

# Implementação de um gerador de sinais virtual destinado aos laboratórios de engenharia elétrica do UNIPAM utilizando *LabVIEW*

*Implementation of a virtual signal generator for UNIPAM electrical engineering laboratories using LabVIEW*

**Victor Henrique da Cunha Faria**

Graduando do curso de Engenharia Elétrica (UNIPAM)

E-mail: victorhcf@unipam.edu.br

**Adriellen Loiane Medeiros Ribeiro**

Graduanda do curso de Engenharia de Produção (UNIPAM)

E-mail: adriellenloiane@unipam.edu.br

**Fábio de Brito Gontijo**

Professor orientador (UNIPAM)

E-mail: fabiobg@unipam.edu.br

---

**Resumo:** O gerador de sinais é importante em diversas áreas da engenharia elétrica, sendo utilizado em diferentes âmbitos. O objetivo deste trabalho foi desenvolver um gerador de sinais virtual utilizando o *LabVIEW* que possa ser aplicado em salas de aulas e laboratórios. Para esse fim, realizou-se o estudo de bibliografias, criou-se um protótipo que gerasse as formas de onda e permitisse o controle de suas características básicas; foi implementado o recurso de customização de formas de ondas; acrescentou-se a possibilidade de salvar e carregar arquivos; foi criado o recurso de verificação do sinal de saída, realizaram-se testes de campo e validação do software. O gerador de sinais virtual desenvolvido ofereceu interface amigável ao usuário e permitiu a geração das principais formas ondas e criação de ondas personalizadas.

**Palavras-chave:** Gerador de sinais. *LabVIEW*. Ondas. Circuitos elétricos.

**Abstract:** The signal generator is important in several areas of electrical engineering, being used in different areas. The objective of this work was to develop a virtual signal generator using *LabVIEW* that can be applied in classrooms and laboratories. For this purpose, the study of bibliographies was carried out, a prototype was created that generated the waveforms and allowed the control of their basic characteristics; the waveform customization feature was implemented; added the possibility to save and upload files; the output signal verification feature was created, field tests and software validation were performed. The developed virtual signal generator offered a user-friendly interface and allowed the generation of the main waveforms and the creation of personalized waves.

**Keywords:** Signal generator. *LabVIEW*. Waves. Electric circuits.

---

## 1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O avanço tecnológico no desenvolvimento de dispositivos, ferramentas e *softwares* tem aumentado ao passar dos anos. Isto traz ao ser humano várias vantagens, tanto na melhoria e solução de questões já existentes há algum tempo, quanto em outras questões recentemente concebidas, nas mais diversas áreas, como engenharia, medicina, áreas de pesquisa e desenvolvimento robótico, educação e ensino, entre tantas outras. (SWAIN *et al.*, 2003).

Para engenheiros realizarem testes de qualidade e funcionamento em diversos tipos de dispositivos e sistemas, como circuitos e componentes eletrônicos, sistemas de comunicação a rádio, microprocessadores, sistemas embarcados e assim por diante, o gerador de sinais torna-se fundamental, pois é capaz de gerar e simular os estímulos que seriam recebidos pelos mesmos. Atualmente, geradores de sinais são bastante empregados em indústrias de eletrônicos, abrangendo desde as áreas de defesa aeroespacial até comunicação *wireless*. O gerador de sinais também pode ser usado para fins educacionais, como o ensino da engenharia e em pesquisas acadêmicas (DIEZ, 2013).

O instrumento tratado, o gerador de sinais, é caracterizado por ser uma fonte capaz de gerar diferentes sinais e formas de onda de tensão (ondas senoidais, ondas triangulares, ondas quadradas, entre outras), possibilitando também a variação de algumas grandezas, sendo as mais comuns na maioria dos modelos e marcas disponíveis no mercado: amplitude, frequência, offset. O instrumento de bancada tradicional possui algumas desvantagens: estrutura circuital complexa, ocupa um grande espaço, não é portátil, além de ter problemas com estabilidade (MIN; YAN; YU, 2012).

Geradores de sinais são essenciais para o ensino da engenharia elétrica em diversas disciplinas, como Eletrônica Analógica, Microprocessadores, Sistemas em Tempo Real, entre outras. Apesar de serem tão importantes, devido ao seu preço relativamente alto, a maioria dos laboratórios das universidades não contam com muitos exemplares desses aparelhos, impossibilitando ao aluno adquirir um gerador de sinais para estudos e práticas em casa (BARBOSA, 2016).

Entretanto, é possível a implementação de um instrumento virtual usando o ambiente de programação *LabVIEW*. Assim, o *software* criado realizará as mesmas funções e terá características semelhantes ao gerador de sinais convencional, como a geração de ondas e variação de seus respectivos aspectos. Para isso, é necessário um *hardware* que será conectado à porta usb do computador, convertendo os sinais gerados pelo programa ao mundo externo, podendo ser utilizado na bancada de teste ou em qualquer outra aplicação (MIN; YAN; YU, 2012).

A implementação dessa tecnologia permite aos professores e alunos maior praticidade e flexibilidade em aulas práticas, já que é bem mais compacta e permite a implementação de diversos instrumentos em um único ambiente. Além disso, o custo seria reduzido drasticamente, fazendo com que trabalhos antes realizados em grupos, por falta de equipamentos suficientes, possam ser praticados individualmente e com maior participação do aluno, aumentando o índice de aprendizado. Outro lado positivo

é que tanto alunos quanto professores teriam acesso a instrumentos virtuais em casa ou em qualquer lugar, necessitando apenas de um computador e um *hardware*, fazendo com que atividades exclusivas dos horários destinados às atividades e exercícios em laboratórios sejam realizadas em outros locais (BARBOSA, 2016).

O *LabVIEW* é uma linguagem de programação gráfica aplicada às engenharias, considerada de alto nível, por ser o mais próximo possível da linguagem humana, assim, distanciando-se da linguagem de máquina. O *software* traz diversas vantagens na criação de sistemas que tenham o propósito de aquisição, medição, teste e controle de dados e sinais elétricos, proporcionando um ambiente de programação flexível e simples, fazendo com que a implementação de *softwares*, tanto básicos, como complexos, seja feita de forma rápida. (AGRAZ; POZOS, 2013).

