


Análise comparativa de desempenho de subestações AIS e GIS: Um estudo de caso

 <https://doi.org/10.56238/sevened2024.010-049>

Anderson Silva Ribeiro

Engenheiro Eletricista

Universidade Federal Fluminense (UFF), Niterói, Brasil

E-mail: andersonsilvaribeiro@id.uff.br

E-mail: pauloduailibe@id.uff.br

Thiago Trezza Borges

Doutor em Engenharia Elétrica

Fluminense Federal University (UFF), Niteroi, RJ, Brazil

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4656-5667>

E-mail: thiagotrezza@id.uff.br

Paulo Roberto Duailibe Monteiro

Doutor em Engenharia Civil

Universidade Federal Fluminense (UFF), Niterói, Brasil

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7376-9115>

RESUMO

Este trabalho aborda a comparação entre o desempenho de Subestações AIS e GIS, na qual usa-se um estudo de caso como base. Destaca-se os aspectos construtivos ao analisar as características das subestações isoladas a gás SF₆ e das subestações convencionais, com detalhamento de sua estrutura e avaliação do desempenho de duas instalações reais que se enquadram nesse contexto. O documento apresenta uma análise comparativa, na qual parâmetros como tempo de indisponibilidade dos equipamentos considerando o reparo de falhas, incidência de ocorrências e o defeito apresentados nos equipamentos de cada construção são levantados. Com base nas informações obtidas a partir das amostras analisadas, serão elaboradas eventuais conclusões acerca do desempenho dessas instalações.

Palavras-chave: Gás SF₆, Subestações, GIS, AIS, Desempenho de subestações.

1 INTRODUÇÃO

De acordo com o relatório da Agência Internacional de Energia (IEA), existe um crescimento projetado de 2% na demanda mundial de eletricidade nesse ano, sendo que as projeções para 2024 são de 3,3% (BRASIL, 2023). Com base nos estudos como o da IEA, entende-se que a expansão industrial, crescimento mundial e outros fatores, tendem a impulsionar o aumento pela demanda em eletricidade. Logo, a transmissão eficiente e confiável de energia elétrica tornou-se uma preocupação. As subestações são centros vitais da rede de distribuição de energia, desempenham um papel crucial na garantia do fluxo contínuo de eletricidade, desde as usinas geradoras até os consumidores finais. Entre os diversos tipos de subestações, as Subestações Isoladas a Ar (AIS-Air Insulated Switchgear) e as Subestações Isoladas a Gás (GIS-Gas Insulated Switchgear) surgem como duas soluções tecnológicas distintas, cada uma com seu conjunto de vantagens e limitações.

Ao longo da história, as subestações elétricas demonstraram durabilidade, com muitas delas permanecendo inalteradas desde seu projeto original. Esse cenário é ainda mais evidente quando se consideram as subestações isoladas a gás, pois essa tecnologia, baseada no uso do gás SF₆ para a isolação elétrica, foi desenvolvida nas décadas de 1960 e 1970. No entanto, em apenas cinco anos após o início das pesquisas, essa tecnologia já era adotada em aproximadamente 20% das novas subestações construídas em locais com restrições espaciais. (DE JESUS, M; YOKOGAWA, R; DE OLIVEIRA, T, 2017)

Dessa forma, este artigo se propõe a explorar e examinar os aspectos multifacetados das subestações AIS e GIS, com foco em seu desempenho e nas disparidades inerentes entre as duas tecnologias, levando em consideração o estudo de caso sobre a comparação entre a SE A (AIS) e a SE G (GIS). À medida que o setor de energia enfrenta a necessidade premente de melhorar a confiabilidade da rede, reduzir o impacto ambiental e otimizar a utilização de recursos, é imperativo avaliar criticamente essas alternativas.

1.1 DEFINIÇÃO DE SUBESTAÇÕES ELÉTRICAS

Subestações Elétricas são instalações físicas que possuem um conjunto de equipamentos, podendo estes ser de manobra, transformação e compensação de reativos, aos quais tem por finalidade guiar o fluxo de energia elétrica nos sistemas de potência e possibilita a variabilidade de caminhos alternativos. Com isso, as mesmas são equipadas com instrumentos de proteção aptos a identificar as diversas modalidades de falhas, que possam vim ocorrer no sistema elétrico, a fim de isolar o trecho ao qual a falha sucede (MONTEIRO, 2023).

