Relatório Final de Comissionamento a Frio

SUMÁRIO
1. OBJETIVO
3
3
7
8
5. CRONOGRAMA DE EXECUÇÃO
8
8
9
8. RESULTADOS
9
9
23
24
27
9. CONCLUSÃO
36
10. ANEXOS
36
11. CONTATOS
36

1.
OBJETIVO
O presente relatório objetiva apresentar os resultados obtidos após as atividades Realizados antes da vistoria ou mesmo energização da usina fotovoltaica, quando os diversos componentes do sistema ainda estão inoperantes, os ensaios de Comissionamento a Frio são tipicamente “estacionários”, isto é, se assemelham a ensaios de conformidade, nos quais existe uma condição mínima de projeto e ela deve ser atendida. Visam sobretudo garantir que, no dia da primeira energização, tudo ocorra como esperado.
As seguintes atividades de comissionamento foram executadas em 3 etapas, conforme descrito abaixo:
Primeira Etapa - Inspeção Visual
Como parte integrante das atividades de comissionamento realizamos a denominada Inspeção Visual dos componentes críticos do sistema fotovoltaico, a saber:

- Módulos fotovoltaicos e respectivas conexões (amostral - 1 mesa/string de módulos por inversor): verificação dos estados do vidro frontal, vidro traseiro (módulo bifacial) ou backsheet, caixas de junção, cabos solares e conectores PV; do grau de sujidade nas superfícies ativas; da conformidade da etiqueta de dados; da existência de identificação/tagueamento das strings; e da correta ligação entre módulos, amarração dos conectores PV e encaminhamento e descida dos cabos solares em direção aos inversores, em cada mesa de módulos.
- Inversores fotovoltaicos: verificação da efetividade da proteção contra insolação direta (abrigo do inversor); da conformidade e legibilidade da etiqueta de dados e da existência de identificação do inversor; de sua integridade física, incluindo a condição dos componentes de ventilação forçada e das saídas/entradas de ar; do correto espaçamento para ventilação/dissipação de calor; da confiabilidade da fixação ao suporte de montagem e do próprio suporte de montagem; da existência e qualidade, integridade e conformidade do aterramento da carcaça do inversor em sua estrutura/abrigo e/ou na malha de terra; de sinais de condensação e/ou infiltração de água e penetração de sujidades e insetos/animais em seu interior; do estado e correta instalação dos elementos de vedação; da qualidade, integridade e conformidade das conexões, conectores/terminais e cabos dos circuitos de corrente contínua (CC) e alternada (CA) e de comunicação/controle; do correto anilhamento das strings e identificação das fases/circuitos CA; da infraestrutura para roteamento dos cabos CA, CC e de comunicação/controle e da qualidade do

roteamento em si; da operabilidade das chaves seccionadoras; e do funcionamento dos indicadores LEDs e display, incluindo, portanto, a primeira energização e configuração inicial dos inversores.

