



MODELO DE TERMO DE REFERÊNCIA DE PESSOA JURÍDICA - SBQC

**MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA – MME
OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO - ONS**

PROJETO META

Projeto de Assistência Técnica dos Setores de Energia e Mineral

BANCO MUNDIAL

**BANCO INTERNACIONAL PARA A RECONSTRUÇÃO E DESENVOLVIMENTO –
BIRD**

Empréstimo: 9074 - BR

**Termo de Referência do Subprojeto 24-2 do Plano de Aquisição do STEP
Contratação da Consultoria 2**

Subprojeto 24-2 – Previsão de Geração Solar Fotovoltaica de Tempo Real.

Dezembro/2023



***TERMO DE REFERÊNCIA - TDR do Subprojeto 24-2 do Plano de Aquisição do STEP
– Contratação da Consultoria 2***

Subprojeto 24-2 – Previsão de Geração Solar Fotovoltaica de Tempo Real.

1 CONTEXTUALIZAÇÃO

A expansão da capacidade instalada de parques solares fotovoltaicos nos últimos anos, adicionada à projeção de alto crescimento desta fonte, especificamente, nas regiões Nordeste, Sul e Sudeste do Brasil, impuseram ao Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS) a necessidade de aperfeiçoar a representação dessa fonte de geração que possui alta variabilidade.

Nesse sentido, é de suma importância que a previsão de geração por fonte solar fotovoltaica seja feita com suficiente precisão tanto para a Operação em Tempo Real do Sistema Interligado Nacional (SIN), quanto para o planejamento da Operação Eletroenergética do SIN.

A fonte solar fotovoltaica possui diversos benefícios conhecidos para o Brasil em diferentes esferas: na socioeconômica, gerando empregos diretos e indiretos e economia ao consumidor; na ambiental, por ser um recurso renovável e de menor impacto em comparação à geração de outras fontes de energia, principalmente, originadas de combustíveis fósseis; na estratégica, dado que uma alta quantidade de radiação solar atinge a superfície em quase todo o território brasileiro, possibilitando a implementação da geração mais próxima da carga, o que aumenta a segurança elétrica.

Atualmente, a representatividade da geração solar fotovoltaica corresponde a 16% da matriz energética, somando os parques centralizados e distribuídos. Além disso, está previsto um crescimento significativo para os próximos anos. Como exemplo, a capacidade instalada de geração centralizada no final de outubro/2023 era de 10 GW, com previsão de chegar a cerca de 19 GW em 2027. Em termos de geração distribuída, a capacidade instalada excede 23 GW (outubro/2023), com a previsão de chegar a 40 GW em 2027.



2 JUSTIFICATIVA

A previsão de geração solar fotovoltaica possui incertezas associadas a fatores meteorológicos, causando inevitáveis desvios, que trazem a necessidade de maior reserva de potência operativa para atender as variações de carga, e a necessidade de redespacho hidrotérmico na ocorrência de desvios significativos. Tais circunstâncias, aumentam o custo de operação, gerando mais encargos que refletem em um custo mais elevado ao consumidor. Além disso, o potencial de crescimento da fonte solar na matriz energética brasileira, trouxe a necessidade da obtenção de uma previsão de geração desta fonte com maior acurácia nos diversos horizontes de previsão, contribuindo assim para uma maior assertividade para a operação do SIN, e também para o planejamento do sistema elétrico brasileiro.

Sendo assim, é importante que o ONS disponha de modelos e ferramentas capazes de auxiliar na operação do sistema com uma maior previsibilidade e assertividade da previsão de geração dessa fonte variável.

3 VISÃO GERAL DO SUBPROJETO 24-2 DO ONS

No âmbito do projeto META II, o ONS já iniciou o processo de seleção para contratação da primeira consultoria do Subprojeto 24 (Subprojeto 24-1 – Previsão de Geração Solar Fotovoltaica de curto e curtíssimo prazo). O principal objetivo da primeira consultoria é desenvolver um modelo de previsão de geração solar fotovoltaica, considerando o horizonte de curtíssimo e curto prazo, que vai desde um dia até um mês à frente.

Agora, no Subprojeto 24-2 – Previsão de Geração Solar Fotovoltaica de Tempo Real, busca-se desenvolver, especificamente, um modelo de previsão de geração solar fotovoltaica, considerando o horizonte de tempo real, que se estende de minutos até vinte e quatro horas à frente. O desenvolvimento deste modelo deve contemplar o uso de diferentes metodologias de previsão de geração solar, considerando técnicas de *machine learning*, modelagem regressiva, *smart persistence*, além do emprego de previsão numérica do tempo, bem como a utilização de metodologias para análise e tratamento de dados solarimétricos e meteorológicos observados *in situ* e de dados de satélite.

A estrutura do modelo de previsão de geração solar fotovoltaica será constituída de cinco módulos principais:

- (i) Base de dados;
- (ii) Previsão Intra-horária;



- (iii) *Cloud Motion*;
- (iv) *Previsão day-ahead*;
- (v) *Modelo Combinado*

A Figura 1 apresenta o diagrama esquemático do modelo que deve ser desenvolvido no ambiente da consultora, seguindo especificações de arquitetura tecnológica compatíveis com as utilizadas pelo ONS.

Cada módulo deverá contemplar os resultados dos estudos realizados, os códigos computacionais desenvolvidos, treinamento, documentação, bem como uma descrição detalhada das informações necessárias para sua execução. Toda a estrutura desenvolvida deverá estar hospedada em ambiente de nuvem, compatível com a estrutura do ONS, de modo a permitir um armazenamento centralizado e com segurança.

Cada módulo (I, II, III, IV e V) deverá ser construído para funcionar de forma independente, i.e., os arquivos de entrada e/ou saída deverão ser padronizados de maneira que possam ser utilizados para a execução dos demais módulos sem nenhuma dependência prévia. Uma exceção a esta condição de independência poderá ser observada no módulo I, onde os dados podem, inicialmente, ser obtidos de fontes diversas. No entanto, espera-se que tais informações sejam uniformizadas para alimentar os módulos subsequentes.

As setas da figura indicam um fluxo linear entre os módulos, ou seja, as previsões de geração solar fotovoltaica serão produzidas de maneira independente nos módulos II a IV, usando como *input* as informações disponíveis na base de dados. Em seguida, no módulo V deverão ser avaliadas técnicas que possibilitem combinar as previsões obtidas de forma independente, a fim de se obter a melhor previsão de geração solar fotovoltaica possível, considerando o horizonte de tempo real do ONS. Destaca-se que as previsões de geração deverão ter uma resolução temporal de 5 minutos para a primeira meia-hora, seguida por um intervalo de 30 minutos até 24 horas à frente. Além disso, a execução da cadeia de cada módulo deverá ser configurável para ser atualizada em intervalos regulares ao longo do dia.

O detalhamento das funcionalidades de cada módulo e os dados a serem disponibilizados são apresentados a seguir.



BANCO MUNDIAL
BIRD • AID | GRUPO BANCO MUNDIAL

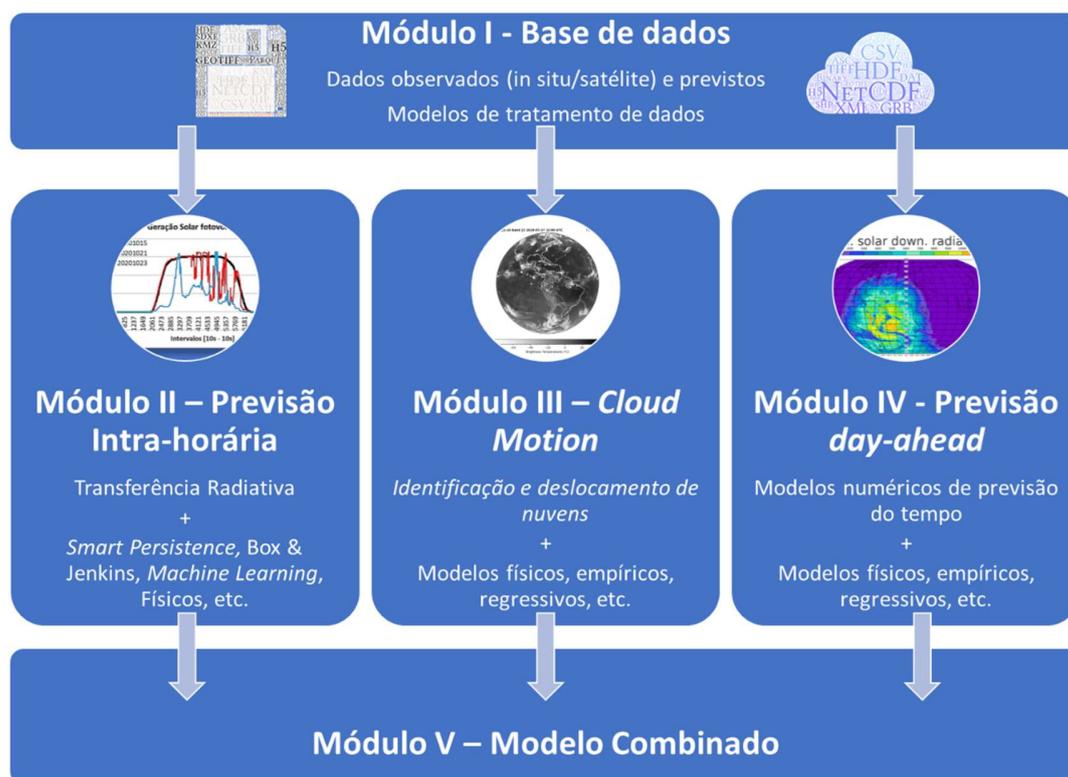


Figura 1 Diagrama esquemático do modelo de previsão de geração solar fotovoltaica para o tempo real

3.1 Base de Dados

Os cinco módulos que constituem a estrutura para a previsão de geração solar fotovoltaica de tempo real consumirão e produzirão dados de diversas fontes, naturezas e resoluções espaço-temporal. Assim, faz-se necessário uma arquitetura adequada para armazenamento e fornecimento dos dados, bem como a padronização destes dados para serem usados pelos módulos subsequentes à base de dados.

Os dados que serão utilizados como insumo para os modelos poderão variar quanto à origem e ao formato de armazenamento. Dados de imagens devem ser armazenados em sistemas que permitam versionamento e extração de grupos de imagens com agilidade, de intervalos de tempo variáveis. Dados de satélite deverão ser devidamente georreferenciados, sendo armazenados de forma otimizada para extração de informações pontuais ou de áreas específicas, permitindo a construção de séries temporais de tais informações. Dados observados *in situ* podem ser armazenados em bancos de dados otimizados para séries



temporais ou, para atender questões de escalabilidade horizontal, em arquivos comprimidos em formatos otimizados para tabelas de dados, particionados segundo algum critério de agregação, como o *Apache Parquet*. Dados cadastrais de parques, tais como capacidade instalada, número de painéis fotovoltaicos, localização, tipo de painel, dentre outros, podem ser armazenados em bancos de dados relacionais.

As permissões de leitura e escrita de cada dado deverão ser configuráveis, e os acessos e alterações realizadas deverão ser registrados, de modo a tornar os processos realizados auditáveis, seguros e reprodutíveis em momentos futuros.

