Relatório final de atividades
Projeto: Repositório Digital de Avaliação de Políticas Públicas (RDAPP)

Coordenador do Projeto:	**Marcel Garcia de Souza**		
Nome do pesquisador:	**Luis Eduardo Castro Mendes de Lima**		
Vigência da Bolsa de Pesquisa:	**11/05/2026**	**Até:**	**11/08/2026**
Encerramento em:	**11/08/2026**		
Ref. Fundação:	**32643**	**Ref. Ibict:**	**0887/2025-61**

Descrição das Atividades da Bolsa de Pesquisa:

Desenvolvimento de benchmarking de hardware e consolidação da infraestrutura tecnológica do cluster de suporte à inteligência artificial.

1 INTRODUÇÃO

O Repositório Digital de Avaliação de Políticas Públicas (RDAPP) é uma iniciativa do Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia (Ibict), em colaboração com o Ministério do Planejamento e Orçamento (MPO), voltada a centralizar, organizar e disponibilizar em acesso aberto a produção de relatórios e estudos de avaliação de políticas públicas do Governo Federal. A dispersão e a baixa visibilidade desses documentos compromete a tomada de decisão baseada em evidências e enfraquece a cultura de avaliação no setor público brasileiro.

Além do repositório baseado no *software* livre DSpace, o projeto prevê funcionalidades de busca semântica inteligente inspiradas no modelo finlandês *Open Evaluation*, utilizando inteligência artificial para ampliar o acesso e o reaproveitamento de evidências já produzidas. Essas funcionalidades dependem de infraestrutura computacional com aceleração por GPU, capaz de gerar *embeddings* vetoriais, servir modelos de linguagem e executar *pipelines* de geração aumentada por recuperação (RAG).

Este relatório dá continuidade ao trabalho da bolsa anterior, que levantou o estado da arte e concebeu a arquitetura da infraestrutura de IA do RDAPP. O período aqui coberto concentra-se em transformar aquela concepção em uma plataforma de fato: caracterizar o hardware disponível, consolidar a configuração do cluster em código reprodutível, colocar os serviços de inteligência artificial em operação, proteger os segredos e os dados do projeto e dotar o ambiente de observabilidade. Em síntese, o cluster deixou a condição de projeto e passou a operar.

As atividades estão descritas em seis frentes de trabalho, apresentadas na seção de Método e retomadas, com seus resultados, na seção seguinte. Ao longo do texto, cada escolha técnica procura registrar não apenas o que foi feito, mas a razão da decisão, de modo que o ambiente possa ser mantido e reproduzido por outros integrantes da equipe.

2 MÉTODO

As atividades foram organizadas em seis frentes complementares, alinhadas ao objetivo de caracterizar e consolidar a infraestrutura do cluster de IA. A abordagem geral adotada foi a configuração declarativa: o estado completo de cada máquina é descrito em código, versionado em Git e aplicado de forma reprodutível, de modo que qualquer nó possa ser recriado de maneira idêntica a partir do repositório.

2.1 Caracterização e medição do hardware

No início da vigência, os quatro nós do cluster foram inventariados e submetidos a testes de desempenho, para estabelecer uma linha de base empírica das suas capacidades. O inventário de cada máquina foi coletado com as ferramentas padrão do sistema (lscpu, free, nvidia-smi, lsblk e df), registrando processador, memória, placa de vídeo e armazenamento. A medição de desempenho empregou o *sysbench* para processador e memória e o *fio* para o subsistema de disco, cobrindo leitura e escrita sequenciais e acesso aleatório. A saúde das unidades de armazenamento foi verificada pela leitura dos atributos SMART (*Self-Monitoring, Analysis and Reporting Technology*), um conjunto de indicadores que o próprio disco mantém sobre o seu estado de funcionamento, como horas de uso, temperatura, setores realocados e contagem de erros, e que permite antecipar uma falha antes que ela comprometa os dados.