- Quadros elétricos em baixa tensão e de controle/comando/comunicação: verificação da limpeza interna e externa; da ausência de condensação e/ou infiltração de água, de pragas e de peças soltas em seu interior; da ausência de corrosão, falhas na pintura ou danos à chaparia; do estado dos elementos de vedação e do sistema de ventilação/exaustão (se aplicável); da qualidade, integridade e conformidade dos barramentos, cabos, conectores/terminais e conexões em geral; da legibilidade e conformidade das identificações dos circuitos e componentes; da amarração e organização dos cabos de potência/força e/ou controle/comando/comunicação; da integridade, conformidade, operabilidade e status dos diversos dispositivos constituintes do quadro, especialmente os dispositivos de proteção contra surtos elétricos, sobrecorrentes e curto-circuitos e de seccionamento; da existência e condição do aterramento principal do quadro e de suas estruturas metálicas; e da funcionalidade das portas, fechaduras e trincos.
- Caixas de passagem/inspeção dos circuitos de corrente contínua e alternada e de comunicação/comando/controle e da malha/hastes de aterramento: verificação do nível de sujidade interna e soterramento; de sinais de infiltração e acúmulo de água; da condição e funcionalidade do sistema de drenagem e dos elementos de vedação (se aplicável); do estado dos cabos, cordoalhas, hastes, conexões e emendas nelas existentes; e da existência de folga suficiente no cabeamento.
- Autotransformador auxiliar (sala de O&M): verificação da correta especificação do componente; da limpeza interna e externa; da ausência de condensação e/ou infiltração de água, de pragas e de peças soltas em seu interior; da ausência de corrosão, falhas na pintura ou danos à chaparia; do estado dos elementos de vedação; da existência e condição do aterramento de sua carcaça; da qualidade, integridade e conformidade dos barramentos, das bobinas e das conexões/conectores/cabos em geral; da legibilidade e conformidade das identificações dos circuitos; e da amarração e organização dos cabos.
- Transformadores de acoplamento BT/Estado A e reatores de aterramento: verificação da correta especificação dos componentes; da limpeza interna e externa; da ausência de condensação e/ou infiltração de água, de pragas e de peças soltas em seu interior; da ausência de corrosão, falhas na pintura ou danos à chaparia; do estado dos elementos de vedação e do sistema de ventilação/exaustão (se aplicável); da existência e condição do aterramento de sua carcaça;

da integridade e
conformidade dos barramentos, bobinas e buchas; da qualidade, integridade e conformidade das conexões, conectores/terminações e cabos em geral, tanto do circuito de controle quanto de potência; da legibilidade e conformidade das

identificações dos circuitos e componentes; do roteamento e organização dos cabos de controle e de potência; e da integridade, funcionalidade, conformidade e status dos sistemas de proteção (se aplicável).
Segunda Etapa - Parametrização dos Disjuntores Ajustáveis, Inversores e Relés de Proteção
Na Segunda Etapa do Comissionamento a Frio, realizamos a parametrização dos inversores, em especial seu código de rede/país e limitação de potência (caso prevista).
Terceira Etapa - Ensaios Elétricos
Na quarta e última etapa, realizamos ensaios elétricos nos circuitos de baixa tensão CC (corrente contínua). A seguir, elencamos resumidamente cada um destes ensaios:
Aterramento

- Medição da continuidade/resistência da ligação à terra entre inversores (massa aterrada) e a malha/haste de aterramento mais próxima.
- Medição da continuidade/resistência da ligação à terra entre mesas de módulos (massa aterrada) e a malha/haste de aterramento mais próxima (amostral - 1 mesa/string de módulos por inversor).

Strings

- Medição da polaridade CC e da tensão de circuito aberto (Voc) de cada string de módulos fotovoltaicos (com medição concomitante da temperatura e irradiância nos módulos).
- Medição da resistência de isolamento de todo o circuito CC (corrente contínua) em condição seca, entre pólos positivo/negativo e terra.

Transformadores (Somente Usina 1)

- Medição da relação de transformação em cada TAP do transformador de acoplamento.
- Medição da resistência ôhmica das bobinas/enrolamentos dos transformadores/reatores de acoplamento e aterramento, em cada TAP.
- Medição da resistência ôhmica de isolamento dos transformadores/reatores de acoplamento e aterramento.

As seguintes normas técnicas vigentes foram aplicadas antes e durante a execução de todas as atividades acima descritas:

- IEC 60364-6: Low voltage electrical installations – Part 6: Verification
-
-
- projeto
- conexão com a rede elétrica de distribuição
- para documentação, ensaios de comissionamento, inspeção e avaliação de desempenho
- IEC 61010: Safety requirements for electrical equipment for measurement, control, and laboratory use
- NR-10: Segurança em instalações e serviços em eletricidade
- superfície do solo em sistemas de aterramento
-
- power equipment and systems
- IEC 62446-2: Photovoltaic (PV) systems - Requirements for testing, documentation and maintenance – Part 2: Grid connected systems - Maintenance of PV systems
- reticulado (XLPE) para tensões de 1 kV a 35 kV – Requisitos de desempenho

