



Subestação Compacta Integrada – SECI Segunda Geração: evolução dos requisitos técnicos de um padrão estratégico de sucesso da CEMIG

Tema: Subestações de Distribuição

Autores: Marisa Lages Murta (mlmurta@cemig.com.br)

Co-Autores: Divino Nunes de Souza (divino.souza@cemig.com.br); Fernando Moreira Ribeiro (fernando.moreira@cemig.com.br); Gildecio Souza de Aguiar (gsagsa@cemig.com.br); Marcio Soares Teixeira Costa (mstcosta@cemig.com.br); Maurissone Ferreira Guimarães (mauris@cemig.com.br); Paulo Sergio Silva (pssilva@cemig.com.br); Pedro Henrique Alves Nazareth (pedro.anazareth@cemig.com.br)

Empresa: Cemig Distribuição S. A.

Resumo

A solução da Subestação Compacta Integrada (SECI) foi desenvolvida como um padrão da CEMIG Distribuição, contemplando a evolução tecnológica dos equipamentos e materiais, bem como atendimento a requisitos regulatórios. A SECI vem sendo aplicada, com sucesso, na implantação do Plano de Desenvolvimento da Distribuição – PDD da Cemig, já tendo sido implantadas 41 subestações nesse padrão no período de 2017 a 2024. Este projeto faz parte da estratégia para expansão do sistema sob concessão da CEMIG e sua aplicação pode ser estendida para as outras concessionárias, não somente do Brasil. Após a conclusão dos primeiros ciclos de investimento com aquisição de SECIs, foram identificados pontos de melhoria na solução, considerando aspectos de projeto, operação e manutenção. Este trabalho apresenta as características principais do projeto original da SECI e as alterações implantadas na segunda geração da solução, garantindo maior segurança, confiabilidade e eficiência operacional.

1. Introdução

A CEMIG desenvolveu novos padrões técnicos de linhas de distribuição, redes de distribuição e subestações para atender às exigências regulatórias estabelecidas pela Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL, as quais estão fortemente associadas à prudência nos investimentos, remuneração de ativos, qualidade de atendimento a cargas, consumidores e acessantes, dentre outros.

Para as subestações de distribuição, foram definidos 4 padrões de configurações, com as seguintes características de tensões de operação e potências nominais [1]:

1. Subestação GIS (138/13,8kV-2x40MVA);
2. Subestação Modular Híbrida (138/13,8kV-1x25MVA; 138/13,8kV-2x25MVA);
3. Subestação Compacta Integrada – SECI (138-69/13,8kV-15MVA; 138-13,8kV-15MVA; 138-34,kV-25MVA; 34,5-13,8kV-10MVA);
4. Subestação de Integração (138kV, com três ou quatro saídas de 138kV - tem a função de conectar novos consumidores e acessantes, apenas com equipamentos híbridos de manobra).

Essas soluções foram estudadas e concebidas, com base no atendimento às regras regulatórias e às seguintes premissas básicas:

- Prudência e reconhecimento do investimento na tarifa de energia elétrica;
- Redução do custo de implantação (CAPEX) para a viabilização de um maior número de subestações, permitindo a redução do comprimento das redes de MT e consequente melhoria nos índices de DEC/FEC;
- Redução dos custos de manutenção e operação (OPEX);
- Redução dos prazos de execução e dos custos adicionais (serviços) para a implantação;
- Subestações compactas, mais simples e confiáveis, utilizando o estado da arte da tecnologia de equipamentos compactos e de soluções integradas de equipamentos pré-comissionados em fábrica;
- Eliminação de ampliações / adequações futuras;
- Implementação de soluções de automação otimizadas.

Como exemplos dos benefícios da solução, pode-se citar:

- Industrialização de grande parte do processo e redução significativa dos riscos à segurança dos trabalhadores em obra;
- Fabricação em ambiente controlado de forma a garantir maior precisão e uniformidade nos materiais e componentes;
- Melhoria no controle de materiais, resultando em menor desperdício e maior sustentabilidade, além de uma redução na emissão de poluentes e no consumo de recursos naturais;
- Redução significativa de áreas para implantação;
- Padronização das subestações.

As primeiras subestações de distribuição nos padrões definidos foram implantadas durante o ciclo 2013-2017, sendo intensificada sua aplicação nos ciclos seguintes. No período de 2017 a 2024, somente no padrão SECI foram implantadas 41 novas subestações na Cemig D. A experiência com os novos padrões na Cemig tem demonstrado ganhos técnicos e financeiros expressivos em função do seu conceito inovador e alto nível de compactação. Além disso, a adoção dos novos padrões compactos foi a principal razão que viabilizou a implantação de grande número de subestações no Plano de Desenvolvimento da Distribuição.

O sucesso na sua produção, implantação e implementação consolida a SECI como um padrão de subestação da CEMIG D, o qual está alinhado às estratégias de expansão dos negócios da concessionária, com obtenção dos ganhos esperados para o melhor resultado empresarial e pleno atendimento às regras regulatórias.

Com a experiência de implantação e operação da primeira geração de SECIs, avaliando aspectos de projeto, construção e, principalmente, operação, foram identificados pontos de melhoria no padrão original, o que levou ao desenvolvimento da segunda geração de SECIs.