1.2 CLASSIFICAÇÃO DE TIPOS DE SUBESTAÇÕES

De acordo com Monteiro (2023), as subestações tem seus tipos definidos de acordo com a função e instalação. As subestações podem ter função de ser:

- **Transformadora:** Elevam ou diminuem o nível de tensão, sendo assim são denominadas como SE Elevadora ou SE Abaixadora. As SE's próximas a centros de geração, são denominadas como subestações elevadoras. As SE's no próximas a centros cargas, são abaixadoras.
- **Seccionadora, Manobra ou Chaveamento:** São subestações que conectam circuitos aos quais possuem o mesmo nível de tensão e que podem manobrar o fluxo de potência, permitindo o fornecimento de energia a trechos menores da rede.

Como abordado anteriormente as subestações podem ser classificadas de acordo com a instalação, podendo ser:

- **Subestações ao Tempo:** Os equipamentos nessas instalações são alocados ao tempo, sendo esses expostos as condições climáticas adversas, as quais interferem nas propriedades dos mesmos, como qualidade do isolamento e tempo de vida útil.
- **Subestações Abrigadas:** Nessas os equipamentos são instalados dentro de construções, podendo ser uma edificação ou uma vault subterrâneo. Podem ser construídas em cubículos metálicos ou isoladas pelo gás hexafluoreto de enxofre (SF6).

Segundo Monteiro (2023), a escolha da tensão de uma subestação pode ser estimada através da equação (1):

$$V_{se} = 18 \times \sqrt{P_c} \quad (1)$$

V_{se} – tensão nominal do sistema em kV;

P_c – potência da carga em MW

De acordo com Mamede (2021) as subestações transformadoras tem uma subclassificação segundo o seu nível de tensão. Assim, é possível classificar a instalação conforme apresentado a seguir:

- **Subestação de média tensão nível I:** As quais o nível de tensão está entre 2,3 kV e 25 kV, sendo a grande maioria das instalações de 13,8 kV.
- **Subestação de média tensão nível II:** Nessas instalações o nível de tensão é compreendido entre 34,5 kV e 46 kV. São mais comuns em empreendimentos industriais e porte intermediário.
- **Subestação de alta tensão:** As subestações de 72,5 kV e 145 kV, são usadas na maioria das companhias de distribuição do país enquanto que as de 230 kV são usadas na rede

básica do SIN. Essas tensões são também usadas nas subestações de entrada das indústrias de grande, como por exemplo, no setor de óleo&gás.

- **Subestação de extra alta tensão:** São as subestações com tensão superior a 230 kV e tem sua maior composição na rede básica do SIN. Engloba também a o nível de tensão de 800 kVcc.

Ao analisar os tipos de instalação com base no meio isolante dos equipamentos, o foco principal do trabalho são as subestações isoladas a ar (AIS) e as subestações isoladas a gás SF6 (GIS).

1.3 SUBESTAÇÃO ISOLADA AO AR (AIS)

As Subestações mais amplamente empregadas são as AIS, devido ao seu custo reduzido em comparação com outros tipos de subestações isoladas por meios isolantes alternativos. Geralmente, essas subestações ocupam espaços mais extensos em comparação com outros tipos de subestações (MAMEDE,2021).

As normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), contemplam temperatura e altitude para determinar o nível de isolação dos equipamentos dispostos em AIS. Os níveis de isolação normalizados consideram uma temperatura entre -40° e 40° C, e uma altitude de até 1000 metros. (MUZY,2012).

Em grandes altitudes, o ar tem menor densidade, assim diminuindo a rigidez dielétrica (campo elétrico sobre a espessura do material isolante). Sendo assim, as normas técnicas tendem a reduzir a classificação de isolação em grandes altitudes, levando em consideração um fator de correção para altitudes maiores que 1000 metros. Uma vez que o ar, tem uma menor capacidade de resfriar os equipamentos, que se aquecem devido as perdas de carga. (DE JESUS, M; YOKOGAWA, R; DE OLIVEIRA, T, 2017)

1.4 SUBESTAÇÃO ISOLADA A SF6 (GIS)

1.4.1 GÁS SF6

Uma vez que o objetivo do trabalho é comparar o desempenho de uma AIS e uma GIS, é necessário entender quais são as propriedades que o gás SF6 (hexafluoreto de enxofre) possui, a fim de entender o motivo dele ser empregado no setor elétrico, como material isolante.

O gás SF6, um material sintético, que é uma molécula octaédrica, formado de oito faces e seis vértices, conforme apresentado na figura 2. Nas condições normais de pressão e temperatura é um gás não inflamável, incolor, sem cheiro e não venenoso. O mesmo é quimicamente estável, além de possuir uma excelente propriedade isolante, assim suprimindo possíveis arcos elétricos. Sua temperatura de sublimação é de $63,8^{\circ}$ C e de liquefação de $50,8^{\circ}$ C, com uma pressão de vapor de 22,8 atm. e uma constante dielétrica de 1,002026 a 20° C e 0,101 Mpa (MARQUES, 2023).