A usina fotovoltaica na qual as atividades de Comissionamento a Frio aqui descritas
foram realizadas possui as seguintes características:
Potência em Módulos: R$ 7.953,21 kWp (11.352 módulos Fabricante E CHSM78N(DG)/F-BH-182
620 Wp)
Inversores: 20 Fabricante B SUN2000-250KTL-H1 (5.000 kW de potência ativa CA nominal)
Plataforma de Monitoramento: FusionSolar
Tipo de Instalação: Solo com Tracker
Tracker: Array/STI Norland H250
5. CRONOGRAMA DE EXECUÇÃO
Cidade A, seguiu-se o seguinte cronograma:
Atividade
Datas
16/09
17/09
18/09 a 20/09
Visando estrito cumprimento às normas vigentes, elencadas na Seção 3 acima, e às
melhores
práticas
descritas
na
mais
recente
literatura
técnica,
realizou-se
o
Os
seguintes
instrumentos
e
ferramentas
foram
utilizados
durante
o
aos respectivos certificados de calibração, quando aplicável):

-
-
Megômetro 5 kV MEGABRAS MD5060e
-
-
Terrômetro MEGABRAS EM4058
-
Testador de isolação (megômetro fotovoltaico) HT Instruments PV-ISOTEST
-
Megômetro Fluke 1587 FC
-
Medidor de irradiância solar e temperatura Fluke PRJ-000
-
Alicate amperímetro Fluke 393 FC
-
-
Torquímetro de estalo 20 - 100 Nm Gedore RED-R68900100
-
Termohigrometro

8. RESULTADOS

A seguir, são apresentados os resultados e as principais observações levantadas realizamos a inspeção visual dos componentes mais críticos da usina, conforme já descrito na Seção 2 e com o suporte dos seguintes checklists:

-
Como resultado das inspeções visuais, uma série de inconformidades foram encontradas, elencamos as inconformidades por usina para facilitar o entendimento, como listado e apresentado a seguir:

-
USINA 1
SKID
Após uma breve inspeção visual nas caixas nos SKIDs, identificamos que as caixas de passagem dos cabos BT e Estado A, estava aberta e sem a tampa xadrez (Figura 1), que prontamente foi resolvido pela equipe local, identificamos também que o quadro de comando do transformador estava com a ligação incorreta dos comandos elétricos, sendo necessário corrigir conforme projeto (Figura 2), identificamos também que a porta traseira do QGBT está empenada e faltando parafusos de fixação (Figura 3), importante providenciar correção, além disso, o QGBT está sem o nobreak instalado, é necessário providenciar sua instalação conforme está previsto no projeto. Identificamos também que os cabos BT e Estado A estão sem identificação, e o captor do sistema SPDA está solto, caído no chão ao lado do SKID(Figura 4).
Figura 1 - Caixa de passagem com cabos BT e Estado A sem tampa.(Resolvido)

Figura 2 - QGBT 1 com ligação incorreta dos comandos.
Figura 3 - QGBT 1 com a porta traseira empenada e sem os parafusos de fixação.

Figura 4 - Captor do sistema SPDA do SKID caído ao chão.
INVERSORES
Realizando a inspeção visual dos inversores, identificamos alguns pontos que merecem atenção, sendo eles, todas as strings estão mal roteadas nos pontos de conexão com os inversores, prejudicando, e até mesmo, em alguns casos, impossibilitando a conexão da string com o inversor (Figura 5), além disso, todos os conectores PV estão frouxos sem o correto aperto (Figura 6), também percebemos que existem alguns conectores pv “similares”, misturados aos conectores originais nas strings, por fim os inversores estão sem a tag de identificação.
Aproveito para deixar um vídeo explicativo, demonstrando a má qualidade do roteamento e conectorização das strings: Vídeo explicativo.