Nesse contexto, o objetivo principal deste trabalho é apresentar a evolução do padrão SECI, descrevendo algumas características alteradas com relação à solução inicialmente desenvolvida, das quais destacam-se:

- Implantação de Módulo de Controle e Proteção Abrigado (MCPA);
- Substituição da tecnologia do transformador de serviços auxiliares;
- Redefinição das dimensões do chassi da SECI;
- Melhorias na arquitetura de automação;
- Identificação da necessidade de novo padrão de subestação com chaveamento da Alta Tensão.

Neste trabalho, inicialmente, serão apresentadas as características principais da SECI, os equipamentos aplicados e aspectos construtivos. Em seguida, serão abordados os principais pontos de melhoria identificados e as alterações definidas para a segunda geração de SECIs, destacando os motivadores pelas alterações bem como os benefícios alcançados.

2. Desenvolvimento

2.1 – SECI – Características Principais

As SECIs foram concebidas para serem conectadas nas extremidades de novas linhas radiais ou como derivação via tape seco de linhas de distribuição existentes, nas tensões de 138 kV, 69 kV ou 34,5 kV. No lado de média tensão, possuem um número máximo de quatro alimentadores, nas tensões de 34,5 kV ou 13,8 kV.

Estão padronizadas quatro configurações desta categoria de subestação [2]:

1. 34,5-13,8 kV-10MVA – 3 saídas de alimentadores e 1 banco de capacitores de 1,2 Mvar;
2. 138-69/13,8kV-15MVA – 4 saídas de alimentadores e 1 banco de capacitores de até 4,8 Mvar. Esta subestação opera inicialmente em 69 kV, mas já é preparada para operação futura em 138kV;
3. 138-13,8kV-15 MVA – 4 saídas de alimentadores e 1 banco de capacitores de até 4,8Mvar;
4. 138-34,5kV-25 MVA – 4 saídas de LD 34,5 kV.

A principal característica das SECIs é aplicação de vários equipamentos e sistemas integrados e montados em uma única plataforma metálica (chassi ou skid), podendo-se destacar, originalmente, os seguintes componentes principais [2]:

- Seção de entrada de alta tensão: um módulo de manobra híbrido simples – MMHC – de 138 kV para proteção do transformador. Para a alimentação em 34,5 kV, considera-se um Conjunto de Manobra Tripolar a gás SF6 ou um disjuntor a gás SF6. Opcionalmente, pode ser instalado um conjunto de manobra GIS para uso externo em substituição ao módulo híbrido de 138 kV;
- Transformador de potência convencional com comutador de derivações em carga (CDC);
- Seção de saída de média tensão: conjunto de manobra tripolar de MT isolado a gás SF6, com um disjuntor geral para o lado de baixa do transformador de potência e vias com chaves tripolares para as saídas dos alimentadores e banco de capacitores;
- Equipamentos de proteção, controle, rádio para telecomunicação, serviços auxiliares e medição, instalados em painéis montados sobre o chassi;
-

Os religadores de média tensão das saídas dos alimentadores são instalados no lado de fora da subestação, com acesso livre para as equipes de manutenção de rede.

A Figura 1 apresenta, respectivamente, o Diagrama Unifilar Básico (DUB) de uma típica SECI de primeira geração e um exemplo de sua instalação em campo.

