



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO  
ESCOLA DE MINAS  
COLEGIADO DO CURSO DE ENGENHARIA DE  
CONTROLE E AUTOMAÇÃO - CECAU**



**ANDERSON MARANHÃO MORAIS**

**DESENVOLVIMENTO DE UMA INTERFACE GRÁFICA DO  
USUÁRIO PARA ANÁLISE DOS EFEITOS DA GERAÇÃO  
FOTOVOLTAICA NAS REDES DE DISTRIBUIÇÃO DE  
ENERGIA ELÉTRICA**

**MONOGRAFIA DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE CONTROLE E  
AUTOMAÇÃO**

**Ouro Preto, 2021**

**ANDERSON MARANHÃO MORAIS**

**DESENVOLVIMENTO DE UMA INTERFACE GRÁFICA DO  
USUÁRIO PARA ANÁLISE DOS EFEITOS DA GERAÇÃO  
FOTOVOLTAICA NAS REDES DE DISTRIBUIÇÃO DE  
ENERGIA ELÉTRICA**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Controle e Automação da Universidade Federal de Ouro Preto como parte dos requisitos para a obtenção do Grau de Engenheiro de Controle e Automação.

Orientador: Prof. Dr. Bruno Randazzo Baroni

Ouro Preto  
Escola de Minas – UFOP  
Outubro/2021

## SISBIN - SISTEMA DE BIBLIOTECAS E INFORMAÇÃO

M827d Morais, Anderson Maranhão.

Desenvolvimento de uma interface gráfica do usuário para análise dos efeitos da geração fotovoltaica nas redes de distribuição de energia elétrica. [manuscrito] / Anderson Maranhão Morais. - 2021.

38 f.: il.: color., tab..

Orientador: Prof. Dr. Bruno Randazzo Baroni.

Monografia (Bacharelado). Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Minas. Graduação em Engenharia de Controle e Automação .

1. Interface gráfica com o usuário (Sistemas de computação) . 2. Geração distribuída de energia elétrica. 3. Aplicativos móveis - App Designer. 4. Energia elétrica - Alimentadores de distribuição. I. Baroni, Bruno Randazzo. II. Universidade Federal de Ouro Preto. III. Título.

CDU 681.5:621.3

Bibliotecário(a) Responsável: Sione Galvão Rodrigues - CRB6 / 2526



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO  
REITORIA  
ESCOLA DE MINAS  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CONTROLE E AUTOMACAO

**FOLHA DE APROVAÇÃO**

Anderson Maranhão Morais

Desenvolvimento de uma Interface Gráfica do Usuário para Análise dos Efeitos da Geração Fotovoltaica nas Redes de Distribuição de Energia Elétrica

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Controle e Automação da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em engenharia de controle e automação

Aprovada em 15 de outubro de 2021

## Membros da banca

Dr. Bruno Randazzo Baroni – Orientador (Universidade Federal de Ouro Preto)

Dra. Adrielle de Carvalho Santana – (Universidade Federal de Ouro Preto)

Dra. Wadaed Uturbey da Costa – (Universidade Federal de Minas Gerais)

Bruno Randazzo Baroni, orientador do trabalho, aprovou a versão final e autorizou seu depósito na Biblioteca Digital de Trabalhos de Conclusão de Curso da UFOP em 03/12/2021



Documento assinado eletronicamente por **Bruno Randazzo Baroni**, **PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 03/12/2021, às 11:53, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [http://sei.ufop.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](http://sei.ufop.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **0253662** e o código CRC **DE7945C7**.

Referência: Caso responda este documento, indicar expressamente o Processo nº 23109.010812/2021-93

SEI nº 0253662

R. Diogo de Vasconcelos, 122, - Bairro Pilar Ouro Preto/MG, CEP 35400-000  
Telefone: 3135591533 - www.ufop.br

## **AGRADECIMENTOS**

Em primeiro lugar gostaria de agradecer aos meus pais, Sérgio e Cristina e ao meu irmão Talisson por todo amor, carinho, paciência, por acreditarem e fornecerem todo suporte para chegar até aqui.

Agradeço à minha namorada, Sara Luiza, por todos os conselhos e o apoio incondicional.

Aos amigos de Ouro Preto e em especial aos do período 14.2 e 15.2, por todos os momentos que vivemos juntos.

Às repúblicas Eclipse, Kasa Cheia, Damas de Ouro, Sussego, Flor de Liz pela amizade e curriolas.

À minha casa em OP, república Maternidade, e todos os bebês que fizeram esses mais de 5 anos inesquecíveis.

Agradeço aos servidores e amigos da PROF e PROPPI por toda amizade, momentos e conhecimento de vida que adquiri com vocês.

Por fim agradeço a Universidade Federal de Ouro Preto, Fundação Gorceix e a gloriosa Escola de Minas, principalmente ao meu orientador Bruno Baroni, por oferecerem todo o conhecimento nessa trajetória

## RESUMO

No cotidiano percebe-se uma enorme quantidade de informações que são geradas e exibidas diariamente para os usuários de um dado sistema. O modo como essa interação ocorre vai definir quais usuários serão capazes de adquirir os dados úteis de forma adequada, assim, há uma necessidade cada vez maior de criar interfaces gráficas adequadas para a sua finalidade. Este trabalho tem a intenção de oferecer para todos os usuários a possibilidade de analisar dados obtidos por meio de simulações computacionais que avaliam os efeitos da Geração Distribuída Fotovoltaica nas redes de distribuição de energia elétrica. A plataforma é concebida de tal forma que o usuário não necessita ter conhecimento da interface desenvolvida. A interface gráfica produzida neste trabalho é criada por meio do software Matrix Laboratory (MATLAB), na ferramenta App Designer. Apenas escolhendo alguns atributos básicos, o usuário está apto a gerar gráficos das grandezas, como o carregamento médio, a vida útil e o envelhecimento dos transformadores, a temperatura ambiente e as perdas de energia, de forma a facilitar o entendimento e demonstrar os efeitos da Geração Distribuída Fotovoltaica nas redes de distribuição. A interação entre o usuário e o sistema se dá de forma simples e objetiva, sempre visando uma maior facilidade ao usuário e qualidade nos dados e na forma em que são exibidos. O usuário precisa inserir três parâmetros para obter gráficos e demais dados referentes, principalmente, aos transformadores da rede de distribuição e analisar os efeitos que a geração fotovoltaica (FV) causou. Além disso, foi possível produzir um executável do aplicativo.

**Palavras-chaves:** Interface Gráfica do Usuário. Geração Distribuída Fotovoltaica. App Designer. Alimentadores de Distribuição.

## ABSTRACT

In everyday life, there is a huge amount of information that is generated daily for users of a given system. How this interaction takes place will define which users can appropriately acquire the useful data, so there is an ever-increasing need to create graphical interfaces for this purpose. This work intends to offer all users the possibility of analyzing the data through computational simulations that evaluate the effects of Distributed Photovoltaic Generation in electric energy distribution networks. The platform is designed in such a way that the user does not need to have knowledge of the developed program. The graphical interface used in this work is created using the Matrix Laboratory(MATLAB) software, in the App Designer tool. Just a few basic attributes, the user is able to generate graphs, such as average loading, lifespan and aging of transformers, ambient temperature and energy losses, in order to facilitate understanding and identify the effects of Distributed Photovoltaic Generation in distribution networks. The interaction between the user and the system takes place in a simple and objective way, always providing greater ease for the user and quality in the data and in the way it is transformed. The user needs to enter only three pieces of data to obtain graphs and other data referring, mainly, to the distribution network transformers and to analyze the effects that a photovoltaic generation caused. In addition, it was possible to produce an executable for the application.

**Key-words:** Graphical User Interface. Generation of Photovoltaic Energy. App Designer. Distribution Feeders.

## LISTAS DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Processo de comunicação entre usuário e o sistema.....	10
Figura 2 - Interface Gráfica do computador de 1984 da Apple.....	12
Figura 3 - Interface Gráfica do Windows 8.....	13
Figura 4 - estágios dos impactos da geração FV na rede elétrica.....	14
Figura 5 – Tela Inicial MATLAB.....	17
Figura 6 - Sistema modelado por apenas uma FDP.....	18
Figura 7 - Elementos de um <i>boxplot</i> .....	21
Figura 8 - Sobreposição gráfica de uma curva normal e um <i>boxplot</i> horizontal.....	21
Figura 9 - Matriz Elétrica Brasileira.....	23
Figura 10 - Potência Instalada das Gerações Fotovoltaicas .....	24
Figura 11 - Protótipo do layout 1 .....	27
Figura 12 - Protótipo do layout 2 .....	27
Figura 13 - Exemplo de “ <i>callbacks</i> ” quando alteramos o valor de um componente .....	28
Figura 14 - chamada quando pressionado o botão ‘Potência Média Alimentador - Dia Típico do Mês’ .....	28
Figura 15 - Parte de cima da interface.....	30
Figura 16 - Exemplo do Gráfico Vida Útil dos Transformadores.....	31
Figura 17 - comparação do carregamento médio do transformador entre os meses de janeiro e junho .....	32
Figura 18 - comparação do carregamento médio do transformador no mês de março por média e <i>boxplot</i> .....	32
Figura 19 - Exemplo do Gráfico de Temperatura Ambiente.....	33
Figura 20 - Destaque nas opções do MATLAB em salvar o gráfico .....	34
Figura 21 - Exemplo da imagem salva do gráfico (figura 20) utilizando as ferramentas do MATLAB .....	34



## **LISTAS DE TABELAS**

Tabela 1 - Componentes da biblioteca App Designer utilizadas .....	25
--	----

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ENIAC	Electronic Numerical Integrator and Computer
FDP	Função de Densidade de Probabilidade
FV	Fotovoltaica
GD	Geração Distribuída
GUI	Graphical User Interface
IEA	International Energy Agency
IHM	Interação Homem Máquina
IIQ	Intervalo Interquartílico
KW	Quilowatt
MATLAB	Matrix Laboratory
MMC	Método de Monte Carlo
MW	Megawatt
Q1	Primeiro Quartil
Q2	Segundo Quartil
Q3	Terceiro Quartil

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>10</b>
1.1	Contextualização .....	10
1.2	Objetivos gerais e específicos.....	11
1.3	Justificativa do trabalho.....	12
1.4	Estrutura do trabalho .....	15
<b>2</b>	<b>REVISÃO DA LITERATURA .....</b>	<b>16</b>
2.1	Matlab.....	16
2.2	Método de Monte Carlo.....	17
2.3	<i>Boxplot</i> .....	20
2.4	Geração Distribuída.....	22
<b>3</b>	<b>DESENVOLVIMENTO .....</b>	<b>25</b>
<b>4</b>	<b>RESULTADOS .....</b>	<b>30</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>35</b>
5.1	Trabalhos Futuros .....	35
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>36</b>

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 Contextualização

O acesso às novas tecnologias resulta em um maior poder para aquelas pessoas que as dominam. O desenvolvimento de sistemas computacionais, interfaces e aplicativos cada vez mais acessíveis se tornam tecnologias de rápida disseminação entre os indivíduos (ROCHA e BARANAUSKAS, 2003). A relação entre homem e máquina vem tendo um aprofundamento em seus estudos e pesquisas a fim de proporcionar interfaces mais interativas e completas, permitindo a qualquer usuário utilizá-lo de forma correta.

Segundo Prates e Barbosa (2003), a interação é o processo de comunicação entre pessoas e sistemas interativos; nesse processo acontece troca de turnos entre o usuário e o sistema: enquanto um é ouvinte o outro será o locutor. O estudo deste processo se dá na área da interação homem-máquina (IHM) visando principalmente a experiência do usuário quando se utiliza do sistema e a ação que o sistema o retorna. A interface é a parte do sistema com o qual o usuário utiliza e tem contato de fato. É a interface que vai englobar tanto os softwares quanto os hardwares (dispositivos de entrada e saída, tais como: teclados, mouse, tablets, monitores, impressoras e etc.). Considerando a interação como um processo de comunicação, a interface é vista como o sistema de comunicação utilizado neste processo. A figura 1 ilustra esse processo de comunicação entre homem e máquina.

