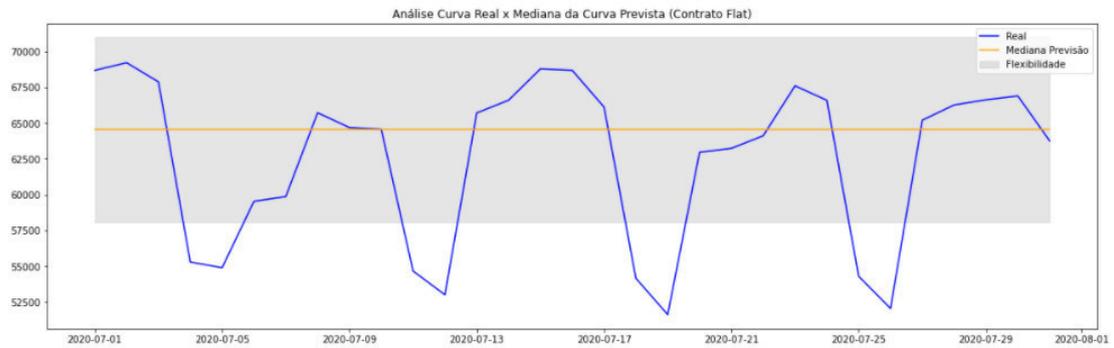
Como podemos ver, o consumo de hospitais segue não possuindo variações bruscas em diferentes períodos do ano, possuindo uma curva com formato muito parecido em todos os meses e, como pode-se perceber, o consumo previsto para janeiro de 2021 segue o padrão da série temporal.

Desse modo, para avaliar como o modelo funcionaria para definir um tipo de contrato resolveu-se utilizar a mediana dos valores previsto como valor de energia para um contrato *Flat* e para um contrato sazonalizado utilizou-se os próprios valores de previsão. Em vista disso, foram feitas previsões para os meses de Julho e Dezembro de 2020 e Janeiro de 2021 considerando a flexibilidade de 10%.

Para os Meses de Julho e Dezembro de 2020 percebe-se graficamente que o modelo apresentou um resultado muito melhor para um contrato sazonalizado do que no

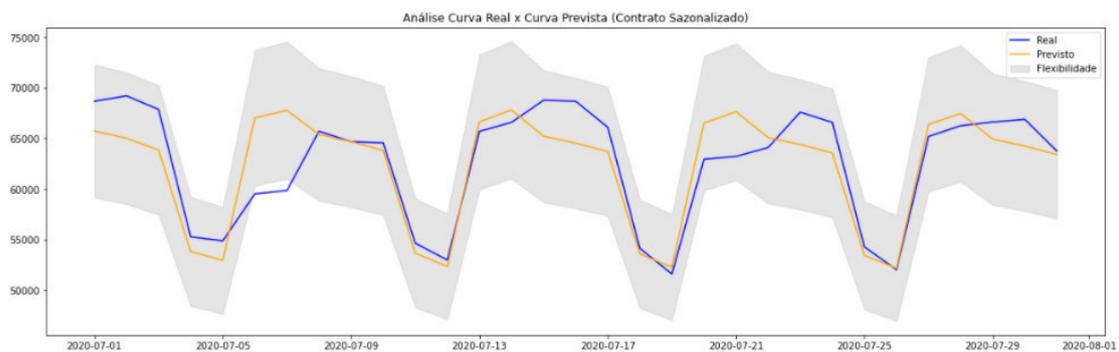
Flat. As figuras 13, 14, 15 e 16 demonstram isso:

Figura 13 – Consumo Real x Consumo Previsto (Contrato Flat) Julho de 2020



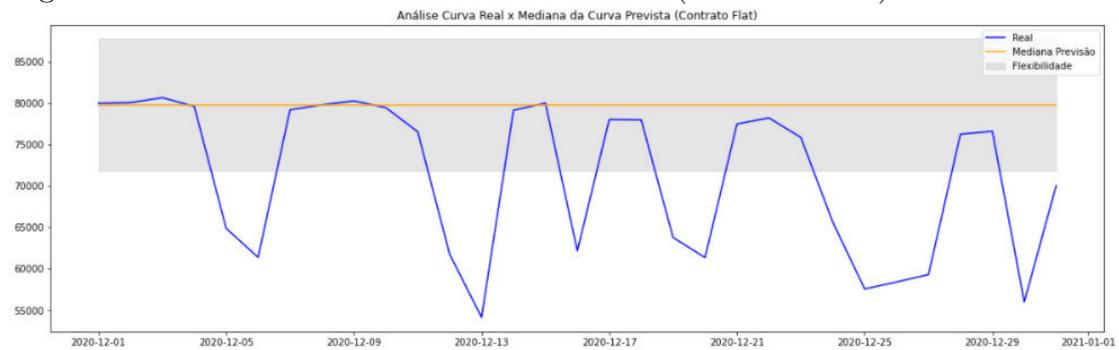
Fonte: O Autor

Figura 14 – Consumo Real x Consumo Previsto (Contrato Sazonalizado) Julho de 2020



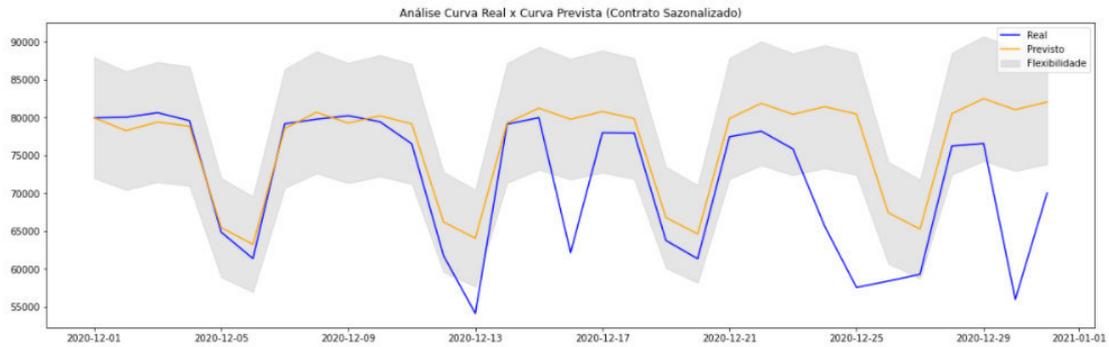
Fonte: O Autor

Figura 15 – Consumo Real x Consumo Previsto (Contrato Flat) Dezembro de 2020



Fonte: O Autor

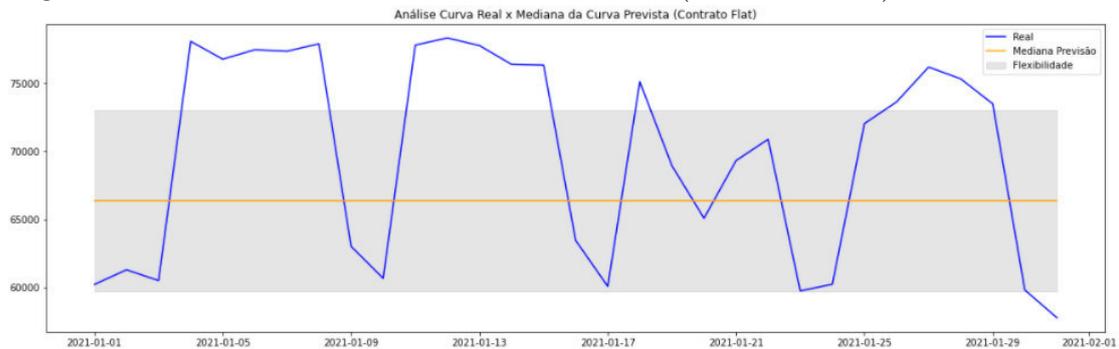
Figura 16 – Consumo Real x Consumo Previsto (Contrato Sazonalizado) Dezembro de 2020