A rigidez dielétrica, refere-se à capacidade de conduzir eletricidade sem apresentar condutividade, enquanto rigidez dielétrica indica a habilidade de resistir a altas tensões sem sofrer danos. Eletronegatividade, por sua vez, representa a capacidade de atrair elétrons livres, sendo o flúor o elemento mais eletronegativo reconhecido no planeta. Como abordado anteriormente, o SF₆ contém seis moléculas de flúor que podem se dissociar do enxofre, capturando elétrons durante um arco e, posteriormente, retornando ao seu estado original. A eletronegatividade pronunciada do gás e a alta rigidez dielétrica são as razões pelas quais ele se destaca como um gás isolante amplamente utilizado em equipamentos de transmissão e distribuição de energia. (MARQUES, 2023).

Segundo Marques (2023), ao realizar a comutação ou abrir um circuito elétrico com mais de 250 volts, à medida que os contatos começam a se separar, um arco se forma entre eles. Esse arco pode atingir temperaturas superiores a 2.000 °C (3.632 °F), o que é o bastante para fundir e fazer com que os contatos de metal se unam. A capacidade do gás SF₆ de capturar elétrons livres contribui para reduzir os efeitos do arco voltaico.

Um aspecto negativo do gás, é que o mesmo foi apontado na conferência de Kyoto de 1997, como um dos seis gases do efeito estufa, o mesmo tem uma grande capacidade reter calor. (DE JESUS, M; YOKOGAWA, R; DE OLIVEIRA, T, 2017)

1.4.2 GIS

Relacionando o gás SF₆ com a SE, segundo o Mamede (2021), as instalações compactas abrigadas com nível de tensão elevado (GIS), possuem os equipamentos de alta tensão instalados dentro de cilindros metálicos, aos quais são preenchidos por gás SF₆, sob pressão.

Segundo o Muzy (2012), os níveis de pressão máximo para os cilindros metálicos das GIS são definidos pelos padrões da subestação, os quais são definidos pelo projeto, custo, e através de testes padrão estabelecido por normas que diferem de acordo com o país de fabricação, sendo as principais: IEC 603776, IEC 62271, IEC 60480, IEC 60068 e NBR 16902:2020.

Apesar do barateamento na construção das GIS ao longo dos últimos anos, ainda é uma tecnologia mais cara para ser implementada. Sendo assim, deve ser instalada em locais as quais o existe pouco espaço para construção, como próximo a grandes Metrópolis. Essa teoria é comprovada, uma vez que para sua análise, uma AIS em uma região mais afastada da metrópole é 97% mais barata que uma GIS, já na capital, a GIS era 66,62% mais barata. (DE JESUS, M; YOKOGAWA, R; DE OLIVEIRA, T, 2017)

2 METODOLOGIA

A revisão bibliográfica é a atividade de pesquisar obras científicas relacionadas a área de objetivo do trabalho, pesquisou-se obras científicas e normas as quais estivessem dentro do escopo do

objeto de estudo, as quais estão mencionadas na fundamentação teórica. Foram utilizados livros, artigos, trabalhos de conclusão de curso e dissertações acerca de subestações, equipamentos elétricos, gás SF₆ e sanções regulatórias. Esse material foi utilizado para apontar as diferenças construtivas e estruturais das subestações e dos equipamentos presentes nelas, a fim de comparar a AIS e a GIS.

A análise de dados se baseia no processo de aplicação de técnicas estatísticas e lógicas para avaliar informações. Este processo contempla a inspeção, investigação, armazenamento e acompanhamento das informações. Neste estudo foi realizada uma extração no software de gestão de ativos da empresa a qual o estudo de caso está voltado, mais especificamente no módulo de manutenção. Como o objetivo central do trabalho é analisar o desempenho de uma subestação GIS e uma AIS apontando suas diferenças, foi levantado através do sistema SAP – PM, que de acordo com a empresa SAP, responsável pelo seu desenvolvimento e comercialização, se trata de um módulo para gestão da manutenção que engloba todas as tarefas essenciais, como inspeções, avisos, manutenção preventiva e corretiva, reparos e outras ações para preservar o bom funcionamento dos sistemas técnicos. O SAP-PM, possui algumas transações intrínsecas a ele, nas quais foram usadas a IH08 e IH03 para levantar quais problemas aconteceram que deixaram os equipamentos indisponíveis e em que equipamentos aconteceram, respectivamente.

