



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
Escola de Engenharia
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica
Especialização em Fontes Renováveis:
Geração, Operação e Integração.

INTEGRAÇÃO DE UM PARQUE SOLAR A UM CENTRO DE OPERAÇÃO REMOTA.

José Alaor Zeferino Neto

Belo Horizonte – MG

Novembro de 2020

José Alaor Zeferino Neto

**INTEGRAÇÃO DE UM PARQUE SOLAR A UM CENTRO DE OPERAÇÃO
REMOTA.**

Versão final

Monografia submetida à Banca Examinadora dirigida pela Comissão Coordenadora do curso de Especialização Em Fontes Renováveis: Geração, Operação e Integração como parte dos requisitos necessários à obtenção do certificado de Especialista em Fontes Renováveis.

Orientador: Prof. Dr. Igor Amariz Pires

Belo Horizonte – MG

Novembro de 2020



ATA DA DEFESA DA MONOGRAFIA DO ALUNO **JOSÉ ALAOR ZEFERINO NETO**

Realizou-se, no dia 05 de novembro de 2020, às 19:00 horas, em ambiente a distância (skype), da Universidade Federal de Minas Gerais, a defesa de monografia, intitulada *Integração de um parque solar a um centro de operação remota*, apresentada por JOSÉ ALAOR ZEFERINO NETO, número de registro 2018724864, graduado no curso de ENGENHARIA ELÉTRICA, como requisito parcial para a obtenção do certificado de Especialista em FONTES RENOVÁVEIS - GERAÇÃO, OPERAÇÃO E INTEGRAÇÃO, à seguinte Comissão Examinadora: Prof(a). Igor Amáriz Pires - Orientador (Universidade Federal de Minas Gerais), Prof(a). Thales Alexandre Carvalho Maia (UFMG).

A Comissão considerou a monografia:

Aprovada

Reprovada

Finalizados os trabalhos, lavrei a presente ata que, lida e aprovada, vai assinada por mim e pelos membros da Comissão.
Belo Horizonte, 05 de novembro de 2020.

Prof(a). Igor Amáriz Pires (Doutor)

Prof(a). Thales Alexandre Carvalho Maia (Doutor)

Secretaria do Curso de Especialização em
Fontes Renováveis - Geração, Operação
e Integração

RESUMO

A matriz principal de geração de energia no Brasil é a hidroelétrica, cuja fonte primária são os recursos hídricos, que se trata de um bem abundante em nosso país, contudo, findável.

Não obstante os recursos hídricos serem abundantes no Brasil, o desenvolvimento da geração de energia por meio da fonte solar trata-se de uma alternativa às consequências limitadoras da geração de energia hidroelétrica, quais sejam: a condição hídrica da região de implantação, a necessidade de áreas de desocupação, o impacto ambiental decorrente das áreas de alagamento, o impacto indireto no ecossistema em decorrência da formação de represa e, o principal, a existência do curso d'água caudaloso.

Ocorre que, considerando as dimensões continentais do Brasil, depara-se com regiões sem o pré-requisito mínimo para geração hidráulica, porém primordial, qual seja a fonte de energia.

Diante deste fator, por eliminar tais pré-requisitos, a implantação do sistema de geração de energia solar implica em diversificação da matriz principal geradora de energia no Brasil e, por consequência, torna-se uma nova alternativa de fonte geradora de energia, inesgotável, não somente frente à latente diminuição dos níveis hídricos, mas também frente às condições geotérmicas de determinadas regiões no Brasil que não apresentam o mínimo de recurso hídrico e, em pleno século XXI, vivem diante de um quadro negativo de desenvolvimento social, haja vista não possuírem sequer acesso à energia elétrica.

Portanto a produção de energia elétrica por intermédio da fonte solar torna-se atrativa e viável para a contribuição da matriz elétrica brasileira.

Neste sentido este trabalho tem por objetivo avaliar e apresentar a operação de parques solar diretamente de um Centro de Operação Remota, bem como avaliar o impacto da metodologia no funcionamento e operacionalização da planta.

Esta metodologia de operação remota consiste em um centro de operação capaz de telecomandar vários empreendimentos simultaneamente, durante 24hs por dia, sete dias por semana, com apoio da equipe de mantenedores locais somente em horário comercial.

A equipe de mantenedores locais é responsável pela manutenção da usina e operação em caso de falha de comunicação (telecomunicação) com o centro de operação remota.

Para que a metodologia funcione adequadamente, recomenda-se implantar uma escala de sobreaviso para possíveis acionamentos desta equipe fora do horário comercial.

O telecomando do parque solar via centro de operação remoto, traz inúmeros benefícios, tais como a redução do custo da atividade diante da redução de quadro de funcionários para a operação local e, portanto, redução de risco de passivo trabalhista e economia de OPEX, aumento de confiabilidade e eficiência de operação, possibilitando melhoria contínua da operação e propagação desta alternativa de geração de energia para locais não interessantes para a geração de energia tradicional, cuja demonstração será apresentada neste trabalho.

Palavras-chave: Operação Remota; Usina Fotovoltaica; Geração de Energia.

ABSTRACT

The main power generation matrix in Brazil is hydroelectric, whose primary source is water resources, which is an abundant asset in our country, however, ending.

Despite the fact that water resources are abundant in Brazil, the development of energy generation through the solar source is an alternative to the limiting consequences of hydroelectric energy generation, namely: the water condition of the region where it is located, the need of vacant areas, the environmental impact resulting from the flooding areas, the indirect impact on the ecosystem due to the formation of a dam and, the main one, the existence of a large flow of water.

It happens that, considering the continental dimensions of Brazil, it is faced with regions without the minimum prerequisite for hydraulic generation, however, primordial, whatever the source of energy.

In view of this factor, by eliminating such prerequisites, the implantation of the solar energy generation system implies diversification of the main energy generating matrix in Brazil and, consequently, it becomes a new alternative of inexhaustible energy generating source, not only in view of the latent decrease in water levels, but also in view of the geothermal conditions of certain regions in Brazil that do not have the minimum water resource and, in the middle of the 21st century, live in a negative context of social development, since they do not have not even access to electricity.

Therefore, the production of electric energy through the solar source becomes attractive and viable for the contribution of the Brazilian electric matrix.

In this sense, this work aims to evaluate and present the operation of solar parks directly from a Remote Operation Center, as well as to evaluate the impact of the methodology on the operation and operationalization of the plant.

This remote operation methodology consists of an operation center capable of remotely controlling several projects simultaneously, for 24 hours a day, seven days a week, with support from the team of local maintainers only during business hours.

The team of local maintainers is responsible for the maintenance of the plant and operation in case of communication failure (telecommunication) with the remote operation center.

For the methodology to work properly, it is recommended to implement a warning scale for possible activations of this team outside business hours.

The implementation of the remote operation of a solar park brings numerous benefits, such as the reduction of the cost of the activity in face of the reduction of the number of employees for the local operation and, therefore, reduction of the risk of labor liabilities and OPEX savings, increased reliability and efficiency of operation, enabling continuous improvement of the operation and propagation of this alternative of energy generation to places that are not interesting for traditional energy generation, whose demonstration will be presented in this work.

Keywords: Remote Operation; Photovoltaic Plant; Power generation.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Matriz energética mundial em 2016.....	9
Figura 2 – Matriz energética brasileira em 2017.....	9
Figura 3 – Diversificação da matriz energética em 2019.....	9
Figura 4 – Ilustração do sistema de geração de energia fotovoltaica.....	12
Figura 5 - Tipos de sistemas fotovoltaicos.....	13
Figura 6 – Representação do sistema conectado à rede OnGrid.....	14
Figura 7 – Estrutura da rede de comunicação.....	20
Figura 8 – Ranking de Desempenho UFV.....	26
Figura 9 – Modelo de utilização conforme.....	29
Figura 10 – Representação da arquitetura.....	30
Figura 11 – Sistema supervisorio elétrico e solar.....	31
Figura 12 – Sistema supervisorio elétrico e solar.....	31

TABELA

TABELA 1 – Probabilidade x Impacto.....	23
TABELA 2 – Vantagens e Desvantagens da operacionalização da Planta.....	33

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	8
1.1. Breve Histórico da Matriz Elétrica no Brasil.....	8
2. Contextualização.....	11
2.1. Componentes da Produção de Energia Solar	11
2.2. Centro de Operação Remota	13
3. ESTUDO DE CASO	24
4. CONCLUSÃO.....	35
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	36

1. INTRODUÇÃO

1.1. Breve Histórico da Matriz Elétrica no Brasil

O primeiro evento histórico de utilização de energia pelo homem data da Pré-História, quando o homem vivenciou a experiência da descoberta do fogo e suas utilidades.

Desde então, o comportamento do homem na sociedade e a forma de convívio com as fontes de energia e seus benefícios vem suportando constantes alterações, haja vista a Revolução Industrial que trouxe consigo não somente as inovações no sistema de produção e geração de bens de consumo, como também a alteração do padrão de comportamento humano por ter sido o marco inicial para as inovações tecnológicas.

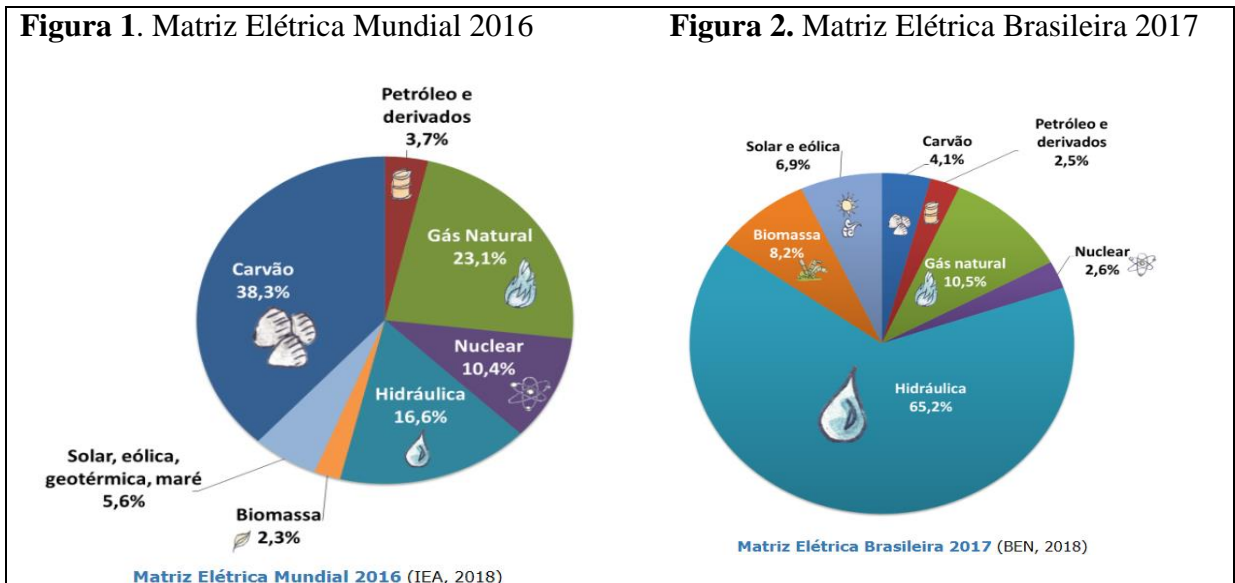
A inserção do ser humano em um ambiente global representa a necessidade de contato rápido e simultâneo com qualquer pessoa em qualquer parte do mundo, sempre que desejado. Acompanhando esse macro sistema ao qual integramos, os equipamentos eletroeletrônicos tornaram-se cada vez mais tecnológicos e interativos, o que implica no aumento da demanda de fornecimento de energia e consequente evolução de pesquisas e fomento à diversificação de matrizes elétricas. No Brasil, a principal matriz elétrica é a hidrelétrica, cuja exploração inicial data de 1883, quando entrou em operação a primeira usina hidrelétrica do país na cidade de Diamantina/MG.

