

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 23-3 do Plano de Aquisição do STEP –
Consultoria-3**

Estudos de anos consecutivos de eventos extremos: grandes cheias e secas e a fenomenologia associada com foco nos últimos anos. Sistemas meteorológicos responsáveis, configurações precursoras e sucessoras, métodos para identificação de análogos com base em situações atuais

outubro/2023

SUMÁRIO

1. CONTEXTO	3
2. JUSTIFICATIVA	6
3. OBJETIVO	6
4. ALCANCE	7
5. RESULTADOS E PRODUTOS ESPERADOS	7
6. ESCOPO DO TRABALHO E LIMITES DO PROJETO	8
Produto 6 - Estudo de eventos extremos e fenômenos associados	8
7. PRAZO DE EXECUÇÃO/CRONOGRAMA	10
8. QUALIFICAÇÃO E ESPECIFICAÇÃO DA EQUIPE	10
8.1 Equipe Chave	10
8.2 Equipe de apoio	11
8.3 Perfil Requerido da Consultora	12
9. FORMA DE APRESENTAÇÃO DOS PRODUTOS	12
10. FORMAS DE PAGAMENTO	13
11. SUPERVISÃO	13
12. INSUMOS E ELEMENTOS DISPONÍVEIS	14
13. NECESSIDADE DE TREINAMENTO	14
14. QUADRO AMBIENTAL E SOCIAL DO BANCO MUNDIAL	14
15. ARRANJOS INSTITUCIONAIS E ORGANIZACIONAIS	14
16. LISTA DE DESPESAS REEMBOLSÁVEIS	15
17. VEDAÇÃO LEGAL	15
REFERÊNCIAS	17
ANEXO I - Bases de dados hidrometeorológicos do Produto 2	19
ANEXO II - Bases de dados de modelos acoplados de previsão sub-sazonal e sazonal do Produto 3	21
ANEXO III - Indicadores de extremos climáticos	22
ANEXO IV - Pipeline da engenharia de dados	23

TERMO DE REFERÊNCIA - TDR

Estudos de anos consecutivos de eventos extremos: grandes cheias e secas e a fenomenologia associada com foco nos últimos anos. Sistemas meteorológicos responsáveis, configurações precursoras e sucessoras, métodos para identificação de análogos com base em situações atuais

1. CONTEXTO

O Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS) é o órgão responsável pela coordenação e controle da operação das instalações de geração e transmissão de energia elétrica no Sistema Interligado Nacional (SIN) e pelo planejamento da operação dos sistemas isolados do país. Como parte dos esforços para promover o desenvolvimento e a capacitação técnica do setor energético brasileiro, o ONS integra a segunda etapa do projeto de Assistência Técnica dos Setores de Energia e Mineral, também chamado de Projeto META II. Um dos projetos subsidiados pelo Projeto META II é o Subprojeto 23 que busca realizar um estudo para a identificação de causalidade das mudanças nos regimes de vazões e das principais variáveis meteorológicas de interesse para a operação do SIN. O SIN é constituído por quatro subsistemas nas regiões Sul, Sudeste/Centro-Oeste, Nordeste e a maior parte da região Norte, que apresentam uma diversidade de regimes climáticos.

Segundo dados do ONS, 72% da energia média produzida no Brasil em 2022 provieram de usinas hidrelétricas, mesmo com a crescente participação da geração eólica e fotovoltaica, que, juntas, corresponderam a 15% da geração do SIN. Como a operação do SIN está atrelada às condições climáticas, e em especial ao volume de precipitação sobre as bacias hidrográficas, o planejamento e a programação da operação eletroenergética, bem como o planejamento da expansão, dependem da previsão/geração de cenários de aflúências a todos os aproveitamentos hidroelétricos do SIN, desde a primeira semana operativa até horizontes de cinco a dez anos à frente. Desse modo, a compreensão das causas associadas a qualquer mudança das condições climáticas é de essencial importância, uma vez que imprecisões sistemáticas na previsão das vazões podem elevar os custos da energia ou comprometer o planejamento adequado do SIN.

No âmbito do projeto META II, a Joint Venture (JV) formada entre as empresas PSR e CLIMATEMPO foi contratada para a coordenação do Subprojeto 23. O Quadro 1 apresenta o conjunto de produtos previstos neste subprojeto. A **Consultoria-1** (JV) está encarregada da execução dos Produtos do Agrupamento 1 (Produtos 1, 2, 3, 4 e 12). O Produto do Agrupamento 3 (Produto 6), escopo deste TdR, será executado pela **Consultoria-3**. O Produto 6 será pré-requisito para o Produto 8, a ser executado pela **Consultoria-5**.

Quadro 1 – Processos de licitação do Subprojeto 23 do ONS, sendo que a licitação da Consultoria-3, escopo deste TdR, são as Atividades e Produtos do Agrupamento 3.

Agrupamento	Produto	Atividade	Licitação
1	-----	COORDENAÇÃO	Consultoria-1 (Coordenadora Joint Venture PSR e CLIMATEMPO)
	Produto-1	Revisão Bibliográfica	
	Produto-2	Coleta e de Análise de dados meteorológicos com longos períodos de observação no SIN	
	Produto-3	Coleta e Análise de Dados de Modelos Acoplados de Previsão de Precipitação, Outras Variáveis Meteorológicas e uso do solo (considerando séries obtidas por paleoclima)	
	Produto-4	Avaliação preliminar sobre variabilidade/mudança climática nas séries meteorológicas e hidrológicas disponíveis	
2	Produto-5	Diagnóstico/avaliação de Regionalização de Modelo de Previsão de Precipitação e de Outras Variáveis Meteorológicas	Consultoria-2 (Licitação em andamento)
3	Produto-6	Estudos de Anos Consecutivos de Eventos Extremos: grandes cheias e secas e a fenomenologia associada com foco nos Últimos Anos. Sistemas meteorológicos responsáveis, configurações precursoras e sucessoras, métodos para identificação de análogos com base em situações atuais.	Consultoria-3 (Objeto deste TdR)
4	Produto-7	Estudos de Paleoclimatologia	Consultoria-4 (licitação futura)
	Produto-8	Definição de Índices Climáticos Mais Representativos dos Oceanos/Atmosfera	Consultoria-4 (licitação futura)
	Produto-9	Estudo de Possíveis Causas e de Eventual Previsibilidade de Alteração/Manutenção dos Índices Climáticos e seus Efeitos nas Vazões e nas Variáveis Meteorológicas	Consultoria-4 (licitação futura)

