



MODELAGEM DO SISTEMA IEEE DE 9 BARRAMENTOS NO ATPDRAW

DOI: 10.37702/2175-957X.COBENGE.2022.3875

Renato Oliveira Rodrigues - renato.rodrigues@ufob.edu.br
Universidade Federal do Oeste da Bahia

Stefânia Oliveira Silva - sosilva4@gmail.com
Universidade Federal do Oeste da Bahia

Sâmia Arcanja Ferreira - samia.ferreira@ufob.edu.br
Universidade Federal do Oeste da Bahia

Resumo: A Pandemia por Covid-19, ocasionada pelo agente etiológico SARS-CoV-2, impactou diversas esferas, dentre elas os métodos convencionais de ensino. Uma das consequências foi a busca por alternativas para suprir a ausência de práticas e estudos presenciais. Nessa conjuntura, as pautas energéticas instigaram pesquisas relacionadas a uma das figuras de mérito da qualidade da energia elétrica, cujo tema é pauta principal e objeto de análise do presente trabalho, uma vez que, a falha desencadeia diversas consequências negativas. Utilizou-se o software livre Alternative Transient Program - ATPDraw para a simulação de uma linha de transmissão modelo IEEE de nove barras, para a implementação de curtos circuitos que foram classificados de acordo a variação de tensão em curtas durações, segundo a Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL. Como método para controlar o período de ocorrência da falta e a amplitude dos distúrbios nas linhas de transmissão, elaborou-se circuitos chaveados com resistores por meio das ferramentas disponíveis no ATPDraw. Evidenciou-se o comportamento das tensões e correntes em um determinado ponto da linha de transmissão sem a aplicação de curtos circuitos. Durante uma fração de segundo, identificou a estabilidade da energia fornecida. Dessa forma, os curtos circuitos foram implementados à linha de transmissão e foi observado não só o comportamento das fases, quando apenas uma delas está submetida a uma falta, como também o rápido reestabelecimento dos valores normais de funcionamento do sistema quando era interrompido. Verificou-se a ocorrência nas alterações da amplitude da tensão fornecida no período da falta, à medida que a resistência de curto circuito era modificada. Conclui-se que a amplitude da tensão fornecida, quando submetida a um distúrbio, depende das características elétricas do sistema, como as impedâncias e a localização do ponto de observação.





Palavras-chave: Afundamento de tensão, ATPDraw, curtos circuitos, linha de transmissão, qualidade da energia elétrica.



MODELAGEM DO SISTEMA IEEE DE 9 BARRAMENTOS NO ATPDRAW

1 INTRODUÇÃO

Os efeitos da enfermidade epidêmica amplamente disseminada provocado pelo SARS-CoV-2, no qual os métodos de isolamento social vigoraram como forma de contenção, induziu a esforços que intensificaram a busca por formas de satisfazer a ausência de estudos e práticas presenciais em laboratórios mediante o uso de equipamentos, dispositivos e ferramentas. O cenário supracitado impactou drasticamente as estruturas de ensino, impossibilitando a execução de atividades convencionais, logo a melhor alternativa se restringiu aos recursos digitais, visto que, os avanços tecnológicos permitem que haja diversas possibilidades referentes a procura por soluções, especificamente no âmbito da engenharia, busca-se a necessidade de prever o comportamento de sistemas em determinadas situações.

Assim, os meios virtuais foram amplamente utilizados, como no caso do presente trabalho realizado no *software* ATPDraw, para análises das variações e Qualidade da Energia Elétrica - QEE em curtas durações, por meio da aplicação de faltas em uma Linha de Transmissão - LT de nove barras modelo IEEE. O presente trabalho aborda uma das figuras de mérito da QEE mediante diagnósticos de perturbações, como curtos-circuitos em uma LT, induzindo a distúrbios de curta duração, como afundamento de tensão ("sag"), elevação de tensão ("swell") ou até mesmo a interrupção de tensão (KEMPNER, 2016).

O estudo da QEE está intrinsecamente relacionado ao comportamento adequado do sistema, cuja as tensões e frequências atuam próximas dos valores nominais, desse modo não apresentam perturbações ou oscilações relevantes. Como ferramenta de análise, as simulações e modelagem, por meio de parâmetros pré-definidos, fornecem dados próximos da realidade, no cenário vigente, substituiu momentaneamente as práticas e estudos presenciais.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O intenso aprimoramento dos circuitos eletrônicos, bem como a crescente utilização de microprocessadores, fortalece a necessidade de estudos para a melhor compreensão dos efeitos causados pelos diversos distúrbios da QEE, diante da sensibilidade destes equipamentos (HIRT, 2015). Os efeitos negativos também afetam as indústrias, visto que a ausência de energia provoca paradas nos processos produtivos e o aumento de tensão pode queimar os equipamentos. O mesmo pode ocorrer em hospitais e leitos de UTI, visto que coloca em risco a vida das pessoas que são assistidas por equipamentos e necessitam deles para sobreviver. A ausência pode ser fatal mesmo que por alguns instantes.