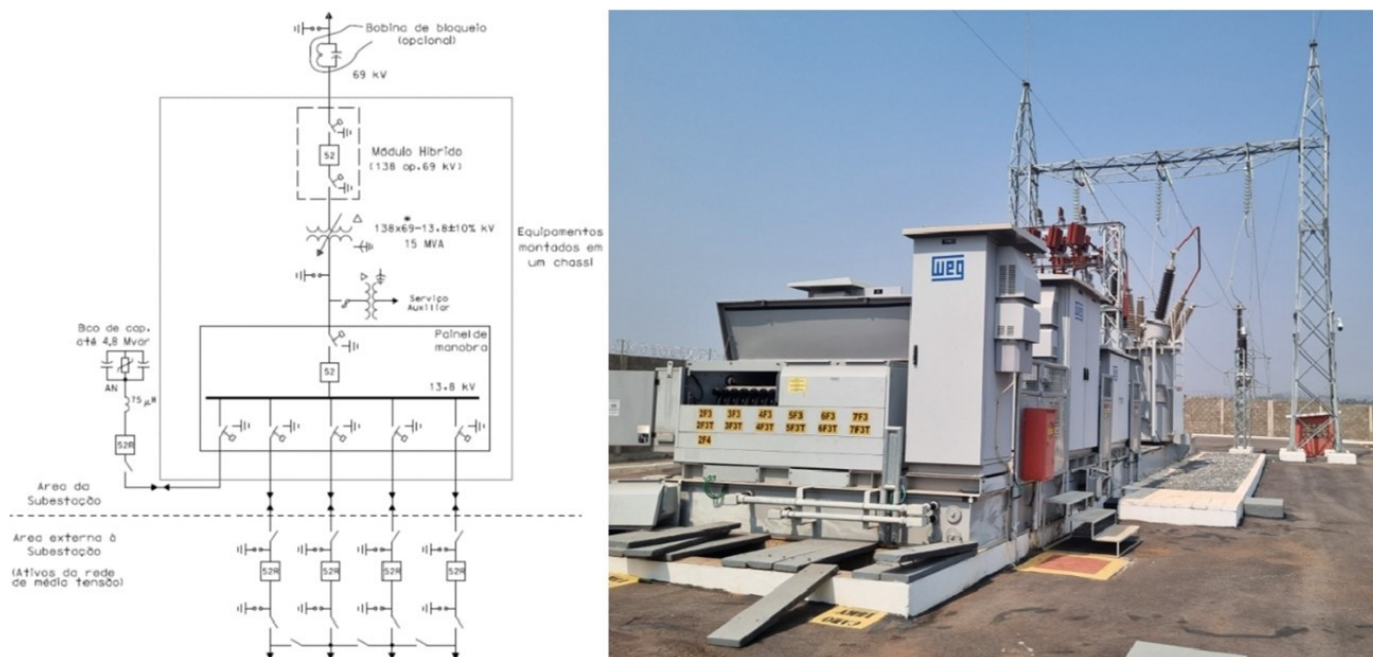


Figura 1 - Subestação Compacta Integrada – SECI Primeira Geração: DUB e instalação em campo.

As SECIs possuem um banco de capacitores, o qual é montado fora do chassi e interligado a uma das vias do conjunto de manobra tripolar isolado a gás SF₆ do setor de média tensão. Nesse caso, é instalado um disjuntor ou religador, também fora do chassi, para manobrar o banco de capacitores.

A subestação do padrão SECI destaca-se pela redução de atividades e serviços executados em campo, sejam de montagem ou comissionamento, devido ao grande volume executado em fábrica. Além dos ganhos apontados, a concepção de uma subestação montada em fábrica possibilita maximizar a sua padronização e garantir uma boa qualidade final do produto, contribuindo para a redução de custos, ao se contratar o fornecimento de várias unidades idênticas. Em campo são realizadas algumas intervenções civis, como a construção da base que suporta o chassi, bacia de contenção e óleo e edícula, e poucas atividades eletromecânicas, como a construção de pórtico de chegada da linha de distribuição e das barras aéreas dos setores de alta e média tensão e a instalação de TPs e para-raios.

As SECIs possuem apenas uma seção de alta tensão, sendo ligadas nas extremidades de linhas radiais ou como derivação de linhas de distribuição onde existam mais cargas (subestações ou consumidores) conectadas. Essas subestações são aplicadas, preferencialmente, nos seguintes casos:

- Áreas de grande extensão territorial com baixa densidade de cargas;
- Áreas onde o mercado apresente crescimento relativamente baixo, inviabilizando o investimento em subestações de maior porte.

2.2. SECI Segunda Geração

Após a implantação das primeiras SECIs, foram identificados pontos de melhorias da solução original pelas áreas de projeto, operação e manutenção. A equipe de engenharia da Cemig, juntamente com demais áreas da empresa, desenvolveu soluções de projeto que serão apresentadas a seguir.

2.2.1. Módulo de Controle e Proteção Abrigado (MCPA)

Devido à alta compactação e simplicidade das SECIs, os primeiros projetos previram a instalação dos painéis de proteção, controle, telecomunicações, serviços auxiliares e medição montados diretamente sobre o chassi, ao tempo. Essa solução permite a operação e manutenção da SECI com segurança, mas com possíveis dificuldades para intervenções mais prolongadas, principalmente sob condições adversas de clima (chuva ou sol intenso). A solução de automação implantada permite que toda supervisão e controle sejam realizados à distância, no entanto há ações de manutenção que necessitam de intervenção local na subestação. A Figura 2 apresenta uma foto dos painéis de proteção e controle da SECI primeira geração.



Figura 2 - SECI Primeira Geração: painéis de proteção e controle instalados ao tempo, sobre o chassi.

Outro ponto observado nas primeiras SECIs implantadas refere-se ao desempenho da solução de refrigeração individualizada, do tipo wall-mounted, adotada para os painéis ao tempo. Foi constatada uma alta taxa de falhas dos condicionadores de ar instalados, principalmente em regiões de alta temperatura, além de dificuldades de acesso para manutenção. Originalmente, os painéis das SECIs eram fornecidos e instalados sobre o chassi do equipamento e providos de equipamentos condicionadores de ar acoplados individualmente em cada painel, seja no teto ou em uma das laterais. Devido a ocorrências diversas como, por exemplo, vazamentos e deficiência no isolamento térmico dos painéis foram propostas algumas alterações, tais como:

- melhoria dos requisitos exigidos para o isolamento térmico dos painéis;
- alteração dos requisitos exigidos para a climatização e sua capacidade de refrigeração;
- adequação dos requisitos para instalação, operação e manutenção dos equipamentos do sistema de climatização;
- proibição da localização dos equipamentos da climatização na parte superior dos painéis, devido a ocorrências de vazamento, com comprometimento dos equipamentos instalados no interior dos painéis.

