

CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA



Universidade Federal
de Campina Grande

MATHEUS PEREIRA GUEDES

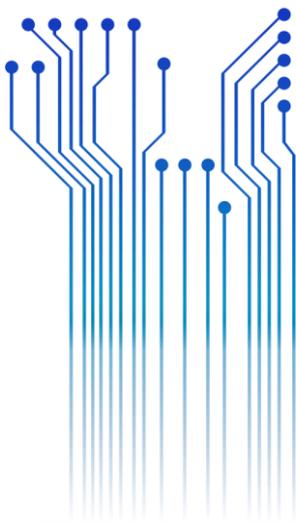


Centro de Engenharia
Elétrica e Informática

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO
ANÁLISE DA EFICIÊNCIA DO PROCESSO DE SOLICITAÇÃO DE ACESSO À REDE DE
TRANSMISSÃO ELÉTRICA NO BRASIL



Departamento de
Engenharia Elétrica



Campina Grande
2023

MATHEUS PEREIRA GUEDES

ANÁLISE DA EFICIÊNCIA DO PROCESSO DE SOLICITAÇÃO DE ACESSO À REDE DE
TRANSMISSÃO ELÉTRICA NO BRASIL

*Trabalho de Conclusão de Curso submetido à
Coordenação do Curso de Graduação em
Engenharia Elétrica da Universidade Federal de
Campina Grande como parte dos requisitos
necessários para a obtenção do grau de
Bacharel em Ciências no Domínio da
Engenharia Elétrica.*

Área de Concentração: Eletrotécnica

Professor Célio Anésio da Silva, D.Sc.
Orientador

Campina Grande
2023

MATHEUS PEREIRA GUEDES

ANÁLISE DA EFICIÊNCIA DO PROCESSO DE SOLICITAÇÃO DE ACESSO À REDE DE
TRANSMISSÃO ELÉTRICA NO BRASIL

*Trabalho de Conclusão de Curso submetido à
Coordenação do Curso de Graduação em
Engenharia Elétrica da Universidade Federal de
Campina Grande como parte dos requisitos
necessários para a obtenção do grau de
Bacharel em Ciências no Domínio da
Engenharia Elétrica.*

Área de Concentração: Eletrotécnica

Aprovado em 06/11/2023

Professor Luiz Augusto Medeiros Martins Nobrega
Universidade Federal de Campina Grande
Avaliador

Professor Célio Anésio da Silva, D.Sc.
Universidade Federal de Campina Grande
Orientador, UFCG

Dedico este trabalho à minha mãe e à memória do meu pai, que formam o alicerce sobre o qual eu construí minha jornada acadêmica. Ao apoio inabalável que me deram, e às lições que me ensinaram.

AGRADECIMENTOS

Neste momento de conclusão, é com profunda gratidão que expresso meu agradecimento primeiramente a Deus, fonte de toda a sabedoria e inspiração.

Agradeço também à minha mãe, Itamiran, que sempre esteve ao meu lado, com amor, apoio e compreensão. Sua dedicação inabalável foi o farol que me guiou ao longo desta jornada acadêmica. Desde o primeiro dia, acreditou em mim, incentivou meus sonhos e me deu forças para continuar.

Com bastante emoção, meu mais sincero agradecimento ao meu amado pai, Manoel, que embora não esteja mais entre nós fisicamente, sempre permanecerá vivo em minha memória e coração. Sua presença, sabedoria e apoio moldaram profundamente a pessoa que sou hoje. Seu exemplo de dedicação, resiliência e amor incondicional continua a inspirar-me a cada dia. Embora não esteja aqui para testemunhar esta conquista, tenho a certeza de que, de alguma forma, sabe o quanto significou para mim e o quanto sinto a sua falta. Este trabalho é uma pequena homenagem ao homem extraordinário que você foi e à influência eterna que exerce sobre minha vida.

Ao meu orientador, o professor Celio Anésio da Silva, que demonstrou uma dedicação excepcional em me guiar nas tarefas diárias. Não apenas aprendi muito sob sua orientação, mas também me inspirou a buscar excelência em minha carreira futura.

Agradeço também a toda minha família e amigos, em especial aos meus amigos Jerfferson Ronaldo, Wilson Vasconcelos, João Wilson, que estiveram ao meu lado durante toda a minha jornada acadêmica.

Enfim, agradeço a todos que de alguma forma, passaram pela minha vida e contribuíram para a construção de quem sou hoje.

*“Arrisque-se: se você
vencer será feliz;
se perder será sábio”*

Peter Kreeft.

RESUMO

O acesso à rede pelo Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS) refere-se à capacidade de geradores de energia elétrica, distribuidoras e outros agentes do setor elétrico conectar suas instalações à rede de transmissão de energia gerenciada e operada pelo ONS. O acesso é fundamental para que diferentes atores do setor elétrico possam fornecer, transmitir e distribuir eletricidade de forma eficaz e segura. Este trabalho busca aprofundar a compreensão do acesso à rede de transmissão de energia elétrica no Brasil, explorando os aspectos-chave que moldam esse acesso, desde os processos que precisam ser realizados até os estudos necessários para a solicitação de acesso à rede. A maneira como as unidades geradoras se conectam à rede pode afetar a estabilidade do sistema elétrico, logo, os estudos realizados pelo ONS garantem que a integração das usinas geradoras seja feita de maneira a manter a estabilidade e a segurança da rede, e evitar interrupções no fornecimento de energia. Para uma melhor compreensão, será apresentado um estudo de caso, retirado de um trabalho de conclusão de curso feito em 2019, com alguns dos estudos necessários durante o processo de solicitação de acesso à rede, que definem se a instalação da usina é viável naquele ponto de conexão.

Palavras-chave: Acesso à rede, Geração de Energia Elétrica, Transmissão de Energia Elétrica, Estabilidade eletromecânica.

ABSTRACT

Access to the network by the National Electric System Operator (ONS) refers to the ability of electrical energy generators, distributors and other agents in the electrical sector to connect their facilities to the energy transmission network managed and operated by the ONS. Access is essential for different actors in the electricity sector to supply, transmit and distribute electricity effectively and safely. This work seeks to deepen the understanding of access to the electricity transmission network in Brazil, exploring the key aspects that shape this access, from the processes that need to be carried out to the studies necessary to request access to the network. The way in which generating units connect to the grid can affect the stability of the electrical system, therefore, studies carried out by the ONS ensure that the integration of generating plants is done in a way that maintains the stability and security of the grid, and avoids interruptions in the Energy supply. For a better understanding, a case study will be presented, taken from a course conclusion work, with some of the studies necessary during the process of requesting access to the network, which define whether the installation of the plant is viable at that connection point.

Keywords: Grid access, Electricity Generation, Electrical Energy Transmission, Electromechanical stability.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Geração média de energia elétrica (MW _{med}) em 2023.	17
Figura 2 - Fluxograma das etapas referentes aos estudos necessários para inserção de uma fonte de energia ao SIN.	25
Figura 3 - Diagrama unifilar exemplo do ANAREDE.	27
Figura 4 - Tipos de curtos-circuitos: (a) Trifásico; (b) Bifásico; (c) Bifásico à terra; (d) Monofásico.	28
Figura 5 - Perfil de tensão durante um curto-circuito: (a) Diagrama unifilar com local de falta; (b) Perfil de tensão no sistema.	28
Figura 6 - Diagrama unifilar de um sistema com curto-circuito no programa ANAFAS.	29
Figura 7 - Interface do programa ANATEM.	31
Figura 8 - Interface do programa HarmZs.	32
Figura 9 - Sistema elétrico em regime normal após a inserção da central geradora eólica fictícia CGE DIAS.	35
Figura 10 - Central geradora eólica fictícia com potência ativa nula.	36
Figura 11 - Perfil de tensão após perda intempestiva da central geradora.	38
Figura 12 - Capacidade da central geradora de fornecer ou absorver reativo no ponto de conexão.	39
Figura 13 - Capacidade da central geradora em fornecer ou absorver reativo na conexão.	39
Figura 14 - Contingência da LT 230 kV Mossoró II – Banabuiú C1.	41
Figura 15 - Contingência da LT 230 kV Russas – Banabuiú C2.	42
Figura 16 - Contingência dupla das LTs Russas – Banabuiú (C1 e C2).	42
Figura 17 - Fluxo de potência continuado.	43
Figura 18 - Curto-circuito fase-terra na barra Mossoró IV sem a presença da central geradora.	45
Figura 19 - Curto-circuito fase-terra na barra Mossoró IV com a presença da central geradora.	46
Figura 20 - Curto-circuito trifásico na barra Mossoró IV sem a presença da central geradora.	47
Figura 21 - Curto-circuito trifásico na barra Mossoró IV com a presença da central geradora.	48

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Produção eólica acumulada em setembro de 2018.....	16
Tabela 2 – Produção eólica acumulada em setembro de 2023.....	16
Tabela 3 – Produção solar acumulada em setembro de 2018.....	16
Tabela 4 – Produção solar acumulada em setembro de 2023.....	16
Tabela 5 – Tipo de acesso ao sistema de transmissão.....	21
Tabela 6 – Estudos de integração do empreendimento às instalações de transmissão...	23
Tabela 7 – Tipos de barras e variáveis.....	26
Tabela 8 – Centrais geradoras que possuem ponto de conexão na SE Mossoró IV.....	34
Tabela 9 – Variações das tensões após perda intempestiva da central geradora.....	36
Tabela 10 – Grupo limite de tensão.....	38
Tabela 11 – Carregamento na LT 230 kV Quixeré – Russas C1 na ocorrência da contingência da LT 230 kV Mossoró II – Banabuiú C1.....	41
Tabela 12 – Carregamento da LT 230 kV Russas – Banabuiú C2.....	42
Tabela 13 – Níveis de curto-circuito para um curto monofásico.....	44
Tabela 14 – Níveis de curto-circuito para um curto trifásico.....	47

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
MME	Ministério de Minas e Energia
MUST	Montantes de Uso do Sistema de Transmissão
ONS	Operador Nacional do Sistema Elétrico
PRODIST	Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional
QEE	Qualidade de Energia Elétrica
SEP	Sistema Elétrico de Potência
SGAcesso	Sistema de gestão dos processos de acesso
SIN	Sistema Interligado Nacional

LISTA DE SÍMBOLOS

CIMD	Capacidade de Interrupção do Menor Disjuntor
GWh	Gigawatt-hora
I _{cc}	Corrente de curto-circuito
kA	Quiloampères
kV	Quilovolt
kW	Quiloampère
MVA	Megavoltampère
Mvar	Megavar
MW	Megawatt
MWmed	Megawatts médios
pu	Por unidade

SUMÁRIO

Agradecimentos	v
Resumo	vii
Abstract.....	viii
Lista de Ilustrações	ix
Lista de Tabelas	x
Lista de Abreviaturas e Siglas	xi
Lista de Símbolos	xii
Sumário.....	xiii
1 Introdução	15
1.1 Objetivos.....	18
1.2 Organização do trabalho	18
2 Acesso à rede	19
2.1 Responsabilidades do ONS.....	19
2.2 Informações gerais	20
2.3 O acesso em 10 passos.....	22
3 Estudos de integração	24
3.1 Fluxo de Potência.....	25
3.2 Curto-circuito.....	27
3.3 Estabilidade Eletromecânica.....	29
3.4 Qualidade de Energia Elétrica	31
4 Estudo de caso	33
4.1 Fluxo de Potência.....	33
4.1.1 Regime Normal de Operação	34
4.1.2 Operação com Potência Ativa Nula	35
4.1.3 Perda Intempestiva da Central Geradora.....	36
4.1.4 Critério de Fator de Potência.....	38
4.1.5 Análise de Contingência (Critério N-1)	40
4.1.6 Sensibilidade de Tensão	43
4.2 Estudos de Curto-circuito	43
4.2.1 Curto-circuito Monofásico	44
4.2.2 Curto-circuito Trifásico.....	46
4.3 Resultados.....	48
5 Considerações Finais	49

Referências	51
ANEXO A– Formulário para integração de uma central geradora eólica.....	53
ANEXO B– Formulário com informações técnicas do consumidor	54

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, o mundo tem testemunhado um aumento significativo na demanda por energia elétrica. Com o crescimento constante da população global, a urbanização acelerada e a crescente dependência de dispositivos eletrônicos em nossas vidas diárias, a necessidade de geração de energia confiável e sustentável atingiu níveis sem precedentes. A eletricidade se tornou a espinha dorsal da sociedade moderna, impulsionando indústrias, alimentando residências e sustentando avanços tecnológicos que estão moldando o futuro. Neste contexto, é essencial analisar como os operadores de sistemas elétricos, como o Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS), enfrentam os desafios inerentes ao aumento da geração de energia e ao acesso à rede elétrica.

O cenário energético mundial tem passado por transformações significativas impulsionadas pela crescente conscientização sobre as mudanças climáticas, buscando fontes de energia mais limpas e a necessidade de reduzir a dependência de combustíveis fósseis. Duas tecnologias emergiram como protagonistas nesse contexto: a energia eólica e a energia solar. O aumento exponencial da geração de energia a partir dessas fontes renováveis tem redefinido o panorama energético global, apresentando soluções para desafios imediatos, como a mitigação das emissões de gases de efeito estufa e a busca por fontes de energia mais sustentáveis. A energia eólica, que aproveita a força dos ventos para gerar eletricidade, e a energia solar, que converte a luz solar direta em eletricidade por meio de painéis fotovoltaicos, têm experimentado um crescimento notável em todo o mundo. Esse aumento vertiginoso na capacidade de geração de energia eólica e solar não só diversificou a matriz energética, reduzindo a dependência de combustíveis fósseis, mas também abriu caminho para sistemas mais limpos e eficientes.

Nas tabelas a seguir, é exposto o aumento da geração atual (2023) de energia eólica e solar no Brasil, quando comparado com o ano de 2018. Pode-se observar, a partir da comparação da Tabela 1 com a Tabela 2, que a geração eólica possuía uma produção anual total acumulada de 32.679,57 GWh e atualmente possui uma produção anual total acumulada de 68.254,71 GWh. Referente à geração solar, a partir da comparação da Tabela 3 com a Tabela 4, é possível observar que anteriormente a geração possuía uma produção anual total acumulada de 1.852,86 GWh e agora possui uma produção anual total acumulada com um valor significativamente superior, totalizando 25.669,54 GWh.

Tabela 1 – Produção eólica acumulada em setembro de 2018.