A importância do tema é proporcional a evolução energética na vida das pessoas, visto a disseminação no lazer, trabalho, estudo, comunicação, dentre tantas outras áreas. Diante disso, surge a necessidade de utilizar recursos que possibilitem estudos no qual objetiva a QEE, dentre tantos, o mais acessível e amplamente utilizado em ambientes de pesquisa, o ATPDraw se destaca, por se tratar de um pré-processador gráfico e gratuito que possibilita modelar adequadamente os sistemas elétricos. O *software* é de grande importância pela flexibilidade na realização de estudos de regime transitório ou permanente, logo possui recursos suficientes para simular as LTs e analisar a QEE (NASCIMENTO;



DILLI; SILVA, 2021). Assim, tornou-se possível o estudo analítico referente a ocorrência de faltas, provocadas para a avaliação do desempenho.

Visto que, todo sistema elétrico está sujeito a faltas, definidas como o fenômeno elétrico que gera perturbações no sistema, podendo-o levar a um estado crítico de operação. O curto circuito representa a principal falta que acomete os sistemas elétricos, este é determinado como a perturbação elétrica causada pela conexão de baixa impedância entre os condutores de um circuito elétrico alimentado por geradores de tensão, cuja consequência é uma corrente extremamente elevada que atravessa os geradores, podendo causar a destruição (FRAZÃO, 2019).

Segundo a Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL, órgão regulador e fiscalizador no Brasil, por intermédio do anexo VIII da resolução normativa nº 956/2021, descreve as Variações de Tensão de Curta Duração (VTCD) como desvios significativos na amplitude do valor eficaz da tensão durante um intervalo de tempo inferior a 3 minutos (ANEEL, 2021). Os parâmetros das VTCD são especificados pela Tabela 1.

Tabela 1 - Classificação das Variações de Tensão de Curta Duração.

Classificação	Denominação	Duração da Variação	Amplitude da tensão (valor eficaz) em relação à tensão de referência
Variação Momentânea de Tensão	Interrupção Momentânea de Tensão (IMT)	Inferior ou igual a 3 segundos	Inferior a 10%
	Afundamento Momentâneo de Tensão (AMT)	Superior ou igual a 1 ciclo e inferior ou igual a 3 segundos	De 90% a 10%
	Elevação Momentânea de Tensão (EMT)	Superior ou igual a 1 ciclo e inferior ou igual a 3 segundos	Superior a 110%

Fonte: Parcialmente modificada do anexo VIII da resolução normativa nº 956/2021 - PRODIST.

Com tais parâmetros, é possível entender alguns comportamentos de uma LT quando submetida a curtos circuitos. Assim, possibilita o início da construção do modelo IEEE de nove barras, para posteriores análises realizadas com alterações de valores pertinentes em componentes idealizados para a falta, nos quais são capazes de interferir na QEE por meio da VTCD.

3 METODOLOGIA

O curto circuito é o tipo de falta mais comum e também o mais severo que acomete as LTs, provoca perturbações nas quais causam transtornos aos consumidores, logo as análises presente neste trabalho estudam o comportamento destas linhas quando submetidas a esta falta. A busca por compreender fenômenos como este, instiga investigações e análises, cujas quais foram efetuadas de forma virtual e eficiente dentro dos domínios do *software* ATPDraw, de modo que possibilitou a montagem da LT, bem como a aplicação de curtos circuitos no sistema.

3.1 Geração de energia elétrica

Como medida inicial, as fontes de corrente alternada (CA) foram escolhidas para representar simbolicamente as instalações industriais designadas à geração de energia





elétrica. Além disso, algumas características são semelhantes entre as fontes, como por exemplo; a amplitude medida em RMS e a frequência de 60 Hz, a mesma utilizada nas redes que fornecem energia para todo território nacional. As características específicas estão dispostas na Tabela 2.

Tabela 2 - Dimensionamento das fontes de tensão.

Fontes	Amplitude da tensão (KV)	Ângulo de fase
1	17,16	0,0000
2	18	9,3507
3	14,145	5,142

Fonte: Autoria própria.

3.2 Barramentos

Os componentes são ligados por dois tipos de barramento, identificadas como barras *slack* que são conectadas entre os transformadores. As mesmas possuem os valores de tensão referentes aos enrolamentos primários e secundários. Ademais existem as barras PQ, que fornecem a potência ativa (P) e reativa (Q). Os barramentos são utilizados não só para conexões do sistema, como também para portadores de carga fixa, especificando assim o fluxo de potência. As definições dos barramentos são apresentadas na Tabela 3.

Tabela 3 - Barras com carga fixada.

Barras	Tensão (KV)	Potência ativa (P) MW	Potência reativa (Q) MVar
5	132,7905	41.6666	16.6666
6	132,7905	30,0000	10,0000
8	132,7905	33.3333	11.6666

Fonte: Autoria própria.

3.3 Transformadores

Os transformadores de modelo híbrido são os mais adequados, quando comparado a outros modelos disponíveis no software, para estudos de transitórios eletromagnéticos. Além de serem flexível, são os mais qualificados para a inclusão e variação de parâmetros desejáveis nas análises da rede de transmissão. Vale ressaltar, que a ampla capacidade para abrigar a base de dados referentes aos parâmetros e especificações, motivou a escolha de valores típicos de funcionamento dos transformadores para a indutância, resistência, capacitância e núcleo, visto que estes valores satisfazem os ideais estipulados para as simulações. Os dados que modelam os três transformadores conectados nas barras, estão dispostos na Tabela 4.

Tabela 4 - Dimensões dos transformadores.

