



# Subestações Modulares "Plug and Play": Casa de Comando em Módulo Metálico Engenheirado e Subestações SKID com Solução Digital

**Tema:** Subestações de Distribuição

**Autores:** Bruno Alexandre Oleskowicz

**Co-Autores:**

**Empresa:** WEG Equipamentos Elétricos S/A

---

## Resumo

Durante o projeto executivo de uma subestação, os processos de construção demandam recursos e mão de obra que muitas vezes trazem dificuldades em campo, ficando expostos e dependentes à liberações de licenças ambientais, canteiro de obras, intempéries climáticas, localizações remotas, longo prazo de entrega de insumos, acidentes de trabalho, entre outros problemas que impactam em custos ou prejudicam o cronograma do empreendimento.

A crescente demanda por soluções inovadoras, rápidas e eficientes na implementação de subestações elétricas impulsionou o desenvolvimento de tecnologias modulares, com o objetivo de desonerar os impactos e dificuldades enfrentadas em campo na construção de uma subestação. Este artigo apresenta uma abordagem integrada para subestações modulares, abrangendo casas de comando em módulos metálicos engenheirados e subestações SKID, todas equipadas com soluções utilizando Sistemas de Proteção, Controle e Supervisão (SPCS) digitais, destacando-se a facilidade de conexão entre os sistemas instalados na casa de comando e equipamentos primários. Essa integração é facilitada pelo uso de um painel de interface, tornando a solução verdadeiramente “*plug and play*”.

O objetivo é destacar os benefícios técnicos e comerciais dessas soluções, incluindo redução de custos, agilidade na instalação, flexibilidade e alto nível de digitalização.

## 1. Introdução

A construção de uma subestação convencional demanda recursos substanciais e mão de obra para a construção, exigindo um planejamento complexo desde a sua concepção, até a sua instalação e energização. Uma das tarefas mais importantes é a definição do local da implantação, em que se deve considerar: acesso durante e após a implantação, área a ser construída, custo do terreno, impactos ambientais e sociais. Seu desenvolvimento e construção é complexo e envolve profissionais especializados, com vasta experiência nas áreas de elétrica, mecânica, civil, telecomunicações, proteção e controle. Essas obras são frequentemente impactados por atrasos devido a licenças ambientais, condições climáticas adversas, localização remota e longos prazos de entrega de insumos. Além disso, as casas de comando e estruturas tradicionais, muitas vezes construídas em alvenaria, requerem contratação de empreiteiras para construção

e montagem, o que pode resultar em complicações adicionais, aumentando o trabalho de gestão de obras, custos e riscos ao cronograma do empreendimento.

Toda subestação precisa de um SPCS, sendo fundamentais para a operação segura e eficiente das subestações. Tradicionalmente, esses sistemas utilizam Dispositivos Eletrônicos Inteligentes (IEDs) instalados em painéis na casa de comando, que se interligam aos equipamentos primários da subestação por uma vasta rede de cabos de cobre. Essa configuração, apresenta desafios significativos, como os serviços de instalação, a complexidade da infraestrutura (canaletas de concreto) de cabeamento e a necessidade de manutenção intensiva.

As soluções apresentadas neste artigo mostram a implementação de um SPCS digital, utilizando *Merging Units* (MUs) instaladas diretamente no pátio de subestações convencionais ou em plataformas de soluções modulares *SKID*. Esses dispositivos digitalizam os sinais dos equipamentos primários e os transmitem por meio de cabos de fibra ótica utilizando protocolos definidos na norma IEC 61850 (*Sampled Values* – SVs e GOOSE), pela rede de comunicação Ethernet da subestação. Essa abordagem reduz drasticamente a quantidade de cabos de cobre e simplifica a infraestrutura necessária, facilitando a instalação e manutenção do sistema.

Para enfrentar os desafios mencionados, foram desenvolvidas soluções integradas que combinam o SPCS digital com casa de comando em módulo metálico engenheirado e/ou soluções modulares *SKID*. Esses módulos são projetados e fabricados de modo a se obter diversas vantagens em relação às construções tradicionais, pois são fabricados e equipados com todos os sistemas necessários em ambiente controlado. A solução “*plug and play*” é propiciada pela inclusão de um painel de interface, que simplifica a conexão entre os equipamentos instalados no pátio, módulos e sistemas dentro da casa de comando.

A abordagem “*plug and play*” permite que a montagem dos equipamentos seja realizada na fábrica, onde é possível realizar testes de aceitação completos, garantindo a eficácia do sistema antes da instalação no campo. Isso reduz significativamente a necessidade de mão de obra em campo, conferindo maior agilidade e confiabilidade ao processo de implantação da subestação. Além disso, a construção modular oferece imunidade às intempéries durante a obra e possibilita o início do processo construtivo independentemente de licenças ambientais e canteiro de obras, otimizando o cronograma do projeto.

O artigo iniciará apresentando a solução preliminar de um projeto de subestação industrial convencional. Na sequência serão apresentadas as alterações realizadas no SPCS, detalhando as características da solução digital implementada, incluindo a centralização das funções de proteção e controle, a arquitetura de comunicação e os demais dispositivos que compõe sistema. Logo após serão apresentados detalhes sobre o módulo metálico engenheirado e o conceito “*plug and play*”, incluindo as facilidades de interface e conexões entre os equipamentos instalados no pátio e casa de comando. Na sequência exemplificaremos a possibilidade de utilização soluções *SKID*. Ao final, ainda feita uma abordagem sobre a agilidade e confiabilidade no processo de implantação desta solução e sobre os impactos referentes às otimizações de obras civis e redução de cabos de comando e controle.