O avanço para o sistema de geração de energia decorreu, por sua vez, da autorização concedida por D. Pedro II, em 1879, a Thomaz Alva Edison para a introdução de aparelhos destinados a iluminação pública do país com energia elétrica (ELETROBRÁS, 2006).

Desde então, inúmeros foram os incentivos para a implantação de usinas geradoras de energia hidroelétrica como aproveitamento da extensa malha hídrica brasileira. Nota-se que o Brasil possui o maior percentual de fontes de energias renováveis, em especial a hidráulica, se comparado com o restante do mundo (FIGURAS 1 e 2):

Figura 1. Matriz Elétrica Mundial 2016

Figura 2. Matriz Elétrica Brasileira 2017

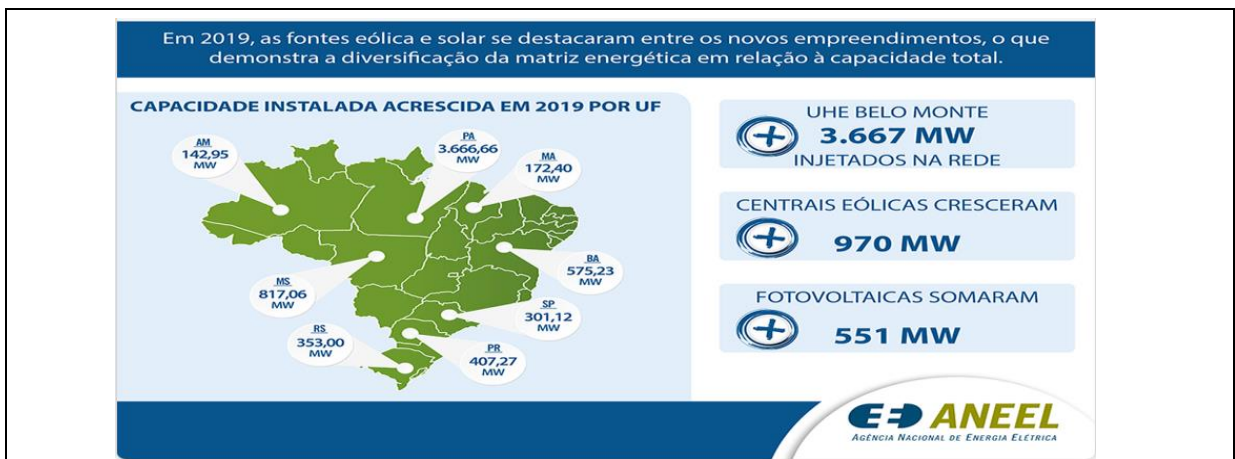


Fonte: <http://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica>

Ocorre que, esse cenário de latente predominância da geração de energia hidráulica associado à crise hídrica suportada pelo Brasil em 2001, a expressiva alta da demanda de consumo de energia elétrica e, em contraponto, a realidade discrepante de divergência de fornecimento de energia elétrica, considerando que em 2008 cerca de 12 milhões de brasileiros sequer tinham acesso ao serviço de fornecimento de energia elétrica em suas residências, deram ensejo ao fomento do desenvolvimento de novas formas de fornecimento de energia elétrica, de forma renovável, em complemento e suporte ao sistema predominante de geração de energia hidroelétrica.

No Brasil, o Sistema Integrado Nacional (SIN) abarca as atividades de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica, sendo que, como alternativa à geração de energia com fonte hídrica vem em crescente movimento a geração de energia de fonte solar, como pode ser observada na figura 3 desse artigo.

Figura 3. Diversificação da Matriz energética em 2019 - Fonte: ANEEL



Esta alternativa permite a desconcentração da geração em face das usinas de grande porte, repassando-as, inclusive, para os consumidores finais que serão geradores e administradores da sua unidade de geração doméstica, bem como trata-se de alternativa de geração de energia por centros consumidores cuja localização não é favorável para o fornecimento de energia de fonte hídrica.

Ato contínuo, a implementação do sistema de geração elétrica com fonte solar trata-se de alternativa capaz de representar uma redução do impacto ambiental e social decorrente da instalação de grandes usinas geradoras de energia hidroelétrica.

Não obstante, à margem do viés propagandista da geração de energia de forma autônoma, essa alternativa de geração encontra entrave no que tange à operação e manutenção, considerando que sobre a geração fotovoltaica imperam riscos de agentes externos ou até mesmo danos do próprio sistema que irá interferir no padrão de geração de energia, cuja manutenção presencial se tornará inapropriada ou inexistente em tempo hábil, considerando que a matriz geradora está afastada das centrais de transmissão e distribuição de energia.

Por esta razão, foram desenvolvidas tecnologias que permitem supervisionar, em tempo real e de forma remota, as centrais geradoras de energia fotovoltaica.

Este trabalho tem por objetivo avaliar e apresentar a operação de parques solar diretamente de um Centro de Operação Remota, bem como avaliar o impacto da metodologia no funcionamento e operacionalização da planta.

Esta metodologia de operação remota consiste em um centro de operação capaz de telecomandar vários empreendimentos simultaneamente, durante 24hs por dia, sete dias por semana, com apoio da equipe de mantenedores locais somente em horário comercial.

A equipe de mantenedores locais é responsável pela manutenção da usina e operação em caso de falha de comunicação (telecomunicação) com o centro de operação remota.

Para que a metodologia funcione adequadamente, recomenda-se implantar uma escala de sobreaviso para possíveis acionamentos desta equipe fora do horário comercial.

A implantação da operação remota de um parque solar pode agregar inúmeros benefícios, tais como a redução do custo da atividade diante da redução de quadro de funcionários para a operação local e, portanto, redução de risco de passivo trabalhista e economia de OPEX, aumento de confiabilidade e eficiência de operação, possibilitando melhoria contínua da operação e propagação desta alternativa de geração de energia para

locais não interessantes para a geração de energia tradicional, cuja demonstração será apresentada neste trabalho.

2. Contextualização

2.1. Componentes da Produção de Energia Solar

O Sol fornece anualmente, para a atmosfera terrestre, $5,445 \times 10^{24}$ joules ou $1,5125 \times 10^{18}$ kWh de energia. A transmissão da energia do Sol para a Terra se dá através da radiação eletromagnética, sendo que 97% da radiação solar está contida entre comprimentos de onda de 0,3 a 3,0 μm , o que caracteriza como uma radiação de ondas curtas.

A energia solar fotovoltaica, portanto, é a energia obtida através da conversão direta da luz em eletricidade e tem como base o efeito fotovoltaico, que é o aparecimento de uma diferença de potencial nos extremos de uma estrutura de material semicondutor, produzida pela absorção da luz.

A conversão direta da energia solar em energia elétrica ocorre pelos efeitos da radiação (calor e luz) sobre determinados materiais, particularmente os semicondutores. Entre esses, destacam-se os efeitos termoelétrico e fotovoltaico.

O primeiro caracteriza-se pelo surgimento de uma diferença de potencial, provocada pela junção de dois metais, em condições específicas. No segundo, os fótons contidos na luz solar são convertidos em energia elétrica, por meio do uso de células solares.

O efeito fotovoltaico decorre da excitação dos elétrons de alguns materiais na presença da luz solar (ou outras formas apropriadas de energia). Entre os materiais mais adequados para a conversão da radiação solar em energia elétrica, os quais são usualmente chamados de células solares ou fotovoltaicas, destaca-se o silício.

O efeito fotovoltaico foi descoberto por Edmond Becquerel, em 1839, através da apuração da diferença de potencial nos terminais de uma célula eletroquímica causada pela absorção de luz e, a partir de 1956 o estudo para o desenvolvimento desta forma de produção de energia ganhou impulso inicialmente pela indústria eletrônica e, posteriormente, como solução de fonte de eletricidade para as aeronaves espaciais.

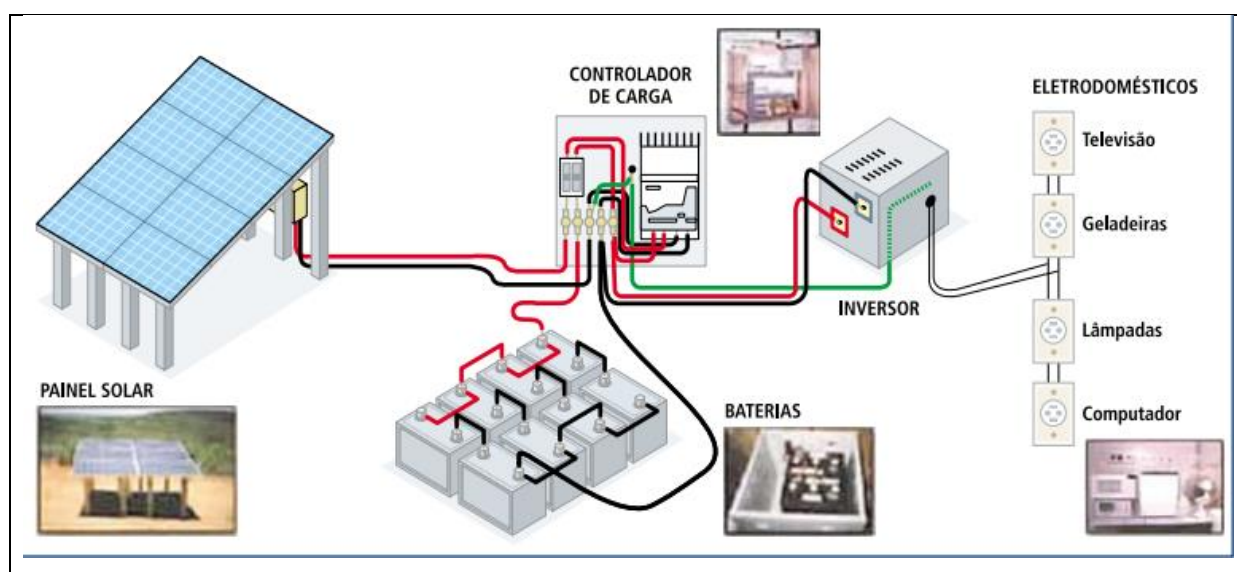
Conjuntamente, a crise do petróleo em 1973 e a assinatura do Protocolo de Kyoto que imputa às nações a obrigação de redução gradativa da emissão de gás carbônico na atmosfera, contribuíram para impulsionar a tecnologia de desenvolvimento das células fotovoltaicas e consequente desenvolvimento das usinas geradoras de energia solar.