Transformador	Tensão primária (KV)	Tensão secundária (KV)	Potência (MVA)
1-4	17.160	230	100
2-7	18,000	230	100
3-9	14,145	230	100

Fonte: Autoria própria.

3.4 Linhas de transmissão

As LTs são responsáveis por conduzir energia elétrica de uma ou mais usinas geradoras à grandes centros consumidores. Ou seja, o sistema interligado é uma malha de



linhas que suprem a demanda energética de uma determinada região. As linhas de transmissão selecionadas possuem três parâmetros, sendo elas resistência, indutância, capacitância, que influenciam em seu comportamento como componentes de um sistema de potência.

É importante salientar dois tópicos de suma importância à modelagem, o primeiro é referente a condutância entre condutores de uma linha aérea, que pode ser considerada nula, pois a fuga nos seus isoladores é desprezível. E a segunda, trata do modelo utilizado para a simulação cujos parâmetros são concentrados na modelagem trifásica RLC, PI-equivalente. Os atributos utilizados são apresentados na Tabela 5.

Tabela 5 - Atributos das linhas de transmissão.

Linhas	R0 (Ohm/m)	L0 (mH/m)	C0 (μ F/m)	R+ (Ohm/m)	L+ (mH/m)	C+ (μ F/m)	Comprimento (Km)
LT4-5	$3,63 \times 10^{-4}$	$3,51 \times 10^{-3}$	$6,16 \times 10^{-9}$	$3,58 \times 10^{-5}$	$1,35 \times 10^{-3}$	$8,67 \times 10^{-9}$	52,90
LT5-7	$3,63 \times 10^{-4}$	$3,51 \times 10^{-3}$	$6,16 \times 10^{-9}$	$3,58 \times 10^{-5}$	$1,35 \times 10^{-3}$	$8,67 \times 10^{-9}$	74,06
LT4-6	$3,63 \times 10^{-4}$	$3,51 \times 10^{-3}$	$6,16 \times 10^{-9}$	$3,58 \times 10^{-5}$	$1,35 \times 10^{-3}$	$8,67 \times 10^{-9}$	634,80
LT7-8	$3,63 \times 10^{-4}$	$3,51 \times 10^{-3}$	$6,16 \times 10^{-9}$	$3,58 \times 10^{-5}$	$1,35 \times 10^{-3}$	$8,67 \times 10^{-9}$	846,40
LT8-9	$3,63 \times 10^{-4}$	$3,51 \times 10^{-3}$	$6,16 \times 10^{-9}$	$3,58 \times 10^{-5}$	$1,35 \times 10^{-3}$	$8,67 \times 10^{-9}$	952,20
LT6-9	$3,63 \times 10^{-4}$	$3,51 \times 10^{-3}$	$6,16 \times 10^{-9}$	$3,58 \times 10^{-5}$	$1,35 \times 10^{-3}$	$8,67 \times 10^{-9}$	952,20

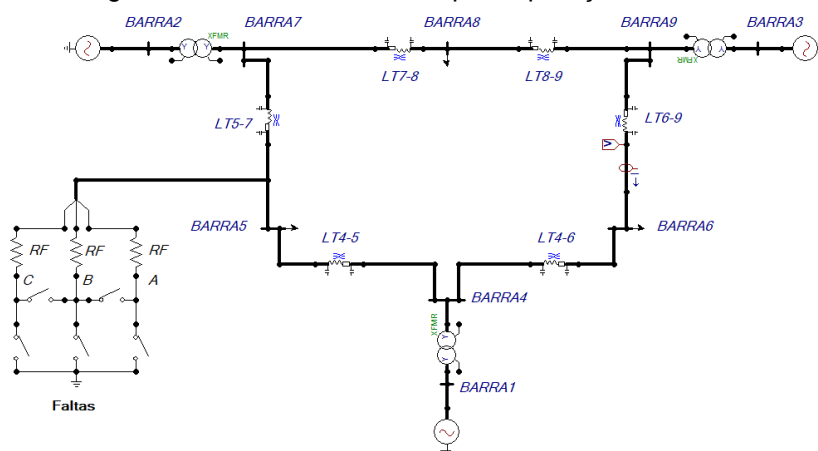
Fonte: Autoria própria.

3.5 Estrutura geral

A estrutura para análise das faltas foi implementada, na barra 5 no trecho da LT5-7. Por meio das conexões entre as chaves e três Resistores de Falta - RF, é possível acionar e controlar o tipo de falta. O sistema possui três fases, nomeadas como A, B e C, e as LTs são referenciadas pela localização dos barramentos. Algumas ferramentas disponíveis no ATPDraw foram necessárias para a aplicação das faltas, como o *Splitter* que transforma um nó trifásico em três nós monofásicos, também o amperímetro e voltímetro para determinar os efeitos provocados pela falta na LT6-9.

Conforme a Figura 01, é apresentado a estrutura do sistema IEEE de nove barras. É possível analisar como os equipamentos e dispositivos virtuais estão devidamente conectados pelas linhas trifásicas.

Figura 01 - LT com a estrutura para aplicação das faltas.