2.2 Infraestrutura declarativa modular

A configuração do cluster foi descrita na linguagem Nix, organizada de forma modular. O repositório foi estruturado em duas camadas: uma de *templates*, com módulos genéricos e reutilizáveis (sistema base, GPU, Docker com o *toolkit* da NVIDIA, SSH, usuários, *swap* comprimido, Ray, orquestração e portas de *firewall*), e outra de instância, que compõe esses módulos nos nós concretos deste cluster. Os papéis de cada máquina (nó coordenador e nós de computação) foram expressos como perfis que herdam os módulos pertinentes. O fluxo de trabalho parte do ambiente de desenvolvimento local: a configuração é avaliada e construída (*nix build*) na máquina de trabalho antes de ir ao ar. Graças à reprodutibilidade do Nix, o resultado dessa construção local é o mesmo, *bit a bit*, do que será aplicado em produção, de modo que o que funciona no desenvolvimento funciona no cluster. Somente após essa validação local a configuração é promovida para

produção, que é o cluster em si. O particionamento de disco foi declarado com a ferramenta disko, e a aplicação da configuração a múltiplos nós foi automatizada com o orquestrador Colmena, via SSH.

2.3 Expansão do cluster e serviços de inteligência artificial

A infraestrutura foi ampliada com a incorporação de novos nós de computação, com endereços de rede fixos e com a quantidade de GPUs utilizável configurável por máquina. Sobre essa base foram colocados os serviços de IA requeridos pelo projeto: um serviço de modelo de linguagem de grande porte, servido com o *framework* vLLM sobre um agrupamento Ray dedicado; um serviço de *embeddings* para busca semântica, com um *proxy* de compatibilidade com o DSpace; e um serviço de extração de texto de documentos, para converter os PDFs do acervo em conteúdo estruturado. O trabalho nesta frente incluiu a integração entre os serviços, a revisão do código contribuído pela equipe e a correção de defeitos observados em operação, como a separação da sonda de saúde em relação ao serviço de origem e o tratamento de retomada e de tempo-limite na extração de documentos.

2.4 Gestão de segredos, distribuição de configuração e documentação

Para que o repositório pudesse ser versionado sem expor credenciais, adotou-se a gestão de segredos com sops-nix, que cifra cada segredo por nó e o disponibiliza apenas em memória, no momento da execução. Em paralelo, os arquivos que descrevem os serviços passaram a ser distribuídos aos nós pela própria configuração, com as variáveis de ambiente de cada máquina geradas a partir de um registro central, eliminando a necessidade de edição manual em cada servidor.

A documentação técnica do cluster recebeu tratamento de entregável próprio e foi publicada como um site interno navegável, construído com MkDocs e o tema visual do Ibict, servido pelo próprio cluster. O site organiza o conhecimento do ambiente em três partes: a apresentação da linguagem Nix e de como o projeto a utiliza; a descrição do cluster, cobrindo máquinas, configuração, rede, acesso, segredos, armazenamento, GPU e observabilidade; e os procedimentos operacionais dos serviços, com os *runbooks* de treino, modelo de linguagem, embeddings, extração de documentos e testes. Cada afirmação técnica aponta para o arquivo de configuração que a sustenta, o que torna a

documentação verificável e sempre alinhada ao que está em produção. O objetivo é que qualquer integrante da equipe consiga entender, operar e reproduzir o ambiente de forma autônoma.

2.5 Observabilidade

Para tornar visível o estado do ambiente sem acesso por linha de comando, foi construída uma central de monitoramento. A solução reúne um painel de visão geral, um agregador de *logs* dos contêineres e endpoints de métricas por nó. Como a coleta de métricas de GPU e de consumo energético não estava disponível de forma pronta, foi desenvolvido um serviço próprio para esse fim, lendo a utilização da placa de vídeo e estimando o consumo dos componentes a partir dos contadores de energia do processador. O conjunto de portas dos serviços foi reunido em um registro único, para eliminar divergências de configuração.

2.6 Confiabilidade do armazenamento

Esta frente nasceu de uma decisão deliberada: para que o cluster pudesse abrigar o acervo de documentos do projeto, era preciso antes garantir que esse dado estivesse plenamente seguro, a ponto de poder ser confiado ao ambiente sem risco de perda. A proteção foi projetada como condição para o armazenamento, desde o princípio. Partindo dessa meta, o método identificou os modos de falha pertinentes (perda física do disco, exclusão ou corrupção acidental por um usuário e exclusão em massa por uma identidade comprometida) e classificou os dados conforme o custo de recriá-los, para dimensionar a proteção adequada a cada tipo. Sobre o serviço de armazenamento de objetos foram habilitados o bloqueio de objetos, o versionamento e uma política de retenção, além de regras explícitas que impedem a destruição do histórico. Os dados irrecuperáveis passaram a ser copiados periodicamente para outros nós com a ferramenta restic, e o procedimento de restauração foi exercitado de ponta a ponta.