A fim de compor a base de dados para os estudos e desenvolvimento dos modelos previstos em cada módulo deste projeto, o ONS disponibilizará uma base de dados previamente estruturada, contendo dados observados de estações solarimétricas e meteorológicas do Brasil, bem como previsões de modelos meteorológicos disponíveis publicamente. Além disso, o formato dos arquivos contendo tais dados será previamente definido, a fim de viabilizar seu uso como *input* para os módulos subsequentes.

Tendo em vista a variabilidade natural do recurso solar, o projeto deverá considerar a incorporação de dados de satélite à base de dados, previamente fornecida pelo ONS, além de informações complementares que sejam identificadas como de referência e/ou relevantes e que possibilitem a melhoria da qualidade dos dados observados, além da avaliação, validação e correção das previsões de geração solar fotovoltaica.

3.2 Previsão Intra-horária

No módulo II devem ser produzidas previsões de geração solar fotovoltaica para até 1 hora à frente, com alta resolução temporal.

Diferentes metodologias e técnicas têm sido empregadas na literatura para produzir previsões de geração solar fotovoltaica no horizonte intra-horário. Por isso será necessário fazer uma revisão sobre o estado da arte das previsões neste horizonte, a fim de delimitar as melhores técnicas a serem testadas e empregadas para concepção de modelos que podem ser desenvolvidos e testados. A determinação do modelo oficial deste módulo deverá ser feita após a avaliação de um período histórico de previsões, comparando ao menos duas técnicas diferentes, de modo que seja representativo para validar o uso das previsões. A análise deve se basear em medidas estatísticas que permitam quantificar a qualidade das previsões, e deve considerar ao menos a sazonalidade das condições meteorológicas nos parques de geração solar.



3.3 *Cloud Motion*

A previsão de geração solar fotovoltaica para poucas horas à frente, em geral, é realizada baseando-se nos movimentos de nuvens. Desta forma, o ONS necessita de sistemas capazes de realizar a coleta de dados e imagens de satélite, e processar essas informações para que sejam utilizadas como insumos para o desenvolvimento de modelos de previsão de geração solar fotovoltaica.

Assim, no módulo III deverá ser desenvolvido um sistema de coleta e controle de qualidade de imagens de satélite, que serão utilizados como insumo para os estudos que permitam identificar a nebulosidade e prever o seu deslocamento, usando, por exemplo, técnicas de vetorização de nuvens. Adicionalmente, propriedades físicas e óticas da nebulosidade deverão ser extraídas, permitindo sua posterior aplicação à modelos de transferência radiativa, bem como avaliação da característica da nebulosidade e sua relação com a geração de energia fotovoltaica.

Em seguida, o resultado da vetorização dos campos de nuvens deve ser utilizado para prever o deslocamento das nuvens, através de técnicas de extrapolação. Para a seleção do vetor que melhor representa o movimento das nuvens, usualmente, são utilizados critérios de *block matching*. Outras técnicas, no entanto, podem ser propostas, mas deverão ser comparadas àquela mais amplamente utilizada. A partir da previsão de deslocamento de nuvens, devem ser empregadas técnicas que permitam computar a previsão de geração solar fotovoltaica para o horizonte de até 6 horas à frente.

Todo o sistema desenvolvido neste módulo, e o seu respectivo modelo de previsão de geração solar fotovoltaica deverá ser feito em linguagem de programação de código aberto, e devidamente documentado, por exemplo em linguagem R, Python, etc. Além disso, os dados adicionais (dados de satélite, por exemplo) utilizados como entrada para o modelo de previsão de geração solar fotovoltaica desenvolvido neste módulo, deverão ser integrados a base de dados (módulo I).

3.4 *Previsão day-ahead*

No módulo IV deverão ser produzidas previsões de geração solar fotovoltaica para até 24 horas à frente, a partir de previsões de variáveis meteorológicas geradas por modelos de Previsão Numérica do Tempo (PNT). Destaca-se que, atualmente, a previsão de geração solar fotovoltaica para 24 horas à frente é feita pelo ONS por meio de uma metodologia original, pautada em modelos da classe *Box&Jenkins* e, na estimação de hiperplanos para cada meia-



hora do dia por agrupamento de parques fotovoltaicos. As previsões realizadas são pontuais, isto é, são baseadas em trajetos determinísticos de geração fotovoltaica.

As previsões produzidas por modelos de PNT podem ser melhoradas/aperfeiçoadas através de técnicas de pós-processamento, como as técnicas de correção de viés. Em seguida, tais previsões devem ser usadas para produzir a previsão de geração solar fotovoltaica, usando diferentes metodologias (e.g., modelos regressivos, inteligência computacional/*machine learning*), a fim de selecionar a mais adequada para o modelo a ser desenvolvido neste módulo.

Um período histórico de previsões deve ser avaliado de modo que seja representativo para validação do modelo desenvolvido neste módulo, considerando ao menos a sazonalidade das variáveis meteorológicas ao longo do ano. É desejável que a validação das previsões seja feita por meio da comparação com os dados observados provenientes das estações solarimétricas e das redes de estações meteorológicas. A análise deve se basear em medidas estatísticas que permitam quantificar a qualidade das previsões de irradiância e de geração solar.

3.5 *Modelo Combinado*

O módulo V do modelo de previsão de geração solar fotovoltaica para o tempo real deverá integrar as previsões produzidas nos módulos anteriores, originando uma única previsão para até 24 horas à frente, que possa ter uma resolução temporal de 5 minutos na primeira meia-hora, e 30 minutos para até 24 horas a frente.

Neste módulo, também deverá ser feita uma avaliação de desempenho dos modelos previamente desenvolvidos, a fim de se determinar pesos para as previsões de geração obtidas, de maneira que se possa otimizar a previsão final para o tempo real, ou mesmo gerar uma previsão probabilística da geração solar fotovoltaica para todos os parques solares. Por isso, diferentes técnicas de avaliação de desempenho e combinação de previsões deverão ser empregadas e avaliadas para concepção do modelo final. Todos os códigos desenvolvidos deverão ser disponibilizados e devidamente documentados.

4 *OBJETIVO E ALCANCE*

4.1 *Objetivos do projeto*

O objetivo do projeto é prover modelos de previsão de geração solar fotovoltaica, com alta acurácia, para aplicação ao horizonte de tempo real, i.e., até 24 horas à frente. Os modelos



deverão considerar o uso de diferentes técnicas e métodos, de acordo com o alcance da previsão, bem como diferentes dados de entrada, como variáveis meteorológicas, dados técnicos de parques solares, séries históricas de geração, dados de satélite, e previsões provenientes de modelos numéricos de previsão do tempo. Esses modelos deverão atender aos processos de operação em tempo real.

4.2 Alcances e objetivos específicos

Apesar do foco deste projeto ser a geração solar fotovoltaica para o tempo real, os produtos deste projeto fornecem benefícios além deste escopo. Dentre as atividades previstas para desenvolvimento, destaca-se a construção de um modelo capaz de combinar previsões de geração solar fotovoltaica com diferentes resoluções temporais, bem como diferentes alcances. Para isso, o modelo combinado deverá empregar técnicas de avaliação das previsões, aplicando peso à diferentes metodologias de previsão de geração solar fotovoltaica. Os estudos aplicados ao desenvolvimento deste modelo trarão um ganho significativo ao ONS, permitindo que a metodologia aplicada aqui possa ser utilizada em outras áreas que fazem o uso de previsões, quais sejam previsões de geração eólica, carga e de vazões.

O subprojeto também permitirá ao ONS ter um sistema próprio para aquisição de imagens de satélite, que poderá ser empregado em outras áreas da organização, contribuindo, por exemplo, para as atividades de monitoramento meteorológico de tempo real, além de servir como insumo para futuros desenvolvimentos associados às previsões de Micro - e Mini-Geração Distribuída (MMGD).

Adicionalmente, espera-se que este subprojeto possa contextualizar o estado da arte dos métodos aplicados à previsão de geração solar fotovoltaica no horizonte intra-horário.

Levando em consideração esses aspectos, ressalta-se que, além do acompanhamento e gestão deste subprojeto, o ONS tem interesse que a equipe técnica participe de todas as fases de especificação e desenvolvimento, mantendo a troca de informações, conhecimentos técnicos, experiências, com o objetivo de absorver as tecnologias estudadas e adotadas neste projeto, considerando a possibilidade de expandir o uso dessas tecnologias para outras áreas do ONS. Todos os modelos e ferramentas testados e analisados, mesmo que não apresentem bons resultados para este projeto, deverão ser documentados de forma sucinta para atender os interesses e objetivos do ONS no sentido de agregar conhecimento, dado que seu uso pode ser interessante para outras áreas que realizam previsão e monitoramento/acompanhamento dentro do Operador.



Para alcance dos objetivos específicos, os produtos provenientes deste projeto serão validados pela equipe técnica. Os detalhes das validações serão tratados mais adiante neste documento. O ONS preza pela transparência de seus processos junto aos agentes do setor elétrico. Dessa forma, entende-se que a sociedade poderá, no momento oportuno, ter acesso aos registros e documentos detalhados das tecnologias, modelos matemáticos utilizados e/ou desenvolvidos e os algoritmos dos modelos de previsão, em código aberto e documentado. Sendo assim, após a finalização do projeto, o ONS será detentor dos direitos sobre os produtos entregues, podendo fazer uso, alterações e divulgações de todo ou parte dos produtos.

5 RESULTADOS E PRODUTOS ESPERADOS

5.1 Estrutura necessária para operacionalização do sistema de previsão de geração solar fotovoltaica

A operacionalização do sistema de previsão de geração solar fotovoltaica de tempo real deverá compreender os desenvolvimentos metodológicos e a adequação da infraestrutura computacional vigente no ONS. Embora a implantação do sistema na rotina operacional do ONS seja uma etapa posterior, é importante realizar o desenvolvimento deste sistema considerando o ambiente em que este será utilizado. Dessa forma, é esperado que as entregas que envolvam os modelos operacionais incluam um ambiente em que seja possível executar tais modelos, de modo a viabilizar suas validações.

5.2 Produtos esperados

O projeto está dividido em cinco macro etapas, que correspondem ao desenvolvimento de cada um dos módulos apresentados na Figura 1. Nos Quadros de 1 a 5, estão listados os produtos esperados para as etapas do projeto, e suas respectivas fases.