Figura 5 - Cabos das strings mal roteados.

Figura 6 - Conectores PV sem o devido aperto.
MÓDULOS
Finalizando a inspeção visual da usina 1, identificamos que os módulos estão com um alto nível de sujidade, o que impacta significativamente na geração e acelera o processo de degradação dos módulos(Figura 7).
Figura 7 - Módulos com alto nível de sujidade.

-
USINA 2
SKID
Após uma breve inspeção visual nas caixas nos SKIDs, identificamos que as caixas de passagem dos cabos BT e Estado A, estava aberta e sem a tampa xadrez (Figura 8), que prontamente foi resolvido pela equipe local, identificamos também que o quadro de comando do transformador estava com a ligação incorreta dos comandos elétricos, sendo necessário corrigir conforme projeto (Figura 9), além disso, o QGBT está sem o nobreak instalado, é necessário providenciar sua instalação conforme está previsto no projeto.
Figura 8 - Caixa de passagem com cabos BT e Estado A sem tampa.(Resolvido)

Figura 9 - QGBT 2 com ligação incorreta dos comandos.

Figura 3 - QGBT 1 com a porta traseira empenada e sem os parafusos de fixação.

INVERSORES
Realizando a inspeção visual dos inversores, identificamos alguns pontos que merecem atenção, sendo eles, todas as strings estão mal roteadas nos pontos de conexão com os inversores, prejudicando, e até mesmo, em alguns casos, impossibilitando a conexão da string com o inversor (Figura 10), além disso, todos os conectores PV estão frouxos sem o correto aperto (Figura 11), também percebemos que existem alguns conectores pv “similares”, misturados aos conectores originais nas strings, por fim os inversores estão sem a tag de identificação (Figura 12).
Aproveito para deixar um vídeo explicativo, demonstrando a má qualidade do roteamento e conectorização das strings: Vídeo explicativo.
Figura 10 - Cabos das strings mal roteados.

Figura 11 - Conectores PV sem o devido aperto.
Figura 12 - Inversor sem tag de identificação.

MÓDULOS
Finalizando a inspeção visual da usina 2, identificamos que os módulos estão com um nível de sujidade um pouco menor do que nas demais usinas, porém, a sujidade ainda impacta na geração e acelera o processo de degradação dos módulos(Figura 13).
Figura 13 - Módulos com sujidade.
-
USINA 3
SKID
Após uma breve inspeção visual nas caixas nos SKIDs, identificamos que as caixas de passagem dos cabos BT e Estado A, estava aberta e sem a tampa xadrez, que prontamente foi resolvido
pela equipe local, identificamos também que o quadro de comando do transformador estava com a ligação incorreta dos comandos elétricos, sendo necessário corrigir conforme projeto, além disso, o QGBT está sem o nobreak instalado, é necessário providenciar sua instalação conforme está previsto no projeto. Por fim, identificamos que a estrutura do captor do sistema do SPDA está com a malha de aterramento solta (Figura 14), e a cordoalha de aterramento do SKID está arrebentada (Figura 15).

Figura 14 - Aterramento solto da estrutura do captor do sistema de SPDA.

Figura 15 - Cordoalha de aterramento do SKID arrebentada.

INVERSORES
Realizando a inspeção visual dos inversores, identificamos alguns pontos que merecem atenção, sendo eles, todas as strings estão mal roteadas nos pontos de conexão com os inversores, prejudicando, e até mesmo, em alguns casos, impossibilitando a conexão da string com o inversor, além disso, todos os conectores PV estão frouxos sem o correto aperto e algumas Strings sem os conectores (Figura 16), também percebemos que existem alguns conectores pv “similares”, misturados aos conectores originais nas strings, por fim os inversores estão sem a tag de identificação (Figura 17).
Aproveito para deixar um vídeo explicativo, demonstrando a má qualidade do roteamento e conectorização das strings: Vídeo explicativo.
Figura 16 - Conectores PV sem o devido aperto e Strings sem conectores.