O sistema fotovoltaico é constituído por um bloco gerador, um bloco de condicionamento de potência e um bloco de armazenamento.

O bloco gerador contém os arranjos fotovoltaicos, constituídos por módulos em diferentes associações, o cabeamento elétrico que os interliga e a estrutura de suporte.

O bloco de condicionamento de potência pode ter conversores, seguidor de ponto de potência máxima, inversores, controladores de carga e outros dispositivos de proteção. O bloco de armazenamento é constituído por baterias, como pode ser observado na figura 4 desse trabalho.

Figura 4 - Ilustração do sistema de geração de energia fotovoltaica



FONTE: [http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/03-Energia_Solar\(3\).pdf](http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/03-Energia_Solar(3).pdf)

Para a funcionalidade do sistema fotovoltaico alguns pontos no processo de geração devem ser observados, como, as condições atmosféricas (nebulosidade, umidade relativa do ar etc.), a disponibilidade de radiação solar, também denominada energia total incidente sobre a superfície terrestre, a latitude local e da posição no tempo (hora do dia e dia do ano). Isso se deve à inclinação do eixo imaginário em torno do qual a Terra gira diariamente (movimento de rotação) e à trajetória elíptica que a Terra descreve ao redor do Sol (translação ou revolução). Com menores intensidades de radiação solar (dias nublados, por exemplo), a corrente produzida diminuirá na mesma proporção.

A maior parte do território brasileiro está localizada relativamente próxima da linha do Equador, de forma que não se observam grandes variações na duração solar do dia. Contudo, a maioria da população brasileira e das atividades socioeconômicas do País se concentra em regiões mais distantes do Equador.

Desse modo, para maximizar o aproveitamento da radiação solar, pode-se ajustar a posição do coletor ou painel solar de acordo com a latitude local e o período do ano em que se

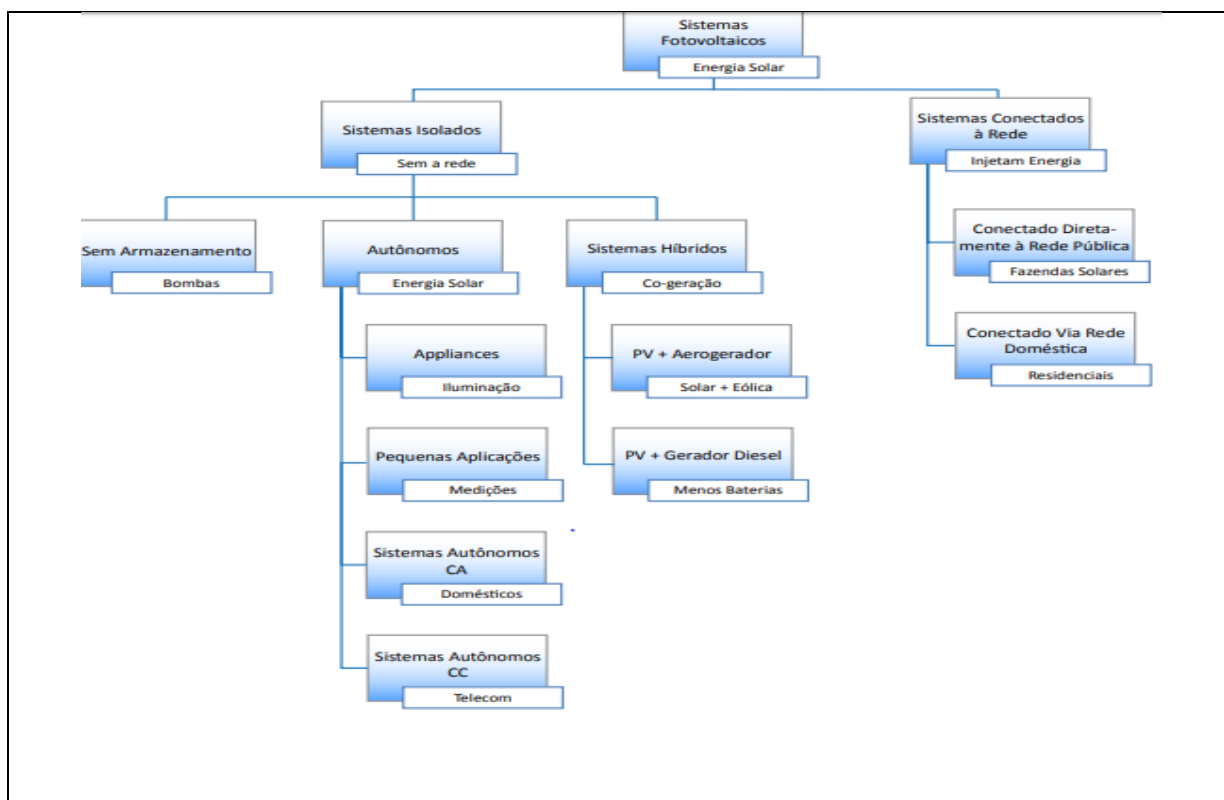
requer mais energia. No Hemisfério Sul, por exemplo, um sistema de captação solar fixo deve ser orientado para o Norte, com ângulo de inclinação similar ao da latitude local.

Em decorrências das variações de incidência dos raios solares na superfície terrestre ao longo do dia e a depender do posicionamento territorial das células fotovoltaicas, torna-se importante a instrumentalização e informatização da planta solar, capaz de aferir ao longo do dia as radiações solares e eventuais alterações climáticas capazes de impactar no resultado final da produção de energia elétrica. A automatização do processo possui grande importância para viabilidade do telecomando via centro de operação.

2.2. Centro de Operação Remota

Os sistemas fotovoltaicos são classificados de acordo à forma como é feita a geração ou entrega da energia elétrica em: Sistemas Isolados e Sistemas conectados à rede (*On-Grid*). Tais sistemas estão ilustradas na figura 5 deste trabalho.

Figura 5 – Tipos de sistemas fotovoltaicos.

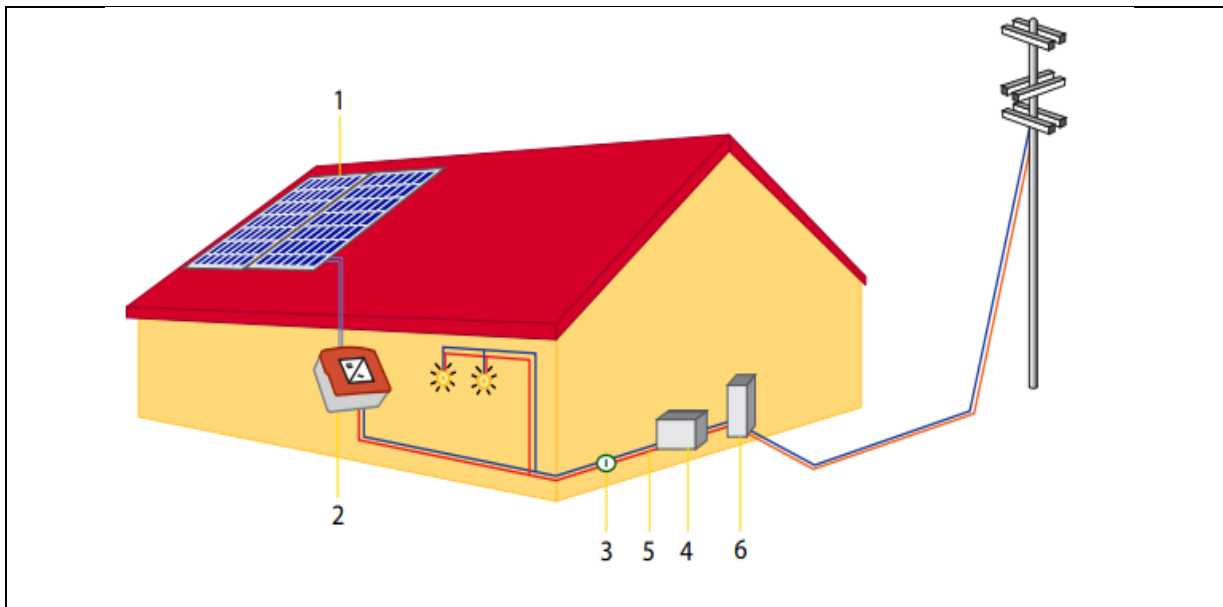


Fonte: Livro Digital de Introdução aos Sistemas Solares, pag.14.

O sistema isolado não conecta com a rede de distribuição de energia da concessionária, podendo ser híbrido ou autônomo. Por sua vez, o sistema conectado à rede (*On-Grid*) é aquele em que todo o potencial gerado é escoado para a rede que absorve a energia, sendo um procedimento que depende de regulamentações específicas determinadas

em lei. Na figura 6 desse trabalho é possível observar como se dá um sistema conectado à rede *On Grid*.

Figura 6. Representação do sistema conectado à rede (On Grid).



Fonte: Livro Digital de Introdução aos Sistemas Solares, pag.14.

Esse sistema é composto por: (1) Módulo fotovoltaico; (2) Inversor Grid-Tie – Transforma a corrente contínua do painel em corrente alternada de 127 V/220 V e 60Hz, compatível com a eletricidade da rede; (3) Interruptor de segurança; (4) Quadro de luz; (5) A eletricidade alimenta os utensílios domésticos; (6) O excedente volta para a rede através do medidor, fazendo-o rodar em sentido contrário, reduzindo o custo residencial de energia elétrica.

O inversor *Grid Tie* presente nos sistemas interligados à rede tem como função principal a de injetar na rede da concessionária a energia produzida. Não obstante, este equipamento ainda é responsável por realizar o registro de toda a operação de produção de energia, guardando/transmitindo os dados durante o seu funcionamento através de displays, cartões de memória ou diretamente a uma rede de computadores.

Em geral os dispositivos coletam as seguintes informações:

- Entrada: Tensão VDC, corrente I DC e potência PDC
- Saída: tensão VAC, corrente I AC, potência PAC e frequência f^1 .
- Tempo de operação
- Volume de energia gerada

¹ Nomenclatura em português: DC – c.c., AC – c.a.

- Status e falhas

Os mais novos modelos possuem ainda, interfaces mais modernas, como USB, Bluetooth e Wi-Fi, permitindo a comunicação de um dispositivo com os que estão próximos, e a unificação mais simples dos dados de vários aparelhos.

Este mecanismo permite a realização de inspeção e manutenção regulares no sistema fotovoltaico, necessários para garantir uma operação eficiente e evitar problemas futuros.

A manutenção a ser realizada em sistemas de pequeno porte é rápida e simples. Nos sistemas individuais de pequeno porte, alguns procedimentos podem ser realizados pelos próprios usuários.

No que tange ao sistema de produção interligada com a rede da concessionária, o procedimento de manutenção exige conhecimentos específicos acerca dos componentes do sistema e exige a utilização de peças de reposição, razão pela qual devem ser realizados apenas por pessoas capacitadas.

Assim, entra em evidência o centro de operação e manutenção remota, que se dá quando a geração de energia fotovoltaica é automatizada e instrumentada tornando possível que toda a operação e monitoramento da mesma sejam realizados de forma remota, contando com acionamento de equipe local somente para manobras críticas, ou necessidade de inspeções/manutenções.