3 RESULTADOS

Esta seção apresenta os resultados de cada frente descrita no Método, na mesma ordem. Cada resultado procura evidenciar o que foi entregue e o valor que isso agrega ao

RDAPP e ao Ibict. Onde uma atividade não pôde ser concluída integralmente, o motivo está registrado.

3.1 Caracterização e medição do hardware

O resultado desta frente é um documento de caracterização que consolida o inventário e as medições de desempenho dos quatro nós. O inventário confirmou que as máquinas são idênticas na prática, o que simplifica a operação e torna qualquer nó substituível pelos demais. A caracterização também evidenciou uma limitação de hardware na GPU de um dos nós, detalhada ao final desta subseção. A configuração de referência está na Tabela 1 e os resultados de desempenho na Tabela 2.

Componente	Especificação
Processador	AMD Ryzen 7 5700X, 8 núcleos / 16 *threads*, até 4,66 GHz
Placa de vídeo	NVIDIA GeForce RTX 5080, 16 GB, *driver* 580.119.02
Memória	31 GiB
Armazenamento	NVMe Kingston SNV3S2000G, 1,8 TB

Tabela 1. Configuração de hardware por nó, idêntica nas quatro máquinas.
Fonte: coleta com lscpu, free, nvidia-smi e lsblk nos quatro nós, 11/05/2026.

Teste	Ferramenta	Resultado
Processador	sysbench (16 *threads*)	~42.000 eventos/s
Memória	sysbench	~21,5 GiB/s
Disco, leitura sequencial	fio	2.002 MB/s
Disco, escrita sequencial	fio	1.275 MB/s

Tabela 2. Resultados de desempenho por nó (valores típicos).
Fonte: bench-cpu.txt, bench-mem.txt e bench-disk.txt, 11/05/2026.



Figura 1. Saída dos testes de desempenho executados nos nós.

Execução parcial: benchmark da GPU. As medições de processador, memória e disco foram concluídas nos quatro nós e estão consolidadas no documento de resultados (Anexo A); os valores constam das Tabelas 1 e 2. O único teste sem resultado foi o de carga da GPU, que teve como alvo a placa da cluster-ia-00 e não produziu saída registrável, com o arquivo correspondente ficando vazio. Essa é a mesma placa que apresenta instabilidade sob carga máxima, com registro de travamento a 100% de utilização. A equipe investigou o problema e levantou a hipótese de limitação na alimentação elétrica, aplicando um limite de potência como medida de contenção. Por esse motivo, o nó coordenador opera sem carga de GPU, e os serviços que dependem dele são configurados de forma conservadora. Como um teste de estresse impõe exatamente o tipo de carga que dispara a falha, a ausência de resultado é coerente com essa limitação. O hardware da GPU permanece documentado no inventário (Tabela 1), e a caracterização de desempenho sob carga fica pendente de nova coleta, preferencialmente em um dos nós cujas GPUs se mantêm estáveis.

3.2 Infraestrutura declarativa consolidada

A infraestrutura do cluster foi consolidada em código reprodutível, com os quatro nós descritos por composição de módulos. As vantagens práticas obtidas são a reprodutibilidade (qualquer nó pode ser recriado de forma idêntica a partir do repositório), a eliminação de divergências de configuração entre máquinas, a reversão nativa para estados anteriores em caso de falha e a aplicação simultânea a vários nós por meio do orquestrador. A verificação por avaliação passou a interromper configurações inválidas antes do *deploy*. Para o Ibict, isso significa um ambiente que a própria equipe consegue manter e reconstruir ao longo do tempo, com baixa dependência de conhecimento individual. A Figura 2 ilustra a organização modular adotada.