Figura 17 - Inversor sem tag de identificação.

CAIXA DE PASSAGEM
Encontramos
também
algumas
caixas
de
passagem
que
ficaram
abertas,
proporcionando a entrada de insetos e acúmulo de sujidade no seu interior (Figura 18).
Figura 18 - Caixas de passagem abertas próximas ao Inversor 1.

MÓDULOS
Finalizando a inspeção visual da usina 3, identificamos que os módulos estão com um nível de sujidade um pouco menor do que nas demais usinas, porém, a sujidade ainda impacta na geração e acelera o processo de degradação dos módulos (Figura 19).
Figura 19 - Módulos com sujidade.
-
USINA 4
SKID
Após uma breve inspeção visual nas caixas nos SKIDs, identificamos que as caixas de passagem dos cabos BT e Estado A, estava aberta e sem a tampa xadrez (FIgura 20), que prontamente foi resolvido pela equipe local, identificamos também que o quadro de comando do transformador estava com a ligação incorreta dos comandos elétricos, sendo necessário corrigir conforme projeto, além disso, o QGBT está sem o nobreak instalado, é necessário providenciar sua instalação conforme está previsto no projeto. Por fim, identificamos que o QGBT está sem conexão com a malha de aterramento (Figura 21).

Figura 20 - Valas de passagem dos cabos, sem a tampa xadrez.(Corrigido)

Figura 21 - Cordoalha de aterramento do SKID arrebentada.

INVERSORES
Realizando a inspeção visual dos inversores, identificamos alguns pontos que merecem atenção, sendo eles, todas as strings estão mal roteadas nos pontos de conexão com os inversores, prejudicando, e até mesmo, em alguns casos, impossibilitando a conexão da string com o inversor, além disso, todos os conectores PV estão frouxos sem o correto aperto e algumas Strings sem os conectores (Figura 22), também percebemos que existem alguns conectores pv “similares”, misturados aos conectores originais nas strings, por fim os inversores estão sem a tag de identificação (Figura 23).
Aproveito para deixar um vídeo explicativo, demonstrando a má qualidade do roteamento e conectorização das strings: Vídeo explicativo.
Figura 22 - Conectores PV sem o devido aperto e Strings sem conectores.

Figura 23 - Inversor sem tag de identificação.

MÓDULOS
Finalizando a inspeção visual da usina 1, identificamos que os módulos estão com um alto nível de sujidade, o que impacta significativamente na geração e acelera o processo de degradação dos módulos (Figura 24).
Figura 24 - Módulos com alto nível de sujidade.
-
USINA 5
SKID
Após uma breve inspeção visual nas caixas nos SKIDs, identificamos que as caixas de passagem dos cabos BT e Estado A, estava aberta e sem a tampa xadrez, que prontamente foi resolvido
pela equipe local, identificamos também que o quadro de comando do transformador estava com a ligação incorreta dos comandos elétricos, sendo necessário corrigir conforme projeto, além disso, o QGBT está sem o nobreak instalado, é necessário providenciar sua instalação conforme está previsto no projeto. Por fim, identificamos que o captor do sistema SPDA está no chão, desconectado(Figura 25).

Figura 25 - Captor do sistema SPDA desconectado, no chão.

INVERSORES
Realizando a inspeção visual dos inversores, identificamos alguns pontos que merecem atenção, sendo eles, todas as strings estão mal roteadas nos pontos de conexão com os inversores, prejudicando, e até mesmo, em alguns casos, impossibilitando a conexão da string com o inversor, além disso, todos os conectores PV estão frouxos sem o correto aperto e algumas Strings sem os conectores (Figura 26), também percebemos que existem alguns conectores pv “similares”, misturados aos conectores originais nas strings, por fim os inversores estão sem a tag de identificação (Figura 26).
Aproveito para deixar um vídeo explicativo, demonstrando a má qualidade do roteamento e conectorização das strings: Vídeo explicativo.
Figura 26 - Conectores PV sem o devido aperto e Strings sem conectores, além do inversor sem tag de identificação.