Ato contínuo, a instalação de unidades autônomas de geração de energia fotovoltaica tornou-se uma solução para áreas rurais remotas em que a infraestrutura de rede ainda está ausente ou há constantes cortes do fornecimento de energia pelas concessionárias.

Assim, como essas usinas, em regra, estão afastadas dos centros urbanos, não são de fácil acesso o que implica que o serviço de reparo e manutenção nessas unidades são caros e demorados, razão pela qual o centro de operação remoto reduz o custo da operação e manutenção do sistema, viabilizando a implantação como solução em áreas distantes, haja vista que não há a necessidade de presença de um técnico treinado no local.

E isso porque, com a instalação do centro de operação remoto, os parâmetros do sistema serão medidos por sensores e processados por processadores cujas informações serão enviadas eletronicamente para um local central onde o operador pode monitorar e adotar as medidas apropriadas, se necessário.

O sistema básico de monitoramento remoto consiste em duas unidades: transmissor em local remoto e receptor na estação central. O transmissor e o receptor podem ser pequenos sistemas embarcados ou sistema baseado em computador. Com base no tipo de sistema usado

em local remoto e estação central, o sistema de monitoramento pode ser categorizado das seguintes maneiras:

- Sistema de monitoramento remoto, de computador (remoto) a computador (central).
- Sistema embutido (remoto) no sistema de monitoramento remoto por computador.
- Monitoramento remoto, de sistema embarcado (remoto) em sistema embarcado (central).

Todos os sistemas de monitoramento remoto usam diferentes técnicas de comunicação para transmissão de dados, por exemplo, o sistema de monitoramento remoto baseado em computador pode usar rede Ethernet ou rede dial-up para a comunicação. Os sistemas de monitoramento remoto incorporados podem usar rede Ethernet, rede dial-up ou Modem GSM para comunicação.

O modem GSM pode ser usado para se comunicar de duas maneiras, ou seja, através do Serviço Geral de Rádio por Pacotes (GPRS) ou Serviço de Mensagens Curtas (SMS).

A rede Ethernet e a tecnologia de rede do computador é usada para a rede local (LAN). É um IEEE 802.3 padrão. A Ethernet também pode ser usada para compartilhar, enviar ou receber dados entre computadores.

Para Ethernet, é necessário o cabo CAT5 (categoria 5) conectado ao computador. Este fio pode transmitir ou receber o sinal dentro de 100 metros. Há necessidade de repetidores para cada 100 metros de fio esticado para comunicação, o que agrega um custo extra enorme na instalação da Ethernet para comunicação.

Portanto, para instalações autônomas localizadas em áreas remotas, trata-se de um meio de comunicação inviável e representa custo extra para instalação a depender da distância da internet fonte para a área rural.

Já a tecnologia GPRS usando GSM é um serviço de comunicação de dados disponível sem fio (no modo sem fio) na Rede GSM de 2ª geração.

A comunicação GPRS é feita através dos pacotes de dados. Para estabelecer a conexão à Internet inicialmente o modem GSM envia solicitação para a rede GSM que, em resposta, atribui o IP temporário ao modem e conecta o modem GSM à internet. O modem GSM se conecta diretamente à Internet, o que adiciona um custo extra ao *download* e *upload* de dados.

Nesse arranjo, toda vez que o modem GSM envia uma solicitação à rede GSM para conexão com a Internet aloca diferentes endereços IP. A programação é feita assumindo um endereço IP fixo para transmissão e recepção. Isso se torna difícil para qualquer sistema lidar com alocação dinâmica de IP, eis que é preciso uma programação complexa.

A tecnologia SMS usando GSM é uma das maneiras simples e baratas de comunicação via celular GSM. O SMS pode conter 160 caracteres alfanuméricos. Esses caracteres podem ser codificados para segurança ou eles podem ser utilizados diretamente como dados, conforme os requisitos.

Às vezes, congestionamento na rede GSM pode levar ao atraso na entrega do SMS. O atraso pode variar de alguns minutos a algumas horas e, em alguns casos, a entrega do SMS pode falhar permanentemente. Portanto, há um problema de confiabilidade com o SMS para comunicação.

Cada uma das técnicas da comunicação mencionada acima tem suas próprias vantagens e desvantagens. Em Ethernet comunicação, o repetidor deve ser implantado a cada 100m de fio; na comunicação GPRS existe questão da alocação dinâmica de IP e no modo de comunicação por SMS há problema de atraso introduzido pela rede na entrega do SMS que pode variar de algumas horas a alguns dias ou pode falhar permanentemente.

Existe ainda a infraestrutura de Telecom que pode ser utilizada para a implantação da operação remota, como:

- Link de internet: o link pode ser contratado de um provedor de internet local e deve ser bem especificado para as necessidades locais. O meio de comunicação pode ser por meio de estrutura de fibra-óptica, rádio, satélite etc., dependendo do provedor e das necessidades locais. É importante que o link seja fornecido com IP FIXO válido, para que seja possível a utilização de VPN (Virtual Private Network) para a comunicação com o centro de operação remota, de forma segura.

A tecnologia VPN (Virtual Private Network) é o termo utilizado para uma rede de comunicações privada, construída sobre uma rede de comunicações pública. O tráfego de dados é feito em um túnel privado, utilizando redes públicas. Este túnel pode possuir diversos mecanismos de segurança, como veremos a seguir. Para “fechar” uma VPN *IPsec*, basta que se possua dois roteadores com IP FIXO PÚBLICO, onde a VPN possa ser devidamente configurada. O próximo trecho apresenta os *VPNs* que utilizam o protocolo *IPsec*.

O Protocolo *IPsec* significa “*Internet Protocol Security*”. O protocolo *IPSec* é projetado para proteger os dados por assinatura digital e criptografar os dados antes de transmiti-los. Esta criptografia é feita sobre datagramas IP por encapsulamento o que dificulta a quebra dela.

O *IPSec* pode ser definido como uma plataforma formada por um conjunto de protocolos que fornecem os seguintes serviços de segurança:

- Controle de acesso;
- Integridade dos dados (pacotes);
- Autenticação do host origem;
- Privacidade nos dados (pacotes);
- Privacidade no fluxo dos dados (pacotes);
- Reenvio de pacotes;

Entre os elementos do *IPsec* estão:

- Cabeçalho de autenticação (AH) – efetua uma autenticação e verificação da integridade dos dados.

O processo de autenticação impede a recepção em estações sem autorização, evita eventuais tentativas de falsificação ou alteração de informações ao longo da rota, porém não permite a criptografia dos dados, portanto é útil principalmente quando a verificação da integridade é necessária, mas não o sigilo.

- Carga de empacotamento (ESP)

O protocolo IP segurança de encapsulamento de *payload* (ESP) é utilizado para criptografar os dados dentro do datagrama IP, prevenindo que invasores leiam a informação dentro do pacote, caso este seja capturado. São uma forma de transporte segura e tem por finalidade evitar a interceptação, a leitura dos dados por terceiros, ou uma eventual cópia dos dados. Além disso, ele também fornece verificação de integridade.

- Geração de chave

Para que haja comunicação entre dois computadores em rede usando datagrama IP criptografados, é necessário que ambos tenham acesso à chave compartilhada de criptografia. O *IPSEC* utiliza um algoritmo chamado *Diffie-Hellman* para criptografar chaves idênticas, evitando ataques como “*Man-in-the middle*” onde um dispositivo é posicionado para interceptar a comunicação, ou até mesmo alterar os dados dos pacotes enviados.

- *Checksums*

A chave criptográfica utilizada no *IPsec* é chamada de “*hash message authentication code*” (HMAC). Ao transmitir os dados, se houver alteração de pacote no meio do caminho, o pacote é descartado.

- *Mutual authentication*

Antes dos computadores abrirem um canal de comunicação em IPSEC, eles devem primeiro estabelecer uma relação de confiança utilizando autenticação por meio de assinatura digital e/ou senha.

- *Replay prevention*

Em alguns casos é possível que o atacante utilize dados de pacote capturados, mesmo se os pacotes estiverem criptografados.

O *IPsec* previne a repetição de pacotes assinando um número de sequência para cada pacote, não aceitando número de sequência de pacote errado.

- Filtragem de pacote IP

O *IPsec* inclui seu próprio mecanismo de filtragem de pacotes, o que evita ataques do tipo *denial-of-service* (DoS) pelo bloqueio de endereço de *IPs* específicos, protocolos, portas ou qualquer outra combinação.

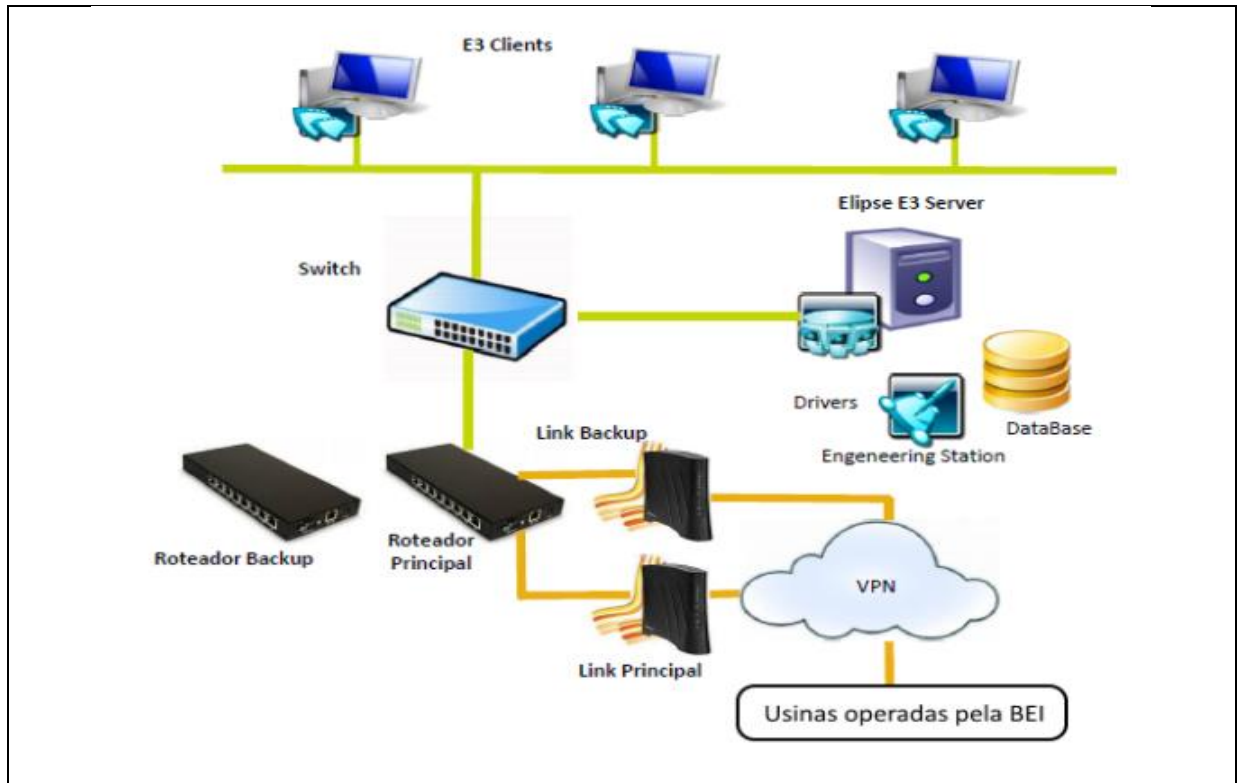
- Tipos de *hash*

O *IPsec* suporta HMAC combinado com o *Message Digest 5* (MD5) e HMAC em combinação com *Secure Hash Algorithm-1* (SHA1). A primeira opção utiliza 128bits, enquanto a segunda utiliza 160 bits, aumentando o nível de segurança.