Entretanto, apesar das alterações propostas trazerem melhorias para o desempenho da solução, foi identificado, em campo, que a manutenção deste tipo de condicionador de ar é extremamente complexa e a acessibilidade ao suporte do filtro é difícil, necessitando equipe especializada para sua substituição. Essa condição compromete a programação da manutenção e o funcionamento do sistema, acarretando superaquecimento interno dos painéis e comprometendo a vida útil dos equipamentos, relés e baterias, principalmente nas localidades onde a temperatura média externa é elevada, superando 40°C sobre o chassi, em várias localidades do estado de Minas Gerais. A Figura 3 ilustra exemplos de painéis instalados em campo, com foco no sistema de refrigeração dos painéis.

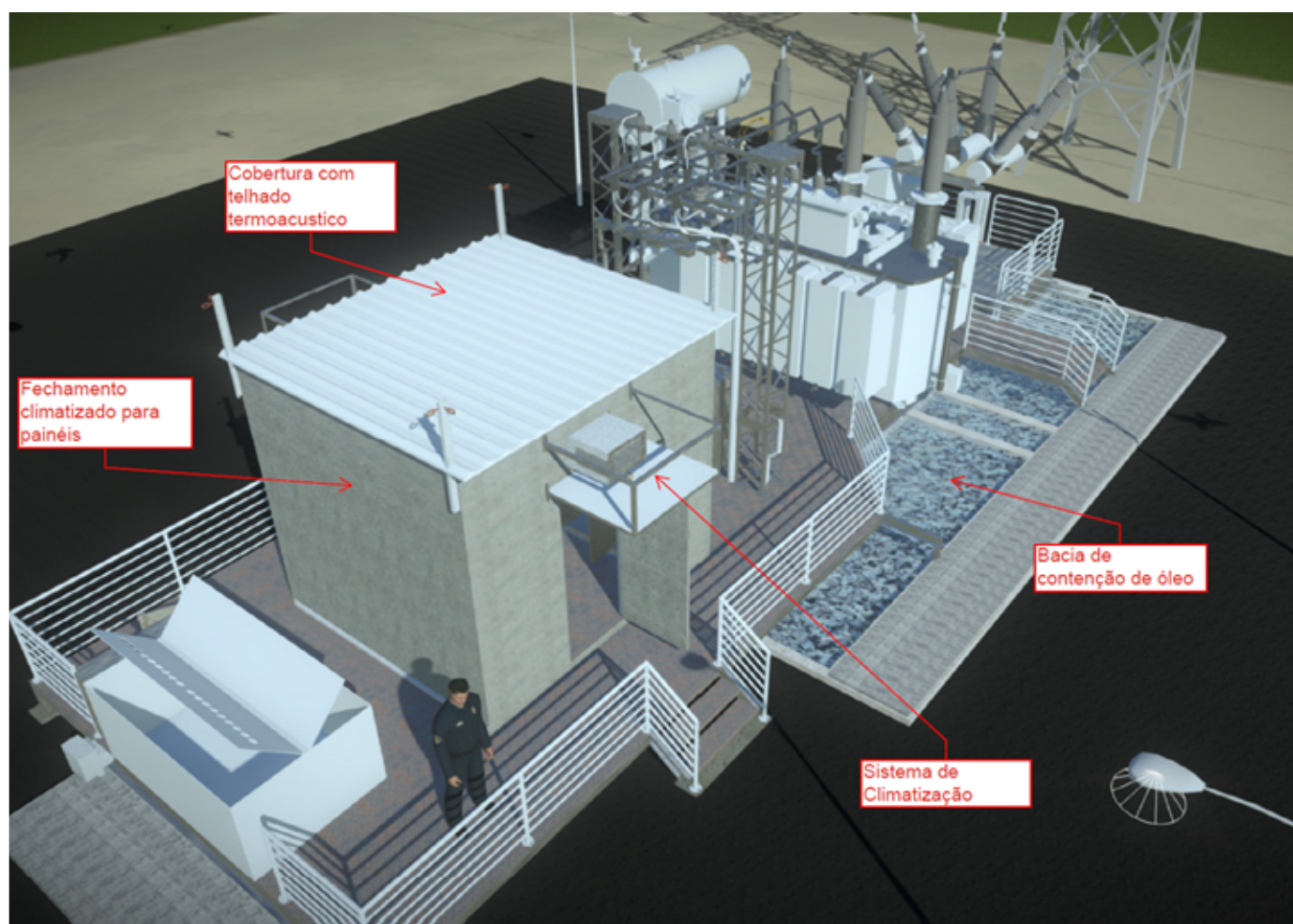


Figura 3 – Painéis instalados na SECI Primeira Geração: (a) Refrigeração no teto; (b) Refrigeração na lateral.