	Produto-10	Análise de Variáveis Climáticas e Estruturas de correlação que possam ser Incorporadas em Modelos de Planejamento da Operação e Expansão do SIN.	Consultoria-4 (licitação futura)
5	Produto-11	Metodologia para Estimativa de cenários Hidrológicos e Meteorológicos Mensais com Uso de Informações Climáticas	Consultoria-5 (licitação futura)
1	Produto-12	Relatório Final do Subprojeto	Consultoria-1 (Coordenadora Joint Venture PSR e CLIMATEMPO)

A primeira etapa deste subprojeto executada pela **Consultoria-1** (JV) foi a extensa revisão bibliográfica sobre os resultados mais recentes dos impactos das variabilidades naturais do clima, mudanças climáticas no Brasil e alterações no uso do solo nas bacias hidrográficas do SIN (Produto 1 do Quadro 1). Além disso, a realização deste subprojeto contempla a coleta e a análise de bases de dados hidrometeorológicos com longos períodos de observação no SIN, o que constitui o Produto 2. Este produto engloba dados provenientes de estações hidrometeorológicas, de satélites e de reanálises de diversas variáveis meteorológicas, tais como precipitação, temperatura, vento, temperatura da superfície do mar, entre outros, conforme mostrado no Anexo I. Também é escopo do subprojeto a coleta e a análise de dados de modelos acoplados de previsão de precipitação, outras variáveis meteorológicas e uso do solo (incluindo séries obtidas por paleoclima), que constitui o Produto 3 (Anexo II). Por fim, o Produto 4 contempla a avaliação preliminar sobre variabilidade/mudança climática nas séries meteorológicas e hidrológicas disponíveis.

A análise dos dados instrumentais tem mostrado uma mudança no ciclo hidrológico nas bacias hidrográficas situadas na porção leste do Brasil, com uma tendência de redução da precipitação e do número de dias chuvosos consecutivos (e.g. BEZERRA et al., 2019; HAGHTALAB et al., 2020; ÁVILA-DIAZ et al. 2020; SHIMIZU; ANOCHI; KAYANO, 2022). Essa tendência também é observada nas séries de vazões naturais do SIN dos últimos 20 anos, que indicam uma redução significativa das afluências nas bacias hidrográficas dos rios São Francisco, Doce, Mucuri, Jequitinhonha, Paraguaçu e Parnaíba, bem como nas bacias das cabeceiras dos rios Tocantins, Grande e Paranaíba. Por outro lado, os estudos têm mostrado um fortalecimento do ciclo hidrológico em partes da bacia amazônica desde a década de 1970 (GLOOR et al., 2013; ESPINOZA et al., 2019; HAGHTALAB et al., 2020), assim como um aumento das afluências nas bacias das regiões Sul e Centro-Oeste, e no estado de São Paulo.

Um estudo recente para detecção das possíveis forçantes das mudanças na precipitação realizado com simulações numéricas do *Detection and Attribution Model Intercomparison Project* (DAMIP), que compõem a sexta fase do *Coupled Model Intercomparison Project* (CMIP6), sugeriu que essas tendências podem estar associadas à variabilidade natural do

sistema climático e/ou ao aumento da concentração de gases do efeito estufa e aerossóis (SHIMIZU; ANOCHI; KAYANO, 2022). Além disso, as mudanças nos regimes de chuva também podem estar relacionadas às variações das temperaturas da superfície do mar (TSMs) no Oceano Pacífico nas escalas intrasazonal (Oscilação de Madden-Julian, OMJ), interanual (El Niño Oscilação Sul, ENOS) e decenal (Oscilação Decenal do Pacífico, ODP), ao fortalecimento da circulação de Walker (BARICHIVICH et al., 2018; SHIMIZU; ANOCHI; KAYANO, 2022), à TSM no Atlântico Tropical (GLOOR et al. 2013), e à influência da Oscilação Multidecenal do Atlântico (AMO em inglês, KAYANO et al., 2016; JONES; CARVALHO, 2018).

A detecção de eventos climáticos extremos e a fenomenologia associada é de especial importância para a compreensão dos fenômenos meteorológicos que influenciam a precipitação e outras variáveis meteorológicas no Brasil em diferentes escalas temporais e, conseqüentemente, o regime das precipitações e das vazões nas bacias hidrográficas com aproveitamentos hidroelétricos integrantes do SIN. O estudo desses eventos pode ser realizado a partir do cálculo de diversos indicadores de extremos climáticos, entre os quais os listados no Anexo III. Esses indicadores são calculados a partir de dados de temperatura, precipitação, velocidade do vento, umidade, entre outros, e fornecem informações sobre a magnitude, a frequência e a duração desses eventos extremos. Assim, por meio de uma base de dados validada para o Brasil, torna-se possível o estudo de eventos extremos climáticos, como a crise hídrica de 2021, e a identificação das causas e fenômenos climáticos que antecederam e sucederam esses eventos.

Esta breve contextualização mostra a importância do estudo dos eventos climáticos extremos e a fenomenologia associada, de modo a indicar possíveis formas de adaptação/mitigação de futuras crises hídricas, otimizando e tornando o planejamento do SIN mais previsível do ponto de vista climático.