Esses dados foram concatenados em uma base de dados, a qual foi utilizada para gerar os gráficos por meio do Microsoft Excel apresentados nas próximas seções.

3 SUBESTAÇÕES DO ESTUDO DE CASO

Para esse trabalho foram escolhidas duas subestações pertencentes a uma empresa de distribuição e geração de energia no Brasil. As escolhas foram feitas levando em consideração alguns critérios. O primeiro deles foi o nível de tensão em que ambas trabalham, tanto à SE A como à SE G, possuem barramentos de 138 kV e 500 kV. O segundo critério foi a localidade, isso facilita a necessidade de deslocamento em eventuais visitas técnicas que sejam necessárias ao longo do estudo. Outro critério levado em consideração foi por ambas estarem em um clima parecido, bem como a data de energização e fabricação dos equipamentos de ambas serem próximas e por último o critério mais importante, uma é AIS (A) e a outra é uma GIS (G).

Todas essas características, permitem que os equipamentos sejam analisados em par de igualdade, sendo os principais defeitos que se aplicam em ambas sejam levantados e analisados.

4 ANÁLISE ESTRUTURAL

4.1 SUBESTAÇÃO A

A SE A apresentada na figura 1, fica localizada no estado do Rio de Janeiro. Ela abrange uma área total de 321.677,63 m² (Medida obtida pelo Google Maps), com o pátio tendo 184.279,75 m² (Medida obtida pelo Google Earth). Possui ao todo 1161 equipamentos (Informação Retirada do SAP-PM).

Figura 1 - Instalação da SE A



Fonte: Autor

4.2 B. SUBESTAÇÃO G

A SE G apresentada nas figuras 36 e 37, está localizada no município do Rio de Janeiro e no estado do RJ. Possui uma área total de 33.195,55 m² (Medida obtida pelo Google Earth), com um pátio total de 11.043,68 m² (Medida obtida pelo Google Earth). Tendo ao todo 834 equipamentos (Informação Retirada do SAP-PM).

Figura 2 - Instalação da SE G



Fonte: Autor

Ao analisar estruturalmente, percebe-se que a subestação G, possui uma área muito menor em comparação a subestação A, conforme apresentado na tabela 1.

Tabela 1 - Análise Estrutural das Subestações Estudadas

Subestações	Área do Pátio (%)	Equipamentos (%)
G	18	70
A	100	100

Fonte: Autor

- Área do Pátio (%):** Representa a proporção da área do pátio da subestação em relação à subestação A.
- Equipamentos (%):** Representa a proporção do número de equipamentos da subestação G em relação à subestação A. Neste caso, indica-se que G possui aproximadamente 70% da quantidade de equipamentos de A.

Essa desproporção entre área e quantidade de equipamentos, existe por causa do Gás SF₆, uma vez que ele permite que mais equipamentos sejam instalados em uma área menor.

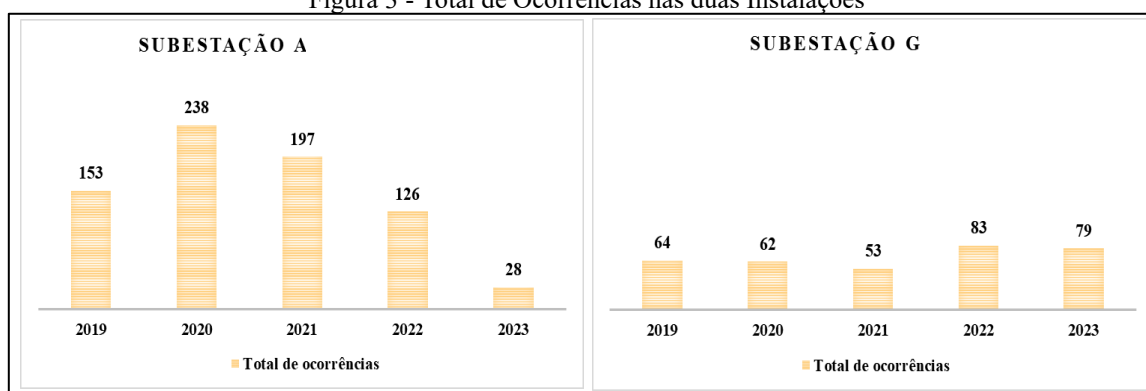
Isso permite que a SE GIS leve vantagem em aspectos relacionadas a área ocupada. Por ser menor, proporciona um menor impacto visual.