Subsistema	GWh no Dia	GWh acumulado no Mês até o Dia	GWh acumulado no Ano até o Dia
Norte	4,78	137,14	696,04
Nordeste	132,55	4.275,85	27.885,56
Sul	33,36	550,96	4.097,97
Sudeste/Centro-Oeste	0,00	0,00	0,00
Sistema Interligado Nacional	170,69	4.963,96	32.679,57

Fonte: (ONS, 2023a).

Tabela 2 – Produção eólica acumulada em setembro de 2023.

Subsistema	GWh no Dia	GWh acumulado no Mês até o Dia	GWh acumulado no Ano até o Dia
Norte	7,94	229,40	1.131,33
Nordeste	161,33	7.835,83	63.030,09
Sul	22,87	590,03	4.051,58
Sudeste/Centro-Oeste	0,37	7,11	41,72
Sistema Interligado Nacional	192,50	8.662,37	68.254,71

Fonte: (ONS, 2023a).

Tabela 3 – Produção solar acumulada em setembro de 2018.

Subsistema	GWh no Dia	GWh acumulado no Mês até o Dia	GWh acumulado no Ano até o Dia
Norte	0,00	0,00	0,00
Nordeste	5,23	164,83	1.205,88
Sul	0,00	0,00	0,00
Sudeste/Centro-Oeste	3,46	92,99	646,98
Sistema Interligado Nacional	8,69	257,82	1.852,86

Fonte: (ONS, 2023a).

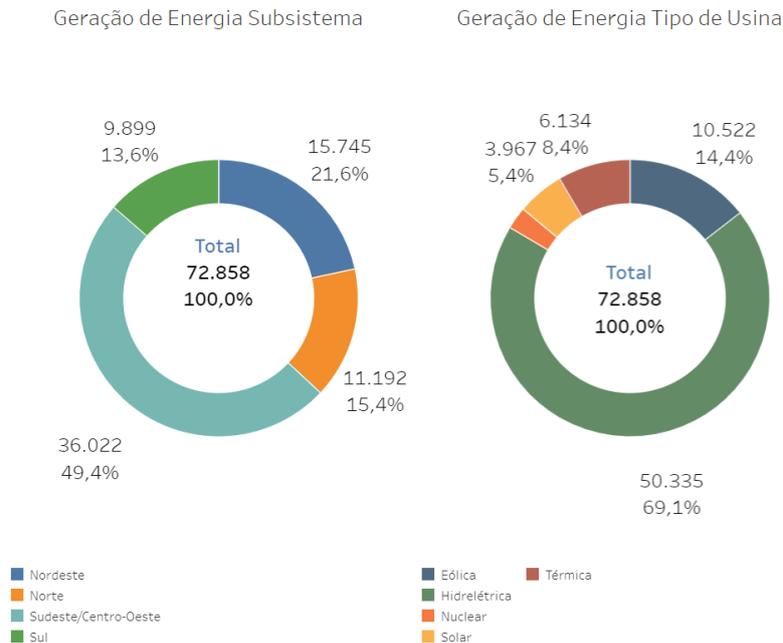
Tabela 4 – Produção solar acumulada em setembro de 2023.

Subsistema	GWh no Dia	GWh acumulado no Mês até o Dia	GWh acumulado no Ano até o Dia
Norte	8,29	244,83	1.120,39
Nordeste	59,68	1.474,48	10.280,17
Sul	24,16	546,53	2.413,05
Sudeste/Centro-Oeste	78,17	2.323,08	11.855,92
Sistema Interligado Nacional	170,30	4.588,93	25.669,54

Fonte: (ONS, 2023a).

Além da geração eólica e solar citadas anteriormente, a matriz energética brasileira também é composta por usinas hidrelétricas, termoeletricas e nucleares. Através da malha de transmissão, os sistemas elétricos são interligados, possibilitando a transferência de energia entre subsistemas, proporcionando a obtenção de ganhos energéticos e também a possibilidade da alternância de escolha de tipos geração ao longo do ano. Na Figura 1, apresenta-se a geração média de energia elétrica no país em 2023.

Figura 1 - Geração média de energia elétrica (MWmed) em 2023.



Fonte: (ONS, 2023a).

Em resumo, o aumento da geração de energia está intrinsecamente ligado à análise do acesso à rede pelo ONS, pois ambas as questões têm um impacto direto na operação, planejamento e sustentabilidade do sistema elétrico nacional. A análise cuidadosa desses elementos é essencial para garantir um suprimento de energia confiável, eficiente e sustentável para a sociedade.

A legislação vigente assegura a todos os agentes do setor elétrico e consumidores livres o acesso aos sistemas de transmissão de concessionário público de energia elétrica. O Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS), conforme estabelecido na regulação do setor, tem entre suas atribuições a responsabilidade de realizar as avaliações de viabilidade sistêmica das solicitações de acesso às instalações de transmissão. Por sua vez, os acessantes devem submeter as suas solicitações ao ONS acompanhadas dos dados e informações para tanto requeridas, algumas de cunho obrigatório, assim como dos correspondentes estudos de integração necessários para a avaliação do Operador. Estes estudos serão abordados mais adiante neste documento.

Regido pela Resolução Normativa ANEEL nº583/2013, o processo de integração de instalações de geração é estabelecido nos submódulos dos procedimentos de rede (ONS, Procedimentos de rede, 2021) e abrange a execução de atividades sob responsabilidade do operador e também dos agentes responsáveis pelas instalações a serem integradas.

1.1 OBJETIVOS

Com base nas premissas citadas anteriormente, este trabalho tem como principais objetivos abordar as etapas do processo de acesso ao sistema de transmissão, com foco nos seguintes princípios:

- Investigar e descrever o papel da Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS) no contexto do acesso à rede elétrica, destacando suas responsabilidades, funções e impacto no setor energético.
- Avaliar as regulamentações e políticas governamentais relacionadas ao acesso à rede elétrica e como elas afetam as operações da ONS e a indústria de energia como um todo.
- Identificar e analisar os desafios associados ao acesso à rede elétrica.
- Analisar as medidas de segurança implementadas pela ONS para garantir a estabilidade e a confiabilidade do sistema elétrico durante o acesso à rede.

1.2 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

Este trabalho está dividido em cinco seções. A primeira é dedicada à introdução e apresentação dos objetivos do trabalho. Na segunda, são apresentados alguns fundamentos referentes ao acesso à rede. Na terceira, são abordados os estudos de integração necessários para integração ao sistema de transmissão. Na quarta, é apresentado um estudo de caso, onde são realizados estudos de integração, bem como as análises a partir desses dados. E por fim, na quinta, são apresentadas as conclusões obtidas a partir dos conteúdos apresentados.

2 ACESSO À REDE

Esta seção se dedica a uma análise detalhada sobre o acesso à rede pela ONS, explorando os desafios, as complexidades e as perspectivas relacionadas a essa questão vital no contexto energético do Brasil. O acesso à rede elétrica refere-se ao processo pelo qual entidades, como geradores de energia, distribuidoras de eletricidade, consumidores e outros agentes do setor elétrico, conectam-se e interagem com a infraestrutura de geração e transmissão de energia elétrica gerenciada pelo ONS. Isso envolve a permissão, controle e coordenação de como esses agentes acessam a rede elétrica para suprir ou consumir eletricidade.

2.1 RESPONSABILIDADES DO ONS

O ONS, além das atribuições que lhe são conferidas na Lei nº 9.648, de 27 de maio de 1998, regulamentada pelo Decreto Presidencial nº 2.655, de 2 de julho de 1998 e pela Resolução ANEEL nº 351, de 11 de novembro de 1998, tem, dentre outras, as seguintes responsabilidades no que concerne ao acesso às instalações de transmissão, conforme Resolução da ANEEL nº 281, de 01 de outubro de 1999 (ONS, Acesso em 10 passos, disposições legais):

- Propor à ANEEL instruções e procedimentos para as solicitações e o processamento do uso do sistema de transmissão;
- Efetuar as avaliações de viabilidade técnica dos requerimentos de acesso, fornecendo aos interessados todas as informações a eles pertinentes;
- Elaborar, em consonância com o planejamento da expansão da geração e do sistema de transmissão, estudos de avaliação técnica e econômica dos reforços da Rede Básica, decorrentes das solicitações de acesso às instalações de transmissão, indicando os reforços locais e regionais necessários;
- Estabelecer, em conjunto com as partes interessadas, as responsabilidades relativas ao acesso, ao sistema de transmissão, observada a regulamentação existente;
- Celebrar, em nome das empresas de transmissão, os contratos de uso do sistema de transmissão e firmar, como interveniente, os contratos de conexão, encaminhando ambos para conhecimento da ANEEL.

2.2 INFORMAÇÕES GERAIS

Quando um novo gerador de energia (como uma usina elétrica), uma distribuidora de eletricidade ou um grande consumidor deseja conectar-se à rede elétrica, eles devem seguir um processo formal de solicitação e aprovação. O ONS é responsável por avaliar essas solicitações e determinar como a nova fonte de geração ou o novo ponto de consumo será integrado à rede.

O ONS é responsável por decidir quais usinas geradoras devem operar em um determinado momento para atender à demanda de eletricidade. Isso é conhecido como "despacho de carga" e envolve tomar decisões em tempo real para manter a estabilidade do sistema elétrico. O órgão também desempenha um papel essencial na coordenação da geração e da transmissão de energia elétrica. Isso envolve a programação da produção de energia das usinas, a transmissão eficiente da eletricidade pelas linhas de transmissão e a garantia de que a demanda de eletricidade seja atendida de maneira confiável. Com a crescente integração de fontes de energia renovável, como a energia solar e eólica, o ONS também desempenha um papel crucial na gestão dessas fontes intermitentes, garantindo que a eletricidade gerada seja efetivamente integrada à rede (Replace, 2023).

O processo de acesso viabiliza a conexão e o uso das instalações de transmissão, assegurando o Livre Acesso. Além disso, está baseado na regulamentação vigente relacionada ao acesso de novos usuários ao Sistema Interligado Nacional – SIN e no procedimento de rede relacionado ao acesso às instalações de transmissão localizado nos procedimentos de rede do ONS, Submódulo 7.1 – Acesso às instalações de transmissão. A principal ferramenta de gestão dos processos de acesso ao SIN para o ONS e para os Agentes é o SG Acesso - Sistema de Gestão dos Processos de Acesso. Essa ferramenta automatiza e integra, em um ambiente online, todas as etapas inerentes aos processos de acesso ao SIN de instalações de geração, distribuição, consumidores livres, importadores e exportadores, desde a solicitação até a emissão dos produtos (Parecer de Acesso, Informação de Acesso, Parecer Técnico para Distribuição, etc.). Os acessantes devem formalizar suas solicitações ao ONS via o SG Acesso informando os dados do empreendimento necessários para a avaliação do Operador (ONS, 2023b).

Podem solicitar acesso:

- Concessionária ou permissionária de distribuição;
- Agente gerador detentor de concessão ou autorização (produtor independente de energia elétrica – PIE ou autoprodutor de energia elétrica) ou detentor de registro emitido pela ANEEL;

- Agente de importação e/ou exportação de energia elétrica autorizado;
- Consumidor livre detentor de Portaria do Ministério de Minas e Energia (MME).

A solicitação de acesso é feita via sistema computacional (SGAcesso) ao ONS, e após a sua admissão é iniciado o processo de acesso ao sistema de transmissão interligado (ONS, 2023b). A solicitação é composta por:

1. Descrição da solicitação.
2. Documentos autorizativos.
3. Dados e informações sobre a conexão, sobre o empreendimento e sobre o acessante.
4. Estudos de integração do empreendimento ao sistema de transmissão.

No que diz respeito às autorizações necessárias para a solicitação de acesso, as mesmas são diferentes para cada tipo de acessante. Para o caso do produtor independente de energia, deve fornecer o Contrato de Concessão ou Resolução Autorizativa da ANEEL ou Portaria do MME ou registro da ANEEL. Se o acessante for consumidor livre ou autoprodutor de energia elétrica com geração menor que sua carga, necessita da Portaria do MME reconhecendo sua conexão como a de menor custo global para o SIN. Para autoprodutor de energia elétrica com geração maior que a sua carga, necessita do Contrato de Concessão ou Resolução Autorizativa da ANEEL ou Portaria do MME. Se for importador e/ou exportador de energia elétrica, necessita da Resolução Autorizativa da ANEEL ou Portaria do MME. Para o caso de Agente de distribuição de energia elétrica, necessita do contrato de concessão ou de permissão (ONS, 2023b).

Segundo (ONS, 2023b), o Módulo 5 das Regras dos Serviços de Transmissão de Energia Elétrica, publicado por meio da Resolução Normativa ANEEL nº 1.001/2022, estabelece e define os Tipos de Acesso ao Sistema de Transmissão e respectivos usuários, bem como quem pode solicitar acesso. Essas informações são explicitadas na tabela a seguir:

Tabela 5 – Tipo de acesso ao sistema de transmissão.

Solicitação de acesso	Quem pode solicitar
Permanente	Todos os tipos de acessantes
Permanente, com solicitação em desacordo com a outorga vigente	Agente gerador

Flexível	Consumidor livre diretamente conectado na Rede Básica; Concessionária ou permissionária de distribuição; Agente de geração com potência instalada na sua central inferior à sua máxima carga própria;
Temporário	Agente de geração com potência instalada superior a sua carga própria, mediante necessidade sistêmica, autorização da ANEEL e sem de contrato de venda de energia elétrica em vigor na CCEE
Reserva de Capacidade	Agente de Geração, para suprimento de carga diretamente conectada às suas instalações de geração
Importação e/ou exportação de energia	Importadores e/ou exportadores de energia elétrica

Fonte: (ONS, 2023b).

2.3 O ACESSO EM 10 PASSOS

O passo 1 da solicitação de acesso é estabelecer o cronograma de entrada em operação do empreendimento, mas caso o acessante já possua ato autorizativo ou registro na ANEEL, o mesmo poderá iniciar o processo a partir do passo 4.

O passo 2 é selecionar o ponto de conexão do empreendimento no sistema de transmissão. Para que isso possa ser feito, o acessante deverá realizar os estudos baseados no mínimo custo global, ou seja, será selecionada a alternativa de conexão que possua menor investimento possível nas instalações, tanto da conexão, como na rede pública.

O passo 3 consiste em obter ato autorizativo ao Poder Concedente para o acesso ou alterar ato autorizativo vigente. Ou seja, a partir da definição do ponto de conexão definido no passo 2, o acessante deve requerer a implantação ao sistema de transmissão do seu empreendimento e da sua conexão. A depender do tipo de acessante, os tipos de documentos necessários para requerer o ato autorizativo são diferentes, ou seja, existem diferenças para os casos onde a carga é maior que a geração, e quando a geração é maior que a carga.