2. JUSTIFICATIVA

O estudo de eventos extremos (grandes cheias e grandes secas) e a fenomenologia associada pode fornecer um maior entendimento das causas das mudanças nos regimes de precipitação e vazão nas bacias hidrográficas integrantes do SIN, de modo a auxiliar na adaptação e na mitigação em cenários de escassez hídrica. O conhecimento dos fenômenos associados à variabilidade climática em cada região do SIN e sobre qual pode ser o comportamento futuro dos padrões de precipitação e outras variáveis em um horizonte de 5 a 10 anos auxiliará no aprimoramento do planejamento para o setor elétrico brasileiro.

3. OBJETIVO

O objetivo da **Consultoria-3** é realizar um estudo de anos consecutivos de eventos extremos, incluindo grandes cheias e grandes secas, além da fenomenologia a elas associada

nas principais regiões de interesse do SIN, através da utilização dos Produtos 1, 2, 3 e 4, e de outras bases de dados que a **Consultoria-3** julgar necessárias e às quais tiver acesso.

Os objetivos específicos são: i) Análise dos indicadores de extremos e identificação dos fenômenos meteorológicos associados; ii) Elaboração de um método para classificação e identificação de situações análogas de eventos extremos a partir dos dados históricos.

4. ALCANCE

No caso específico deste TdR, que trata da contratação da **Consultoria-3**, espera-se obter o Produto 6 do Quadro 2 adiante.

5. RESULTADOS E PRODUTOS ESPERADOS

Durante o período de contratação, deverá ser entregue o produto especificado no Quadro 2.

Quadro 2 – Produto a ser entregue pela Consultoria-3.

Produtos	Descrição
Produto 6	<p>Relatório de estudo de eventos extremos (grandes cheias e secas, ondas de calor/frio entre outros) e fenomenologia associada nas regiões de interesse do SIN (território brasileiro, bacias hidrográficas, América do Sul) observados a partir da década de 1970, incluindo no mínimo:</p> <ul style="list-style-type: none">• Descrição sobre o estado da arte de estudos sobre ocorrência de eventos extremos e fenômenos associados, incluindo metodologias utilizadas para a identificação dos mesmos, enfatizando a aplicabilidade das diferentes metodologias levando em consideração a variável e a escala temporal utilizadas para a definição do evento.• Definição dos indicadores a serem calculados, com seleção dos eventos extremos (períodos secos/chuvosos, ondas de calor/frio entre outros) para grandes bacias ou regiões brasileiras• Caracterização meteorológica* de eventos extremos (grandes cheias e secas, ondas de calor/frio entre outros) considerando, <u>minimamente</u>, os eventos de grandes cheias de 1979 (São Francisco) e 1982/1983 (bacia do rio Paraná) e de grandes secas: 2000/2001 (Sudeste), 2014-2021 (Nordeste e Sudeste).• Elaboração de método para identificação de eventos análogos• Relatório Final

A entrega do produto 6 será feita por meio de 4 relatórios parciais mensais e um relatório final, em conformidade com o Quadro 3.

Quadro 3 – Roteiro de entrega do Produto 6: pré-requisitos e tipo

Produto (código)	Pré-requisito	Tipo
Relatório Parcial-1 (6.RP1)	-	Relatório técnico
Relatório Parcial-2 (6.RP2)	6.RP1	
Relatório Parcial-3 (6.RP3)	6.RP2	
Relatório Parcial-4 (6.RP4)	6.RP3	
Relatório Final (6.RF)	6.RP4	

6. ESCOPO DO TRABALHO E LIMITES DO PROJETO

As atividades que o contratado deverá desempenhar para entrega do Produto 6 são listadas a seguir. Para as atividades listadas, será fornecida à **Consultoria-3** a base de dados do subprojeto 23 (Produtos 2 e 3). Toda estrutura dessa base de dados está descrita no Anexo IV.

Produto 6 - Estudo de eventos extremos e fenômenos associados

- A partir dos conhecimentos apresentados na proposta técnica, a consultora deverá aprofundar a descrição do estado da arte sobre ocorrência de eventos extremos e fenômenos associados nas regiões de interesse do SIN (território brasileiro, bacias hidrográficas, América do Sul).

- Síntese dos principais estudos realizados sobre o tema, incluindo os trabalhos de Coelho et al. (2012), Cavalcanti et al. (2017), Marengo et al. (2017), Shimizu, Ambrizzi e Liebmann (2017), entre outros.
- Inclusão de estudos e descrição das metodologias de cálculo de indicadores de eventos extremos enfatizando a aplicabilidade das mesmas, levando em consideração a variável e a escala temporal utilizadas para a definição do evento.
- **Análise dos indicadores de extremos climáticos e fenômenos associados.**
 - Seleção das bases de dados mais adequadas para os indicadores de extremos climáticos nas regiões do SIN com bases nos critérios de extensão temporal (série temporal longa ou curta), resolução espacial e tipo de dado (estação, satélite, reanálise).
 - Definição dos indicadores a serem calculados, com seleção dos eventos extremos (períodos secos/chuvosos, ondas de calor/frio entre outros) minimamente definido para grandes bacias brasileiras no caso de precipitação/vazão e para regiões brasileiras no caso de outras variáveis com foco nas escalas mensal a sazonal
 - Apresentação de tabela com os eventos selecionados através do(s) indicador (es) definidos(s)
 - *Caracterização meteorológica dos eventos selecionados:
 1. Identificação de fatores climáticos de baixa frequência favoráveis/desfavoráveis, considerando diferentes escalas climáticas (e.g., decenal, sazonal, mensal) através de índices climáticos (e.g., PDO, AMO, MEI, ONI, TNA, TSA, MJO, IOD, etc.) e análise da circulação atmosférica e anomalias associadas utilizando como base os produtos de análise/reanálise e variáveis apresentados no Produto-2
 2. Comparação dos resultados obtidos no item 1 com as características da circulação atmosférica de anos cujos índices relevantes possuem um comportamento similar àqueles dos eventos selecionados e identificados em 1
 3. Análise sinótica durante o pico e/ou do principal evento identificado em 1, com caracterização das principais fontes de variabilidade de baixa frequência e da influência destes eventos nos sistemas meteorológicos como monção da América do Sul, sistemas frontais, Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), alta subtropical do Atlântico Sul, jato de baixos níveis, entre outros.
 4. Identificação de configurações precursoras nas escalas sazonal/mensal e sinótica utilizando análises/variáveis relevantes para estas escalas temporais