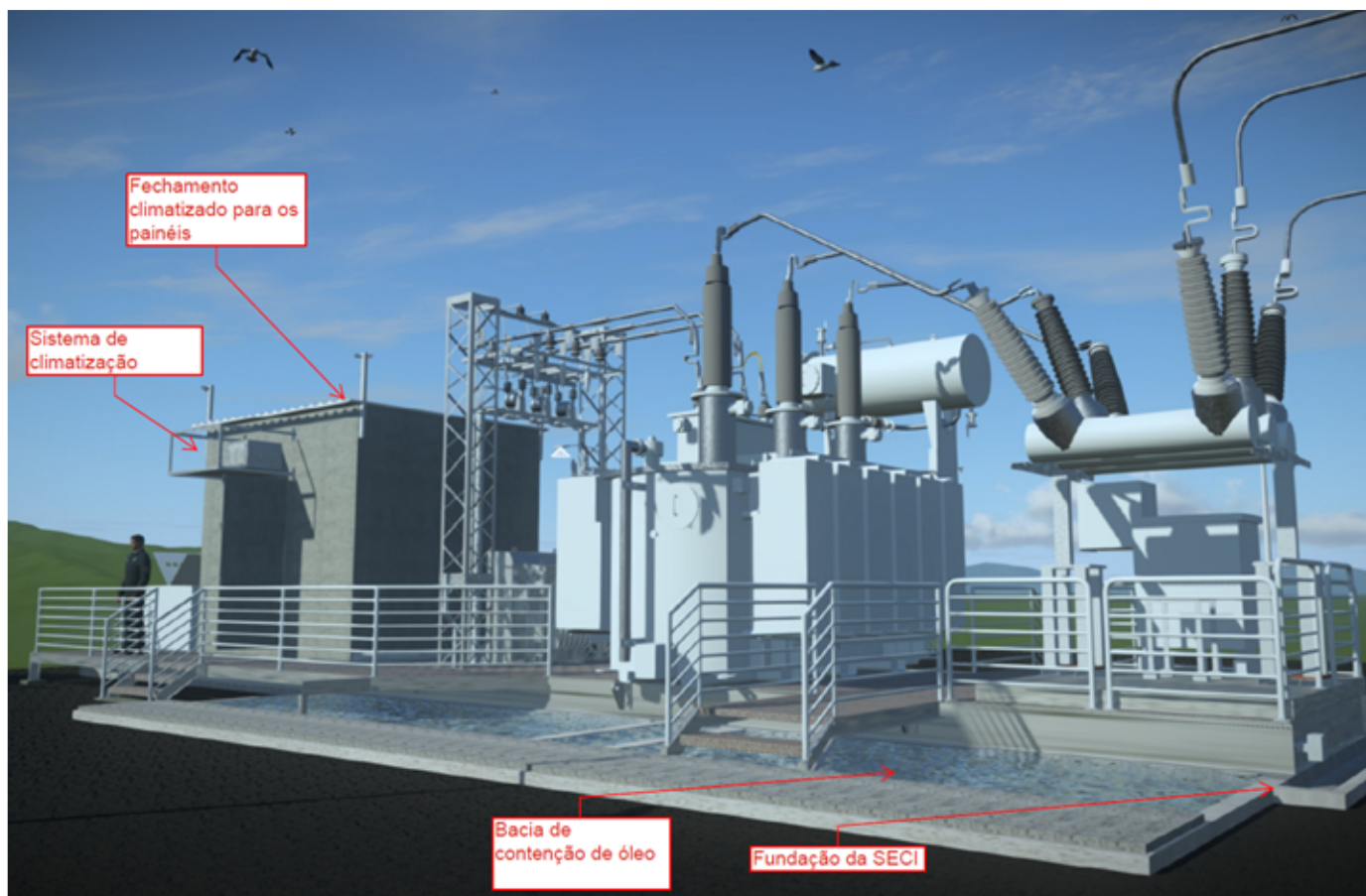
Nesse contexto, para definição da solução a ser adotada na SECI Segunda Geração, devido à necessidade de novo projeto para atendimento aos critérios de temperatura de trabalho máxima no interior dos painéis e a criação de ambiente adequado para as operações de manutenção dos equipamentos, foram estudadas alternativas que trouxessem os benefícios necessários, mas sem comprometer as premissas para concepção da SECI. Aspectos como restrições de espaço, tamanho do chassi e peso da solução foram considerados.

A solução final foi a construção de um Módulo de Proteção e Controle Abrigado (MPCA). Os painéis sobre a SECI são agrupados em 2 linhas de 4 painéis e dispostos sob estrutura de fechamento, provida de paredes, portas de acesso e telhado, sendo este espaço climatizado e caracterizado como o MCPA. A solução prevê a utilização de duas unidades de condicionadores de ar do tipo janela, (n+1). As vantagens desse sistema é ser plug-in play, ter facilidade na troca do filtro e do próprio equipamento, em caso de defeito. É utilizado um PLC para automatização da rotina de funcionamento das máquinas, além de integração com o SAS (Sistema de Automação de Subestação) provendo informação remota para o status de funcionamento dos equipamentos. A utilização de condicionadores de ar do tipo wall-mounted para o MCPA foi, inicialmente, descartada, devido a restrições de espaço nas SECIs.

A solução final adotada, com o Módulo de Controle e Proteção Abrigado, está ilustrada na Figura 4.



(a) Detalhes do MCPA sobre o chassi da SECI Segunda Geração.



(b) Outra vista do MCPA.