- Utilização de VPN *IPsec* para comunicação remota entre centros de operação e usinas ou subestações de energia.

Para realizar a configuração da VPN *IPsec* é necessário que exista um roteador configurado com IP Fixo Público no campo (usina, ou subestação) e outro também com IP fixo Público no centro de operação ou local de comunicação. Estes roteadores estarão com o link do provedor configurados na *WAN* e a rede interna do site (rede dos equipamentos que irão se comunicar) nas *Lans*, ou *VLans*. Segue topologia de rede para comunicação via *IPsec*.

Figura 7. Arquitetura de Rede de Comunicação.



Fonte: <https://www.elipse.com.br>

Conforme topologia, os dois roteadores estão conectados em switches para a rede interna, e recebem o link com *IP FIXO* na *WAN*.

A utilização de VPN *IPsec* para comunicação entre usinas, subestações de energia, escritórios corporativos, centros de operação remota é uma realidade cada vez mais frequente no setor elétrico. Com uma configuração adequada, os algoritmos possuem um nível de segurança interessante para este tipo de aplicação. Associado às configurações da VPN, ainda podem ser implementadas políticas de segurança, utilizando firewalls, conceito de defesa em profundidade, política de substituição de senha periodicamente, dentre outras estratégias de segurança cibernética para que a comunicação mantenha um nível de segurança adequada à criticidade de cada aplicação.

Redundância: É desejável que a estrutura seja implementada utilizando dois links de comunicação independentes com um sistema automático de *failover*, onde deve haver a comutação automática para link de backup, quando o link principal estiver fora de operação. Em caso de falha de comunicação com o centro de operação, a equipe de operação/manutenção local deve ser acionada em tempo hábil para a operação local até que sejam normalizados os canais de comunicação entre a usina e o respectivo centro de operação.

O passo inicial para o projeto de telecomando da usina por um centro de operação remota é a visita técnica de campo. Nesta visita, profissionais qualificados da área de automação, mecânica, elétrica e TI devem realizar um levantamento técnico detalhado dos sistemas e subsistemas da usina, condições de montagem, documentos de comissionamento, operação e manutenção, classificando os pontos da seguinte forma:

- **Pontos que impedem a operação remota:** estes são os pontos observados que impedem a operação completamente desassistida por motivos de falha de montagem, filosofia de automação, comissionamento inadequado, ou pendências de manutenção.
- **Pontos que impactam na confiabilidade da operação remota:** São pontos observados que limitam alguns procedimentos da operação remota, dependendo parcialmente de intervenção da equipe de mantenedores locais. Como exemplo podemos citar: Falta de instrumentação adequada, falha em alguma etapa da lógica de automação que impeça que algum comando ou *setpoint*, seja realizado pela operação remota.
- **Pontos que impactam na segurança de ativos e/ou pessoas:** são pontos que colocam em risco os ativos e/ou pessoas se a operação for realizada sem equipe local em tempo integral. Também pode ser decorrente de instrumentação inadequada, falhas de montagem, pendências de manutenção, necessidade de retrofit. Como exemplo, pode-se citar: Sistemas trackers não automatizadas, transformadores sem instrumentação e proteção adequada, falhas nas unidades inversoras ou ausência de sistemas de proteção, falta de instrumentação para monitoramento de velocidade do vento.

A visita técnica bem realizada é uma das chaves para o sucesso da integração a um centro de operação remota. Através deste levantamento, a análise de viabilidade financeira se tornará precisa e confiável. Todos os sistemas e subsistemas necessários para a operação remota da usina devem ser detalhadamente analisados e levados em consideração.

Diagramas mecânicos e elétricos, manuais de operação e manutenção, projetos básicos, devem ser fornecidos e analisados com critério antes de se iniciar o processo de transição da operação local para a operação remota. Dentre os documentos relevantes, vamos citar alguns que são imprescindíveis para a implantação da operação remota com sucesso.

- **Mapa de Tags:** No modelo de operação remota, será necessário desenvolver um sistema de supervisão para que a usina seja operada remotamente. Nesta fase é necessário que a empresa responsável pela automação da usina forneça um documento listando as *tags*, descrição delas, protocolos de comunicação, endereçamento das *tags* para o protocolo, IPs dos equipamentos.
- **Mapa de Alarmes/eventos:** O mapa de alarmes e eventos deve conter as *tags*, descritivo, faixas de alarme, classificação de criticidade, endereçamento.
- **Planilha de parâmetros operacionais:** Esta planilha deve conter faixas de alarme e *trip*, e quando aplicáveis, faixas de níveis operacionais de tensão, corrente, potência ativa, potência reativa, parâmetros de controle e proteção dos trackers, interruptor de limite mecânico, limites velocidade do vento, parâmetros de controle e proteção das unidades inversoras e demais parâmetros operacionais necessários para a correta operação e diagnóstico de ocorrência das usinas.

Após a consolidação da visita técnica de campo, os principais riscos do modelo de operação remota devem ser corretamente mapeados e gerenciados, para evitar que eles se tornem problemas e impactem o custo, qualidade, escopo, ou atrasem o projeto de implantação.

O PMBOK 5ª Edição apresenta uma metodologia voltada para gestão dos riscos. A metodologia será brevemente apresentada a seguir:

- 1º - Cada risco deve ser mapeado em uma grande reunião de Brainstorming
- 2º - Cada risco deve ser classificado quanto à probabilidade de ocorrer, em uma escala de 1 a 5, sendo 1 muito baixa e 5 muito alta.
- 3º - Cada risco deve ser classificado quanto ao impacto, em uma escala de 1 a 5, sendo 1 muito baixo e 5 muito alto.
- 4º - Cada risco deve ser classificado como Risco, Oportunidade, ou Problema, onde o problema seria o risco que já se tornou realidade e a oportunidade seria o risco com impacto positivo.

5º - O Mapeamento deve conter a descrição do impacto e as ações necessárias para intervir em cada risco, oportunidade e problema, bem como os responsáveis por cada ação.

6º - Pode ser montada uma matriz Probabilidade X Impacto que ajudará a discernir o grau de severidade de cada risco, oportunidade e problema. Segue exemplo da matriz a seguir:

Tabela 1. Probabilidade x Impacto

Probabilidade	Matriz de Probabilidade ou Urgência x Impacto			
5	0	5	0	5
4	2	6	0	0
3	2	5	0	5
2	0	0	0	0
1	0	0	0	0

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

A matriz apresenta a escala de gravidade dos riscos através das cores “verde”, “amarelo” e “vermelho”, com escala de severidade crescente respectivamente.

Após o levantamento de campo, análise dos riscos e desenvolvimento de todas as telas e configurações do sistema supervisório remoto, o mesmo deve ser comissionado, ou seja, testado e colocado em operação. Para este procedimento é fundamental o acompanhamento da equipe local e teste de todos as Tags e alarmes configurados. Este comissionamento deve ser registrado em um documento, formalizando o correto funcionamento do mesmo e atestando a liberação para a operação.

Após o comissionamento e validação do sistema supervisório remoto, a equipe de operação remota deve receber o manual de operação dele, bem como treinamento para a operação. A equipe de operação remota deve ainda estar munida de todos os documentos necessários para o início da operação conjunta, tais como Planilha de parâmetros operativos, acordos operativos, planilha de comunicação contendo telefones importantes e book de projetos.

Em que pese à geração de energia fotovoltaica tratar-se de uma opção de geração de energia renovável e solução para o fornecimento de energia em áreas remotas, é importante considerar ainda que o custo de implantação de um sistema de geração de energia solar é consideravelmente alto em decorrência do custo para aquisição das células fotovoltaicas. A implantação do sistema de controle, operação e manutenção de forma remota contribui para reduzir o custo operacional, o que vem de encontro com o desafio da eficiência energética como parte fundamental dos 17 objetivos de desenvolvimento sustentável da agenda 2030 das Nações Unidas.

A ISO 50001: 2018 - Sistemas de gestão de energia - Requisitos com orientação para uso, transformou o desempenho energético das organizações em todo o mundo quando foi publicado pela primeira vez em 2011, dando-lhes uma ferramenta estratégica para usar sua energia de forma mais eficiente e eficaz. Ela fornece uma estrutura para gerenciar o desempenho e abordar os custos de energia, ao mesmo tempo em que ajuda as empresas a reduzir seu impacto ambiental para atender às metas de redução de emissões.

O objetivo desta norma é permitir que as organizações estabeleçam os sistemas e processos necessários para melhorar o desempenho energético, incluindo a eficiência energética, uso e consumo.

A implantação desta Norma se destina à redução nas emissões de gases de efeito estufa e outros impactos ambientais relacionados à energia e os custos/economia que esse sistema de gestão de energia promoverá.

Esta Norma especifica os requisitos do sistema de gestão de energia (EnMS), sobre os quais uma organização pode desenvolver e implementar uma política energética e estabelecer objetivos, metas e planos de ação que levem em conta os requisitos legais e informações relativas ao uso significativo de energia

3. ESTUDO DE CASO

Mediante o crescimento populacional observado nas últimas décadas, constatou-se que é preciso investir em novas formas de produções energéticas a fim de suprir a necessidade de grande parte da população. Além disso, pensa-se que tais matrizes energéticas devem ser limpas e renováveis, uma vez que as políticas ambientais vigentes prezam pelo denominado “desenvolvimento sustentável”, ou seja, desenvolver-se sem causar danos ou prejuízos para as gerações posteriores.

O conceito de desenvolvimento sustentável pressupõe um crescimento econômico atento e responsável, de maneira a extrair dos recursos e tecnologias disponíveis benefícios para o presente, sem comprometer as reservas que serão legadas às gerações futuras. Esta determinação é incumbência de todos: entidades

governamentais e não governamentais, poderes públicos e coletividade, imbuídos do propósito de realizar o correto manejo das populações que habitam a terra e desempenham, cada qual a seu turno, um papel de fundamental importância para a manutenção do equilíbrio ecológico. (PARENTE e DIAS, 1997, p. 179).

Nesse sentido, pretendeu-se nessa pesquisa investigar o processo operacional da Usina Fotovoltaica Verde Vale III, em Guanambi – BA, bem como apresentar brevemente a importância de sua implantação e seus benefícios para a população e para o ecossistema local. A usina está localizada próxima às margens da BR- 030, em direção à saída para Caetitê. Sua capacidade de produção é de 14,3 MW. Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel) contratou a produção através de um leilão em 2015.