No passo 4 deve ser elaborada a solicitação de acesso, a mesma é composta por:

- Ato autorizativo para o acesso;
- Descrição da solicitação de acesso;
- Estudos de integração do empreendimento;
- Dados e informações.

O ANEXO A deste relatório mostra o formulário que deve ser preenchido para a integração de uma instalação de uma central geradora eólica, de acordo com o módulo 7 do PRODIST – Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional. Já o **Erro! Fonte de referência não encontrada.** desde documento traz um formulário que deve ser preenchido com as informações técnicas do consumidor.

O passo 5 consiste em realizar os estudos de integração do empreendimento ao sistema de transmissão. Estes vão ser melhor abordados em um capítulo mais adiante. O desenvolvimento desses estudos é de responsabilidade do acessante, além dos projetos e também a implantação das instalações de uso exclusivo e de conexão no sistema de transmissão (ONS, Acesso em 10 passos). A seguir, temos a tabela que explicita os estudos necessários em função do tipo de empreendimento a ser instalado.

Tabela 6 – Estudos de integração do empreendimento às instalações de transmissão.

Empreendimento	Estudos necessários
Distribuidora de energia elétrica	<ul style="list-style-type: none"> • O novo ponto de suprimento deve estar recomendado em estudo de planejamento da expansão do sistema elétrico, devidamente respaldado por análises sistêmicas, técnicas e econômicas realizadas ou avaliadas pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE) • Se necessário, o ONS poderá solicitar ao acessante a elaboração dos seguintes estudos em caráter complementar: fluxo de potência; curto-circuito e estabilidade dinâmica, no caso em que há gerador(es) ou motor(es) que possa(m) impactar o desempenho do sistema de transmissão
Consumidor livre ou autoprodutor de energia elétrica	<ul style="list-style-type: none"> • Análise de fluxo de potência; • Análise de curto-circuito; • Análise da estabilidade eletromecânica, no caso em que há geração própria ou motor(es) com potência instalada acima de 5 MW; • Estudo de qualidade de energia elétrica (QEE), no caso em que há cargas com características não lineares nas instalações do acessante.
Central geradora hidrelétrica ou termelétrica	<ul style="list-style-type: none"> • Análise de fluxo de potência; • Análise de curto-circuito; • Análise da estabilidade eletromecânica.
Central geradora eólica ou solar fotovoltaica	<ul style="list-style-type: none"> • Análise de fluxo de potência; • Análise de curto-circuito; • Análise da estabilidade eletromecânica; • Estudo de Qualidade de Energia Elétrica (QEE).

Central Geradora Híbrida (UGH) Central Geradora Associada	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar análises para cada uma das tecnologias de geração utilizadas.
--	--

Fonte: (ONS, Acesso em 10 passos).

No passo 6 devem ser preparados dados e informações sobre o acesso, ou seja, o acessante deve informar o período em que irá ocorrer o uso do sistema de transmissão, e também Montantes de Uso do Sistema de Transmissão (MUST) a serem contratados.

O passo 7 é descrever a solicitação de acesso no sistema computacional SGAcesso. Essa descrição deverá conter:

- Nome do empreendimento, sua localização (município, estado);
- Ponto de conexão no sistema de transmissão objeto da solicitação;
- Data de primeira sincronização (no caso de central geradora) e de entrada em operação comercial;
- Ato autorizativo;
- Nome por extenso do solicitante, com informações para contato;
- Motivação, se foi vencedor de leilão, se veio de estudo sistêmico etc.

No passo 8 deve ser submetida a solicitação de acesso. Esse procedimento é feito também via SGAcesso, sistema computacional do ONS. Deve ser anexado junto à solicitação os estudos, os dados e informações citados anteriormente. Após serem submetidas as informações, o ONS irá avaliar a admissão, verificando o atendimento aos dados, informações e documentos presentes na solicitação.

No passo 9, ocorre o início do processo ao acesso, ou seja, caso não haja impedimentos após o operador receber a solicitação, o mesmo elabora e emite o Parecer de Acesso. Caso haja impedimentos, o processo é interrompido e o acessante é informado sobre a justificativa do ocorrido via SGAcesso. O passo 10, serve somente para o caso de haver impedimentos, pois os mesmos deverão ser corrigidos para que seja emitido o Parecer de Acesso. Se no passo 9 não houver impedimentos, o Parecer de Acesso já é emitido neste momento, e o acessante já possui o poder do acesso à rede.

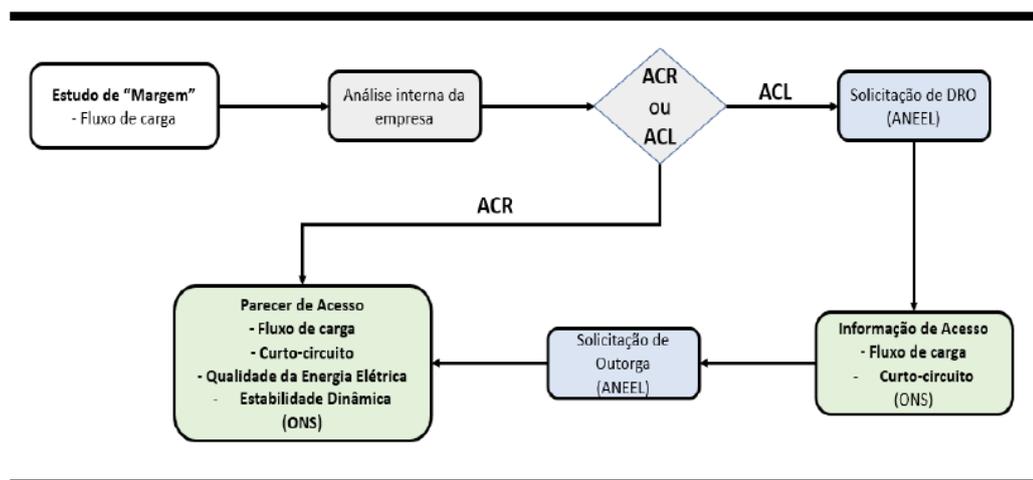
3 ESTUDOS DE INTEGRAÇÃO

Como já foi citado no item 2.3, a análise do ponto de conexão de uma fonte de geração de energia elétrica no Sistema Interligado Nacional (SIN) é feita em etapas, e para que seja feita a verificação do impacto do empreendimento à rede elétrica, é necessário apresentar uma série de estudos de integração ao ONS para o pedido de solicitação de acesso à rede. As diretrizes para os estudos podem ser encontradas nos submódulos dos procedimentos de rede do site do ONS (ONS, Procedimentos de rede, 2021). Com foco nas gerações do tipo eólica e solar, os estudos que precisam ser realizados e serão vistos nesta seção são:

- Análise de Fluxo de Potência;
- Análise de curto-circuito;
- Estudos de estabilidade eletromecânica;
- Estudo de Qualidade de Energia Elétrica.

Esse processo é dividido em duas etapas: a Informação de Acesso, que necessita da realização da análise de fluxo de potência e a análise de curto circuito, e o Parecer de Acesso, que além dos estudos de fluxo de potência e curto-circuito, também necessita dos estudos de estabilidade eletromecânica e o estudo de qualidade de Energia Elétrica. Na Figura 2, será apresentado um fluxograma que mostra as etapas da solicitação de acesso, relacionadas com os tipos de estudos.

Figura 2 - Fluxograma das etapas referentes aos estudos necessários para inserção de uma fonte de energia ao SIN.



Fonte: (Alves, 2021).

3.1 FLUXO DE POTÊNCIA

Para realizar uma análise de um Sistema Elétrico de Potência (SEP), podemos utilizar o estudo de fluxo de potência. Através dele, é possível calcular os elementos que compõem o sistema, ou seja, as variáveis de tensão, ângulo, potência ativa, potência reativa. Para que sejam feitas essas análises, inicialmente, supomos que o sistema é estático, dessa forma são ignorados os efeitos transitórios. Por isso, também se dá o nome de análise em regime ou estática do sistema. A finalidade do método é o planejamento do sistema elétrico, como uma forma de garantir qualidade de energia, segurança e também o cumprimento das demandas energéticas (MONTICELLI, 1983).

Nesse tipo de análise, considera-se que a rede trifásica é equilibrada e utilizamos um conjunto de equações próprias a fim de implementação computacional. O diagrama da rede é de sequência positiva e os dados elétricos possuem valores por unidade (pu).

De modo resumido, os estudos são feitos a fim de simular várias situações e operações do sistema, situações de contingência, como a perda de um transformador ou até mesmo de uma linha. Podemos também inserir novos geradores ao sistema, simular variações de carga, entre outros arranjos possíveis.

No que diz respeito aos dados, as cargas ao invés de serem representadas em termos de impedância, são representadas em termos de potência. Os geradores são representados como fontes de potência, ao invés de fontes de tensão ou corrente. Como podemos ver na Tabela 7, os tipos de barramentos são classificados de acordo com as variáveis que são especificadas e quais delas são incógnitas. Temos que o índice “k” significa a barra que está sob análise e também que as variáveis P, Q, V e δ se referem à potência ativa, potência reativa, módulo da tensão e ângulo da barra, respectivamente (STEVENSON, 1986).

Tabela 7 – Tipos de barras e variáveis.

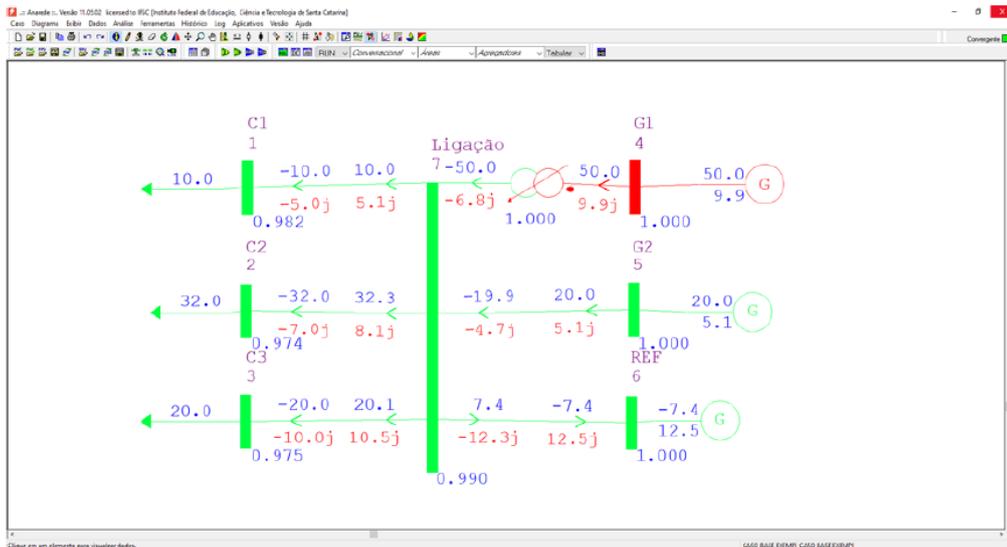
Tipo de barra	Variáveis especificadas	Variáveis a especificar
Carga (PQ)	Pk e Qk	Vk e δ k
Tensão controlada (PV)	Pk e Vk	Qk e δ k
Balanço (swing)	Vk e δ k	Pk e Qk

Fonte: (STEVENSON, 1986), adaptado.

O cálculo do fluxo de potência será mais complexo, cada vez que o sistema analisado for maior. A análise manual seria impossível, se levarmos em consideração que os cálculos

deveriam ser feitos com várias barras. Por isso, a análise é realizada com *softwares* específicos para tal estudo. Para o estudo do fluxo de potência, no Brasil, o *software* mais utilizado é desenvolvido pelo Centro de Pesquisa de Energia Elétrica (CEPEL, 2023), cujo nome é ANAREDE (CEPEL, ANAREDE - Análise de sistemas elétricos de potência em regime permanente, 2023a). Na Figura 3, apresenta-se um exemplo de diagrama unifilar representado no *software* ANAREDE:

Figura 3 - Diagrama unifilar exemplo do ANAREDE.



Fonte: (DOMINGUES, 2021).

3.2 CURTO-CIRCUITO

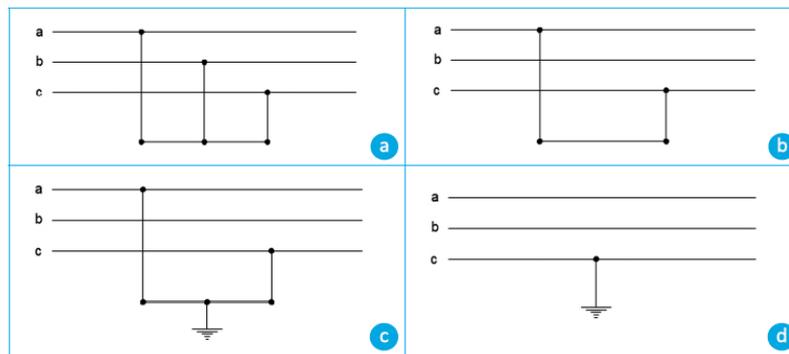
Os sistemas de energia elétrica (SEP) geralmente operam em regime permanente, que é a condição normal de operação. No entanto, mesmo que os equipamentos, as linhas, as subestações etc., sejam construídos com excelência, e mesmo que a manutenção dos equipamentos seja feita de forma eficaz, sempre poderá haver falhas que levarão o sistema a um estado de curto-circuito. Durante esse período, ocorrem sobrecorrentes e sobretensões. Após a correção dessas falhas, o sistema retorna ao seu estado normal, geralmente em uma configuração diferente, ou seja, sem uma determinada linha, transformador ou gerador, ou até mesmo vários desses equipamentos (BICHELS, 2018).

Todo e qualquer sistema estará sempre sujeito à ocorrência de curtos-circuitos em qualquer um dos seus componentes e deverá, portanto, estar devidamente preparado para detectar, suportar e ter condições de eliminar, o mais rápido possível, os curtos-circuitos que

causam a circulação de grandes correntes nos equipamentos, isto porque se estas correntes permanecerem durante muito tempo (milissegundos ou segundos) circulando nos equipamentos, irão destruí-los podendo também colocar em risco a vida de pessoas (BICHELS, 2018).