O objetivo geral deste trabalho é utilizar o ambiente de programação *LabVIEW* no desenvolvimento de um *software* que funcione como um gerador de sinais de bancada, agregando todas as suas funcionalidades em forma de instrumento virtual, podendo ser aplicado pedagogicamente pelos docentes e discentes em sala de aula ou laboratórios.

O objetivo específico é desenvolver um gerador de sinais virtual que (I) gere as principais formas de onda: seno, triangular, quadrada, e dente de serra; (II) permita variar os parâmetros de frequência, amplitude, offset, fase e duty cycle; (III) possa editar e criar novas formas de onda a partir das principais; (IV) salve e carregue as ondas criadas e editadas em arquivo e (V) permita a leitura de sua saída para verificação visual do sinal gerado.

Algumas desvantagens vêm intrinsicamente com os geradores de sinais convencionais, impedindo que laboratórios e salas de aula tenham vários exemplares do equipamento. Em contraponto, é viável o desenvolvimento desse instrumento de forma virtual, fazendo com que mais pessoas tenham acesso a esse dispositivo e aos benefícios trazidos ao aprendizado prático, sendo este em conjunto ou individual. Isso se dá devido ao fato de que pode ser um *software* distribuído gratuitamente e que o *hardware* que faz o contato com o mundo externo pode ser de baixo custo, de forma acessível e compacta, eliminando, assim, algumas desvantagens consideráveis do instrumento convencional.

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

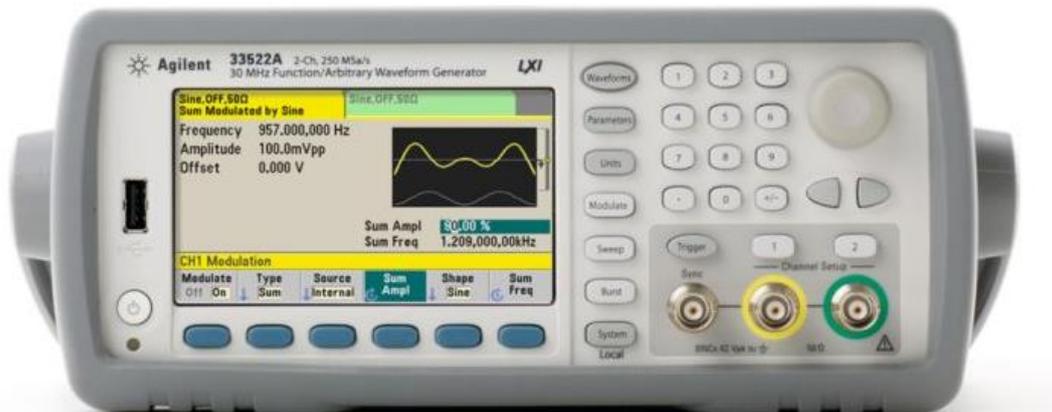
### 2.1 GERADOR DE SINAIS

O gerador de sinais surgiu na década de 1950. Vem sendo aperfeiçoado ao longo dos anos. Nos anos 70, o emprego de semicondutores na criação de diodos, transistores e conseqüentemente microprocessadores, permitiu o avanço em desempenho, precisão e simplicidade na fabricação desses equipamentos, tornando-os mais baratos, compactos e comercializáveis (LIMA; SILVEIRA; SILVA, 2010).

Eles são capazes de gerar diferentes sinais elétricos de tensão em forma de onda, concedendo o uso de diversos valores de amplitudes, offset e frequências, na criação de ondas senoidais, quadradas, triangulares, e dente de serra. O circuito eletrônico interno do gerador de sinais é composto por osciladores, filtros e amplificadores. Os osciladores harmônicos originam sinais do tipo senoidal, e os de relaxação produzem as ondas não senoidais, como dente de serra, quadrado (BARBOSA, 2016).

Os instrumentos convencionais, Figura 1, são utilizados quando há a necessidade da obtenção de sinais que possam ser replicáveis ao longo do tempo e que sejam estáveis, isso, para diversas aplicações. Alguns usos comuns desse equipamento encontram-se na pesquisa e desenvolvimento, no ensino de engenharia, no reparo e teste de equipamentos eletrônicos, em testes de sistemas e componentes eletrônicos, entre outros (BKPRECISION, 2019).

**Figura 1** – Gerador de sinais Keysight



Fonte: Keysight Technologies, 2018. Disponível em: <https://www.keysight.com>.

Existem vários modelos de geradores de sinais capazes de produzir tipos de ondas com características diferentes, devido à sua aplicação e à sua necessidade. Podem-se citar: gerador de sinais arbitrário, gerador de sinais de áudio, gerador de funções, gerador de pulsos, gerador de sinais RF e o gerador de sinais vetorial. No mercado, há variação de modelo para modelo e de fabricante para fabricante, havendo geradores que apresentam mais de uma funcionalidade, agrupando mais de um tipo de gerador de sinais (ELECTRONICSNOTES, 2019).

A seguir, está exposta uma breve explanação dos diferentes tipos de geradores de sinais citados que serão utilizados como base para o presente trabalho.

Gerador de onda arbitrário: nesse tipo de gerador de sinais, o usuário pode criar ondas de quase todas as formas imagináveis, podendo simular situações reais, em que um sinal é influenciado por estímulos externos e ruídos. Para isso, é necessário fornecer ao gerador de sinais arbitrário os pontos a serem gerados, podendo ser através de barramentos USB, GPIB, ETHERNET, gerando a onda personalizada desejada. Eles têm

construção mais complexa, se comparados com os outros geradores de sinais, tornando-o mais caro e menos acessível a alguns usuários (TECHNOLOGIES, 2019).

Gerador de funções: usado como gerador de sinais simples, que gera as ondas repetidas vezes, ou seja, em um ciclo ininterrupto. Produz as ondas básicas como seno, dente de serra, triangular e quadrada, tendo ajustes básicos de um gerador de sinais. Muitos dos geradores de função são limitados em capacidade de frequência, atingindo somente frequências baixas. Entretanto, em alguns modelos menos comuns, é possível alcançar frequências mais altas. Isso o torna útil em aplicações cujo destino é o ensino de engenharia e práticas na área de eletrônica (ELECTRONICSNOTES, 2019).