5 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Para a apuração do resultado, o realizou-se uma análise do quantitativo referente as ocorrências anuais relacionadas aos equipamentos a serem destrinchados em uma seguinte análise comparativa das subestações.

Como resultado, dentro do horizonte temporal de 5 anos, levando em consideração os casos levantados até o mês de novembro de 2023, a subestação AIS apresentou um maior número de ocorrências em todos os anos se comparado com a subestação G, conforme a figura a seguir.

Figura 3 - Total de Ocorrências nas duas Instalações



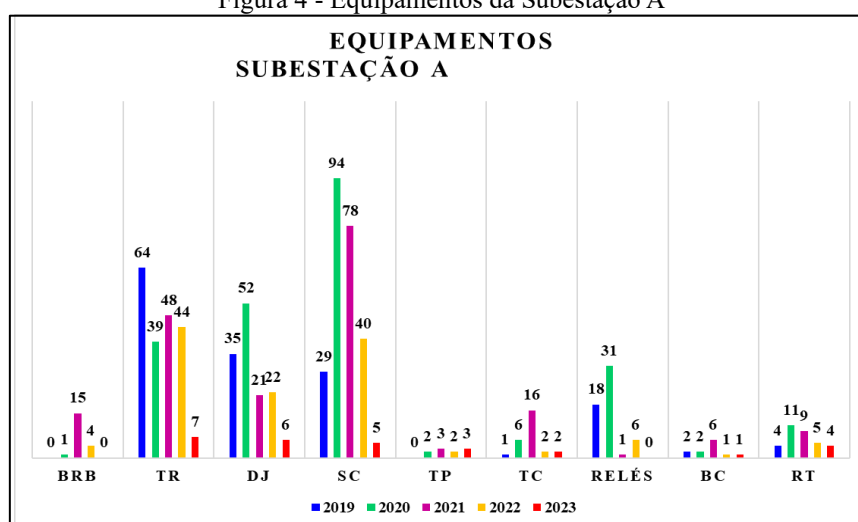
Fonte: Autor

Ao aprofundar a análise, torna-se necessário para este estudo de caso identificar os equipamentos norteadores dessas ocorrências. Para isso foram levantadas as informações da análise de dados com o objetivo de destrinchar o quantitativo referente ao número de ocorrências de cada tipo de equipamento sob a ótica anual anteriormente analisada de cada subestação.

Assim, as entidades utilizadas para essa análise são: barramento (BRB), transformador (TR), disjuntor (DJ), chave seccionadora (SC), transformador de potencial (TP), transformador de corrente (TC), Compensador Síncrono (CS), Banco Capacitor (BC), reator (RT) e relés, conforme a figura 4. A distribuição dessa quantidade por equipamento é de suma importância para identificar os pontos a serem levados em consideração no desempenho da subestação e da performance existente.

Sob esse prisma, quando se trata da subestação A, observa-se a criticidade dos equipamentos transformador (TR), disjuntor (DJ), chave seccionadora (SC), tendo um salto na chave seccionadora (SC) em 2020, o que impulsionou a ser o ano com o maior quantitativo de ocorrências se for observado de forma acumulada no gráfico anterior.

Figura 4 - Equipamentos da Subestação A



Fonte: Autor

Nota-se a partir do gráfico que no ano de 2019 o transformador (TR) apresentou um número acentuado de ocorrências, que diminuiu logo no ano seguinte e se manteve estável nos dois anos posteriores, diferentemente da chave seccionadora (SC), que percorreu o caminho inverso até apresentar uma considerável queda em 2022, porém ainda com um quantitativo relevante.

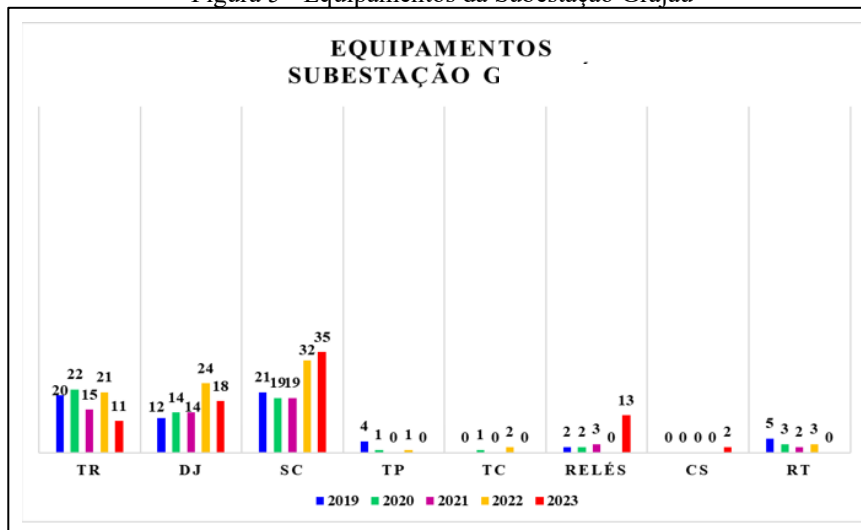
Quando se trata dos disjuntores (DJ) nota-se o acentuado número nos anos de 2019 e 2020, que posteriormente foi estabilizado com o passar dos anos.