Existem diferentes tipos de curtos-circuitos, podendo ser trifásico, bifásico (fase-fase), trifásico à terra, bifásico à terra (fase-fase-terra) e monofásico (fase-terra). Estes podem ocorrer em qualquer local do sistema, entre dois pontos energizados, entre um ponto energizado e a terra (BICHELS, 2018). Na Figura 4, ilustram-se os possíveis tipos de curtos-circuitos:

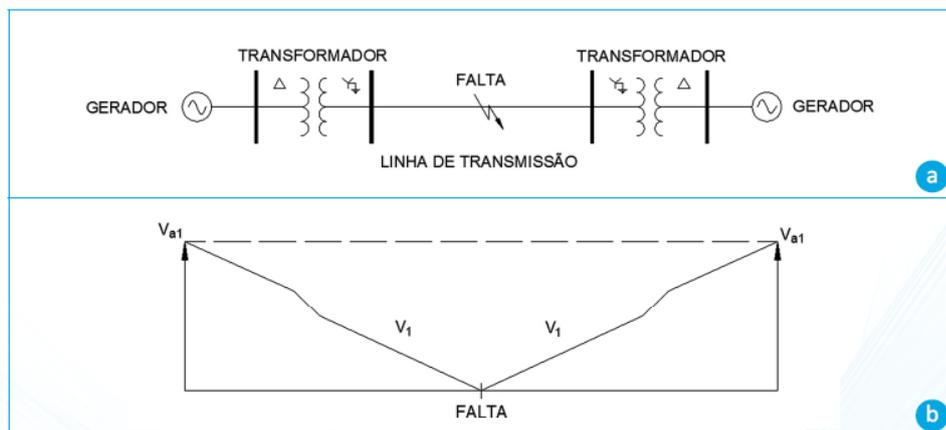
Figura 4 - Tipos de curtos-circuitos: (a) Trifásico; (b) Bifásico; (c) Bifásico à terra; (d) Monofásico.



Fonte: (BICHELS, 2018).

Existem algumas classificações para os curtos-circuitos, das quais podemos destacar dois tipos: simétricos e assimétricos. No caso dos simétricos, acontecem quando existe o contato entre as três fases do sistema com impedâncias iguais em todas as fases. Já no caso dos assimétricos, envolvem somente uma fase (fase-terra) ou duas fases (fase-fase-terra) (Filho, 2023). Na Figura 5, mostra-se o perfil de tensão durante um curto-circuito:

Figura 5 - Perfil de tensão durante um curto-circuito: (a) Diagrama unifilar com local de falta; (b) Perfil de tensão no sistema.

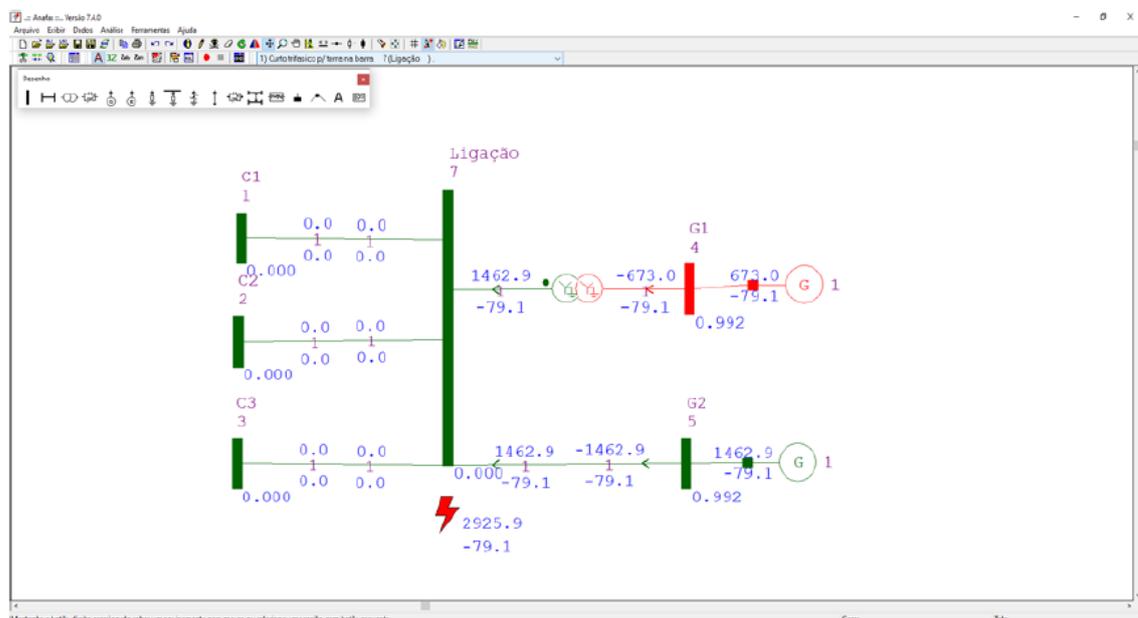


Fonte: (BICHELS, 2018).

No Brasil, conforme determinam os procedimentos de rede da ONS, o software utilizado para os estudos de curto-circuito é o ANAFAS (CEPEL, ANAFAS: Análise de faltas simultâneas) desenvolvido e mantido pela CEPEL (CEPEL, 2023). Com o seu uso, é possível a realização de estudos automáticos de superação de disjuntores, obtenção de equivalentes e também o cálculo de níveis de curto-circuito. Também possibilita a execução de um grande número de simulações de curto-circuito, orientadas a partir de pontos de monitoração. A criação do programa serviu para aumentar a eficiência e robustez do sistema, de forma que fosse melhorado o planejamento futuro da expansão do sistema, pois, a partir do seu uso, é possível a simulação de diversos cenários diferentes.

Na Figura 6, apresenta-se um exemplo de diagrama unifilar construído no programa, que contém seis barras, dois geradores e um transformador, e com um curto-circuito sendo aplicado na barra central.

Figura 6 - Diagrama unifilar de um sistema com curto-circuito no programa ANAFAS.



Fonte: (DOMINGUES, 2021).

3.3 ESTABILIDADE ELETROMECCÂNICA

Um sistema elétrico é constituído por uma ampla quantidade de máquinas síncronas. Estas máquinas geram energia elétrica para suprir as cargas dos consumidores, que estão

espalhados por todo o sistema. Os geradores estão ligados às cargas através das linhas de transmissão e transformadores. Para que o sistema funcione perfeitamente, é necessário que os geradores e as cargas estejam conectados de forma contínua, garantindo o fornecimento constante das cargas, com as mesmas condições de tensão e frequência. Além disso, é preciso atender às condições do regime permanente, onde a soma das potências das cargas mais as perdas deve igualar a soma das potências geradas pelas usinas (BICHELS, 2018):

$$\sum P_{gerada} = \sum P_{carga} + \sum P_{perdas}. \quad (1)$$

Durante a operação do sistema elétrico, a carga varia constantemente com pequenos incrementos ou decrementos. Para uma relação equilibrada entre a potência gerada e a potência consumida pelas cargas, levando em consideração as perdas, para compensar o aumento de cargas deve ser realizado um aumento na geração. De maneira contrária, caso haja uma diminuição na potência consumida pela carga, deve haver uma redução na potência gerada.

Quando ocorre um grande distúrbio no sistema, resultando em oscilações duradouras e pouco controladas, é imprescindível que as forças reparadoras das máquinas atuem para amortecer essas oscilações, garantindo a estabilidade do sistema em um regime dinâmico. Se houver a perda de sincronismo entre as máquinas em um sistema elétrico, podem acontecer perda de geração, oscilações de tensão, desligamento de cargas, separação de sistemas em vários subsistemas, desligamentos de linhas de transmissões essenciais, degradação de partes mecânicas em máquinas e até mesmo colapso em todo o sistema. Para que ocorram essas adversidades, é necessário que se faça um estudo de estabilidade eletromecânica adequado.

Para o caso dos estudos de estabilidade, conforme os procedimentos de rede da ONS (ONS, Procedimentos de rede, 2021), é utilizado o *software* ANATEM. O ANATEM é um programa computacional para simulações dinâmicas, visando à análise da estabilidade de sistemas de potência de grande porte frente a grandes distúrbios, como curtos-circuitos ou queda de linhas de transmissão. Destaca-se por sua robustez, pela modelagem de controladores personalizada pelo usuário (CDU) e pelo desenvolvimento de modelos adequados a particularidades do sistema elétrico brasileiro. Na Figura 7, apresenta-se a interface do programa (CEPEL, ANATEM: Análise de Transitórios Eletromecânicos).

Figura 7 - Interface do programa ANATEM.

```

Anatem 12.0.0
Arquivo Editar Exibir Simulação Ferramentas Janela Ajuda
caso.stbx PLT MAQ 0319.DAT HVDC_FOZ_IBIUNA_DLOC.dat BMTE_BP1_SEP_v8.cdu HVDC 0319.DAT Ufv SIN 0319.dat FACTS 0319.DAT EOL SUL 0319.dat EOL NE 0319.dat
54 DAT \BDados\Plotagem\PLT USUARIO 0319.DAT
55 ( DAT \BDados\Plotagem\PLT HVDC 0319.DAT
56 DAT \BDados\Plotagem\PLT MAQ 0319.DAT
57 ( DAT \BDados\Plotagem\PLT EOL SUL 0319.DAT
58 ( DAT \BDados\Plotagem\PLT EOL NE 0319.DAT
59 ( DAT \BDados\Plotagem\PLT Ufv 0319.DAT
60 ( DAT \BDados\Plotagem\PLT FACTS 0319.DAT
61 ( DAT \BDados\Plotagem\PLT FLUXBR 0319.dat
62 (
63 MIIF
64 999999
65 (
66 (
67 ( Eventos
68 (
69 (
70 DEVT IMPR
71 (Tp) (Tempo) (El) (Pa) (Nc) (Ex) (%) (ABS) Gr Und (Bl)P (Rc) (Xc) (Bc) (Defas)
72 APCC .1 7300
73 ABCI .2 7300 5437 1
74 RMCB .2 7300
75 999999
76 (
77 (
78 ( Dados de Execução da Simulação e intervalo de plotagem
79 (
80 (
81 DSIR
82 ( Imax) (Stp) (P) (I) (F)
83 30.0 .001 11
84 (RELA BOTM)
Ln 92, Col 17 DOS NUM SCRL

```

Fonte: (CEPEL, ANATEM: Análise de Transitórios Eletromecânicos).

Podem-se modelar os seguintes equipamentos no ANATEM:

- Cargas dinâmicas;
- Transformadores, incluindo os comutadores (OLTC);
- Máquinas de Indução;
- Máquinas Síncrona;
- Geradores Eólicos Convencionais;
- Geradores Genéricos (Eólicos não-convencionais e Fotovoltaicos);
- Elos de Corrente Contínua LCC;
- Compensadores Estáticos;
- Equipamentos FACTS VSI;
- Controladores e Reguladores, customizados pelo usuário (CDU);
- Proteções (Relés) e Sistemas Especiais de Proteção (SEPs).

3.4 QUALIDADE DE ENERGIA ELÉTRICA

A avaliação da qualidade da energia elétrica estuda os efeitos causados pela conexão de parques eólicos e usinas fotovoltaicas, com foco em analisar as distorções harmônicas de tensão no Ponto de Acoplamento Comum (PAC) com a Rede Básica do Sistema Interligado Nacional (SIN). Problemas como cabos inadequados, aterramento incorreto, desequilíbrio de carga ou

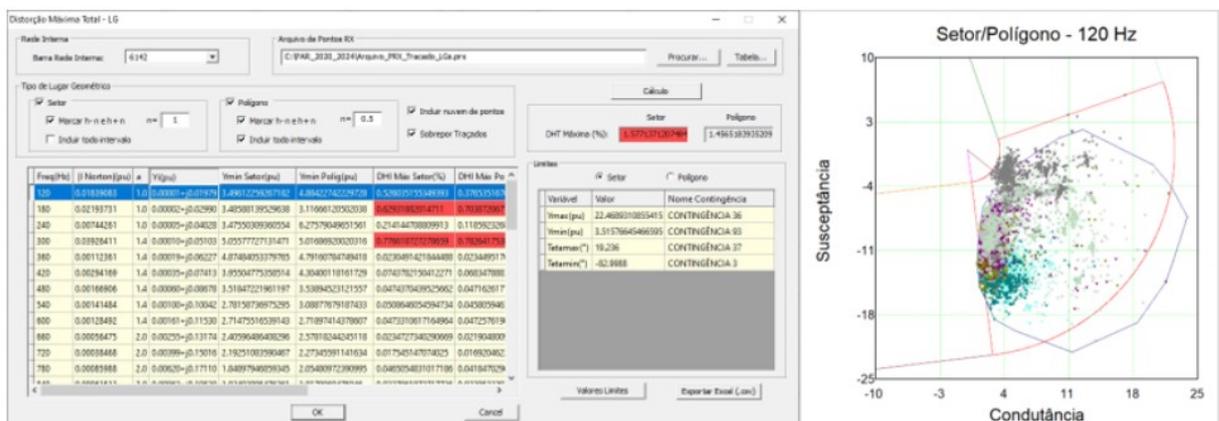
equipamentos mal dimensionados podem resultar na propagação de ruídos elétricos pelo sistema, o que pode comprometer a qualidade da energia. O termo “Qualidade da Energia Elétrica” (QEE) pode incluir uma gama de fenômenos, abrangendo áreas de interesse de sistemas da energia elétrica, até problemas relacionados com a comunicação em redes de transmissão de dados, a depender do país e órgão normatizador, que regulamenta o assunto (Teixeira, 2020).

No Brasil, o software mais utilizado para estudos de QEE é o HarmZs. Esse programa, desenvolvido e mantido pelo CEPEL (CEPEL, 2023), permite a análise do comportamento harmônico e modal das redes elétricas. Nele, é possível estudar o sistema como um todo e também em situações de contingência operacionais simples, não simultâneas (critério N-1), a partir do PAC e vizinhanças próximas. O HarmZs possui várias funcionalidades, incluindo a geração automática de contingências por meio de uma interface específica para essa tarefa.

Podem ser destacados como os principais usuários dos *softwares* ANAREDE, ANAFAS, ANATEM e HarmZs: entidades setoriais, como Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS) e Empresa de Pesquisa Energética (EPE); Ministério de Minas e Energia (MME); empresas do grupo Eletrobras; agentes de geração, transmissão e distribuição; grandes consumidores industriais; produtores independentes; universidades (versões acadêmicas); empresas de consultoria (CEPEL, 2023).

Na Figura 8, apresenta-se a interface do *software* HarmZs que é utilizada para o cálculo das máximas distorções de tensão e traçado dos lugares geométricos de admitâncias.

Figura 8 - Interface do programa HarmZs.



Fonte: (CEPEL, HarmZs: Estudos de Comportamento Harmônico e Análise Modal de Redes Elétricas)

4 ESTUDO DE CASO

De acordo com o que foi citado na terceira seção, onde foram abordados os estudos necessários para integração, para a elaboração da informação de acesso, são necessários os estudos de fluxo de carga e curto-circuito. E, para elaboração da solicitação de acesso, além desses dois estudos, são necessários os estudos de estabilidade eletromecânica e qualidade de energia elétrica.