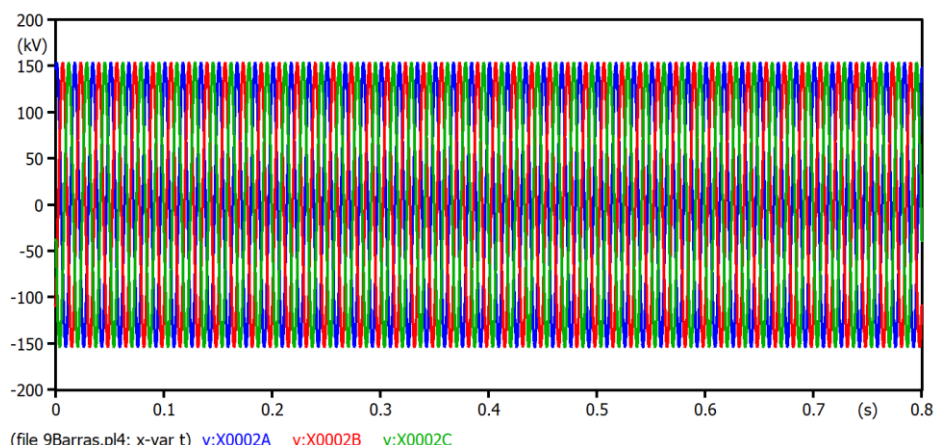


Fonte: Autoria própria.

4 RESULTADOS

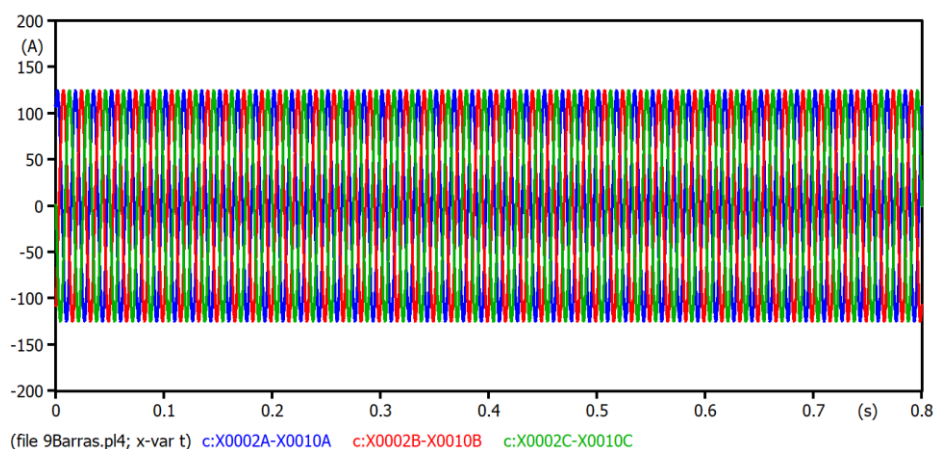
Para análise do sistema teste foi feito o estudo de caso na barra 6 verificando as correntes e a VTCD sem a aplicação de falta, durante 0,8 s é notório a estabilidade da energia fornecida, visto que as amplitudes não apresentaram variações e permaneceram estáveis, como representado pelas Figuras 02 e 03.

Figura 02 - Comportamento eficaz das tensões das fases A, B e C.



Fonte: Autoria própria.

Figura 03 - Comportamento eficaz das correntes A, B e C.



Fonte: Autoria própria.

Como forma de avaliar as figuras de mérito de um dos fatores da QEE, verificou-se a amplitude ou magnitude (V_{Mag}) da VTCD, descrita no anexo VIII da resolução normativa nº 956/2021 referente ao Módulo 8 dos Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional - PRODIST, corresponde ao valor residual ou remanescente (V_{res}) do valor eficaz da tensão em relação à tensão de referência (V_{ref}). Para caráter exploratório dos valores simulados, a Equação (1) foi normalizada para o Sistema Internacional - SI:

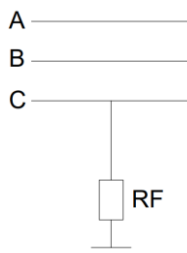
$$V_{Mag} \% = \frac{V_{ref} - V_{res}}{V_{ref}} * 100\% \quad (1)$$



O método implementado assegura as análises, visto que os resultados encontrados são discutidos e avaliados de forma consistente. Dessa forma é possível iniciar a implementação das faltas na LT que seguem os seguintes padrões: 0,1 s após o começo da simulação a chave fecha para que ocorra o distúrbio desejado durante 500 ms e no instante 0,6 s a chave é reaberta até o final da simulação, correspondendo a 0,8 s, tempo suficiente para analisar a VTCD e como as tensões e correntes se reestabelecem.

O curto circuito monofásico envolvendo a fase C com conexão para o terra foi o primeiro a ser analisado, ilustrado pela Figura 04.

Figura 04 - Falta monofásica.



Fonte: Autoria própria.