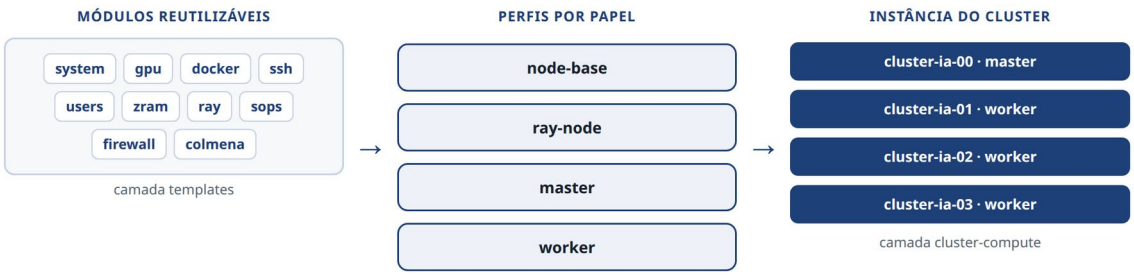


Figura 2. Organização em módulos reutilizáveis, perfis por papel e instância do cluster.

3.3 Serviços de inteligência artificial em operação

Os serviços de inteligência artificial foram colocados em operação e verificados, e são a razão de ser de toda a infraestrutura: eles sustentam as funcionalidades de busca semântica inteligente previstas para o RDAPP. O serviço de *embeddings* converte os documentos do acervo em vetores, que alimentam uma busca semântica capaz de encontrar evidências pelo seu significado sobre os estudos de avaliação de políticas públicas. O serviço de modelo de linguagem, servido sobre um agrupamento Ray dedicado e isolado do agrupamento de treino, sustenta os *pipelines* de geração aumentada por recuperação (RAG), que refinam e reaproveitam as evidências já produzidas. O serviço de extração converte os PDFs do acervo, incluindo o corpus de patentes do INPI, em texto estruturado pronto para processamento. Em conjunto, esses serviços atacam diretamente o problema que motiva o projeto, a dispersão e a baixa visibilidade dos estudos de avaliação, ao tornar esse acervo pesquisável de forma inteligente e em acesso aberto. A Tabela 3 relaciona os serviços e seus pontos de acesso.

Serviço	Função	Porta
Modelo de linguagem (vLLM)	Geração de texto	8001
Embeddings (bge-m3)	Vetores para busca semântica	8002
Proxy de compatibilidade	Adaptação ao DSpace	8003
Extração de documentos (MinerU)	PDF para texto estruturado	8004

Tabela 3. Serviços em operação no cluster e respectivas portas.



Figura 3. Serviço de inteligência artificial em operação, respondendo a uma requisição.

3.4 Segredos, configuração distribuída e documentação

Os segredos do cluster passaram a ser versionados de forma cifrada, deixando de existir em texto plano no repositório, e disponibilizados apenas em memória no momento da execução. Os arquivos de descrição dos serviços passaram a ser entregues aos nós pela

própria configuração, com as variáveis de ambiente de cada máquina geradas a partir de um registro central. Com isso, a reconstrução de um serviço deixou de depender de um *checkout* manual do repositório na máquina.

A documentação técnica do ambiente foi publicada como um site interno navegável, construído com MkDocs e o tema visual do Ibict e servido pelo próprio cluster. Ela reúne a apresentação da linguagem Nix e do seu uso no projeto, a descrição do cluster (máquinas, configuração, rede, acesso, segredos, armazenamento, GPU e observabilidade) e os procedimentos operacionais dos serviços (treino, modelo de linguagem, embeddings, extração de documentos e testes). Esse material assegura a transferência de conhecimento e a continuidade da operação pela equipe do Ibict, mesmo diante da rotatividade de pessoas. A Figura 4 mostra o site de documentação.