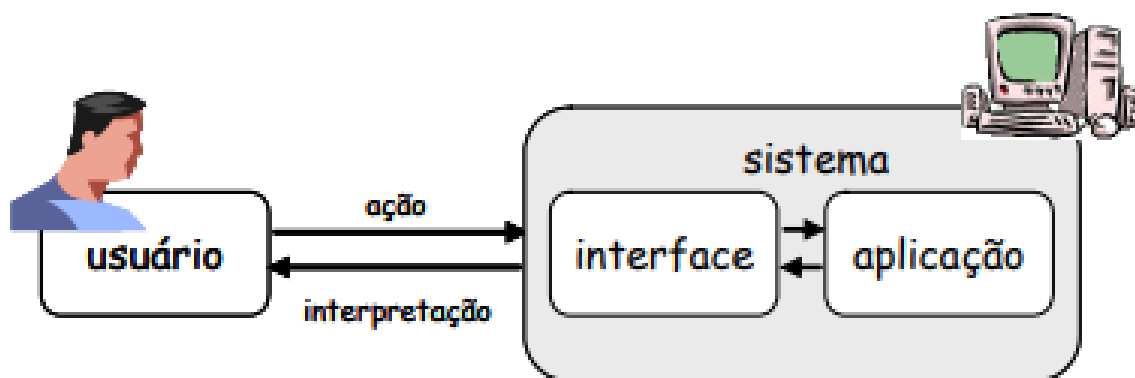


Figura 1 - Processo de comunicação entre usuário e o sistema  
Fonte: Prates e Barbosa (2003)

“A interface assume-se como uma fronteira entre o humano e o computador. Permite representar o comportamento de um sistema computacional interativo e proporciona ao utilizador os meios necessários para controlar ou operar esse mesmo sistema “(MEECH, 1999 apud PIAIRO, 2013). No atual contexto, a IHM identifica dois conceitos que devem ser priorizados no desenvolvimento de um sistema computacional interativo:

- Funcionalidade - conjunto de ações ou serviços disponibilizados aos utilizadores;
- Usabilidade - eficiência e adequabilidade na concretização de determinados objetivos por determinados utilizadores; alguns fatores típicos envolvidos no conceito de usabilidade são: facilidade de aprendizado, facilidade de uso, eficiência de uso e produtividade, satisfação do usuário, flexibilidade, utilidade e segurança no uso.

## **1.2 Objetivos gerais e específicos**

O objetivo principal deste trabalho é o desenvolvimento de uma interface gráfica utilizando o software MATLAB que permita ao usuário analisar dados e criar gráficos acerca da geração fotovoltaica em redes típicas de distribuição de energia, sem a necessidade de elaborar códigos em determinada linguagem de programação. O usuário não precisará ter um conhecimento sobre o software empregado neste trabalho, tampouco do programa que foi elaborado para realizar as simulações e gerar o banco de dados, simplificando a visualização dos dados.

Os objetivos específicos são:

- Fazer a leitura dos dados contidos em arquivos ou banco de dados;
- Desenvolver uma interface gráfica para consulta dos dados relevantes de forma simples;
- Criar um executável da interface que poderá ser acessada por usuários que não tenham a licença do software.

### 1.3 Justificativa do trabalho

As atuais interfaces são denominadas *Graphical User Interface* (GUI), pois a interação é feita através de elementos gráficos. Conforme Nascimento (2019); em 1974, com o surgimento da “*Smalltalk*”, uma linguagem de programação orientada a objeto, as GUIs começam a ganhar aspectos mais modernos como surgimento das janelas, que possuíam bordas, barras de títulos que permitiam a identificação e seu reposicionamento e a criação dos ícones e do menu de tarefas. Após 10 anos a Apple dá um importante passo na história da GUI: sua equipe de desenvolvedores trabalhou em uma interface baseada em ícones, que indicavam um documento ou uma aplicação. Além de criarem a primeira barra de menu desdobrável (*pull-down*), que hospedava todos os menus logo nas primeiras linhas da tela. Na figura 2 observamos um exemplo da GUI nos computadores da Apple em 1984.

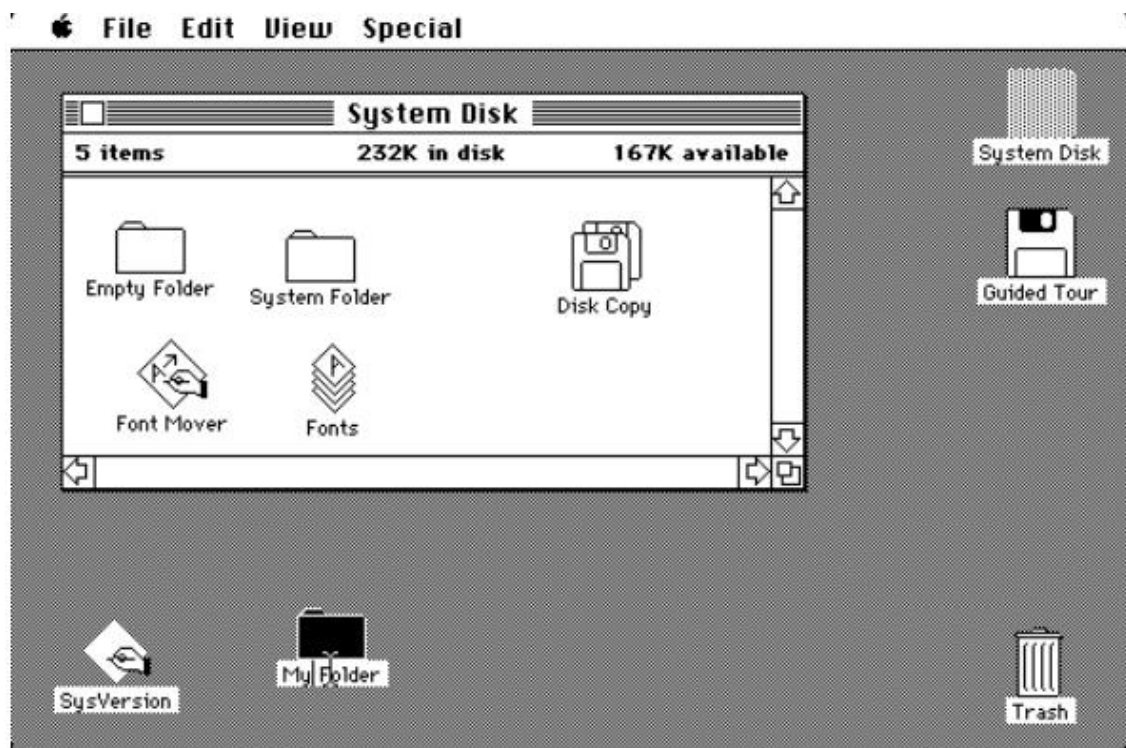


Figura 2 - Interface Gráfica do computador de 1984 da Apple  
Fonte: Nascimento (2019)

Atualmente, temos um novo conceito criado pela Microsoft com cores vibrantes, ícones simples e elementares, aumento da opacidade e suavização dos objetos, como podemos observar na figura 3. Este conceito é utilizado no Windows 8 e traz leveza e simplicidade para a interface tornando-a mais intuitiva.

Os aplicativos com interfaces gráficas são complexos no seu desenvolvimento, pois envolvem linguagens de programação mais avançadas e de difícil manutenção do código que gera a interface – o código deve ser escrito de forma que futuras manutenções e atualizações sejam facilmente implementadas. O desenvolvedor deve ter em mente que a interface a ser produzida vai orientar, interagir e auxiliar o usuário durante a utilização do aplicativo/sistema, portanto, é necessário antecipar quais serão as necessidades do usuário para garantir a facilidade de seu uso (NASCIMENTO, 2019).



Figura 3 - Interface Gráfica do Windows 8  
Fonte: Nascimento (2019)

Este trabalho busca estudar e desenvolver uma interface simples e objetiva para o usuário, onde ele possa buscar informações e dados relativos aos efeitos da geração de energia fotovoltaica nas redes de distribuição de energia elétrica. Com o aumento da quantidade de instalações de sistemas fotovoltaicos no Brasil surge a necessidade de estudar os seus efeitos no sistema elétrico, em particular para o melhor aproveitamento dos componentes empregados no sistema elétrico brasileiro. Atualmente há mais de 500 mil sistemas instalados, que no conjunto representam cerca de 3,3% da matriz elétrica brasileira e contam com um crescimento de 6300% na potência instalada nos últimos 5 anos, conforme a ABSOLAR(2021).

Alguns estudos internacionais já investigam os impactos causados pela geração FV. Segundo Stetz, Rekinge e Theologitis (2014), temos três diferentes estágios relacionados aos impactos da geração FV na rede elétrica à medida que aumentamos a participação da geração

FV na matriz elétrica. Conforme vemos na figura 4, no estágio 1 temos baixa penetração da geração FV em algumas redes de distribuição, então o consumo local excede a geração local e as redes de distribuição são unidirecionais – os impactos nesse estágio são algumas sobrecargas e sobretensões nas redes de distribuição. No estágio 2 teremos alta penetração da geração FV em algumas redes de distribuição e a geração local vai exceder o consumo local e as redes de distribuição se tornam bidirecionais - os impactos nesse estágio são sobrecargas e sobretensões significantes nas redes de distribuição e um possível aumento na energia reativa da rede. No estágio 3 vamos ter alta penetração da geração FV em muitas redes de distribuição e a geração FV será a principal fonte de eletricidade – temos os mesmos impactos do estágio 2 além de problemas na frequência e na estabilidade da tensão, os impactos são observados nas redes de distribuição e nas redes de transmissão.

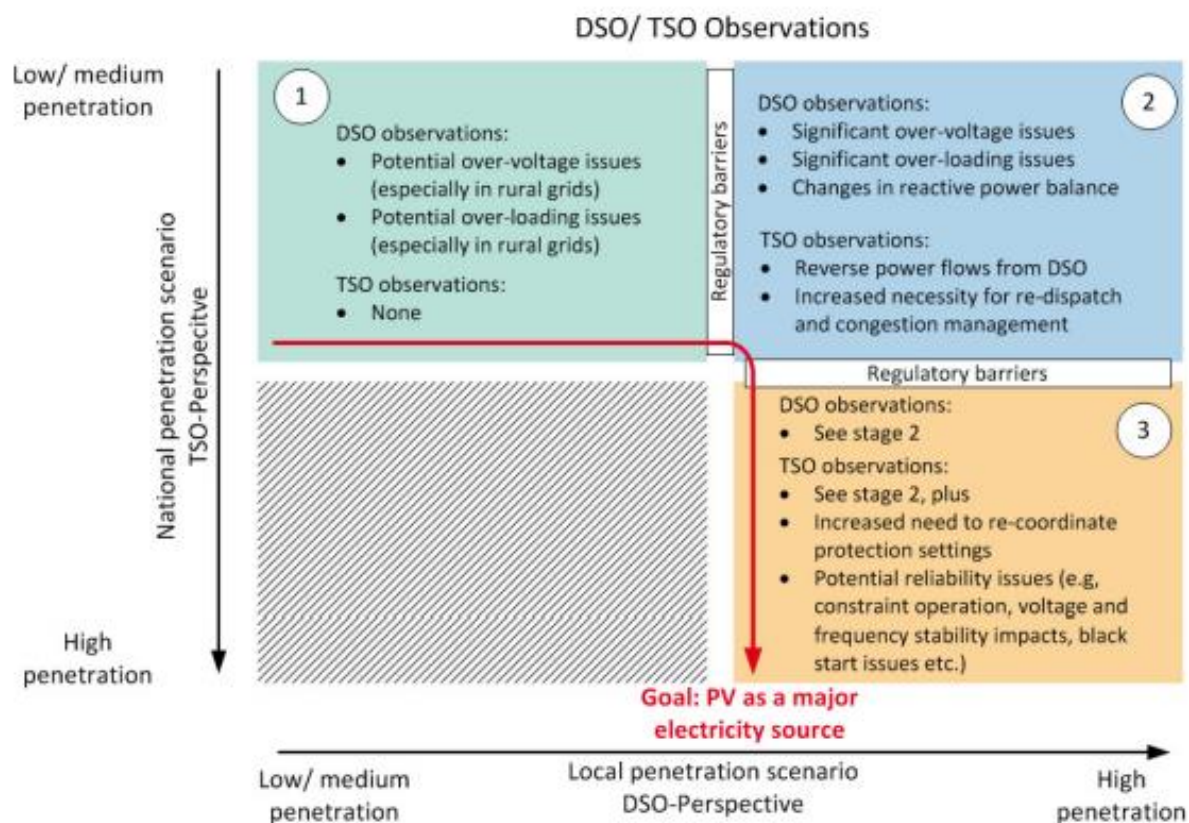


Figura 4 - estágios dos impactos da geração FV na rede elétrica  
 Fonte: Stetz, Rekening e Theologitis (2014)

Portanto, se torna necessário uma avaliação criteriosa dos impactos da geração distribuída no sistema elétrico brasileiro considerando vários níveis de penetração, dado o aumento exponencial da potência instalada das GD's e os impactos que foram observados em outros países em decorrência das instalações de sistemas FV.