As conclusões sobre as soluções apresentadas, bem como sugestões de trabalhos futuros e aprimoramentos tanto na utilização destas soluções para subestações industriais, geração e distribuição quanto para transmissão de energia elétrica serão apresentadas ao final do artigo.

## 2. Desenvolvimento

A subestação industrial representada adiante (ver Figuras 1 e 2), fica localizada no município de Três Lagoas, estado do Mato Grosso do Sul, e possui arranjo do tipo barra simples no seu setor de 138 kV com a seguinte configuração:

- Duas entradas de linha de transmissão 138 kV, com um disjuntor e duas chaves seccionadoras motorizadas;
- Um transformador 138/13,8 kV, com uma chave seccionadora motorizada;
- Previsão de instalação de um segundo transformador 138/13,8 kV, com uma chave seccionadora motorizada.

O setor de 13,8kV possui cubículos contendo:

- Uma entrada de transformador, composta por um disjuntor 13,8 kV e respectiva chave seccionador;
- Uma saída de alimentador para a indústria, composta por um disjuntor 13,8 kV;
- Uma saída para transformador de serviços auxiliares, composta por um disjuntor 13,8 kV;
- Uma saída de alimentador para a indústria como reserva a quente, composta por um disjuntor 13,8kV.

Apesar de se tratar de uma subestação industrial, este exemplo serve de base de estudos para arranjos de subestações de distribuição e geração de energia, e respectivas variações.

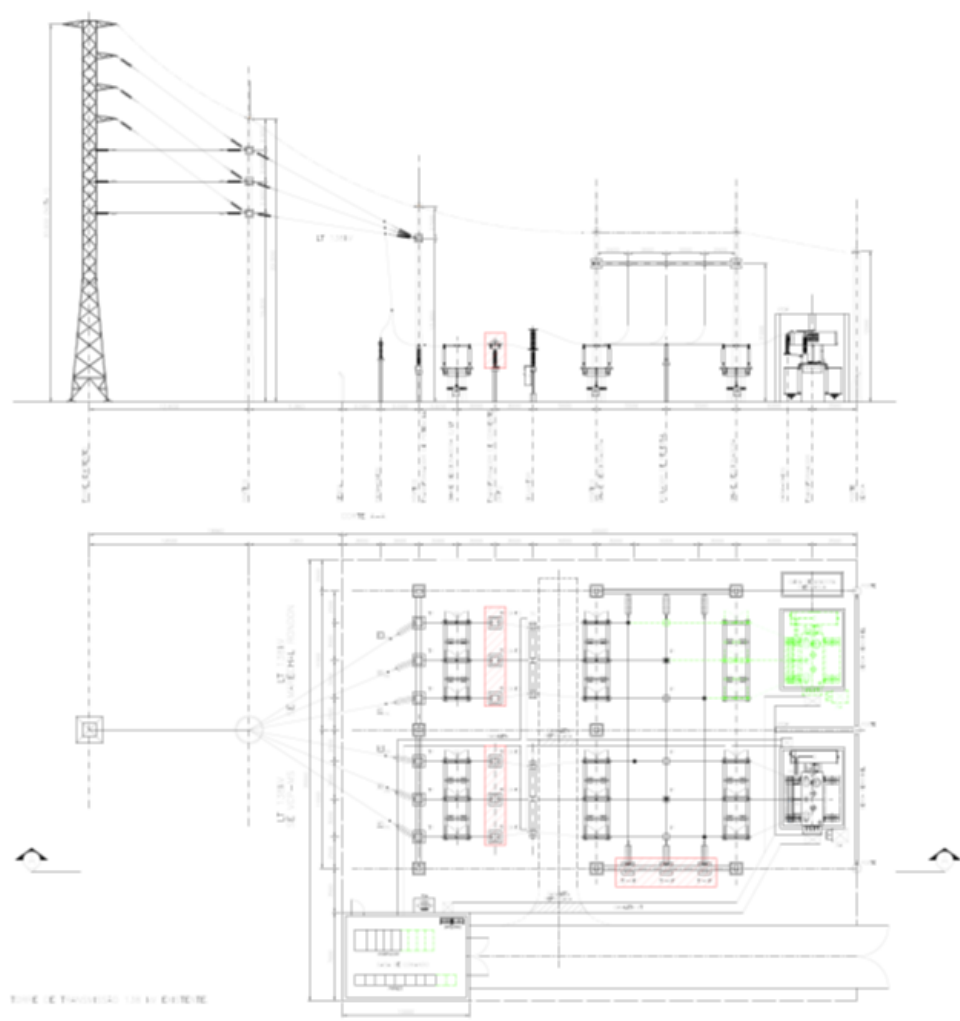


FIGURA 1 – Planta e corte – Subestação industrial [1]

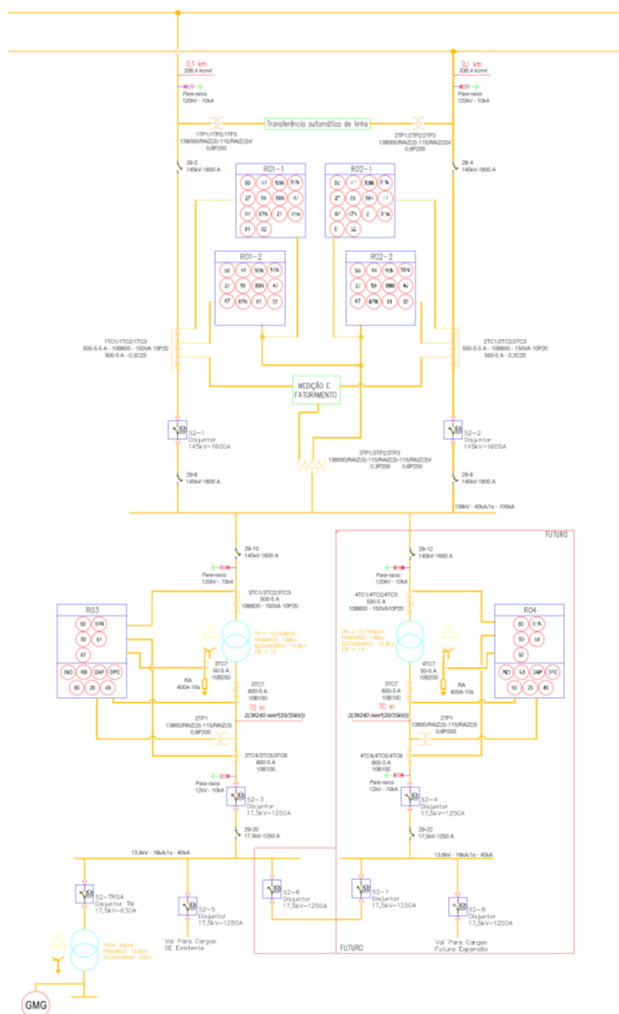


FIGURA 2 – Diagrama Unifilar Geral [2]

A solução inicial para a subestação foi projetada com base em um SPCS convencional (ver Figura 2). Nessa configuração, os IEDs são instalados em painéis dedicados para cada bay da subestação, localizados dentro da casa de comando. A comunicação entre esses dispositivos e os equipamentos primários, como transformadores, disjuntores, chaves seccionadoras, transformadores de potencial e transformadores de corrente, é realizada por meio de cabeamento de cobre. Esse método demanda uma grande quantidade de cabos de comando e controle, além de exigir uma infraestrutura robusta de canaletas e mão de obra significativa para o lançamento e realização de testes ponto a ponto.

Com o objetivo de abrigar os cubículos, retificadores, bancos de baterias, serviços auxiliares, painéis de SPCS e para servir como posto de trabalho para as equipes de operação e manutenção, inicialmente foi prevista a construção de uma casa de comando em alvenaria, com uma área de 70 m<sup>2</sup> para sala de operação (ver Figura 1).

A fim de cumprir as especificações técnicas e exigências contratuais, a solução contemplava a entrega de um SPCS composto por um painel com proteção principal e alternada para cada uma das linhas, um painel com proteção única para o transformador, um painel de controle dos serviços auxiliares equipado com switches e um Sistema Satelital de Navegação Global (GNSS – *Global Navigation Satellite System*), além de um painel de medição de faturamento, três painéis de serviços auxiliares CA/CC e quatro relés de proteção instalados na divisão de baixa tensão dos cubículos de média tensão. O sistema supervisório

da subestação não fazia parte do escopo de fornecimento, pois seria integrado ao supervisório de toda a planta industrial.

Para a comunicação entre os IEDs, foi especificada a utilização de fibra ótica, seguindo os protocolos de comunicação definidos na norma IEC 61850 (MMS e GOOSE) [5]. A arquitetura da rede de comunicação, ver Figura 3, foi concebida em topologia estrela simples, com um anel *RSTP* (*Rapid Spanning Tree Protocol*) para os IEDs dos cubículos de média tensão.

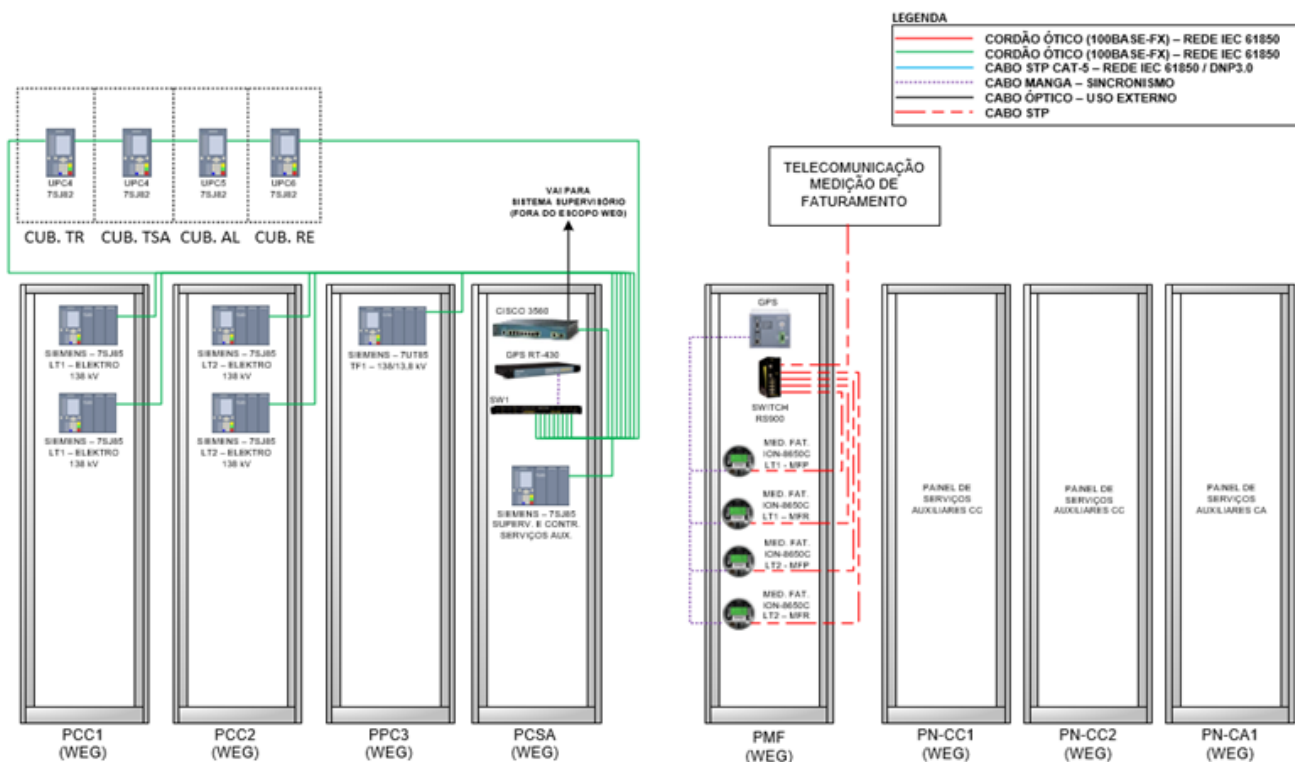


FIGURA 3 – Arquitetura de SPCS convencional [3]

Na construção da subestação, enfrentou-se desafios significativos que impactaram diretamente no cronograma da obra, resultantes da combinação do período chuvoso, das exigências industriais e das dificuldades na obtenção de licenças ambientais. Durante os meses de novembro a março, as intensas chuvas na região tornaram o solo encharcado, dificultando a escavação e a preparação do terreno, além de atrasarem a concretagem e a instalação das infraestruturas.

Simultaneamente, a necessidade de cumprir rigorosos requisitos industriais, como a documentação de integração, treinamentos de segurança, certificações técnicas e o cumprimento de normas regulamentadoras, aumentaram a complexidade e o tempo necessário para alocação de mão de obra em campo. Esses fatores foram agravados pela morosidade na obtenção das licenças ambientais, que impactaram diretamente no cronograma da obra e atrasaram o início de etapas críticas, como mobilização e o início da terraplenagem. Diante dos desafios, tornou-se imprescindível adotar inovações que pudessem mitigar os problemas identificados e assegurar a viabilidade do projeto dentro dos prazos estabelecidos. A introdução da casa de comando *plug and play*, composta por um SPCS digital com um módulo metálico engenheirado com painel de interface, surgiu como solução decisiva. Essa inovação possibilitou uma montagem mais rápida e eficiente, simplificando a instalação em campo, reduzindo significativamente a necessidade de mão de obra e o número de painéis e IEDs, o que, por sua vez, diminuiu a área necessária para a casa de comando. Além disso, otimizou os tempos de comissionamento, permitindo a recuperação dos prazos do cronograma e o cumprimento dos compromissos contratuais, evidenciando como a tecnologia e a engenharia avançada podem transformar desafios em oportunidades de sucesso.



O SPCS digital, parte fundamental desta solução, utiliza tecnologia avançada conforme a norma IEC 61850, empregando protocolos de comunicação de alta performance como *Sampled Values*, *GOOSE* e *MMS*. As MUs destinadas à aquisição dos sinais das duas linhas de transmissão foram instaladas em painel próximo aos bays, sendo que cada MU, tanto principal quanto de retaguarda, é responsável pela aquisição de dados de ambas as linhas. Já as MUs encarregadas da aquisição dos sinais do transformador foram integradas diretamente no armário do próprio equipamento, onde também realizam funções de monitoramento e controle (26, 49H e 90), proporcionando também redundância nessas funções (ver Figura 4).

Essas MUs capturam os sinais dos equipamentos primários, tanto grandezas analógicas (corrente, tensão e sinais transdutados) quanto sinais binários (estados, comandos, alarmes e supervisão de chaves e disjuntores), convertendo-os em protocolos digitais e disponibilizando-os na rede Ethernet, através de fibras óticas por meio dos protocolos *Sampled Values* e *GOOSE*. Com esta solução eliminou-se grande parte do cabeamento de cobre tradicionalmente utilizado, substituindo-o por uma rede de comunicação de fibra ótica.



FIGURA 4 – MUs instaladas no armário do transformador e em painel no pátio da subestação

A solução digital também permitiu a centralização das funções de proteção e controle da subestação, possibilitando que um único IED realizasse as funções de todos os bays de alta tensão da subestação, abrangendo as duas linhas de 138 kV e os dois transformadores de 138/13,8 kV, sendo um deles destinado a uma futura expansão. Para garantir a segurança operacional e a disponibilidade do SPCS, foram implementados dois IEDs idênticos e redundantes, com um atuando como principal e o outro como alternado. Esses IEDs se comunicam com as MUs responsáveis pela aquisição dos sinais dos equipamentos primários por meio de barramento de processos que utilizam protocolos de redundância definidos pela norma IEC 62439 [6] em anel *HSR (High-availability Seamless Redundancy)* separados, um dedicado aos equipamentos principais e outro aos de retaguarda. Esses anéis facilitam futuras expansões, pois para integrar o novo transformador ao SPCS, basta conectar as MUs incorporadas a ele aos anéis HSR existentes, sem a necessidade de fornecimento de novos painéis ou IEDs. A comunicação entre os IEDs no barramento de operação ocorre por meio de uma topologia em dupla estrela, utilizando switches de comunicação em RSTP, conforme

[illegible]

Essas alterações possibilitaram a eliminação de cinco painéis na casa de comando, impactando diretamente em seu tamanho, reduzindo sua área para 42 m<sup>2</sup>. Além disso, a solução digital eliminou a necessidade de construção de canaletas de concreto para cabos de comando e controle, substituindo-as por eletrodutos enterrados. Essa alteração atendeu a uma demanda da equipe de manutenção, que frequentemente enfrentava problemas com roedores atraídos pelos grãos processados na planta. Em comparação à solução de SPCS convencional, na solução digital houve uma redução de aproximadamente 35% na quantidade de cabos de cobre utilizados (ver Tabela 1).

Tabela 1 – Redução de cabos

LISTA CABOS DE CONTROLE						
Item	Descrição	Tipo de Cabo	CONVENCIONAL		DIGITAL	
			Comprimento (m)		Comprimento (m)	
			Folga	Total	Folga	Total
1	Força (EPR)	1x10	15%	267	15%	267
2	Força (PVC)	2x4	15%	309	15%	309
3	Força (PVC)	2x6	15%	52	15%	52
4	Força (PVC)	2x10	15%	67	15%	67
5	Controle (PVC)	(2x1,5)	15%	221	15%	110
6	Controle (PVC)	(2x2,5)	15%	513	15%	292
7	Controle (PVC)	(2x4)	15%	769	15%	505
8	Controle (PVC)	(2x6)	15%	1067	15%	626
9	Controle (PVC)	(4x1,5)	15%	221	15%	74
10	Controle (PVC)	(4x2,5)	15%	32	15%	32
11	Controle (PVC)	(4x4)	15%	274	15%	252
12	Controle (PVC)	(4x6)	15%	322	15%	228
13	Controle (PVC)	(5x2,5)	15%	311	15%	127
14	Controle (PVC)	(6x1,5)	15%	322	15%	138
15	Controle (PVC)	(10x1,5)	15%	43	15%	43
16	Controle (PVC)	(12x1,5)	15%	110	15%	37
			4899		3157	

A casa de comando *plug and play* representa uma inovação significativa no campo das subestações elétricas, ao proporcionar uma solução que une eficiência, flexibilidade e confiabilidade. Diferente da abordagem convencional, que exige a construção de uma estrutura fixa em alvenaria e um SPCS que demanda a instalação de uma grande quantidade de cabos de controle e comando, além de canaletas, a *solução plug and play* utiliza um módulo metálico engenheirado, um SPCS digital e um painel de interface, permitindo que todos os equipamentos internos à casa de comando e necessários para o funcionamento da subestação sejam projetados, construídos e comissionados em fábrica. Isso inclui cubículos, SPCS, serviços auxiliares, banco de baterias, retificadores e o transformador de serviços auxiliares. Observar nas Figura 6 e 10 os resultados finais em campo.



FIGURA 6 – Fotos externa e interna da casa de comando

O uso de um painel de interface (ver Figura 7), para as conexões elétrica e ótica entre a casa de comando e os equipamentos de pátio, elimina a necessidade de instalação e lançamento de cabos de conexão



internos à casa de comando durante a fase de campo, simplificando a interface e agilizando o processo de implantação.



FIGURA 7 – Painel de interface

Ao combinar normas de segurança, combate a incêndios, testes de estanqueidade, conexões rápidas e comunicação ótica, asseguramos máxima disponibilidade e segurança operacional, além de um transporte simplificado que elimina a necessidade de autorizações e operações logísticas especiais (ver Figuras 8 e 9).

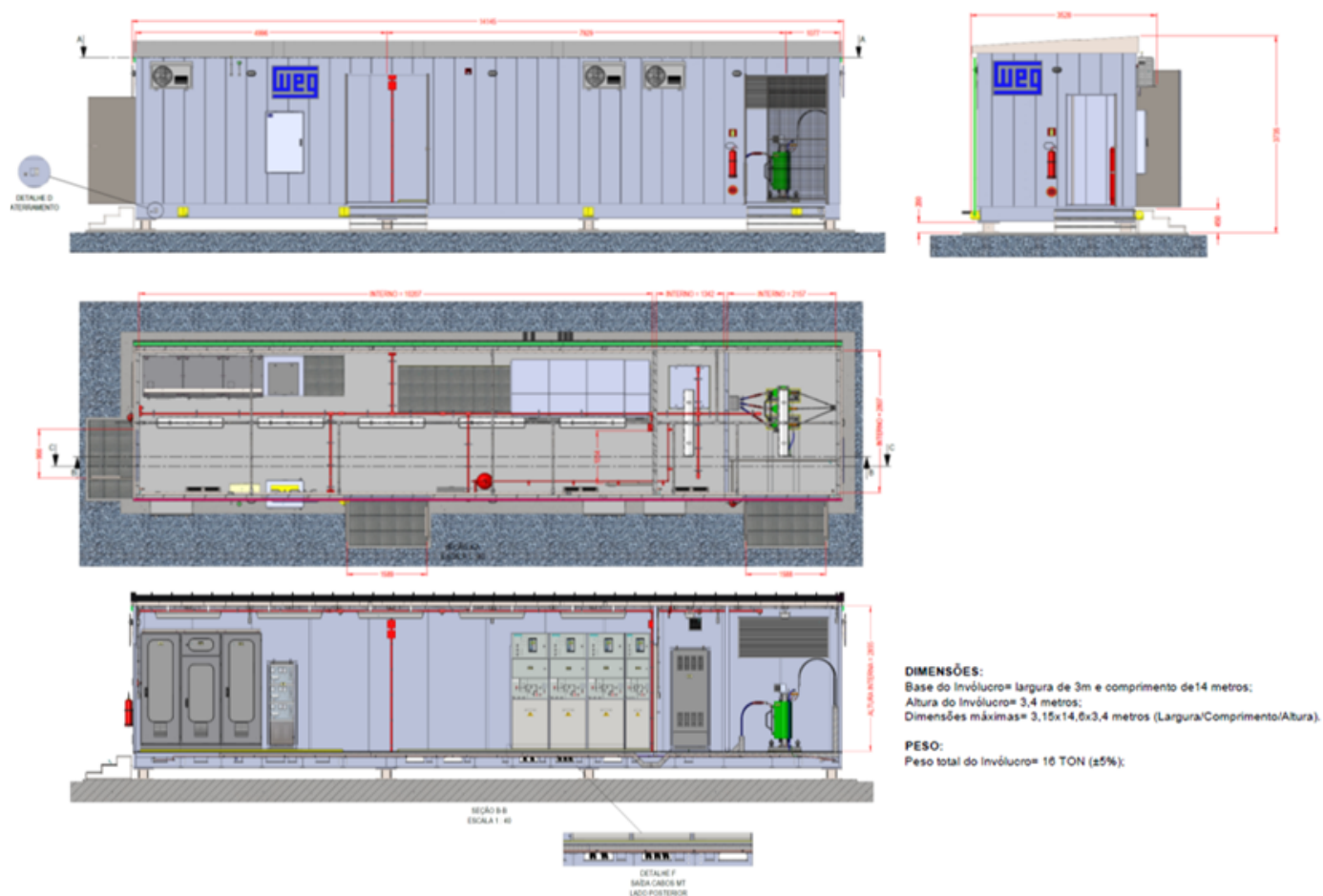


FIGURA 8 – Vistas, entrada de cabos de média tensão e frontal dos painéis [6]

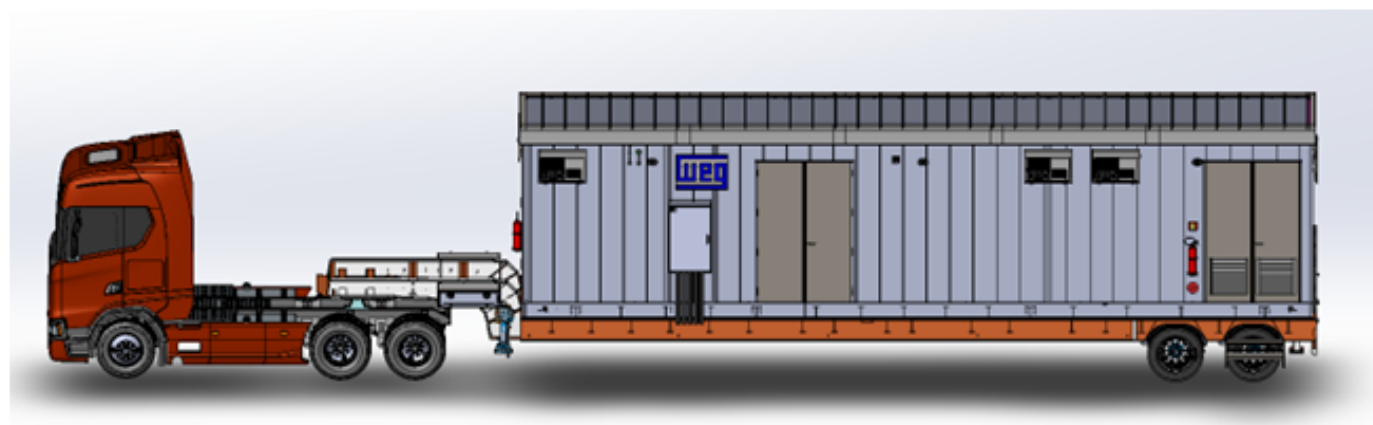


FIGURA 9 – Transporte facilitado



FIGURA 10 – Imagem aérea da subestação

Uma solução com arranjos mais simples, confiáveis e padronizados, também possibilitam a flexibilização para empreendimentos futuros. Assim, foi desenvolvida uma linha completa de subestações portáteis, compactas e modulares, que otimizam o tempo de implantação e reduzem as atividades de obras civis. No planejamento de uma subestação é de suma importância a definição do local da implantação, considerando pontos importantes como o acesso durante e após a implantação, área a ser construída, características e custos do terreno, impactos ambientais e sociais. Também deve-se levar em conta as dificuldades encontradas na implementação e execução do projeto.

No intuito de facilitar as dificuldades expostas acima, a solução transportável *SKID* é resultado do *know-how* na fabricação de soluções móveis somado ao alinhamento com as necessidades do mercado, cada vez mais exigente por segurança e confiabilidade em aplicações temporárias ou permanentes. A solução é designada para alta tensão e completamente montada sobre plataforma em estruturas de aço e/ou compósitos, além de leve e compacta para facilitar o transporte, possui a robustez necessária para montagem dos equipamentos, distribuindo o peso em toda a estrutura. Possui versatilidade em arranjos e soluções modulares, sendo uma opção prática e confiável para aplicação em indústrias, mineração, concessionárias de distribuição e geração de energia.

Existe a possibilidade de desenvolvimento de configurações até 145 kV que atendam às necessidades de cada cliente. A tabela a seguir ilustra as possíveis configurações para implantação em um único *SKID*,



com entrada em alta tensão até 138 kV, saídas em média tensão até 34,5 kV e possibilidade de diversas relações de transformação:

Tabela 2 – Características Técnicas

Informações técnicas	Subestações Transportáveis - Skid
Normas Aplicáveis	IEC/ANSI/ABNT
Frequência Nominal	50 ou 60 Hz
Configurações disponíveis	
Potência [MVA]*	10/15/25
Tensão Primária [kV]	138/69/34,5
Tensão Secundária [kV]	34,5/23/13,8
Entrada**	Módulo Híbrido/Disjuntor + Chave/Disjuntor
Saída	Cubículos/Disjuntor + Chave/Religador
Sistema de Proteção, Controle e Medição	
Painel Proteção e Controle	PNL Entrada/PNL Transformador/PNL Saída
Painel Medição	PNL Medição e Faturamento
Painel Telecom	PNL comunicação com COS
Demais equipamentos	
Para-raios	ZnO, Primário e Secundário
TSA	PAD Mount ou Convencional
Transformador Potencial MT	Medição e/ou Proteção
Painel CA/CC	Integrados no mesmo painel
Retificador + Banco Baterias	Integrados no mesmo painel

\* Para potência acima de 25 MVA sob consulta

\*\* Para tensão Primária de 138 kV somente disponível com módulo híbrido

Na sequência, Figura 11, temos um exemplo de estudo realizado para uma subestação com duas entradas de linha e dois transformadores montados em dois módulos, com arranjo em barra simples e diversas possibilidades nas saídas dos alimentadores 13,8 kV, ou seja, religadores, disjuntores ou eletrocentro com cubículos MT:



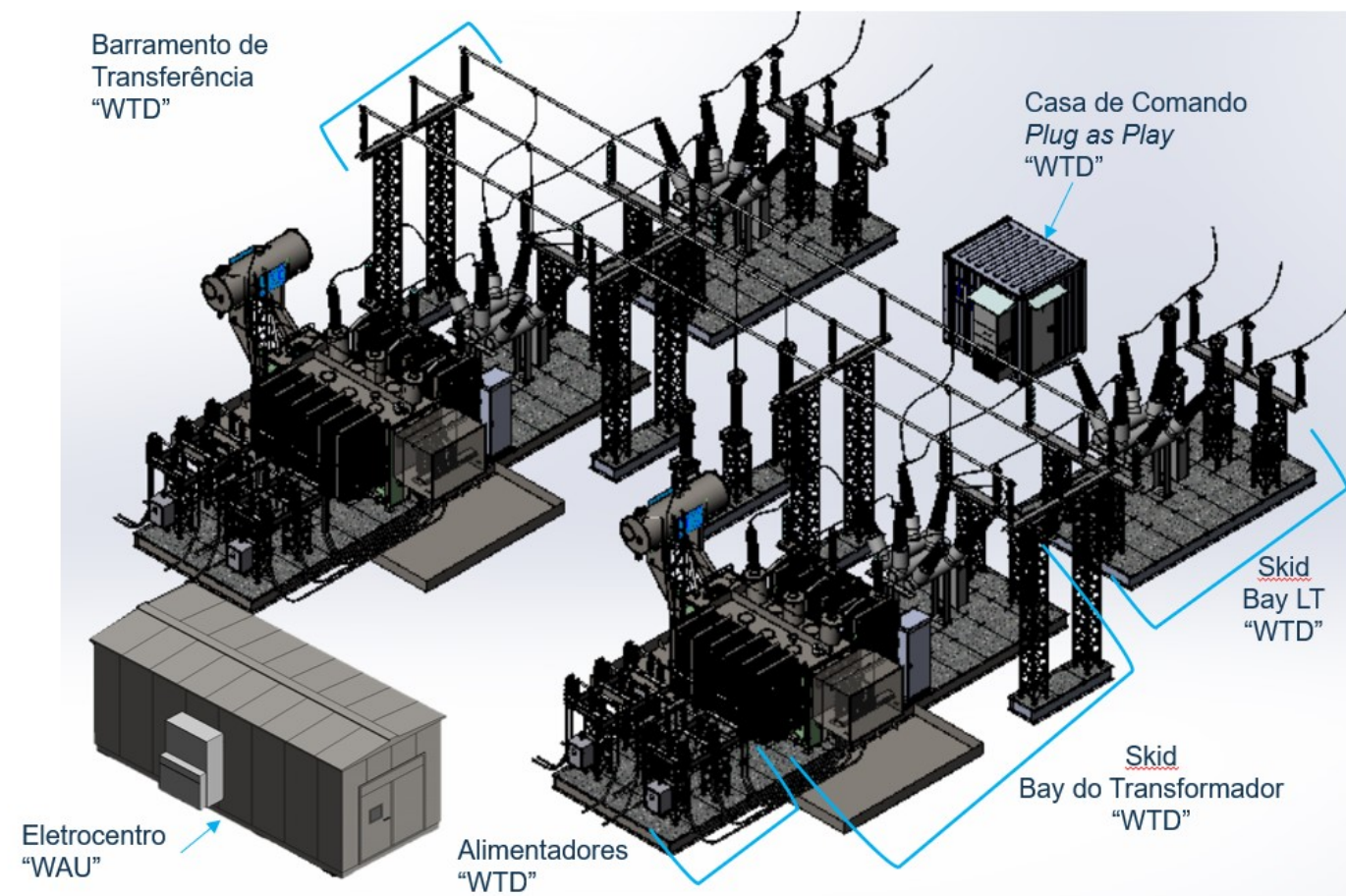


FIGURA 11 – Soluções modulares SKID

Nesta solução os equipamentos, tanto os instalados dentro da casa de comando, quanto os alocados nos módulos *SKID*, são montados, interligados e comissionados em fábrica, de maneira que ocorra o mínimo possível de mão de obra em campo, promovendo maior agilidade e confiabilidade para o cliente. A utilização destas tecnologias possibilitou a redução de obras civis e insumos para execução do empreendimento, além da eliminação de bases, estruturas e canaletas de concreto, em uma solução que independe de licenças ambientais e canteiro de obras para início da construção, sendo imune à ação de intempéries durante a obra.

Considerando o exposto e a aplicação de solução modular *SKID* digital observamos que:

- Trata-se de uma solução para subestações compactas e modulares;
- Atende os principais segmentos dos ramos industriais, mineração, distribuidoras de energia e geração (PCH, solar e eólica);
- Pode ser fabricada muito antes da área da subestação estar liberada (período de liberações ambientais, aquisição de terrenos, terraplanagem, obra civil, etc.);
- Menor intervenção em campo com redução de obras civis, montagem e comissionamento;
- Já sai de fábrica montada, testada e comissionada reduzindo o tempo de serviços em campo para a energização;
-

- Possibilita a otimização do espaço para implantação (redução da área em torno de 50% de área em comparação com uma subestação convencional isolada a ar dependendo do arranjo);
- Permite a diminuição de insumos da construção civil em toda sua cadeia (recursos naturais, transporte, materiais e ferramentas, etc.) contribuindo para redução do impacto ambiental;
  - Redução da quantidade de cabos de controle de cobre (solução digital com utilização fibras ópticas).

### 3. Conclusão

A implementação da casa de comando "*plug and play*" em módulo metálico engenheirado aliada à solução de SPCS digital representam um avanço significativo no campo das subestações elétricas. Esta abordagem inovadora oferece uma alternativa eficiente e flexível às construções convencionais, permitindo a montagem e testes dos sistemas em ambiente controlado de fábrica, o que resulta em maior agilidade e confiabilidade na implantação de subestações.

As melhorias proporcionadas pela solução digital, como a centralização das funções de proteção e controle, a redução da infraestrutura necessária para cabeamento de cobre, e a eliminação de canaletas de concreto, contribuíram não apenas para a redução do tamanho da casa de comando como na otimização dos custos e prazos de implementação. Além disso, a solução permite uma fácil integração de futuras expansões, como a adição de novos transformadores, sem a necessidade de alterações significativas na infraestrutura existente.

Este estudo demonstra como a combinação de tecnologias avançadas, como a norma IEC 61850, com inovações no design e construção da casa de comando, podem transformar os desafios enfrentados nas subestações em oportunidades de melhoria e otimização. A solução "*plug and play*" não apenas atende às demandas atuais da indústria, mas também se posiciona como uma referência para futuras aplicações em subestações de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica.

A implementação de uma subestação compacta, modular e padronizada que utiliza soluções similares às demonstradas neste artigo, podem trazer uma série de vantagens quando comparadas às subestações convencionais. Porém é necessária uma análise mais abrangente que passa por uma nova concepção de projeto, levando em consideração aplicações mais práticas e que dependem da quebra de paradigmas tanto por parte dos fabricantes quanto dos clientes.

Vantagens como o início da fabricação/construção muito antes da área da subestação ser comprada ou estarem liberadas com as devidas licenças e canteiros, bem como a mitigação de problemas em campo e aumento da competitividade com diminuição de áreas, recursos, insumos e desoneração dos impactos e dificuldades enfrentadas em campo na construção de subestações convencionais, poderão alavancar este tipo de solução.

Não menos importante, as novas políticas de *ESG* possuem metas ambientais cada vez mais agressivas. As subestações modulares *SKID* e digitais, vem de encontro com estas necessidades, oferecendo soluções mais sustentáveis, que possibilitam a redução de recursos e insumos para execução dos empreendimentos.

## 4. Referências bibliográficas

1. WEG. SE 138/13,8 kV: planta e corte SE industrial. Revisão 2. Maio/2022.
2. BAKHITA CONSULTORIA. SE 138/13,8 kV: alternativa diagrama unifilar geral. Revisão 3. Julho/2021.
3. WEG. SE 138/13,8 kV: arquitetura preliminar de SPCS. Revisão 2. Abril/2022.
4. WEG. SE 138/13,8 kV: arquitetura preliminar. Revisão 0C. Agosto/2022.
5. INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION. IEC 61850: communication networks and systems for power utility automation.
6. INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION. IEC 62439: industrial communication networks - high availability automation networks.
7. INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION. IEC 61869-9: instrument transformers - digital output for instrument transformers.
8. CIGRÉ. Impact of Digitalisation on Protection and Control. Technical Brochure No. 789. Paris: CIGRÉ, 2020.
9. OLESKOWICZ B. A., SCHEFFER R. B., ZIMERMANN E., TRISTÃO F, L.: Casa de Comando "*Plug and Play*": Módulo Metálico Engenheirado com Solução Digital. IT 103. São Paulo: STPC, 2024.