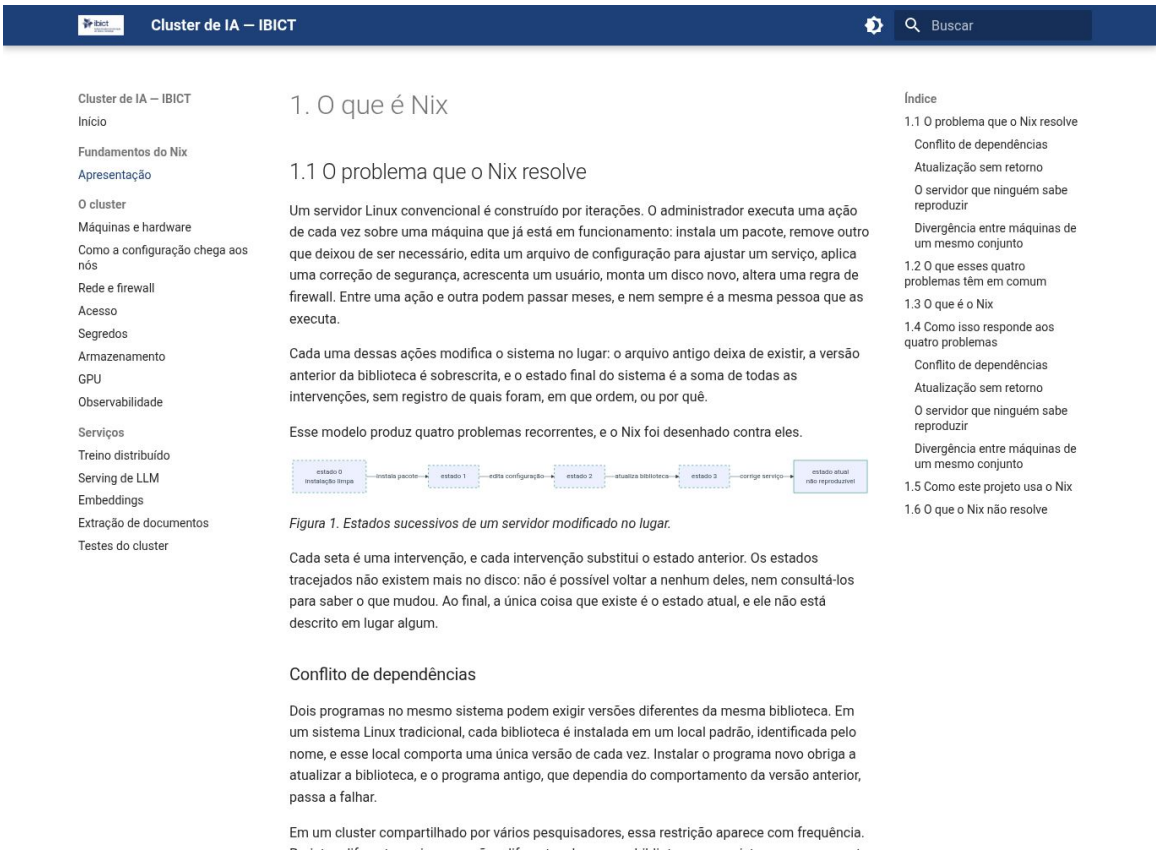


Figura 4. Site de documentação técnica interna do cluster.

3.5 Central de observabilidade

A central de monitoramento entrou em operação, reunindo em um só lugar o estado de cada nó (processador, memória, disco e temperatura), a disponibilidade dos serviços e

os *logs* dos contêineres. O serviço de métricas desenvolvido para o projeto passou a reportar a utilização da GPU e uma estimativa de consumo energético. Como o ambiente não dispõe de instrumentação elétrica dedicada, o valor corresponde a uma estimativa dos componentes dominantes, e não a uma medição na tomada; com o cluster ocioso, o consumo estimado ficou em torno de 259 W. O esforço de instrumentação também revelou uma divergência operacional relevante, em que um nó reportava um contêiner saudável sem participar efetivamente do agrupamento de treino, o que reforçou a decisão de monitorar o serviço, e não apenas o estado do contêiner. Para o Ibict, a central dá visibilidade operacional do ambiente a qualquer integrante da equipe, sem necessidade de acesso por linha de comando, o que encurta o tempo de resposta a problemas. A Figura 5 apresenta o painel.