Quadro 1 - Produtos da Etapa 1 do Subprojeto 24-2 – Contratação da Consultoria 2

Produtos	Atividades
Produto 1	Organização e tratamento da base de dados



Quadro 2 - Produtos da Etapa 2 do Subprojeto 24-2 – Contratação da Consultoria 2

Produtos	Atividades
Produto 2	Revisão bibliográfica sobre o estado da arte e determinação de metodologias de previsão de geração solar fotovoltaica intra-horária
Produto 3	Desenvolvimento do modelo de céu claro
Produto 4	Protótipo dos modelos de previsão intra-horária usando as metodologias selecionadas
Produto 5	Previsão de geração solar fotovoltaica para o horizonte intra-horário

Quadro 3 - Produtos da Etapa 3 do Subprojeto 24-2 – Contratação da Consultoria 2

Produtos	Atividades
Produto 6	Sistema de aquisição de imagens de satélite, identificação e previsão de deslocamento de nuvens
Produto 7	Protótipo do modelo de previsão de deslocamento de nuvens e sua aplicação na previsão de geração solar fotovoltaica
Produto 8	Previsão de geração solar fotovoltaica baseada em dados de satélite

Quadro 4 - Produtos da Etapa 4 do Subprojeto 24-2 – Contratação da Consultoria 2

Produtos	Atividades
Produto 9	Obtenção da previsão numérica do tempo e definição das variáveis de interesse para previsão de geração solar fotovoltaica
Produto 10	Protótipo do modelo de previsão de geração solar fotovoltaica para o horizonte de 24 horas, usando previsões provenientes de modelos de PNT
Produto 11	Previsão de geração solar fotovoltaica para o horizonte de 24 horas, usando previsões provenientes de modelos de PNT

Quadro 5 - Produtos da Etapa 5 do Subprojeto 24-2 – Contratação da Consultoria 2

Produtos	Atividades
Produto 12	Protótipo do modelo combinado para previsão de geração solar, considerando a previsão probabilística
Produto 13	Previsão de geração solar fotovoltaica usando o modelo combinado

6 ESCOPO DO TRABALHO E LIMITES DO PROJETO

Este projeto está dividido em cinco etapas, sendo:

- (i) a primeira etapa relacionada à estruturação da base de dados e desenvolvimento de metodologias para tratamento e composição dos históricos, caso seja necessário;



- (ii) a segunda está voltada para o desenvolvimento de modelo de geração solar fotovoltaica para o horizonte intra-horário;
- (iii) a terceira etapa está associada ao desenvolvimento do modelo de previsão de geração solar fotovoltaica baseado em dados de satélite e previsão do deslocamento de nuvens - *Cloud Motion*;
- (iv) a quarta etapa corresponde a previsão de geração solar fotovoltaica para até 24 horas à frente, baseada em previsões provenientes de modelos de PNT;
- (v) a quinta e última etapa refere-se ao desenvolvimento do modelo combinado, que irá produzir a previsão de geração solar fotovoltaica para todo horizonte de tempo real.

O ONS irá disponibilizar uma base de dados previamente estruturada, composta por dados observados em estações solarimétricas e meteorológicas do Brasil, bem como previsões de modelos meteorológicos que sejam de acesso público. Destaca-se que a disponibilização de dados observados de natureza privada será feita respeitando-se os termos de confidencialidade associados aos dados. Caso seja identificada a necessidade de utilização de outros dados, verificados ou previstos, não contidos na base de dados, essas informações deverão ser definidas, estruturadas, viabilizadas e entregues pela consultora durante o desenvolvimento do projeto.

Além disso, considerando o estado da arte da modelagem numérica da atmosfera, poderá ser proposto o uso de outros modelos numéricos de previsão do tempo, que o ONS ainda não disponha operacionalmente. No caso de a consultora ter que incorrer em custos operacionais ou de aquisição para utilização de histórico de dados ou de modelos de outras instituições, o custo-benefício envolvido deve ser apresentado e discutido com a equipe técnica do ONS. Caso seja proposta a execução de modelos de PNT não executados operacionalmente por grandes centros meteorológicos, todas as informações relevantes para uma implementação futura devem ser detalhadas, tais como versão do(s) modelo(s), condições iniciais e de fronteira, parametrizações utilizadas e configurações. A(s) validação(ões) devem ser apresentada(s), comparando com os modelos numéricos existentes e dados meteorológicos observados. A consultora deverá apresentar os benefícios que o uso destes modelos não operacionais pode trazer para o ONS, em comparação com outros modelos disponibilizados publicamente. Neste caso, também deverá seguir as orientações do ONS para operacionalização do(s) modelo(s) em um ambiente interno, respeitando a infraestrutura disponível para execução, ou em ambiente de terceiros, fornecendo todas as informações necessárias.



Há diversos produtos neste subprojeto baseados em implementação computacional de modelos matemáticos para previsão de geração. Não obstante, alguns dos produtos de *software* deverão ser utilizados em cadeia pelo ONS, i.e., imputando as saídas de um programa ao seguinte na sequência. Todo o corpo de *software* desenvolvido para um determinado produto deve respeitar padrões de *design* comuns, ou seja, ter argumentos de entrada e objetos de saída padronizados. Dessa forma, os produtos que contenham entregas de códigos computacionais do projeto se tornam modulares, podendo ser desenvolvidos de maneira independente.

Cabe ressaltar que todos os programas computacionais entregues devem ser acompanhados de seus respectivos manuais de usuário e documentação técnica. Complementarmente, deverão estar previstas reuniões de treinamento para sua execução, podendo ser do tipo virtual ou presencial em comum acordo entre o ONS e a consultora. Nesse sentido, a equipe desenvolvedora deverá propor inicialmente um cronograma de treinamentos, o qual poderá sofrer possíveis reajustes em função da complexidade e/ou necessidade de esclarecimentos por parte da equipe técnica do ONS. Também vale salientar que todos os códigos/programas/sistemas, assim como os documentos, devem ser minuciosamente testados e validados pela consultora antes das entregas nos marcos de cada produto, pois cada entrega passará por validação e aprovação da equipe técnica do ONS.

Adicionalmente, destaca-se que a arquitetura dos sistemas desenvolvidos deverá ser adequada à infraestrutura utilizada pelo ONS.

As previsões produzidas pelos modelos desenvolvidos neste subprojeto deverão, minimamente, contemplar o horizonte de tempo real, i.e., até 24 horas à frente, considerando diferentes resoluções temporais ao longo do horizonte. Para atendimento aos processos do ONS, os resultados dos modelos devem ser atualizados ao longo do dia, de acordo com a disponibilidade de novas observações e previsões. Destaca-se que será necessário que haja previsões individuais por parques, que serão agregadas posteriormente conforme as necessidades dos diversos processos do ONS.

Os itens a seguir descrevem detalhadamente os produtos de cada etapa, apresentados nos Quadros 1 a 5. Deverá ser apresentada uma proposta que atenda a demanda de todos os produtos solicitados, descrevendo de forma clara, coerente e com o detalhamento adequado para que se possa compreender como cada produto será desenvolvido. As entregas que envolvem o desenvolvimento de códigos deverão apresentar manual de usuário contendo as instruções para instalação e execução de cada código, e os códigos devem estar devidamente comentados. Além disso, conforme mencionado anteriormente, os produtos que contemplem



as versões finais dos modelos a serem executados pelo ONS, deverão incluir o treinamento adequado à equipe técnica do ONS.

Para os fins deste subprojeto, serão consideradas confidenciais todas as informações repassadas pelo ONS, bem como todos os produtos desenvolvidos neste subprojeto serão de propriedade exclusiva do ONS.

6.1 Etapa 1: Estruturação da base de dados para previsão de geração solar fotovoltaica para tempo real

Esta etapa é composta por um único produto, que consiste na estruturação de uma base de dados confiável e robusta que possa ser utilizada no desenvolvimento dos modelos de previsão de geração solar fotovoltaica para o tempo real.

A qualidade dos dados provenientes dos parques solares, bem como os dados oriundos de outras fontes deverão ser avaliadas. Esses dados devem ser consolidados e organizados, contendo uma estrutura que permita incorporar dados futuros, além de receber dados de outros módulos deste subprojeto, como os dados de satélite que serão usados no módulo III.

As necessidades específicas a serem contempladas nesta etapa é apresentada em seu único produto a seguir.

6.1.1 Produto 1: Organização e tratamento da base de dados

As informações com o histórico de dados verificados, agrupados por usinas, serão utilizadas extensivamente no desenvolvimento dos demais produtos deste subprojeto. Dessa forma, é de grande importância que estes dados sejam facilmente acessados não só durante a execução do projeto, mas também após a sua conclusão.

Como a quantidade de informações tende a escalar com o tempo e com o número de medidores e parques existentes, é necessário que sejam feitas ponderações com relação ao desempenho do sistema que armazena e provê os dados.

Neste produto deve ser feita a estruturação de um ambiente para armazenamento de dados, verificados e processados por metodologias que permitam a consistência automática dos dados fornecidos pelo ONS. Este ambiente também deve ser capaz de fornecer os dados com uma performance que viabilize a execução das aplicações desenvolvidas nos demais produtos deste projeto.



Além dos dados verificados, idealmente, este ambiente deve ser escalável para armazenar dados de diferentes modelos meteorológicos, que devem conter as mesmas grandezas/variáveis, porém com diferentes resoluções espaciais e temporais, além de dados de satélite. Deste modo, todo o projeto poderá ser desenvolvido contando com rápido acesso aos dados para treinamento, validação e execução dos modelos associados a cada produto.

Todos os dados devem ser escritos e armazenados de maneira padronizada, a fim de facilitar seu emprego aos demais módulos previstos. O ambiente da base de dados deve ser construído fazendo uso dos recursos e da flexibilidade da tecnologia de nuvem pública, com as devidas restrições de acesso mediante autenticação e autorização para leitura e escrita de informações. A definição da tecnologia ocorrerá durante o desenvolvimento deste produto, de forma conjunta com a consultora, a fim de identificar o que melhor atenda às necessidades deste projeto alinhada à infraestrutura do ONS.

Ao final do desenvolvimento deste produto deverão ser entregues, juntamente com a base de dados, o seguinte:

- (i) documentação com a descrição das variáveis contidas na base, e sua forma de escrita/leitura;
- (ii) documentação com descrição do processo de tratamento de dados;
- (iii) diagrama de arquitetura;
- (iv) scripts de criação da estrutura da base de dados;

A base de dados deverá estar estruturada, de modo a receber os dados utilizados nesta etapa e todas as informações de todos os produtos desenvolvidos neste projeto. A validação deste produto, será feita pela equipe técnica do ONS, com base em um plano de testes proposto pela consultora, a fim de avaliar a eficiência da base de dados, bem como a existência de possíveis *bugs*. Caso a etapa de provisionamento da base de dados envolva etapas de automação de infraestrutura, devem ser fornecidos os meios para que a equipe técnica do ONS consiga reproduzir o que foi realizado.

6.2 *Etapa 2: Desenvolvimento de metodologias e modelos de previsão de geração solar fotovoltaica no horizonte intra-horário*

Diferentes metodologias e técnicas têm sido empregadas na literatura para produzir previsões de geração solar, de acordo com o horizonte e a resolução temporal da previsão. No caso de



previsões intra-horárias podem ser aplicadas diversas técnicas com uso de modelos de dados e conhecimento (modelos regressivos, modelos baseados em inteligência computacional, modelos do tipo *smart persistence*, etc.), em conjunto com modelos de transferência radiativa, principalmente, aplicados a condições de céu claro.

Nesta etapa, deverá ser desenvolvido um modelo para produzir previsões de geração solar fotovoltaica para o horizonte de até 1 hora à frente, com alta resolução temporal. No entanto, antes de iniciar o desenvolvimento do modelo, a consultora deverá fazer uma revisão bibliográfica sobre o estado da arte das previsões de geração solar fotovoltaica no horizonte intra-horário. Esta revisão bibliográfica deverá subsidiar a escolha de metodologias adequadas para desenvolver o modelo oficial. Em seguida, deve-se iniciar o processo de concepção do modelo a partir do uso e adequação de um modelo para condições de céu claro, empregando técnicas associadas ao processo de transferência radiativa. Por fim, as metodologias consideradas mais adequadas à previsão intra-horária, considerando as especificidades do ONS, devem ser aplicadas para produzir o modelo de geração solar. Tal metodologia será validada pela equipe técnica do ONS e será escolhido o modelo oficial a ser empregado no horizonte desta etapa. Destaca-se que as previsões devem ser continuamente atualizadas, considerando sua alta resolução temporal e a disponibilidade de novos dados.