Fonte: O Autor

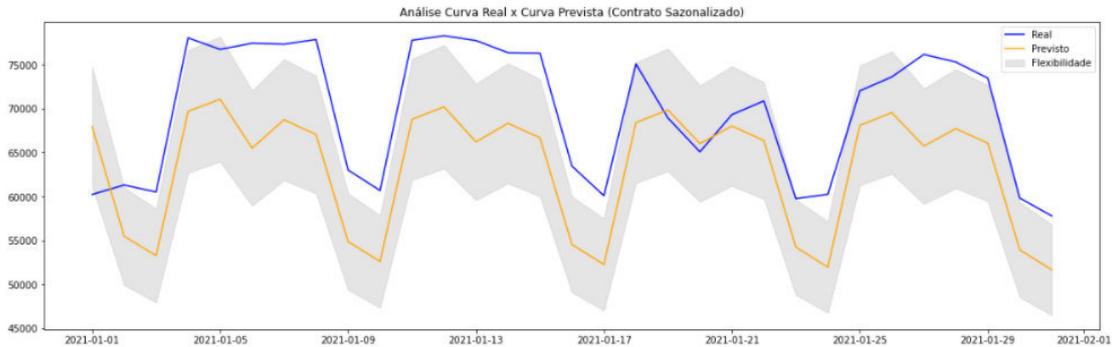
Para o mês de Janeiro de 2021, os gráficos demonstram que a previsão funcionaria melhor para o caso do contrato *Flat*, mas a opção do contrato sazonalizado não teria uma desvantagem tão grande em relação ao *Flat* diferentemente dos outros meses coletados em que o sazonalizado possuiu uma vantagem muito maior. As figuras 17 e 18 apresentam isso:

Figura 17 – Consumo Real x Consumo Previsto (Contrato Flat) Janeiro de 2021



Fonte: O Autor

Figura 18 – Consumo Real x Consumo Previsto (Contrato Sazonalizado) Janeiro de 2021



Fonte: O Autor

Por fim, com esses gráficos é possível perceber que o valor previsto segue uma tendência e sazonalidade muito parecida com a curva dos valores reais e consegue aderir bem esses valores considerando a flexibilidade de 10%.

4.1.2.2 Definição do contrato para o Mercado Livre

Para definir o valor de energia para o contrato do mercado livre verificou-se a previsão de consumo de 3 meses: Julho de 2020, Dezembro de 2020 e Janeiro de 2021. Diante disso, percebeu-se graficamente que a previsão considerando a flexibilidade de 10% conseguiu aderir muito melhor no contrato Sazonalizado do que no *Flat* nos meses de Julho e Dezembro. No entanto, no mês de Janeiro de 2021, a opção *Flat* apresentou uma aderência melhor aos valores reais, entretanto, o sazonalizado não performou de forma muito inferior em comparação à outra opção nos outros meses previstos.

Por fim, a vantagem do contrato sazonalizado se mostrou muito maior, já que demonstrou um resultado muito superior ao contrato *Flat* em dois meses e, mesmo no mês em que a performance foi menor, não houve uma diferença de resultado muito inferior à outra opção. Sendo assim, o contrato sazonalizado foi o modelo escolhido para o grupo de estudo utilizado neste trabalho.

4.1.2.3 Aba de Visualização - Previsão de gastos e definição de contrato

Com a ajuda do Power BI foi criada uma segunda aba para o relatório, em que essa visão traz a curva de carga real e prevista e um gráfico comparando consumo real e consumo previsto para um contrato *Flat* e outro para um contrato sazonalizado.

Desse modo, é possível extrair pelo próprio Power BI os valores previsão apresentados nos gráficos para utilizar como valor de energia para o contrato do mercado livre. Ademais, o cliente pode ter uma noção de como será a faixa de consumo no mês posterior. A figura 19 apresenta mais detalhadamente a visão:

Figura 19 – Aba de Previsão de Consumo



Fonte: O Autor

5 CONCLUSÕES

Com os dados obtidos foi possível perceber que o mercado livre é uma opção muito positiva financeiramente para o Estado, mesmo considerando-se o alto custo de instalação de medidores, o retorno financeiro acontece em um tempo inferior a um ano. A extração automática dos dados juntamente com a construção do relatório mostrou ser uma ótima alternativa para se fazer um estudo de viabilidade para o mercado livre.

Além disso, a utilização de métodos de previsão mostrou-se um grande aliado para definir valores de contrato e controlar os gastos no mercado livre de energia. O uso da técnica SARIMA demonstrou ser efetiva apresentando uma curva de previsão com sazonalidade muito parecida com a real mesmo com somente 2 anos de histórico. O modelo apresentou um resultado muito bom para o contrato sazonalizado, o que garante uma economia maior para o cliente. Por fim, o painel de previsão de consumo apresentou-se como uma forte ferramenta para definir um modelo de contrato para ingresso ao mercado livre de energia.