A construção da Usina, concluída em agosto de 2018, foi um projeto grandioso, estendendo-se por uma área de 50 hectares² e prefigurou como um importante marco no que tange ao desenvolvimento da energia fotovoltaica no cenário nacional. De acordo com a empresa responsável pela construção de tal empreendimento, a usina é suficiente para abastecer aproximadamente 65 mil habitantes. Optou-se pelo uso de tecnologias avançadas, como por exemplo, os painéis de policristalinos que representa uma das mais eficientes ferramentas presentes no mercado.

Apesar de os painéis monocristalinos apresentarem maior eficiência em comparação aos painéis policristalinos, há um motivo pelo qual se optou pela escolha do segundo em detrimento ao primeiro, trata-se do bom desempenho mesmo em climas quentes, como é o caso do estado da Bahia, e sua maior tolerância ao calor. Segundo a construtora foram necessários sete meses para a construção da usina e gerados pelo menos 350 empregos diretos.

De acordo com a Quebec (2020), por meio de um estudo realizado pela BEI BRASIL ENERGIA INTELIGENTE, a Usina Fotovoltaica Verde Vale foi considerada a que apresentou melhor desempenho do país, como foi observado na imagem 8. Levou-se em consideração a relação entre geração de energia e a potência instalada desde o mês seguinte ao de entrada em geração dos empreendimentos.

² 1 hectare equivale a 10.000 metros quadrados.

Figura 8. Arquitetura de rede para comunicação - **Ranking de desempenhos das UFV.**

Ranking	Usina	Estado	Média Geração (MWMed)	Capacidade (MW)	Performance
1	VERDE VALE III	BA	4,239	14,30	29,6%
2	PIRAPORA 4	MG	8,800	30,00	29,3%
3	JUAZEIRO SOLAR III	BA	8,800	30,00	29,3%
4	PIRAPORA 3	MG	8,724	30,00	29,1%
5	BJL 11	BA	5,787	20,00	28,9%
6	PIRAPORA 2	MG	8,680	30,00	28,9%
7	PIRAPORA 6	MG	8,674	30,00	28,9%
8	SÃO PEDRO IV	BA	7,801	27,00	28,9%
9	PIRAPORA 5	MG	8,663	30,00	28,9%
10	UFV LAPA 2	BA	8,663	30,00	28,9%
11	BJL 4 SOLAR S.A.	BA	5,735	20,00	28,7%
12	JUAZEIRO SOLAR I	BA	8,596	30,00	28,7%
13	PIRAPORA 7	MG	8,584	30,00	28,6%
14	UFV BOMJESUS LAPA 2	BA	8,583	30,00	28,6%
15	UFV BOMJESUS LAPA 1	BA	8,562	30,00	28,5%
16	HORIZONTE MP 11	BA	5,683	20,00	28,4%
17	NOVA OLINDA 11	PI	8,520	30,00	28,4%
18	ITA-1	MG	0,956	3,38	28,3%
19	ITA-2	MG	0,916	3,25	28,2%
20	UFV LAPA 3	BA	8,438	30,00	28,1%
21	SERTAO 1	PI	8,429	30,00	28,1%
22	SOL MAIOR 2	TO	1,403	5,00	28,1%
23	PIRAPORA 10	MG	8,405	30,00	28,0%
24	NOVA OLINDA 8	PI	8,386	30,00	28,0%
25	UFV GUIMARANIA 1	MG	8,603	31,00	27,8%
26	NOVA OLINDA 14	PI	8,324	30,00	27,7%
27	SÃO PEDRO II	BA	7,491	27,00	27,7%
28	SOBRAL 1	PI	8,286	30,00	27,6%
29	HORIZONTE MP 2	BA	7,919	28,70	27,6%
30	JUAZEIRO SOLAR IV	BA	8,259	30,00	27,5%

Fonte: Quebec (2020).

A construção da Usina Verde Vele III, em Guanambi trouxe consigo inúmeros benefícios para a população e para o ecossistema, tais como: o baixo impacto ambiental por meio da utilização de energia solar; instalação simples dos equipamentos, baixo custo (levando-se em consideração a vida útil de aproximadamente 25 anos). Além dos benefícios supramencionados há outros que ainda não são completamente conhecidos pelo público em geral, dentre os quais destacam-se:

- Energia renovável;
- Energia fotovoltaica não causa poluição sonora, não tem cheiro, não tem fumaça;
- Tipo de energia permanente pois depende do sol como sua matéria prima;

- Baixa necessidade de manutenção;
- Placas resistentes a intemperes;
- Valorização de imóveis;
- Geração de empregos;
- Equipamentos fotovoltaicos podem ser reciclados.

Mediante os aspectos supracitados é possível constatar os benéficos da instalação da Usina Fotovoltaica no município de Guanambi. Por meio dos proventos gerados nessa cidade espera-se que outras localidades futuramente optem por esse sistema de produção de energia. Como foi mencionado, trata-se de uma fonte de energia renovável, uma vez que a luz solar é constante; não faz barulhos, diferentemente de outras fontes, como por exemplo, as usinas eólicas; não é poluente e gasta-se pouco com manutenções, sendo essas apenas algumas das vantagens desse empreendimento.

A instalação da Verde Vale em Guanambi também colaborou para aumentar a visibilidade do município a nível nacional, pois no ano de 2019 foi escolhida como sede para a 1ª Feira de Energia Solar da Bahia – FESB. Nesse evento foram apresentadas todas as últimas tecnologias referentes à categoria de energia solar residencial, comercial e para bombas solares de irrigação. O evento foi promovido pela empresa Sollar Company e Brasmáquinas que escolheram Guanambi, pois essa vem sendo pioneira na utilização de tecnologias para esse setor. Tal evento serve como engodo para pessoas de diferentes localidades e ajuda a movimentar o mercado do município, posto que a realização do congresso teve duração de três dias.

Atualmente a produção energética da Verde Vale tem beneficiado edifícios e empreendimento públicos da cidade, tais como: O Colégio Municipal Josefina T. Azevedo e o Colégio Municipal José Neves Teixeira que receberam a instalação de painéis fotovoltaicos para produzirem parte da própria energia. As estimativas recentes preveem uma economia de aproximadamente 24 mil reais por ano para o município por meio da utilização de energia solar oriunda da Verde Vale

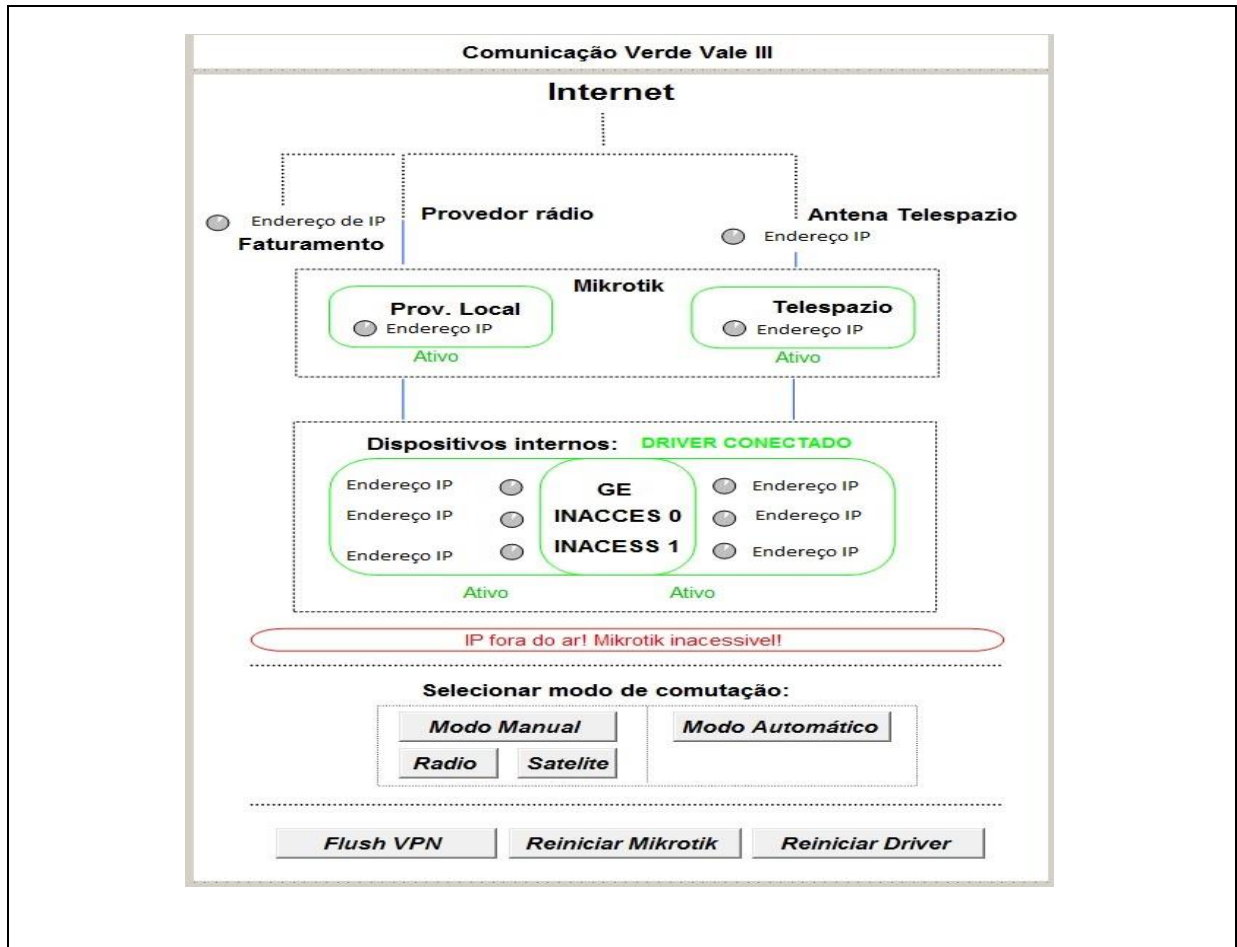
3.1. Funcionamento e Operacionalização da Planta

A fim de compreender como se dá o funcionamento da planta estudada nessa pesquisa, foi necessária a realização de uma conversa com um de seus operadores. Sendo assim, o técnico líder da planta se dispôs a responder questões de interesse do pesquisador. A entrevista é uma forma de contrastar informações obtidas por meio de materiais teóricos e a realidade cotidiana.

No que diz respeito à operacionalidade da planta, o entrevistado relatou que ocorre 24 horas por dia, durante todos os dias da semana remotamente pelo COG (Centro de Operação de Geração) da BEI (Brasil Energia Inteligente) que fica lotado em Belo Horizonte – MG. Na planta há dois trabalhadores fixos, sendo o Líder Técnico e um Auxiliar Técnico. São responsáveis por realizarem o processo de manutenção preventiva e corretiva da planta durante horário administrativo, que perdura das 07h às 17h de segunda à sexta feira. Por sua vez, o Centro de Operação fica responsável pelos despachos de cargas, geração, gerenciamento de alarmes, ou seja, todas as funções operacionais são realizadas pelo COG.