Ao observar o comportamento das tensões e correntes, principalmente na fase C, é possível analisar matematicamente as amplitudes, conforme a Tabela 6:

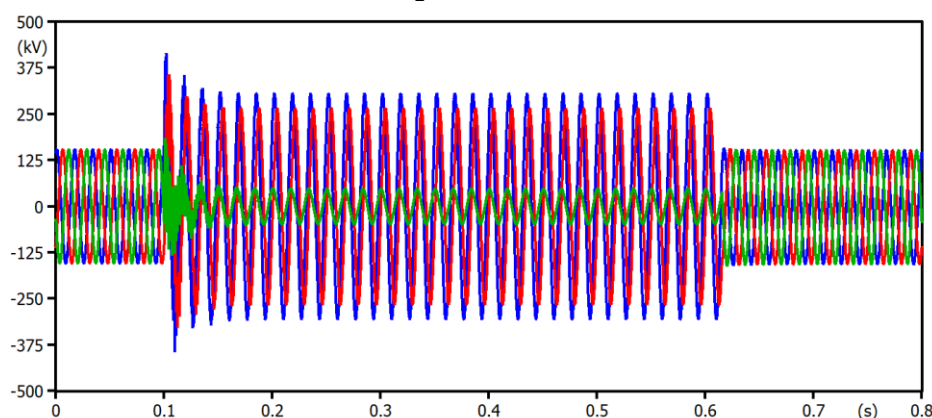
Tabela 6 - Falta monofásica envolvendo a fase C com conexão ao terra (FT).

RF (Ohms)	V _{Mag} (%) - Fase A	V _{Mag} (%) - Fase B	V _{Mag} (%) - Fase C
0,001	-98,88	-73,24	69,18
0,0001	-99,21	-72,78	69,31
0,00001	-99,21	-72,45	69,31

Fonte: Autoria própria.

Como a Equação (1) é realizada para o afundamento de tensão, quando há elevação de tensão, o resultado é dado de forma negativa. Graficamente este comportamento é ilustrado pela Figura 05 que caracteriza a redução repentina da tensão na fase C bem como a elevação das tensões A e B, sentida na LT6-9.

Figura 05 - Comportamento das tensões durante o curto circuito na fase C e com RF igual a 0,001 Ohms.



(file 9Barras.pl4; x-var t) v:X0002A v:X0002B v:X0002C

Fonte: Autoria própria.

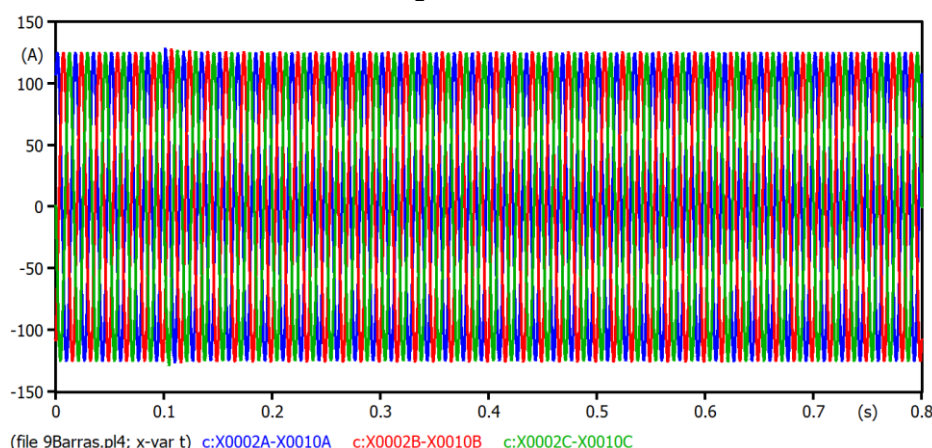




Quando aplicado o curto circuito na fase C para o terra, identificou-se a elevação de aproximadamente 73,24% da tensão na fase B e praticamente o dobro da tensão eficaz caracterizada por uma elevação de 98,88% da fase A. Logo, os valores obtidos a partir de RF igual a 0,001 Ohms, possibilitam observar não só o comportamento das fases quando apenas uma delas está submetida a uma falta, como também o rápido reestabelecimento dos valores normais de funcionamento do sistema quando o curto circuito é interrompido.

Já as respectivas correntes não apresentaram alterações relevantes, apenas pequenas oscilações decorrentes da resistência das LTs, como apresentado na Figura 06.

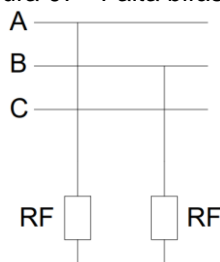
Figura 06 - Comportamento das correntes durante o curto circuito na fase C e com RF igual a 0,001 Ohms.



Fonte: Autoria própria.

O segundo curto circuito foi realizado pelo contato das fases A e B com dois RFs de valores iguais, assim como apresentado pelo esquema a baixo, Figura 07.

Figura 07 - Falta bifásica.



Fonte: Autoria própria.

Em seguida, foi necessário realizar algumas modificações na estrutura para aplicação de faltas bifásicas, de modo que os instantes utilizados para a abertura e fechamento das chaves permanecessem os mesmos, bem como o tempo total de simulação. Os resultados obtidos por análise e uso da Equação (1), estão dispostos na Tabela 7.

Tabela 7- Variação da QEE em uma falta bifásica.