6 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Para trabalhos futuros, seria importante abordar temas que melhorem a extração de dados, comparem modelos diferentes de previsão para avaliar qual possui performance melhor e analisem a performance da previsão para PLD semanal ou diário. Com isso, sugere-se a abordagem das seguintes questões:

- Extração de dados de mais unidades consumidoras a partir do próprio banco de dados;
- Utilização de métodos de previsão diários ou semanais;
- Comparar diferentes modelos de previsão para usar nessas séries temporais;

REFERÊNCIAS

- CARVALHO, Gabriel Marçal da Cunha P.: Estudo para redução de custos e previsão de faturas de energia elétrica para consumidores do grupo A do Governo do Estado do Ceará. (2019). – URL <<http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/49691>>
- CONTRATOS, MERCADO LIVRE DE E.: *Contratos Mercado Livre*. 2021. – URL <<https://www.mercadolivredeenergia.com.br/consumidores-livres-e-especiais/contratos/>>
- COSTA, MARDEY: *Fator de Potência*. 2019. – URL <<https://www.viverdeeletrica.com/fator-de-potencia/>>
- ELEKTRO: *Energia Ativa*. 2019. – URL <<https://www.elektro.com.br/seu-negocio/energia-ativa-e-reativa>>
- ENERGIA, MERCADO LIVRE D.: *Mercado Spot Livre e Especiais*. 2021. – URL <<https://www.mercadolivredeenergia.com.br/mercado-livre-de-energia/>>
- FRANCISCO, PORTAL S.: *Energia Reativa*. 2017. – URL <<https://www.portalsaofrancisco.com.br/fisica/energia-reativa>>
- GRAVES, ANDREW: *Time Series Forecasting with a SARIMA Model*. 2020. – URL <<https://towardsdatascience.com/time-series-forecasting-with-a-sarima-model-db051b7ae459>>
- GREENE, WILLIAM H.: *Econometric Analysis*. Bd. volume. 1º. Prentice Hall, 1997. – ISBN 9780023466021
- HADDAD: *Energia Elétrica: Conceitos, Qualidade e Tarifação*. Bd. volume. 1º. Rio de Janeiro : Editora, 2004
- IGTI: *O que é ETL e qual sua importância entre os processos de BI*. 2017. – URL <<https://www.igti.com.br/blog/o-que-e-etl-bi/>>
- LIVRE, ENEL E.: *Flexibilidade e previsibilidade*. 2020. – URL <<https://www.enelenergialive.com.br/conteudos/flexibilidade-e-previsibilidade-trunfos-do-mercado-livre-de-energia-eletrica/>>
- NETO, Amir Borges F.: Consumo de Energia e Crescimento Econômico: uma Análise do Brasil no período 1970-2009. In: *Estudos Avançados* (2014), 09. – URL <<https://seer.ufrgs.br/AnaliseEconomica/article/viewFile/44622/36642>>

NOTÍCIAS, MERCADO LIVRE DE E.: *Crescimento do mercado livre no último ano chega a 22%*. 2020. – URL <<https://www.mercadolivreenergia.com.br/noticias/crescimento-mercado-livre-22/>>

REIS, MARCELO M.: *Análise de Series Temporais*. 2020. – URL <<https://www.inf.ufsc.br/~marcelo.menezes.reis/Cap4.pdf>>

RESOLUÇÃO, ANEEL: *RESOLUÇÃO NORMATIVA Nº 414, DE 9 DE SETEMBRO DE 2010*. 2010. – URL <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2010414.pdf>>

SAS: *ETL- O que é e qual a sua importância*. 2018. – URL <https://www.sas.com/pt_br/insights/data-management/o-que-e-etl.html>

SPOT, MERCADO LIVRE DE E.: *Mercado Livre de Energia*. 2021. – URL <<https://www.mercadolivreenergia.com.br/consumidores-livres-e-especiais/mercado-spot-livre-e-especiais/>>

TARIFAS, ANEEL: *A tarifa de energia elétrica*. 2016. – URL <<http://aneel.gov.br/tarifas>>

WILHER, VITOR: *Consumo de Energia e Crescimento do PIB*. 2020. – URL <<https://analisemacro.com.br/economia/macroeconomia/consumo-de-energia-e-crescimento-do-pib/>>