Apesar de ser um instrumento de bancada útil em aplicações comerciais, educacionais e científicas, apresenta algumas desvantagens em seu uso. Na maioria dos produtos, é negada ao usuário a possibilidade de expansão e personalização, já que tudo no gerador de sinais é intrínseco ao aparelho, o circuito interno, os botões, as suas funcionalidades. Mais ainda, as tecnologias exclusivas e componentes de custo alto que são utilizados para a confecção desses dispositivos os tornam muito caros e de adaptação lenta. Também, deve-se considerar que as condições de portabilidade dos geradores de sinais tradicionais são ruins.

## 2.2 INSTRUMENTO VIRTUAL

O desenvolvimento de tecnologias computacionais vem acontecendo mais intensamente nas últimas décadas. Os computadores pessoais apresentam processadores mais rápidos e sistemas operacionais mais intuitivos. A internet também vem sendo aprimorada, permitindo acessos mais velozes e com maior banda de transferência. A instrumentação virtual se beneficia desses avanços para obter maiores taxas de amostragem e processamento dos dados. Um instrumento virtual é integrado por ferramentas de programação e equipamentos de aquisição de sinais, que juntos a um computador, executam as mesmas funções de instrumentos convencionais. (CAO; CHEN, 2014).

Ultimamente, vários instrumentos, tanto analógicos quanto digitais, podem ser agrupados virtualmente em um único instrumento virtual, permitindo que o espaço que ocupa um dispositivo convencional e os custos em sua produção sejam diminuídos. Dessa forma, em um único *software*, é viável mesclar várias funcionalidades de dispositivos convencionais, assim como um gerador de funções, um multímetro, um osciloscópio, um analisador de espectro e qualquer outro instrumento que se desejar (KANG *et al.*, 2014).

Uma excelente aplicação de instrumentação virtual pode ser realizada em laboratórios didáticos, assim os custos com a obtenção de aparelhos de medição e controle necessários para a montagem das bancadas experimentais seriam reduzidos. Surge também a possibilidade de inserir outras funções às experiências didáticas, através do *software*, sem a necessidade de alterar o *hardware* utilizado na montagem experimental, fazendo com que o laboratório seja mais dinâmico e multifuncional (LOPES, 2007).

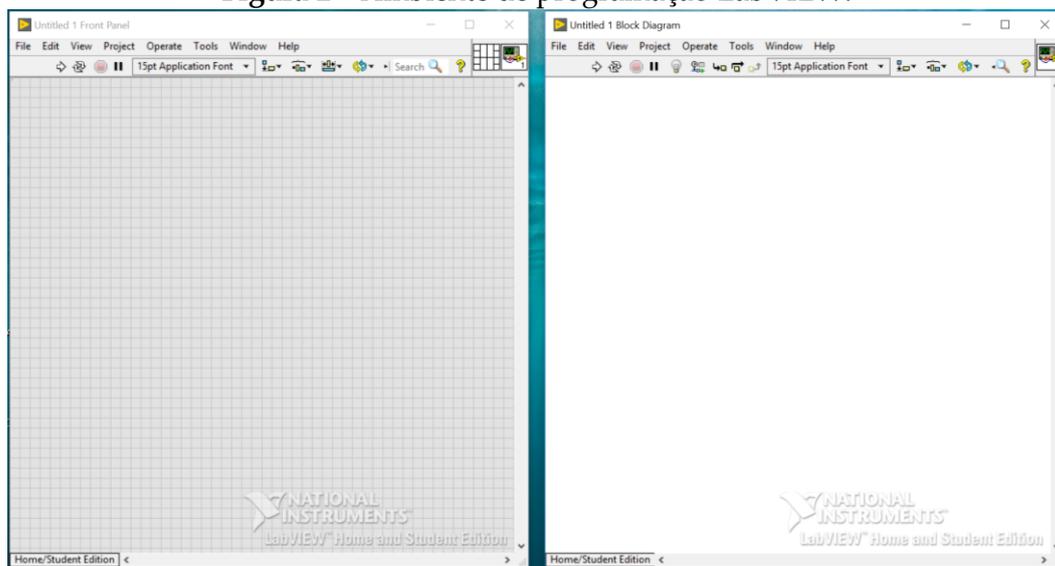
O presente século será direcionado pelo desenvolvimento de instrumentos virtuais destinados a substituir sistemas de medições de grandezas elétricas convencionais. Para criação desses instrumentos virtuais, é necessária a utilização de alguma linguagem de programação que possibilite e torne esse processo o mais simples possível. Entre várias linguagens existentes, a linguagem G (linguagem gráfica) é a mais indicada para esse tipo de aplicação, já que, ao comparar-se com linguagens textuais, ela traz métodos de aprendizado mais rápidos e ferramentas destinadas à aplicação de instrumentos virtuais (SI, 2014).

### 2.3 LabVIEW

O *LabVIEW* (*Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench*) é uma linguagem de programação gráfica, capaz de fornecer a criação de testes, medição, aquisição de dados, controle de instrumentos, armazenamento de dados, análise de dados e geração de relatórios. A *National Instruments*, desenvolvedora do *LabVIEW*, foi fundada em 1986 com o intuito de criar um ambiente de programação voltado para engenheiros e cientistas, e atualmente está inserida nas mais diversas áreas de tecnologia (HIGA; TAW; LORD, 2002).

Os *softwares* criados na linguagem de programação gráfica *LabVIEW* são chamados de *VI's* (*virtual instruments*), remetendo a sua motivação de criação, que era desenvolver sistemas e programas que simulem instrumentos convencionais de forma virtual. O *LabVIEW* comunica-se com uma grande quantidade de *hardwares*, da própria *National Instruments* ou de terceiros; em ambos os casos, existem funções e blocos de código prontos que tornam o processo de conectar dispositivos bem mais rápidas e simples. Ele também permite a interação com outras linguagens de programação, podendo traduzi-las em *LabVIEW* ou o inverso (BOTTARO, 2012).

**Figura 2** – Ambiente de programação LabVIEW.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2019.

Na Figura 2, está exibido o ambiente de programação *LabVIEW*, sendo composto por 4 principais partes: o painel frontal, o diagrama de blocos, o painel conector e o ícone. O painel frontal é o local em que são colocados os objetos responsáveis pela interação com o usuário, tanto de entrada de dados, quanto de saída, chamados de controles e indicadores. No diagrama de blocos, é onde o código gráfico é escrito, os controles e indicadores têm terminais que fazem correspondência entre o painel frontal e o diagrama de blocos. O painel de conector define quais serão as entradas e saídas de dados quando esse VI for transformado em subVI e o ícone é a imagem que identificará visualmente esse subVI (COSTA, 2016).