Assim, esta etapa é composta por 4 produtos que serão mais detalhados a seguir.

6.2.1 Produto 2: Revisão bibliográfica sobre o estado da arte e determinação de metodologias de previsão de geração solar fotovoltaica intra-horária

Devido ao crescente número de técnicas e metodologias que podem ser aplicadas para conceber um modelo de previsão de geração solar fotovoltaica para o horizonte intra-horário é preciso conhecer bem o estado da arte deste tema. Assim, este produto deve contemplar uma revisão bibliográfica baseada em artigos científicos, dissertações, teses, notas técnicas, além de outros documentos que possam caracterizar o que vêm sendo utilizado nos principais centros responsáveis pela previsão de geração solar fotovoltaica no mundo.

Após o levantamento dessas informações, deverá ser feita uma pré-seleção de técnicas que possam ser mais adequadas a realidade do Brasil, considerando os dados disponibilizados pelos agentes do setor, medidos nos parques solares, e a adequação dos diferentes modelos e técnicas que possam ser testados e aplicados pelo ONS. Após este levantamento, a consultora deverá indicar um conjunto de modelos que possam ser desenvolvidos e testados em um produto futuro. A pré-seleção destes modelos e técnicas serão realizadas em conjunto com equipe técnica do ONS.



A principal entrega deste produto será um relatório contendo a revisão bibliográfica, e métodos que permitam analisar as metodologias e técnicas que podem ser aplicadas para o desenvolvimento do modelo de previsão de geração intra-horária para o ONS. Os principais métodos a serem empregados deverão estar evidenciados neste relatório. A proposta referente a este produto deverá descrever de forma clara e estruturada os procedimentos que serão adotados para prover todas as informações requisitadas.

6.2.2 Produto 3: Desenvolvimento do modelo de céu claro

A previsão de geração solar fotovoltaica intra-horária pode ser feita utilizando diversas técnicas e métodos, no entanto, modelos baseados somente em dados podem produzir previsões que não tenham sentido físico, superando a geração máxima que se poderia obter, i.e., a geração em um determinado horário com uma atmosfera limpa (em condições de céu claro, sem aerossóis e/ou gases absorvedores de radiação solar). Por isso, ter um modelo de céu claro adequado às condições observadas nos parques solares é importante, seja para atuar como um limitador para modelos de dados e conhecimento, como modelos regressivos ou baseados em inteligência computacional, seja para serem utilizados como referência para modelos de persistência inteligente.

Assim, neste produto deverá ser desenvolvido um modelo capaz de prever a irradiância nos parques solares em condições de céu claro. Caso sejam identificados erros sistemáticos nas previsões produzidas, também deverão ser estudados e implementados métodos para correção de tais erros.

A entrega deste produto compreende o relatório técnico com a descrição do modelo de transferência radiativa empregado para calcular a irradiância em condições de céu claro, bem como a técnica de remoção de possíveis erros sistemáticos. Também deverão ser entregues os códigos computacionais desenvolvidos, juntamente com manual de usuário, descrevendo os dados de entrada/saída do modelo e contendo suas instruções de execução.

Cabe destacar que para avaliar as propostas inerentes a este produto, além da clareza e do detalhamento dos procedimentos que serão empregados, a equipe técnica do ONS irá considerar a originalidade da proposta, a adequação do modelo de céu claro proposto, e as técnicas e métricas indicadas para remoção de erro e validação do modelo desenvolvido. Além disso, é importante ressaltar que o modelo desenvolvido neste produto, poderá, também ser aplicado a outros módulos deste subprojeto, buscando aperfeiçoar as previsões de irradiância e/ou geração solar fotovoltaica.



6.2.3 Produto 4: Protótipo dos modelos de previsão intra-horária usando as metodologias selecionadas

Após a indicação dos melhores métodos e técnicas a serem empregados para o desenvolvimento de modelos de previsão de geração solar fotovoltaica no horizonte intra-horário, através da revisão bibliográfica proposta no Produto 2, deverão ser desenvolvidos, neste produto, os protótipos dos modelos de previsão de geração solar fotovoltaica para até uma hora à frente. A partir de comparações com as observações, neste produto também deverá ser indicado qual modelo apresenta o melhor desempenho para ser implementado operacionalmente.

Assim, a entrega deste produto corresponde aos códigos dos protótipos de modelos que serão desenvolvidos e avaliados, juntamente com um relatório técnico detalhado, indicando o desempenho dos modelos. As análises realizadas devem destacar as potencialidades e possíveis inabilidades dos modelos testados. O relatório também deverá descrever detalhadamente as técnicas empregadas para o desenvolvimento dos protótipos dos modelos, e será utilizado como referência para escolha do modelo de previsão de geração solar fotovoltaica no horizonte intra-horário que será implementado operacionalmente.

A proposta para este produto deverá descrever de forma clara e coerente como será feita a avaliação de desempenho do modelo, assim como é esperado uma breve indicação dos modelos, métodos e técnicas que podem ser adequados para serem testados, ainda que não tenham sido definidos.

6.2.4 Produto 5: Previsão de geração solar fotovoltaica para o horizonte intra-horário

Este produto consiste na implementação e operacionalização do modelo indicado como mais adequado para previsão de geração solar fotovoltaica no horizonte intra-horário, a partir da avaliação de desempenho feita no Produto 4.

O modelo deverá ser adaptado para funcionamento em ambiente operacional a ser acordado entre a consultora e a equipe técnica do ONS. Espera-se que o modelo seja capaz de realizar as previsões de maneira operacional, tendo como dados de entrada aqueles disponíveis na base de dados que será estruturada no Produto 1 e tenha uma saída padronizada para ser utilizada no módulo V deste subprojeto. O tempo para execução do modelo não poderá ser impeditivo a sua aplicação operacional, e, caso dependa de tempos elevados para treinamento, esses deverão ser realizados previamente, em tempos diferentes da realização da previsão. O modelo deverá passar por um período de validação operacional no ONS, que deverá verificar sua performance por um período mínimo de uma semana. Destaca-se que as



previsões produzidas por este modelo deverão ser continuamente atualizadas, considerando, tanto a alta resolução temporal em que são produzidas, quanto a disponibilidade de novos dados.

A consultora deverá oferecer treinamento adequado à equipe técnica do ONS, a fim de garantir a manutenção da execução operacional do modelo.

A entrega final deste produto deverá compreender um manual de usuário do modelo, contendo a especificação dos métodos utilizados, bem como as instruções para sua instalação e execução. Além disso, todos os códigos desenvolvidos deverão ser disponibilizados, em linguagem aberta. Caso sejam constatadas falhas operacionais, a consultora deverá efetuar os ajustes para reparo do modelo, que será testado novamente pelo período mínimo de uma semana.

Para este produto a equipe técnica do ONS irá avaliar o detalhamento das informações fornecidas na proposta, com as indicações técnicas e adequação da implementação do modelo junto ao ONS. Também serão considerados a linguagem computacional que será empregada para o desenvolvimento do modelo, bem como a indicação de uma rotina de testes para validação operacional do modelo.

6.3 *Etapa 3: Desenvolvimento de metodologias e modelos de previsão de geração solar fotovoltaica usando dados de satélite*

Entre as técnicas utilizadas para previsão de geração solar fotovoltaica de tempo real, pode-se destacar aquela baseada na previsão de deslocamento de nuvens. Por isso, nesta etapa deverá ser desenvolvido um sistema para aquisição de imagens de satélite, seguido pela aplicação de técnicas para identificação e/ou vetorização de nuvens, a fim de prever o deslocamento da nebulosidade. A partir da previsão do deslocamento das nuvens, espera-se que possa ser desenvolvido um modelo de previsão de geração solar fotovoltaica, para o horizonte de até 6 horas à frente. As previsões deste modelo devem ser continuamente atualizadas, de acordo com a disponibilidade de novos dados de satélite e com a resolução temporal das previsões que serão propostas.

Todos os códigos desenvolvidos para aquisição de dados de satélite, juntamente com os sistemas usados para identificação, previsão de deslocamento das nuvens, além do próprio modelo de previsão de geração solar fotovoltaica deverão ser disponibilizados nesta etapa. A seguir é apresentada uma descrição mais detalhada dos produtos a serem entregues.



6.3.1 Produto 6: Sistema de aquisição de imagens de satélite, identificação e previsão de deslocamento de nuvens

O principal insumo para previsão de geração solar fotovoltaica do módulo III é a nebulosidade observada por satélite. Assim, este produto corresponde ao desenvolvimento de sistema para adquirir dados observados de satélite, seguido pela identificação das nuvens para prever seu deslocamento.

O sistema a ser desenvolvido deverá estar apto a georreferenciar os dados adquiridos, bem como validar sua qualidade. Além disso, espera-se poder extrair propriedades físicas e óticas da nebulosidade, permitindo sua posterior aplicação e uso conjunto com modelos de transferência radiativa, bem como uma avaliação da característica da nebulosidade e sua relação com a geração de energia solar fotovoltaica.

O sistema deverá ser desenvolvido em linguagem de programação de código aberto, e deve estar apto a escrever arquivos padronizados para serem utilizados como insumo para o modelo que será desenvolvido no Produto 7. Os arquivos com os dados de satélite adquiridos deverão compor a base de dados estruturada no módulo I deste subprojeto. O sistema desenvolvido deverá respeitar a infraestrutura disponível no ONS para execução interna.

A partir dos dados adquiridos e armazenados na base de dados, deverá ser incluído neste sistema um algoritmo para identificar nuvens, conforme suas características. Diversos canais/bandas de satélite podem ser utilizados em conjunto para identificação da nebulosidade, ou mesmo produtos de satélite de nível 2 ou 3, desde que tenham sua adequação temporal às necessidades da previsão de geração solar fotovoltaica de tempo real. As características do sistema de identificação de nuvens deverão ser descritas conforme o método adotado, indicando suas potencialidades e inabilidades. Além disso, o algoritmo aqui desenvolvido deverá indicar os blocos de nuvem, a cada passo de tempo de observação por satélite, que serão usados em seguida para prever o deslocamento das nuvens.

Por fim, a partir da nebulosidade identificada, o sistema desenvolvido deverá prever o deslocamento das nuvens. Uma das técnicas que pode ser utilizada deve considerar o agrupamento dos pixels com nebulosidade e sua vetorização, no entanto, alternativas a esta técnica podem ser propostas. A metodologia empregada para prever o deslocamento das nuvens deverá ser descrita no manual de usuário. Conforme já mencionado, todo sistema deverá ser escrito em código aberto, que será validado comparando-se as previsões do deslocamento de nuvens com dados observados.



Assim, a entrega deste produto corresponde ao código fonte do sistema desenvolvido, e sua respectiva documentação, contendo manual de usuário com a descrição do código, bem como as instruções para instalação e execução do sistema, de maneira operacional.