## 1.4 Estrutura do trabalho

Este trabalho está estruturado da seguinte maneira:

O capítulo 1 inclui uma introdução e o estado da arte do assunto abordado neste trabalho, seus objetivos, a justificativa de fazer tal estudo, e a estrutura desse trabalho.

O capítulo 2 contém a revisão de conceitos necessários para o entendimento do estudo realizado neste trabalho, tais como: geração distribuída, Método de Monte Carlo, *boxplot* dentre outros.

No capítulo 3 é detalhado a abordagem e técnicas que foram utilizadas para o desenvolvimento da interface.

O capítulo 4 é composto pelos resultados adquiridos conforme a técnica utilizada.

No capítulo 5, da conclusão, apresenta-se os desfechos sobre o trabalho e sugestões para futuros trabalhos.

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

A base de dados utilizada no desenvolvimento desta interface e/ou aplicativo é proveniente do trabalho realizado em Baroni (2020) e foi produzida no MATLAB, por isso o software foi escolhido para desenvolver a interface deste trabalho. Nessa base de dados, diferentes níveis de penetração da geração fotovoltaica são considerados por meio de um fluxo de carga probabilístico usando o Método de Simulação de Monte Carlo. Aleatoriedade da carga, irradiação solar, localização dos sistemas fotovoltaicos e temperatura ambiente são modelados (BARONI e UTURBEY, 2021). Portanto, será feita a revisão de alguns tópicos relacionados a base de dados, como *boxplot* e o método de monte carlo, do software MATLAB e da GD.

### 2.1 Matlab

O MATLAB (do inglês, *Matrix Laboratory*) é um software bastante interativo com o usuário que realiza cálculos numéricos, gera gráficos e outras formas de visualizar dados com um ambiente de programação de alto desempenho. “Ele nasceu como um programa para operações matemáticas sobre matrizes, mas ao longo dos anos transformou-se em um sistema computacional bastante útil e flexível” (BECKER et al., 2010, p.4).

No ambiente de trabalho do MATLAB, o usuário não se preocupa com itens como declaração de variáveis, alocação de memória, utilização de ponteiros e outras tarefas de rotina; os problemas e soluções são escritos em linguagem matemática e não em uma linguagem de programação como nos programas em C, Fortran, Python, dentre outros, e seu elemento básico de informação é uma matriz que não requer dimensionamento. Entretanto, se comparada às linguagens tradicionais - quando as rotinas e funções da biblioteca são muito complexas e/ou extensas, sua performance será consideravelmente menor (PORTUGAL). O MATLAB também apresenta bibliotecas auxiliares e funções já implementadas que facilitam a programação do usuário e otimizam o tempo pois as funções já estão definidas. Uma desvantagem do software é que seus programas dificilmente são executados fora do ambiente MATLAB. A seguir temos a tela inicial do software como mostra a figura 5.

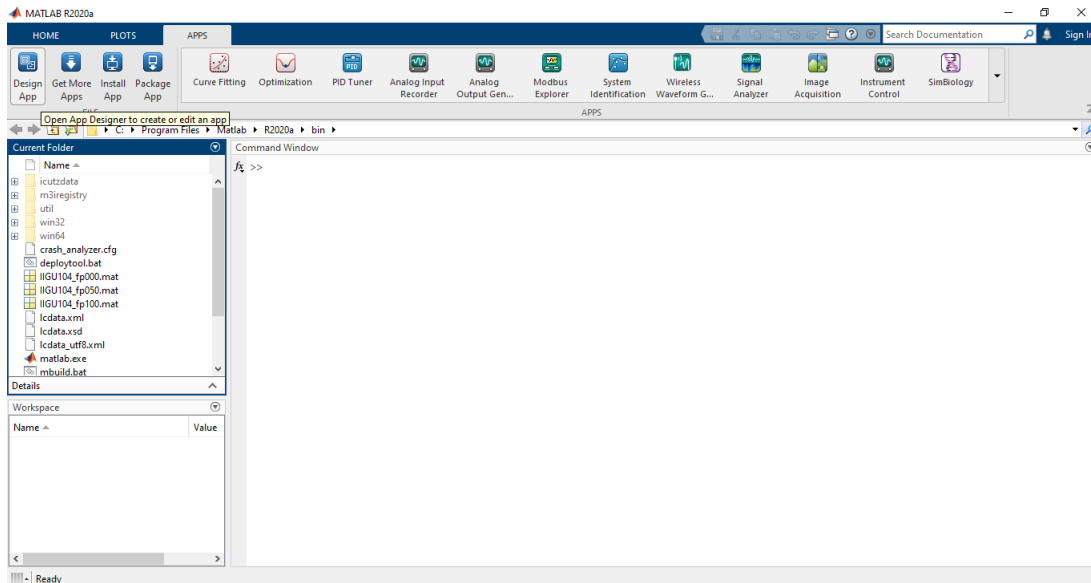


Figura 5 – Tela Inicial MATLAB  
Fonte: do próprio autor

## 2.2 Método de Monte Carlo

Atualmente, o Método de Monte Carlo (MMC), é descrito basicamente como um método de simulação estatístico que utiliza uma quantidade razoável de amostragens aleatórias que permitem chegar a resultados bem próximos dos reais de um determinado problema físico ou matemático. “Ele permite, portanto, que se façam testes com variáveis aleatórias um número suficientemente grande de vezes para obter com mais precisão a chance de algum resultado específico acontecer.” (OLIVEIRA, 2018, p.3).

“Em 1946 o matemático Stanislaw Ulam durante um jogo de paciência tentou calcular as probabilidades de sucesso de uma determinada jogada utilizando a tradicional análise combinatória.

Após gastar bastante tempo fazendo cálculos percebeu que uma alternativa mais prática seria simplesmente realizar inúmeras jogadas, por exemplo, cem ou mil, e contar quantas vezes cada resultado ocorria.

Ulam sabia que técnicas de amostragem estatística, como esta, não eram muito usadas por envolverem cálculos extremamente demorados, tediosos e sujeitos a erros. Entretanto, nessa época, ficara pronto o primeiro computador eletrônico, desenvolvido durante a segunda guerra mundial, o ENIAC; antes dele eram usados dispositivos mecânicos para fazer cálculos. A versatilidade e rapidez do ENIAC, sem precedentes para a época, impressionaram Ulam, que sugeriu o uso de métodos de amostragem estatística para solucionar o problema da difusão de nêutrons em material sujeito a fissão nuclear, difundindo assim sua aplicação.

Posteriormente, esse método ficou conhecido como Método de Monte Carlo, nome inspirado em um tio de Ulam, que jogava constantemente no

famoso cassino de Monte Carlo, cujo aspecto aleatório de suas roletas também está intimamente ligado ao método.

O Método de Monte Carlo foi formalizado em 1949, por meio do artigo intitulado “Monte Carlo Method”, publicado por John Von Neumann e Stanislaw Ulam.” (NASSER,2012).

Como dito por Nasser (2012) e por Oliveira (2018), o MMC é utilizado rotineiramente em muitos campos do conhecimento que vão desde simulação de complexos fenômenos físicos a econômicos. Alguns exemplos de aplicação deste método, em diferentes áreas, são:

- Atuária: tábua de expectativa de vida, casamento de passivos/ativos, etc.;
- Sistemas de energia: geração distribuída, carga dos consumidores, etc.;
- Finanças: séries macroeconômicas, opções futuras, hedge, etc.;
- Computação gráfica: redução de artefatos, espalhamento, etc.;
- Gestão: análise de riscos, projeções, etc.;
- Geologia: caracterização de reservatórios;
- Análise de Projetos: opções reais;
- Jogos: geração de redes (grafos).

No MMC, caso o sistema seja descrito pelas equações diferenciais, é desnecessário que escreva tais equações. Sua base se dá na utilização das funções de densidade de probabilidade (FDP) para descrever os sistemas, conforme a figura 6. Quando determinadas as distribuições, o Método de Simulação de Monte Carlo deve seguir fazendo as amostragens aleatórias a partir destas distribuições. As simulações são repetidas  $n$  vezes e o resultado final será obtido por meio de técnicas estatísticas (média, desvio padrão, etc.), como afirma Nasser (2012).

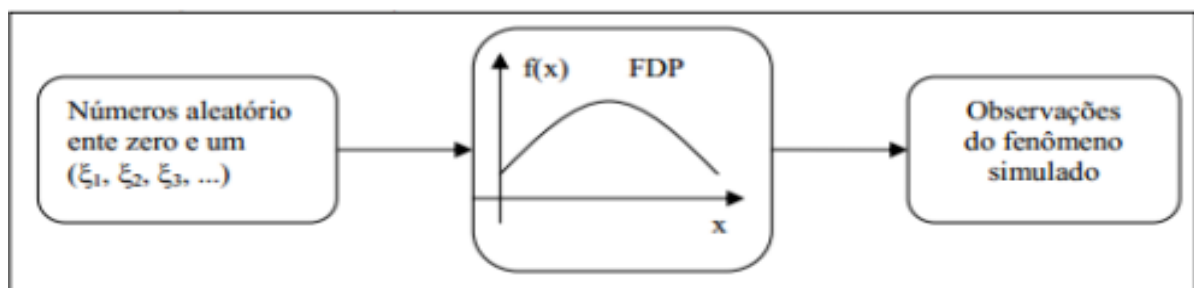


Figura 6 - Sistema modelado por apenas uma FDP  
Fonte: Nasser (2012)

Conforme Carvalho (2017), a base do Método Monte Carlo é a utilização de funções de probabilidade obtidas a partir da teoria apropriada. Assim, para fazer a simulação pelo MMC, têm-se os principais componentes de uma simulação que são:

A. Função densidade de probabilidade - modelo matemático em questão:

“A função densidade de probabilidade, dada por  $p(x)$ , é uma medida da probabilidade de observar  $x$ , tal que:

- $p(x) \geq 0$ , desde que probabilidades negativas não tenham sentido;
- $p(x)$  é normalizado no domínio de  $x$ ” (YORIYAZ, 2009). Como na fórmula abaixo:

$$\int_{x_{min}}^{x_{max}} p(x) dx = 1 \quad (1)$$

B. Um Gerador de números aleatórios:

Geradores de números aleatórios são baseados em algoritmos matemáticos que geram números, cujas ocorrências obedecem a uma aleatoriedade, e que simulam a verdadeira aleatoriedade encontrada na natureza. Neste sentido, os números gerados por estes algoritmos são formalmente chamados de números pseudoaleatórios. (YORIYAZ, 2009);

C. Amostragem dos dados a serem utilizados no Método de Monte Carlo;

D. Contagem dos dados: os resultados de interesse são armazenados;

E. Estimativa de erro: uma estimativa de erro estatístico como função do número de testes pode ser avaliada;

F. Paralelismo e vetorização: algoritmos que permitem que o método Monte Carlo seja implementado com mais eficiência e rapidez podem ser avaliados.