O *LabVIEW* usa o princípio de programação baseado em fluxo de dados, ou seja, a ordem de execução de seu código é dependente desse fluxo, podendo trabalhar de forma síncrona e assíncrona. Supondo que um nó esteja localizado no diagrama de bloco, ele será executado apenas quando todas as suas entradas forem fornecidas. A partir do momento em que esse nó realizar todas as suas tarefas, ele estará pronto para enviar uma saída adiante, possibilitando que os próximos nós dependentes de seus dados possam executar (AGRAZ; POZOS, 2013).

### 3 METODOLOGIA

Após exibirem-se as problemáticas que envolvem o uso de geradores de sinais, é possível concluir que o melhor caminho a ser tomado é a criação de um gerador de sinais virtual. Para tal tarefa, fica evidente a necessidade de realizar um estudo aprofundado do *software* que será usado (*LabVIEW*) e também pesquisas aprofundadas em literaturas que já realizaram o mesmo processo e obtiveram êxito. Para isso, a metodologia empregada constitui-se da delimitação do problema e de uma estratégia de resolução.

Sendo assim, é notório que a sistemática a ser utilizada na execução da pesquisa baseie-se na já difundida metodologia *Problem-based Learning* (Aprendizagem baseada em problemas), que pode ser dividida nas seguintes etapas:

- a) Etapa 1: pesquisar o funcionamento prático do gerador de sinais e linguagem G de programação, visando à criação do *software*, por meio de livros, artigos científicos, relatórios técnicos, teses e publicações que contribuam para a revisão teórica;
- b) Etapa 2: criar um protótipo do programa que gere as formas de onda citadas e permita o controle de suas características básicas (frequência, amplitude, offset, fase e duty cycle);
- c) Etapa 3: implementar no *software* o recurso de edição e customização de formas de ondas;
- d) Etapa 4: acrescentar a possibilidade de salvar e carregar em arquivo ondas;

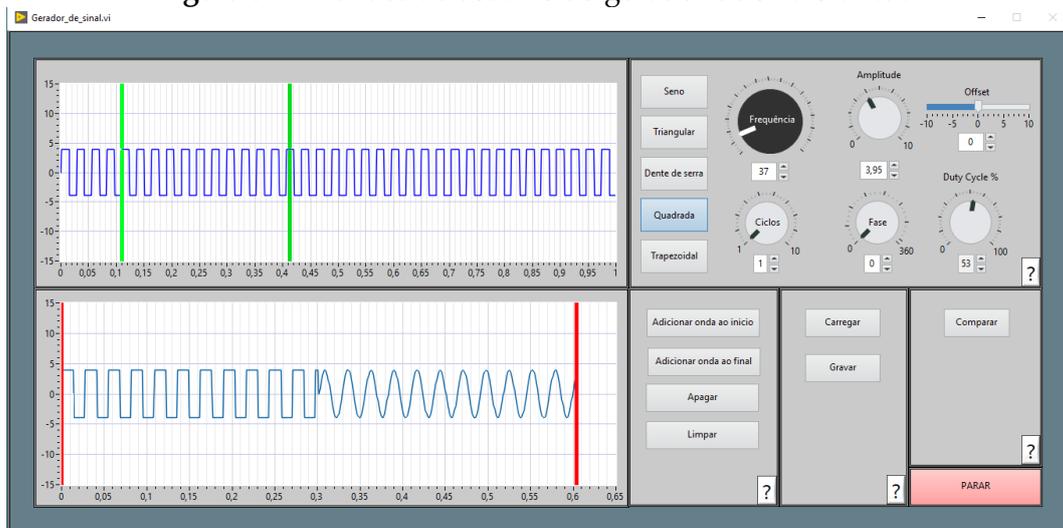
- e) Etapa 5: criar o recurso de verificação do sinal de saída através do próprio *software*;
- f) Etapa 6: realizar testes e validação do *software*.

## 4 RESULTADOS

A pesquisa bibliográfica permitiu comprovar a eficiência e a capacidade de aplicação do *LabVIEW* em diversas áreas, incluindo a área abordada nesse projeto. Sendo assim, foi possível obter uma visão ampla e clara sobre a criação de um gerador de sinais virtual que se assemelhe à funcionalidade do convencional. Permitiu, também, adotar as melhores opções quanto ao desenvolvimento, auxiliando na seleção do melhor padrão de projeto e construção do protótipo concebido nessa etapa.

A interface do usuário, exibida na Figura 3, foi criada de forma a manter a lógica de usabilidade dos geradores de sinais já existentes, facilitando ao usuário adaptar-se ao *software* e às novas ferramentas englobadas. Os controles foram personalizados como knobs, slides e botões, estilo de controles muito comuns em geradores de sinais analógicos e digitais, presentes nos laboratórios das instituições de ensino.

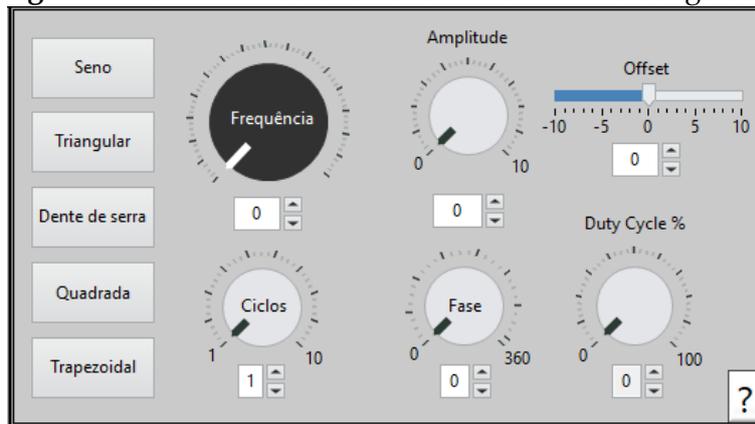
Figura 3 – Interface de usuário do gerador de sinais virtual



Fonte: Elaborado pelos autores, 2019.

A interface é composta: o controle das características da onda gerada, os botões de edição, os gráficos de plote das ondas, o menu de salvar e o menu de comparar. Na Figura 4, os controles que compõem o gerador de sinais virtual permitem ao usuário alterar as formas das ondas que estão sendo geradas, alterando o tipo de onda, a frequência, a amplitude, o offset, a fase e o duty cycle.