RF (Ohms)	V _{Mag} (%) - Fase A	V _{Mag} (%) - Fase B	V _{Mag} (%) - Fase C
0,1	24,65	22,89	00,00
10	17,10	25,32	00,00
50	2,6	14,47	00,00

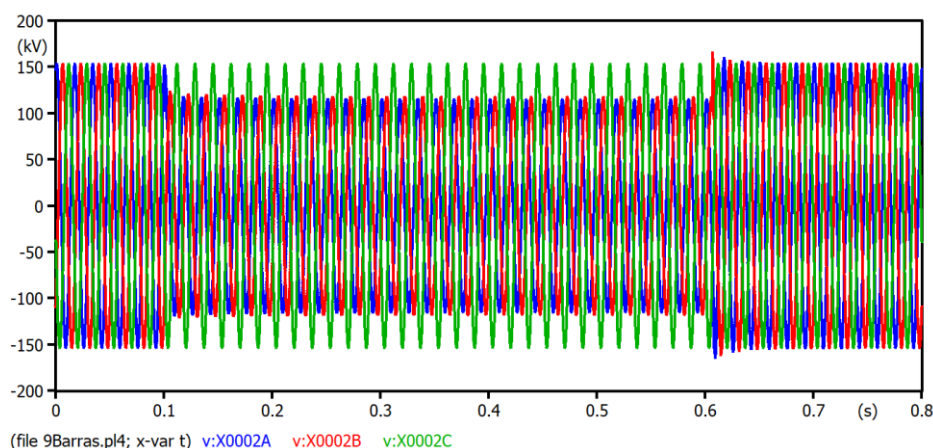
Fonte: Autoria própria.



Observou-se que nestas condições não há elevação de tensão, visto que a fase C permanece praticamente a mesma durante todo o período simulado. Já as fases A e B, intermediadoras do curto circuito, apresentaram afundamentos com magnitudes próximas umas das outras quando os RFs possuem valores pequenos.

Assim, como na perturbação aplicada anteriormente, nesta também não apresenta oposição do sistema em retomar ao comportamento ideal de funcionamento da LT. De forma visual, é possível observar a dimensão do afundamento na Figura 08.

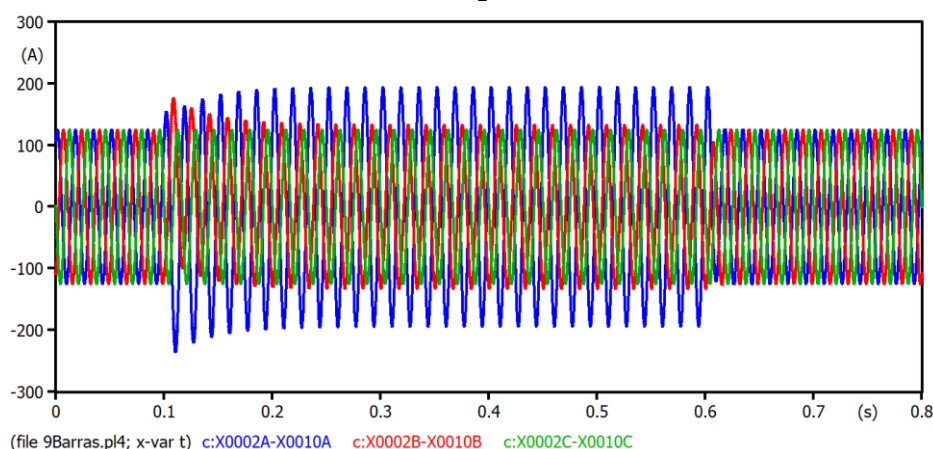
Figura 08 - Comportamento das tensões quando submetidas a uma falta bifásica com RF igual a 0.1 Ohms.



Fonte: Autoria própria.

As alterações crescentes dos RFs, possibilitaram observar a diferença de magnitude no afundamento das fases A e B. Evidenciou-se a crescente disparidade entre as fases que compõem a falta, à proporção que os RFs aumentam. Logo, quando a resistência escolhida é muito pequena não há modificações perceptíveis, mas quando o RF é maior, a diferença de amplitude entre as fases aumenta proporcionalmente. Nesta circunstância, o comportamento das correntes referentes as fases A e B também apresentam distorções relacionadas a amplitude, conforme ilustra a Figura 09.

Figura 09 - Comportamento das correntes quando submetidas a uma falta bifásica com RF igual a 0.1 Ohms.



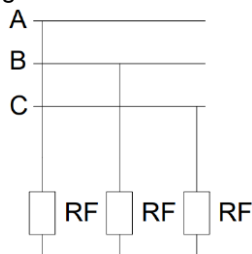
Fonte: Autoria própria.





O terceiro colapso estudado foi a falta trifásica, escolhida para análises da QEE. Este modelo é representado abaixo, pela Figura 10.

Figura 10 - Falta trifásica.



Fonte: Autoria própria.

O contato entre as três fases apresenta um comportamento diferente dos curtos circuitos realizados anteriormente, pois demonstra que cada falta possui suas peculiaridades, como a amplitude das fases após a submissão da falta trifásica, dispostas na Tabela 8.

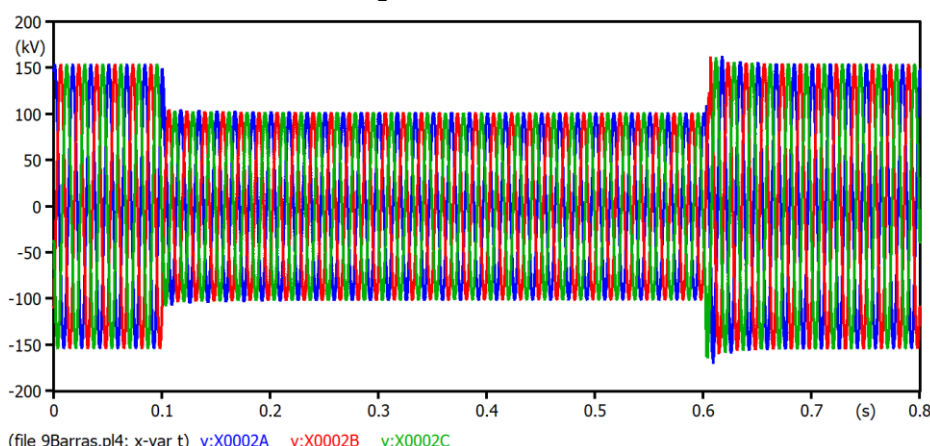
Tabela 8 - Variação da QEE em uma falta trifásica.