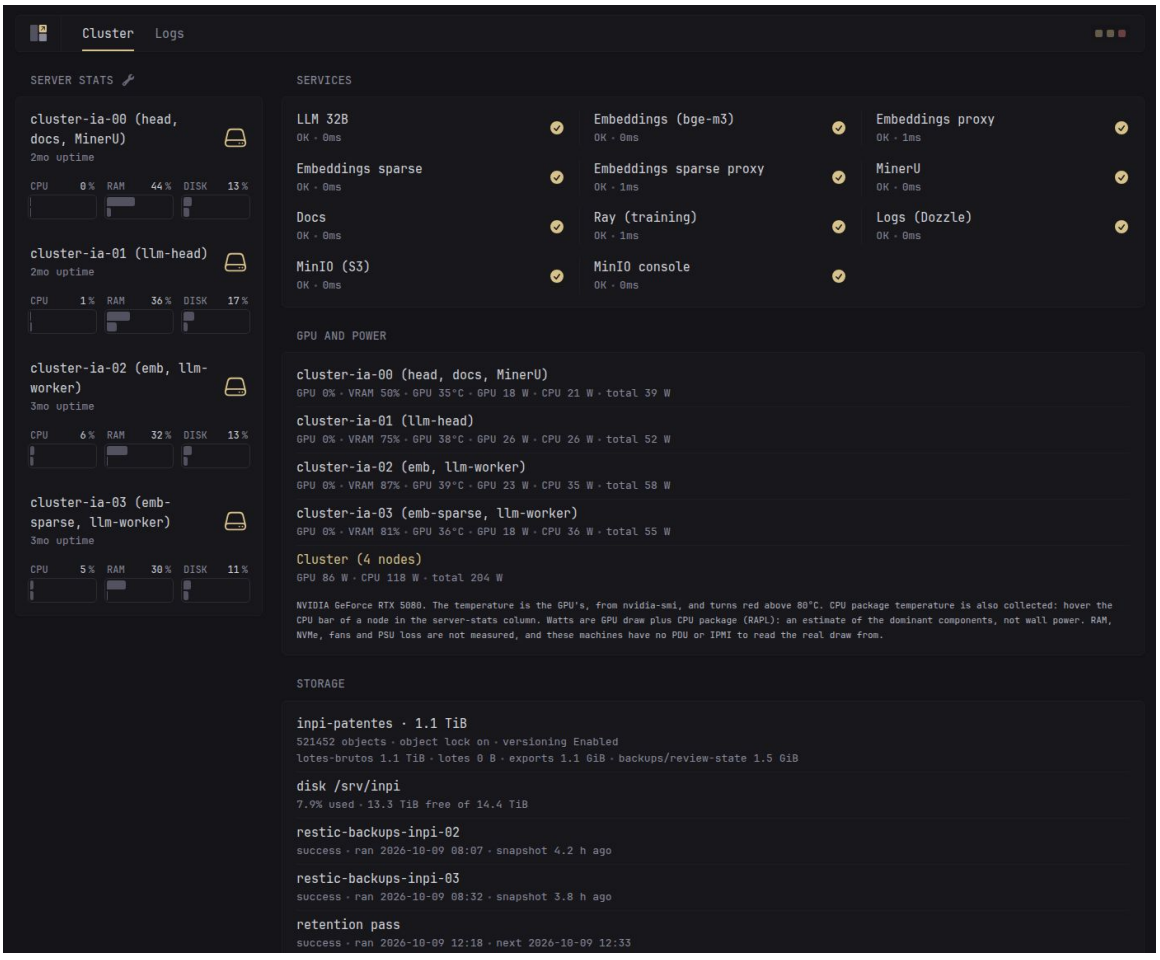


Figura 5. Painel de observabilidade do cluster, com estado dos nós, serviços e consumo.

3.6 Armazenamento confiável

O acervo em questão é o corpus de patentes do INPI, que percorre um fluxo longo até se tornar útil: o PDF original passa por extração, vira XML e é submetido a revisão humana manual. Esse último estágio representa meses de trabalho dos pesquisadores e não tem como ser recriado, o que torna a sua proteção uma exigência de projeto. O armazenamento passou a contar com proteção em camadas: no serviço de objetos foram habilitados o bloqueio de objetos e o versionamento, somados a uma política de retenção sobre os dados irrecuperáveis e a regras que impedem a destruição do histórico, inclusive por uma identidade com permissão de escrita. Os dados sem possibilidade de recriação passaram a ser copiados periodicamente para outros nós com a ferramenta restic, e o procedimento de restauração foi exercitado por completo, com conferência de integridade entre o original e a cópia restaurada. O valor para o Ibict e para a equipe é direto: os pesquisadores podem confiar o seu trabalho ao ambiente e construir sobre ele sem o receio de uma perda irreversível. Essa frente resolveu, ainda, um problema de consumo de memória em um dos serviços, que vinha pressionando o nó coordenador, e a contenção aplicada liberou memória de forma expressiva naquele nó. A Figura 6 ilustra a proteção em operação.