**Figura 4** – Controle das características da onda a ser gerada



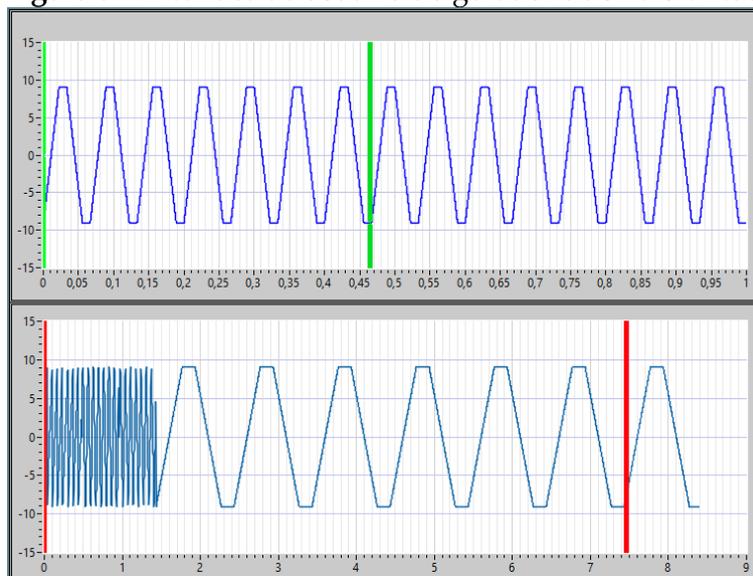
Fonte: Elaborado pelos autores, 2019.

Através do knob de seleção do tipo de onda, é permitido ao usuário escolher entre seno, triangular, quadrada, dente de serra e trapezoidal. Com essas formas de onda base, eles conseguem alterar a sua frequência e amplitude. É necessário considerar a limitação fornecida pelo *hardware*, assim, a frequência máxima atingida utilizando o NI-USB 6002 é de 400 Hz de frequência, e amplitude pico a pico de 20 V (entre -10 a +10 V).

Ao tratarmos do offset, também é importante considerarmos o limite máximo de amplitude, já que a onda gerada terá uma tensão máxima e mínima, e se ela ultrapassar o limite do *hardware*, será cortada. Ainda, é possível alterar a fase das ondas utilizando o controle de fase, que pode variar de 0 a 360 graus. Quanto ao duty cycle, ele tem influência somente sobre a onda quadrada e consegue variar entre 0 a 100 %.

Com os recursos descritos e o sinal gerado com as características desejadas, é possível criar ondas personalizadas a partir da original, podendo mesclar diferentes tipos e formas. Para isso, é necessário utilizar os cursores que estão presentes nos indicadores gráficos (Figura 5) e os botões de edição (Figura 6).

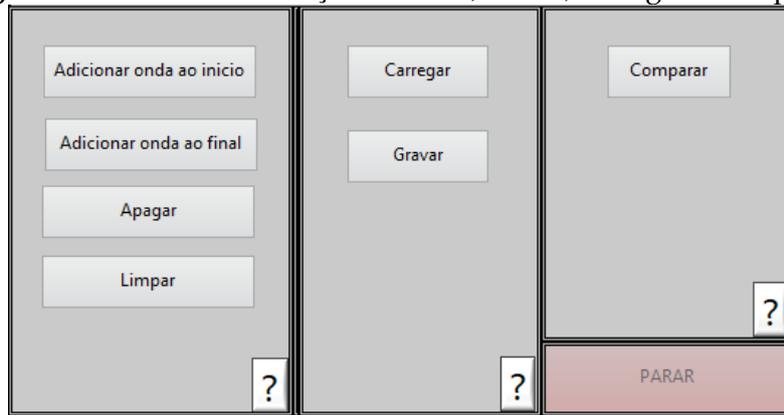
**Figura 5** – Interface de usuário do gerador de sinais virtual



Fonte: Elaborado pelos autores, 2019.

A Figura 5 exibe dois gráficos, os quais são responsáveis pela visualização do sinal gerado e pela visualização do sinal personalizado. O gráfico superior é o local onde é mostrada a onda com os parâmetros selecionados nos controles de características, e o gráfico inferior mostra a onda personalizada. Em ambos os gráficos existem cursores que, juntamente com os controles de edição (Figura 6), permitem a personalização da onda.

**Figura 6** – Controles de edição de onda, salvar, carregar e comparar

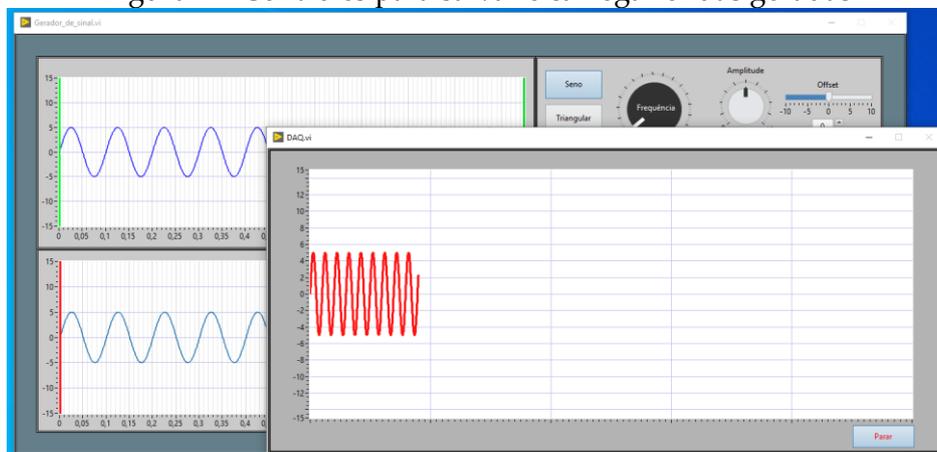


Fonte: Elaborado pelos autores, 2019.

O botão “Adicionar onda no início” permite colocar a atual parte da onda gerada, selecionada pelos cursores amarelos, no início da onda personalizada presentes nos indicadores gráficos. Já o botão “Adicionar onda no final” permite colocar a parte da onda selecionada no final da onda personalizada. Ainda, através dos cursores vermelhos no gráfico de edição, podem-se remover partes da onda personalizada. Pode-se obter uma onda final com diferentes formas, frequências, fases, amplitudes e offsets.