Figura 4 - SECI Segunda Geração - MCPA (Módulo de Controle e Proteção Abrigado).

O Módulo de Controle e Proteção Abrigado (MCPA) deve abrigar os painéis de supervisão, controle, proteção, telecomunicações, medição, banco de baterias, carregador de baterias e serviços auxiliares. O MCPA proporciona um ambiente mais adequado para proteção, conservação e manutenção dos painéis e melhores condições de trabalho para os usuários, quando houver necessidade de intervenções locais nos painéis para operação e manutenção, principalmente por um tempo mais prolongado. A adoção dessa solução permitiu, ainda, além da proteção dos painéis e usuários contra condições desfavoráveis de clima e intempéries, outros benefícios não auferidos na primeira geração de SECI:

- um sistema de climatização geral, em substituição ao sistema de climatização menos eficiente e individualizado de cada painel;
- um sistema de combate a incêndio por inundação total, fixo e comandado de forma automática, diante da ausência de sistema de combate, na geração anterior da SECI;
- um sistema de iluminação, incluindo iluminação de emergência, em substituição à iluminação menos eficiente e individualizada de cada painel.

O sistema de detecção e combate a incêndio adotado possui os seguintes componentes principais: sensores/detectores de fumaça e chama; acionadores manuais inteligentes; central de alarme e comando; unidade de suprimento ininterrupto de energia elétrica; dispositivos de supervisão de funcionamento; sinalização local e remota, integrada ao Centro de Operação da Distribuição (COD). O agente de supressão

utilizado é o gás de Cetona Fluorada, de formulação química $\text{CF}_3\text{CF}_2\text{C}(\text{O})\text{CF}(\text{CF}_3)_2$, ou FK-5-1-12, segundo a Norma ISO 14520:5:2019, para incêndios classes A, B e C [3]. Em caso de acionamento, o agente de extinção deve ser inofensivo a pessoas e equipamentos dentro do MCPA e não deve deixar resíduos.

2.2.2. Transformador de serviço auxiliar

A primeira geração de SECIs adotou o transformador de serviços auxiliares convencional, buscando utilização do mesmo transformador aplicado em subestações convencionais. No entanto, no estudo da SECI Segunda Geração, definiu-se pela adoção do transformador tipo pedestal, permitindo maior compactação e segurança do arranjo eletromecânico instalado no chassi.

Os principais motivadores desta alteração foram:

- Controle de campo elétrico das buchas com a substituição das conexões mufla por desconectáveis;
- Necessidade de encapsulamento de todas as conexões de média e baixa tensão anteriormente expostas;
- Com a compactação e seu encapsulamento, a localização do equipamento ficou flexível e houve um aumento da segurança nas suas proximidades;
- Desempenho do equipamento atestado pela aplicação em diversos pontos da rede de distribuição subterrânea MT;
- Proteção de sobrecarga e curto-circuito incorporada ao equipamento;
- Disponibilidade de equipamentos reservas, pois é utilizado o mesmo equipamento nas aplicações em redes de distribuição de média tensão da Cemig.

2.2.3. Dimensional do chassi

As primeiras unidades de SECI foram especificadas com 3,20 de largura, baseadas na experiência com SEs móveis. Ao longo do histórico de fornecimento de SECIS, houve mudança para 4,0m, atendendo solicitação de fornecedores. A experiência mostrou que largura maior do chassi trouxe dificuldades nos empreendimentos de subestações, muitos deles em locais com acesso por estradas vicinais e com obstáculos: pontes estreitas, guarda-corpo de estruturas, vegetação, construções, rochas.

Após discussões internas, decidiu-se por redefinir as dimensões máximas de referência para a SECI:

- Largura máxima do chassi: 3,5m
- Comprimento máximo do chassi: 18,5m

Preferencialmente, o transformador de potência deve ser transportado sobre o chassi da SECI, em posição que não ultrapasse as dimensões máximas de transporte estabelecidas. No entanto, caso a SECI seja entregue em locais onde haja dificuldade de transporte ou restrição de peso nas vias públicas, o fornecedor deve transportar o transformador separado do chassi.

2.2.4. Arquitetura de automação

Na primeira geração de SECIs, a solução de automação adotada foi uma arquitetura simplificada, na qual os equipamentos de proteção (relés de proteção do transformador e do banco de capacitores) são integrados a uma Unidade Central de Controle (UCC) através de uma rede IEC61850, sem redundância. O sincronismo de tempo é provido pelo SCADA do Centro de Operação da Distribuição (COD) à UCC e distribuído aos

relés através da rede IEC61850. Além disso, os religadores de alimentadores, instalados externamente à SECI, são integrados diretamente ao SCADA via protocolo DNP3.0, sem passar pela UCC, utilizando o canal de comunicação da SECI, o que garante maior disponibilidade da automação desses equipamentos.