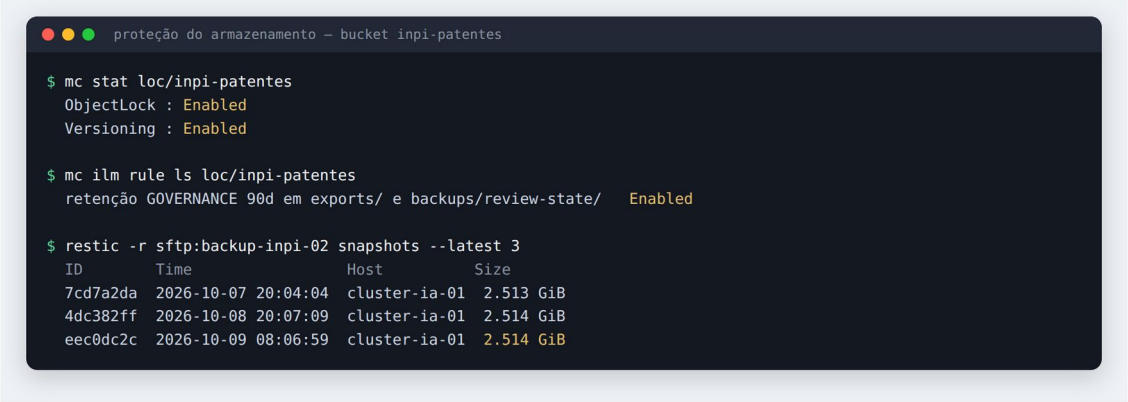


Figura 6. Armazenamento de objetos com proteção e restauração verificada.

3.7 Ampliação do escopo da pesquisa

Duas das frentes aqui relatadas, a central de observabilidade e a confiabilidade do armazenamento, surgiram de demandas que se apresentaram ao longo do trabalho e que vão além do escopo inicialmente previsto. Ambas têm relação direta com o objetivo da bolsa, pois consolidam a infraestrutura do cluster e a tornam operável e confiável na

prática. Sua inclusão demonstra que a arquitetura adotada comportou crescimento e novas exigências sem retrabalho estrutural, o que é, em si, um resultado do desenho modular escolhido. Para o Ibict, o conjunto dessas entregas significa um cluster de IA que deixou de ser um experimento e passou a ser uma plataforma operável, observável e confiável, pronta para sustentar as funcionalidades inteligentes do RDAPP.

REFERÊNCIAS

NIXOS FOUNDATION. **NixOS: the purely functional Linux distribution**. Disponível em: https://nixos.org/. Acesso em: ago. 2026.

LI, Zhaofeng. **Colmena: a simple, stateless NixOS deployment tool**. Disponível em: https://github.com/zhaofengli/colmena. Acesso em: ago. 2026.

ANYSCALE. **Ray: a unified framework for scaling AI and Python applications**. Disponível em: https://www.ray.io/. Acesso em: ago. 2026.

vLLM PROJECT. **vLLM: easy, fast, and cheap LLM serving**. Disponível em: https://docs.vllm.ai/. Acesso em: ago. 2026.

MINIO, INC. **MinIO: high-performance object storage**. Disponível em: https://min.io/. Acesso em: ago. 2026.

RESTIC. **restic: backups done right**. Disponível em: https://restic.net/. Acesso em: ago. 2026.

OPENDATALAB. **MinerU: a tool for converting PDFs to machine-readable formats**. Disponível em: https://github.com/opendatalab/MinerU. Acesso em: ago. 2026.

INSTITUTO BRASILEIRO DE INFORMAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA (Ibict). **Plano de Trabalho Simplificado: Repositório Digital de Avaliação de Políticas Públicas (RDAPP)**. Brasília, 2025.

Anexos

Anexo A. Saídas brutas dos testes de desempenho (processador, memória e disco) e inventário de hardware dos nós.

Anexo B. Capturas de tela do painel de observabilidade e do site de documentação interna.

gov.br
Documento assinado digitalmente
LUIS EDUARDO CASTRO MENDES DE LIMA
Data: 16/10/2026 14:41:05-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

De acordo:

gov.br
Documento assinado digitalmente
MARCEL GARCIA DE SOUZA
Data: 29/10/2026 09:07:25-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Luis Eduardo Castro Mendes de Lima **Pesquisador**	**Marcel Garcia de Souza** **Coordenador do projeto**