Nos feriados, finais de semana e após o horário administrativo, o líder da planta fica de sobreaviso. Em casos de ocorrência fora do horário administrativo, principalmente no que tange a links de comunicação entre a planta e o centro de operação, é acionado o indivíduo responsável para que realize a correção em *locus*. A comunicação entre COG e usina é realizada por meio de dois links de comunicação, sendo um principal utilizando a tecnologia via rádio e outro de retaguarda que utiliza a tecnologia de satélite. Na perda do link principal o link retaguarda assume automaticamente a comunicação. Necessariamente ambos são voltados a comunicação de alta confiabilidade, contando com indicadores de disponibilidade acima de 99% mensal. Modelo comunicação utilizado conforme figura 9.

Figura 9 - Modelo comunicação utilizado conforme.

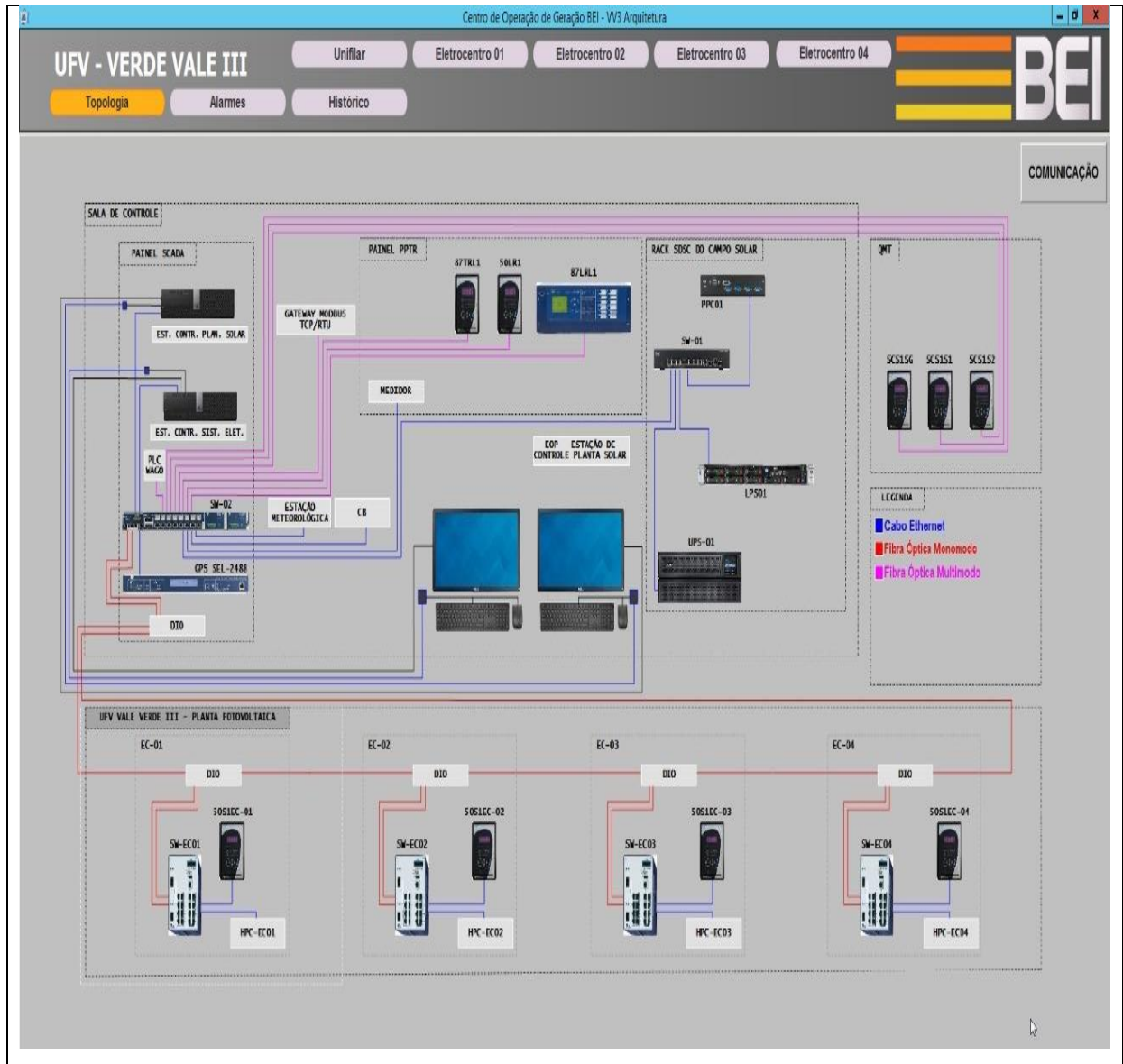


Fonte: elaborado pelo autor (2020).

Em casos de perda de comunicação do Centro de Operação com a planta por algum outro motivo, a pessoa que está de sobreaviso é acionada para realizar os processos administrativos. De acordo com relatos do entrevistado, os dois técnicos responsáveis pela planta apresentam total capacidade para realizarem o processo de operação e manutenção. Porém, o processo operacional estará prioritariamente sobre responsabilidade do Centro de Operação, em Belo Horizonte.

O sistema possui dois supervisórios, sendo um elétrico, responsável pela subestação e potência da planta, e o outro é o supervisório solar, que possui algoritmos específicos para fazer o controle de todo o processo de geração automaticamente na planta. Conforme arquitetura apresentada na figura 10.

Figura 10 – Representação da arquitetura.



Fonte: elaborado pelo autor (2020).

O supervísório do Centro de Operação de Geração conta com uma réplica dos sistemas SCADAS locais, ou seja, possui todo o controle, gerenciamento, proteção e ajustes para a perfeita operação da usina de forma remota. **As figuras 11 e 12** apresentam a imagem do sistema supervísório elétrico e solar sob a vista dos operadores no COG.

Figuras 11 e 12 – Sistema supervisorio elétrico e solar sob a vista dos operadores no COG.

Figura 11.

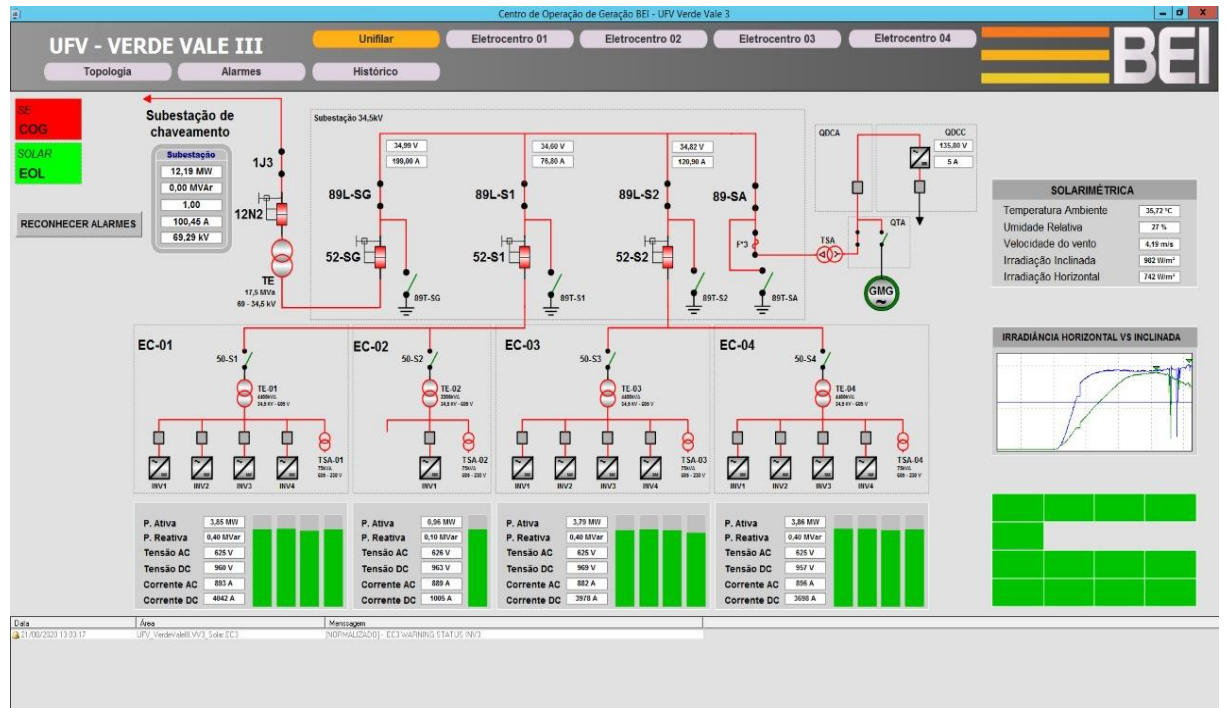
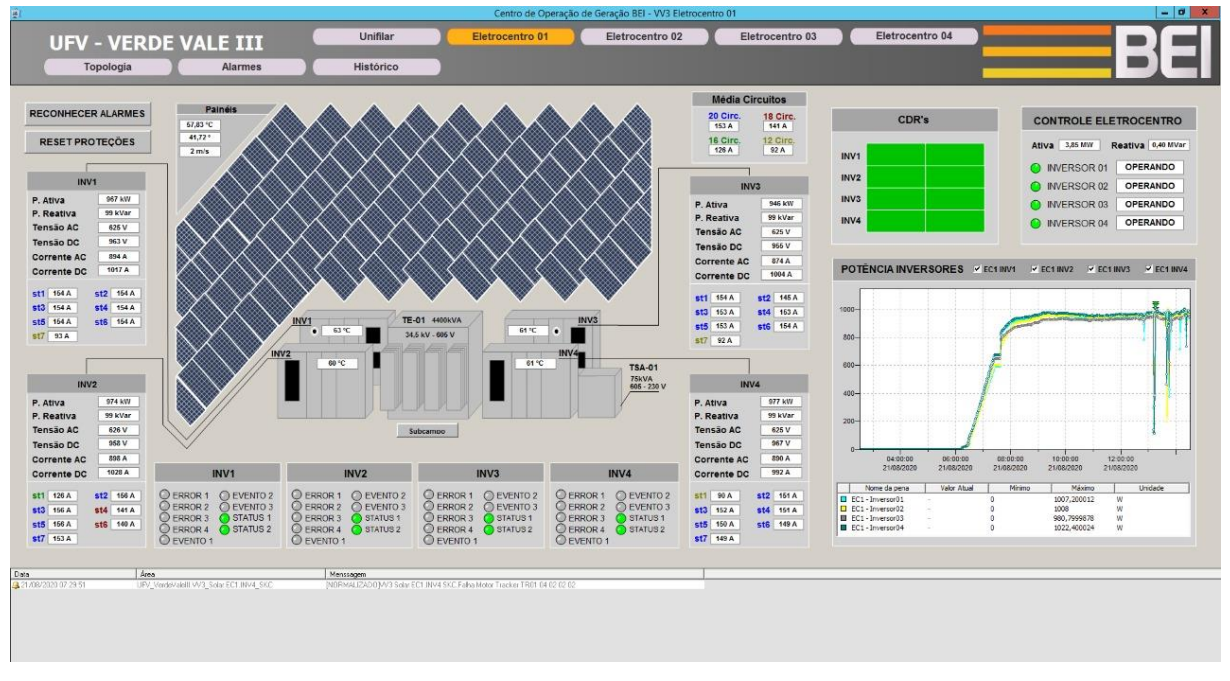


Figura 12.