O transformador de corrente (TC) e o barramento (BRB) em 2021 apresentou um comportamento atípico relacionado com número de ocorrências, e o mesmo pode ser observado para a quantidade de relés nos anos de 2019 e 2020.

Entretanto, quando a análise passa a englobar os resultados obtidos pelo estudo das informações referentes a subestação G, observa-se que, conforme o gráfico abaixo, o equipamento tipo barramento (BRB) passa a ser inexistente na apuração do quantitativo de ocorrência.

Quando se trata de anos atípicos, diferentemente da subestação A em que o ano de 2020 apresentou resultados não lineares, na subestação G foi 2022 o ano referente ao surgimento de ocorrências de número crescente, conforme a figura 5.

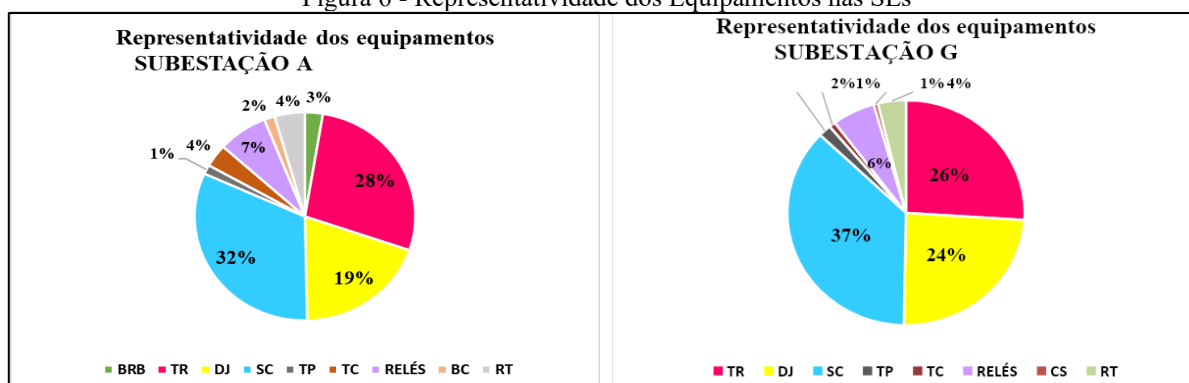
Figura 5 - Equipamentos da Subestação Grajaú



Fonte: Autor

Os equipamentos de transformador (TR), disjuntor (DJ), chave seccionadora (SC) assim como na subestação A, na subestação G também foram os tipos em que mais apareceram ocorrências. Conforme abaixo:

Figura 6 - Representatividade dos Equipamentos nas SEs



Fonte: Autor

Dessa forma, torna-se necessário para o desenvolvimento do estudo de caso identificar as principais causas de indisponibilidades das ocorrências dos equipamentos que mais afetaram as subestações.

Com o auxílio da base de dados trabalhada, o autor pôde estudar e realizar análises de acordo com os equipamentos de transformador (TR), disjuntor (DJ), chave seccionadora (SC) de ambas

subestações e identificar os respectivos problemas que afetaram o desempenho ao longo dos anos, são eles:

5.1 SUBESTAÇÃO AIS A:

Tabela 2 - Principais Problemas para o Desempenho das SE A

Transformador (TR)	Disjuntor (DJ)	Chave seccionadora (SC)
Mal Funcionamento do alarme	Vazamentos (óleo e de ar)	Falha no fechamento dos contatos da seccionadora
Problemas com o dreno	Discrepâncias medidas entre fases	Falha no comando elétrico
Problemas com o display	Baixa pressão nos estágios	Deficiência de sinalização no painel
Mal Funcionamento da bomba	Falha do sistema na aceitação dos comandos	Ponto Quente
Vazamento de óleo	Falha nos alarmes	Falha no alarme
Falha no sistema de monitoramento	Problemas com o led	X
Falha na Ventilação	Baixo nível de óleo hidráulico	X
Problemas relacionados Cromatografia do óleo isolante	X	X