O controle local dos equipamentos de alta tensão utiliza uma interface padrão no painel de supervisão e controle através de chaves e botoeiras, sem acesso direto à interface frontal dos relés, simplificando a operação. Já na média tensão (chave tripolar SF6, religadores externos à SECI e religador do banco de capacitores), o controle local é feito diretamente nos painéis individuais de cada equipamento. Para o religador do banco de capacitores, é previsto também o controle via chaves e botoeiras no painel de supervisão e controle da SECI. Vale ressaltar que, na primeira geração de SECIs, não foi previsto o nível 2 de supervisão e controle dos equipamentos, ou seja, uma IHM (interface Homem-Máquina) local na arquitetura de automação da subestação. Essa decisão foi tomada devido ao projeto específico da SECI: devido à simplicidade e compactação da subestação, os vários níveis de controle se confundem [4].

Na SECI Segunda Geração optou-se por manter características semelhantes da solução de proteção e controle, apenas realizando alguns ajustes e melhorias identificados durante a implantação da primeira geração, além de considerar a evolução da solução de automação adotada pela Cemig D. A arquitetura do Sistema de Automação (SAS) da SECI Segunda Geração, com as melhorias implantadas, é apresentada na Figura 5.

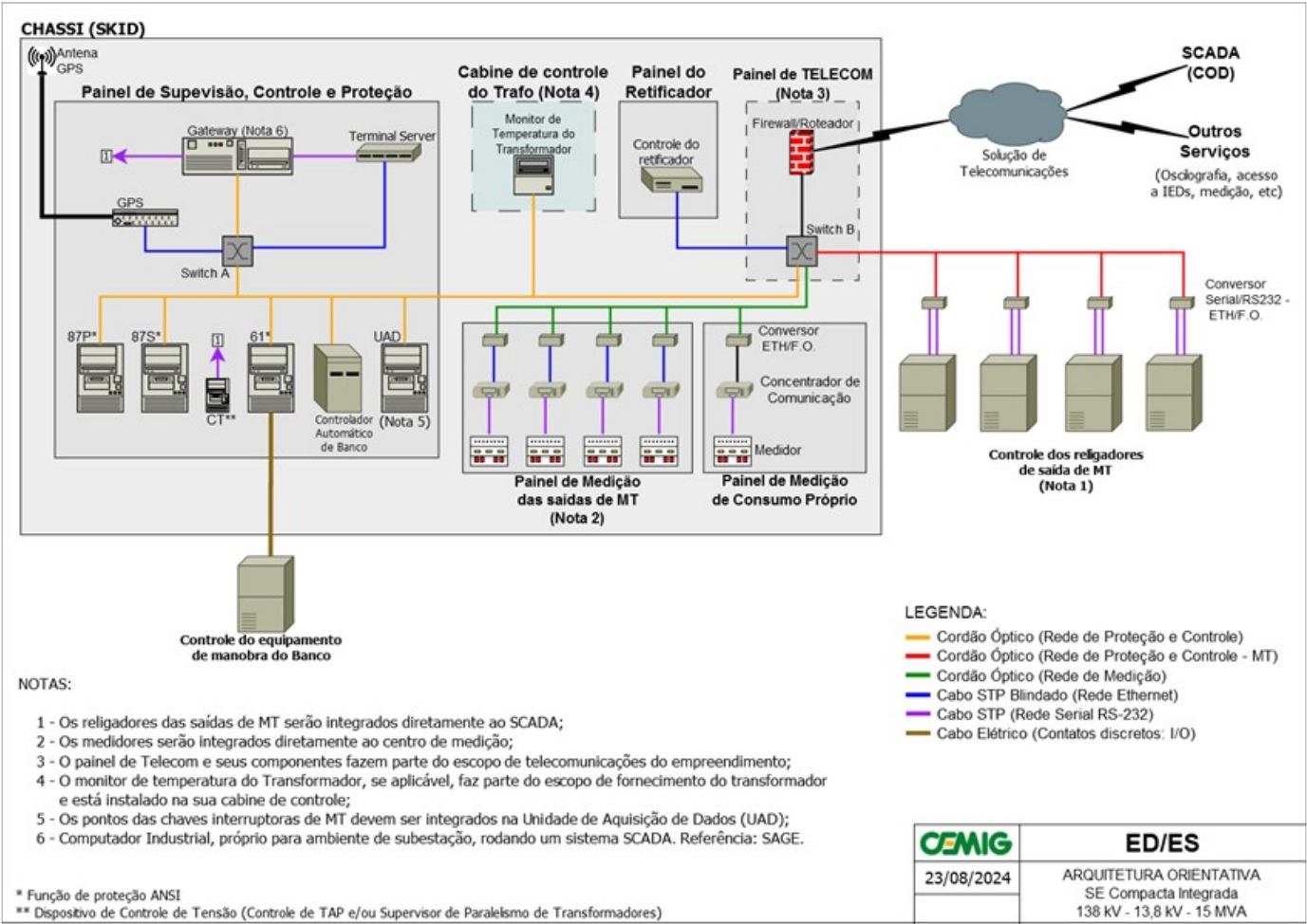


Figura 5 - Arquitetura de automação da SECI Segunda Geração

A arquitetura de automação da SECI Segunda Geração também baseia-se na norma IEC61850. Dentre as alterações implementadas, foi incluído o fornecimento de um GPS, para melhorar e simplificar a solução para sincronismo de tempo dos equipamentos. Dessa forma, mesmo com a perda de comunicação da SECI com o SCADA centralizado (COD), é garantido o sincronismo dos componentes do SAS.