RF (Ohms)	V _{Mag} (%) - Fase A	V _{Mag} (%) - Fase B	V _{Mag} (%) - Fase C
0,1	33,88	33,88	33,88
10	29,93	29,93	29,93
60	8,82	8,82	8,82

Fonte: Autoria própria.

Identificou-se que em todas as fases, as magnitudes dos afundamentos de tensão são aproximadamente os mesmos, independentemente da variação dos RFs propostos para a simulação, e como em todos os casos o comportamento do sistema é reestabelecido à normalidade poucos instantes após a finalização do curto circuito. Graficamente, é possível observar estas discussões pela Figura 11.

Figura 11 - Resposta gráfica para as tensões obtida pela falta trifásica com RF igual a 0.1 Ohms.



Fonte: Autoria própria.

Quando a resistência dos RFs aumenta, a tensão de referência se aproxima da tensão eficaz à medida que torna pequena a magnitude do afundamento, como no caso do RF com valor igual a 60 Ohms que proporcionou um afundamento de tensão com

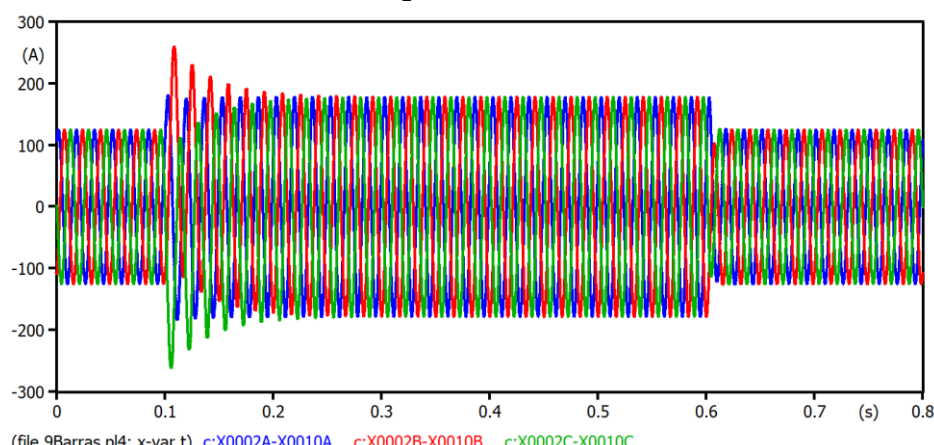




magnitude igual a 8,82% e desse modo não possui amplitude mínima para suprir as definições de um AMT apresentadas anteriormente. Em virtude aos testes realizados, compreende-se que quanto maior o RF, menor a interferência do curto circuito na linha de transmissão e assim fornece uma QEE melhor.

Já as respectivas correntes apresentam distorções no início do curto circuito e são estabilizadas com amplitude elevada até o instante em que a chave é reaberta e a falta é interrompida, em seguida as amplitudes das correntes permanecem normais como ilustrado pela Figura 12.

Figura 12 - Resposta gráfica para as correntes obtida pela falta trifásica com RF igual a 0.1 Ohms.



(file 9Barras.pl4; x-var t) c:X0002A-X0010A c:X0002B-X0010B c:X0002C-X0010C

Fonte: Autoria própria.

Vale ressaltar que os valores dos RFs foram selecionados com intuito de verificar tais comportamentos, sem que haja influência de relatos reais que assumiram as dimensões impostas. Como o estudo é analítico, prevê comportamentos nos cenários estipulados, visto que cada falta apresentada possui particularidades diferentes.

5 CONCLUSÕES

Em consonância às análises supracitadas, decorrentes do recente cenário pandêmico, necessitou-se compreender alguns comportamentos referentes a transmissão de energia elétrica, diante da importância do tema. Os estudos por intermédio de plataformas digitais possibilitaram diálogos e consequentemente a troca de informações, além do uso acessível de recursos tecnológicos como o *software* ATPDraw utilizado para a modelagem. Tais artifícios possibilitaram a aquisição de fontes confiáveis, tanto para sanar questionamentos pertinentes, quanto para instigar novos.

Logo, a precisão e a diversidade de possibilidades presentes no ambiente de modelagem do ATPDraw, asseguraram estudos referentes a QEE em curtas durações, por intermédio das execuções de curto circuito em uma linha de transmissão. O desenvolvimento do trabalho intermediou diversas descobertas, não só pelas aplicações teóricas, como também pelos métodos empíricos, nos quais algumas respostas foram obtidas por tentativas, como por exemplo a resistência da LT. Verificou-se que quanto maior a LT, maior será a sua capacidade de se opor a passagem da corrente elétrica, e consequentemente, maior a perda de energia através da dissipação nos fios. Além das observações referentes a variação dos RFs, escolhidos como forma de compreender o comportamento de transitórios, associados a curtos circuitos em sistemas de transmissão,





visto que houve alteração na amplitude da tensão fornecida no período de ocorrência de falta, à medida que o RF era modificado. Verificou-se que a magnitude depende das características elétricas do sistema, como as impedâncias e a localização do ponto de observação.