5. Identificação de configurações sucessoras nas escalas sazonal/mensal e sinótica utilizando análises/variáveis relevantes para estas escalas temporais

- Elaboração de método para identificação de eventos análogos
 - Definição de metodologia para identificação de eventos análogos, incluindo análises de tempo de recorrência, frequência e intensidade dos extremos.
 - Análise de compostos de eventos análogos e a fenomenologia associada
 - Aplicação de um modelo conceitual (e.g., modelos estocásticos, rede neural, IA, etc.) para testar o método de identificação de eventos análogos em uma base de dados independente.
- Elaboração do Relatório Final contendo a avaliação e o inter-relacionamento de todas as informações e dos resultados obtidos, assim como as conclusões e as recomendações gerais a eles associadas.

7. PRAZO DE EXECUÇÃO/CRONOGRAMA

O prazo previsto para execução da consultoria e entrega do produto, descrito no item 5, é de até 150 dias. Na Tabela 1 a seguir são apresentados os produtos previstos para a **Consultoria-3**, suas durações e percentual estimado do valor a ser pago por cada produto entregue.

Tabela 1 – Produtos previstos para a Consultoria-3, durações e percentual estimado.

Produto	Quantidade	Duração	Valor do contrato
6.RP1	1	1 mês	15%
6.RP2	1	1 mês	15%
6.RP3	1	1 mês	15%
6.RP4	1	1 mês	15%
6.RF	1	1 mês	40%

8. QUALIFICAÇÃO E ESPECIFICAÇÃO DA EQUIPE

8.1 Equipe Chave

Essa qualificação e especificação (Tabela 2) trata da equipe chave mínima que integrará a **Consultoria-3** para o cumprimento dos serviços contratados no Subprojeto 23, conforme

atividades previstas no Item-6. 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 deverá 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.

Tabela 2 – Perfil Equipe Chave da Consultoria-3

Qtd	Posto	Formação	Experiência Exigida	Atribuições
01	Coordenador	Nível superior em Engenharia, ou Matemática, ou Física, ou Meteorologia, com pós-graduação em áreas afins ao objeto do contrato (hidrologia/climatologia/meteorologia/estatística) Fluência em inglês	Mínimo de 10 (dez) anos em estudos e pesquisa na área; e experiência em coordenação e supervisão de projetos de pesquisas vinculados a análise de eventos extremos e métodos estatísticos	Coordenação geral do projeto. Execução do produto 6
01	Líder técnico	Nível superior em Engenharia, ou Matemática, ou Física, ou Meteorologia, ou estatística com pós-graduação em áreas afins ao objeto do contrato. Fluência em inglês	Mínima de 10 (dez) anos em estudos e pesquisa vinculados a análise de eventos extremos e métodos estatísticos	Definição de equipes técnicas e da proposta de cronograma. Coordenar estudos e emitir pareceres e relatórios técnicos, acompanhar e analisar o produto previsto. Execução do produto 6
02	Executores	Nível superior em Engenharia, ou Matemática, ou Física, ou Meteorologia, ou Computação, ou Estatística.	Mínima de 05 (cinco) anos em estudos e pesquisa na área de interesse ao estudo.	Execução do produto 6

8.2 Equipe de apoio

A **Consultoria-3** poderá definir a seu critério a composição da equipe de apoio para apoiar a execução das atividades do Produto 6. 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. Portanto, o dimensionamento da equipe de apoio deverá ser descrito na proposta técnica.

8.3 Perfil Requerido da Consultora

Para a realização desse subprojeto, a contratada deverá apresentar experiência nos seguintes requisitos:

- (i) estudos e/ou projetos e/ou pesquisas sobre ocorrência de eventos extremos (grandes cheias e secas, ondas de calor/frio entre outros), análise e caracterização meteorológica dos fenômenos associados;
- (ii) estudos e/ou projetos e/ou pesquisas sobre indicadores de extremos climáticos e fenômenos meteorológicos associados;
- (iii) estudos e/ou projetos e/ou pesquisas sobre métodos para identificação de eventos análogos
- (iv) estudos e/ou projetos e/ou pesquisas em modelagem conceitual, estatística, além de conhecimentos em técnicas de inteligência artificial e *machine learning*

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 deverão ser entregues em idioma português, na forma de relatório, em via eletrônica, de acordo com o formato a seguir:

- Textos: MS Word® versão 2013 ou posterior, com entrega do arquivo em formato “.doc”/ “.docx”;
- Planilhas, Gráficos e Tabelas: MS Excel versão 2013 ou posterior;
- Figuras em geral: JPG, GIF, BMP, TIFF ou PNG;
- Apresentações: MS PowerPoint versão 2013 ou posterior;
- Banco de Dados: conforme estrutura e especificações estabelecidas no Anexo-IV.
- 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 contratada em formato “.doc”/ “.docx”.

Eventuais planilhas eletrônicas desenvolvidas devem ser entregues desbloqueadas e sem restrição de edição.

No produto/relatório, 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 no item 7 deste documento. As formas de pagamento, assim como os prazos de entrega e aprovação do produto, estarão vinculadas à Minuta de Contrato, instrumento que é parte integrante do Instrumento Convocatório da Licitação.

11. SUPERVISÃO

O Comitê Técnico Supervisor (CTS) das atividades previstas neste TdR será formado por, pelo menos, três membros titulares e três membros suplentes, vinculados à JV PSR-Climatempo e ao ONS. Caberá à JV PSR-Climatempo e ao ONS as seguintes atribuições para as atividades previstas neste TdR:

JV PSR-Climatempo:

- Gestão das informações, dados básicos e insumos a serem fornecidos para a Consultoria-3;
- Análise e avaliação dos dados e produtos recebidos da Consultoria-2;
- Organização de workshops/reuniões com elaboração de registros junto à Consultoria-3;
- Emissão de pareceres técnicos relativos à estudos e produtos recebidos da Consultoria-3.