Fonte: Autor

5.2 SUBESTAÇÃO GIS G

Tabela 3 - Principais Problemas para o Desempenho das SE G

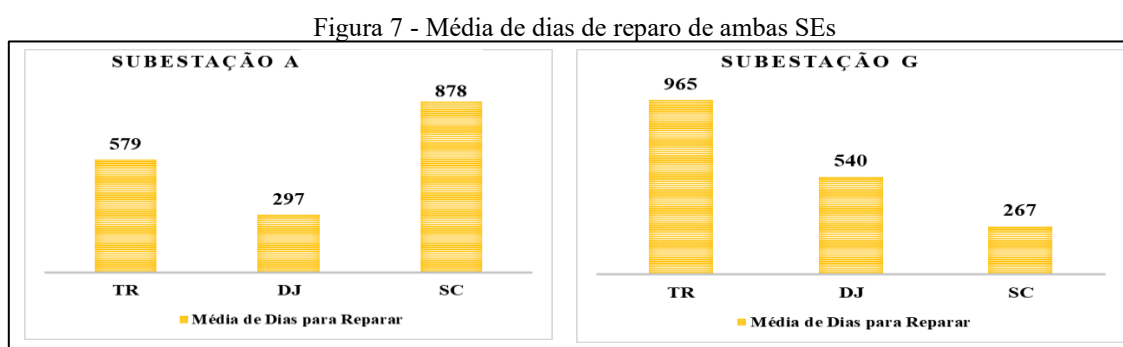
Transformador (TR)	Disjuntor (DJ)	Chave seccionadora (SC)
Problemas na Cromatografia do óleo isolante	Falhas no comando de fechamento	Baixa pressão de SF ₆ nos equipamentos e nas fases
Monitor de temperatura com defeito	Falhas no comando automático	Falha no comando remoto
Defeito no monitoramento do nível de óleo	Falhas no comando de operação	Problemas com a aceitação do comando elétrico
Vazamento de óleo	X	X
Iluminação em curto	X	X

Fonte: Autor

Para entender como estes problemas estão sendo levados em consideração e as ações cabíveis para a solução dessas causas e os impactos das consequências nas subestações, o autor conversou com especialistas da área em que estão lotados na empresa responsável pela manutenção das subestações e fornecimento dos serviços, que afirmaram que estão sendo desenvolvidos estudos estratégicos para mitigar esses efeitos, para a melhoria do serviço e para a diminuição do quantitativo de ocorrências, através de planos de manutenção preventiva e preditiva.

Apesar do atual trabalho não vir discutir quais ações são essas, alguns exemplos aos quais os especialistas passaram foram: diminuir as periodicidades entre as análises de óleo nos transformadores, utilizar de câmeras especiais para detectar pontos quentes e vazamentos de SF6.

Outro aspecto que foi analisado, foi a quantidade de dias em média que os problemas levam para serem solucionados, levando em consideração as chaves, disjuntores e transformadores para as duas subestações. Segue abaixo a figura a qual representa isso:



Como observado nos gráficos, temos que a média de dias para resolver os problemas é relativamente, porém como está sendo feito a média, alguns problemas foram resolvidos de forma mais rápida, enquanto outros levaram mais tempo. Observa-se que o tempo de reparo médio para os transformadores e disjuntores é menor na SE A em relação a SE G, isso se deve que as peças da SE G são de maior custo unitário e mais difíceis de se obter, uma vez que se trata de uma subestação blindada e menos comum em relação a uma AIS. Já o cenário se inverte para as chaves seccionadoras, mas isso acontece pela grande quantidade de manobras que as seccionadoras da SE A fazem em relação a SE G, isso gera mais problemas e acaba acarretando um maior número de trocas de tal equipamento.

6 CONCLUSÃO

Neste trabalho, foram comparadas duas tecnologias referentes a subestações de energia elétrica. Foi abordada a AIS, que consiste na subestação mais comumente usada no SIN – Sistema Interligado Nacional, a qual os equipamentos estão expostos ao clima e seus efeitos. A segunda SE analisada foi a GIS, nessa os equipamentos são isolados sob pressão em dutos preenchidos por gás SF6.

Comparou-se ambas, verificando seus equipamentos, arranjos e características construtivas, defeitos que ocorrem nos equipamentos, levando como base duas subestações reais pertencentes a Furnas Centrais Elétricas.