Nesta seção, para que seja possível um melhor entendimento sobre os estudos necessários para a solicitação de acesso à rede, serão apresentadas e realizadas as análises referentes a um estudo de caso, onde será simulado a implementação de um parque eólico fictício e realizados os devidos estudos de acesso necessários para a Informação de Acesso, ou seja, fluxo de potência e curto-circuito. Os estudos necessários para a solicitação de acesso, ou seja, estabilidade eletromecânica e qualidade de energia elétrica, não serão abordados nesta seção. As simulações apresentadas foram elaboradas para um trabalho de conclusão de curso, elaborado por Paulo Vítor da Silva Dias (Dias, 2019).

4.1 FLUXO DE POTÊNCIA

Através do *software* ANAREDE (CEPEL, ANAREDE - Análise de sistemas elétricos de potência em regime permanente, 2023a) é possível realizar estudos de fluxo de potência. De acordo com os dados da ONS, o cenário com as premissas gerais e também de análise de acesso no horizonte 2020 são:

- Cenário Nordeste exportador, patamar de carga média: $NEEXP * 2020 * MÉDIA * EXPNE = 5.500 \text{ MW} * FNNE = -4.049 \text{ MW} * FSENE = -1444 \text{ MW}$.

Considerando 100% da potência nominal despachadas pelas unidades geradoras que possuem ponto de conexão na SE Mossoró IV, os valores de despacho analisados foram alterados para 100% da potência nominal, como podemos ver na Tabela 8:

Tabela 8 – Centrais geradoras que possuem ponto de conexão na SE Mossoró IV.

Parque eólico	BARRA	Despacho 100%	NEEXP MÉDIA
EOL. Santo Inácio	6659	98,7	69
CGE DIAS	6094	75,6	52,8

Fonte: (Dias, 2019).

Os restantes parques eólicos e solares, são considerados de acordo com o cenário de referência fornecido pelo ONS como sendo:

- 90% da capacidade nominal de geração das usinas fotovoltaicas;
- 75% da capacidade nominal nas usinas eólicas localizadas no interior;
- 70% da capacidade nominal nas usinas eólicas localizadas no litoral.

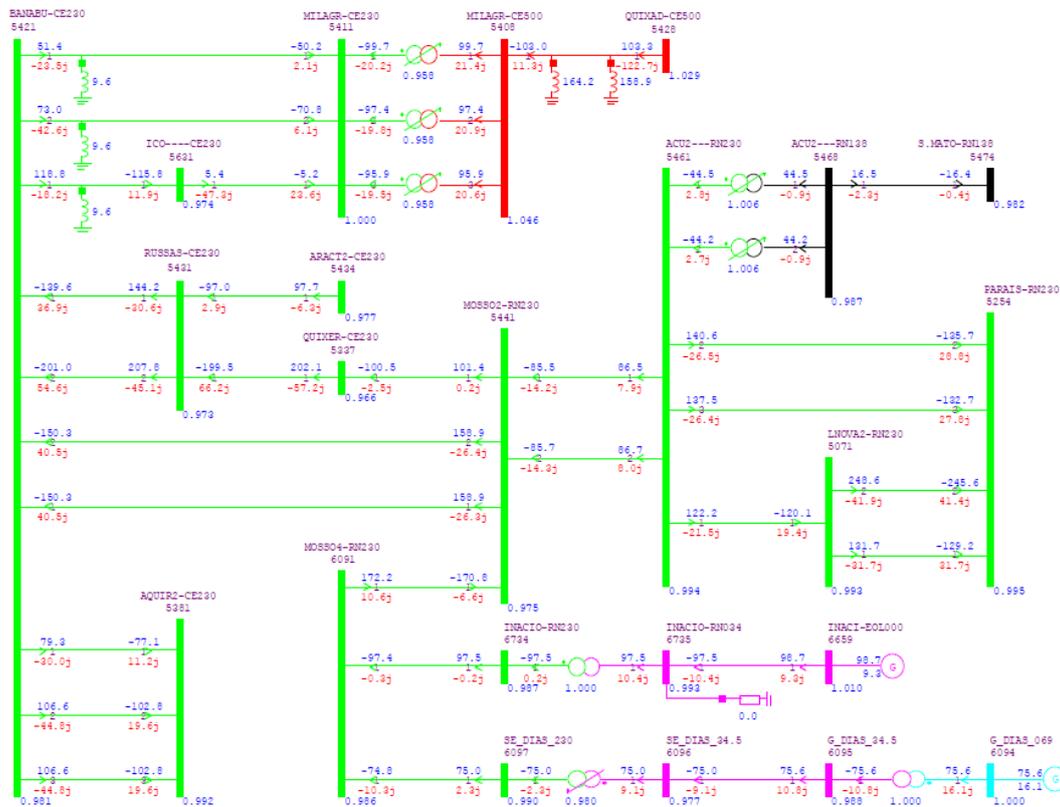
Os procedimentos de rede da ONS, mais precisamente no submódulo 2.10, afirmam que os estudos de fluxo de potência necessários são (ONS, Procedimentos de rede, 2021):

- Regime normal de operação;
- Operação com potência ativa nula;
- Perda intempestiva da central geradora;
- Atendimento ao critério de fator de potência;
- Análise de contingência (Critério N-1);
- Limite de estabilidade estática de tensão.

4.1.1 REGIME NORMAL DE OPERAÇÃO

Através do caso base fornecido pelo ONS, foi inserida a central geradora eólica fictícia de nome CGE DIAS, possuindo ponto de conexão na SE Mossoró IV. Também vale salientar que foi utilizado o cenário nordeste exportador patamar de carga média no horizonte 2020, como mencionado no capítulo 4. A Figura 9, ilustra o perfil de tensão nas barras da rede básica, a partir dos dados fornecidos, bem como o carregamento das linhas de transmissão que estão próximas ao ponto onde foi adicionada a central geradora.

Figura 9 - Sistema elétrico em regime normal após a inserção da central geradora eólica fictícia CGE DIAS.

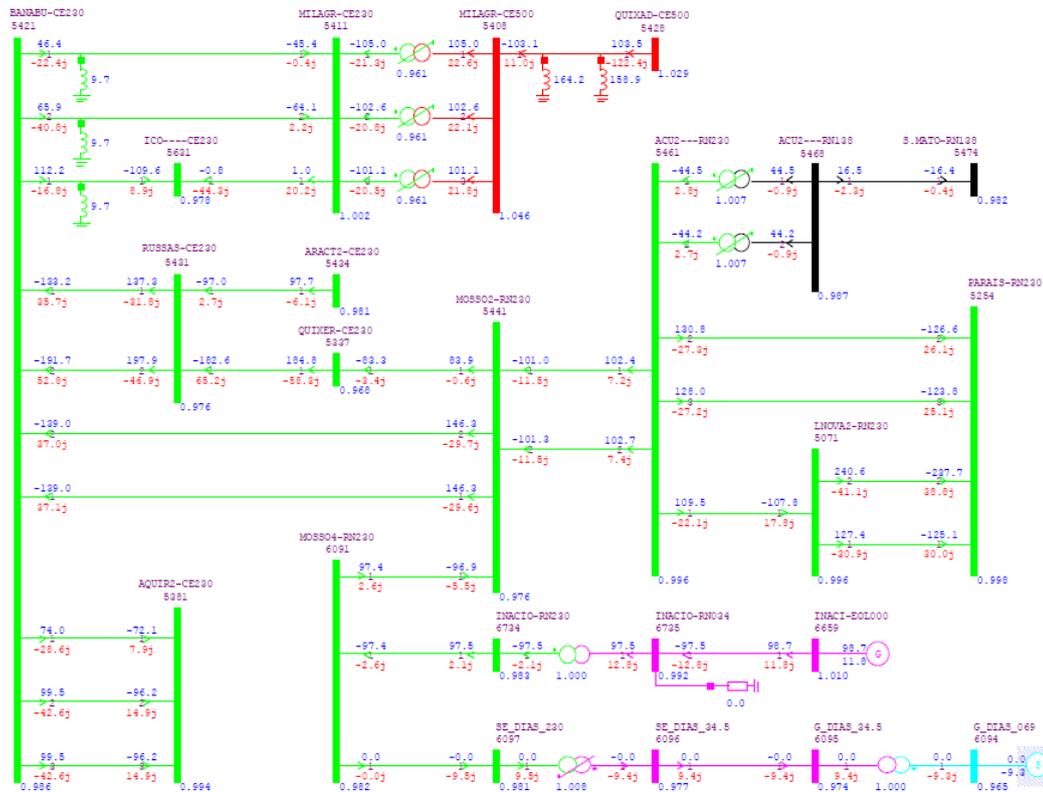


Fonte: (Dias, 2019).

4.1.2 OPERAÇÃO COM POTÊNCIA ATIVA NULA

Quando os geradores da central não entregarem a devida potência ativa suficiente, a central geradora deve ter recursos de controle para entregar ao SIN a sua capacidade de geração ou de absorção de potência reativa, de forma que o requisito mínimo de propiciar injeção ou absorção nula ao ponto de conexão seja observado. Essa compensação reativa será com o uso da capacidade de geração e da absorção dos aerogeradores que fazem parte da central. Na Figura 10, ilustra-se a operação do parque eólico com potência ativa nula no cenário apresentado e é possível perceber que a central geradora absorve 9,3 Mvar para que a injeção de reativo no ponto de conexão seja nula.

Figura 10 - Central geradora eólica fictícia com potência ativa nula.



Fonte: (Dias, 2019).

4.1.3 PERDA INTEMPESTIVA DA CENTRAL GERADORA

Caso haja a perda intempestiva da central geradora, ou seja, uma perda imprevisível, não poderá haver variação de tensões acima de 5% em relação ao valor normal. Para a análise dessa questão, foi feita a simulação da perda intempestiva da central geradora, considerando os TAPs dos transformadores fixos. Na Tabela 9, apresenta-se a comparação dos dados nos casos em que o sistema está em operação normal e o caso em que ocorre a perda intempestiva da central geradora. Comparando esses valores, é possível afirmar que a variação de tensão após a perda não ultrapassa o limite de 5% que é estabelecido nos procedimentos de rede.

Tabela 9 – Variações das tensões após perda intempestiva da central geradora.

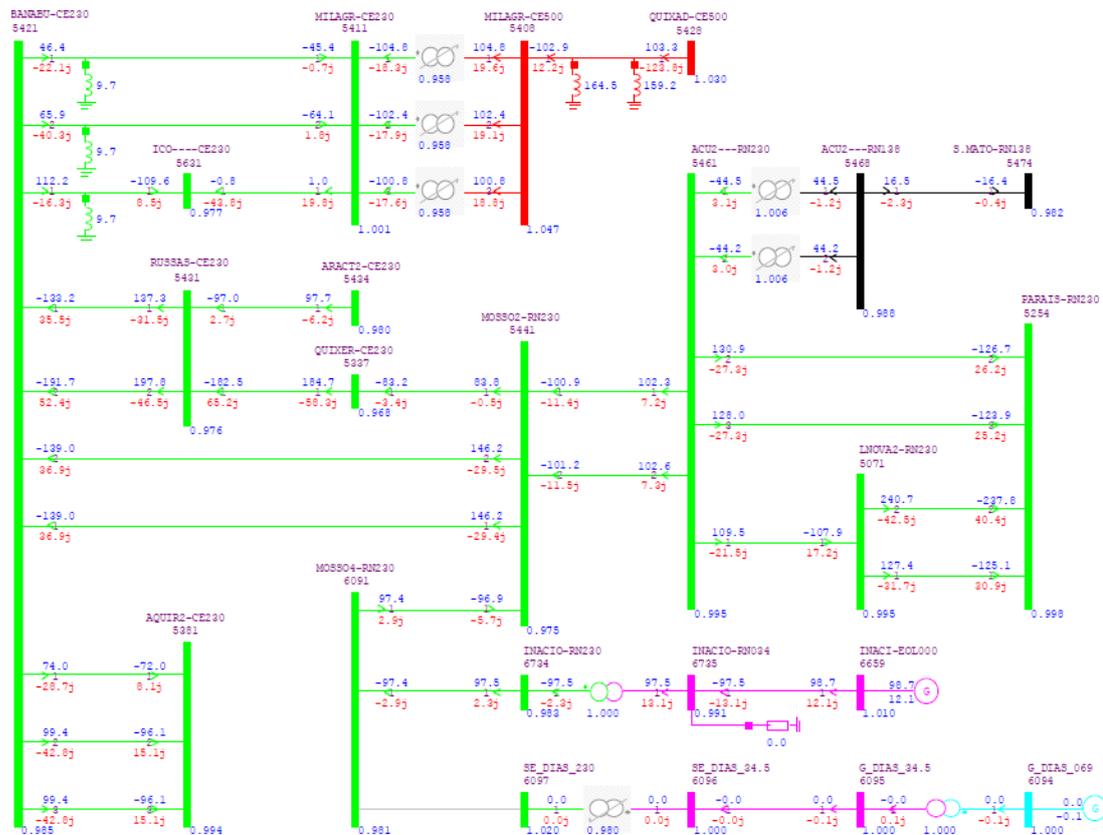
Barra	Regime Normal (Vpu)	Perda Intempestiva (Vpu)	V (%)
Mossoró IV 230 kV	0,986	0,981	0,5
Mossoró II 230 kV	0,975	0,975	0

Açú II 138 kV	0,987	0,988	0,1
Açú II 230 kV	0,994	0,995	0,1
San. dos Matos 138 kV	0,982	0,982	0
Lagoa Nova 230 kV	0,993	0,995	0,2
Paraíso 230 kV	0,995	0,998	0,3
Quixeré 230 kV	0,966	0,968	0,2
Acarati 230 kV	0,977	0,980	0,3
Russas 230 kv	0,973	0,976	0,3
Banabuiú 230 kV	0,981	0,985	0,4
Icó 230 kV	0,974	0,977	0,3
Aquiraz 230 kV	0,992	0,994	0,2
Milagres 230 kV	1,000	1,001	0,1
Milagres 500 kV	1,046	1,047	0,1
Quixadá 500 kV	1,029	1,03	0,1

Fonte: (Dias, 2019).

Na Figura 11, ilustra-se o perfil de tensão na condição da perda intempestiva da central geradora:

Figura 11 - Perfil de tensão após perda intempestiva da central geradora.



Fonte: (Dias, 2019).