O sucesso nos resultados pela simulação através do Método Monte Carlo dependerá de alguns fatores, tais como (CARVALHO, 2017):

1. o modelo matemático escolhido tem que ser adequado para o problema;
2. um bom gerador de números pseudoaleatórios;
3. as variáveis de entrada com boa caracterização;

4. quantidade de simulações feitas para a análise final;
5. um intervalo de abrangência com o máximo de confiança.

O MMC fornece uma solução aproximada e, portanto, temos um erro de aproximação ou erro de Monte Carlo que é calculado de forma explícita. Este erro diminui conforme aumentamos o tamanho da amostra e do número de simulações, por isso, quando o MMC é aplicado em problemas reais pode-se precisar de um grande esforço computacional para alcançar um erro satisfatório. Na prática, faz-se um número definido de simulações que ofereça um erro que seja pequeno utilizando toda a infraestrutura computacional disponível de forma adequada dentro de um tempo razoável.

### 2.3 *Boxplot*

O *boxplot* é uma ferramenta de análise estatística comumente aplicada para sintetizar e examinar dados quantitativos, principalmente quando tais dados não seguem uma distribuição de probabilidade conhecida, como afirma Azevedo (2019). O gráfico gerado pelo *boxplot* permite analisar a dispersão (quartis), simetria, valores atípicos (*outliers*), extremos e a mediana de um conjunto de dados.

O nome vem do fato de que a metade central de um conjunto de dados é representada pela região entre as partes de cima e de baixo de uma caixa (retângulo). Assim, a parte superior do quadro (se o software exibir o quadro verticalmente, já que alguns exibem o quadro horizontalmente) é o 75º percentil (equivalente ao terceiro quartil,  $Q_3$ ), e a parte inferior do quadro é o 25º percentil (o primeiro quartil,  $Q_1$ ). Uma linha horizontal é desenhada no 50º percentil (equivalente a mediana ou ao segundo quartil,  $Q_2$ ) (RYAN, 2011 apud AZEVEDO, 2019).

A figura 7 ilustra um típico gráfico *boxplot* onde vemos as estruturas básicas de um *boxplot*: caixa, mediana, haste, *outliers*. No qual a linha central da caixa representa a mediana do conjunto de dados, a dimensão da caixa será o intervalo interquartil (IIQ) que é igual a diferença entre  $Q_3$  e  $Q_1$  ( $Q_3 - Q_1$ ), a linha de contorno inferior da caixa é delimitada pelo 1º quartil e a linha de contorno superior pelo 3º quartil. As hastes em forma de “T” são delimitadas da seguinte forma:

- limite da haste inferior =  $Q_1 - 1,5 * IIQ$ ;
- limite da haste superior =  $Q_3 + 1,5 * IIQ$ ;

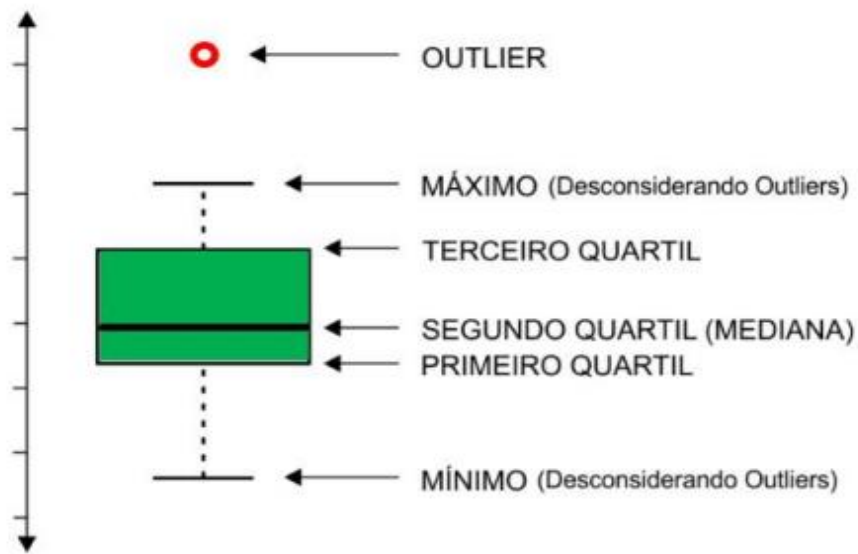


Figura 7 - Elementos de um *boxplot*  
 Fonte: Yoriyaz (2009)

Na figura 8, observamos a comparação de uma distribuição normal com o *boxplot*.

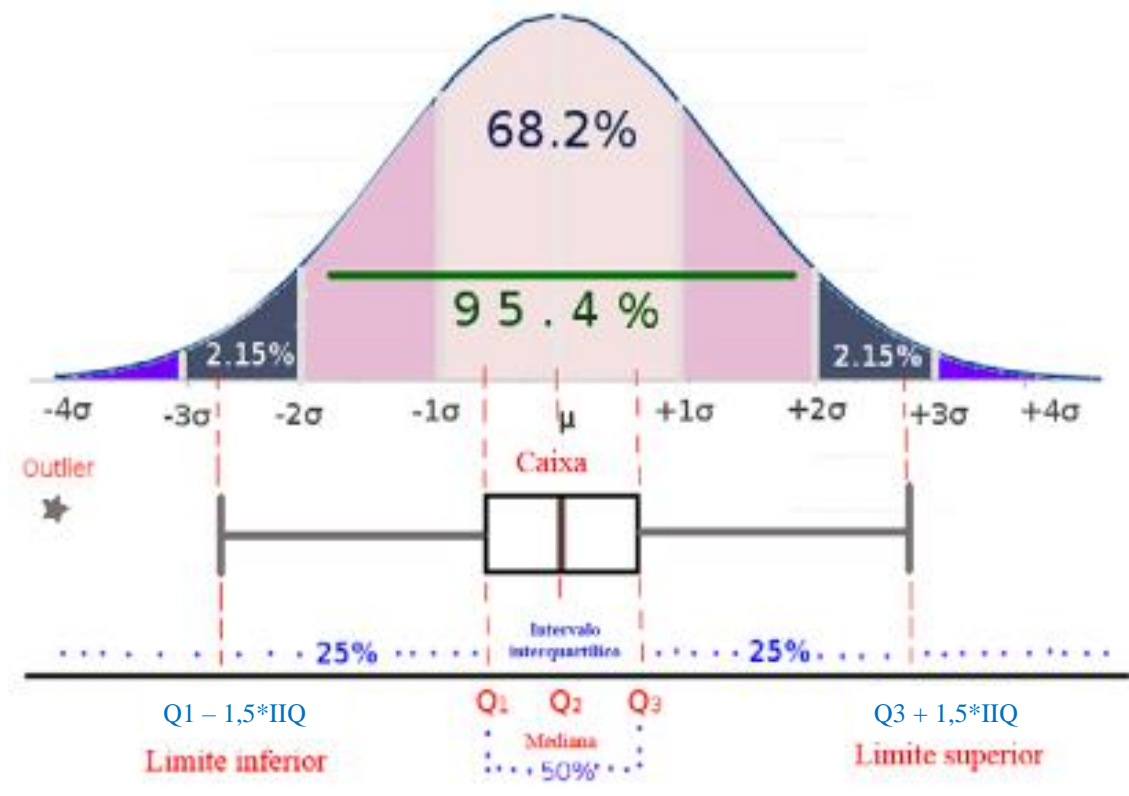


Figura 8 - Sobreposição gráfica de uma curva normal e um *boxplot* horizontal.  
 Fonte: Adaptado de Neto (2017)

Os *outliers* são valores que ultrapassam o limite das hastes, ou seja, são valores extremamente altos ou extremamente baixos (valores atípicos) que distorcem os valores da tendência central e de dispersão. Podem ser a indicação de dados incorretos ou dados que merecem uma atenção especial. “Dependendo do objetivo pode ser que justamente os *outliers* sejam os pontos de interesse da análise” (CAPELA e CAPELA, 2011, p.362).

“Devore (2011) separa os *outliers* em extremos e moderados. Qualquer valor distante mais do que 1,5 I.I.Q. e menor que 3 I.I.Q. do quarto mais próximo é considerado um *outlier* moderado e, qualquer valor distante mais do que 3 I.I.Q. é considerado um *outlier* extremo” (DEVORE, 2011 apud AZEVEDO, 2019).

Logo, o *boxplot* é um método visual com recursos para detecção de tendências e substituição de tabelas em casos específicos. Quando bem indicado, contribui na melhora da interpretação de dados, detecta *outliers* e compara grupos amostrais, como diz Neto (2017).

## 2.4 Geração Distribuída

O Sistema Elétrico no Brasil pode ser dividido em três partes: sistema de geração da energia, sistema de transmissão e sistema de distribuição. A matriz elétrica brasileira em sua maioria é composta pelas usinas hidrelétricas como mostra a figura 9, que utilizam da geração centralizada onde temos poucas usinas gerando energia e distribuindo para todo o território nacional.

Na geração distribuída (GD) a energia elétrica é gerada próximo ao consumidor e fornecida a ele sendo possível não se utilizar dos sistemas de transmissão, de modo que as GDs possam ser aplicadas na forma isolada ou de forma integrada ao sistema elétrico (ON-GRID), fornecendo energia para o sistema de distribuição.



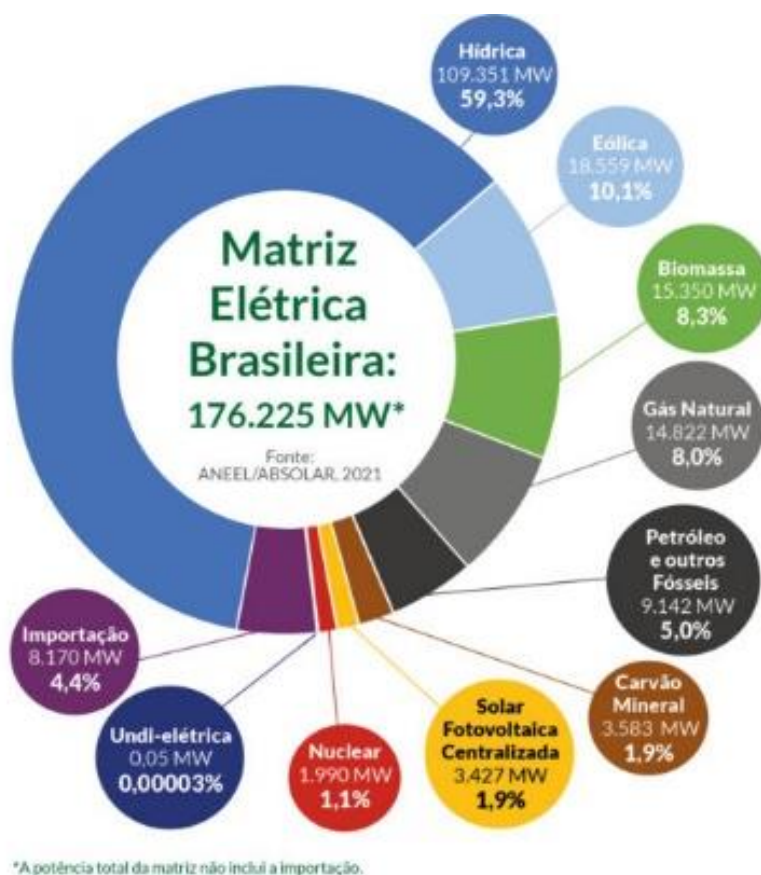


Figura 9 - Matriz Elétrica Brasileira  
Fonte: ABSOLAR (2021)

Sistemas fotovoltaicos são sistemas que transformam a energia solar em energia elétrica, por meio das células fotovoltaicas, e após passar por controladores e conversores poderá ser injetada no sistema elétrico ou armazenada.

A Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) regulamenta no Brasil a micro e minigeração distribuída, no qual o consumidor pode gerar sua própria energia e fornecer o excedente para o sistema de distribuição adquirindo créditos de energia, que posteriormente são usados para abater parte do valor pago a concessionária de energia local. A agência classifica a central geradora com potência instalada até 75 quilowatts (kW) como microgeração e minigeração distribuída aquela com potência acima de 75 kW e menor ou igual a 5 MW, conforme a sua resolução normativa nº 482/2012.

Segundo a Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica (ABSOLAR), já são mais de 520 mil sistemas fotovoltaicos conectados ao sistema de distribuição. A geração distribuída fotovoltaica atualmente representa 96,7% da potência instalada na microgeração e minigeração sendo o estado de Minas Gerais líder no ranking estadual. A potência instalada da

GD fotovoltaica em junho de 2021 foi de 6024 MW, representando cerca de 3,3% da matriz elétrica brasileira. Na figura 10 observamos a evolução da geração FV no Brasil desde 2012.

## Evolução da Fonte Solar Fotovoltaica no Brasil

Fonte: ANEEL/ABSOLAR, 2021.

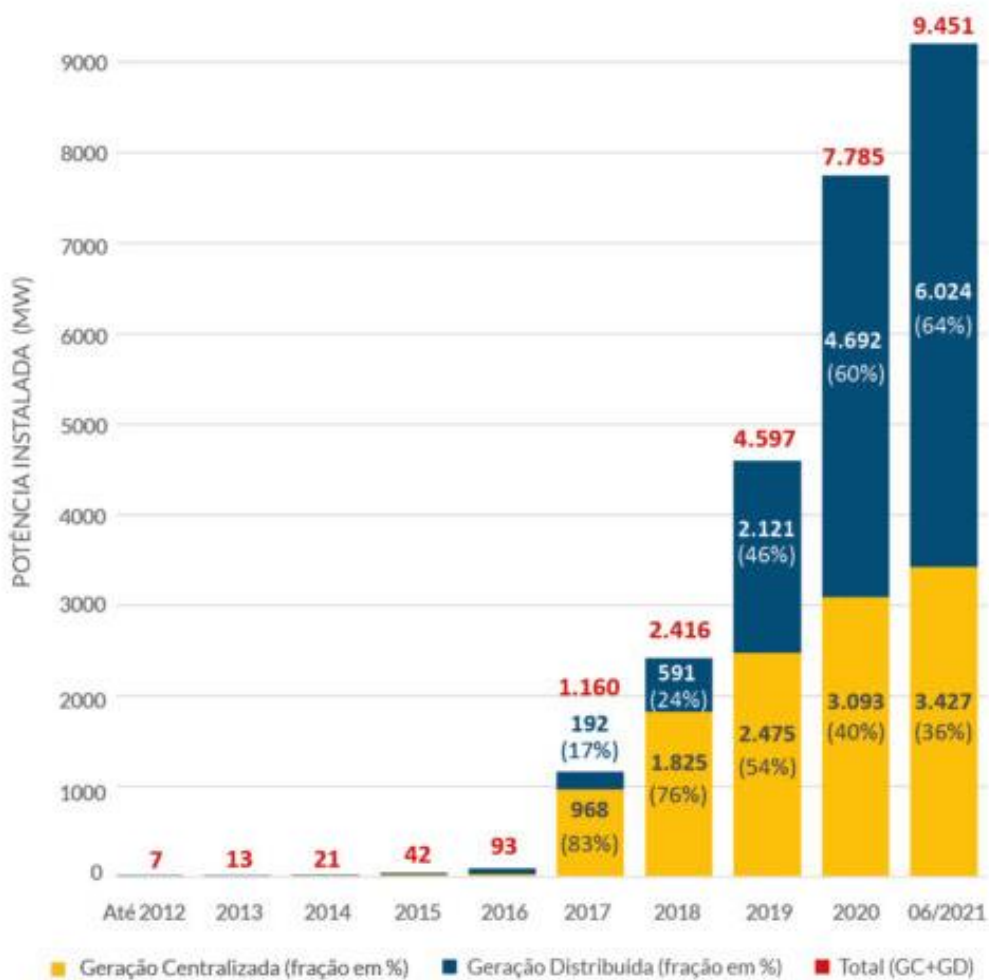


Figura 10 - Potência Instalada das Gerações Fotovoltaicas  
Fonte: ABSOLAR (2021)

### 3 DESENVOLVIMENTO

A interface gráfica foi desenvolvida no software MATLAB – versão R2020a através da ferramenta App Designer, que pode ser dividida em duas partes: layout da interface e código da interface.

No layout da interface é onde arrastamos os componentes da biblioteca do App Designer para a tela da interface e posicionamos da forma mais adequada. Neste trabalho usamos os seguintes componentes:

Componentes	Descrição
<i>Button</i>	Componente que responde quando o usuário o pressiona e solta.
<i>Drop Down</i>	Fornece uma lista de opções para o usuário selecionar
<i>Edit Field</i>	Usado para inserção de texto, pode estar habilitado ou não para o usuário modificar
<i>Image</i>	Permite exibir uma imagem, como um ícone ou logotipo no aplicativo
<i>Label</i>	contêm um texto estático para rotular partes do aplicativo
<i>Panel</i>	São usados para agrupar os componentes no aplicativo

Tabela 1 - Componentes da biblioteca App Designer utilizadas  
Fonte: do próprio autor

Foram criados alguns protótipos do layout, como mostra as figuras 11 e 12, e escolhido o protótipo que melhor se adequa à proposta da interface, ilustrado na figura 11.

As escolhas dos dados que são exibidos, os gráficos e os campos que podem ser editados pelo usuário foram definidos a partir de uma análise prévia de quais seriam as informações mais relevantes para o usuário.

No layout escolhido para a interface temos os seguintes botões e sua respectiva funcionalidade:

- Vida Útil dos Transformadores: exibe a vida útil de cada transformador

#### Seção Gráficos - Média

- Potência Média Alimentador – Dia Típico do Mês: fornece a potência média diária do alimentador no mês selecionado ao longo de 24 horas.

- Potência Média Alimentador – Dia Típico do Ano: fornece a potência média diária no ano do alimentador ao longo de 24 horas.
- Número de sobrecorrentes: fornece a média do número de sobrecorrentes.
- Número de sobretensões: fornece a média do número de sobretensões.
- Carregamento Médio do Transformador em p.u. Mensal: exibe a média diária do carregamento do transformador no mês selecionado.
- Carregamento Médio do Transformador em p.u. Anual: exibe a média diária do carregamento do transformador no ano.
- Perdas de Energia Média – Dia Típico do Mês: exibe a média diária das perdas de energia no mês selecionado.

#### Seção Gráficos – Boxplot

- Potência Média Alimentador – Dia Típico do Mês: fornece o gráfico *boxplot* da potência diária do alimentador no mês selecionado, ao longo de 24 horas.
- Potência Média Alimentador – Dia Típico do Ano: fornece o gráfico *boxplot* da potência diária no ano do alimentador, ao longo de 24 horas.
- Envelhecimento Trafos - Dia Típico de cada Mês: fornece o gráfico *boxplot* do envelhecimento diário, em cada mês do ano, do transformador selecionado.
- Envelhecimento Trafos - Dia Típico do Mês: fornece o gráfico *boxplot* do envelhecimento diário, de todos os transformadores, no mês selecionado.
- Envelhecimento Trafos - Dia Típico do Ano: fornece o gráfico *boxplot* do envelhecimento diário, de todos os transformadores, no ano.
- Carregamento Médio do Transformador em p.u. Mensal: exibe o gráfico *boxplot* do carregamento diário do transformador no mês selecionado.
- Carregamento Médio do Transformador em p.u. Anual: exibe o gráfico *boxplot* do carregamento diário do transformador no ano.
- Perdas de Energia Média – Dia Típico do Mês: exibe o gráfico *boxplot* das perdas diárias de energia no mês selecionado.
- Irradiação: exibe o gráfico *boxplot* da irradiação solar.
- Temperatura Ambiente: exibe o gráfico *boxplot* da temperatura ambiente.

