

Testbed Regional de HPC RNP-LIneA: infraestrutura soberana e escalável para a e-Ciência

JUSTIFICATIVA

PERFIL INSTITUCIONAL

A Rede Nacional de Ensino e Pesquisa (RNP) é a organização responsável por construir e manter uma infraestrutura de Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC) de alto desempenho no Brasil, servindo como a espinha dorsal de conectividade para a comunidade acadêmica e científica. Com sólida experiência no suporte à Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (PD&I), a RNP oferece serviços essenciais como redes ópticas, cibersegurança e computação avançada, destacando-se pela criação do Laboratório Nacional Multusuário para Experimentações em TICs e IA, que visa democratizar o acesso a recursos computacionais de ponta, incluindo futura capacidade de GPUs de alto desempenho, consolidando-se como um pilar estratégico para a inovação tecnológica e a e-ciência no país, com planos de expansão para alcance internacional.

Neste contexto, a RNP atua como a entidade proponente e garantidora do contrato, delegando a execução técnica e a gestão operacional especializada do Testbed regional de HPC ao seu parceiro estratégico, o Laboratório Interinstitucional de e-Astronomia (LIneA), com o qual desenvolve atividades de colaboração em P&D desde 2010.

O Laboratório Interinstitucional de e-Astronomia (LIneA) é um Instituto de Ciência e Tecnologia privado, sem fins lucrativos, referência em ciência de dados e infraestrutura computacional voltada à pesquisa científica, com ênfase em astronomia observacional e ciência baseada em dados. Desde 2010, o LIneA atua em colaboração com instituições científicas nacionais e internacionais no desenvolvimento e operação de plataformas de computação de alto desempenho (HPC), armazenamento de grande escala e ferramentas de análise e visualização de dados científicos.

O termo de referência (TdR) busca mais do que capacidade computacional bruta; busca um serviço regional sustentável que possa competir com hyperscalers (Amazon Web Services, Azure, Google Cloud Platform), alavancando as vantagens competitivas da RedCLARA: soberania de dados e suporte especializado. A expertise do LIneA em gerenciar big data e fornecer suporte a centenas de pesquisadores alinha-se perfeitamente a este objetivo. Nossas parcerias estratégicas com o Laboratório Nacional de Computação Científica (LNCC) nos garantem uma infraestrutura confiável de operação e, à RNP, alta conectividade.

A participação do LIneA nesta iniciativa é justificada por sua ampla experiência e infraestrutura consolidada, destacando-se:

1. Operação de sistemas de acesso como o LSDB.io e o LineA Science Platform (LSP).
Curadoria de dados do Dark Energy Survey (DES), Sloan Digital Sky Survey (SDSS) e do projeto Legacy Survey of Space and Time (LSST), integrando petabytes de dados científicos.
2. Coordenação do IDAC Brasil (Independent Data Access Center) parte de uma rede internacional sendo estabelecida pelo observatório Vera C. Rubin para servir como ponto de acesso aos dados do LSST. Esta atribuição envolve assegurar a interoperabilidade com centros de dados internacionais, disponibilizar o uso e acesso para todos os pesquisadores membros da colaboração (mais de 2000 pesquisadores), gerar e gerir todo o ciclo de vida de produtos científicos avançados.
3. Acesso a serviços de HPC e armazenamento de dados abertos à comunidade.
4. Manutenção de equipe técnica qualificada em administração de clusters HPC, pipelines científicos, bancos de dados e desenvolvimento de interfaces de acesso remoto.
5. Integração de plataformas web com autenticação e autorização federada. Atualmente as plataformas científicas desenvolvidas pelo LIneA utilizando modernos protocolos de autenticação e autorização estão integradas ao hub CILogon.
6. Implementação, gestão e operação de uma plataforma JupyterHub como serviço, utilizando Kubernetes e Open OnDemand, integrada ao hub CILogon para autenticação e autorização federada. Esta arquitetura serve como base unificada para as plataformas científicas do LIneA, garantindo acesso seguro e padronizado através de protocolos OAuth 2.0 e OpenID Connect.
7. Configuração e gestão de ambientes de monitoramento com Zabbix e Grafana, incluindo a criação de dashboards customizados para métricas de HPC, configuração de alertas e análise proativa de métricas para garantia da qualidade do serviço.
8. Disponibilização de documentação técnica completa nos idiomas português, espanhol e inglês.
9. Serviço de atendimento aos usuários com equipe com experiência de anos no atendimento de suporte e apoio a pesquisadores em várias colaborações internacionais.
10. Oferta de programas de capacitação em ciência de dados para diferentes níveis de conhecimento, utilizando a plataforma Google Classroom para gestão e distribuição de conteúdos de aprendizagem.

A parceria entre a RNP e o LIneA é uma colaboração baseada na complementaridade de infraestruturas. A RNP fornece a conectividade de alto desempenho necessária para o transporte seguro de petabytes de dados astronômicos, atuando como o pilar de rede. Essa infraestrutura permite ao LIneA concentrar-se em sua especialidade: a gestão de Big Data e a operação de plataformas avançadas de Computação de Alto Desempenho (HPC), como o IDAC Brasil para o LSST. Em conjunto, as instituições estabelecem um ambiente soberano e internacionalmente interoperável que suporta a pesquisa científica de ponta no país.

Nossos objetivos ao participar desta licitação incluem:

1. Ampliar a oferta de serviços HPC e armazenamento do LIneA através de um modelo HPCaaS (*HPC-as-a-service*) que atenda demandas científicas diversas com alto grau de customização, otimizando a relação custo-benefício e reduzindo barreiras de acesso a recursos computacionais avançados.
2. Desenvolver um modelo de serviço de oferta HPCaaS e armazenamento, com serviços configuráveis, que equilibrem desempenho, flexibilidade e custo-benefício para diferentes perfis de pesquisa;
3. Desenvolver documentação técnica multilíngue e protocolos de atendimento específicos que garantam onboarding eficiente, uso otimizado dos recursos e acompanhamento técnico contínuo aos usuários;
4. Oferecer um subconjunto dedicado da infraestrutura HPC e do armazenamento do LIneA como ambiente de desenvolvimento e operação piloto, assegurando maturidade técnica antes da oferta em larga escala.

A capacidade de execução é garantida pela infraestrutura consolidada do LIneA, composta por 5 pilares de serviço (HPC, Dados, Plataformas, Portais e Suporte), detalhados na seção [Instalações de Apoio, Subcontratação e Entidade provedora de capacidade](#).