4.1.4 CRITÉRIO DE FATOR DE POTÊNCIA

De acordo com os procedimentos de rede, a central geradora deve possuir capacidade de fornecer ou absorver reativo com fator de potência 0,95 no ponto de conexão em toda faixa operativa de tensão (ONS, Procedimentos de rede, 2021). A partir da análise na central geradora inserida, da injeção e absorção de potência reativa considerando o tipo de aerogeradores que ela possui, foi possível obter a Tabela 10, que contém o grupo limite de tensão.

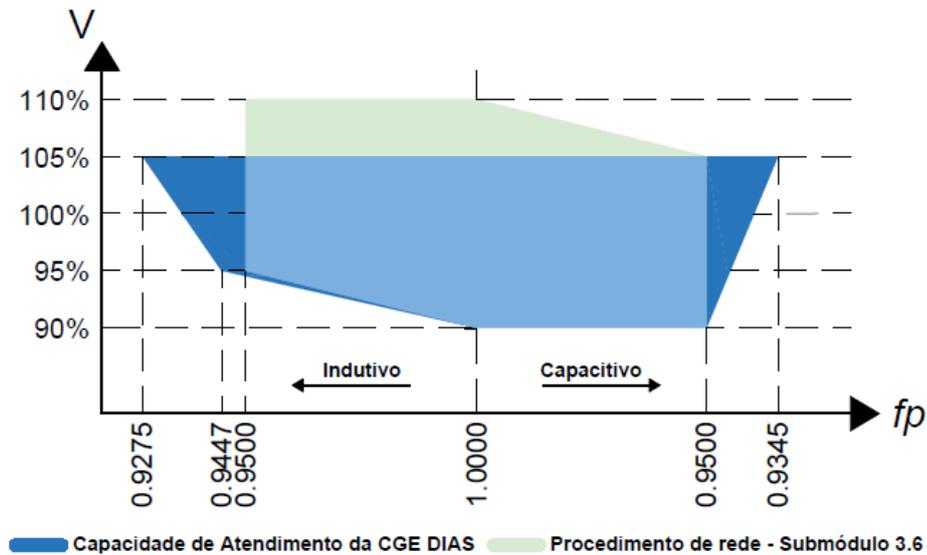
Tabela 10 – Grupo limite de tensão.

Tensão (kV)	VMin.Normal	VMax.Normal	VMin.Emergencia	VMax.Emergencia
0,69	0,90	1,10	0,87	1,13
34,5	0,90	1,10	0,90	1,10
230	0,95	1,05	0,90	1,05

Fonte: (Dias, 2019).

Na Figura 12, representa-se a capacidade da central geradora de fornecer ou absorver reativo no ponto de conexão. De acordo com a Tabela 10, o limite da tensão no ponto de conexão para o grupo de 230 kV é de 1,05 pu, logo, a tensão no ponto de conexão foi limitada em 1,05 pu.

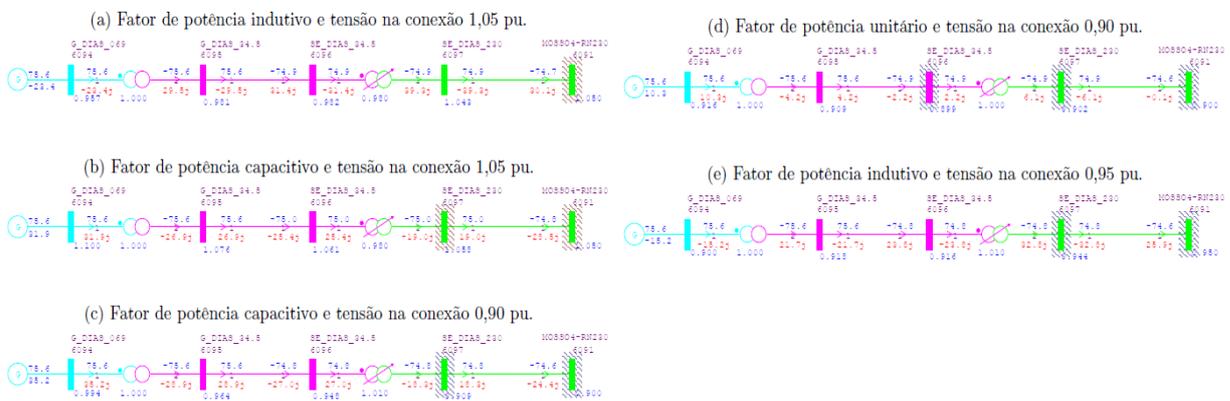
Figura 12 - Capacidade da central geradora de fornecer ou absorver reativo no ponto de conexão.



Fonte: (Dias, 2019).

Para que fosse possível encontrar a curva de capacidade de fornecimento de reativo da central geradora, foi necessário excursionar o TAP do transformador, como uma medida protetiva para que ocorresse sobretensões na instalação. Na Figura 13, apresenta-se a capacidade da central de fornecer ou absorver reativo na conexão.

Figura 13 - Capacidade da central geradora em fornecer ou absorver reativo na conexão.



Fonte: (Dias, 2019).

4.1.5 ANÁLISE DE CONTINGÊNCIA (CRITÉRIO N-1)

A fim de avaliar o perfil de tensão e também o carregamento das linhas de transmissão, foram realizadas e simuladas contingências simples (N-1), em regime normal de operação considerando o despacho máximo da central geradora CGE DIAS e também do conjunto Eólico Santo Inácio, visto que as duas possuem ponto de conexão na SE Mossoró IV.

1. LT 230 kV Mossoró II - Açú II C1;
2. LT 230 kV Mossoró II - Quixeré C1;
3. LT 230 kV Mossoró II - Banabuiú C1;
4. LT 230 kV Açú II - Lagoa Nova II C1;
5. LT 230 kV Açú II - Paraíso C2;
6. LT 230 kV Lagoa Nova - Paraíso C2;
7. LT 230 kV Quixeré - Russas C1;
8. LT 230 kV Russas - Banabuiú C2;
9. LT 230 kV Banabuiú - Icó C1;
10. LT 230 kV Banabuiú - Aquiraz II C2;
11. LT 230 kV Banabuiú - Milagres C2;
12. LT 230 kV Icó - Milagres C1;
13. ATR 500/230 kV Milagres.

Foi possível verificar que a LT 230 kV Quixeré - Russas C1 já possuía limite normal de carregamento, ocorrendo a contingência da LT 230 kV Mossoró II - Banabuiú C1, sem a presença da central geradora adicionada. A presença da central ocasiona um aumento de 6,4% do carregamento da LT 230 kV Quixeré - Russas C1 quando ocorre a contingência da LT 230 kV Mossoró II - Banabuiú C1. A contingência da LT 230 kV Mossoró II - Banabuiú C1 acarretou violação do limite de carregamento em condições normais de operação da LT 230 kV Quixeré - Russas C1, visto que o limite é de 251 MVA. Porém, a transmissora informou ao ONS que a linha possuía capacidade de operar em regime permanente com carregamento de até 317 MVA. Logo, a contingência da LT 230 kV Mossoró II - Banabuiú C1 não traz medidas restritivas no cenário analisado (Dias, 2019).

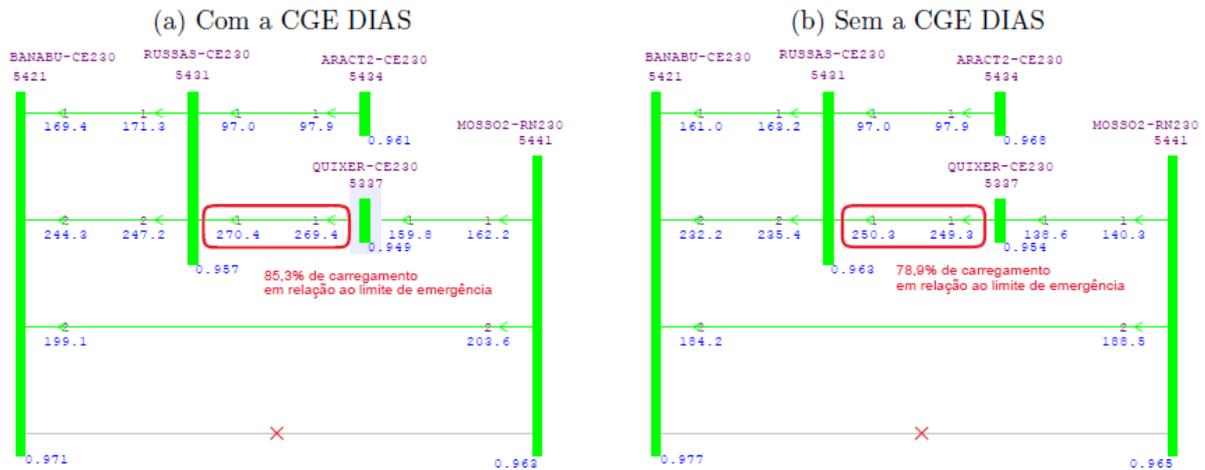
Tabela 11 – Carregamento na LT 230 kV Quixeré – Russas C1 na ocorrência da contingência da LT 230 kV Mossoró II – Banabuiú C1.

CASO	CARREGAMENTO		LIMITE	
	(MVA)	(%)	Normal	Emergência
Com a CGE DIAS	270,4	85,3	251 MVA	317 MVA
Sem a CGE DIAS	250,3	78,9		

Fonte: (Dias, 2019).

Na Figura 14, mostra-se o comparativo com a contingência da LT 230 kV Mossoró II – Banabuiú antes e depois da inserção da CGE DIAS.

Figura 14 - Contingência da LT 230 kV Mossoró II – Banabuiú C1



Fonte: (Dias, 2019).

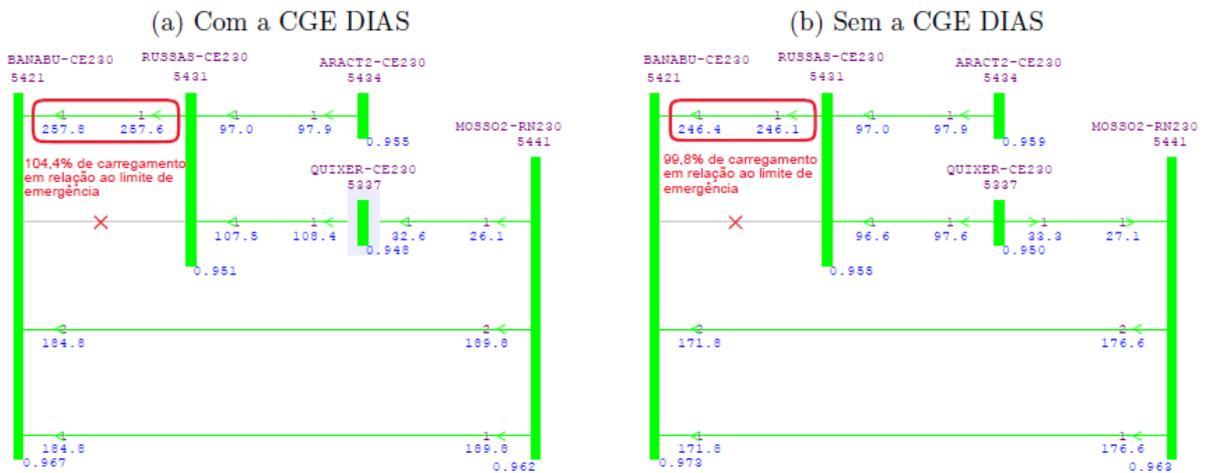
Também foi possível verificar que a contingência da LT 230 kV Russas – Banabuiú C2, com a presença da central geradora resultou em violação do carregamento do circuito em paralelo (C1), com relação ao limite normal de operação e também o de emergência, que para esse caso são respectivamente 174 e 247 MVA, 4,4% acima do limite de emergência, ilustrado na Figura 15. Logo, a contingência dessa linha pode causar restrições, como por exemplo o corte de geração. A mesma contingência foi simulada para o caso sem a central geradora fictícia que aumentou o carregamento em 4,6%, e a partir da análise, foi possível verificar que o carregamento fica no limite de emergência. Na Tabela 12, apresenta-se os valores do carregamento com e sem a presença da central geradora.

Tabela 12 – Carregamento da LT 230 kV Russas – Banabuiú C2.

CASO	CARREGAMENTO		LIMITE	
	(MVA)	(%)	Normal	Emergência
Com a CGE DIAS	257,8	104,4	174 MVA	247 MVA
Sem a CGE DIAS	246,4	99,8		

Fonte: (Dias, 2019).

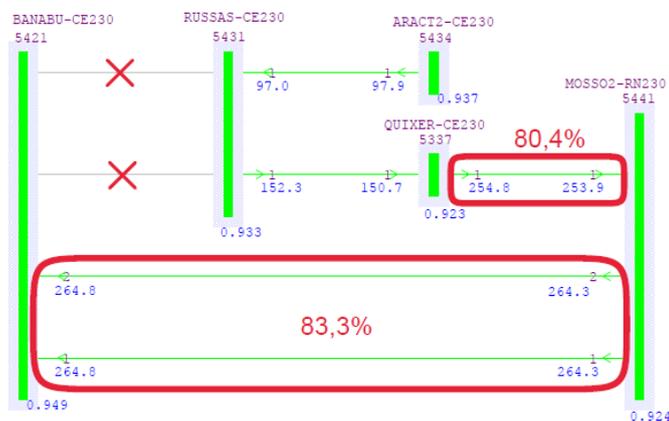
Figura 15 - Contingência da LT 230 kV Russas – Banabuiú C2.



Fonte: (Dias, 2019).

A partir da situação anterior, a contingência dupla (N-2) foi simulada para as linhas de transmissão Russas – Banabuiú (C1 e C2), representada através da Figura 16.

Figura 16 - Contingência dupla das LTs Russas – Banabuiú (C1 e C2).