Usando os controles, pode-se salvar a onda editada, ou mesmo carregar alguma onda previamente gravada. Além disso, através do botão Comparar, verifica-se a saída do gerador de sinais virtual no próprio *software*, permitindo analisar graficamente o sinal gerado por meio da janela de verificação, melhor vista na Figura 7.

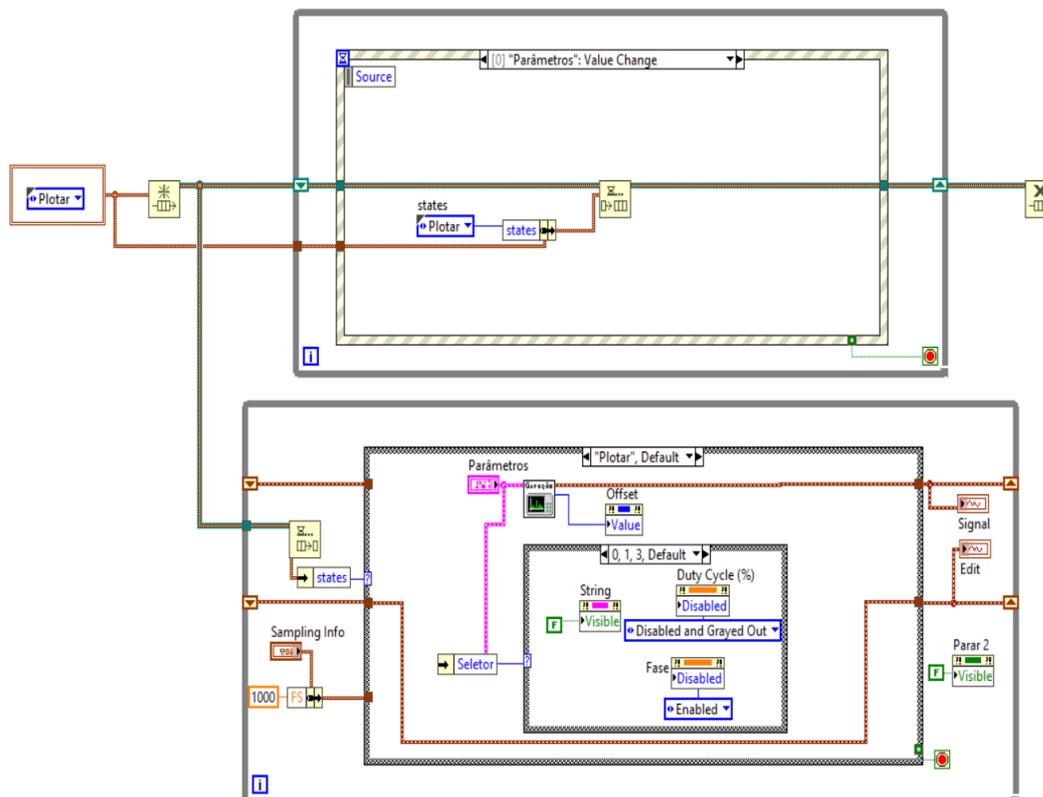
**Figura 7** – Controles para salvar e carregar ondas geradas



Fonte: Elaborado pelos autores, 2019.

Utilizando a tela de acompanhamento, é possível compreender se o sinal que está saindo do DAQ USB 6002 de fato é o sinal confeccionado, analisando sua amplitude e período. Esse funcionando, de todo o gerador de sinais virtual, deve-se ao código por trás da interface de usuário, sendo demonstrada em parte pela Figura 8.

Figura 8 – Onda personalizada usando o gerador de sinais virtual



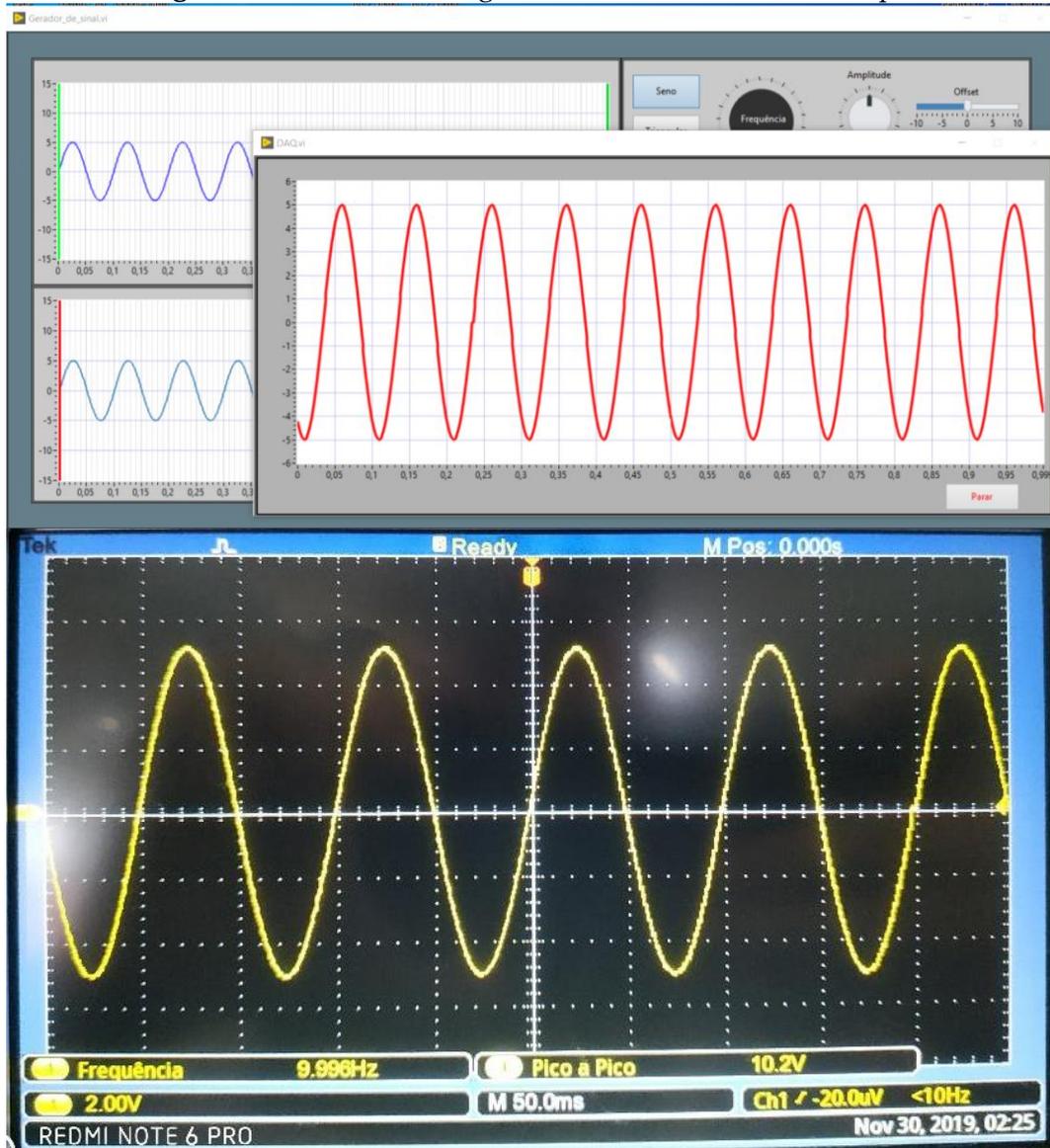
Fonte: Elaborado pelos autores, 2019.