Observou-se que referente as características construtivas, a subestação GIS, necessita de uma área menor com relação a convencional, uma vez que as propriedades isolantes do gás SF6 permitem que tal seja implementada em locais que disponham de pouco espaço. Isso acarreta em uma vantagem

construtiva com relação a SE convencional. Essa característica possibilita que a GIS proporcione menor poluição visual e interfira menos na área ao seu redor.

Outro aspecto verificado é o de desempenho, ao longo do estudo, percebeu-se que de maneira geral a SE AIS estudada, apresentou uma maior quantidade de defeitos em relação a GIS, na taxa de 50% a mais ao longo desses cinco anos estudados. Isso se deve ao fato de a GIS estar abrigada, e correr menos riscos relacionados a fatores externos ao sistema, como clima, poluição ou acidentes. Outro ponto importante é que como se constatou ao longo do estudo, os equipamentos que mais deram defeitos em ambas SE's foram, Transformador de Força, Disjuntor e Seccionador. Isso deve, porque o disjuntor e a seccionadora são equipamentos de manobra e estão constantemente em uso, a fim de fazer manobras para controle de carga pelo ONS – Operador Nacional do Sistema Elétrico. Com relação ao transformador, os mesmos trabalham na maior parte do tempo no seu limite e muitas vezes ultrapassam o tempo de vida útil dos mesmos, isso acarreta que as especificações técnicas as quais eles foram construídos, não são mais respeitadas, já que os mesmos estão na maior parte do tempo trabalhando sob alto estresse e geram mais problema, exemplo é o alto nível de problemas detectados dos testes de cromatografia do óleo isolante. Por fim, para verificar o desempenho das mesmas, foi analisado para esses três principais equipamentos que apresentam falhas, os tempos de reparo para que os defeitos sejam corrigidos. Observou-se que tirando a seccionadora, os tempos de reparo para disjuntores e transformadores na subestação G levam mais tempo para serem corrigidos, uma vez que por fazerem parte da blindada de SF₆, é mais difícil e mais caro obter essas peças no mercado, isso é um grande problema, já que a indisponibilidade de alguns desses equipamentos pode gerar uma perda na PV (Parcela Variável) e possíveis multas.

Arelado ao levantamento do tempo médio para correção dos defeitos nos principais equipamentos defeituosos, foi levantando as maiores causas de indisponibilidade desses equipamentos para as duas subestações nesse horizonte de cinco anos. Constatou-se que o vazamento de óleo é um grande problema para os transformadores e disjuntores de ambas instalações. Já para as seccionadoras, na SE A ocorreu uma grande quantidade de problemas relacionados ao fechamento do contato das mesmas, para solucionar um problema assim a empresa muitas vezes necessita de um tempo relativo, já que pode ser problemas mecânicos no acionamento, que demandem na troca de componentes das chaves por exemplo. Já para SE G, a maior causa de indisponibilidade ao longo desse tempo, foi a perda de pressão de SF₆, esse é um problema que muitas vezes é gerado por outro que apareceu no levantamento das indisponibilidades, que é o vazamento de SF₆.

Portanto, observa-se que ambas instalações possuem pontos positivos e negativos, os quais devem ser levados em consideração para suas implementações.



REFERÊNCIAS

BRASIL, Millena. Demanda global por eletricidade desacelera em 2023. Agência Epbr, 2023. Disponível em: <https://epbr.com.br/taxa-de-crescimento-de-demanda-global-por-eletricidade-deve-cair-em-2023-projeta-iea/>. Acesso em: 15 ago. 2023.

DE JESUS, Mayron Breda; YOKOGAWA, Renan; DE OLIVEIRA, Thiago. Análise do desempenho de uma subestação isolada a gás em comparação a uma subestação convencional. 2017. 128f. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2017.

MONTEIRO, Paulo Roberto Duailibe. Introdução à subestação e seus principais equipamentos. Seven Editora, 2023.

MAMEDE FILHO, João. Subestações de alta tensão. Rio de Janeiro: LTC Livros Técnicos e Científicos Editora Ltda, 2021. 406 p.

MUZY, Gustavo Luiz Castro de Oliveira. Subestações Elétricas. 2012. 122f. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012.

MARQUES, Samuel. As 15 Perguntas Mais Frequentes Sobre Gás SF6 e Disjuntores a Gás SF6. Wika Brasil, 2023. Disponível em: <https://blog.wika.com.br/know-how/as-15-perguntas-mais-frequentes-sobre-gas-sf6-e-disjuntores-a-gas-sf6/>. Acesso em: 30 nov. 2023.