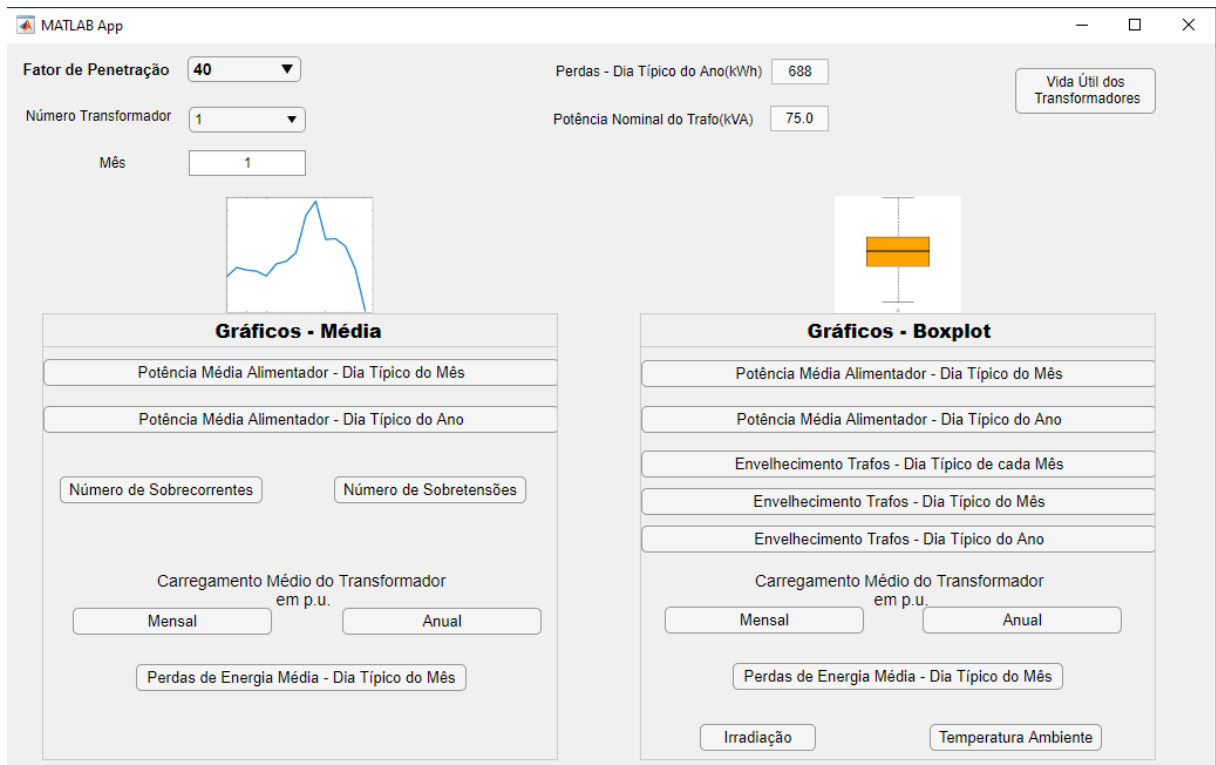


Figura 11 - Protótipo do layout 1  
 Fonte: do próprio autor

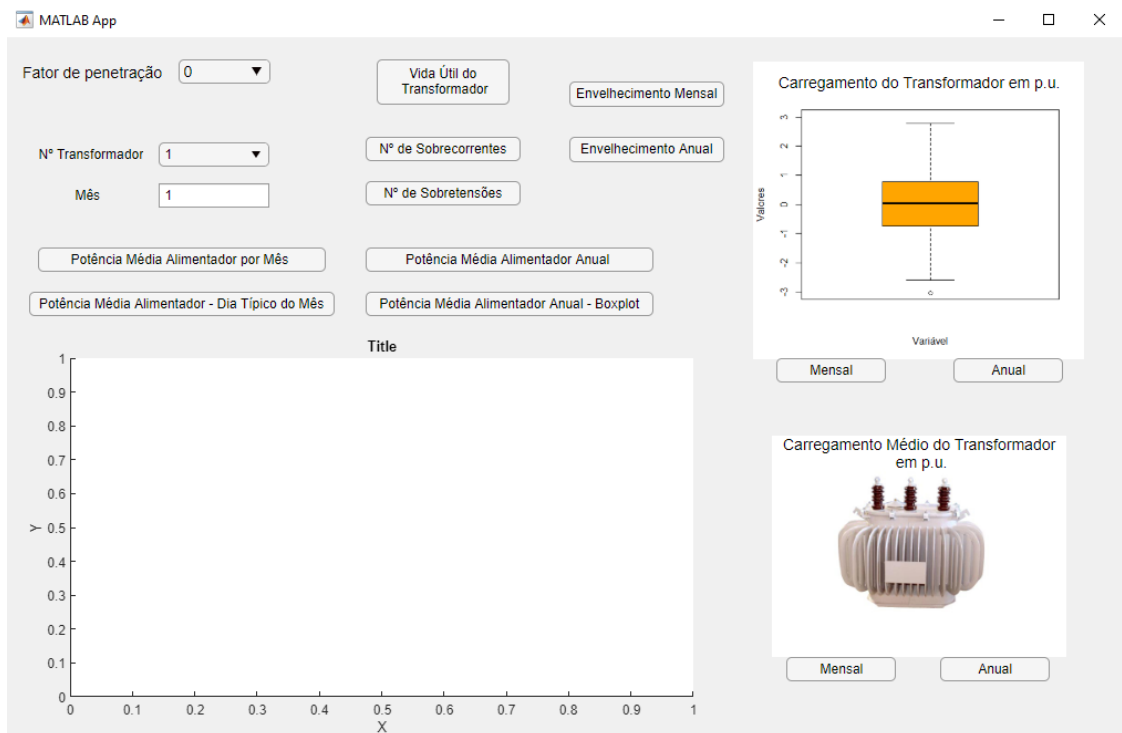


Figura 12 - Protótipo do layout 2  
 Fonte: do próprio autor

No código da interface foram produzidas as denominadas “*callbacks*”, chamadas quando um evento ocorre como, por exemplo, a geração de um gráfico quando se pressiona um botão. As criações ou alterações dos componentes no layout são automaticamente refletidas no código.

Para os componentes do tipo *Drop Down*, “Fator de Penetração” e “Número Transformador” temos “*callbacks*” quando alteramos o valor dessas componentes, conforme a mostra a figura 13;

```
% Value changed function: NmeroTransformadorDropDown
function NmeroTransformadorDropDownValueChanged(app, event)
    value = app.NmeroTransformadorDropDown.Value;
    app.x=value;
    app.PotenciaNominaldoTrafokVAEditField.Value = app.s.PotenciaNominalTrafo(str2double(app.x));
end
```

Figura 13 - Exemplo de “*callbacks*” quando alteramos o valor de um componente  
Fonte: do próprio autor

Os componentes do tipo *Button*, como “Potência Média Alimentador - Dia Típico do Mês”, “Envelhecimento Mensal Trafos”, “Vida Útil dos Transformadores” etc., possuem “*callbacks*” quando o respectivo botão é pressionado. Na chamada plota-se o gráfico e definem-se as legendas, título e outras características do gráfico, podemos observar um exemplo da chamada na figura 14;

```
% Button pushed function:
% PotnciaMdiaAlimentadorDiaTpicodoMsButton
function PotnciaMdiaAlimentadorDiaTpicodoMsButtonPushed(app, event)

    plot(func2(app));
    t = '%s %u';
    t = sprintf(t,app.PotnciaMdiaAlimentadorDiaTpicodoMsButton.Text,app.MesEditField.Value);
    title(t);
    ylabel('Potência (kVA)');
    xlabel('Tempo (Horas)');
    xticks(1:24); %espaçamento de um ponto ao proximo
    xticklabels({'1','2','3','4','5','6','7','8','9','10','11','12' ...
                , '13','14','15','16','17','18','19','20','21','22','23','24'});
    xlim([0 25]);
end
```

Figura 14 - chamada quando pressionado o botão ‘Potência Média Alimentador - Dia Típico do Mês’  
Fonte: do próprio autor

As funções (*function*) foram usadas para implementar os cálculos, permutações, e escolha dos dados que serão utilizados no traçado dos gráficos. Tais dados são extraídos do banco de dados (arquivos .mat).

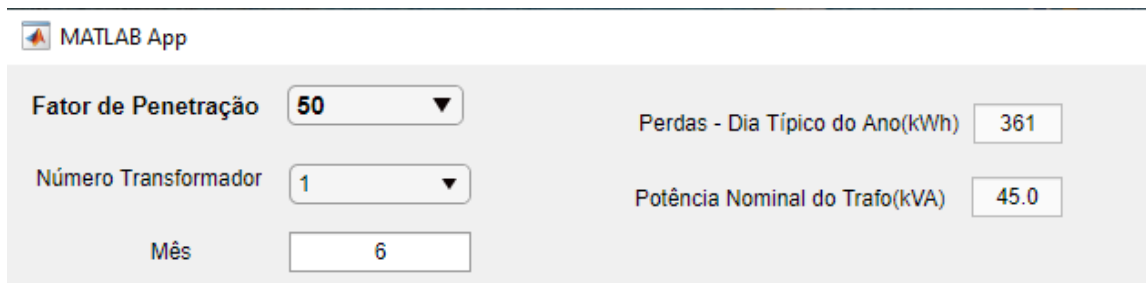
O aplicativo/interface funciona da seguinte forma:

1. O usuário escolhe o fator de penetração. Por padrão o fator inicial é igual a zero;
2. Depois escolhe qual o transformador e o mês do ano, por padrão, tanto o transformador quanto o mês iniciam em 1;
3. Na tela já aparecem dois dados: “Perdas - Dia Típico do Ano(kWh)” e “Potência Nominal do Trafo(kVA)” - (*Edit Field*), que não podem ser editados pelo usuário, pois são fornecidos pelo banco de dados;
4. Temos um botão no canto direito superior que mostra a vida útil de cada transformador;
5. Na parte de baixo, dois painéis: o primeiro com botões que geram gráficos a partir das médias e o segundo painel com botões que geram gráficos a partir do *boxplot*;
6. Com o mesmo fator de penetração podemos alterar o transformador e o mês do ano, ficando a critério do usuário.

Os gráficos do “Carregamento Médio do Transformador em p.u. – Mensal” são os únicos nos quais mais de um gráfico podem ser gerados quando pressionamos o botão por duas vezes ou mais, para efeito de comparação entre eles. Quando se troca o fator de penetração, todos os gráficos abertos são fechados e o aplicativo carrega os dados referentes ao respectivo fator de penetração.

## 4 RESULTADOS

Com o banco de dados fornecido é possível escolher o fator de penetração de 0 a 100%, aumentando a porcentagem de 10 em 10%. O “Número Transformador” será o espaço onde selecionamos sobre qual transformador vão ser visualizados os gráficos. No banco de dados utilizado temos 23 transformadores, e portanto, pode se selecionar do transformador 1 até o 23. No espaço onde se coloca o mês somente são aceitos os números inteiros de 1 a 12. Logo na parte de cima da interface o usuário fornece esses dados através do mouse e teclado. Logo após preencher estes campos são exibidas duas variáveis: as perdas técnicas na rede de distribuição e a potência nominal do transformador escolhido. A figura 15 ilustra esta parte da interface.



The image shows a MATLAB App window with a light gray background. At the top left, there is a MATLAB logo and the text "MATLAB App". Below this, there are three input fields on the left and two output fields on the right. The input fields are: "Fator de Penetração" with a dropdown menu showing "50", "Número Transformador" with a dropdown menu showing "1", and "Mês" with a text box showing "6". The output fields are: "Perdas - Dia Típico do Ano(kWh)" with a text box showing "361" and "Potência Nominal do Trafo(kVA)" with a text box showing "45.0".

Figura 15 - Parte de cima da interface  
Fonte: do próprio autor

Também foi possível produzir um aplicativo da interface apresentada neste trabalho usando as ferramentas disponíveis no MATLAB. Para a execução do aplicativo necessita-se que no computador esteja instalado o compilador do MATLAB na versão em que foi produzida a interface, disponibilizado de forma gratuita no site da empresa, no seguinte link: <https://www.mathworks.com/products/compiler/matlab-runtime.html>. Neste trabalho foi utilizada a versão R2020a.



Pressionando o botão “Vida Útil dos Transformadores” podemos visualizar o gráfico da figura 16 que contém o valor, em anos, da vida útil de cada transformador. Quando colocamos o ponteiro do mouse sobre o ponto que queremos saber o valor aparecerá uma janelinha com os valores X e Y.