A proposta deverá indicar adequadamente as imagens de satélite que serão adquiridas, bem como as técnicas empregadas para extração de propriedades e características da nebulosidade, assim como justificar os dados que serão adquiridos, dimensionando a estrutura necessária do banco de dados. Também deverão ser devidamente indicadas quais as técnicas a serem empregadas para detecção e previsão do deslocamento das nuvens, evidenciando como os blocos de nebulosidade serão identificados, e qual será a técnica empregada para prever o deslocamento das nuvens. O horizonte de previsão de deslocamento de nuvens deverá ser proposto pela consultora, e será considerado na avaliação da proposta, tal como os métodos de avaliação do desempenho dessas previsões. Finalmente, será avaliada a originalidade, coerência e a clareza das atividades propostas para o desenvolvimento deste produto.

6.3.2 Produto 7: Protótipo do modelo de previsão de deslocamento de nuvens e sua aplicação na previsão de geração solar fotovoltaica

A partir da previsão de deslocamento de nuvens, desenvolvida no Produto 6, no presente produto deverão ser descritas as metodologias que poderão ser empregadas na previsão de geração solar fotovoltaica aplicando as previsões de deslocamento de nuvens.

Adicionalmente, deve ser desenvolvido um protótipo do modelo de previsão de geração solar fotovoltaica neste produto. A avaliação de desempenho fornecida no Produto 6 também deverá ser usada aqui para definir o horizonte de previsão de geração solar, bem como a resolução temporal empregada nas previsões.

A entrega deste produto corresponde ao código fonte do protótipo do modelo desenvolvido com um relatório contendo a descrição da metodologia empregada no seu desenvolvimento e uma descrição dos dados de entrada do modelo.

6.3.3 Produto 8: Previsão de geração solar fotovoltaica baseada em dados de satélite

Este produto consiste na implementação e operacionalização do modelo proposto no Produto 7. O modelo deverá ser adaptado para funcionamento em ambiente operacional a ser acordado entre a consultora e a equipe técnica do ONS. O modelo deverá realizar as previsões de maneira operacional, e sua saída deverá ser padronizada para ser utilizada no módulo V deste subprojeto. Assim como o modelo concebido no módulo II, o tempo para execução deste modelo não poderá ser impeditivo a sua aplicação operacional e, caso dependa de



tempos elevados para treinamento, tal etapa deverá ser realizada previamente, sem impactar a realização da previsão em tempo real.

O modelo deverá passar por um período de validação operacional no ONS, que deverá verificar sua performance por um período mínimo de uma semana. As previsões produzidas aqui deverão ser continuamente atualizadas, de acordo com a disponibilidade de novos dados de satélite e com a resolução temporal das previsões que serão propostas.

A consultora deverá oferecer treinamento adequado à equipe técnica do ONS, a fim de garantir a manutenção da execução operacional do modelo. Caso sejam constatadas falhas operacionais, a consultora deverá efetuar os ajustes para reparo do modelo, que será testado novamente pelo período mínimo de uma semana.

A entrega final deste produto deverá compreender um manual de usuário do modelo, contendo a especificação dos métodos utilizados, bem como as instruções para sua instalação e execução. Além disso, todos os códigos desenvolvidos deverão ser disponibilizados, em linguagem aberta.

Para este produto a equipe técnica do ONS irá avaliar o detalhamento das informações fornecidas na proposta, com as indicações técnicas e adequação da implementação do modelo junto ao ONS. Também serão considerados a linguagem computacional que será empregada para o desenvolvimento do modelo, bem como a indicação de uma rotina de testes para validação operacional do modelo.

6.4 Etapa 4: Desenvolvimento de metodologias e modelos para previsão de geração solar fotovoltaica para o horizonte de 24 horas, usando previsões provenientes de modelos de PNT

Para alcançar todo o horizonte de previsão de geração solar fotovoltaica de tempo real também é adequado o uso de previsões provenientes de modelos de PNT. Os modelos globais e/ou regionais podem ser empregados para obter a previsão de variáveis meteorológicas intrínsecas à geração solar, e, a partir da previsão destas variáveis, produzir previsões de geração para até 24 horas à frente.

Sendo assim, nesta etapa, busca-se o desenvolvimento de um sistema para previsão de geração solar fotovoltaica baseado na previsão de variáveis meteorológicas derivadas de modelos numéricos de previsão do tempo. A seguir, é apresentada uma descrição mais detalhada dos produtos a serem entregues.



6.4.1 Produto 9: Obtenção da previsão numérica do tempo e definição das variáveis de interesse para previsão de geração solar fotovoltaica

As previsões de variáveis meteorológicas de interesse para previsão de geração solar fotovoltaica poderão ser obtidas a partir das saídas de modelos operacionais de grandes centros de meteorologia do mundo, tais como o *National Centers for Environmental Prediction* (NCEP), dos EUA, e o *European Centre for Medium-Range Weather Forecasts* (ECMWF), mantido por diversos países da comunidade europeia, ou por modelos a serem aquisitados ou implementados operacionalmente no ONS pela consultora.

Neste produto, deverão ser definidas e obtidas as variáveis previstas por modelos de PNT que serão empregadas no processo de previsão de geração solar. Destaca-se a necessidade de atualização contínua destas previsões ao longo do dia, considerando sua atualização a cada 6 horas. Para obtenção das previsões das variáveis meteorológicas deverão ser consideradas 3 possibilidades de sistema a ser desenvolvido:

- Caso a consultora opte pelo uso de previsões disponíveis publicamente, os códigos desenvolvidos para obtenção das previsões deverão ser disponibilizados ao ONS;
- Caso opte pela aquisição de resultados de modelos operacionais que necessitem ser aquisitados com custos, deverá ser apresentado os benefícios que o uso de tais modelos pode trazer para o ONS, em comparação com outros modelos disponibilizados publicamente, bem como ser elaborada uma estimativa de custos para o ONS produzir as previsões de geração a partir dos modelos sugeridos. Além disso, deve ser apresentada uma comparação das previsões com um histórico de dados observados de ao menos 3 anos. Para este caso, a consultora também deverá disponibilizar todos os códigos desenvolvidos para obtenção das previsões;
- Caso seja diagnosticada a necessidade de uso de modelos de PNT não executados operacionalmente por grandes centros meteorológicos, a consultora poderá propor o uso de tais modelos, apresentando os benefícios que estes podem trazer para o ONS, em comparação com outros modelos disponibilizados publicamente. A consultora deverá detalhar em um relatório todas as informações relevantes para uma implementação futura, tais como versão do(s) modelo(s), condições iniciais e de contorno, domínios a serem utilizados, parametrizações físicas adotadas, configurações, fluxo de dados e estrutura computacional. Neste caso, também deverá seguir as orientações do ONS para operacionalização do(s) modelo(s) em um ambiente interno, respeitando a infraestrutura disponível para execução, ou em ambiente de terceiros, fornecendo todas as informações necessárias. Por fim, a



consultora deverá fornecer todos os códigos necessários para execução do(s) modelo(s) sugerido(s). Os códigos deverão ser devidamente comentados, a fim de facilitar treinamento da equipe técnica do ONS ou de terceiros para sua execução.

Como entrega deste produto, a consultora deverá fornecer um manual de usuário do sistema desenvolvido para obtenção das previsões das variáveis meteorológicas de interesse, com uma descrição detalhada de cada etapa do sistema desenvolvido, além das indicações completas para execução do mesmo. Este sistema deverá gerar um arquivo de log, detalhando a execução de cada etapa do processo, bem como indicando os erros de execução que possam vir a ocorrer. A consultora deverá oferecer treinamento adequado à equipe técnica do ONS, a fim de garantir a manutenção da execução operacional do sistema desenvolvido.

Além disso, a consultora deve disponibilizar um relatório justificando a escolha das variáveis meteorológicas que serão empregadas no processo. Para avaliar a proposta apresentada para este produto, a equipe técnica do ONS irá considerar o detalhamento das informações fornecidas na proposta, com as indicações técnicas e adequação da implementação do sistema junto ao ONS.

6.4.2 Produto 10: Protótipo do modelo de previsão de geração solar fotovoltaica para o horizonte de 24 horas, usando previsões provenientes de modelos de PNT

Este produto consiste na definição de uma metodologia adequada para prever a geração solar fotovoltaica no horizonte de até 24 horas à frente, usando as previsões das variáveis meteorológicas obtidas a partir do Produto 9, seguido pelo desenvolvimento do modelo para prever a geração usando a metodologia indicada.

Diversos métodos podem ser empregados para prever a geração solar fotovoltaica usando as previsões de variáveis meteorológicas provenientes de modelos de PNT, como métodos empíricos, regressivos, baseados em inteligência computacional ou mesmo de base física. Neste sentido, a consultora deverá, inicialmente, fazer um levantamento dessas possibilidades, indicando vantagens e desvantagens de cada método, de maneira que se possa definir aquela mais adequada para prever a geração, considerando a localização dos parques solares das diversas regiões brasileiras. Em seguida, o modelo de previsão de geração solar fotovoltaica para o horizonte de 24 horas à frente deverá ser desenvolvido.

A entrega deste produto corresponde ao código fonte do protótipo do modelo desenvolvido, bem como um relatório contendo a descrição da metodologia empregada no seu desenvolvimento, e descrição dos dados de entrada e dos arquivos de saída.



6.4.3 Produto 11: Previsão de geração solar fotovoltaica para o horizonte de 24 horas, usando previsões provenientes de modelos de PNT

Este produto consiste na implementação e operacionalização do modelo proposto no Produto 10. O modelo deverá realizar as previsões de maneira operacional, e sua saída deverá ser padronizada para ser utilizada no módulo V deste subprojeto. O tempo para execução do modelo não poderá ser impeditivo a sua aplicação operacional. Destaca-se aqui a necessidade de atualização das previsões ao longo do dia, i.e., deve-se considerar a atualização das previsões a cada 6 horas, conforme obtenha-se novas saídas do modelo de PNT.

O modelo deverá passar por um período de validação operacional no ONS, que deverá verificar sua performance por um período mínimo de uma semana. A consultora deverá oferecer treinamento adequado à equipe técnica do ONS, a fim de garantir a manutenção da execução operacional do modelo. Caso sejam constatadas falhas operacionais, a consultora deverá efetuar os ajustes para reparo do modelo, que será testado novamente pelo período mínimo de uma semana.

A entrega final deste produto deverá compreender um manual de usuário do modelo, contendo as instruções para sua instalação e execução. Além disso, todos os códigos desenvolvidos deverão ser disponibilizados, em linguagem aberta.

Para este produto a equipe técnica do ONS irá avaliar o detalhamento das informações fornecidas na proposta, com as indicações técnicas e adequação da implementação do modelo junto ao ONS. Também serão considerados a linguagem computacional que será empregada para o desenvolvimento do modelo, bem como a indicação de uma rotina de testes para validação operacional do modelo.