ONS:

- Supervisão geral dos termos do contrato a ser estabelecido com a Consultoria-3;
- Supervisão das atividades e interação entre a JV PSR-Climatempo e a Consultoria-3;
- Avaliação e aceitação final dos produtos recebidos da Consultoria-3.

O início dos trabalhos bem como a apresentação dos produtos aqui previstos deverá ser precedido de reunião com o CTS para orientação geral do processo e acompanhamento da Consultoria-3.

No decorrer da execução das atividades da Consultoria-3, serão realizadas reuniões para acompanhamento e direcionamento.

12. INSUMOS E ELEMENTOS DISPONÍVEIS

Para a elaboração desta licitação, o ONS disponibilizará, por intermédio da JV PSR-Climatempo, os Produtos 1, 2, 3 e 4 já detalhados no item 1 e nos anexos I e II.

13. NECESSIDADE DE TREINAMENTO

Tendo em vista o tipo de produtos previstos (relatórios), não há necessidade de realização de treinamentos.

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 23 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 23 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 1.

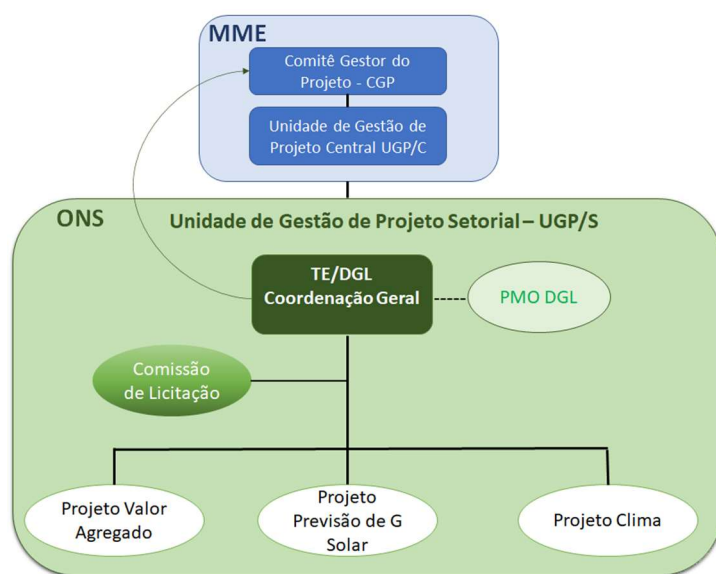


Figura 1 Estrutura funcional da Unidade de Gestão de Projeto Setorial do ONS – UGP/S

Tabela 1 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
Projeto Clima^(*)	Gerência Executiva de Suprimentos
	Gerência de Recursos Hídricos e Meteorologia

(*) Projeto Clima é o nome curto do Subprojeto 23 dentro do ONS

16. LISTA DE DESPESAS REEMBOLSÁVEIS

Não serão necessárias atividades de caráter reembolsável no que tange à contratação da Consultoria-3 no Subprojeto 23.

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.

18. Responsáveis Técnicos

Nome: Paulo Diniz de Oliveira

Órgão: Gerência de Recursos Hídricos e Meteorologia – Diretoria de Operação

Assinatura:

19. Aprovação:

Nome: Maria Cândida Abib Lima

Cargo: Gerente Executiva de Programação da Operação

Assinatura:

REFERÊNCIAS

AVILA-DIAZ, Alvaro et al. Assessing current and future trends of climate extremes across Brazil based on reanalyses and earth system model projections. **Climate Dynamics**, v. 55, n. 5-6, p. 1403-1426, 2020.

BARICHIVICH, Jonathan et al. Recent intensification of Amazon flooding extremes driven by strengthened Walker circulation. **Science advances**, v. 4, n. 9, p. eaat8785, 2018.

BEZERRA, Bergson G. et al. Changes of precipitation extremes indices in São Francisco River Basin, Brazil from 1947 to 2012. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 135, p. 565-576, 2019.

CAVALCANTI, Iracema Fonseca de Albuquerque et al. On the opposite relation between extreme precipitation over west Amazon and southeastern Brazil: observations and model simulations. **international Journal of climatology**, v. 37, n. 9, p. 3606-3618, 2017.

COELHO, Caio AS et al. Climate diagnostics of three major drought events in the Amazon and illustrations of their seasonal precipitation predictions. **Meteorological Applications**, v. 19, n. 2, p. 237-255, 2012.

ESPINOZA, Jhan Carlo et al. Contrasting North–South changes in Amazon wet-day and dry-day frequency and related atmospheric features (1981–2017). **Climate Dynamics**, v. 52, n. 9-10, p. 5413-5430, 2019.

GLOOR, M. R. J. W. et al. Intensification of the Amazon hydrological cycle over the last two decades. **Geophysical Research Letters**, v. 40, n. 9, p. 1729-1733, 2013.

HAGHTALAB, Nafiseh et al. Evaluating spatial patterns in precipitation trends across the Amazon basin driven by land cover and global scale forcings. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 140, p. 411-427, 2020.

JONES, Charles; CARVALHO, Leila MV. The influence of the Atlantic multidecadal oscillation on the eastern Andes low-level jet and precipitation in South America. **NPJ Climate and Atmospheric Science**, v. 1, n. 1, p. 40, 2018.

KAYANO, Mary T. et al. A further analysis of the tropical Atlantic SST modes and their relations to north-eastern Brazil rainfall during different phases of Atlantic Multidecadal Oscillation. **International Journal of Climatology**, v. 36, n. 12, p. 4006-4018, 2016.

MARENGO, José A. et al. Climatic characteristics of the 2010-2016 drought in the semiarid Northeast Brazil region. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 90, p. 1973-1985, 2017.

SHIMIZU, Marília Harumi; AMBRIZZI, Tércio; LIEBMANN, Brant. Extreme precipitation events and their relationship with ENSO and MJO phases over northern South America.