Como já dito anteriormente, o trabalho foi desenvolvido na linguagem de programação gráfica *LabVIEW*. Assim, a Figura 8 exibe o código em *LabVIEW* desenvolvido. É interessante destacar que o padrão de projeto adotado para programação é derivado do Queue Handler Machine, o que permite a execução direcionada pelo usuário e também assíncrona, possibilitando processos paralelos.

Em busca de averiguar os sinais de saída do gerador de sinais virtual, foram realizados alguns testes que consistiram em gerar ondas que podem ser visualizadas no osciloscópio digital Tektronix TBS1102B. Desse modo, verifica-se se a amplitude, a frequência e as formas de ondas correspondiam com as confeccionadas no *software*.

O primeiro teste está sendo mostrado na Figura 9, em que foi gerada uma onda senoidal de 10 V pico a pico, com frequência de 10 Hz, e com 0 V de offset.

Figura 9 – Onda senoidal gerada e medida com osciloscópio



Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

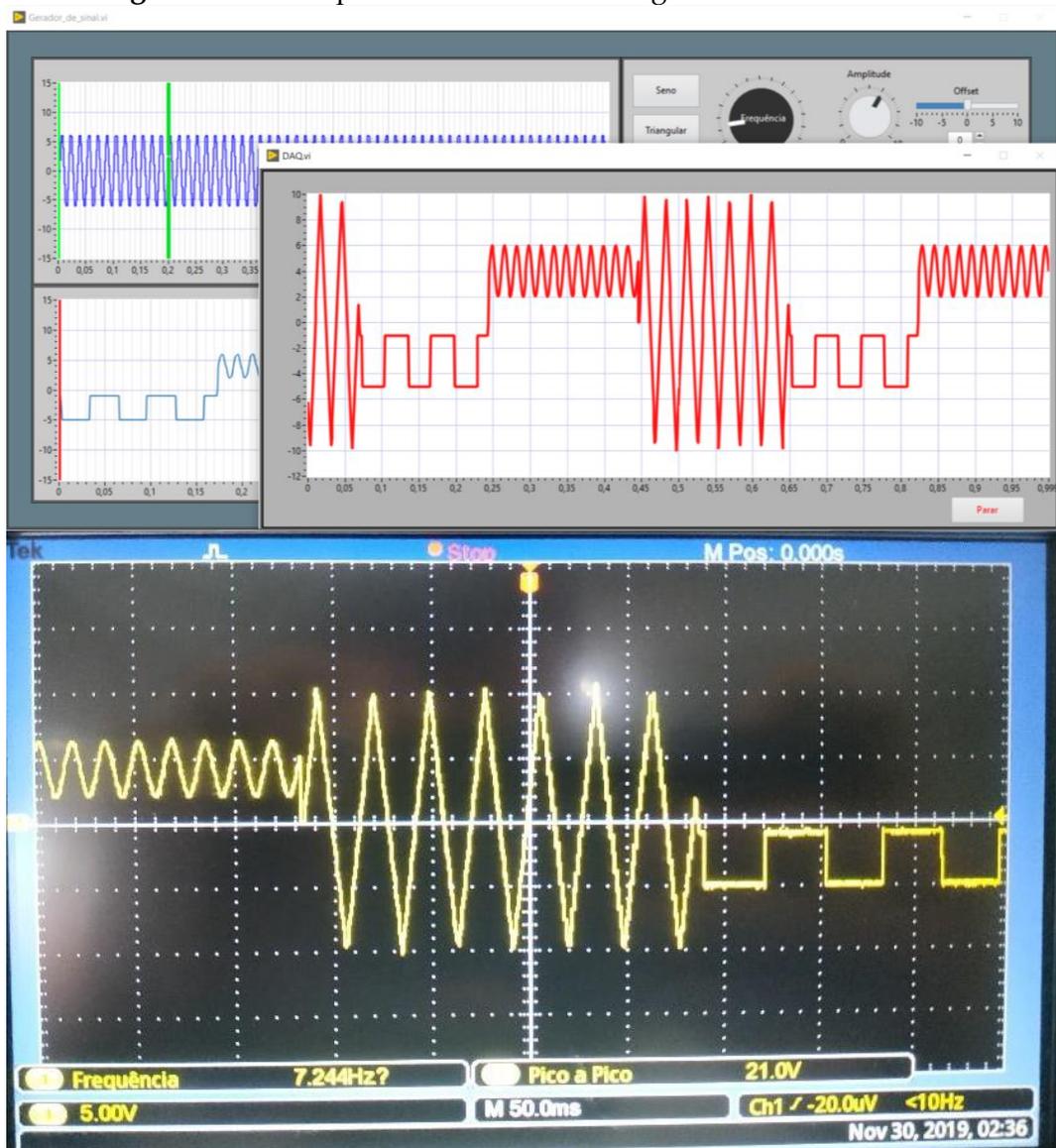
Analisando a Figura 9, vê-se tanto a tela de acompanhamento do programa criado quanto a tela do osciloscópio utilizado para verificação. Nota-se que a frequência e amplitude pico a pico medidas no osciloscópio são bem próximas a da onda gerada pelo gerador de sinais virtual, respeitando a precisão e o erro de medição. Além disso, é possível visualizar que as formas de ondas são praticamente equivalentes, livres de ruídos e qualquer outra interferência.