6.5 Etapa 5: Desenvolvimento do modelo combinado para obtenção da previsão de geração solar fotovoltaica para o tempo real

As previsões de geração solar fotovoltaica produzidas nas etapas Etapa 2, Etapa 3 e Etapa 4 são feitas para diferentes horizontes temporais e possuem diferentes resoluções. Assim, nesta etapa deverá ser desenvolvido um modelo capaz de combinar estas previsões, a fim de gerar uma previsão unificada, tanto determinística quanto probabilística, da geração solar fotovoltaica no horizonte de tempo real. Este modelo deverá estar apto a receber as previsões operacionais produzidas pelos módulos anteriores, avaliar o desempenho de cada uma delas, considerando seus horizontes, e dar pesos às suas contribuições para obter a previsão oficial de geração. Devem ser usadas ferramentas matemáticas adequadas a avaliação do desempenho das previsões, bem como para seleção do método que será usado para



determinar os pesos das previsões. Ao final desta etapa, o ONS terá um modelo adequado para o tempo real, que será empregado para previsão de todos os parques solares de geração centralizada do SIN.

A seguir, é apresentado com mais detalhes cada um dos produtos desta última etapa do projeto.

6.5.1 Produto 12: Protótipo do modelo combinado para previsão de geração solar, considerando a previsão probabilística

A fim de se determinar o peso de contribuição de cada modelo para previsão final da geração solar fotovoltaica de tempo real é preciso, inicialmente, avaliar o desempenho destas previsões. A consultora deverá propor métricas para avaliar o desempenho dos modelos desenvolvidos e operacionalizados nos produtos/etapas anteriores. Tais métricas serão utilizadas para determinar a contribuição de cada uma das metodologias anteriores para a previsão final oficial.

Podem ser propostos modelos capazes de avaliar e distribuir melhor esses pesos. Tais modelos podem ser baseados em técnicas regressivas e/ou de inteligência computacional. Por isso, é preciso avaliar e justificar o uso da técnica que será adotada.

À medida que pesos serão empregados às previsões de geração solar fotovoltaica, estes poderão ser utilizados para produzir uma previsão probabilística de geração solar fotovoltaica no horizonte de tempo real. A fim de otimizar este processo, também é requerido neste produto a produção dessa previsão probabilística, resultando em cenários de geração máxima e mínima prevista, bem como no uso de quantis que representem a dispersão da previsão, a fim de auxiliar a tomada de decisão em ambiente operacional.

Um período mínimo de avaliação deve ser considerado, a fim de abranger a sazonalidade do comportamento da geração solar, nas diferentes regiões do país. Todos estes aspectos deverão ser evidenciados na proposta da consultora de maneira clara e detalhada, e serão considerados para avaliação da proposta.

A entrega deste produto corresponde ao código fonte do modelo desenvolvido, bem como um relatório contendo a descrição da metodologia empregada no desenvolvimento do mesmo, e suas vantagens e desvantagens em relação a outros métodos. O relatório também deverá conter a avaliação do desempenhos dos modelos desenvolvidos nos módulos anteriores, a fim de subsidiar as escolhas adotadas.



6.5.2 Produto 13: Previsão de geração solar fotovoltaica usando o modelo combinado

Após a definição do modelo que determinará os pesos das previsões no Produto 12, o mesmo deverá ser implementado no ambiente operacional.

Este produto consiste na adaptação do modelo desenvolvido para funcionamento em ambiente operacional do ONS. É esperado que o modelo seja capaz de passar por uma rodada de validação, que irá verificar se este apresenta os resultados que foram obtidos durante o seu desenvolvimento. Também deverão ser propostas aqui saídas gráficas dos resultados da previsão, a fim de subsidiar o acompanhamento e atualização das previsões durante a operação em tempo real.

Na entrega final deste produto, é esperado que o modelo consiga realizar as suas previsões num ambiente operacional, consumindo os dados das fontes adequadas, nos formatos especificados e produzindo seus dados de saída para o mesmo ambiente. Também é esperado que o tempo para execução do modelo não torne impeditiva a sua aplicação operacional.

Este é o produto final e alvo do subprojeto, sendo assim, a consultora deverá entregar o produto com um tempo de antecedência que possibilite a interação com o ONS e acompanhamento da execução no ambiente do ONS por um período mínimo de 2 semanas. Caso se verifique a necessidade de correções, será acordado um período para acompanhamento após a conclusão dos ajustes feitos pela consultora. Depois da operacionalização e de suas devidas correções, se houver, o ONS verificará a precisão das informações por um período mínimo, em comum acordo com a consultora. Adicionalmente, poderão ocorrer situações de falhas no processo não previstas anteriormente nesse período, necessitando de correções, caso as falhas estejam associadas ao desenvolvimento da consultora.

Junto com o modelo operacionalizado, incluindo as saídas gráficas das previsões geradas, deverá ser fornecido ao ONS um manual de usuário do modelo, contendo todas as suas especificações, bem como as instruções para sua instalação e execução. A consultora também deverá oferecer treinamento adequado à equipe técnica do ONS, a fim de garantir a manutenção da execução operacional do modelo.

Para este produto a equipe técnica do ONS irá avaliar o detalhamento das informações fornecidas na proposta, com as indicações técnicas e adequação da implementação do modelo junto ao ONS. Também serão considerados a linguagem computacional que será empregada para o desenvolvimento do modelo, bem como a indicação de uma rotina de testes para validação operacional do modelo.



7 PRAZO DE EXECUÇÃO/CRONOGRAMA

O cronograma a seguir tratará de forma independente cada uma das etapas do Subprojeto 24-2. Os prazos são definidos em meses corridos, a partir do início do projeto, e o período dos produtos podem ser executados em paralelo. O período total do contrato contando todas as etapas deve ser de 17 meses.

Todos os produtos que exigem entregas de códigos deverão ser acompanhados de treinamentos para uso desses códigos.

Adicionalmente, deverão estar previstas reuniões regulares, semanais ou quinzenais, para discussões relacionadas ao andamento das atividades, ajustadas conforme às necessidades do projeto.

7.1 Etapa 1 – Estruturação da base de dados para previsão de geração solar fotovoltaica para tempo real

A Etapa 1 trata da estruturação de uma base de dados confiável e robusta que será utilizada no desenvolvimento dos modelos de previsão de geração solar fotovoltaica para o tempo real.

Esta etapa é composta de um único produto, que envolve não somente o preparo e estruturação da base de dados, como também a elaboração de toda documentação que a descreva, contendo, inclusive, os códigos computacionais necessários para sua composição. A Tabela 1 caracteriza as entregas desta etapa, bem como indica a duração estimada para o desenvolvimento deste produto e o seu valor percentual de contrato. É considerada a forma de pagamento em parcelas de acordo com a especificidade de cada subproduto. Destaca-se que, em geral, é considerado um aumento gradativo para as parcelas de entregas dos produtos deste subprojeto, i.e., os valores das últimas parcelas de cada produto serão, na maior parte das vezes, superiores aos valores das primeiras parcelas.

A quantidade de entregas está descrita na coluna “Entregas” da Tabela 1, sendo que cada entrega deverá ocorrer ao final do prazo a ela destinado, calculado pela razão do tempo total do produto pela quantidade de entregas. Por exemplo, para o Produto 1, deverá ser entregue um relatório parcial no meio do 2º mês (contendo todas as pesquisas dentro desse período de trabalho), e no final do 3º mês um relatório final (contendo tudo que foi realizado, inclusive a documentação descritiva da base de dados e possíveis códigos computacionais que sejam necessários à sua manutenção/atualização). Vale salientar que a entrega final deverá compor todas as entregas parciais, todavia, podem existir documentos separados, uma vez que nem



todos os itens da pesquisa utilizados durante o desenvolvimento do produto precisem ser citados no documento final.

Tabela 1 Cronograma de atividades da ETAPA 1.

Produto Previsto				Duração	% do contrato
Produto	Tipo	Descrição	Entregas		
1	Relatório, desenvolvimento e treinamento	Elaboração da base de dados, com documentação referente a sua estruturação e meios de acesso	(Entrega parcial, ao final de 45 dias, do Relatório contendo a descrição do ambiente) + (documentação e implementação da base de dados + códigos e treinamento até o final do 3º mês)	3 meses	6% em 2 parcelas

7.2 Etapa 2 – Desenvolvimento de metodologias e modelos de previsão de geração solar fotovoltaica no horizonte intra-horário

Na Etapa 2 será desenvolvido um modelo para produzir previsões de geração solar fotovoltaica para o horizonte de até 1 hora à frente, com alta resolução temporal. Esta etapa contempla a entrega de 4 produtos, e o cronograma das entregas referentes a cada produto, com sua duração e valor percentual do contrato, é apresentado na Tabela 2.

Tabela 2 Cronograma de atividades da ETAPA 2

Produto Previsto				Duração	% do contrato
Produto	Tipo	Descrição	Entregas		
2	Relatório	Revisão bibliográfica sobre a geração solar fotovoltaica no horizonte intra-horário, e determinação das metodologias de previsão que serão desenvolvidas	(Relatório com descritivo parcial, ao final do 2º mês) + (Relatório final até o final do 4º mês)	4 meses	8% em 2 parcelas



BANCO MUNDIAL
BIRD • AID | GRUPO BANCO MUNDIAL

3	Relatório, desenvolvimento e treinamento	Desenvolvimento e Implementação do modelo de transferência radiativa para condições de céu claro	(Descritivo parcial ao final do 2º mês) + (códigos e manual + treinamento ao do final do 4º mês) + (relatório final até o final do 5º mês)	5 meses	8% em 3 parcelas
4	Relatório e desenvolvimento	Protótipo e avaliação de desempenho dos modelos testados para previsão intra-horária	(Descritivo parcial ao final do 2º mês) + (Descritivo parcial ao final do 4º mês) + (códigos dos protótipos desenvolvidos + relatório final até o final do 6º mês)	6 meses	10% em 3 parcelas
5	Relatório, desenvolvimento e treinamento	Implementação e operacionalização do modelo para previsão de geração solar fotovoltaica intra-horária	(Descritivo parcial ao final do 1º mês) + (códigos e manual + treinamento ao do final do 3º mês)	3 meses	5% em 2 parcelas

7.3 *Etapa 3 – Desenvolvimento de metodologias e modelos de previsão de geração solar fotovoltaica usando dados de satélite*

A Etapa 3 é voltada para o desenvolvimento de um modelo de previsão de geração solar fotovoltaica, baseado na previsão de deslocamento de nuvens observadas por satélite. Esta etapa envolve o desenvolvimento de 3 produtos, cujos cronogramas de entregas, com sua duração e valor percentual do contrato, são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 Cronograma de atividades da ETAPA 3

Produto Previsto				Duração	% do contrato
Produto	Tipo	Descrição	Entregas		
6	Relatório, desenvolvimento e treinamento	Sistema de aquisição de imagens de satélite, identificação de nuvens e previsão do deslocamento	(Descritivo parcial ao final do 2º mês)+ (Descritivo parcial ao final do 4º mês + códigos e manual + treinamento) + (relatório final até o final do 7º mês)	7 meses	12% em 3 parcelas



BANCO MUNDIAL
BIRD • AID | GRUPO BANCO MUNDIAL

7	Relatório, desenvolvimento e treinamento	Desenvolvimento do modelo de previsão de geração solar fotovoltaica usando dados de satélite	(Descritivo parcial ao final do 2º mês) + (códigos + relatório final ao final do 5º mês)	5 meses	8% em 2 parcelas
8	Relatório e desenvolvimento	Implementação operacional do modelo de previsão de geração solar fotovoltaica usando dados de satélite (produto 7)	(Descritivo parcial ao final do 1º mês)+ (códigos e manual + treinamento ao do final do 3º mês)	3 meses	5% em 2 parcelas