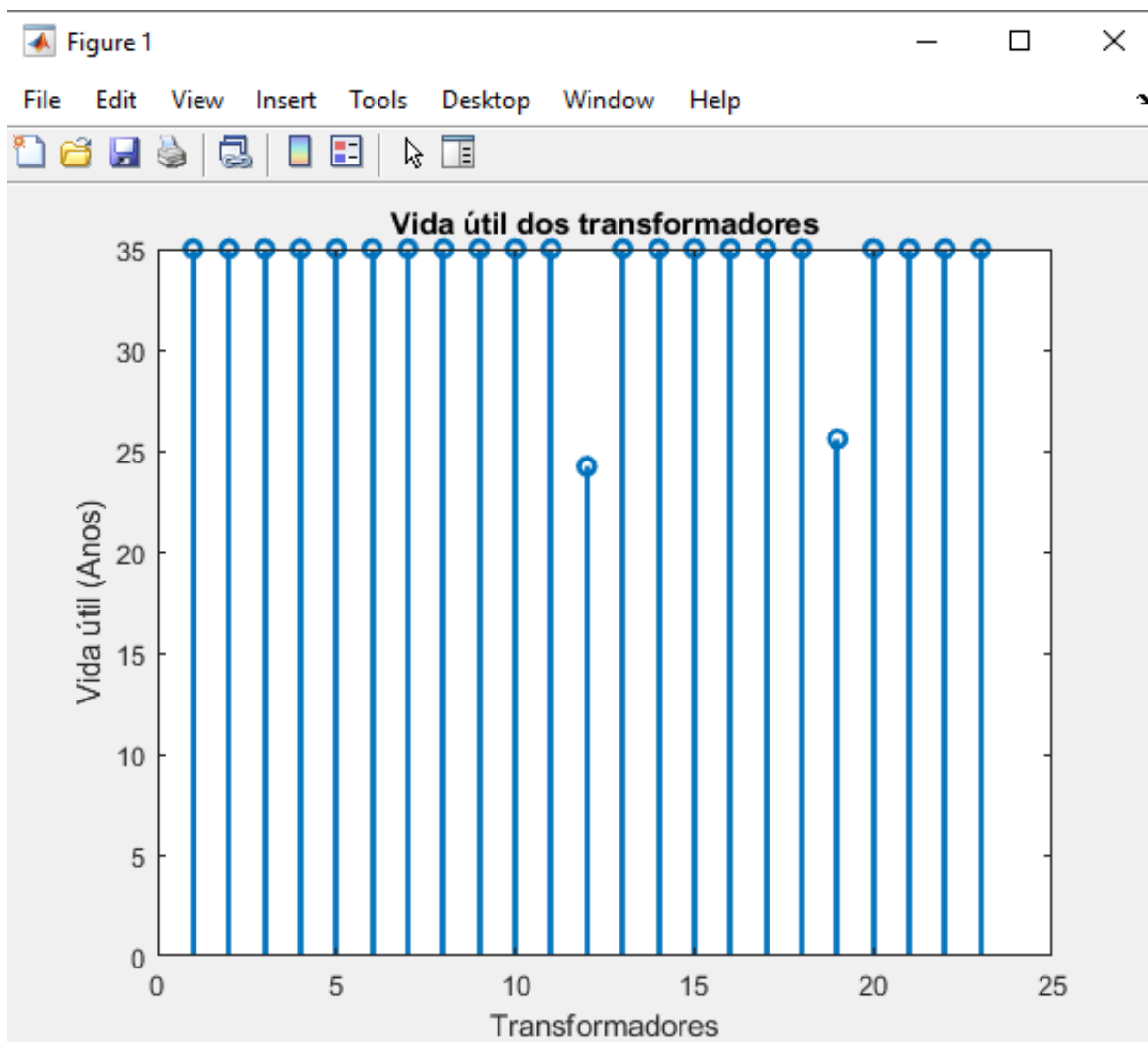


Figura 16 - Exemplo do Gráfico Vida Útil dos Transformadores  
Fonte: do próprio autor

Na interface também é possível fazer a comparação do carregamento médio do transformador entre meses diferentes, conforme ilustrado na figura 17, isso ocorre nos gráficos feitos por meio da média e do *boxplot*.

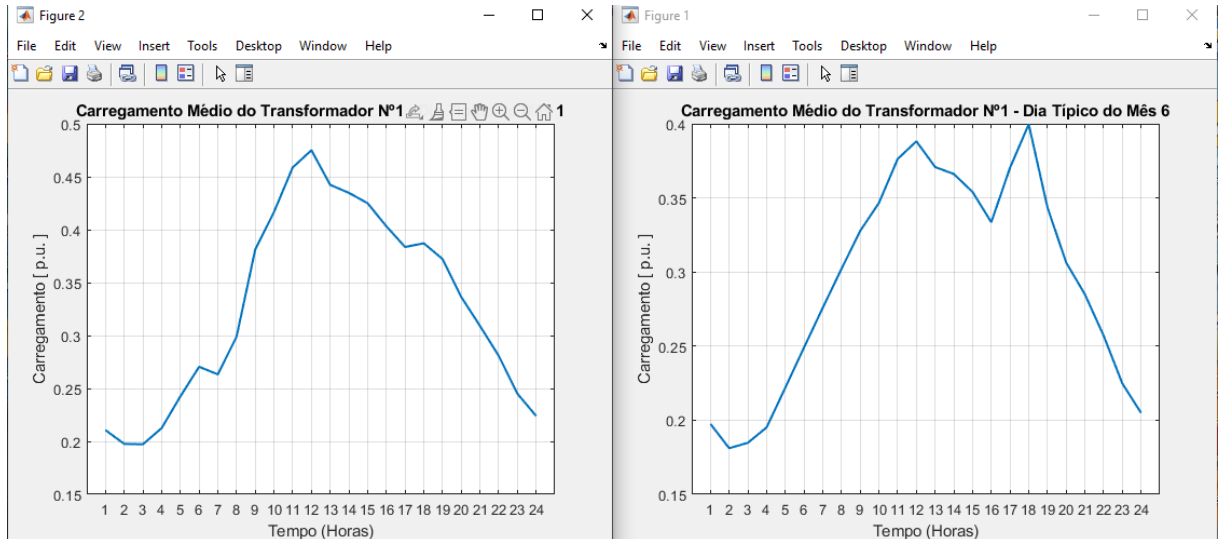


Figura 17 - comparação do carregamento médio do transformador entre os meses de janeiro e junho  
 Fonte: do próprio autor

Podem ser comparados os gráficos feitos pela média e por *boxplot* do carregamento médio do transformador de um determinado mês conforme observamos na figura 18.

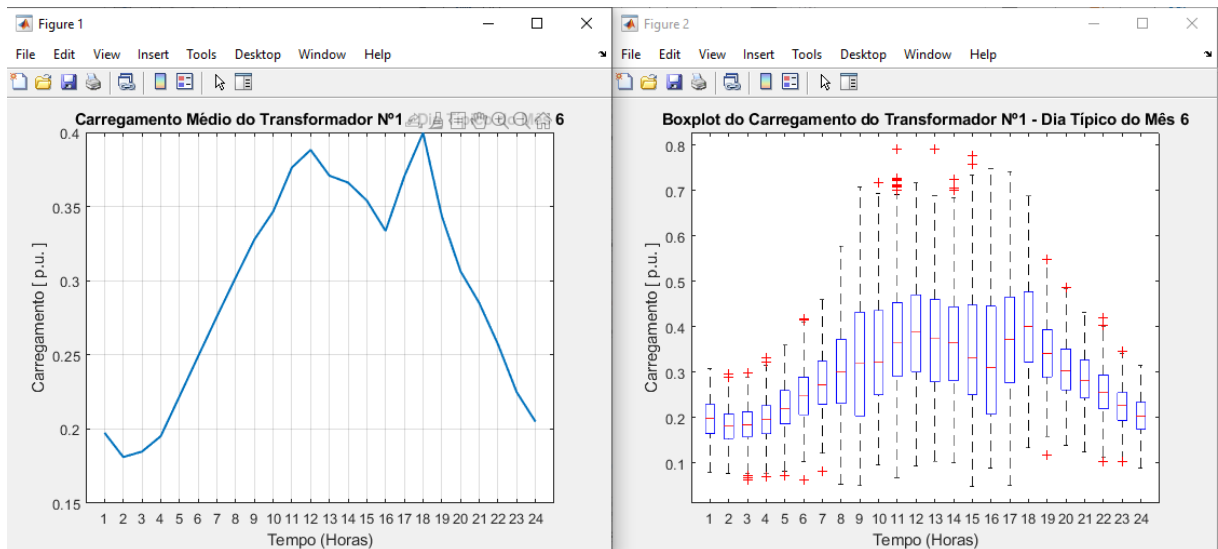


Figura 18 - comparação do carregamento médio do transformador no mês de março por média e *boxplot*  
 Fonte: do próprio autor

Outro gráfico disponível para o usuário fornece a temperatura ambiente em um dia típico do ano durante as 24 horas do dia. A figura 19 ilustra um exemplo deste gráfico.

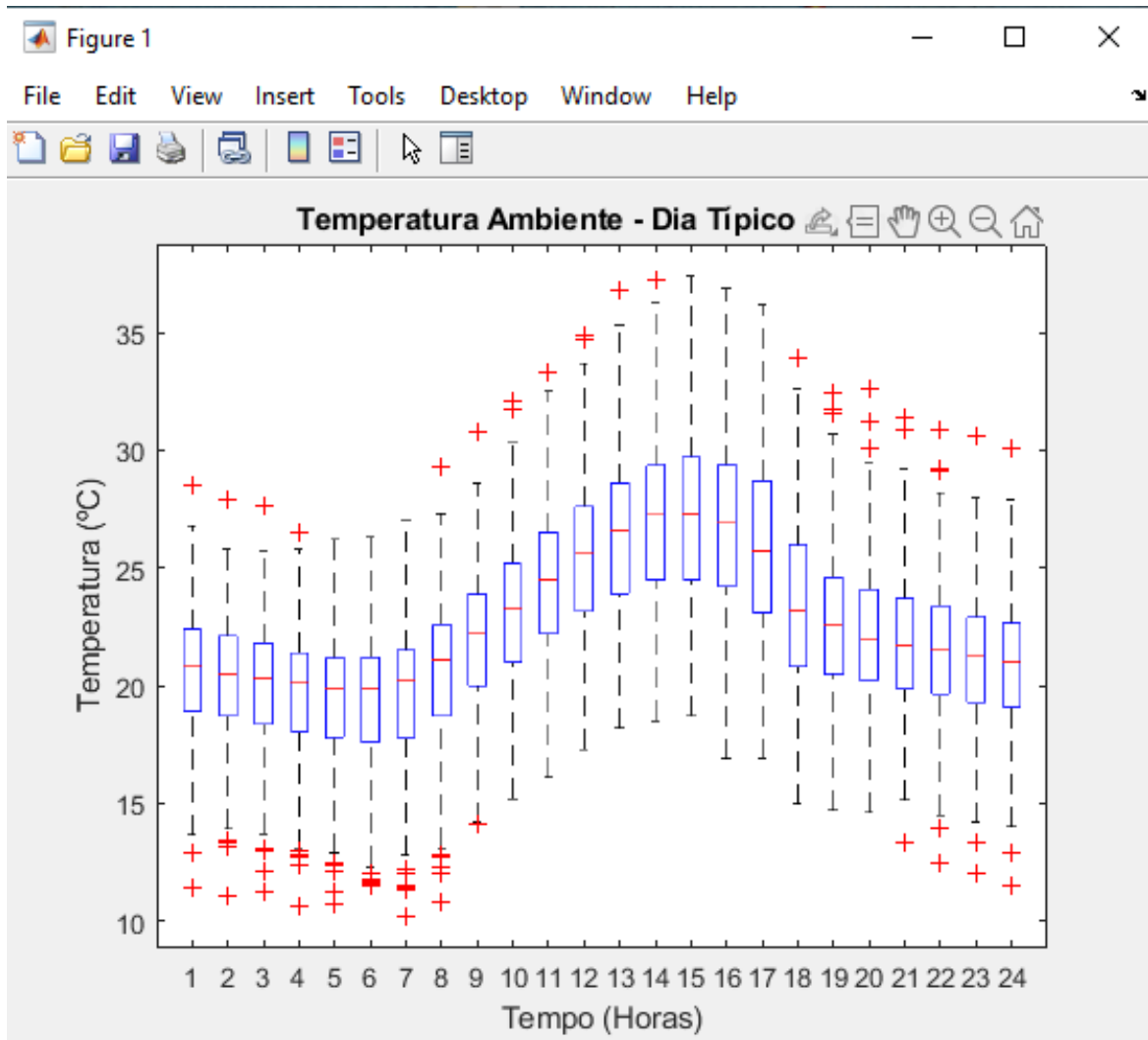


Figura 19 - Exemplo do Gráfico de Temperatura Ambiente  
Fonte: do próprio autor

O MATLAB fornece algumas opções para editar a visualização dos gráficos, além de permitir salvar os gráficos como imagem (.png) ou fazer a cópia da imagem. As figuras 20 e 21 são exemplos disso.