Para testar a capacidade de edição de sinais do *software*, explorando a junção e exclusão de partes de diferentes tipos de ondas, com frequências, amplitudes e offsets distintos, foi realizado o experimento mostrado na Figura 10; assim a geração podia ser vista na tela de acompanhamento do gerador virtual e no osciloscópio.

A onda criada é composta por 3 tipos de sinais: senoidal, triangular e quadrada. A onda senoidal tem 4 V pico a pico, com frequência de 60 Hz, e com +4 V de offset. A

onda triangular tem 20 V pico a pico, com frequência de 35 Hz e com 0 V de offset. A onda quadrada tem 4 V pico a pico, com frequência de 16 Hz, com -3 V de offset e duty cycle de 50%.

Figura 10 – Onda personalizada usando o gerador de sinais virtual



Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

De acordo com a Figura 10, o sinal personalizado visto no osciloscópio tem a mesma forma de onda que, na tela de acompanhamento do gerador de sinais virtual, respeita as amplitudes, frequências e offsets definidos, mostrando, então, a possibilidade de geração de sinais únicos de acordo com a aplicação e a eficácia desta geração.

Ainda durante os testes, confirmou-se que o gerador de sinais virtual é limitado às características do *hardware*, de forma que, para que se obtenham sinais acima dos parâmetros das saídas analógicas do USB6002, seria necessário trocá-lo por outro dispositivo.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

De forma geral, o gerador de sinais virtual comportou-se muito bem, apresentando aparência e lógica de funcionamento da interface de usuário similares aos geradores de sinais convencionais e permitindo ao usuário obter as mesmas funcionalidades de geração e seleção de forma da onda e seus parâmetros. Concluiu-se, também, que a ferramenta de edição de onda está desempenhando o comportamento desejado, sendo uma ótima ferramenta para testes de sistemas e circuitos elétricos que demandam ondas personalizadas. Na criação de ondas, o *software* (gerador de sinais virtual) não apresentou qualquer espécie de travamento durante a sua execução.

Ao longo dos testes realizados concluiu-se que, dentro das limitações de *hardware* do USB6002, as ondas geradas são similares às especificações e parâmetros definidos, refletindo a mesma amplitude, frequência, offset, fase, duty cycle, ou seja, a onda gerada pelo dispositivo conectado ao *software* é a mesma que foi parametrizada.

Em virtude de aprimorar o gerador de sinais desenvolvido, buscando melhores experiências em sala de aula, a trabalhos futuros recomenda-se:

- o desenvolvimento de *hardware* próprio, de forma a viabilizar uma gama maior de frequências e maiores amplitudes;
- acrescentar outros instrumentos virtuais ao programa criado, como multímetro e osciloscópio;
- reconhecer arquivos de ondas de outros *softwares*, permitindo a importação e exportação.

## REFERÊNCIAS

AGRAZ, Jose; POZOS, Robert. LabVIEW based control software for finger force sensor instrumentation design. **2013. Ieee Autotestcon**, [s. l.], p. 86-91, set. 2013.

BARBOSA, Rian Oliveira. **Instrumentação virtual com labview em laboratório experimental de eletrônica**. 2016. 95 f. Monografia (Graduação em Engenharia de Controle e Automação) – Universidade do Vale do Taquari - Univates, Lajeado, 2016. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10737/1427>.

BKPRECISION. **Function and Arbitrary Waveform Generator: guidebook**. BKPRECISION, 2019.

BOTTARO, Márcio. **Instrumentação virtual em laboratório: introdução ao LabVIEW**. São Paulo: IEE-USP, 2012. (Apostila).

CAO, Yuan; CHEN, Huamin. Research on function and design of virtual instrument based on LabVIEW Technology. **Journal of Chemical and Pharmaceutical Research**, Henan Nanyang, v. 6, n. 6, p.1099-1104, 2014.

COSTA, Cesar da. **Apostila de laboratório software LabVIEW**. São Paulo: Instituto Federal de São Paulo, 2016. (Apostila).

DIEZ, Erik. **The fundamentals of signal generation**. 2013. Disponível em: <https://www.electronicdesign.com/test-amp-measurement/fundamentals-signal-generation>.

ELECTRONICSNOTES. **What is a Signal Generator: different types**. 2019. Disponível em: <https://www.electronics-notes.com/articles/test-methods/signal-generators/what-is-a-signal-generator.php>.

HIGA, Melaine L.; TAWY, Dalia M.; LORD, Susan M. An introduction to LabVIEW exercise for an electronics class. 32nd Boston: Annual Frontiers in Education, 2002. p.13-16.

KANG, Shouqiang *et al.* Development of a teaching experiment platform for a signal generator based on LabVIEW. **World Transactions on Engineering and Technology Education**, Harbin, v. 12, n. 2, p. 261-265, 2014.

LIMA, Andreilton C. S.; SILVEIRA, Claudio Abílio da; SILVA, Matheus Santos da. **Gerador de funções senoidais monofásicas e trifásicas**. Florianópolis: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina, 2010. (Trabalho discente).

LOPES, Vinícius José Santos. **Instrumentação virtual aplicada ao ensino experimental de engenharia elétrica**. 2007. 108 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

MIN, Wei; YAN, Xie; YU, Jia. The design of virtual signal generator. **2012. Ieee International Conference on Computer Science and Automation Engineering (Case)**, Xí'an, v. 1, p.7-9, 2012.

NATIONAL INSTRUMENTS. **Instrumentação Virtual**. 2009. Disponível em: <http://www.ni.com/white-paper/4752/en/>.

SI, HuiLing. Design of virtual function signal generator based on sound card. **Applied mechanics and materials**, Zhengzhou, v. 543-547, p. 850-853, 2014.

SWAIN, Nikunja. K. *et al.* Remote data acquisition, control and analysis using labVIEW front panel and real time engine. **Proceedings IEEE Southeastcon**, Orangeburg, p. 1-6, 2003.

TECHNOLOGIES, Keysight. **Keysight Fundamentals of Arbitrary Waveform Generation**. 2019. Disponível em: <http://literature.cdn.keysight.com/litweb/pdf/M8190-91050.pdf>.