International Journal of Climatology, v. 37, n. 6, p. 2977-2989, 2017.

SHIMIZU, M. H.; ANOCHI, J. A.; KAYANO, M. T. Precipitation patterns over northern Brazil basins: climatology, trends, and associated mechanisms. **Theoretical and Applied Climatology**, p. 1-17, 2022.

ANEXO I - Bases de dados hidrometeorológicos do Produto 2

As Tabelas I.1 e I.2 mostram os dados hidrometeorológicos que compõem o Produto 2. (Nota: A disponibilidade dos dados listados dependerá de avaliação interna e finalização do Produto 2).

Tabela I.1 - Dados hidrometeorológicos obtidos de estações.

Fonte	Variável	Escala temporal
ONS	Vazão	diária e mensal
INMET	Precipitação, temperatura, direção e velocidade do vento, radiação solar, umidade relativa do ar	diária e mensal
ANA	Precipitação e vazão	diária e mensal
CEMADEN	Precipitação	diária e mensal

Tabela I.2 - Dados obtidos de satélites, análises e reanálises.

Nome	Tipo	Área e ano inicial	Variável
CHIRPS	Estimativa por satélite	Latitude: 50°S - 50°N Longitude: 0° - 360° 1981	Precipitação
CMORPH	Estimativa por satélite	Global, 1998	Precipitação
MERGE	Estimativa por satélite	Latitude: 85°O-27°O Longitude: 57°S-13°N 2000	Precipitação
MSWEP	Estimativa por satélite	Global, 1979	Precipitação
ERA-5	Reanálise	Global, 1940	Temperatura (2m e níveis de pressão), vento (10m, 100m e níveis de pressão), pressão (superfície e nível do mar), radiação solar e de onda longa, temperatura da superfície do mar, precipitação, água precipitável, geopotencial em níveis de pressão, umidade relativa e específica em níveis de pressão, velocidade vertical em níveis de pressão

GPCC	Reanálise	Global, 1951	Precipitação
ERSSTv5	Reanálise	Global, 1854	Temperatura da superfície do mar
HadISST2	Reanálise	Global, 1850	Temperatura da superfície do mar
DOISST2.1	Reanálise	Global, 1981	Temperatura da superfície do mar

ANEXO II - Bases de dados de modelos acoplados de previsão sub-sazonal e sazonal do Produto 3

As Tabelas II.1 e II.2 mostram os dados de previsões nas escalas subsazonal e sazonal que compõem o Produto 3, respectivamente. (Nota: A disponibilidade dos dados listados dependerá de avaliação interna e finalização do Produto 3).

Tabela II.1 - Modelos de previsões subsazonais.

Modelo	Time range (dias)	Resolução	Período Hindcast	Período Previsão	Oceano Acoplado	Gelo Marinho Acoplado
ECMWF - versão CY48R1	0-46	Tco639/319L91	1995-2021	2015-2022	Sim	Não
NCEP - CFSv2	0-44	T126L64	1999-2010	2015-2022	Sim	Sim

Tabela II.2 - Modelos de previsões sazonais.

Modelo	Time range (meses)	Resolução	Período Hindcast	Período Previsão	Oceano Acoplado	Gelo Acoplado
ECMWF - versão SEAS5	7 meses (13 meses)	T319	1981-2016	2017-2022	Sim	Sim
GFS - CFSv2	9 meses	T126	1982-2010	2011-2022	Sim	Sim

ANEXO III - Indicadores de extremos climáticos

A Tabela III.1 mostra os principais indicadores de extremos climáticos.

Tabela III.1 - Indicadores de extremos climáticos.

Índice	Definição	Unidade
<i>Índices climáticos semanais</i>		
TXx	Máximo Semanal da Temperatura Máxima	°C
TNx	Máximo Semanal da Temperatura Mínima	°C
TXn	Mínimo Semanal da Temperatura Máxima	°C
TNn	Mínimo Semanal da Temperatura Mínima	°C
WD	Número de Dias com Chuva na Semana	dias
Rx1day	Chuva Máxima Semanal em 1 Dia	mm
R20	Número de Dias na Semana com Total Acumulado > 20 mm	dias
R20tot	Total Acumulado Semanal de Chuva > 20 mm	mm
<i>Índices climáticos mensais e sazonais</i>		
CWD	Número de dias consecutivos chuvosos	dias
CDD	Número de dias consecutivos secos	dias
Rx5day	Chuva máxima em 5 dias	mm
WSDI	Número de dias com no mínimo 6 dias consecutivos com TX>90p	dias
CSDI	Número de dias com no mínimo 6 dias consecutivos com TN<10p	dias

ANEXO IV - Pipeline da engenharia de dados

Este documento consiste na definição da infraestrutura de armazenamento de dados que será disponibilizado para desenvolvimento das atividades. Para tanto, será realizada a contratação de um Desktop as a Service (Dispositivo como Serviço). A tecnologia escolhida foi dimensionada para atender alguns requisitos, a saber:

- Flexível;
- Armazenamento de diferentes tipos de arquivos;
- Disponibilidade de refinamento de dados;
- Visualização não restrita a nenhuma tecnologia.

A plataforma tecnológica dos produtos seguirá o padrão de arquitetura em camadas, em particular, separada em dados e integração. A camada de dados é responsável por coletar dados de diferentes fontes (estações, modelos meteorológicos, dados de satélite, dados ambientais) e compartilhá-los em um formato padrão para o processamento interno da plataforma. A integração dos dados e seu armazenamento apropriado para atender as demandas de produtos acontece na camada de integração. Este componente da plataforma também atua de maneira centralizada para permitir acesso aos dados, buscando garantir rastreabilidade, resiliência e escalabilidade de acessos. Essa arquitetura em camadas também garante uma separação de responsabilidades as quais apoiam não apenas na rastreabilidade dos acessos às informações, mas também no tratamento de erros, entrega (deploy) de funcionalidades novas ou refinamento das existentes.