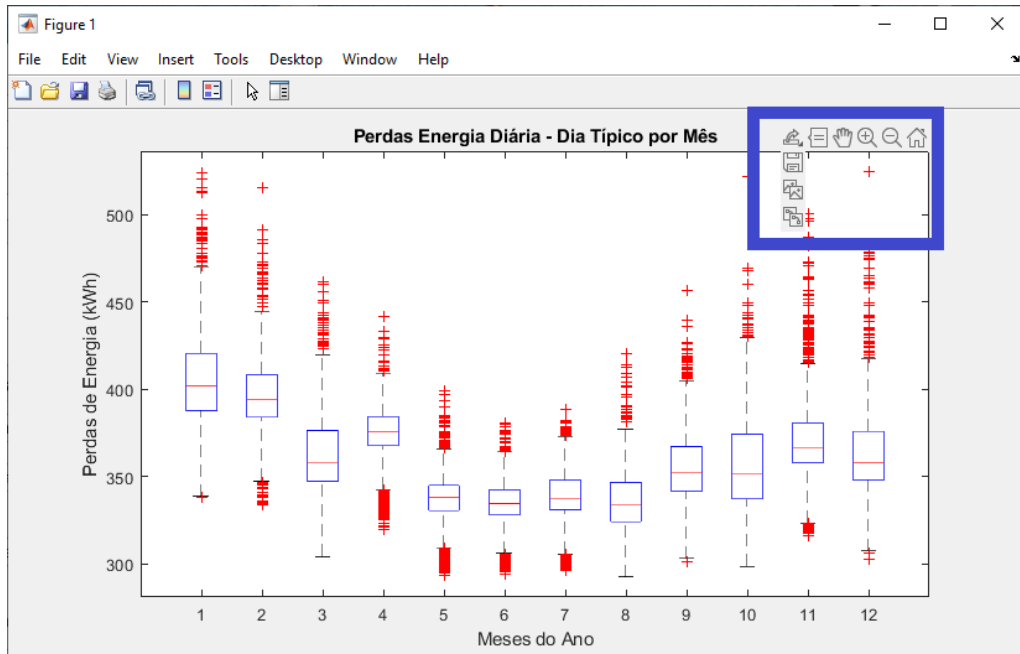


Figura 20 - Destaque nas opções do MATLAB em salvar o gráfico  
Fonte: do próprio autor

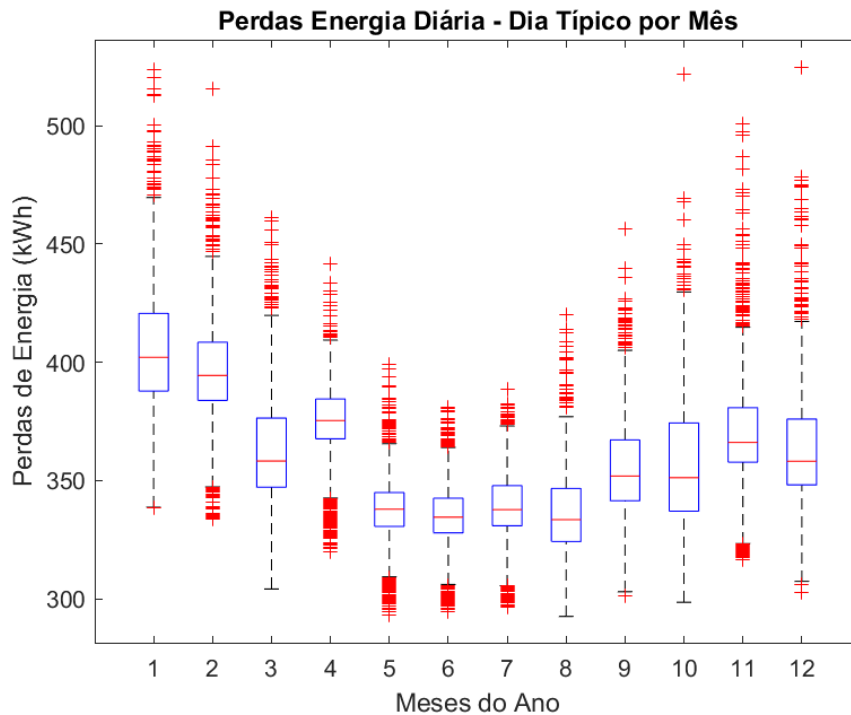


Figura 21 - Exemplo da imagem salva do gráfico (figura 20) utilizando as ferramentas do MATLAB  
Fonte: do próprio autor

## **5 CONCLUSÃO**

O desenvolvimento de uma interface que facilita a interação do usuário com dados dos impactos da geração de energia fotovoltaica nas redes de distribuição de energia elétrica apresentou bons resultados. O usuário precisa apenas informar três parâmetros (fator de penetração, número do transformador e o mês do ano) para obter uma gama de gráficos e demais dados que norteiam quais impactos foram gerados bem como as suas respectivas grandezas.

### **5.1 Trabalhos Futuros**

Para trabalhos futuros é proposto a migração do aplicativo gerado pelo MATLAB para outros dispositivos eletrônicos, como smartphones, a disponibilização do banco de dados em nuvem e a modificação do código da interface para garantir a leitura dos arquivos do banco de dados com nomes genéricos, sendo indiferente o nome dos arquivos.

## REFERÊNCIAS

- ABSOLAR. **Energia solar fotovoltaica no brasil** – Infográfico. Disponível em:<<https://www.absolar.org.br/mercado/infografico/>>. Acesso em: 19 maio 2021.
- ANEEL. **Resolução normativa nº 482. 2012**. Disponível em:<<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf>>. Acesso em: 19 maio 2021.
- AZEVEDO, A. G. de. **Análise estatística para identificação de leituras discrepantes de piezometria**: estudo de caso em barragem de terra. Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Civil como parte dos requisitos para obtenção do título de graduação em Engenharia Civil na Universidade Federal de Ouro Preto. Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto, 2019. Disponível em:<[https://www.monografias.ufop.br/bitstream/35400000/2016/6/MONOGRAFIA\\_AnáliseEstatísticaIdentificação.pdf](https://www.monografias.ufop.br/bitstream/35400000/2016/6/MONOGRAFIA_AnáliseEstatísticaIdentificação.pdf)>. Acesso em: 10 fev. 2021.
- BARONI, B. R. e UTURBEY, W. **Impact of photovoltaic generation on the allowed revenue of the utilities considering the lifespan of transformers**: a brazilian case study. Electric Power Systems Research, Vol. 192, março 2021. Disponível em:<<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378779620307045?via%3Dihub>>. Acesso em: 15 fev. 2021.
- BARONI, B. R. **Impacto da geração fotovoltaica nas receitas da distribuidora considerando a vida útil dos transformadores**. Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica da Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito para obtenção do Título de Doutor em Engenharia Elétrica. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2020. Disponível em:<[https://repositorio.ufmg.br/handle/1843/35127?locale=pt\\_BR](https://repositorio.ufmg.br/handle/1843/35127?locale=pt_BR)>. Acesso em: 1 out. 2021.
- BECKER, A. J. et al. **Noções básicas de utilização e programação em matlab**. PET Matemática, Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2010. p. 4. Disponível em:<[https://www.ufsm.br/app/uploads/sites/783/2020/02/Apostila\\_Matlab.pdf](https://www.ufsm.br/app/uploads/sites/783/2020/02/Apostila_Matlab.pdf)>. Acesso em: 10 fev. 2021.
- CAPELA, M. V. e CAPELA, Jorge M. V. **Elaboração de gráficos box-plot em planilhas de cálculo**. Anais do I Congresso de Matemática Aplicada e Computacional da Região Sudeste, 2011. p. 361-364. Disponível em:<<http://arquivo.sbmac.org.br/cmacs/cmase/2011/trabalhos/PDF/235.pdf>>. Acesso em: 10 fev. 2021.
- CARVALHO, A. R. de. **Método monte carlo e suas aplicações**. Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado Profissional em Matemática em Rede Nacional da Sociedade Brasileira de Matemática e Universidade Federal de Roraima, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Matemática. Universidade Federal de Roraima. Boa Vista, 2017. p. 54-55. Disponível em:<[https://sca.profmat-sbm.org.br/sca\\_v2/get\\_tcc3.php?id=150070513](https://sca.profmat-sbm.org.br/sca_v2/get_tcc3.php?id=150070513)>. Acesso em: 10 fev. 2021.
- NASCIMENTO, R. P. **Estudo e desenvolvimento de interface gráfica aliada às comunicações de dados entre dispositivos**. Monografia apresentada ao Curso de Engenharia

de Controle e Automação como parte dos requisitos para obtenção do título de graduação em Engenharia de Controle e Automação na Universidade Federal de Ouro Preto. Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto, 2019. Disponível em:<[https://www.monografias.ufop.br/bitstream/35400000/1879/6/MONOGRAFIA\\_EstudoDesenvolvimentoInterface.pdf](https://www.monografias.ufop.br/bitstream/35400000/1879/6/MONOGRAFIA_EstudoDesenvolvimentoInterface.pdf)>. Acesso em: 14 fev. 2021.

NASSER, R. B. **Mccloud service framework**: arcabouço para desenvolvimento de serviços baseados na simulação de monte carlo na cloud. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Informática da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Informática. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2012. p. 25-27. Disponível em:<[https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/19632/19632\\_4.PDF](https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/19632/19632_4.PDF)>. Acesso em: 10 fev. 2021.

NETO, J. V. et al. **Boxplot: um recurso gráfico para a análise e interpretação de dados quantitativos**. Revista Odontológica do Brasil Central, v.26, n.76, p. 1-6, 2017. Disponível em:<<https://robrac.org.br/seer/index.php/ROBRAC/article/view/1132/897>>. Acesso em: 10 fev. 2021.

OLIVEIRA, G. L. de. **Análise de regressão no software r: propriedades dos estimadores via método de monte carlo, aplicações e exercícios**. Relatório Técnico - Série Ensino - RTE-001/2018. Departamento de Estatística, Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2018. p. 2-3. Disponível em:<[http://www.est.ufmg.br/portal/arquivos/rts/RTE\\_01\\_2018.pdf](http://www.est.ufmg.br/portal/arquivos/rts/RTE_01_2018.pdf)>. Acesso em: 10 fev. 2021.

PIAIRO, J. et al. **Desenvolvimento e avaliação de um interface com o utilizador para um sistema de escalonamento**. Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação, n.1, 06/2013, p. 77-91, 2013. Disponível em:<<http://www.scielo.mec.pt/pdf/rist/n11/n11a07.pdf>>. Acesso em: 14 fev. 2021.

PORTUGAL, R. S. **MATLAB para leigos e desinteressados**: uma introdução simples com exemplos banais. Departamento de Geologia e Recursos Naturais, Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas. Campinas. p. 2. Disponível em:<<http://www.ime.unicamp.br/~cheti/intmatlab.pdf>>. Acesso em: 10 fev. 2021.

PRATES, R.O. e BARBOSA, S.D.J. **Avaliação de interfaces de usuário - conceitos e métodos**. Anais do XXIII Congresso Nacional da Sociedade Brasileira de Computação. XXII Jornadas de Atualização em Informática, cap. 6. 2003. Disponível em:<[https://homepages.dcc.ufmg.br/~rprates/ge\\_vis/cap6\\_vfinal.pdf](https://homepages.dcc.ufmg.br/~rprates/ge_vis/cap6_vfinal.pdf)>. Acesso em: 14 fev. 2021.

ROCHA, H. V. da; e BARANAUSKAS, M. C. C. **Design e avaliação de interfaces humano-computador**. Instituto de Computação, Universidade Estadual de Campinas, cap. 1. Campinas, 2003. Disponível em:<<http://200.18.252.196:8080/pergamumweb/vinculos/000000/000000ce.pdf>>. Acesso em: 14 fev. 2021.

STETZ, T.; REKINGER, M. e THEOLOGITIS, I. **Transition from uni- to bidirectional distribution grids**: management summary of iea task 14 subtask 2 – recommendations based on global experience. Report IEA-PVPS T14-03:2014,2014.

YORIYAZ, H. **Método de Monte Carlo**: princípios e aplicações em Física Médica. Revista Brasileira de Física Médica, v.3, n.1, p. 141-149, 2009. p. 142-143. Disponível em:<<https://www.ipen.br/biblioteca/2009/14528.pdf>>. Acesso em: 10 fev. 2021.