7.4 *Etapa 4 – Desenvolvimento de metodologias e modelos para previsão de geração solar fotovoltaica para o horizonte de 24 horas, usando previsões provenientes de modelos de PNT*

Na Etapa 4 será desenvolvido um sistema para previsão de geração solar fotovoltaica baseado na previsão de variáveis meteorológicas derivadas de modelos numéricos de previsão do tempo. A etapa é composta pela entrega de 3 produtos, e o cronograma das entregas cada um deles, com suas durações e valores percentual de contrato, são apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 Cronograma de atividades da ETAPA 4

Produto Previsto				Duração	% do contrato
Produto	Tipo	Descrição	Entregas		
9	Relatório, desenvolvimento e treinamento	Sistema para obtenção da previsão de variáveis meteorológicas	(Descritivo parcial ao final do 2º mês) + (códigos e manual + treinamento + relatório final até o final do 4º mês)	4 meses	7% em 2 parcelas
10	Relatório, desenvolvimento e treinamento	Desenvolvimento do modelo de previsão de geração solar fotovoltaica usando PNT	(Descritivo parcial ao final do 2º mês) + (códigos + relatório final ao final do 4º mês)	4 meses	7% em 2 parcelas



11	Relatório, desenvolvimento e treinamento	Implementação do modelo de previsão de geração solar fotovoltaica usando PNT	(Descritivo parcial ao final do 1º mês) + (códigos e manual + treinamento ao do final do 3º mês)	3 meses	5% em 2 parcelas
----	--	--	--	---------	------------------

7.5 *Etapa 5 – Desenvolvimento do modelo combinado para obtenção da previsão de geração solar fotovoltaica para o tempo real*

A quinta e última etapa deste subprojeto contempla o desenvolvimento de um modelo capaz de combinar as previsões feitas nos módulos II, III e IV, a fim de gerar uma previsão unificada da geração solar fotovoltaica no horizonte de tempo real. A etapa envolve o desenvolvimento de 2 produtos, cujos cronogramas de entregas, com sua duração e valor percentual do contrato, são apresentados na Tabela 5.

Tabela 5 Cronograma de atividades da ETAPA 5

Produto Previsto				Duração	% do contrato
Produto	Tipo	Descrição	Entregas		
12	Relatório e desenvolvimento	Avaliação dos modelos de geração e desenvolvimento do modelo combinado	(Relatório com a avaliação do desempenho das previsões e metodologia para determinação dos pesos do modelo combinado ao final do 2º mês) + (desenvolvimento do protótipo do modelo combinado + códigos + relatório final e treinamento até o fim do 5º mês)	5 meses	10% em 2 parcelas
13	Relatório, desenvolvimento e treinamento	Implementação operacional do modelo combinado de previsão de geração solar fotovoltaica	(Descritivo parcial ao final do 2º mês) + (códigos e manual + implementação operacional e treinamento ao final do 4º mês)	4 meses	9% em 2 parcelas



A Tabela 6 exibe os meses de início e término, aproximadamente, de cada atividade do cronograma do modelo de previsão de geração fotovoltaica para o horizonte de tempo real.

Tabela 6 Cronograma de atividades do modelo de previsão fotovoltaica para o horizonte de tempo real

Atividades		Meses																
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Etapa 1	Produto 1	█	█	█														
Etapa 2	Produto 2	█	█	█	█													
	Produto 3		█	█	█	█	█											
	Produto 4			█	█	█	█	█	█									
	Produto 5							█	█	█								
Etapa 3	Produto 6		█	█	█	█	█	█	█									
	Produto 7					█	█	█	█	█								
	Produto 8									█	█	█						
Etapa 4	Produto 9						█	█	█	█								
	Produto 10							█	█	█	█	█						
	Produto 11											█	█	█				
Etapa 5	Produto 12												█	█	█	█	█	█
	Produto 13														█	█	█	█

8 QUALIFICAÇÃO E ESPECIFICAÇÃO DA EQUIPE

A consultora deverá ter uma equipe multidisciplinar, ou seja, constituída por perfis técnicos que estejam de acordo com as características e necessidades deste projeto. De forma geral, a instituição deverá ter no quadro de profissionais um gerente de projetos e os profissionais essenciais para atender ao objetivo deste TdR.

A equipe técnica do ONS deverá participar ativamente do projeto e poderá apoiar o desenvolvimento, uma vez que possui capacidade para contribuir nos temas abordados e poderá dar o suporte necessário para melhor andamento do projeto.

Os profissionais da equipe chave serão avaliados por meio das evidências apresentadas nos seus currículos. O conhecimento e a experiência exigidos para os cargos, da equipe chave, deverão ser evidenciados por meio de atuação profissional, artigos científicos, participação



em projetos de pesquisas e de P&D, e patentes de programas. Vale salientar que as evidências apresentadas devem estar vinculadas aos serviços/assuntos objetos deste subprojeto.

8.1 Equipe Chave

Meteorologista/Físico (Especialista, PhD): O profissional deve ter nível superior em Física ou Meteorologia com pós-graduação, mestrado ou doutorado em áreas afins aos produtos deste projeto. Necessário ter experiência de, no mínimo, 10 anos em pesquisa e desenvolvimento e/ou atuação profissional relacionados ao escopo do projeto, além de inglês fluente. Adicionalmente, o profissional deve comprovar conhecimento e experiência em análise e tratamento de dados meteorológicos e solarimétricos, modelagem atmosférica, e uso de dados de satélite. É desejável que o profissional possua conhecimentos em linguagem de programação *open-source*, experiência com inteligência computacional e/ou *machine learning*, e experiência com tratamento e previsão usando dados brutos e imagens de satélite.

Engenheiro: O profissional deve ter formação superior em Engenharia Elétrica com mestrado e/ou doutorado em áreas afins aos produtos deste projeto. Necessário ter experiência de, no mínimo, 10 anos em pesquisa e desenvolvimento e/ou atuação profissional relacionados aos produtos deste projeto. O profissional deve comprovar conhecimento e experiência no Setor Elétrico Brasileiro - SEB, principalmente na geração de energia por fonte solar fotovoltaica. É desejável que o profissional tenha inglês fluente e que tenha conhecimento em linguagem de programação *open-source* e modelagem computacional.

Cientista da Computação: O profissional deve ter nível superior em Engenharia da Computação, Ciências da Computação ou Tecnologia da Informação, com pós-graduação, mestrado e/ou doutorado em áreas afins aos produtos deste projeto. Necessário ter experiência de, no mínimo, 10 anos em desenvolvimento e aplicação de técnicas de *machine learning*, linguagens de programação *open-source*, modelagem estatística voltadas para modelos de previsão e construção de ferramentas para tratamento de dados. Adicionalmente, deve possuir conhecimentos em armazenamento e estruturação de grandes volumes de dados e de operacionalização de sistemas em ambientes de nuvem pública. É desejável que possua conhecimentos de técnicas de tratamento e processamento de imagens.

Matemático/Estatístico: O profissional deve ter formação superior em Matemática ou Estatística, com pós-graduação, mestrado e/ou doutorado em áreas afins aos produtos deste projeto. Necessário ter experiência mínima de 10 anos em pesquisa e desenvolvimento, e/ou atuação profissional relacionadas a modelos de previsão, modelos matemáticos e/ou



estatísticos, além de linguagens de programação *open-source*. Desejável ter conhecimento em otimização, *machine learning*, no SEB e fluência em inglês.

Coordenador Técnico: O profissional deve ter formação superior em Engenharia, Meteorologia, Ciência da Computação, Matemática ou Física, com mestrado e doutorado em áreas afins deste projeto. Necessário ter experiência mínima de 10 anos em pesquisa e desenvolvimento, e/ou atuação profissional relacionadas aos produtos deste projeto, além de atuação como coordenador de equipes multidisciplinares e acompanhamento de projetos. É desejável que o profissional possua experiência em gerência de projetos alinhadas às boas práticas do PMBOK® 6 ou 7, e conhecimento em ferramentas de gestão de projetos e metodologia ágil. O profissional deve ter fluência em inglês e português do Brasil, e deve comprovar conhecimento e experiência no SEB.

8.2 Equipe de apoio

A equipe de apoio refere-se a uma equipe de profissionais fornecida pela consultora para executar parte dos serviços em conjunto com a equipe chave, conforme esse TdR. O dimensionamento da equipe de apoio deverá ser realizado pela consultora. Portanto, o dimensionamento da equipe de apoio deverá ser descrito na proposta técnica.

A equipe de apoio deverá ser multidisciplinar e composta por profissionais com formação completa em Meteorologia e/ou Física, Engenharia Elétrica ou Civil ou Ambiental, Ciência da Computação ou Engenharia Computacional ou Tecnologia da Informação, e em Matemática e/ou Estatística.

Por se tratar de uma equipe que irá trabalhar com os desenvolvimentos desse subprojeto, entende-se que a equipe de apoio deva possuir os conhecimentos compatíveis com os solicitados para a equipe chave. É de suma importância que a equipe de apoio, além de ser uma extensão profissional da equipe chave, detenha todos os conhecimentos complementares à equipe chave necessários para os desenvolvimentos dos produtos deste subprojeto. A equipe de apoio deve atender alguns requisitos fundamentais, dentre eles experiência em: análise e tratamento de dados meteorológicos, solarimétricos e de geração solar fotovoltaica; modelagem numérica da atmosférica; sensoriamento remoto da atmosfera; técnicas de correções de previsões numéricas do tempo; modelos matemáticos e/ou estatísticos para previsão; inteligência computacional; e *machine learning*.

8.3 Características da equipe



É necessário que a equipe técnica seja formada por profissionais com conhecimento e experiência nos seguintes assuntos: Sistema Elétrico Brasileiro; inteligência computacional; inteligência artificial; métodos estatísticos multivariados; energia solar fotovoltaica; metodologias de preenchimento e tratamento de dados; modelos matemáticos de previsão; *machine learning*; modelos numéricos de previsão do tempo; sensoriamento remoto da atmosfera; armazenamento e estruturação de dados; e programação avançada em linguagens, tais como R, PHYTON, JULIA, entre outras linguagens voltadas para análise de dados e modelos de previsão.

É necessário que a formação geral seja respeitada e adequada para o exercício de cada cargo mencionado para a equipe chave e de apoio.

A equipe deverá ser capaz de desenvolver e implementar modelos de previsão de séries temporais existentes para avaliar desempenho e propor novos métodos; inteligência artificial, modelos de *machine learning*, modelagem computacional e criação de fluxo de processos de forma a atender o escopo deste projeto.

Espera-se que a equipe da consultora também seja composta por profissionais nos níveis júnior, pleno, sênior e especialista. Além disso, caso a consultora identifique a necessidade de ter na equipe um profissional com perfil diferente dos descritos anteriormente, caberá a ela a definição e quantificação do perfil deste profissional. Adicionalmente, a quantidade de profissionais que deverão compor a equipe chave será definida pela consultora, conforme a necessidade do projeto.