Destaca-se que todas estas tecnologias têm sido amplamente adotadas e utilizadas no mercado em geral, o que garante uma continuidade e manutenção da plataforma no longo prazo.

Esta estrutura permanecerá por 34 meses sob responsabilidade da Climatempo. É importante destacar que, a partir do segundo semestre de 2023, novas empresas (aqui denominadas consultoras) serão contratadas para dar continuidade ao desenvolvimento dos trabalhos. Nesta fase, a Climatempo atuará apenas como supervisor dos trabalhos, bem como será responsável pela manutenção/supervisão do serviço de nuvem. As novas consultoras deverão arcar com os custos de:

- O download de dados para realização dos estudos em ambiente próprio;
- A inclusão de novos dados no banco de dados ou data lake seguindo os padrões descritos anteriormente.
- A criação de novas EC2 para desenvolvimento.
- Ao término do serviço será solicitado o encerramento das EC2 e a transferência do banco de dados por Deployment no ambiente da Contratante.
- Uma descrição sucinta da infraestrutura montada pode ser visualizada abaixo.

Ambiente Cloud

A AWS (Amazon Web Service) foi escolhida para ser o serviço de nuvem deste projeto.

Gerenciamento das permissões de acesso

A Amazon Virtual Private Cloud (Amazon VPC) permite iniciar recursos da AWS em uma rede virtual.

O acesso aos servidores será feito através de acesso via SSH no IP privado ou Público com a porta padrão 22. O acesso ao console será feito através da criação de usuários no IAM com as permissões necessárias.

O banco de dados deverá ser acessado via CLI (Command Line Interface) ou via PGAdmin (caso o banco for Postgres ou Aurora) com IP/DNS e porta padrão, no caso dados em S3 o acesso poderá ser via console ou usar AWS CLI (AWS Command Line Interface).

Camada de Dados

O AWS S3 ou Amazon Simple Storage Service é um local onde podemos armazenar objetos. Neste projeto será contratado o S3 Standard Storage com capacidade de 32 Tb mês. Cabe destacar que como datasource dos dados será utilizado o AWS Aurora.

Os dados que serão armazenados são:

- i. Dados de vazões diárias e mensais das usinas hidrelétricas do SIN: base de dados observados de vazões naturais na frequência temporal diária e mensal de todas as usinas hidrelétricas pertencentes ao SIN. Tais dados serão adquiridos na base pública disponibilizada pelo Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS) e da Empresa de Pesquisa Energética (EPE).
- ii. Dados observacionais de estações convencionais e automáticas: A coleta de dados observacionais oriundos de estações convencionais e automáticas será realizada a partir das principais fontes públicas oficiais no Brasil que compreendam o domínio territorial do SIN. Os dados das variáveis de precipitação, direção e velocidade do vento, temperatura do ar a 2 metros, umidade relativa do ar e irradiância solar na superfície serão coletados pelas estações meteorológicas do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), tanto convencionais quanto automáticas, na escala diária e mensal. Para a variável precipitação, outras fontes de observação oficiais serão utilizadas para compor o conjunto observacional que servirá como insumo dos estudos consequentes a este. Tais fontes são referentes às estações pluviométricas da Agência Nacional de Águas (ANA), do Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN) e do próprio ONS.
- iii. Dados em ponto de grade, análises, reanálises, dados estimados por satélites, proxies e séries sintéticas: Climate Hazards Group Infra-Red Precipitation with Station – CHIRPS; Climate Prediction Center (CPC Morphing Technique (MORPH), base de dados denominada como CMORPH; MERGE proveniente do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE); Multi Source Weighted-Ensemble Precipitation – MSWEP; ERA5 proveniente do European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF); CFSv2 proveniente do National Centers for Environmental Prediction (NCEP); e Modern-Era Retrospective Analysis for Research and Applications, Version 2 (MERRA2),

- proveniente da National Aeronautics and Space Administration (NASA) do Global Modeling and Assimilation Office (GMAO).
- iv. Dados de modelos operacionais de previsão de precipitação, temperatura do ar a 2 metros, intensidade do vento e radiação solar incidente na superfície:
 - Modelos de previsão Subsazonal: ECMWF 0–46 Tco639/ 319L91 3–4 Dias 1995– 2021 2015 -2022; e NCEP 0–44 T126L64 Diário 1999–2010 2015 – 2022.
 - Modelos de previsão Sazonal: ECMWF (versão SEA5); e CFSv2.
 - Séries de indicadores climáticos.
 - v. Dados de modelos de paleoclima:
 - Modelos de paleoclima: PMIP4.
 - vi. Dados georreferenciados:
 - Cobertura da terra;
 - Modelo digital de elevação;
 - Pedologia; e
 - Outros.

No Aurora são armazenados os dados de estação hidrometeorológica (item i e ii descrito anteriormente). Nele será disponibilizada a informação de fonte, id, latitude, longitude, altitude, variável e valores. Todas as informações serão armazenadas em horário UTC. Cabe destacar que nele serão criadas duas estruturas: uma para dados brutos e outra para dados tratados. Um desenho do banco pode ser visualizado na Figura IV.1.