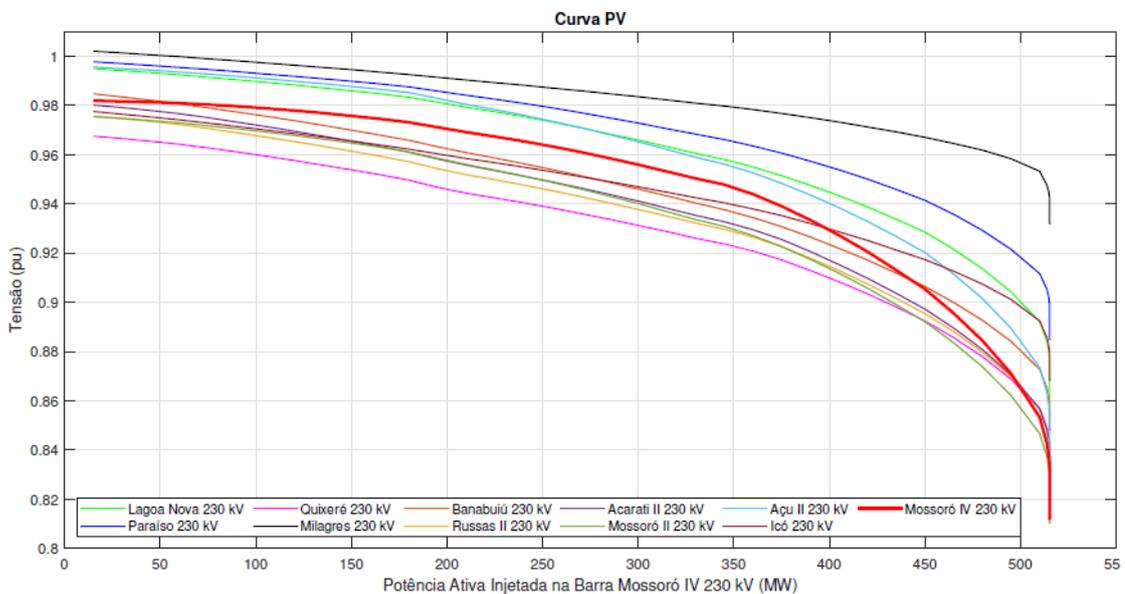
Fonte: (Dias, 2019).

Através da retirada da LT Russas – Banabuiú C1, foi possível observar que o sistema não apresenta sobrecarga nas linhas de transmissão. Possuindo um carregamento de 83,3% nas LTs Russas – Banabuiú (C1 e C2) e 80,4% na LT 230 kV Mossoró IV em relação ao limite de emergência.

4.1.6 SENSIBILIDADE DE TENSÃO

Com a finalidade do estudo de sensibilidade de tensão, acréscimos de potência ativa foram aplicados na barra Mossoró IV, com incrementos de 15 em 15 MW até que o limite da estabilidade estática fosse atingido. Na **Erro! Fonte de referência não encontrada.** pode ser observado a curva PV que indica o comportamento da tensão nos barramentos nas proximidades da central geradora CGE DIAS. O limite seguro de injeção de potência corresponde a 93% da potência que venha a ocasionar o colapso de tensão (ONS, Procedimentos de rede, 2021). Observando a Figura 17, é possível concluir que o despacho da central geradora CGE DIAS, no valor de 75,6 MW não acarreta problemas relacionados a colapso de tensão.

Figura 17 - Fluxo de potência continuado.



Fonte: (Dias, 2019).

4.2 ESTUDOS DE CURTO-CIRCUITO

A partir do que foi apresentado no item 3.2, os estudos de curto-circuito em um sistema no Brasil, são realizados a partir do *software* ANAFAS (CEPEL, ANAFAS: Análise de faltas

simultâneas). Para o estudo de caso em questão, foram utilizadas as premissas gerais e de análise de acesso no horizonte 2020, fornecidas pelo ONS:

- Ciclo do PAR 2020 – 2024, configuração dezembro de 2020: **BR2012PC.ANA**.

Considerando um valor de 100% da potência nominal despachadas pelas unidades geradoras e também a representação dos equipamentos que impactam os estudos relacionados a curto-circuito, foram realizadas as análises presentes neste item. Os tipos de curto-circuito aplicados foram: monofásico e trifásico. Estes, localizados em barras da rede básica próximas ao local onde foi inserida a central geradora eólica CGE DIAS. A partir disso, houve a verificação quanto à superação da capacidade de interrupção dos disjuntores presentes.

4.2.1 CURTO-CIRCUITO MONOFÁSICO

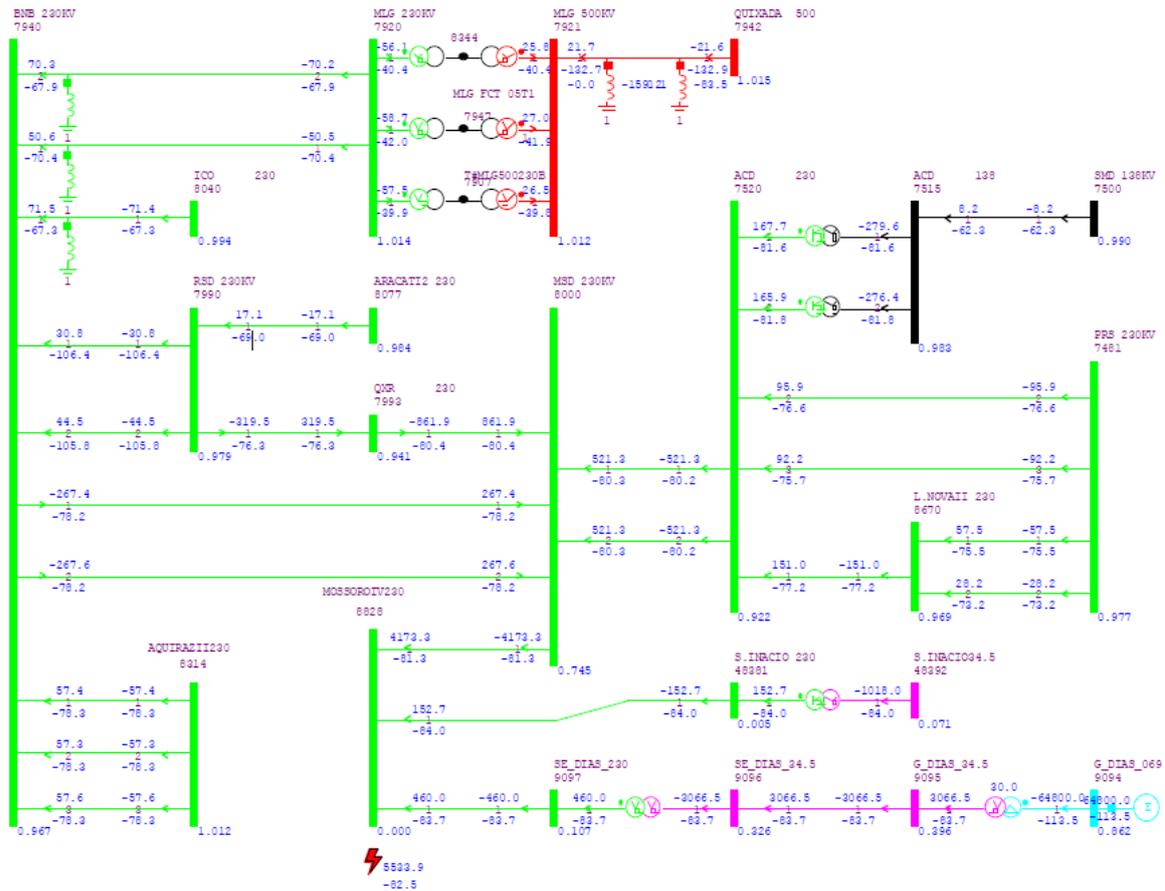
A partir da aplicação de um curto-circuito monofásico nas barras de rede básica, foram analisados os níveis de curto circuito em duas situações: com a central geradora e sem a central geradora. Na Tabela 13, apresenta-se as informações relacionadas às correntes de curto circuito com e sem a central geradora e sua variação (ΔI_{cc}), a capacidade de interrupção do menor disjuntor (CIMD) e também a maior relação entre I_{cc} e CIMD.

Tabela 13 – Níveis de curto-circuito para um curto monofásico.

BARRA	Curto-Circuito Monofásico			Capacidade de Interrupção do Menor Disjuntor CIMD (kA)	Maior Relação $I_{cc}/CIMD$ (%)
	Sem CGE I_{cc} (kA)	Com CGE I_{cc} (kA)	ΔI_{cc} (kA)		
Lagoa Nova II 230 kV	10,14 /-83,4°	10,18 /-83,4°	0,04	-	-
Paraíso 230 kV	9,24 /-78,8°	9,28 /-78,8°	0,04	40	23,2
Quixadá 500 kV	7,60 /-84,7°	7,54 /-84,7°	-0,06	50	15,2
Aquiraz II 230 kV	21,37 /-82,3°	21,42 /-82,3°	0,05	40	53,6
Milagres 500 kV	12,72 /-84,2°	12,74 /-84,2°	0,02	50	25,5
Milagres 230 kV	24,05 /-83,7°	24,09 /-83,7°	0,04	40	60,2
Banabuiú 230 kV	12,11 /-80,5°	12,20 /-80,5°	0,09	11,8	103,4
Quixeré 230 kV	7,95 /-81,5°	8,05 /-81,5°	0,10	-	-
Russas II 230 kV	9,68 /-82,1°	9,77 /-92,1°	0,09	50	19,5
Aracati II 230 kV	4,13 /-83,2°	4,17 /-83,2°	0,04	-	-
Mossoró II 230 kV	12,71 /-82,6°	12,97 /-82,6°	0,26	50	25,9
Açu II 230 kV	12,78 /-82,4°	12,89 /-82,4°	0,11	40	32,2
Açu II 138 kV	8,10 /-85,7°	8,16 /-85,7°	0,06	20	40,8
S. do Matos II 138 kV	2,94 /-78,5°	2,96 /-78,5°	0,02	18,9	15,7
Icô 230 kV	5,70 /-79,2°	5,73 /-79,2°	0,03	40	6,83
Mossoró IV 230 kV	5,08 /-82,4°	5,53 /-82,5°	0,45	20	27,7

Fonte: (Dias, 2019).

Figura 19 - Curto-circuito fase-terra na barra Mossoró IV com a presença da central geradora.



Fonte: (Dias, 2019).

4.2.2 CURTO-CIRCUITO TRIFÁSICO

Após ser aplicado um curto-circuito trifásico na barra Mossoró IV, local onde foi conectada a central geradora eólica, foi possível obter os valores disponíveis na Tabela 14. Observando os valores é possível verificar que houve um acréscimo de 0,19 kA na barra Mossoró IV, ou seja, um aumento de 190 Ampères após a inserção da central geradora eólica. Com relação às outras barras, não sofreram um aumento significativo no valor da variação da corrente de curto circuito (ΔI_{cc}), após a inserção da central geradora na barra. Também é possível concluir que a presença da central geradora não acarreta superação da capacidade de interrupção da corrente de curto circuito, já que a relação que antes era de 24,7%, passou a ser de 25,7% após a inserção da central geradora na barra. Esses resultados são obtidos dividindo o valor da corrente de curto circuito, pela capacidade de interrupção do menor disjuntor, obtendo assim a relação $I_{cc}/CIMD$.

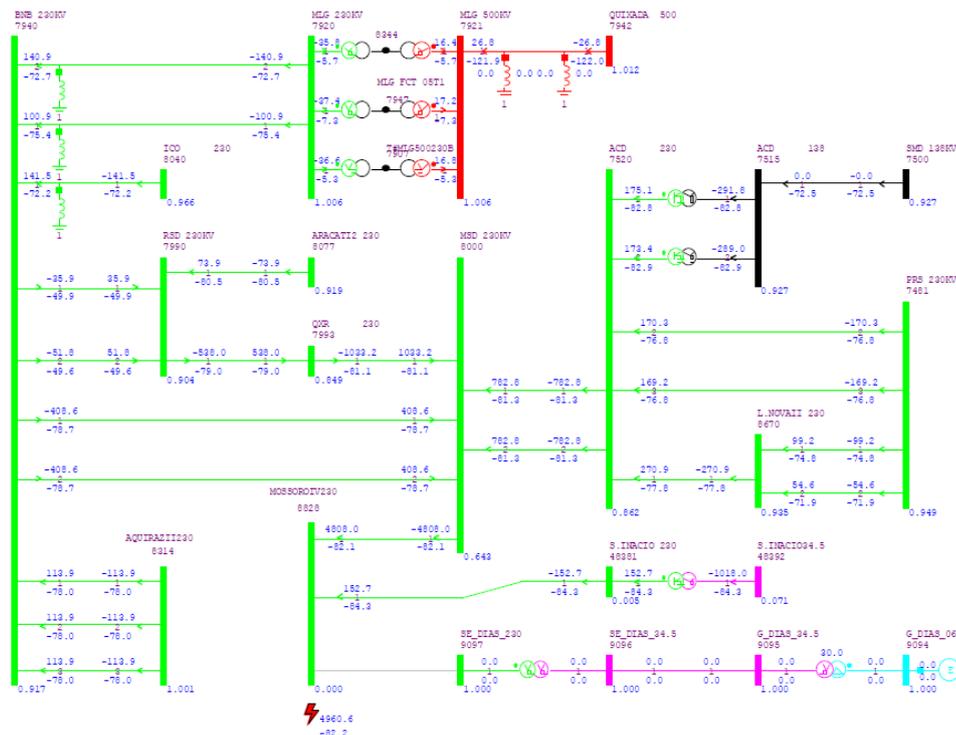
Tabela 14 – Níveis de curto-circuito para um curto trifásico.

BARRA	Curto-Circuito Trifásico			Capacidade de Interrupção do Menor Disjuntor CIMD (kA)	Maior Relação $I_{cc}/CIMD$ (%)
	Sem CGE I_{cc} (kA)	Com CGE I_{cc} (kA)	ΔI_{cc} (kA)		
Lagoa Nova II 230 kV	9,33 /-82,7°	9,38 /-82,7°	0,05	–	–
Quixadá 500 kV	9,79 /-85,2°	9,80 /-85,2°	0,01	50	19,6
Aquiraz II 230 kV	20,84 /-83,1°	20,89 /-83,1°	0,05	40	52,2
Milagres 500 kV	12,11 /-83,6°	12,13 /-83,6°	0,02	50	24,3
Milagres 230 kV	22,71 /-83,0°	22,75 /-83,0°	0,04	40	56,9
Banabuiú 230 kV	12,56 /-79,8°	12,65 /-79,9°	0,09	11,9	106,3
Quixeré 230 kV	7,18 /-81,3°	7,26 /-81,3°	0,08	–	–
Russas II 230 kV	8,04 /-81,3°	8,11 /-81,3°	0,07	50	16,2
Aracati II 230 kV	4,09 /-82,5°	4,12 /-82,5°	0,03	–	–
Mossoró II 230 kV	10,89 /-82,0°	11,09 /-82,1°	0,2	50	22,2
Açu II 230 kV	12,98 /-83,9°	13,09 /-83,9°	0,11	40	32,7
Açu II 138 kV	7,70 /-87,7°	7,76 /-87,7°	0,06	20	38,8
S. do Matos II 138 kV	2,44 /-77,1°	2,46 /-77,1°	0,02	18,9	13,0
Icó 230 kV	5,50 /-77,1°	5,53 /-77,1°	0,03	40	13,8
Mossoró IV 230 kV	4,96 /-82,2°	5,15 /-82,2°	0,19	20	25,7

Fonte: (Dias, 2019).

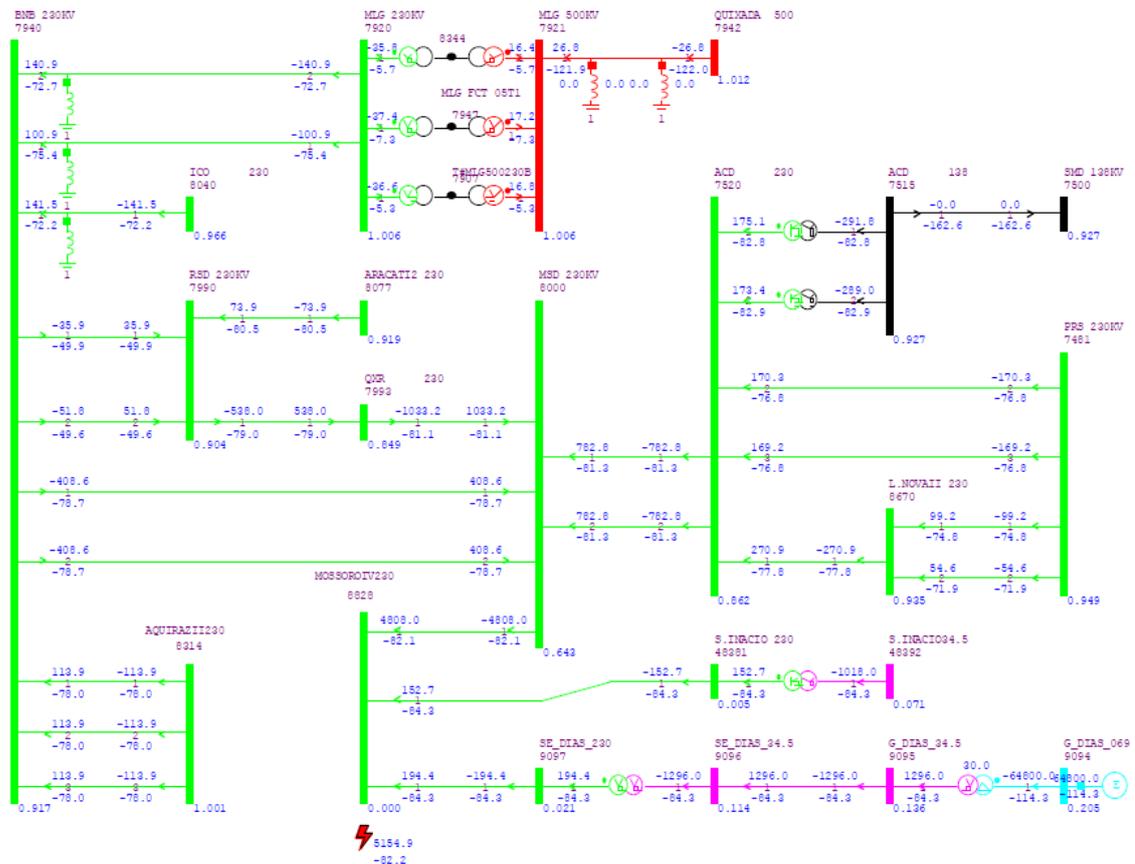
Nas Figura 20 e 21, mostram-se as simulações realizadas inserindo um curto-circuito trifásico na barra em que foi conectada a central geradora eólica, sem a presença e com a presença da central geradora eólica, respectivamente.

Figura 20 - Curto-circuito trifásico na barra Mossoró IV sem a presença da central geradora.



Fonte: (Dias, 2019).

Figura 21 - Curto-circuito trifásico na barra Mossoró IV com a presença da central geradora.



Fonte: (Dias, 2019).

4.3 RESULTADOS

Analisando as simulações realizadas sobre o estudo de fluxo de potência, pode-se verificar que a implementação da central geradora eólica fictícia não possui efeitos significativos que poderiam afetar a confiabilidade do sistema. Ao simular a condição de potência ativa nula, foi visto que o efeito capacitivo da linha de transmissão que a central geradora eólica foi conectada, foi de 9,5 Mvar, porém, esse efeito capacitivo pode ser compensado através da compensação pelos aerogeradores que dispões de 29,8 Mvar indutivo. Também pode ser observado que a central tem a possibilidade de entregar um fator de potência entre 0,95 indutivo a 0,95 capacitivo em regime normal, para toda faixa de operação. Com relação a perda intempestiva da central, foi verificado que a mesma não provoca variação igual ou superior a 5% da barra em que foi conectada. A análise de contingência indicou que deve ser realizada ampliação ou até mesmo reforços na rede básica. E por fim, foi visto que a

implementação possui condições operativas relacionadas a limites de estabilidade estática de tensão, sendo viável sua instalação.

Através das análises realizadas relacionadas aos estudos de curto-circuito monofásico e trifásico, encontram-se dentro dos critérios estabelecidos, pois não provocam elevação significativa nos níveis de curto-circuito das subestações conectadas. Apenas o nível de curto circuito da SE Mossoró IV 230 kV apresentou maior variação da sua corrente de curto circuito. Em resumo, a instalação da central geradora eólica não acarreta impactos significativos com relação a capacidade de interrupção dos disjuntores de menor capacidade das subestações analisadas (Dias, 2019).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho apresentou-se um breve estudo sobre o processo de solicitação de acesso à rede, evidenciando as regulamentações e estudos necessários para a conclusão do processo. Durante seu desenvolvimento, estudos relacionados à fluxo de potência, curto-circuito, estabilidade eletromecânica e qualidade de energia foram apresentados, bem como, as ferramentas computacionais ANAREDE, ANAFAS, ANATEM e HarmZs, utilizadas para realização das simulações que seriam complexas caso fossem realizadas manualmente devido à complexidade do sistema interligado nacional, que possui várias barras e componentes. Também foi citado um estudo de caso relacionado à instalação de uma central geradora eólica fictícia, onde a partir dos dados e simulações apresentadas, foi possível observar que a sua implementação não traz impactos significativos, logo, sua implementação seria viável.

No tocante à metodologia utilizada, observou-se a importância dos conceitos teóricos para o entendimento dos resultados, do aprendizado dos programas computacionais para a realização das simulações, e também do entendimento sobre as simulações realizadas, no sentido de verificar a viabilidade ou não de determinada instalação.

Também foi verificado que o ONS desempenha um papel fundamental na operação do sistema elétrico brasileiro, garantindo a segurança, confiabilidade e eficiência no fornecimento de energia elétrica. A regulamentação governamental desempenha um papel significativo no acesso à rede, logo, é importante que se mantenha sempre atualizada com as leis e os regulamentos em constante evolução. Foi visto que o ONS enfrenta desafios significativos, necessitando de inovação e adaptação a partir da integração de fontes de energia renováveis e

também a crescente complexidade do sistema, logo, o uso de tecnologias avançadas como sistemas de monitoramento e controle em tempo real, são essenciais para a otimização do acesso à rede.

Com base nessas conclusões recomenda-se que as partes interessadas, como o governo, o ONS, empresas de energia elétrica e pesquisadores, colaborem para abordar esses desafios em constante evolução. Isso pode incluir o desenvolvimento de políticas mais flexíveis, investimentos em tecnologia e pesquisa contínua.

Além de tudo, este trabalho de conclusão de curso contribuiu significativamente para a formação acadêmica, visto que alguns fundamentos teóricos e ferramentas computacionais utilizadas não estão inclusos na estrutura curricular do curso. O conhecimento dos processos e ferramentas utilizadas permite uma melhor qualificação profissional, pois possui uma relevância considerável no atual cenário do setor elétrico.

REFERÊNCIAS

- (2023b). Acesso em 19 de Setembro de 2023, disponível em ONS:
<https://www.ons.org.br/Paginas/acesso-conexao/informacoes-basicas.aspx>
- Alves, M. R. (2021). *Atividades Desenvolvidas durante o Estágio Integrado na Carpe Vie Engenharia Ltda.* Relatório de Estágio Integrado, Universidade Federal de Campina Grande.
- BICHELS, A. (2018). *Sistemas elétricos de potência: Métodos de análise e solução.* (EDUTFPR, Ed.) Curitiba: Editora da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.
 Fonte: <<http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/>>
- CEPEL. (2023). Acesso em 29 de Setembro de 2023, disponível em <https://www.cepel.br>
- CEPEL. (2023a). *ANAREDE - Análise de sistemas elétricos de potência em regime permanente.* Fonte: CEPEL: <https://www.cepel.br/produtos/anared-2/>
- CEPEL. (s.d.). *ANAFAS: Análise de faltas simultâneas.* Fonte:
<https://www.cepel.br/produtos/anafas-2/>
- CEPEL. (s.d.). *ANATEM: Análise de Transitórios Eletromecânicos.* Fonte:
<https://www.cepel.br/produtos/anatem-2/>
- CEPEL. (s.d.). *HarmZs: Estudos de Comportamento Harmônico e Análise Modal de Redes Elétricas.* Fonte: <https://www.cepel.br/produtos/harmzs-2/>
- Dias, P. V. (2019). *Estudo de Acesso ao Sistema de Transmissão.* Trabalho de conclusão de curso, Universidade Federal de Campina Grande.
- DOMINGUES, L. A. (2021). *ANÁLISE DO PROCESSO PRÁTICO DE ESTUDOS DE CONEXÃO NA.* Trabalho de conclusão de curso, INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SANTA.
- Filho, C. A. (2023). *ATIVIDADES DESENVOLVIDAS DURANTE O ESTÁGIO INTEGRADO NA CARPE VIE ENGENHARIA LTDA.* Relatório de estágio integrado.
- MONTICELLI, A. J. (1983). *Fluxo de Carga em Redes de Energia Elétrica.* São Paulo: Edgard Blucher Ltda.
- ONS. (2021). *Procedimentos de rede.* Acesso em 18 de Setembro de 2023, disponível em ONS: <https://www.ons.org.br/paginas/sobre-o-ons/procedimentos-de-rede/vigentes>
- ONS. (2023a). Acesso em 28 de setembro de 2023, disponível em <https://www.ons.org.br/>

ONS. (s.d.). *Acesso em 10 passos*. Acesso em 15 de Setembro de 2023, disponível em ONS: <https://www.ons.org.br/Paginas/acesso-conexao/default.aspx>

ONS. (s.d.). *Acesso em 10 passos, disposições legais*. Acesso em 17 de Setembro de 2023, disponível em ONS: <https://www.ons.org.br/Paginas/acesso-conexao/disposicoes-legais.aspx>

Replace. (2023). *SIN: O que é e como funciona?* Acesso em 26 de Setembro de 2023, disponível em Replace: <https://replaceconsultoria.com.br/blog/sistema-interligado-nacional-o-que-e-e-como-funciona/>

STEVENSON, J. W. (1986). *Elementos de Análise de Sistemas de Potência*. Editora McGraw-Hill do Brasil.

Teixeira, M. D. (2020). *Desmistificando a Qualidade da Energia Elétrica* (Vol. 1). Curitiba.

ANEXO A – FORMULÁRIO PARA INTEGRAÇÃO DE UMA CENTRAL GERADORA EÓLICA

ONS Operador Nacional do Sistema Elétrico		Procedimentos de Rede - Módulo 7 - Integração de Instalações			
Nome	Submódulo	Tipo	Revisão	Vigência	
Acesso às instalações de transmissão	7.1	Procedimental	2023.08	01/09/2023	

FORMULÁRIO 7 - DADOS DE CENTRAIS GERADORAS EÓLICAS

A) Dados Gerais da Central Geradora Eólica

1) Potência instalada (MW):

B) Dados Gerais da Unidade Geradora

	Aerogeradores		
Fabricante			
Modelo			
Diâmetro do rotor da turbina (m)			
Tipo (DFIG, full converter)			
Quantidade			
Potência nominal unitária (MVA)			
Potência nominal unitária (MW)			
Tensão nominal (kV)			
Velocidade do vento para entrada em serviço (cut-in) (m/s) e potência gerada correspondente (MW)			
Velocidade do vento para atingir a potência nominal (m/s)			
Velocidade do vento para saída de serviço (cut-out) (m/s) e potência gerada correspondente (MW)			

C) Dados Complementares

C.1) Curvas de operação do aerogerador

- 1) Curvas CP x Lambda
- 2) Curvas de potência ativa x velocidade do vento
- 3) Curva de potência ativa x temperatura ambiente
- 4) Curva de potência ativa x potência reativa (curva P x Q)
- 5) Curva para atendimento fator de potência ($V - Q/P_{max}$)
- 6) Curva de suportabilidade a subtensões e sobretensões dinâmicas (curva Ride Through Fault)
- 7) Curva de injeção de corrente reativa sob defeito

C.2) Faixas operativas

- 1) Faixa operativa contínua de tensão nos terminais da máquina em regime permanente
- 2) Faixa operativa temporizada de tensão
- 3) Ajustes propostos da proteção de sobretensão e de subtensão
- 4) Faixa operativa contínua de frequência
- 5) Faixa operativa temporizada de frequência
- 6) Ajustes propostos da proteção de sobrefrequência

ANEXO B – FORMULÁRIO COM INFORMAÇÕES TÉCNICAS DO CONSUMIDOR

Nome	Submódulo	Tipo	Revisão	Vigência
Acesso às instalações de transmissão	7.1	Procedimental	2023.08	01/09/2023

FORMULÁRIO 9 – INFORMAÇÕES TÉCNICAS DO CONSUMIDOR

1) Preencher a tabela abaixo com os valores de carga totais, ano a ano, até o horizonte do ciclo do PAR em vigor:

Mês/Ano	Carga Total do Consumidor	
	Ponta (MW)	Fora de Ponta (MW)

2) Equipamentos lineares:

Tipo	Quantidade	Capacidade Instalada Total (MW)
Motores de indução		
Motores síncronos		
Fornos de indução		

3) Equipamentos não lineares:

Tipo	Quantidade	Capacidade Instalada Total (MW)
Fornos a arco		
Conversores (retificadores / inversores)		

4) Características da geração própria (atual e prevista):

	Atual	Prevista
Capacidade nominal instalada (MW)		
Fator de potência		
Tensão nominal (kV)		

5) Regime de operação da geração própria. Dependendo da localização do acessante no sistema de transmissão e do porte da sua geração própria, o ONS poderá solicitar informações complementares.