SOBRE O TDR E A FINALIDADE DO CONTRATO

A proposta da RedCLARA para o Testbed regional de HPC demonstra uma excelente compreensão dos desafios e oportunidades na região. A RNP e o LIneA destacam que o TdR está estrategicamente alinhado com a missão de desenvolver um serviço competitivo e sustentável:

1. **Vantagem competitiva e soberania de dados:** O TdR acerta ao exigir diferenciais críticos como soberania de dados e suporte especializado. O LIneA já opera esse requisito em produção: nossa plataforma é nativamente desenhada para uma autenticação federada via CILogon e COmanage, garantindo o controle de acesso e soberania dos dados;
2. **Modelo de adoção garantida:** o requisito de oferecer o acesso acadêmico básico gratuito por no mínimo 12 meses é um mecanismo fundamental para validar o serviço e mitigar o risco de baixa adoção inicial. Nossa modelo de acesso via plataforma Open OnDemand facilita o onboarding de usuários de forma intuitiva (via navegador), com recursos amplamente difundidos e utilizados (JupyterLab e SSH), reduzindo a barreira de entrada;
3. **Serviços configuráveis e modulares:** O TdR busca flexibilidade, e a arquitetura do LIneA é modular. Além de HPC e armazenamento de alto desempenho (Lustre FS), o LIneA já integra portais científicos, oferecendo soluções que podem ser replicadas para outras áreas de e-ciência, cumprindo o requisito de serviços modulares.

SOBRE OS TEMAS-CHAVE E O LOGRO DOS OBJETIVOS

O sucesso do projeto depende criticamente da execução eficaz dos seguintes fatores, que são garantidos pela expertise e infraestrutura do consórcio:

1. **Integração e desempenho:** o fator crítico é a integração eficiente entre computação e armazenamento. Nossa solução, com Lustre FS e InfiniBand 100 Gbps, garante que o Testbed não sofra gargalos de I/O, vital para a execução de workflows científicos complexos;
2. **Qualidade de serviço e suporte regional:** o sucesso do serviço exige mais que infraestrutura, exige atendimento. O LIneA possui o *Service Desk* e oferece *Office Hours* sob demanda conduzidos por especialistas. Nossa documentação técnica multiíngue (PT/ES/EN) e suporte bilíngue atende diretamente ao diferencial competitivo exigido pelo TdR;
3. **Rastreabilidade e confiabilidade:** a configuração e gestão de ambientes de monitoramento com Zabbix e Grafana já são uma prática estabelecida. Essa capacidade é essencial para garantir o nível de serviço (SLA) do Testbed e fornecer dados de rastreabilidade do uso de recursos, conforme exigido para a gestão de um serviço de *revenue sharing*;
4. **Visão federada:** a experiência consolidada em autenticação federada (CILogon/EduGAIN) e a coordenação do IDAC Brasil como parte da infraestrutura de acesso (e em parte de processamento) dos dados do LSST para o observatório Vera C. Rubin posicionam a solução proposta como um nó natural de referência para futuros paradigmas na RedCLARA, cumprindo o requisito de arquitetura que permita futura federação.

SOBRE OS RISCOS DE EXECUÇÃO

A execução bem-sucedida do Testbed de HPC e a sua sustentabilidade de longo prazo dependem da identificação e tratamento proativo dos riscos inerentes ao ambiente de computação de alto desempenho. A seguir, apresentamos a análise e as estratégias de mitigação organizadas por tipo de risco.

Análise e mitigação de riscos

Tipo de Risco	Descrição	Medidas de Mitigação
Técnico	Falhas de hardware, interrupções ou degradação de desempenho.	Monitoramento contínuo com alertas, com vários equipamentos tendo redundância e outros mantidos em garantia dos fornecedores.
Operacional	Sobrecarga de processamento ou de usuários simultâneos.	Planejamento de capacidade e uso de sistemas de escalonamento dinâmico (e.g., Slurm com políticas de QoS) e a possibilidade de filas com diferentes prioridades dependendo da

		criticidade das aplicações.
	Adoção lenta do Testbed pela comunidade científica, preferindo clusters locais ou <i>large cloud providers</i> .	Foco em capacitação e suporte. Criação de ambientes pré-configurados para reduzir a curva de aprendizado. Engajamento ativo com grupos-alvo (e.g. Astronomia, Biologia, etc.) via RNP/LIneA.
Segurança	Ameaças cibernéticas, acesso não autorizado, perda ou corrupção de dados.	Políticas de segurança da informação, <i>firewalls</i> , auditorias e backups periódicos. Autenticação federada. Sistema de gerenciamento SGIS realizado pela RNP.
Financeiro	Atrasos em repasses ou custos imprevistos.	Planejamento orçamentário faseado e relatórios trimestrais de controle.
Recursos Humanos	Rotatividade de especialistas técnicos.	Plano de capacitação interna e retenção de talentos. Equipe com mais de 10 anos no LIneA. Documentação robusta. Salários competitivos.

O projeto também é construído sobre suposições críticas que, embora fora do controle direto da gestão do Testbed, são essenciais para o seu funcionamento e sustentabilidade. A validação destas suposições será realizada através de acordos formais e monitoramento contínuo.

Suposições críticas

Suposições	Condição crítica para o projeto
Conectividade de rede	A rede acadêmica (RNP/RedCLARA) fornecerá conectividade estável e de baixa latência entre as RNIEs e o Testbed do RNP/LIneA.
Validação e mitigação	Monitoramento de rede (RNP). SLAs (<i>Service Level Agreement</i>) de conectividade. Uso do DTN do LIneA para otimizar transferências.
Compromisso de contrapartida	O consórcio (RNP/LIneA) garantirá a disponibilidade total e contínua dos recursos (infraestrutura, pessoal, recursos energéticos) que compõem a contrapartida mínima de 54% do valor total do projeto.

DESCRÍÇÃO DO SERVIÇO

DESCRÍÇÃO GERAL DO SERVIÇO E CAPACIDADE DO TESTBED

O serviço proposto é o Testbed regional de computação de alto desempenho (HPCaaS), uma plataforma funcional e sustentável concebida com um foco estratégico duplo: garantir soberania de dados e fornecer suporte especializado regional às RNIEs membro da RedCLARA.

O Testbed destina-se a uma ampla base de usuários na América Latina e Caribe (LAC), incluindo profissionais, estudantes e pesquisadores vinculados a Instituições de Ensino e Pesquisa e organizações de pesquisa em geral (RPOs), bem como a *startups* e outros atores públicos e privados. Seu objetivo final é suportar cargas de trabalho experimentais, simulações complexas e o processamento de big data científico na região.

O escopo do serviço incorporará os entregáveis mandatórios definidos no TdR, começando pela análise de requisitos e pela concepção da arquitetura escalável, culminando na disponibilização de, no mínimo, três modalidades específicas de serviços de HPC. O Testbed será lançado com as seguintes modalidades operacionais, baseadas na infraestrutura madura do LIneA, garantindo atendimento imediato a diversas demandas científicas:

1. **Processamento intensivo em CPU:** oferta de recursos computacionais gerenciados por Kubernetes, com perfis de recursos pré-configurados (similar a instâncias cloud), otimizados para simulações numéricas e cargas de trabalho paralelas. Os usuários podem provisionar pods com recursos dedicados (CPU, memória) sob demanda, com suporte a cargas paralelas via MPI Operator para workflows que exigem comunicação entre nós;
2. **Armazenamento de alto desempenho:** oferta de arquivos paralelos projetados para acesso rápido, confiável e escalável a grande volumes de dados científicos;
3. **Plataforma Kubernetes:** ambiente de orquestração de contêineres voltado à execução de microsserviços científicos, cargas de trabalho containerizadas e aplicações cloud-native, garantindo portabilidade, reproduzibilidade e integração contínua.

DETALHAMENTO TÉCNICO DAS CAPACIDADES

Arquitetura de armazenamento otimizada

A arquitetura de armazenamento foi projetada para abranger o ciclo completo de vida dos dados científicos, equilibrando desempenho, escalabilidade e persistência:

- A. **Lustre FS (Acesso paralelo de alto rendimento):** sistema de arquivos paralelo empregado nas camadas Scratch e Persistente, otimizado para operações simultâneas de leitura e escrita em larga escala. O acesso é realizado diretamente pelos pods de computação (instalado nos nós ou via CSI driver), por meio de rede InfiniBand de 100 Gbps, garantindo baixa latência e alto desempenho;

- B. **NAS (Armazenamento de longa duração):** sistema complementar voltado a repositórios institucionais, *backups*, *home directories* e dados de uso contínuo, oferecendo armazenamento estável e seguro de longo prazo, acessível via *Persistent Volumes* (PVs) no Kubernetes.

Esta combinação proporciona uma hierarquia de armazenamento eficiente, adequada tanto a *workflows* de alto desempenho quanto à necessidade de preservação e reuso de dados.

Interfaces e orquestração unificada

A plataforma web customizada, baseada em Kubernetes, atuará como interface unificada para acesso, gestão e orquestração de recursos computacionais baseados em perfis de recursos configuráveis, integrando de forma transparente o provisionamento sob demanda de ambientes de computação. Essa abordagem simplifica a experiência do usuário final, sem comprometer o controle técnico e a segurança.

- Acesso unificado: portal web para submissão e monitoramento de *workflows* complexos, execução interativa de notebooks e gerenciamento de recursos HPC e Kubernetes;
- Interfaces disponíveis: portal Web com acesso ao terminal do ambiente e JupyterLab.
- Monitoramento e segurança: integração com sistemas de monitoramento, autenticação federada (CILogon), controle de acesso e gestão de usuários, assegurando rastreabilidade e conformidade.

PROPOSTA DE VALOR ESPECÍFICA E ALINHAMENTO ESTRATÉGICO

A proposta de valor combina inovação tecnológica com compromissos institucionais verificáveis, reforçando a maturidade da infraestrutura e o alinhamento com os objetivos regionais.

Pilar estratégico	Entrega de valor RNP/LIneA
Soberania e privacidade de dados	Garantia de que o processamento e o armazenamento dos dados permanecem integralmente na região LAC. A autenticação federada (CILogon) e a experiência LIneA com o IDAC Brasil asseguram altos níveis de privacidade, rastreabilidade e conformidade regional.
Acesso e desempenho	Acesso unificado via web customizada, baseada em Kubernetes, com acesso ao terminal do ambiente e JupyterLab, aliado ao desempenho do Lustre FS sobre InfiniBand 100 Gbps,

	proporcionando eficiência em <i>workflows</i> de <i>big data</i> e HPC.
Supporte regional especializado	Compromisso com acesso acadêmico gratuito por, no mínimo, 12 meses, além de suporte técnico contínuo e documentação multilíngue (português, espanhol e inglês).

POLÍTICA DE GOVERNANÇA DE RECURSOS E ACORDO DE NÍVEL DE SERVIÇO (SLA)

A infraestrutura dedicada ao Testbed operará sob um regime de governança de recursos estrito, desenhado para assegurar o mandato de fomento à pesquisa científica enquanto executa provas de conceito vitais para a viabilidade econômica de longo prazo. A política de alocação de capacidade rege-se pelos seguintes pilares:

1. **Garantia de acesso acadêmico universal (piso mínimo de 4 Nós):** estabelece-se como diretriz irrevogável a reserva de, no mínimo, 4 dos 6 nós de computação (representando aproximadamente 67% da capacidade total instalada) para o acesso gratuito às RNIEs e parceiros acadêmicos. Este volume constitui o piso operacional garantido, assegurando que a missão primária de fomento à ciência permaneça blindada contra flutuações de demanda externa ou testes comerciais.
2. **Laboratório de validação de sustentabilidade e manutenção (teto de 2 Nós):** a capacidade remanescente (aprox. 33%) será alocada como um ambiente controlado ("Sandbox") destinado a dois fins críticos:
 - a. *Prototipagem de Modelos de Negócio:* Teste e validação empírica de mecanismos de sustentabilidade financeira (ex.: subscrições institucionais, pagamento por uso, modelos de quotas), visando definir a estratégia de recuperação de custos pós-financiamento.
 - b. *Janelas de Manutenção Técnica:* As paradas programadas para manutenção preventiva e corretiva serão debitadas exclusivamente desta cota, garantindo que o tempo de indisponibilidade não penalize a oferta de acesso acadêmico gratuito.
3. **Princípio da eficiência máxima (mechanismo de backfill):** Em alinhamento com as melhores práticas de gestão de recursos públicos, adota-se o modelo de alocação dinâmica. Sempre que a cota destinada ao "Laboratório de Sustentabilidade" não estiver comprometida com validações de negócio ou manutenção, sua capacidade será automaticamente revertida para o pool acadêmico gratuito. Desta forma, a disponibilidade efetiva para a comunidade científica poderá atingir até 100% da capacidade instalada, eliminando a ociosidade da infraestrutura.

ESTRATÉGIA

A estratégia de implementação está baseada na adaptação e formalização de um subconjunto da infraestrutura operacional existente no LIneA para constituir o Testbed regional. Será utilizado um modelo de implementação por fases, iniciando com a configuração de ambientes dedicados dentro da plataforma atual, seguido por uma etapa de validação piloto para, finalmente, culminar com a operação do serviço.

LISTA DE TAREFAS PROPOSTAS

FASE 1: IMPLEMENTAÇÃO TÉCNICA E OPERAÇÃO INICIAL

1. Definição e documentação da arquitetura de software e orquestração do Testbed;
2. Preparação do ambiente físico (Hardening) e instalação do armazenamento (Produtos 1 e 2);
3. Implantação da plataforma Kubernetes e configuração de cotas de recursos (Produto 3);
4. Customização e implantação da interface de acesso (Portal) com identidade visual do consórcio (Produto 4);
5. Integração da autenticação federada (CILogon) com as RNIEs (Produto 5);
6. Configuração dos sistemas de monitoramento e Service Desk (Produto 6);
7. Contratação e início das consultorias de tradução e negócios;
8. Elaboração da documentação técnica inicial e dos manuais de usuário (Produto 7);

FASE 2: OPERAÇÃO PILOTO E COLETA DE DADOS

9. Lançamento e operação do programa piloto com usuários selecionados;
10. Coleta sistemática de dados de uso para validação do modelo de Revenue Sharing;
11. Execução do ciclo de webinars/workshops de capacitação (Produto 8);

FASE 3: CONSOLIDAÇÃO E ENTREGÁVEIS

12. Consolidação do modelo de negócios e plano de sustentabilidade com base nos dados coletados (Produto 9);
13. Finalização do Business Blueprint e do Plan de Sostenibilidad y Escalamiento;

14. Elaboração do Informe de Validación Técnica incluindo a análise de métricas de uso;
15. Entrega da documentação técnica final e da Ruta de Capacitación Técnica.

LISTA DE INSUMOS

- **Infraestrutura Física de HPC e Armazenamento:** Alocação de 6 nós de computação HPE Apollo, sistema de arquivos Lustre/NAS (300 TB) e rede InfiniBand (contrapartida).
- **Equipe de Engenharia Sênior:** Especialistas técnicos do LIneA (HPC, Storage, DevOps, Segurança) para implementação e configuração da Fase 1 (contrapartida).
- **Equipe de Operação e Capacitação:** Pessoal dedicado para Service Desk (N1/N2), instrutores e tutores para o ciclo de treinamentos de 12 meses (solicitado).
- **Serviços Especializados de Terceiros:** Contratação de serviços de Design UI/UX (Portal), Treinamentos, e Consultoria de Negócios (sustentabilidade) (solicitado).
- **Infraestrutura de Apoio e Conectividade:** Servidores virtuais de gestão/monitoramento, certificados digitais e conectividade de rede de alta performance (misto).
- **Conectividade de alta performance:** infraestrutura de rede RNP/RedCLARA para interconexão regional.

LISTA DE PRODUTOS

- **Processamento de alto desempenho para cargas científicas:** Disponibilização de 168 núcleos físicos (HPE Apollo) provisionados como recursos computacionais para o cluster.
- **Armazenamento de alto desempenho para dados científicos:** Infraestrutura de 300 TB (Lustre/NAS) integrada via drivers CSI e rede InfiniBand.
- **Plataforma containerizada para cargas HPC:** Ambiente Kubernetes operacional para orquestração de pods e microsserviços científicos.
- **Interface única de acesso aos serviços:** Portal web customizado integrado à API do Kubernetes para submissão e gestão de cargas de trabalho.
- **Acesso integrado com autenticação federada:** Configuração de mecanismos de autenticação via CILogon/EduGAIN para acesso seguro.
- **Operação e Suporte Técnico (Service Desk):** Estrutura de atendimento N1/N2 ativa e ferramentas de observabilidade configuradas.

- **Documentação técnica operacional e de usuário:** Manuais e guias de referência traduzidos (PT/ES/EN) e publicados.
- **Programa de capacitação técnica:** Ciclo de treinamentos e materiais didáticos focados no uso de HPC em ambientes containerizados.
- **Plano de negócios e *revenue sharing*:** Modelo de sustentabilidade e governança financeira validado.

INSTALAÇÕES DE APOIO, SUBCONTRATAÇÃO E ENTIDADE PROVEDORA DE CAPACIDADE

INSTALAÇÕES DE APOIO E SUPORTE TÉCNICO

Esta proposta é apresentada pela RNP, porém todas as tarefas de implantação e operação do testbed serão executadas pela instituição parceira LIneA. A execução financeira será gerida pela RNP conforme as regras do consórcio, garantindo eficiência tributária.

CONTRIBUIÇÃO E RESPONSABILIDADES

RNP: Contratante perante a RedCLARA; gestão administrativa, financeira e de contrato; fornecimento da conectividade de rede.

LIneA: Execução técnica integral dos serviços de HPC; operação da infraestrutura; suporte técnico especializado.

INFRAESTRUTURA DE RESPALDO E CAPACIDADE TÉCNICA INSTALADA DO LINEA

Os serviços oferecidos pelo LIneA integram recursos de computação, armazenamento, monitoramento e segurança em uma infraestrutura de alta performance voltada ao processamento de dados científicos. O ambiente foi projetado para oferecer desempenho, confiabilidade e facilidade de uso, com acesso remoto via web, autenticação federada e suporte técnico especializado.

SERVIÇO 1 - PROCESSAMENTO DE ALTO DESEMPENHO (HPC)

Infraestrutura de computação de alto desempenho composta por servidores HPE Apollo interligados por rede InfiniBand 100 Gbps, operando sob Rocky Linux 9.x e gerenciados pelo Slurm Workload Manager (v 24.05.5).

Os usuários acessam o ambiente por meio da plataforma web Open OnDemand, que permite submissão de jobs, terminais interativos e gerenciamento de arquivos diretamente via navegador de internet.

Principais características:

- Capacidade computacional: ~1072 núcleos físicos de CPU distribuídos entre nós de processamento de uso compartilhado.
- Sistema de agendamento: controle de filas, políticas de prioridade e QoS para execução de tarefas paralelas ou seriadas.
- Ambiente científico: bibliotecas e frameworks MPI, Python e GCC disponíveis.

- Monitoramento e operação: acompanhamento em tempo real por Zabbix e Grafana.
- Segurança: Autenticação federada via CILogon, integrada ao COmanage, LDAP e SATOSA, com controle de acesso baseado em perfis.
- Suporte: equipe técnica do LIneA responsável pela administração e pelo atendimento aos usuários.

SERVIÇO 2 - ARMAZENAMENTO E CURADORIA DE DADOS CIENTÍFICOS

Infraestrutura de armazenamento de alto desempenho, escalável e segura, projetada para suportar o ciclo completo de processamento, análise e preservação de dados científicos em ambiente de computação de alto desempenho.

O sistema é otimizado para acesso paralelo e intensivo, permitindo o compartilhamento eficiente de grandes volumes de dados entre múltiplos nós de processamento de forma integrada ao cluster HPC.

Principais componentes:

- Sistema de arquivos paralelo Lustre FS (versão LTS 2.15.6): otimizado para operações simultâneas de leitura e escrita em larga escala, oferecendo alta taxa de transferência e baixa latência.
- Camadas de armazenamento hierárquico:
 - T0 (Scratch): baseado em SSDs (~80 TB), destinado a dados temporários e resultados intermediários de processamento.
 - T1 (Persistente): baseado em HDDs (~500 TB), voltado ao armazenamento de dados científicos consolidados e de longo prazo.
 - NAS HPE Apollo 4510: sistema complementar com 1,2 PB de capacidade, dedicado a repositórios, armazenamento de longo prazo e também ao *home* dos usuários, garantindo acesso estável e seguro aos seus arquivos pessoais e ambientes de trabalho.
- Integração nativa do Lustre FS com o ambiente HPC, permitindo acesso direto a partir dos nós de computação via rede InfiniBand de 100 Gbps, assegurando alta largura de banda e baixa latência.
- Ambiente multiusuário seguro, com autenticação centralizada e controle de permissões por projeto, garantindo isolamento e rastreabilidade.
- Monitoramento contínuo e suporte técnico especializado, assegurando disponibilidade, integridade e desempenho consistentes para as cargas científicas executadas.

SERVIÇO 3 - ACESSO AO AMBIENTE HPC E PLATAFORMAS INTERATIVAS

Serviço que provê aos usuários um ambiente unificado de acesso e execução de tarefas científicas, integrando autenticação federada, interfaces web e ferramentas interativas.

O acesso ao cluster HPC é realizado por meio de plataformas modernas que permitem a submissão de jobs, manipulação de arquivos e análise de dados diretamente via navegador, sem necessidade de configuração local.

Principais componentes:

- Plataforma web Open OnDemand, integrada ao agendador Slurm, oferecendo terminais interativos, submissão de jobs e acesso direto às áreas de armazenamento no Lustre e no /home do usuário.
- Autenticação federada, baseada em COmanage, LDAP e SATOSA, compatível com as federações CAFé (RNP) e EduGAIN, permitindo o uso de credenciais institucionais.
- Ambiente interativo JupyterLab, acessível via navegador e integrado ao mesmo backend HPC.
- Serviços de upload e download de dados, acessíveis de forma segura e integrada ao ambiente de armazenamento.
- Controle e rastreabilidade de sessões, com registro de acessos, uso de recursos e integração com os sistemas de monitoramento.
- Suporte técnico especializado, responsável pela manutenção e evolução das plataformas de acesso (Open OnDemand), gestão de contas e integração com os serviços de autenticação e armazenamento.

SERVIÇO 4 - PORTAIS CIENTÍFICOS

Serviço focado no desenvolvimento de plataformas e portais científicos personalizados para processamento, análise e visualização interativa de dados. Voltado a colaborações nacionais e internacionais, o serviço integra sistemas de autenticação federada, permitindo o gerenciamento seguro do acesso e a disponibilização de produtos públicos ou sob embargo, atendendo às diversas políticas de dados.

Essas soluções se materializam como portais web dedicados, todos profundamente integrados à infraestrutura de HPC e armazenamento do LIneA. Isso garante que os pesquisadores possam executar workflows complexos e explorar grandes volumes de dados de forma eficiente, diretamente no navegador.

Portais disponíveis:

- Acesso a Catálogos:
 - [User Query](#): Ferramenta para submissão de consultas (queries) diretamente aos bancos de dados.
 - [Data LineA](#): Interface web para instrução de acesso a dados e metadados de catálogos de dados astronômicos, e.g., lsdb.io.
- Ferramentas de Exploração e Visualização:
 - [Sky Viewer](#): Para visualização interativa de imagens do céu.
 - [Target Viewer](#): Focado na visualização de informações detalhadas sobre alvos astronômicos específicos.

- [LIneA Occultation Prediction Database](#): Um banco de dados aberto focado no acesso e na visualização de previsões de eventos de ocultação de estrelas por asteroides.
- Portais Especializados:
 - [PZ Server](#): Um servidor dedicado a dados de photometric redshifts (estimativas de distância) para o LSST.
 - [LIneA Solar System Portal](#): Uma plataforma científica especializada em produzir de forma automatizada previsões de ocultações estelares utilizando HPC.
 - [SDSS Sky Server](#): Ponto de acesso aos dados do Sloan Digital Sky Survey.
 - [DES Science Portal](#): O portal dedicado à colaboração com a Dark Energy Survey.
 - [MaNGA Portal](#): Desenvolvido para a colaboração com MaNGA (Mapping Nearby Galaxies at APO).

SERVIÇO 5 - SUPORTE, DOCUMENTAÇÃO E CAPACITAÇÃO DE USUÁRIOS

Serviço voltado ao apoio técnico e operacional aos usuários da infraestrutura de HPC e armazenamento, assegurando o uso eficiente dos recursos e o acompanhamento contínuo das atividades científicas. O suporte é oferecido em múltiplos canais e complementado por uma base de conhecimento rica e continuamente atualizada, com documentação técnica multilíngue e sessões especializadas de atendimento sob demanda.

Principais componentes:

- Service Desk: canal centralizado de atendimento para registro, acompanhamento e resolução de chamados técnicos e operacionais.
- Office Hours sob demanda: sessões de atendimento remoto e interativo, agendadas conforme a necessidade identificada pelo time de Service Desk ou pelos próprios usuários. Essas sessões são conduzidas por especialistas da equipe técnica e voltadas à orientação sobre boas práticas, execução de workflows, integração de dados e otimização do uso do ambiente HPC.
- Documentação técnica: portal público docs.linea.org.br, com guias detalhados, tutoriais e políticas de uso, mantido em português, espanhol e inglês.
- Base de conhecimento: repositório interno de procedimentos e FAQs, utilizado pela equipe técnica para padronizar atendimentos e garantir continuidade de suporte.
- Capacitação e onboarding: processo estruturado que se inicia com o preenchimento de um questionário de levantamento de requisitos e perfil de uso. A partir dessas informações, o time técnico propõe uma sessão personalizada para apresentar o ambiente HPC, suas políticas de uso, fluxos de submissão de tarefas e canais de suporte. Durante essa etapa, o usuário recebe instruções práticas sobre autenticação, uso do Open OnDemand, acesso ao sistema de arquivos e boas práticas operacionais.

- Suporte bilíngue: equipe apta a prestar atendimento técnico e orientações em português e inglês, conforme a origem e a necessidade dos usuários.

DESCRÍÇÃO DAS INSTALAÇÕES E SUPORTE DEDICADOS AO TESTBED

A infraestrutura LIneA dedicada ao projeto corresponde a um mínimo de:

- **Infraestrutura de HPC:** subconjunto dedicado do cluster HPE Apollo, compreendendo 6 nós de computação (168 núcleos físicos, 336 com HT) para acesso *first come, first served*;
- **Armazenamento de alto desempenho:** 200 TB dedicados no sistema de armazenamento NAS, e garantia de 100 TB de capacidade útil no sistema de arquivos paralelo Lustre FS, com alocação flexível entre os níveis T0 (scratch) e T1 (hot storage), integrado via rede InfiniBand de 100 Gbps;
- **Plataforma de acesso:** ambiente baseado em Kubernetes, com autenticação federada (CILogon) e recursos oferecidos por perfis, configurado com identidade visual e políticas de acesso específicas para o Testbed regional;
- **Sistemas de suporte técnico:** a mesma estrutura de *Service Desk* especializado, com monitoramento contínuo (Zabbix/Grafana) e gestão utilizada para os demais projetos do LIneA.

ESTRUTURA ORGANIZACIONAL E CAPACIDADE DE EQUIPE

A execução técnica do projeto será realizada pela equipe técnica permanente do LIneA, com uma alocação inicial de 4 profissionais especializados em regime de tempo parcial. A composição da equipe poderá ser ajustada ao longo do projeto, utilizando os recursos humanos qualificados disponíveis na instituição para garantir a cobertura adequada das competências necessárias em cada fase (implementação e operação). A alocação de esforços foi planejada para uma fase inicial de implementação mais intensa (meses 1 a 6), seguida por uma fase operacional de sustentação (meses 7 a 18), com o nível de envolvimento sendo adaptado conforme as necessidades específicas de cada etapa.

Função	Qtde.	Alocação (Meses 1 a 6)	Alocação (Meses 7 a 18)	Experiência e atribuições
Coordenador técnico	1	25%	10%	Gestão técnica do projeto; interface com a RNP, validação de entregáveis; acompanhamento estratégico na fase operacional.
Especialista sênior em infraestrutura e HPC	1	50%	15%	Implementação: configuração de recursos dedicados.

				Operação: monitoramento proativo, ajustes de performance, manutenção.
Especialista sênior em plataformas e DevOps	1	50%	10%	Implementação: personalização da plataforma de acesso; integração de autenticação e autorização; configuração de Kubernetes. Operação: ajustes pontuais e suporte especializado.
Especialista sênior em suporte e capacitação	1	50%	15%	Implementação: criação de documentação técnica e de usuário; condução de treinamentos. Operação: gestão do Service Desk; suporte contínuo aos usuários.

CONTROLE DE QUALIDADE E GESTÃO DO CONHECIMENTO

O LIneA opera com processos estabelecidos para garantia da qualidade de serviços:

1. Procedimentos padronizados para implantação de serviços, monitoramento de infraestrutura e tratamento de falhas e resolução baseada na criticidade dos eventos;
2. Revisões técnicas regulares para verificação de desempenho e estabilidade;
3. Monitoramento contínuo de métricas operacionais, incluindo disponibilidade e utilização de recursos;
4. Monitoramento e melhoria contínua baseados na coleta de feedback de usuários.

A preservação e o compartilhamento do conhecimento técnico são realizados através de:

1. Documentação técnica mantida no portal intitucional docs.linea.org.br, que incluirá uma seção específica para este projeto (nos idiomas português, espanhol e inglês);
2. Sessões periódicas de alinhamento técnico entre os membros da equipe;
3. Versionamento e licenciamento do código: todo o código produzido para a implantação, configuração e personalização do ambiente será mantido em [GitHub institucional](https://github.com/linea-institucional). Este código será disponibilizado publicamente sob uma licença de código aberto *Affero General Public License (AGPL)* por padrão, ou a ser definida em acordo com a RedCLARA, garantindo transparência, reprodutibilidade e o benefício da comunidade técnica regional.

PARTICIPAÇÃO DE TODOS OS MEMBROS DO CONSÓRCIO E PROVEDORES DE CAPACIDADE

A proposta é apresentada pela RNP, que atuará como contratada perante a RedCLARA. O contratado (RNP) fornecerá a conectividade de rede de alta performance, cabendo ao LIneA, na qualidade de subcontratado, o fornecimento e a operação da infraestrutura técnica de HPC, armazenamento e plataformas de acesso. Trata-se de um ambiente em produção, estável e com procedimentos operacionais consolidados.

O LIneA será responsável pela execução técnica das atividades de implementação e operação do Testbed HPC, conforme estabelecido na seção "Instalações de Apoio". Suas responsabilidades específicas incluem:

- Operação e manutenção da infraestrutura computacional e de armazenamento;
- Configuração e gestão das plataformas de acesso e ferramentas de orquestração;
- Implementação dos mecanismos de segurança e autenticação federada e autorização;
- Prestação de suporte técnico especializado aos usuários;
- Desenvolvimento da documentação técnica e dos programas de capacitação.

A participação do LIneA será formalizada através de declaração de compromisso escrita, que atesta sua responsabilidade na execução dos serviços para os quais sua capacidade técnica foi invocada. Este documento será mantido disponível e apresentado quando requerido, conforme estabelecem as cláusulas do edital sobre a apresentação de documentação comprobatória.

A colaboração entre RNP e LIneA assegura a complementaridade de competências, com a RNP responsável pela gestão administrativa, financeira e pela conectividade, e o LIneA pela execução técnica especializada.

CRONOGRAMA DE TRABALHO

O cronograma está organizado em duas fases principais, alinhadas com os prazos do TdR. A execução técnica será realizada primordialmente de forma remota. Deslocamentos pontuais para atividades de difusão ou alinhamento estratégico poderão ocorrer conforme a necessidade do projeto e disponibilidade orçamentária.

FASE 1 - IMPLEMENTAÇÃO E VALIDAÇÃO (MESES 1 A 6)

Meses	Atividades principais
1 a 2	Análise e validação de requisitos e arquitetura. Preparação física, hardening de segurança e instalação do Cluster HPC. Implantação da camada de orquestração (Kubernetes) e armazenamento. Início da consultoria para modelagem de negócios e TCO.
3 a 4	Customização e implantação do Portal de Acesso. Integração de autenticação federada (CILogon) com as RNIEs. Início do serviço de tradução da documentação técnica. Configuração da suíte de monitoramento e observabilidade.
5 a 6	Execução do programa piloto de validação com usuários selecionados. Ajustes finos de performance e políticas de cotas. Entrega dos manuais traduzidos e do <i>Business Blueprint</i> consolidado. Lançamento oficial do serviço.

FASE 2 - OPERAÇÃO E SUSTENTAÇÃO (MESES 7 A 18)

Meses	Atividades principais
7 a 18	Operação contínua do serviço de Testbed HPC (Service Desk N1/N2). Monitoramento proativo, gestão de incidentes e manutenção de hardware. Execução de webinars e workshops de capacitação. Gestão do modelo de <i>revenue sharing</i> e relatórios de uso.

MARCOS PRINCIPAIS E RELATÓRIOS

Marco	Prazo	Entregável / Relatórios
Desenho e especificação	Mês 2	Documento de desenho arquitetônico (HPC/Kubernetes). Especificações técnicas do equipamento e licenças. <i>Business Blueprint</i> (versão preliminar).
Plataforma integrada	Mês 4	Mecanismos de acesso (Portal) funcionais. Suite de ferramentas de desenvolvimento e/ou processamento HPC. Sistema de gestão de workflows (Kubernetes/MPI).

Validação e capacitação	Mês 6	Relatório de validação técnica (pós-piloto). Manuais de operação e de usuário (multilíngue) Ruta de capacitación técnica (roteiro de treinamento) Materiais de apoio especializado (Vídeos/FAQ)
Sustentabilidade	Mês 6	Business Blueprint (versão final). Plano de sustentabilidade e escalamento. Modelo de <i>revenue sharing</i> validado.
Lançamento do serviço	Mês 7	Serviço de Testbed de HPC Funcional (operação assistida). Início do SLA de atendimento e ciclo de webinars.

RECURSOS A SEREM MOBILIZADOS

1. **Recursos Humanos (Engenharia):** equipe de especialistas sênior do LIneA (HPC, Storage, DevOps) alocada em regime de tempo parcial para a Fase 1 (contrapartida).
2. **Recursos Humanos (Operação e Capacitação):** equipe técnica dedicada para o Service Desk (N1/N2) e corpo de instrutores para execução do ciclo de treinamentos durante a Fase 2 (recursos solicitados).
3. **Recursos Técnicos:** infraestrutura de HPC dedicada (6 nós HPE Apollo), sistemas de armazenamento (300 TB Lustre/NAS), cluster Kubernetes de gestão e suíte de monitoramento.
4. **Serviços de Terceiros:** consultorias especializadas mobilizadas para design de interface, tradução técnica e modelagem de negócios (*Business Blueprint*).
5. **Recursos de Conectividade:** infraestrutura de rede de alta performance da RNP/RedCLARA para interconexão regional.

A metodologia seguirá uma abordagem iterativa, com ciclos de desenvolvimento, teste e validação, garantindo entrega progressiva e incorporação de feedback dos usuários.

MATRIZ DE ESTRUTURA LÓGICA

Tabla del Marco Lógico

Resultados	Cadeia de resultados	Indicador	Linha de base	Meta	Valor atual	Fontes de dados	Suposições
IMPACTO (OBJETIVO GERAL)	Fortalecimento das capacidades regionais em computação de alto desempenho (HPC) para pesquisa e inovação na América Latina e Caribe.	1. Número de instituições usárias do Testbed	0 instituições	≥ 10 instituições	A ser atualizado em relatórios	Registros de uso do Testbed	<ul style="list-style-type: none"> ● Interesse contínuo da comunidade científica; ● Recursos de conectividade das RNIEs disponíveis.
		2. Número de publicações científicas ou projetos de pesquisa que utilizam o Testbed	0 publicações / projetos	≥ 5 publicações / projetos	A ser atualizado em relatórios	Relatórios de uso	<ul style="list-style-type: none"> ● Comunidade científica engajada; ● Aderência dos pesquisadores ao Testbed;
		3. Instituições com acesso acadêmico gratuito	0 instituições	≥ 5 instituições	A ser atualizado em relatórios	Registros de acesso	<ul style="list-style-type: none"> ● Adesão das RNIEs ao programa gratuito; ● Capacidade das instituições em mobilizar usuários; ● Sustentabilidade do modelo após o período gratuito.
RESULTADO 1: SERVIÇOS DE HPC E ARMAZENA- MENTO IMPLÉ- MENTADOS	Serviço HPC - Processamento CPU	1.1 Capacidade computacional dedicada	0 núcleos	100% da capacidade física operacional, com SLA de 67% garantido para acesso acadêmico gratuito e 33% para sustentabilidade/backfill.	A ser atualizado em relatórios	Relatórios técnicos	<ul style="list-style-type: none"> ● Hardware disponível conforme planejado; ● Infraestrutura LineA disponível e operacional;

Resultados	Cadeia de resultados	Indicador	Linha de base	Meta	Valor atual	Fontes de dados	Suposições
	Serviço Armazenamento - Lustre/NAS	1.2 Capacidade de armazenamento dedicado	0 TB	100 TB Lustre + 200 TB NAS	A ser atualizado em relatórios	Relatórios técnicos	<ul style="list-style-type: none"> • Sistemas de armazenamento escaláveis; • Performance de I/O adequada.
	Serviço Kubernetes	1.3 Plataforma Kubernetes para HPC	Não operacional	100% operacional	A ser atualizado em relatórios	Testes de funcionalidade	<ul style="list-style-type: none"> • Estabilidade da plataforma; • Compatibilidade com cargas HPC.
RESULTADO 2: PLATAFORMA DE ACESSO E GERENCIAMENTO	Portal Web Unificado	2.1 Interface de acesso web customizada	Não operacional	1 portal operacional	A ser atualizado em relatórios	Testes com usuários	<ul style="list-style-type: none"> • Interface limpa, intuitiva e fácil de operar; • Compatibilidade com navegadores.
	Autenticação Federada	2.2 Integração com RNIEs via RedCLARA	0 RNIEs integradas	≥ 3 RNIEs integradas	A ser atualizado em relatórios	Logs de acesso	<ul style="list-style-type: none"> • Autenticação federada operacional e contínua; • Compatibilidade com sistemas RNIEs.
	Monitoramento	2.3 Sistemas de monitoramento	Não operacional	100% operacional	A ser atualizado em relatórios	Dashboards	<ul style="list-style-type: none"> • Conectividade estável para coleta; • Sistemas de monitoramento estáveis.
RESULTADO 3: OPERAÇÃO E SUPORTE ESTABELECIDOS	Supporte Técnico	3.1 Usuários capacitados no uso do Testbed	0 usuários	≥ 50 usuários	A ser atualizado em relatórios	Registros de treinamento	<ul style="list-style-type: none"> • Disponibilidade para usuários; • Capacidade de absorção do conhecimento.

Resultados	Cadeia de resultados	Indicador	Linha de base	Meta	Valor atual	Fontes de dados	Suposições
	Documentação	3.2 Documentação técnica disponível (PT/ES/EN)	Indisponível	100% publicado	A ser atualizado em relatórios	Portal docs.linea.org.br	<ul style="list-style-type: none"> Clareza e objetividade dos materiais; Instruções documentadas em texto e vídeo.
	Modelo Operacional	3.3 Modelo de negócio e sustentabilidade	0 modelos	1 modelo híbrido validado (Suscripción + Backfill Gratuito) com prova de conceito executada.	A ser atualizado em relatórios	Documento estratégico	<ul style="list-style-type: none"> Dados confiáveis de uso coletados; Viabilidade econômica comprovada.
	Produto 1: Processamento de alto desempenho para cargas científicas (Ligado ao R1)	Capacidade computacional dedicada disponível	0 núcleos	168 núcleos físicos (336 threads) operacionais	A ser atualizado em relatórios	Relatório de instalação; Dashboard do sistema.	Entrega e configuração do hardware sem atrasos logísticos; estabilidade elétrica do data center.
	Produto 2: Armazenamento de alto desempenho para dados científicos (Ligado ao R1)	Capacidade de armazenamento dedicada	0 TB	100 TB (Lustre) + 200 TB (NAS) configurados	A ser atualizado em relatórios	Relatórios de sistema de arquivos; testes de I/O.	Integridade física dos discos; rede InfiniBand operando na velocidade contratada.
	Produto 3: Plataforma containerizada para cargas HPC (Ligado ao R1)	Plataforma Kubernetes operacional	Não operacional	1 Cluster Kubernetes integrado ao ambiente HPC	A ser atualizado em relatórios	Logs do Kubernetes; Relatório de Validação Técnica.	Compatibilidade das aplicações científicas com arquitetura de containers.
	Produto 4: Interface única de acesso aos serviços (Ligado ao R2)	Portal de acesso web customizado	0 interfaces	1 Portal em produção	A ser atualizado em relatórios	Acesso via URL pública; Testes de aceitação	Firewalls institucionais permitem acesso HTTPS/SSH ao portal.

Resultados	Cadeia de resultados	Indicador	Linha de base	Meta	Valor atual	Fontes de dados	Suposições
	Produto 5: Acesso integrado com autenticação federada (Ligado ao R2)	RNIEs integradas via RedCLARA	0 RNIEs	≥ 3 RNIEs com IdP configurado (CILogon)	A ser atualizado em relatórios	Registros de autenticação;	As RNIEs parceiras possuem infraestrutura de identidade (IdP) compatível.
	Produto 6: Operação e Suporte Técnico (Service Desk) (Ligado a R2 e R3)	Índice de Disponibilidade e Atendimento	Serviço Inexistente	> 98% de disponibilidade mensal e operação de Nível 1/2 ativa por 12 meses.	A ser atualizado em relatórios	Relatórios de SLA; Sistema de Tickets.	Conectividade estável para gestão remota; Disponibilidade da equipe contratada.
	Produto 7: Documentação técnica operacional e de usuário (Ligado ao R3)	Documentação publicada em múltiplos idiomas	Indisponível	100% dos manuais traduzidos (PT, ES, EN)	A ser atualizado em relatórios	Portal de documentação; revisão técnica.	Disponibilidade de tradutores técnicos qualificados.
	Produto 8: Programa de capacitação técnica (Ligado ao R3)	Usuários capacitados no uso do Testbed	0 usuários	≥ 50 usuários treinados (Workshop/Piloto)	A ser atualizado em relatórios	Listas de presença; certificados emitidos.	Interesse da comunidade científica em participar das sessões de capacitação.
	Produto 9: Plano de negócios e <i>revenue sharing</i> (Ligado ao R3)	Modelo de negócio e sustentabilidade	0 modelos	1 Business Blueprint e 1 Plano de Sustentabilidade aprovados	A ser atualizado em relatórios	Interesse da comunidade científica em participar das sessões de capacitação.	Interesse da comunidade científica em participar das sessões de capacitação.

Matriz de actividades

Productos	Actividades	Insumos indicativos y montos	Supuestos
Produto 1: Processamento de alto desempenho para cargas científicas (Ligado ao Resultado 1)	1.1 Alocação e provisionamento dos 6 nós HPE Apollo dedicados. 1.2 Instalação do Sistema Operacional e bibliotecas científicas base. 1.3 Implementação de hardening de segurança no Sistema Operacional e configuração de acesso remoto seguro.	Infraestrutura Física (6 Nós HPE Apollo) Engenharia Sênior (Coordenação + Especialista HPC - Fase 1) Custo indicativo: ~ € 60.000 (Fonte: 100% contrapartida)	Hardware disponível conforme planejado. Infraestrutura LineA disponível e operacional.
Produto 2: Armazenamento de alto desempenho para dados científicos (Ligado ao Resultado 1)	2.1 Implementação do Lustre FS (NVMe/SAS) e configuração do NAS nos nós de HPC. 2.2 Configuração de conectores CSI/NFS para integração de volumes. 2.3 Ajustes de rede InfiniBand para otimização de desempenho.	Infraestrutura de Storage (300 TB Lustre/NAS) Engenharia Sênior (Especialista Storage - Fase 1) Custo indicativo: ~ € 45.000 (Fonte: 100% contrapartida)	Sistemas de armazenamento escaláveis. Performance de I/O adequada.
Produto 3: Plataforma containerizada para cargas HPC (Ligado ao Resultado 1)	3.1 Implantação do cluster Kubernetes e configuração do orquestrador. 3.2 Configuração de suporte a cargas científicas distribuídas (ex: MPI, CNI). 3.3 Configuração de Namespaces, Quotas e LimitRanges no Kubernetes para garantir a reserva de recursos acadêmicos.	Engenharia Sênior (Especialista DevOps - Fase 1) Infraestrutura Virtual (Cluster de Gestão) Custo indicativo: ~ € 15.000 (Fonte: 100% contrapartida)	Estabilidade da plataforma. Compatibilidade com cargas HPC.
Produto 4: Interface única de acesso aos serviços (Ligado ao Resultado 2)	4.1 Implementação da interface web customizada para gestão de Jobs.	Serviços de Design UI/UX e Desenvolvimento Web (solicitado)	Interface limpa, intuitiva e fácil de operar. Compatibilidade com navegadores.

Productos	Actividades	Insumos indicativos y montos	Supuestos
	<p>4.2 Adaptação gráfica da interface com identidade visual regional.</p> <p>4.3 Integração de Notebooks e Terminais Web para acesso interativo.</p>	<p>Engenharia Sênior - Apoio DevOps (contrapartida)</p> <p>Custo indicativo: ~ € 13.000 (Fonte: € 5k solicitado / € 8k contrapartida)</p>	
Produto 5: Acesso integrado com autenticação federada (Ligado ao Resultado 2)	<p>5.1 Configuração de proxy para provedores de identidade (RedCLARA/CILogon).</p> <p>5.2 Mapeamento de usuários e grupos federados em permissões locais.</p> <p>5.3 Validação de login federado e testes de conectividade.</p>	<p>Engenharia Sênior - Especialista IAM/Segurança (contrapartida)</p> <p>Custo Indicativo: ~ € 5.000 (Fonte: 100% contrapartida)</p>	<p>Autenticação federada operacional e contínua.</p> <p>Compatibilidade com sistemas das RNIEs.</p>
Produto 6: Operação e Suporte Técnico (Service Desk) (Ligado aos Resultados 2 e 3)	<p>6.1 Implantação de ferramentas de observabilidade (M1-M6).</p> <p>6.2 Atendimento contínuo N1/N2 e gestão de incidentes (12 meses).</p> <p>6.3 Acompanhamento de disponibilidade e SLA em regime 24x7.</p>	<p>Equipe de Operação Dedicada N1/N2 - 12 Meses (solicitado)</p> <p>Infraestrutura de Servidor de Monitoramento (contrapartida)</p> <p>Custo Indicativo: ~ € 40.000 (Fonte: € 36k solicitado / € 4k contrapartida)</p>	<p>Conectividade estável para coleta de métricas.</p> <p>Sistemas de monitoramento estáveis.</p>
Produto 7: Documentação técnica operacional e de usuário (Ligado ao Resultado 3)	<p>7.1 Elaboração de guias de uso e manuais do sistema.</p> <p>7.2 Tradução integral da documentação para PT/ES/EN.</p> <p>7.3 Publicação (e manutenção) da documentação online.</p>	<p>Serviços de Tradução Técnica Profissional (solicitado)</p> <p>Engenharia Sênior - Curadoria Técnica de Conteúdo (contrapartida)</p>	<p>Disponibilidade para usuários.</p> <p>Clareza e objetividade dos materiais.</p>

Productos	Actividades	Insumos indicativos y montos	Supuestos
		Custo Indicativo: ~ € 15.500 (Fonte: € 7.5k Solicitado / € 8k Contrapartida)	
Produto 8: Programa de capacitação técnica (Ligado ao Resultado 3)	8.1 Criação de material didático, cursos e tutoriais. 8.2 Realização de webinars e workshops mensais (12 meses). 8.3 Orientação técnica contínua para apoio à adoção por novos usuários.	Instrutores, Tutores e Logística de Eventos (Solicitado) Engenharia Sênior - Desenv. Material Didático (Contrapartida) Custo Indicativo: ~ € 41.000 (Fonte: € 33k solicitado / € 8k contrapartida)	Interesse e disponibilidade da comunidade científica. Capacidade de absorção do conhecimento.
Produto 9: Plano de negócios e revenue sharing (Ligado ao Resultado 3)	9.1 Levantamento detalhado de - Total Cost of Ownership (TCO) operacional. 9.2 Definição de especificação para modelos de sustentabilidade. 9.3 Validação de gestão de uso e cobrança simulada com parceiros piloto.	Consultoria de Negócios Externa (solicitado) Gestão Interna - Coordenador Técnico (contrapartida) Custo Indicativo: ~ € 24.000 (Fonte: € 18k solicitado / € 6k contrapartida)	Dados confiáveis de uso coletados. Viabilidade econômica comprovada.