Fonte: elaborado pelo autor (2020).

Além disso, o algoritmo de controle implementado no supervisorio solar direciona as placas e os módulos através de rastreadores à posição adequada angular em referência ao sol conforme *feedback* da instrumentação instalada em campo. Faz também o monitoramento de

ventos para proteção dos sistemas e gerenciamento de alarme de toda a parte de inversor e módulo que compõem a usina.

Ainda de acordo com o entrevistado há nessa planta uma estação solarimétrica, por meio da qual é possível monitorar a radiação, a temperatura e a velocidade do vento. Nessa estação tem um piranômetro que fica fixo nela e outro fixo no sistema de rastreador conhecidos como “tracker” para medir a radiação que as placas estão recebendo.

Em campo há os trackers, sendo estes da fabricante italiana Convert. Segundo o entrevistado tal equipamento está apresentando bom funcionamento. Esses trackers são compostos por trinta módulos solares ligados a *servers*. A geração dessas placas é enviada para caixa Box e, posteriormente para os inversores. Os trackers se movimentam de acordo com o sol e o que comanda sua movimentação é uma caixa denominada de SKC, que manda alimentação e comunicação, ou seja, a orientação para que os trackers se movimentem para melhor posição de acordo com o sol.

Nessas caixas estão conectados dez trackers, cada uma tem um anemômetro, como forma de proteção, pois nessa região registram-se ventos fortes e isso pode causar danos ao equipamento. Por isso, quando os ventos ultrapassam os 10m/s, essas caixas mandam comandos para os trackers ligados a ela e assim eles iniciam o processo de posição de segurança movimentando - se para a posição paralela ao chão a fim de que os ventos não danifiquem nenhum modulo.

A caixa Box, da planta estuda, não são monitoradas automaticamente, todavia, o técnico líder elaborou uma forma de acompanhar essas caixas pelo supervisório. Segundo ele um dos grandes problemas que essas caixas apresentaram, inicialmente, foi a queima de fusíveis, e como elas não são supervisionadas não há como fazer o monitoramento dessas caixas remotamente. Nesse sentido, o técnico responsável fez uma planilha das caixas que são de 20 circuitos, 18 circuitos e 10 circuitos. Por meio dessa planilha é possível comparar a corrente entre elas. Por exemplo, as placas que são de 20 circuitos, ao comparar a corrente entre elas às mesmas devem apresentar correntes similares, em caso de correntes diferentes o técnico vai a campo e realiza uma inspeção a fim de verificar o que está acontecendo. Deve-se, pois, levar alguns aspectos em consideração, como por exemplo, dias nublados, ou o caso de algum tracker ficar parado e não realizar o acompanhamento do sol, isso faz com que a corrente seja mais baixa. Nesse sentido, por mais que a caixa não seja monitorada pelo supervisório, pela carga total dela é possível constatar se há algum fusível queimado. Salienta

que este item não é um impeditivo para a operação remota, tendo em vista que tal fato é parte da rotina de manutenção preventiva da usina.

Em se tratando de uma análise técnica da planta em análise, constatou-se que o sistema de comunicação é moderno e eficaz, visto que o sistema é operacionalizado por links de comunicação que possibilitam que ajustes sejam feitos mesmo a distância, tendo em vista de o centro operacional fica lotado na cidade de Belo Horizonte. Além disso, tal sistema necessita de pouca mão de obra, posto que na planta haja apenas duas pessoas qualificadas para a prestação de serviço.

Os prestadores de serviço na planta devem possuir qualificações técnicas específicas, pois como foi constatado nesse trabalho, podem ocorrer problemas inerentes à comunicação entre o centro operacional e a planta. Nesse sentido, ambos os colaboradores devem possuir conhecimentos sobre como agir em tal situação, posto que, são responsáveis pelo pronto reestabelecimento da comunicação entre as partes envolvidas. Essa é uma forma também de não sobrecarregar apenas um dos envolvidos.

Uma situação que pode ser considerada problemática pelos técnicos que trabalham na operacionalização da planta é o fato de não haver monitoramento automático das caixas Box, pois apesar de o técnico líder ter desenvolvido uma maneira de verificar, por exemplo, se há fusíveis queimados, por meio do supervisor, seu método não pode ser considerado 100% eficaz, podendo ocorrer erros que demandem tempo para corrigi-los. Esse ainda é um ponto que precisa ser observado e aprimorado no que diz respeito à operacionalização e manutenção da planta.

A tabela 2 desse trabalho apresenta um quadro comparativo entre as vantagens e as desvantagens do método adotado pelos representantes da planta no que tange a comunicação e manutenção.

Tabela 2. Vantagens e Desvantagens da operacionalização da Planta.

Vantagens	Desvantagens
Redução do custo operacional (OPEX), uma vez que há necessidade de apenas dois funcionários.	Necessidade de mão de obra capacitada e qualificada para operar a planta.
Redução do risco de acidentes, haja vista tempo de exposição do ser humano na planta.	Custos operacionais com links de comunicação.
A operacionalização é feita de forma remota, otimizando os recursos para com as	Aumento do CAPEX na automatização dos sistemas.

manutenções locais.	
Otimização energética – possível pelas experiências das equipes de operação.	Deficiência de monitoramento dos equipamentos não automatizados.
Uniformizar os procedimentos na pré-operação, despacho em tempo real e pós-operação.	Vulnerabilidade a segurança para com acesso remoto.
Incremento da telemanutenção e rapidez nas informações.	Risco de danos materiais, devido a operação a distância.
Visão sistêmica do processo de operação.	Aumento do custo com monitoramento e vigilância patrimonial.
Maior integração e participação da operação com as equipes de engenharia e automação.	
Integração de informações em tempo real para com os <i>Stakeholders</i> .	
Centralizar e uniformizar o contato com os agentes reguladores.	
Redução dos riscos de passivos trabalhistas.	
Técnicos dos sítios e do centro de operação também poderão ter acesso mobile a telas de operação e manutenção do sistema baseado na definição de usuário e segurança para o sistema;	

Fonte (autor, 2020).

Dado os resultados obtidos junto ao ranking de desempenho das UFV's no Brasil e a entrevista com técnico líder da Usina Fotovoltaica Verde Vale III, entende-se que o modelo de operação remota adotado por este empreendimento apresenta efeito satisfatório e positivo quanto à operacionalização da planta.

4. CONCLUSÃO

É fundamental para o crescimento nacional que a energia produzida seja universalizada e que tenha qualidade em seu fornecimento. Para tanto a geração distribuída que engloba as plantas fotovoltaicas é uma interessante alternativa para o cenário energético nacional, já que permitem um melhor atendimento as necessidades de carga de pequenos centros urbanos, regiões rurais e localidades remotas.

Desta forma o telecomando de um parque solar ao centro de operação remota é capaz de agregar inúmeros benefícios para o empreendimento e para eficácia do trabalho é necessário que uma equipe multidisciplinar faça uma avaliação da usina solar a ser telecomandada ao COG.

Nesta equipe deve haver especialistas nas áreas de supervisão e controle, telecomunicação, organização e métodos, manutenção, proteção e controle. Estes devem elaborar um roteiro de diligência para o levantamento do estado das usinas e, ao final do trabalho, gerar um relatório com definição de alterações que devem ser feitas na usina para possibilitar sua operação remota e estabelecer um cronograma com as tarefas de cada grupo de especialistas visando integrar o sistema a operação remota.

Após a validação do modelo a ser implantado, o sistema supervisorio remoto deve ser desenvolvido garantindo a operação de todos os sistemas e subsistemas da usina.

Ademais, as equipes de operação e manutenção devem ser devidamente treinadas e devem estar munidas de todos os documentos e procedimentos necessários, mostrando entrosamento e domínio das ferramentas recém-implantadas.

Diante do exposto, a automatização e posterior telecomando da usina por meio de um centro de operação são muito vantajosas, trazendo redução de custos de operação e manutenção (OPEX), maior eficiência de operação, crescimento de confiabilidade, segurança e disponibilidade de ativos.

Embora a disseminação de fontes renováveis na geração de energia elétrica tenha como obstáculos o elevado custo tecnológico de alguns equipamentos e o aprimoramento de algumas tecnologias empregadas, é inegável que a sua maior contribuição na matriz energética brasileira trará resultados socioeconômicos positivos em maior atenção com meio ambiente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABESCO – Associação Brasileira de Empresas de Serviços de conservação de Energia. ISO 50001. Disponível em: <http://www.abesco.com.br/pt/iso-50001-gestao-de-energia/>

ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. Resolução normativa nº 673 de 04 de agosto de 2015. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2015673.pdf>

Centrais Elétricas Brasileiras S.A. - ELETROBRÁS (2006). "Memória da Eletricidade". Disponível em: <<http://www.mamoria.elektrobras.com/index.asp>>. Acesso em: 01 de outubro de 2020.

FADIGAS, E.A. Energia Solar Fotovoltaica: Conversão, fundamentos e viabilidade técnica. São Paulo: GEPEA – Grupo de Energia da Escola Politécnica – Universidade de São Paulo, p. 23-27. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4649643/mod_resource/content/1/Apostila_solar.pdf

QUEBEC. UFV VERDE VALE III USINA FOTOVOLTAICA DE MELHOR PERFORMANCE NO BRASIL. Disponível em: <<https://www.quebecengenharia.com.br/noticia/ufv-verde-vale-iii-usina-fotovoltaica-de-melhor-performance-no-brasil/>>. Acesso: 28/09/2020.

NASCIMENTO, W. C. Processo de comissionamento para projetos industriais. Belo Horizonte: Faculdade Internacional Signorelli, 2014. Disponível em: <http://pmkb.com.br/uploads/18435/processo-de-comissionamento-para-projetosindustriais.pdf>

ONS. Operador Nacional do Sistema. Procedimentos de Rede. Disponível em: <http://ons.org.br/paginas/sobre-o-ons/procedimentos-de-rede/vigentes>.

PARENTE, K. M. R.; DIAS, S. N. (coords.). **Revista dos mestrados em direito econômico da UFBA**, nº 5 (jan. 1996/dez. 1997). Salvador: Centro Editorial e Didático da UFBA, 1997.

PINHO, J.T; GALDINO, M.A. Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos. Rio de Janeiro: Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito – CRESEBCEPEL, p. 140-147, 2014.

TEJWANI, R; SOLANKI, C.S; KUMAR, G. Remote Monitoring for Solar Photovoltaic Systems in Rural Application Using GSM Voice Channel. Article in Energy Procedia. Setember 2020. Disponível em: Disponível em: <<https://www.researchgate.net/publication/266109140>>.

Eclipse Software. " COG DA BEI BRASIL ENERGIA INTELIGENTE, IMPLEMENTADO COM O ELIPSE E3, CONTROLA 52 USINAS REMOTAMENTE". Disponível em: < <https://www.eclipse.com.br/case/cog-da-bei-brasil-energia-inteligente-implementado-com-o-elipse-e3-controla-52-usinas->

remotamente/#::~text=A%20opera%C3%A7%C3%A3o%20remota%20tem%20o,energia%20com%20o%20menor%20custo.>. Acesso em: 16 de novembro de 2020.