Outro ponto de melhoria foi a inclusão do retificador na rede de automação, disponibilizando mais informações para as equipes de proteção e controle, uma vez que é possível acessar remotamente dados de configuração e operação do equipamento. Foi incluída também a integração do monitor de temperatura do transformador via ROD (Rede Operativa de Dados), buscando maior padronização e simplificação das soluções de automação.

Finalmente, destaca-se a alteração da arquitetura com a utilização de um gateway padrão, com função de gateway e IHM integrados, provendo a inclusão do nível 2 de controle na SECI (IHM local). Essa melhoria específica foi proporcionada pela evolução da solução de proteção e controle da Cemig com a implantação do ADMS e o novo SCADA do Centro de Operação (COD), em operação desde dezembro de 2024 para o sistema de Alta Tensão da Cemig Distribuição.

2.2.5. Necessidade de criação de nova configuração de SECI

Apesar das diferenças existentes entre as variações do padrão SECI, o setor de alta tensão sempre é composto por um equipamento compacto de manobra, destinado exclusivamente para a função de manobra e proteção do transformador. Atualmente, não existe nenhuma função de manobra e proteção dedicada à linha de distribuição responsável pela alimentação da SECI. Sendo assim, uma SECI se conecta ao sistema de distribuição em alta tensão por meio de uma conexão radial ou em derivação de uma linha de distribuição via tape seco.

De acordo com o conceito atual de padrões subestações da Cemig D, quando existe um elevado potencial de impacto para os consumidores alimentados por uma eventual SECI conectada em derivação via tape seco é necessária a implantação dessa SECI em conjunto com uma Subestação de Integração, sendo esta responsável pelo seccionamento da linha de distribuição. Todavia, visando a otimização da solução como um todo (terreno, equipamentos, custos, integração e outros) e o volume significativo de sua aplicação, se fez necessário o desenvolvimento de um novo padrão com a finalidade de propiciar o seccionamento de linha de distribuição e o atendimento de uma carga semelhante a de uma típica SECI.

A CEMIG D está desenvolvendo um novo padrão que possibilitará o atendimento daquelas cargas típicas de uma SECI enquanto promove também o seccionamento de sua respectiva linha de distribuição, com um custo inferior ao conjunto SECI e SE de Integração. O novo padrão contribuirá para o ganho de qualidade, segurança e confiabilidade no fornecimento de energia elétrica pela Cemig D.

3. Conclusão

A solução inovadora da SECI, com um nível de compactação extremo, associado a simplicidade dos requisitos técnicos, alta confiabilidade operacional e com os ganhos reais em sua implantação e operação já apurados, consolida a adoção da SECI como um padrão de sucesso, viabilizando a expansão do sistema elétrico da Cemig D com agilidade e eficiência. No período de 2017 a 2024, foram instaladas 41 SECIs pela Cemig D.

Com a experiência de implantação das primeiras SECIs, a Cemig aprimorou os requisitos técnicos do projeto, buscando atender a melhorias identificadas pelas equipes de engenharia, projeto, operação e manutenção, o que resultou na concepção da SECI Segunda Geração.

Este trabalho apresentou as principais características da Subestação Compacta Integrada – SECI Segunda Geração, como evolução de um padrão estratégico de sucesso da Cemig Distribuição. Dentre as melhorias implantadas, destaca-se a concepção do Módulo de Controle e Proteção Abrigado, que garante maior segurança e confiabilidade operacional. Foram também alterados requisitos de equipamentos e chassi da SECI, bem como melhorias na solução de automação.

A SECI Segunda Geração consolida o padrão de sucesso de subestações compactas da Cemig, alinhado às estratégias de expansão dos negócios da concessionária, com obtenção dos ganhos esperados para o melhor resultado empresarial e pleno atendimento as regras regulatórias.

4. Referências bibliográficas

[1] Sandro C. Assis, Paulo R. F.C. Costa, Eduardo N. Carvalho, Alécio M. Oliveira, Eduardo M. Raposo, Gildecio S. Aguiar, Leonardo R. Oliveira, “Novos Padrões de Subestações Compactas da Cemig D para Expansão do SISTEMA Elétrico no Estado de Minas Gerais” (Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica – SNPTEE – 2015)

[2] Assis, Sandro C.; Costa, Paulo R. F.C.; Carvalho, Eduardo N.; Murta, Marisa L.; Barbosa, Afonso V.N.; Motta, Igor L.M.; Oliveira, Leonardo R., “Subestação Compacta Integrada – SECI, um padrão estratégico de sucesso para expansão do sistema elétrico da Cemig”, (Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica – SNPTEE – 2019).

[3] CEMIG D – 02.111-ED/ES-28 – Especificação Técnica – Subestação Compacta Integrada – SECI – Especificação Técnica Unificada.

[4] Murta, Marisa Lages; Ribeiro, Fernando Moreira; Soares, Paulo César, “Sistema de Automação para Subestações Compactas Integradas (SECI) da Cemig Distribuição” (XXIII Seminário Nacional de Distribuição de Energia Elétrica – SENDI – 2018).