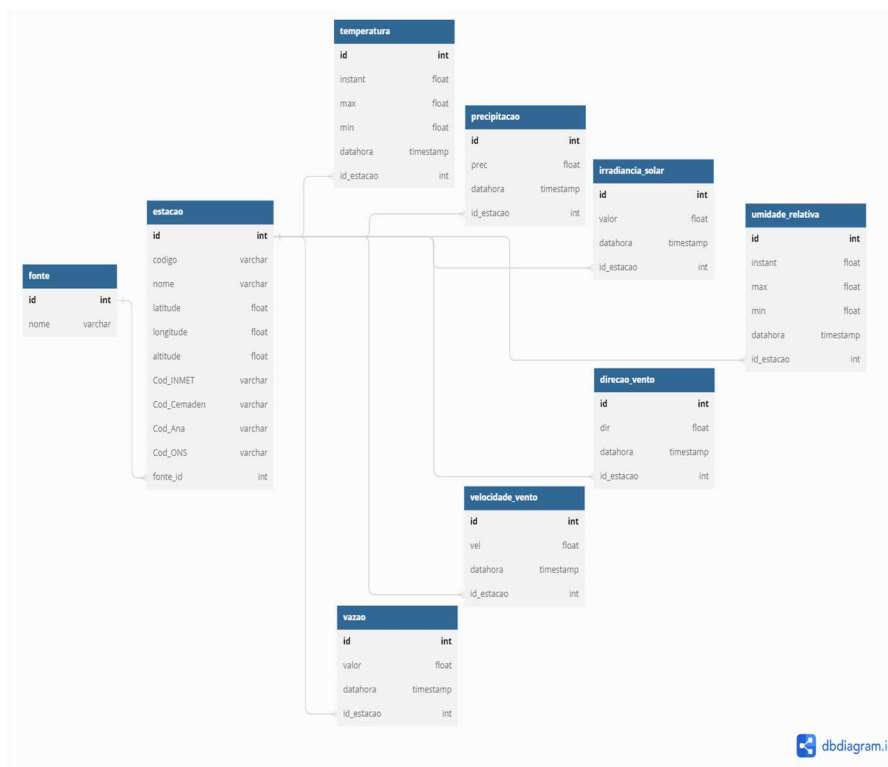


Figura IV.1 - Relacionamento de entidades - Projeto ONS Clima.

Já no S3 são armazenados os demais dados de projeto (modelos, reanálise, satélite, ambientais e outros). Os arquivos serão separados por tipo (satélite, reanálise, ambiental, modelos), fonte (ECMWF, NCEP, INPE e outros), período (histórico, tempo, subsazonal, sazonal e paleoclima), escala temporal (ano, mês, dia, hora, minuto).

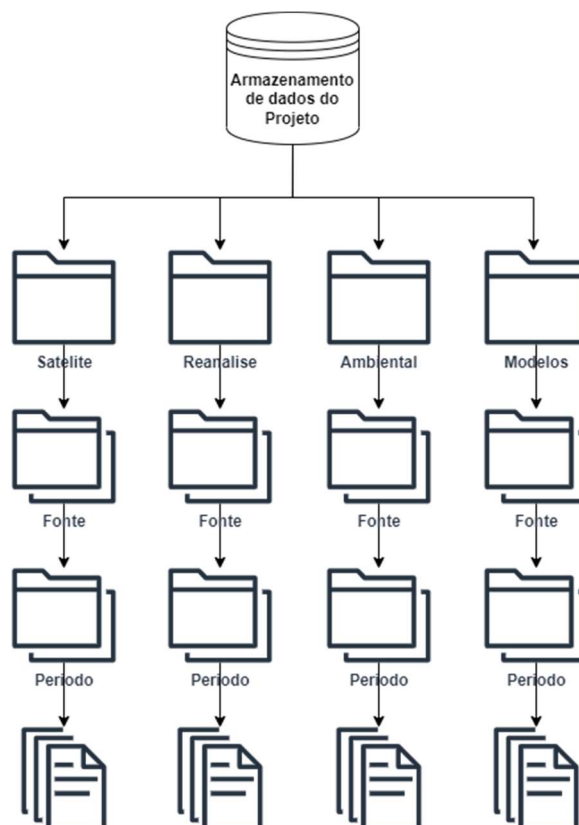


Figura IV.2 - Armazenamento de dados.

Camada de integração

O Amazon Elastic Compute Cloud (Amazon EC2) é um serviço Web que disponibiliza capacidade computacional segura e redimensionável na nuvem. O EC2 oferece muitas opções que permitem criar e executar virtualmente qualquer aplicativo. Nele será criada uma máquina para desenvolvimento do projeto, onde:

- Localização: instâncias compartilhadas;
- Sistema Operacional: Linux;
- Carga de trabalho consistente com número de instâncias: 1;
- Instância EC2 avançada: m7g.4xlarge (Family: m7g | 16vCPU | 64 GiB Memory);
- Estratégia de preço: utilização sob demanda – 214 horas/mês;
- Quantidade de armazenamento: 1 TB.

Neste ambiente os pesquisadores realizarão todas as atividades necessárias para entrega do Produto 2 - Análise de dados meteorológicos com longos períodos de observação no SIN, Produto 3 - Análise de Dados de Modelos Acoplados de Previsão de Precipitação, Outras

Variáveis Meteorológicas e uso do solo (considerando séries obtidas por Paleoclima) e 4 - Avaliação preliminar sobre variabilidade/mudança climática nas séries meteorológicas e hidrológicas disponíveis.

Todos os scripts criados serão desenvolvidos na linguagem Python. A justificativa por sua adoção, em comparação com as demais alternativas válidas, como R, está na expectativa de grande aplicação de distintas arquiteturas de machine learning, e que o Python se consolidou como linguagem de desenvolvimento principal e com maior suporte para este tipo de aplicação. Entre os frameworks mais importantes a serem aplicados no desenvolvimento, será adotado o PyTorch. Ainda em relação aos principais frameworks aplicados no desenvolvimento, dada a expectativa de que os modelos tenham que continuamente processar grandes volume de dados de entrada, será adotado o framework Polars para as atividades de IO, processamento de dados e manipulação de DataFrame em geral, por este apresentar considerável ganho de performance e melhor gerenciamento de memória em comparação com alternativas mais clássicas do Python, como o Pandas.

Ferramentas

Para visualização dos dados será utilizado: o Climate Data Operators (CDO) que representa um conjunto de comandos estatísticos e aritméticos úteis para processar dados meteorológicos no formato GRIB e NetCDF; o Quantum GIS (QGIS) que é um programa de código aberto e gratuito que serve para processar dados geoespaciais; e um visualizador de imagens (gráficos e tabelas); Python 3 para rodar scripts; frameworks do próprio Python (Ex: PyQT5 e Tkinter).