MÓDULOS
Finalizando a inspeção visual da usina 5, identificamos que os módulos estão com um alto nível de sujidade, o que impacta significativamente na geração e acelera o processo de degradação dos módulos (Figura 27).
Figura 27 - Módulos com alto nível de sujidade.
realizamos a parametrização dos 20 inversores SUN2000-250KTL-H1, com o código de rede 29).

Figura 28 - Inversor parametrizado com código de rede.

Figura 29 -Inversores parametrizados com limitação de potência (250 kW).

fotovoltaico, como já listado na Seção 2 acima. No documento anexo a este relatório, serão apresentados laudos com todos os resultados obtidos através destes ensaios, com os devidos comentários acerca da aprovação ou não dos mesmos. Abaixo, apresentaremos as principais anomalias encontradas, caso existam, e um resumo de nossas conclusões acerca dos resultados.

Falha de Isolamento nas Strings

Durante ensaios de resistência de isolamento do circuito CC nas strings, foi identificada uma falha de isolamento, onde as strings 13, 14, 21 e 22 da usina 4 inversor 3 apresentaram uma resistência de isolamento na ordem de 0,06 MΩ(Figura 30). É necessário investigar as conexões dos módulos e a integridade dos cabos e substituir o que for necessário para que a energização da usina aconteça de forma segura.

Figura 30 - Falha de isolamento na string 192.0.2.1 .

Strings sem Tensão
Durante os ensaios de VOC nas strings, detectamos diversas strings sem tensão, o que indica haver um seccionamento do circuito, onde, para ser corrigido, requer uma verificação das conexões entre os módulos e integridade dos cabos. Abaixo deixo a relação das strings:

- Usina 1
  - String 1 do inversor 1.2
  - String 12 do inversor 1.4
- Usina 2
  - String 7 e 16 do inversor 2.1
  - String 2 do inversor 2.2
  - String 22 do inversor 2.3
  - String 2 do inversor 2.4
- Usina 3
  - String 20 do inversor 3.3
- Usina 4
  - String 20 do inversor 4.3
- Usina 5
  - String 13 e 14 do inversor 5.1
  - String 8 do inversor 5.2
  - String 1 do inversor 5.3
  - String 5 e 16 do inversor 5.4

Com exceção das strings 13, 14, 21, e 22 do inversor 3 da usina 4, que apresentaram falha de isolamento, todos os componentes ensaiados foram aprovados nos testes realizados.

A seguir, são apresentadas algumas fotos tiradas durante os ensaios realizados nos
Cidade A:
Figura 31 - Medição da relação de transformação do Transformador 1 (H2-H3/X3-X0, TAP 3).

Figura 32 - Medição da continuidade entre estrutura do inversor 1 e haste de aterramento.

Figura 33 - Medição da resistência de isolamento do Transformador 1.

Figura 34 - Medição da continuidade entre mesas e haste de aterramento.

9. CONCLUSÃO
Com o Comissionamento a Frio, atestamos que os componentes ensaiados na UFV
correção dos problemas aqui reportados também deve ser realizada.
Por fim, com as medições do Comissionamento a Quente (termografia e curva I-V),
16274 (Sistemas fotovoltaicos conectados à rede – Requisitos mínimos para documentação,
ensaios de comissionamento, inspeção e avaliação de desempenho), entregando-a nas
condições adequadas para geração conforme esperado/simulado.
10. ANEXOS
Visando facilitar os trabalhos de interpretação dos resultados apontados neste
relatório, elaboramos um documento que resume todos os ensaios realizados e problemas
pendências para correção.
11. CONTATOS
Havendo quaisquer dúvidas, estamos à disposição pelos canais:
Responsável pela Elaboração do Relatório: Pessoa 030