Compreende-se que o afundamento de tensão no momento de um curto circuito provoca graves transtornos aos consumidores, como exemplo o torque dos motores, visto que este é proporcional ao quadrado da tensão. Logo, no momento de um curto circuito, o funcionamento pode ser seriamente comprometido, assim como os sistemas de iluminação, computacional e de controle em geral que são particularmente sensíveis a estes afundamentos (SATO; FREITAS, 2015).

Percebe-se que tal problema está diretamente relacionado com consideráveis prejuízos econômicos devido ao mau funcionamento ou até mesmo a queima de equipamentos quando ocorrem distúrbios na tensão (HIRT, 2015). Conclui-se que os estudos relacionados a QEE em linhas de transmissão são de extrema valia, visto que, a energia elétrica é um recurso amplamente utilizado por diversos tipos de consumidores, dispositivos e equipamentos que podem sofrer com a má qualidade do fornecimento energético, bem como o comprometimento da segurança das pessoas diante das consequências proporcionadas pelos curtos circuitos. portanto, o presente trabalho, realizado diante do contexto citado, possibilitou a continuação de estudos e análises sobre transitórios eletromagnéticos em sistemas de potência.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. Anexo VIII da resolução normativa nº 956, de 7 de dezembro 2021. **PRODIST Módulo 8: qualidade do fornecimento de energia elétrica.** Brasil, 2021.

FRAZÃO, R. J. A. **Proteção do sistema elétrico de potência.** Londrina: Editora e Distribuidora Educacional S.A., 2019.

HIRT, Wilson Eduardo Dreissig. **Análise de curto-circuito e afundamentos de tensão em sistemas elétricos de potência: um estudo aplicado à expansão da geração no Rio Grande do Sul.** 2015. Trabalhos de conclusão de curso (Graduação) - Curso de Engenharia Elétrica. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2015. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10183/127658>. Acesso em: 08 abr.2022.

KEMPNER, Thais Regina. **Análise da robustez e da sensibilidade de sistemas de distribuição para a alocação otimizada de medidores frente às variações de tensão de curta duração.** 2016. Tese (Doutorado) – Curso de Engenharia Elétrica. Universidade de São Paulo, São Carlos, 2016. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18154/tde-29072016-163831/publico/Thais.pdf>. Acesso em: 10 abr. 2022.

Manitoba Hydro international Ltda. **IEEE 09 Bus System.** Disponível em: https://www.pscad.com/uploads/knowledge_base/ieee_9_bus_technical_note.pdf. Acesso em: 10 out.2021.





NASCIMENTO, Helder M. A. do; DILLI, Murilo .de. A; SILVA. Jádriel C. da. Tutorial de simulação no software ATPDraw TM do sistema de distribuição IEEE 34 barras. In: Anais Da XIV Conferência Brasileira Sobre Qualidade Da Energia Elétrica, 2021, Online. **Anais eletrônicos**. Campinas, Galoá, 2021. Disponível em: <https://proceedings.science/cbqee-2021/papers/tutorial-de-simulacao-no-software-atpdraw-tm-do-sistema-de-distribuicao-ieee-34-barras>. Acesso em: 13 abr. 2022.

SATO, Fujio; FREITAS, Walmir. **Análise de curto-circuito e princípios de proteção em sistemas de energia elétrica**. 1. ed. Rio de Janeiro: Elsevier. 2015.

MODELING THE IEEE 9 BUS SYSTEM IN ATPDRAW

Abstract: *The Covid-19 Pandemic, caused by the etiological agent SARS-CoV-2, impacted several spheres, among them the conventional teaching methods. One of the consequences was the search for alternatives to supply the absence of face-to-face practices and studies. In this conjuncture, the energy agendas have instigated research related to one of the figures of merit of the electric power quality, whose theme is the main agenda and object of analysis of the present work, once the failure triggers several negative consequences. The free software Alternative Transient Program - ATPDraw was used for the simulation of a nine-bar IEEE model transmission line, for the implementation of short circuits that were classified according to the voltage variation in short durations, according to the National Agency of Electric Energy - ANEEL. As a method to control the period of occurrence of the fault and the amplitude of the disturbances in the transmission lines, it was elaborated circuits switched with resistors by means of the tools available in ATPDraw. The behavior of the voltages and currents at a certain point of the transmission line was evidenced without the application of short circuits. During a fraction of a second, the stability of the supplied power was identified. Short circuits were implemented to the transmission line and it was observed not only the behavior of the phases, when only one of them is subjected to a fault, but also the fast reestablishment of the normal operating values of the system when it was interrupted. It was verified the occurrence in the amplitude changes of the supplied voltage in the fault period, as the short circuit resistance was modified. It was concluded that the amplitude of the supplied voltage, when subjected to a disturbance, depends on the electrical characteristics of the system, such as impedances and the location of the observation point.*

Keywords: Voltage sags, ATPDraw, short circuits, transmission line, power quality.