8.4 Perfil Requerido da Consultora

Para a realização desse subprojeto, a consultora deverá apresentar experiência mínima de 5 anos nos seguintes requisitos:

- (i) Experiência com estudos, desenvolvimento e aplicação de modelos de numéricos de previsão do tempo, análise de dados meteorológicos, metodologias para previsão de variáveis meteorológicas,
- (ii) Experiência com estudos, desenvolvimento e aplicação de dados de satélite, técnicas de identificação e previsão de deslocamento de nuvens;
- (iii) Experiência em soluções tecnológicas e serviços de consultoria técnica no setor de energia elétrica e fontes intermitentes, especialmente em geração solar fotovoltaica, com competência nacional e/ou internacional;



- (iv) Experiência em análise, tratamento e preenchimento de dados meteorológicos, solarimétricos e de geração solar fotovoltaica, além de experiência em armazenamento e estruturação de grandes volumes de dados;
- (v) Experiências em estudos e desenvolvimentos de metodologias para previsão de geração de fontes intermitentes (especialmente solar fotovoltaica), incluindo conhecimentos comprovados de aplicações com técnicas de inteligência artificial e *machine learning*;
- (vi) Experiência em gestão de projetos em temas relacionados a esse subprojeto.

Para comprovação dos requisitos anteriores mencionados, é necessário que a consultora apresente em sua proposta técnica somente os serviços mais recentes (últimos 10 anos) que tenham alguma associação aos requisitos e serviços solicitados nesse TdR. Vale salientar que os serviços apresentados devem ser apenas da consultora como empresa, e não dos especialistas que a compõem, seja trabalhando de forma privada ou por outras empresas.

9 FORMA DE APRESENTAÇÃO DOS PRODUTOS

Os produtos e resultados deverão ser entregues em idioma português, em via digital, de acordo com o formato a seguir:

- (i) Textos: MS Word® versão 2013 ou posterior, com entrega do arquivo em formato “.doc”/ “.docx”;
- (ii) Planilhas, Gráficos e Tabelas: MS Excel® versão 2013 ou posterior;
- (iii) Figuras em geral: JPG, PNG, TIFF, GIF ou BMP;
- (iv) Apresentações: MS PowerPoint® versão 2013 ou posterior;
- (v) Os produtos em forma de Relatórios devem apresentar as devidas logomarcas, a serem inseridas na seguinte ordem: ONS, Projeto META, Banco Mundial e MME/Governo Federal. Um arquivo de *template* será fornecido a consultora em formato “.doc”/ “.docx”;
- (vi) Eventuais planilhas eletrônicas ou outros documentos desenvolvidos devem ser entregues desbloqueadas e sem restrição de edição;



- (vii) Programas computacionais, modelos matemáticos, modelos de previsão desenvolvidos ou avaliados para compor este projeto deverão ser entregues com o código fonte documentado, notas técnicas e manual do usuário, contendo, inclusive, instruções de instalação e execução.

Inicialmente, as ferramentas computacionais utilizadas neste trabalho devem ser aquelas atualmente utilizadas pelo ONS. Caso seja identificado a necessidade do uso de alguma ferramenta que requeira a aquisição de licença por parte do ONS, essa necessidade deverá ser informada e conversada previamente.

Os produtos provenientes deste projeto serão de propriedade exclusiva do ONS, e poderão, em momento oportuno, ser disponibilizados para a sociedade.

Nos produtos/relatórios, além das citadas logomarcas, deverão ser registradas as seguintes informações: Pesquisa/Produto/Trabalho executado com recursos provenientes do Acordo de Empréstimo nº 9074-BR, formalizado entre a República Federativa do Brasil e o Banco Internacional para Reconstrução e Desenvolvimento – BIRD, em 21 de julho de 2021.

10 FORMAS DE PAGAMENTO

A estimativa de porcentagem do valor total do Contrato para cada produto consta na seção 7 deste documento. As formas de pagamento, assim como os prazos de entrega, validação, revisão pela consultora e aprovação dos produtos, estarão vinculadas à Minuta de Contrato, instrumento que é parte integrante do Instrumento Convocatório de Licitação.

11 SUPERVISÃO

O início do trabalho objeto deste TdR, bem como a apresentação dos produtos previstos, deverá ser precedidos de reunião com a equipe técnica do ONS para orientação geral do processo e acompanhamento da consultoria.

Dado que o ONS participará ativamente das etapas de desenvolvimento do projeto, o ideal é que a construção seja feita seguindo as etapas descritas na seção 7, com entregas intermediárias dos produtos descritos em cada fase. O ONS terá até 15 (quinze) dias após a data de entrega de cada produto, para validá-lo. Após a validação, o aceite formal será emitido pela equipe técnica designada pelo ONS.



12 INSUMOS E ELEMENTOS DISPONÍVEIS

O ONS disponibilizará à consultora as informações necessárias para o desenvolvimento do projeto, entretanto, deverão ser redigidos acordos de confidencialidade quanto aos dados que serão utilizados. Ressalta-se que nem todos os dados necessários ao projeto poderão ser obtidos no ONS, portanto, cabe à consultora, elencar as fontes para a obtenção destes dados.

A consultora deverá prever a execução de reuniões virtuais durante toda a execução do projeto. Além disso, é esperado ao menos uma visita de uma semana *in loco* no ONS, para ajustes e treinamento do modelo final de previsão desenvolvido. No entanto, essa é a especificação mínima, ficando a cargo da consultora apontar necessidades de reuniões de trabalho presenciais no ONS, que deverão ocorrer em comum acordo. Neste caso, o ONS providenciará o ambiente físico apropriado para possibilitar tais reuniões agendadas entre as partes em seu escritório do Rio de Janeiro.

13 NECESSIDADE DE TREINAMENTO

Na seção 6, são descritos o escopo do trabalho e os limites do projeto, incluindo os treinamentos previstos para cada etapa/fase, o que é reforçado na seção 7.

14 QUADRO AMBIENTAL E SOCIAL DO BANCO MUNDIAL

Todas as atividades apoiadas pelo projeto, incluindo estudos para proposição de políticas e regulamentos, deverão ser analisadas em acordo com as Normas Ambientais e Sociais do Banco Mundial, que estabelecem as diretrizes para identificação, avaliação, mitigação e gestão de potenciais riscos e impactos associados a projetos financiados pelo Banco.

A adoção das Normas Ambientais e Sociais visa a apoiar os mutuários na adoção de melhores práticas internacionais, relacionadas com a sustentabilidade ambiental e social, cumprindo suas obrigações ambientais e sociais, nacionais e internacionais, bem como aumentar a não discriminação, transparência, participação, prestação de contas, governança e aprimoramento dos resultados de desenvolvimento sustentável dos projetos por meio do engajamento contínuo das partes interessadas. Além do Quadro Ambiental e Social do Banco Mundial, serão observadas as Diretrizes de Saúde, Segurança e Meio Ambiente (IFC-EHSGs) do Grupo Banco Mundial, incluindo as diretrizes específicas para os setores mineral, elétrico e de petróleo e gás.

A elaboração do trabalho deve considerar o Quadro Ambiental e Social (*Environmental and Social Framework*) do Banco Mundial, que entrou em vigor desde 1º de outubro de 2018,



avaliando os potenciais impactos sociais e ambientais dos subprojetos, quando necessário. No Subprojeto 24 em questão, a norma mais relevante é a Norma Ambiental e Social 2 - Condições de Trabalho e Mão de Obra da equipe que executará os estudos.

15 ARRANJOS INSTITUCIONAIS E ORGANIZACIONAIS

A gestão do Subprojeto 24 será executada por estruturas organizacionais vinculadas ao Ministério de Minas e Energia (MME) e ao Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS), conforme determinado pelo Manual Operativo do Projeto – MOP, que pode ser consultado na página do sítio do MME (www.mme.gov.br).

No MME, a gestão caberá ao Comitê Gestor do Projeto (CGP) e à Unidade de Gestão de Projeto Central (UGP/C).

No ONS, a gestão caberá à Unidade de Gestão de Projeto Setorial (UGP/S), conforme esquematicamente apresentada na Figura 2.

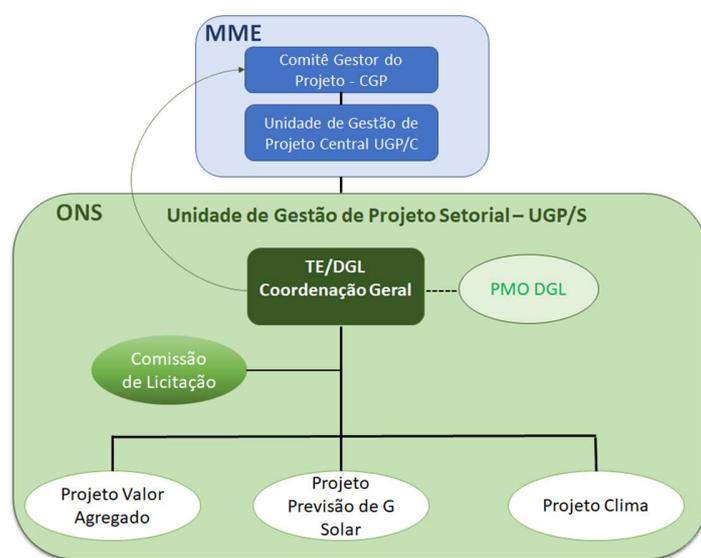


Figura 2 Estrutura funcional da Unidade de Gestão de Projeto Setorial do ONS – UGP/S

Tabela 7 Formação da UGP/S do ONS

UGP/S	Gerências
Coordenação Geral	Gerência Executiva de Transformação Estratégica



Escritório de Projetos DGL	Gerência Executiva de Transformação Estratégica
Comissão de Licitação	Gerência Executiva Financeira
	Gerência Executiva Jurídica
	Gerência de Recursos Hídricos e Meteorologia
	Gerência de Metodologias e Modelos Energéticos
	Gerência Executiva de Apuração, Análise e Custos da Operação
	Gerência Executiva de Suprimentos
Projeto Solar 1 ^(*)	Gerência de Metodologias e Modelos Energéticos

(*) Projeto Solar 1 é o nome curto do Subprojeto 24 no ONS

16 LISTA DE DESPESAS REEMBOLSÁVEIS

Despesas reembolsáveis correspondentes a despesas de viagens e diárias poderão ser aplicadas aos produtos que justifiquem a presença no ONS, como implementação dos modelos no ambiente do ONS caso não seja possível remotamente, treinamentos da equipe técnica do ONS, etc.

17 VEDAÇÃO LEGAL

É vedada a contratação, a qualquer título, de servidores ativos da Administração Pública Federal, Estadual, do Distrito Federal ou Municipal, direta ou indireta, bem como de empregados de suas subsidiárias e controladas, no âmbito dos projetos de cooperação técnica internacional. *Art. 7º do Dec. 5.151 de 22.07.2004.*



BANCO MUNDIAL
BIRD • AID | GRUPO BANCO MUNDIAL

18 *RESPONSÁVEIS TÉCNICOS*

Nome: Paulo Sergio De Castro Nascimento

Órgão: Gerência de Metodologias e Modelos Energéticos - Diretoria de Planejamento da
Operação

Assinatura:

Nome: William Cossich Marcial de Farias

Órgão: Gerência de Metodologias e Modelos Energéticos - Diretoria de Planejamento da
Operação

Assinatura:

19 *APROVAÇÃO*

Nome: Maria Aparecida Martinez

Cargo: Gerente Executiva de Planejamento Energético

Assinatura: