



**Universidade Politécnica
Castelo Branco**
Escola Superior de Tecnologia

Plataforma WEB de catalogação Museu de Historia Natural Dr. Félix José da Silva Projeto II

João Rafael Andrade de Carvalho

Orientadores

Eurico Ribeiro Lopes

Luís Miguel Santos Silva de Ascensão Barata

Trabalho de Projeto apresentado à Escola Superior de Tecnologia da Universidade Politécnica de Castelo Branco, realizada sob a orientação científica do Professor Doutor Eurico Ribeiro Lopes e coorientação do Professor Luís Miguel Santos Silva de Ascensão Barata, da Universidade Politécnica de Castelo Branco.

Setembro de 2026

Composição do júri

Presidente do júri

Doutor, Alexandre José Pereira Duro da Fonte

Professor Adjunto, Escola Superior de Tecnologia da Universidade
Politécnica de Castelo Branco

Vogais

Doutora, Ângela Cristina Marques de Oliveira

Professora Adjunta, Escola Superior de Tecnologia da Universidade
Politécnica de Castelo Branco

Doutor, Eurico Ribeiro Lopes

Professor Adjunto, Escola Superior de Tecnologia da Universidade
Politécnica de Castelo Branco

Agradecimentos

Gostaria de expressar o meu profundo agradecimento aos meus orientadores, Professor Doutor Eurico Ribeiro Lopes e Professor Luís Miguel Santos Silva de Ascensão Barata, por todo o apoio concedido ao longo desta jornada que foi o Projeto II.

A vossa colaboração, orientação e espírito crítico foram essenciais para ultrapassar as dificuldades encontradas e concluir este desafio com sucesso. O vosso conhecimento e disponibilidade foram pilares fundamentais para o meu crescimento académico e profissional.

Muito obrigado.

Resumo

O presente projeto documenta a concepção e o desenvolvimento da nova plataforma web de catalogação e gestão para o Museu de História Natural Dr. Félix José da Silva. O diagnóstico inicial revelou um sistema legado obsoleto, caracterizado por uma arquitetura de dados fragmentada e lacunas de usabilidade, que comprometia a eficiente curadoria e a preservação digital do acervo. Na sequência da avaliação de um Produto Mínimo Viável (MVP) e do *feedback* institucional, o âmbito do projeto foi reestruturado para se concentrar em exclusivo no desenvolvimento de um sistema de gestão interna de acesso estritamente restrito, garantindo a salvaguarda de informações patrimoniais sensíveis.

A solução tecnológica foi assente numa arquitetura cliente-servidor orientada a serviços. A base de dados relacional foi profundamente reestruturada, centralizando o espólio numa tabela de inventário unificada suportada por tabelas de especialização, assegurando a integridade referencial. O processo de migração (ETL) transferiu milhares de registos históricos com sucesso, recorrendo a táticas de *offsets* matemáticos para evitar colisões de identificadores. O *Backend*, desenvolvido em Node.js e Express, orquestra uma API RESTful otimizada, enquanto o *Frontend* administrativo, construído em React e Tailwind CSS, dota os curadores de um *Backoffice* de alto desempenho, destacando-se um editor dinâmico adaptativo e um gestor avançado de ativos multimédia.

Para reforçar a segurança e o controlo de acessos, implementou-se um Controlo de Acessos Baseado em Papéis (RBAC) suportado pela inativação lógica de contas (*Soft Delete*). Destaca-se, ainda, a inovação arquitetónica do "Cofre Seguro", um sistema de versionamento automatizado que recorre a *Snapshots* JSON para reter o histórico estrutural do acervo e reverter eventuais edições indevidas ou eliminações acidentais. Adicionalmente, para garantir a total autonomia institucional e a portabilidade da informação a longo prazo, foi integrado um módulo avançado de exportação granular de dados. Este sistema permite a extração em tempo real de tabelas específicas em múltiplos formatos (JSON, XML e CSV), recorrendo a uma arquitetura de compressão dinâmica ZIP para manter a integridade estrutural em pedidos complexos. Os resultados obtidos indicam que a plataforma desenvolvida permite modernizar o fluxo de trabalho associado à gestão do acervo, disponibilizando uma infraestrutura orientada para a gestão interna, a rastreabilidade das operações e a preservação da informação, de acordo com os requisitos definidos para o projeto.

Palavras chave

Museu Virtual; Base de Dados Relacional; Inventariação; Segurança de Dados; Node.js; React.

Abstract

This project documents the design and development of the new web-based cataloguing and management platform for the Dr. Félix José da Silva Natural History Museum. The initial assessment revealed an obsolete legacy system, characterized by a fragmented data architecture and usability gaps that hindered the efficient curation and digital preservation of the collection. Following the evaluation of a Minimum Viable Product (MVP) and institutional feedback, the project scope was restructured to focus exclusively on the development of an internal management system with strictly restricted access, ensuring the protection of sensitive heritage information.

The technological solution was based on a service-oriented client-server architecture. The relational database was extensively restructured, centralizing the collection into a unified inventory table supported by specialized tables, thereby ensuring referential integrity. The migration process (ETL) successfully transferred thousands of historical records, using mathematical offset strategies to prevent identifier collisions. The Backend, developed using Node.js and Express, orchestrates an optimized RESTful API, while the administrative Frontend, built with React and Tailwind CSS, provides curators with a high-performance Backoffice, featuring a dynamic adaptive editor and an advanced multimedia asset manager.

To strengthen security and access control, a Role-Based Access Control (RBAC) system was implemented, supported by the logical deactivation of accounts through Soft Delete. Another significant architectural innovation is the "Secure Vault", an automated versioning system that uses JSON Snapshots to preserve the structural history of the collection and enable the reversal of unauthorized edits or accidental deletions. Additionally, to ensure full institutional autonomy and long-term information portability, an advanced granular data export module was integrated. This system enables the real-time extraction of specific tables in multiple formats (JSON, XML, and CSV), using a dynamic ZIP compression architecture to maintain structural integrity in complex requests. The results indicate that the developed platform successfully modernizes the workflow associated with collection management, providing an infrastructure focused on internal management, operational traceability, and information preservation, in accordance with the requirements defined for the project.

Keywords: Virtual Museum; Relational Database; Inventory Management; Data Security; Node.js; React.

Índice geral

Plataforma WEB de catalogação	I
Museu de Historia Natural Dr. Félix José da Silva	I
Projeto II	I
Agradecimentos	V
Índice geral.....	XI
Índice de figuras	XIII
Lista de tabelas	XV
Lista de abreviaturas, siglas e acrónimos	XVII
1. Introdução	1
1.1 Enquadramento do Projeto	1
1.2 Objetivos de Implementação	2
1.3 Planeamento do Projeto	3
1.4 Organização do Documento	3
2. Arquitetura e Reestruturação de Dados	5
2.1. Base de Dados Legada	5
2.2 Nova Arquitetura	8
2.2.1 Criação de Inventário Unificado	9
2.2.2 Consolidação de Módulos Transversais.....	9
2.2.3 Arquitetura final	12
2.3 Migração de Dados e Resolução de Conflitos	12
2.4 Segurança e Rastreabilidade de Utilizadores	14
2.5 Arquitetura de Exposições Virtuais	16
3. Arquitetura da Solução	18
3.1 Tecnologias Utilizadas	18
3.2 Arquitetura do Sistema	20
4. Implementação	22
4.1. Reestruturação e Estabilização de Dados	22
4.2. Desenvolvimento das Funcionalidades Principais	22
4.3. Plataforma em Funcionamento	25
5. Validação e Testes	30
5.1 Casos de Teste Funcional	30
5.3 Testes de Desempenho	31

5.4 Comparação de Funcionalidades: Projeto I vs. Projeto II	31
6. Ponto de Situação e Validação de Requisitos	34
6.1. Alinhamento com as Prioridades do Projeto I	34
6.2. Análise do Cumprimento de Metas	36
7. Demonstração e Feedback Institucional.....	38
7.1. Contexto da Demonstração do Protótipo	38
7.2. Análise do Feedback Institucional.....	38
7.3. Impacto no Desenvolvimento da Plataforma.....	39
8. Consolidação da Plataforma de Gestão Interna	40
8.1. Reaproveitamento da Arquitetura de Dados e Servidor.....	40
8.2. Foco Exclusivo no Desenvolvimento do Backoffice	40
9. Refinamento Funcional e Controlo de Versões	42
9.1. Descontinuação de Módulos Públicos	42
9.2. Cofre Seguro: Sistema de Versionamento e Recuperação por <i>Snapshots</i> JSON	42
10. Gestão de Utilizadores e Controlo de Acessos	48
10.1. Autenticação e Perfis de Privilégio (RBAC)	48
10.2. Segurança de Credenciais.....	48
10.3. Inativação Lógica de Contas (<i>Soft Delete</i>).....	49
11. Análise de Requisitos Institucionais	52
12. Arquitetura do Módulo de Exportação de Dados	54
12.1. Descrição dos Formatos de Exportação	54
12.2. Granularidade: A Opção "Tabelas Específicas"	56
12.3. O Desafio Estrutural do CSV e a Solução ZIP	56
13. Conclusões e Trabalho Futuro	58
13.1. Conclusão	58
13.2. Trabalho Futuro	59
14. Referencias	60
15. Anexos	62
Anexo 1- Documento de priorização para a plataforma	62
Anexo 2- resposta e avaliação por parte da direção do museu	63
Anexo 3- funcionalidades solicitadas face à implementação	64

Índice de figuras

Figura 1 - Modelo relacional da base de dados legada (biologico)	6
Figura 2- Modelo relacional da base de dados legada (geologico e aparelho) .	7
Figura 3 - Modelo relacional da base de dados legada (livro e artigo)	8
Figura 4-Modelo relacional da base de dados da nova arquitetura unificada(peca_inventario)	9
Figura 5-Modelo relacional da base de dados da nova arquitetura unificada(peca_armario).....	10
Figura 6-Modelo relacional da base de dados da nova arquitetura unificada(media).....	10
Figura 7-Modelo relacional da base de dados da nova arquitetura unificada(oferta)	11
Figura 8-Modelo relacional da base de dados da nova arquitetura unificada(manutencao).....	11
Figura 9-Modelo relacional da base de dados da nova arquitetura unificada(aquisicao)	11
Figura 10-Modelo relacional da base de dados da nova arquitetura unificada(final).....	12
Figura 11- exemplo codigo sql para migracao de dados.....	14
Figura 12-Modelo relacional da base de dados da nova arquitetura unificada(utilizador)	15
Figura 13-Modelo relacional da base de dados da nova arquitetura unificada(exposicao)	16
Figura 14-Arquitetura da Plataforma	21
Figura 15- Criação de uma nova peca	23
Figura 16- Edição de dados específicos de uma peca(Taxonomia).....	23
Figura 17- Edição de dados específicos de uma peca (Manutenção, media, aquisição).....	24
Figura 18- lista de acervo.....	26
Figura 19- página de detalhes de uma peca biológica	26
Figura 20- página de detalhe de uma peca geológica.....	27
Figura 21- página de detalhe de uma peca aparelhos e utensílios	27
Figura 22- página de detalhe de uma peca modelos didáticos	28
Figura 23- página de detalhe de uma peca livros e cartazes	28
Figura 24- pagina inicial da plataforma	41
Figura 25- código de criação do evento	43
Figura 26- página do cofre seguro (pagina de backups).....	44
Figura 27- página do cofre seguro (ver todos os dados de um backup)	44
Figura 28- diagrama de fluxo de processos	45
Figura 29- página de gestão de utilizadores	49
Figura 30- página de gestão de utilizadores (edição de um utilizador)	50
Figura 31- exemplo de exportação em JSON	54

Figura 32- exemplo de exportação em XML.....	55
Figura 33- exemplo de exportação em CSV.....	55
Figura 34- pagina de exportacao da base de dados(tabelas especificas).....	56

Lista de tabelas

Tabela 1- Cronograma de tarefas	3
Tabela 2-Resumo das tecnologias utilizadas	19
Tabela 3- pré-requisitos hierarquizados na fase de planeamento e a sua correspondente concretização	34
Tabela 4- Matriz de verificação de funcionalidades solicitadas face à implementação	52

Lista de abreviaturas, siglas e acrónimos

API - *Application Programming Interface* (Interface de Programação de Aplicações)

BD - Base de Dados

CRUD - *Create, Read, Update, Delete* (Criação, Leitura, Atualização e Eliminação)

CSS - *Cascading Style Sheets* (Folhas de Estilo em Cascata)

CSV - *Comma-Separated Values* (Valores Separados por Vírgulas)

DOM - *Document Object Model* (Modelo de Objeto de Documentos)

ETL - *Extract, Transform, Load* (Extração, Transformação e Carregamento)

HTTP - *Hypertext Transfer Protocol* (Protocolo de Transferência de Hipertexto)

ID - Identificador

I/O - *Input/Output* (Entrada/Saída)

JSON - *JavaScript Object Notation* (Notação de Objetos JavaScript)

MD5 - *Message-Digest algorithm 5*

MVP - Produto Mínimo Viável (*Minimum Viable Product*)

NIS - Número de Identificação de Sistema

OWASP - *Open Worldwide Application Security Project*

RBAC - *Role-Based Access Control* (Controlo de Acessos Baseado em Papéis)

RDBMS - *Relational Database Management System* (Sistema de Gestão de Base de Dados Relacional)

REST - *Representational State Transfer* (Transferência de Estado Representacional)

SQL - *Structured Query Language* (Linguagem de Consulta Estruturada)

TTFB - *Time to First Byte* (Tempo até ao Primeiro Byte)

UX/UI - *User Experience / User Interface* (Experiência de Utilizador / Interface de Utilizador)

W3C - *World Wide Web Consortium*

WebGL - *Web Graphics Library* (Biblioteca de Gráficos Web)

XML - *eXtensible Markup Language* (Linguagem de Marcação Extensível)

1. Introdução

A transformação digital tem vindo a impactar de forma significativa o setor museológico e a preservação patrimonial, promovendo a integração de tecnologias que visam melhorar a salvaguarda e a disseminação de conhecimento histórico e científico [1], [2]. As instituições de ensino e os museus enfrentam o desafio contínuo de adaptar os seus acervos a este novo paradigma, onde a digitalização ultrapassa a mera catalogação física e passa a exigir plataformas interativas e seguras [3]. É neste contexto que surge a necessidade de modernização do Museu de História Natural Dr. Félix José da Silva, integrado no Agrupamento de Escolas Nuno Álvares.

A fase inicial deste processo, apresentada no Projeto I, diagnosticou um sistema legado tecnologicamente obsoleto, caracterizado por uma estrutura de dados fragmentada e por lacunas severas de usabilidade. O presente relatório dá continuidade a esse trabalho, focando-se na implementação técnica, reestruturação arquitetónica e validação de uma nova plataforma de inventariação. No decorrer do desenvolvimento (Projeto II), e na sequência de *feedback* institucional, o âmbito do projeto foi adaptado: o sistema evoluiu para uma plataforma de gestão interna de acesso estritamente restrito, garantindo a máxima segurança dos dados patrimoniais sensíveis, enquanto a componente de divulgação pública foi delegada para um projeto paralelo. Este documento detalha as soluções de engenharia avançadas adotadas para superar as limitações herdadas, a migração integral dos dados e a criação de ferramentas de curadoria de alto desempenho.

1.1 Enquadramento do Projeto

O projeto está enquadrado na disciplina de Projeto Final de Curso da Licenciatura em Informática e Multimédia da Escola Superior de Tecnologia, constituindo a segunda e última fase de modernização do ecossistema digital do Museu Dr. Félix José da Silva.

Anteriormente, no Projeto I, foi realizada uma revisão teórica do estado da arte, uma auditoria ao sistema legado e a definição dos requisitos funcionais para um Museu Virtual. Neste momento, o foco centra-se na implementação prática. Devido a exigências de segurança levantadas pela direção do museu, o desenvolvimento foi dividido: o *site* institucional público transitou para o colega Sebastião Monteiro, permitindo que o presente projeto se concentrasse exclusivamente na conceção de um *Backend* robusto (Node.js/Express), na reestruturação e normalização da base de dados relacional e no desenvolvimento de um *Backoffice* de curadoria avançado (React/Tailwind CSS). A fase de implementação pretende materializar as especificações delineadas em componentes técnicos concretos, garantindo a operacionalidade, segurança e integridade referencial de todo o acervo.

1.2 Objetivos de Implementação

Os objetivos do Projeto II centram-se na implementação prática da plataforma de gestão do museu, dando continuidade ao trabalho de análise e prototipagem desenvolvido no Projeto I. O foco principal encontra-se na construção de uma solução funcional que assegure a transição segura dos dados legados, a gestão eficiente do inventário multimédia e a integração de mecanismos que previnam o erro humano (como sistemas de versionamento e inativação lógica). A plataforma pretende disponibilizar uma infraestrutura tecnológica robusta, capaz de garantir a escalabilidade, segurança e a confidencialidade inerentes ao tratamento de património escolar.

Para alcançar este objetivo central, foram definidas as seguintes tarefas:

Tarefa 1 – Planeamento e Reestruturação da Base de Dados (Meses 1 e 2): Revisão do modelo entidade-relacionamento do Projeto I e normalização da base de dados para o motor InnoDB, unificando as categorias numa tabela central de inventário.

Tarefa 2 – Migração de Dados e Implementação do *Backend* (Meses 2 a 4): Execução do processo de Extração, Transformação e Carregamento (ETL) utilizando táticas matemáticas de *Offsets* para evitar colisões de IDs, e desenvolvimento da API REST.

Tarefa 3 – Desenvolvimento do *Frontend* Administrativo (Meses 3 a 6): Implementação da interface do *Backoffice*, incluindo o Editor Dinâmico de Peças adaptativo e o Gestor de *Uploads* Multimédia.

Tarefa 4 – Implementação de Segurança e Controlo de Versões (Meses 5 a 7): Desenvolvimento do sistema de perfis de acesso (RBAC), *Soft Delete* de utilizadores e criação do módulo "Cofre Seguro" para retenção de *Snapshots* JSON.

Tarefa 5 - Desenvolvimento do Módulo de Exportação de Dados (Mês 7): Criação da arquitetura de extração granular e conversão dinâmica de dados para múltiplos formatos (JSON, XML, CSV), suportada por compressão automática ZIP.

Tarefa 6 – Validação Final e Documentação (Mês 7): Execução de testes de estabilidade, usabilidade e desempenho, elaboração da documentação técnica e demonstração final do produto.

1.3 Planeamento do Projeto

O planeamento da plataforma foi estruturado com base nas principais tarefas a desenvolver ao longo do tempo disponível. A Tabela 1 apresenta a distribuição temporal das atividades realizadas, permitindo visualizar a organização, a duração e a sequência lógica do trabalho desenvolvido.

Tabela 1- Cronograma de tarefas

	Mês 1	Mês 2	Mês 3	Mês 4	Mês 5	Mês 6	Mês 7
Tarefa 1							
Tarefa 2							
Tarefa 3							
Tarefa 4							
Tarefa 5							
Tarefa 6							

1.4 Organização do Documento

Este documento encontra-se estruturado em 13 capítulos principais, que acompanham as diferentes etapas de análise, desenvolvimento, validação e consolidação da solução. O Capítulo 1 apresenta o enquadramento do projeto, os objetivos, o planeamento e a organização do documento. O Capítulo 2 descreve a arquitetura e a reestruturação da base de dados, incluindo os processos de migração, segurança e rastreabilidade. O Capítulo 3 apresenta a arquitetura da solução e as principais tecnologias utilizadas. O Capítulo 4 descreve o processo de implementação das funcionalidades desenvolvidas. O Capítulo 5 apresenta a validação e os testes realizados, incluindo os testes funcionais, de usabilidade e de desempenho. O Capítulo 6 analisa o ponto de situação do projeto e o cumprimento dos requisitos definidos no Projeto I. O Capítulo 7 documenta a demonstração do protótipo e o feedback institucional obtido. O Capítulo 8 descreve a consolidação da plataforma enquanto sistema de gestão interna. O Capítulo 9 apresenta o refinamento funcional e o sistema de controlo de versões, incluindo o módulo "Cofre Seguro". O Capítulo 10 aborda a gestão de utilizadores e o controlo de acessos. O Capítulo 11 apresenta a análise dos requisitos institucionais. O Capítulo 12 descreve a arquitetura do módulo de exportação de dados e os respetivos mecanismos de extração. Por fim, o Capítulo 13 apresenta as conclusões do projeto e as perspetivas de trabalho futuro.

2. Arquitetura e Reestruturação de Dados

O desenho da arquitetura de dados constitui o alicerce fundamental para o funcionamento de qualquer sistema de informação escalável. Embora o Projeto I tenha delineado uma proposta inicial de base de dados, a transição para a fase de implementação revelou que esse modelo não era viável para suportar as exigências de um Museu Virtual moderno. Por motivos estritos de normalização e para priorizar a integridade, a centralização e a ausência de redundância nos dados [4], o modelo inicialmente apresentado não foi implementado.

Em vez disso, procedeu-se a uma profunda reestruturação arquitetónica. Este capítulo detalha as limitações encontradas no sistema legado, o novo paradigma de unificação adotado e os desafios superados durante o processo de migração de milhares de registos.

2.1. Base de Dados Legada

A auditoria ao sistema de catalogação legado revelou uma arquitetura de dados altamente fragmentada e construída em silos. O principal impedimento para a sua utilização residia na ausência de uma tabela central de inventário. Em vez disso, o sistema dividia o acervo em tabelas principais independentes, correspondentes às grandes áreas do museu, como podemos observar nas Figura 1 , Figura 2 e Figura 3.

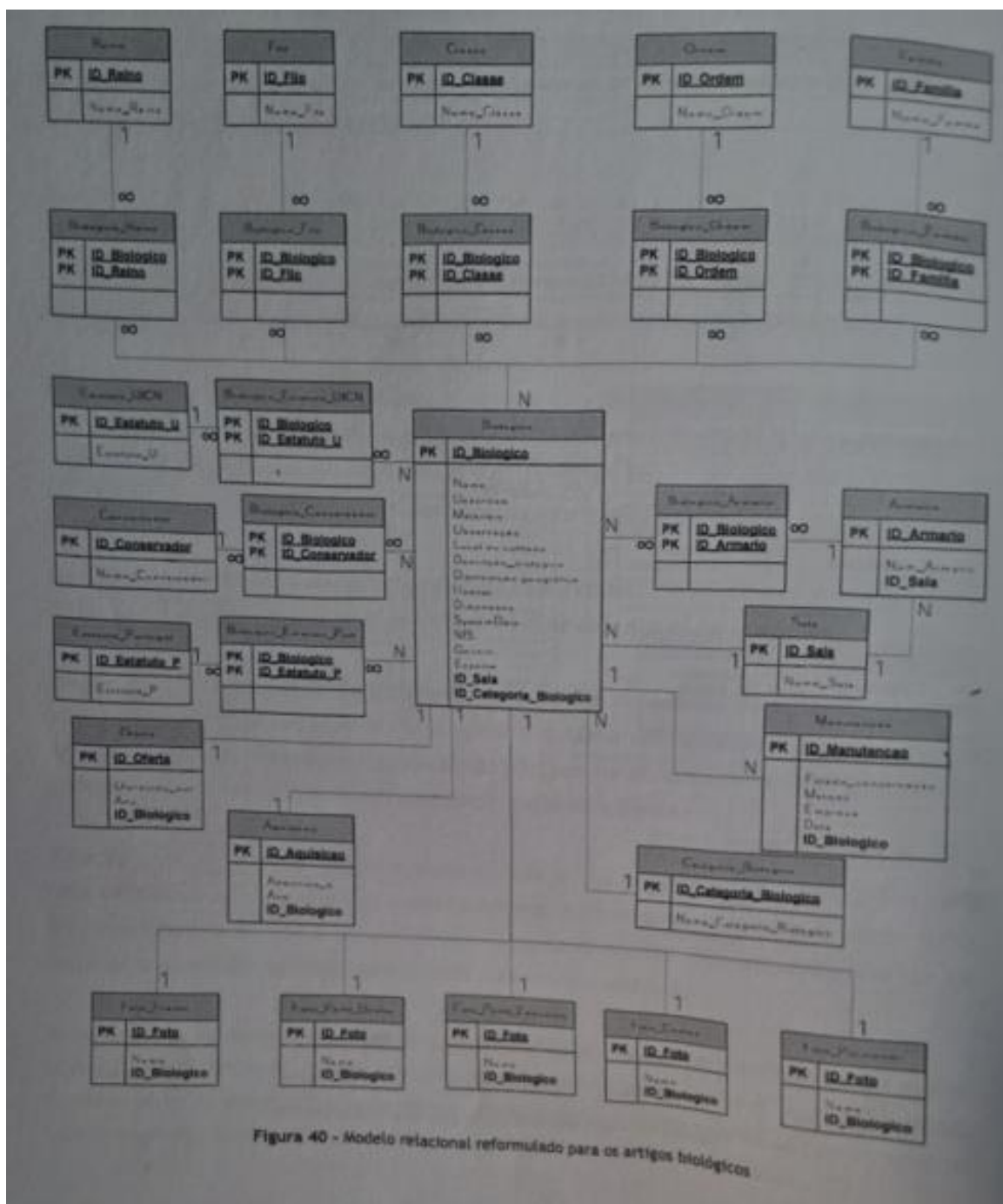
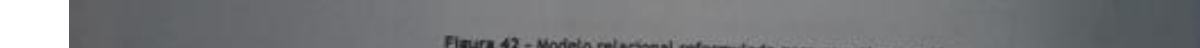


Figura 40 - Modelo relacional reformulado para os artigos biológicos

Figura 1 - Modelo relacional da base de dados legada (biológico)



Costa Farmacia	PK	Q	1000	Medicina Interna
-------------------	----	---	------	------------------

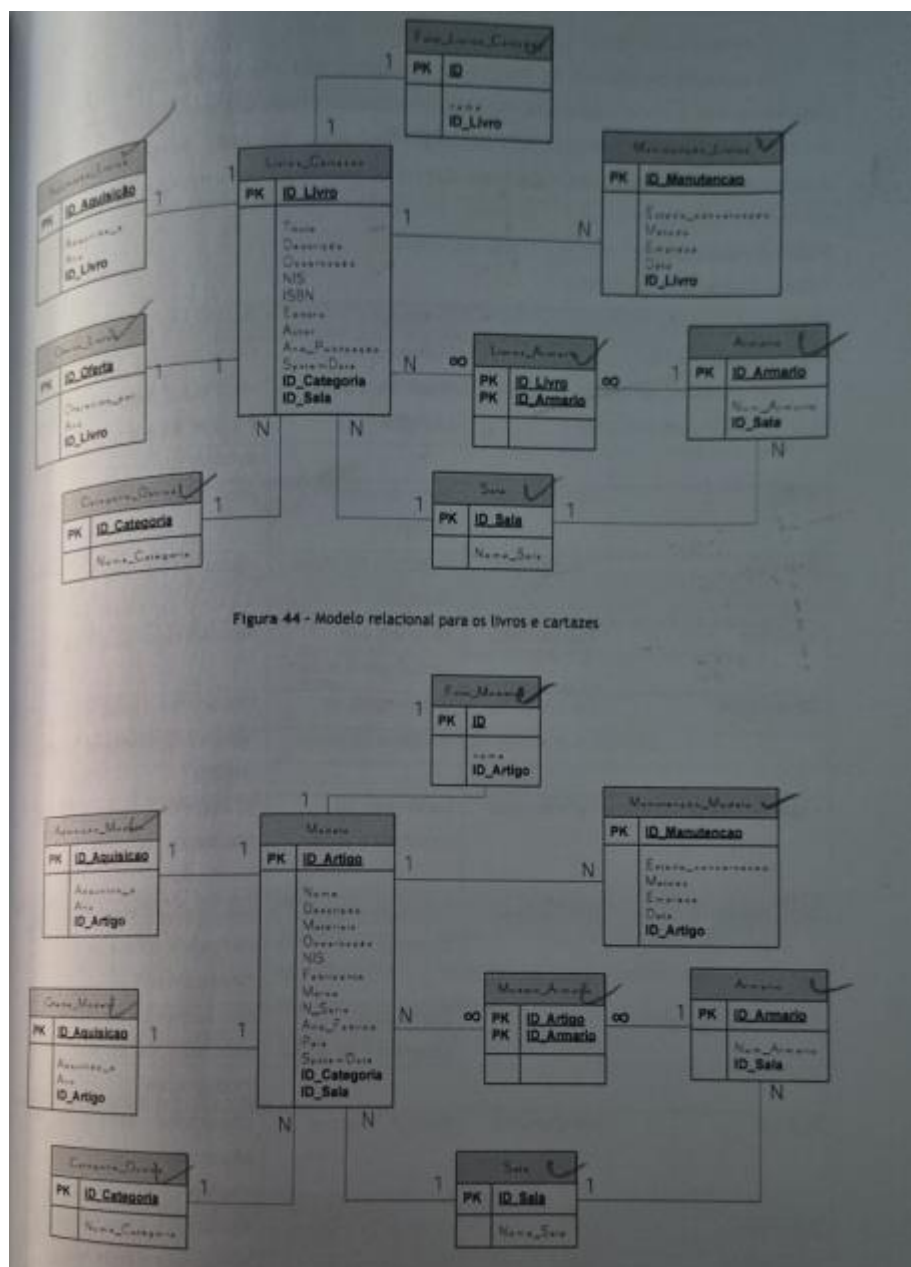


Figura 3 - Modelo relacional da base de dados legada (livro e artigo)

Esta separação forçada criava problemas severos de redundância e manutenção. Concluiu-se, assim, que a plataforma exigia um modelo relacional capaz de centralizar a gestão sem perder o rigor científico de cada coleção.

2.2 Nova Arquitetura

Para resolver as falhas estruturais diagnosticadas, a nova base de dados foi desenhada sob o princípio da generalização. O foco principal passou por unificar o que era comum e isolar o que era específico, garantindo uma estrutura limpa e flexível.

2.2.1 Criação de Inventário Unificado

O passo mais significativo foi a convergência de todas as categorias principais num único repositório. As peças biológicas, geológicas, livros, aparelhos e modelos foram todas agrupadas numa tabela central denominada *peca_inventario*. Esta tabela tronco passou a reter exclusivamente a informação transversal a qualquer artefacto do museu: o identificador único (ID), o nome, a descrição, as observações, a data de registo no sistema, o Número de Identificação de Sistema (NIS), a categoria a que pertence e a sala onde se encontra.

Para assegurar que nenhum dado técnico e exclusivo de cada categoria se perdia, implementou-se uma relação de um-para-um (1:1) com novas tabelas de especialização. Todos os atributos científicos e técnicos foram assimilados nas respetivas tabelas secundárias: *detalhe_biológico*, *detalhe_geológico*, *detalhe_aparelho*, *detalhe_modelo* e *detalhe_livro*. Desta forma, o inventário geral mantém-se leve, acedendo aos metadados complexos apenas quando necessário. A estrutura desta nova arquitetura unificada, focada na tabela central *peca_inventario* e nas respetivas tabelas de detalhe técnico, pode ser observada em detalhe na Figura 4.

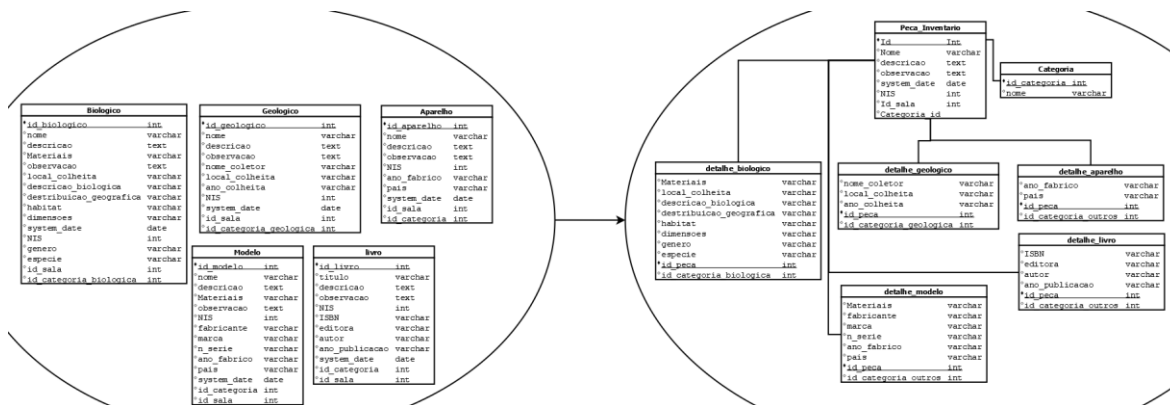


Figura 4-Modelo relacional da base de dados da nova arquitetura unificada(*peca_inventario*)

2.2.2 Consolidação de Módulos Transversais

A centralização do inventário permitiu otimizar de forma transversal outras áreas da base de dados.

Localização Física: Em vez de manter tabelas duplicadas para a alocação de peças, criou-se uma única tabela *peca_armario*. Esta tabela de ligação garante o mapeamento físico exato de qualquer artefacto do acervo aos armários e salas do museu. A consolidação das antigas tabelas dispersas na nova tabela única de mapeamento (*peca_armario*) encontra-se ilustrada na Figura 5.

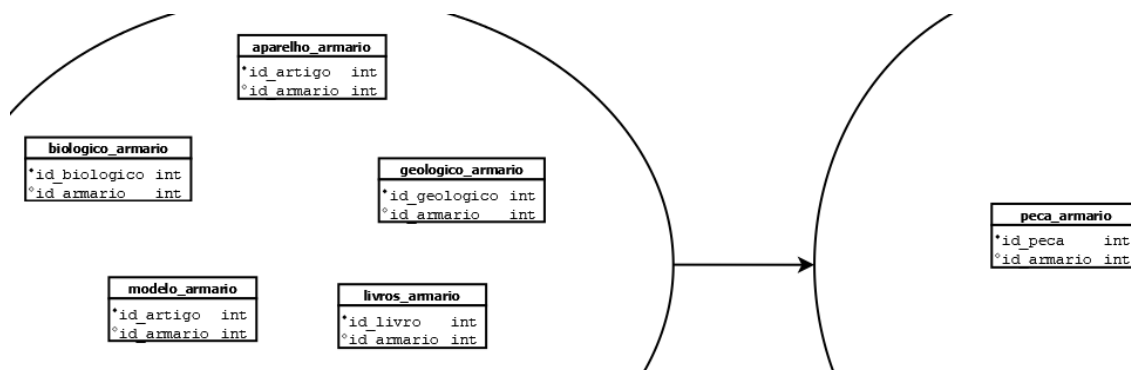


Figura 5-Modelo relacional da base de dados da nova arquitetura unificada(peca_armario)

Gestão Multimédia: As antigas estruturas rígidas de imagens foram substituídas por uma tabela unificada, media. Através da chave estrangeira ligada à peca_inventario, é agora possível associar um número ilimitado de fotografias, modelos 3D ou documentos a qualquer peça, definindo o seu tipo e posição. Esta transição de múltiplas tabelas rígidas de imagens para uma entidade unificada (media) é demonstrada no modelo da Figura 6.

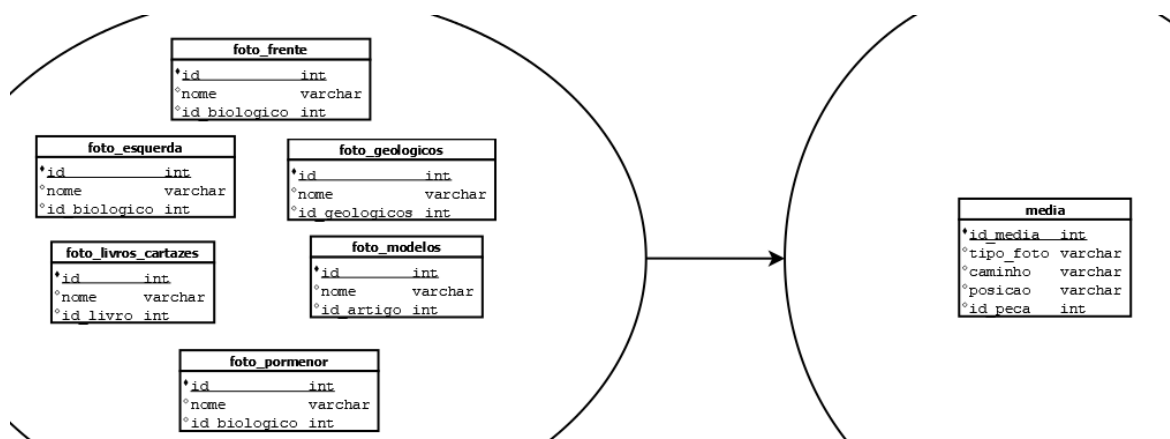


Figura 6-Modelo relacional da base de dados da nova arquitetura unificada(media)

Histórico e Curadoria: O ciclo de vida dos artefactos foi igualmente normalizado. Informações sobre a proveniência e o estado das peças foram centralizadas em tabelas únicas, nomeadamente manutencao, aquisicao e oferta, suportando de forma transversal todo o acervo do museu. As Figura 7, Figura 8 e Figura 9 representam, respetivamente, a normalização estrutural das tabelas de ofertas, histórico de manutenção e aquisições, evidenciando a drástica redução de redundância em relação ao sistema legado.

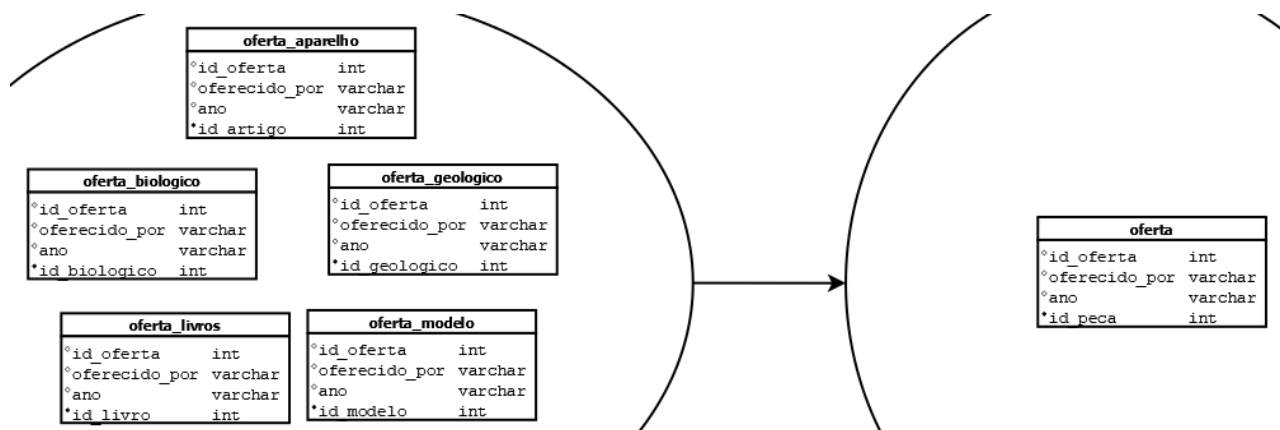


Figura 7-Modelo relacional da base de dados da nova arquitetura unificada(oferta)

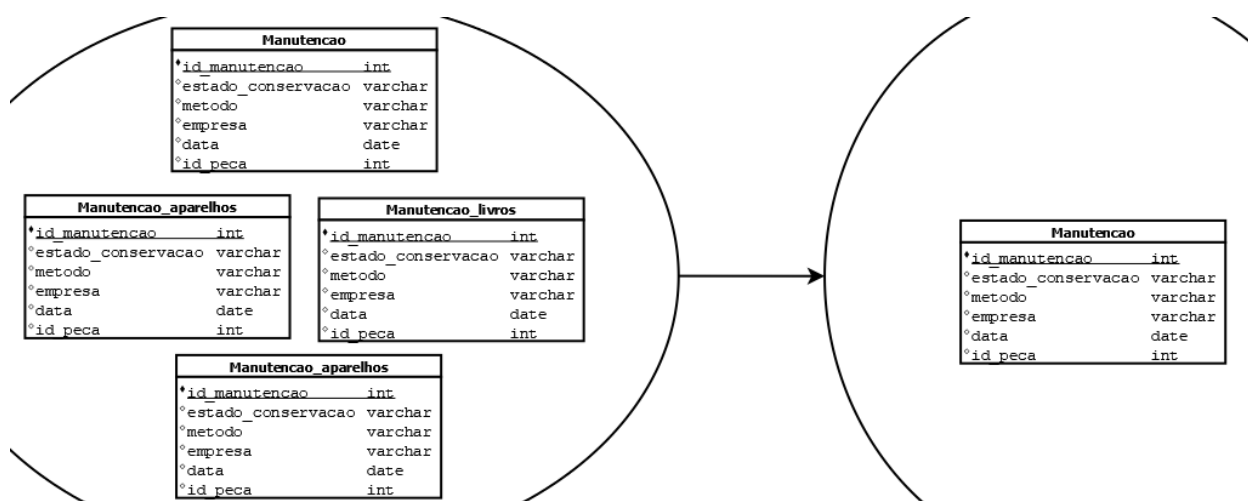


Figura 8-Modelo relacional da base de dados da nova arquitetura unificada(manutencao)

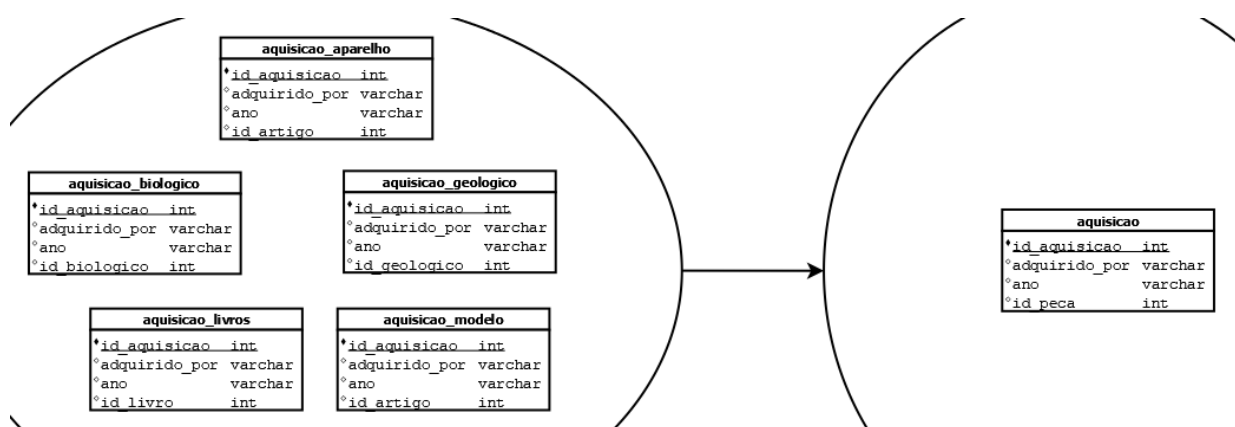


Figura 9-Modelo relacional da base de dados da nova arquitetura unificada(aquisicao)

2.2.3 Arquitetura final

Depois da análise e estruturação da base de dados, podemos verificar o resultado apresentado pela figura Figura 10.

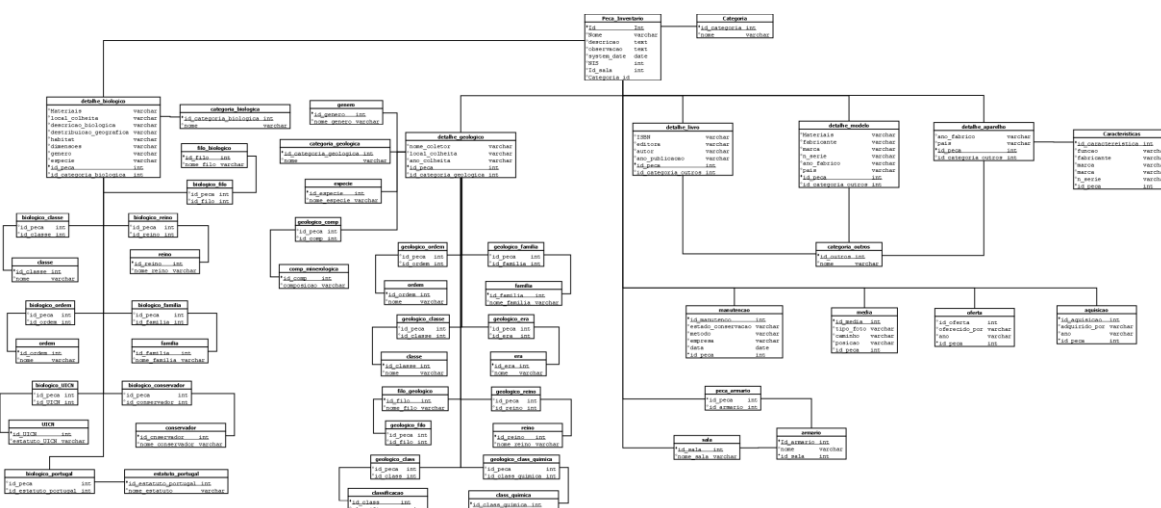


Figura 10-Modelo relacional da base de dados da nova arquitetura unificada(final)

2.3 Migração de Dados e Resolução de Conflitos

A alteração do paradigma de dados exigiu um processo meticuloso de Extração, Transformação e Carregamento (ETL) [5] para transferir o vasto espólio do museu para a nova arquitetura sem perda de informação. Antes de iniciar a transferência efetiva, foi imperativo desativar temporariamente a verificação de chaves estrangeiras. Esta medida técnica revelou-se estritamente necessária devido a inconsistências herdadas do sistema antigo: a ausência de regras de eliminação em cascata (ON DELETE CASCADE) na base de dados legada permitiu a acumulação de dados "fantasmas" ou registos órfãos que, de outra forma, causariam erros de integridade e bloqueariam a execução dos *scripts* de migração.

Ultrapassado este obstáculo, o maior desafio técnico da fase de migração consistiu na colisão de Chaves Primárias (IDs). No sistema legado, como as categorias estavam em tabelas separadas, existia um "ID 1" para a coleção de biologia, um "ID 1" para a geologia, e assim sucessivamente. Ao fundir todos estes registos na nova tabela central *peca_inventario*, os identificadores entrariam em conflito direto, destruindo a integridade relacional de todo o catálogo.

A cada categoria foi atribuído um intervalo numérico vasto e exclusivo. Para solucionar este problema de forma programática, implementou-se uma estratégia baseada na aplicação de offsets durante os *scripts* de migração SQL. Foram

definidos intervalos distintos de identificadores para cada categoria, de modo a evitar a sobreposição dos valores provenientes das diferentes tabelas de origem. Assim, foram adicionados 10 000 aos identificadores dos espécimes biológicos, 20 000 aos artefactos geológicos, 30 000 aos aparelhos, 40 000 aos modelos didáticos e 50 000 aos elementos da coleção de livros e cartazes. Desta forma, os registos migrados passaram a apresentar identificadores únicos na tabela central, preservando a correspondência com as respetivas chaves estrangeiras. Ao transferir os dados, o respetivo valor do *offset* foi somado ao ID original de cada peça. Este cálculo rigoroso garantiu que todos os registos assumissem um novo ID único na tabela central, preservando em simultâneo a rastreabilidade histórica e atualizando de forma automática e correta as respetivas chaves estrangeiras nas novas tabelas de detalhe e nas consolidadas tabelas de media e peca_armario.

```

1  -- Desligar as verificações temporariamente
2  SET FOREIGN_KEY_CHECKS = 0;
3
4  -- 1. TABELAS DE LIGAÇÃO DA BIOLOGIA (Somar 10000)
5  UPDATE biologico_classe SET ID_Biologico = ID_Biologico + 10000;
6  UPDATE biologico_conservador SET ID_Biologico = ID_Biologico + 10000;
7  UPDATE biologico_estatuto_port SET ID_Biologico = ID_Biologico + 10000;
8  UPDATE biologico_estatuto_uicn SET ID_Biologico = ID_Biologico + 10000;
9  UPDATE biologico_familia SET ID_Biologico = ID_Biologico + 10000;
10 UPDATE biologico_filo SET ID_Biologico = ID_Biologico + 10000;
11 UPDATE biologico_ordem SET ID_Biologico = ID_Biologico + 10000;
12 UPDATE biologico_reino SET ID_Biologico = ID_Biologico + 10000;
13
14 -- 2. TABELAS DE LIGAÇÃO DA GEOLOGIA (Somar 20000)
15 UPDATE geologico_classe SET ID_Geologico = ID_Geologico + 20000;
16 UPDATE geologico_classificacao SET ID_Geologico = ID_Geologico + 20000;
17 UPDATE geologico_classificacao_quim SET ID_Geologico = ID_Geologico + 20000;
18 UPDATE geologico_composicao SET ID_Geologico = ID_Geologico + 20000;
19 UPDATE geologico_era SET ID_Geologico = ID_Geologico + 20000;
20 UPDATE geologico_familia SET ID_Geologico = ID_Geologico + 20000;
21 UPDATE geologico_filo SET ID_Geologico = ID_Geologico + 20000;
22 UPDATE geologico_formula SET ID_Geologico = ID_Geologico + 20000;
23 UPDATE geologico_ordem SET ID_Geologico = ID_Geologico + 20000;
24 UPDATE geologico_reino SET ID_Geologico = ID_Geologico + 20000;
25 UPDATE especie SET ID_Geologico = ID_Geologico + 20000;
26 UPDATE genero SET ID_Geologico = ID_Geologico + 20000;
27
28 -- 3. TABELA DE CARACTERÍSTICAS DOS APARELHOS (Somar 30000)
29 UPDATE caracteristicas SET ID_Artigo = ID_Artigo + 30000;
30
31 -- Voltar a ligar as verificações de segurança
32 SET FOREIGN_KEY_CHECKS = 1;

```

Figura 11- exemplo código sql para migração de dados

2.4 Segurança e Rastreabilidade de Utilizadores

A transição para uma plataforma digital exigiu a implementação de mecanismos robustos de segurança e de controlo de acessos. No novo modelo arquitetónico, a gestão de identidades é assegurada pela tabela utilizador, que centraliza as credenciais de acesso ao sistema de administração (Backoffice).

Para garantir que as permissões no sistema estão estritamente alinhadas com as responsabilidades operacionais, implementou-se um modelo de controlo de acessos baseado em perfis [6]. A estrutura da base de dados define dois perfis distintos: o "Administrador" e o "Curador". O Administrador detém controlo total sobre a plataforma, incluindo a gestão e criação de outros utilizadores, enquanto

o Curador possui permissões focadas exclusivamente na gestão técnica e científica do acervo (adição, edição e arquivo de peças no inventário).

Adicionalmente, a integridade da curadoria digital é salvaguardada por um sistema de auditoria contínua. Através da criação da tabela `log_sistema`, a plataforma regista automaticamente as interações críticas realizadas no *Backoffice*. Esta tabela armazena o utilizador responsável pela alteração (`id_utilizador`), a ação específica realizada (`Acao`), a tabela afetada no sistema (`Tabela_alvo`) e o momento exato da operação (`data_hora`). Este mecanismo de rastreabilidade previne adulterações indevidas, facilita a identificação de erros e garante um histórico completamente transparente de todas as modificações efetuadas no património do museu.

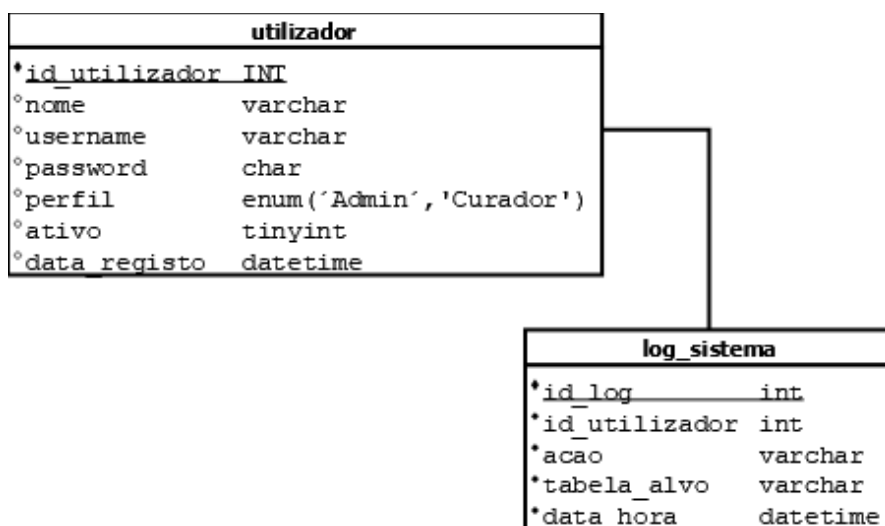


Figura 12-Modelo relacional da base de dados da nova arquitetura unificada(utilizador)

2.5 Arquitetura de Exposições Virtuais

Uma das principais limitações do sistema legado era a sua natureza puramente arquivística e estática, funcionando como um repositório isolado de registos, sem capacidade estrutural para promover narrativas museológicas. Para elevar a plataforma ao estatuto de um verdadeiro Museu Virtual dinâmico, introduziu-se um módulo inteiramente novo dedicado à curadoria de exposições temáticas.

Esta nova valência é suportada arquitetonicamente pelas tabelas `exposicao` e `exposicao_peca`. A tabela `exposicao` atua como a entidade principal do evento, armazenando metadados fundamentais como o título, a descrição, as datas de início e fim, bem como o estado de publicação da exposição, que pode alternar entre "Rascunho", "Ativa" ou "Arquivada". Este controlo de estado revela-se crucial, pois permite que os curadores preparem narrativas e configurem coleções antecipadamente, publicando-as apenas quando estiverem prontas.

A agregação dos artefactos é resolvida através da tabela de relacionamento `exposicao_peca`. Estabelecendo uma relação de muitos-para-muitos (M:N) com a tabela central `peca_inventario`, torna-se possível associar qualquer peça a múltiplas exposições em simultâneo. A principal vantagem desta implementação é a sua transversalidade: o museu pode agora cruzar e exibir peças de diferentes categorias – como um fóssil (geologia) ao lado de um modelo anatómico (modelo) ou de um manual antigo (livro) – numa única exposição coesa. Esta arquitetura oferece aos curadores uma flexibilidade sem precedentes, permitindo a criação de circuitos interativos que enriquecem substancialmente a experiência pedagógica dos visitantes

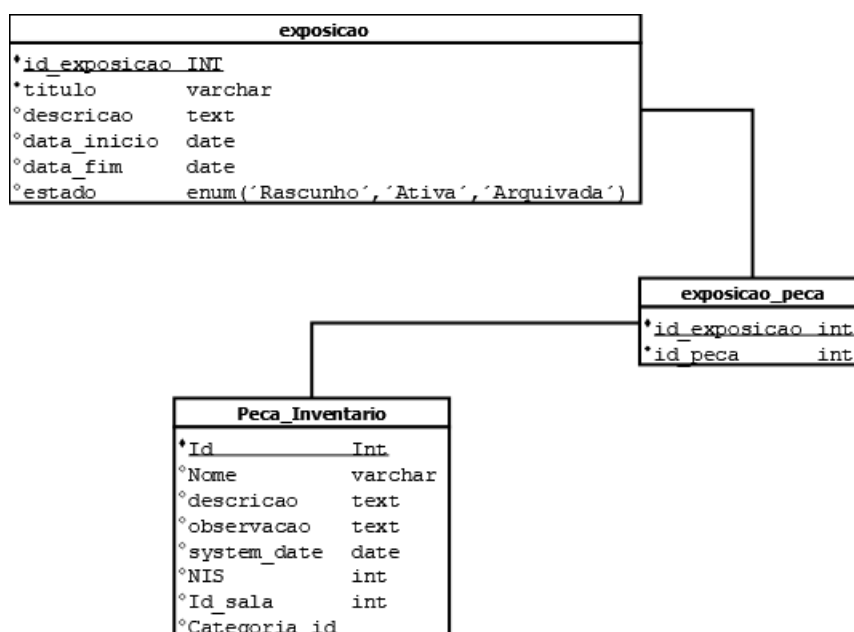


Figura 13-Modelo relacional da base de dados da nova arquitetura unificada(exposicao)

3. Arquitetura da Solução

Neste capítulo é apresentada a arquitetura da solução desenvolvida para a plataforma do Museu Virtual Dr. Félix José da Silva. São descritas as principais tecnologias utilizadas, a organização estrutural do sistema e as decisões técnicas de engenharia que permitiram contornar as limitações do sistema legado. O objetivo é fornecer uma visão clara de como a consolidação tecnológica contribui para a robustez, flexibilidade de catalogação e capacidade de evolução da plataforma museológica.

3.1 Tecnologias Utilizadas

A modernização da plataforma museológica exigiu o abandono de tecnologias obsoletas em favor de uma *stack* moderna, orientada a serviços e capaz de lidar com processamento assíncrono e multimédia pesada.

O núcleo do lado do servidor (*Backend*) foi desenvolvido recorrendo ao Node.js e à *framework* Express. O Node.js permite a criação de aplicações de servidor de alta performance utilizando JavaScript. A sua principal vantagem arquitetónica no contexto deste projeto é o seu modelo de I/O (Entrada/Saída) orientado a eventos e não-bloqueante [7]. Esta característica é fundamental para um Museu Virtual, pois permite o processamento e o *upload* simultâneo de múltiplos ficheiros multimédia, sem paralisar a resposta do servidor a outros visitantes ou curadores. O Express atua sobre o Node.js, fornecendo uma infraestrutura minimalista e ágil para o desenho de uma API RESTful segura [8], gerindo o encaminhamento de dados entre a base de dados e o cliente.

Para a camada de apresentação (*Frontend*), adotou-se o ecossistema React. Em vez do tradicional carregamento síncrono de páginas, o React baseia-se numa arquitetura de componentes que atualizam o Document Object Model (DOM) de forma virtual e dinâmica [9], eliminando o erro crónico de "telas em branco" reportado no sistema anterior. O projeto utiliza o Vite como ferramenta de *build*, garantindo uma compilação rápida e um ambiente de desenvolvimento otimizado.

A estilização da interface gráfica foi assegurada pelo Tailwind CSS, uma *framework* baseada em classes utilitárias que permitiu construir, de forma padronizada, um *design* totalmente responsivo. O Tailwind foi crucial para adaptar as complexas grelhas de inventário e os painéis de visualização 3D a qualquer resolução de ecrã (computadores, *tablets* ou *smartphones*).

A persistência de dados é garantida através de um Sistema de Gestão de Base de Dados Relacional (RDBMS), utilizando o MySQL. Face ao sistema legado, a principal transição tecnológica consistiu na adoção do motor de armazenamento InnoDB, que viabiliza a integridade referencial (*Foreign Keys*) e as transações seguras, requisitos obrigatórios para a nova estrutura de dados normalizada do acervo.

Para consolidar as tecnologias adotadas, a Tabela 2 sintetiza as ferramentas e a sua respetiva função no ecossistema da aplicação.

Tabela 2-Resumo das tecnologias utilizadas

Categoria	Tecnologia	Descrição / Função
Backend	Node.js	Ambiente de execução JavaScript do lado do servidor.
	Express	<i>Framework</i> web para Node.js, utilizada para a construção e gestão das rotas da API REST.
	Multer	<i>Middleware</i> para Express responsável pela interceção e gestão segura de <i>uploads</i> de ficheiros, essencial para a submissão de imagens.
Base de Dados	MySQL (InnoDB)	Sistema relacional responsável por armazenar de forma estruturada o inventário unificado, taxonomia, localização física e gestão de utilizadores, garantindo a integridade dos dados via chaves estrangeiras.
Frontend	React	Biblioteca JavaScript para a construção de interfaces de utilizador interativas e baseadas em componentes reutilizáveis.
	Vite	Ferramenta de <i>build</i> e servidor de desenvolvimento local de alta performance.
	Tailwind CSS	<i>Framework</i> CSS utilitária utilizada para o desenho estruturado e responsivo de toda a interface do museu e painel de administração.
	React Router	Ferramenta de navegação no lado do cliente que permite transitar entre visualizações (ex: do inventário para a edição de peças) sem recarregar a página.

3.2 Arquitetura do Sistema

A nova plataforma assenta numa arquitetura cliente-servidor estritamente modular, dividida em três camadas lógicas que comunicam de forma transparente para o utilizador. Esta separação de responsabilidades assegura a facilidade de manutenção e impede que falhas visuais comprometam a integridade dos dados.

A estrutura divide-se nos seguintes componentes:

Frontend (Camada de Apresentação): Renderizado no *browser* do visitante ou curador, consome a informação da API e constrói a interface gráfica em tempo real. Esta camada inclui a complexidade de renderizar não apenas formulários adaptativos, mas também o motor de visualização WebGL responsável pelos modelos 3D.

Backend (Camada de Lógica): A API REST atua como o mediador exclusivo. Recebe os pedidos HTTP do *Frontend*, valida regras de segurança e negócio (ex: verificar se uma imagem submetida cumpre os requisitos de formato) e executa as transações na base de dados.

Camada de Persistência (Dados e Ficheiros):

MySQL: Armazena os dados textuais, relacionamentos científicos e históricos num modelo Entidade-Relacionamento profundamente reestruturado e centralizado, que ultrapassou a fragmentação da versão anterior do museu.

File System (Sistema de Ficheiros): O *Backend* grava fisicamente as imagens e ficheiros tridimensionais numa diretoria protegida do servidor (*/uploads/*), armazenando na base de dados MySQL apenas os caminhos absolutos (*paths*). Esta divisão impede o estrangulamento da base de dados com informação binária.

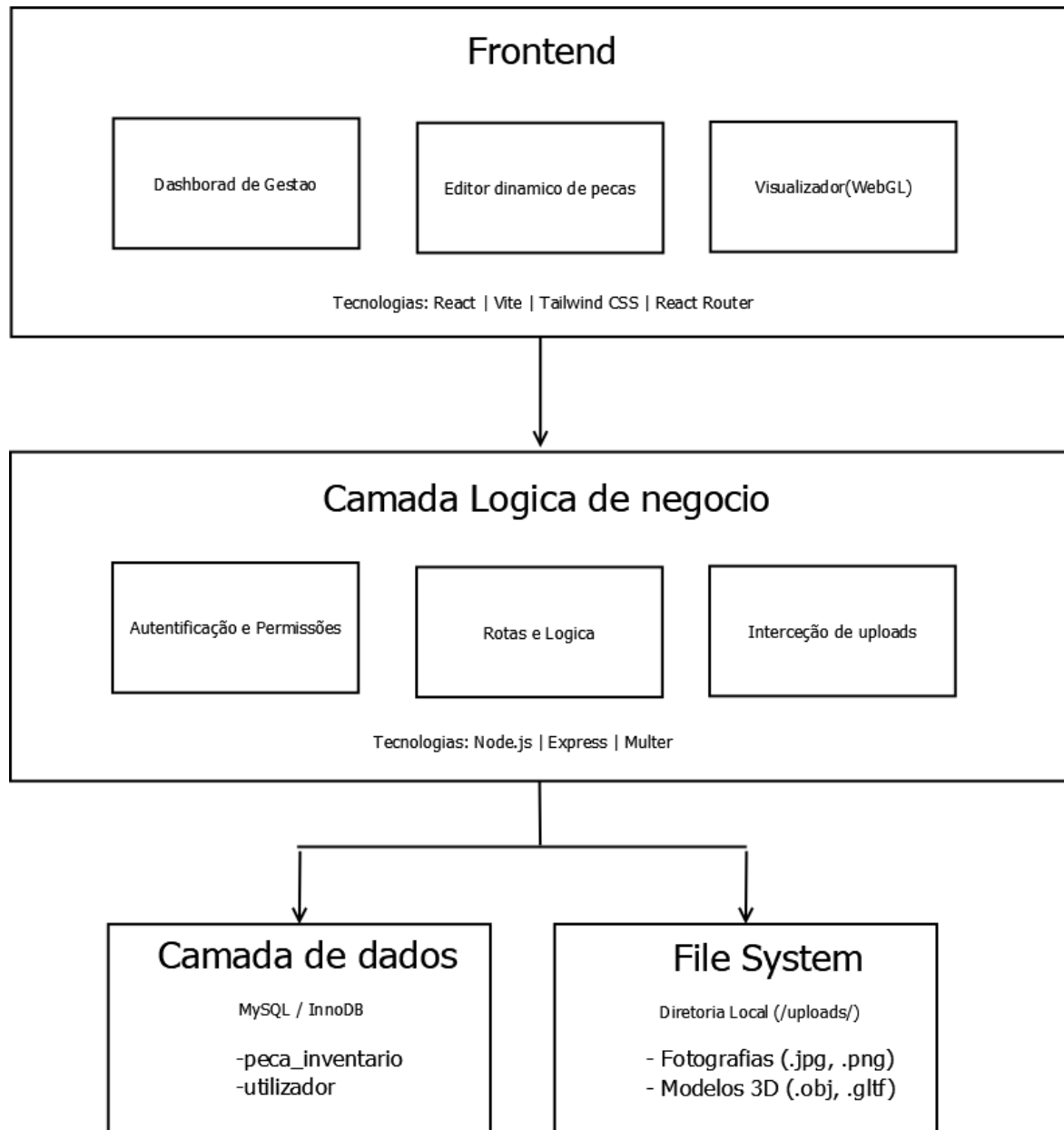


Figura 14-Arquitetura da Plataforma

4. Implementação

A fase de implementação materializa a arquitetura e os modelos conceptuais definidos previamente, transpondo-os para um ecossistema funcional e interativo. Esta etapa exigiu a articulação de uma *stack* tecnológica moderna orientada a serviços: o desenvolvimento de uma interface de utilizador responsiva (*Frontend* em React e Tailwind CSS), suportada por uma API REST robusta (*Backend* em Node.js e Express) e por uma base de dados relacional otimizada (MySQL). Este capítulo descreve os processos práticos de engenharia, desde a estabilização estrutural dos dados até ao desenvolvimento das funcionalidades nucleares da plataforma.

4.1. Reestruturação e Estabilização de Dados

Um dos primeiros desafios de implementação consistiu na transição do motor de base de dados de MyISAM para o moderno motor InnoDB. Esta alteração foi um requisito crítico, uma vez que o sistema legado carecia de mecanismos de integridade referencial.

A conversão para InnoDB permitiu a implementação de chaves estrangeiras (*Foreign Keys*), estabelecendo relações robustas entre a entidade central (*peca_inventario*) e as tabelas satélite (como *sala* e *categoria*). Durante este processo de migração, foi necessário identificar e corrigir restrições (*constraints*) órfãs provenientes de implementações anteriores. Tabelas que atuavam como dicionários de normalização (nomeadamente *categoria_outros*, *caracteristicas* e *sala*) foram estabilizadas para suportar regras de eliminação em cascata (ON DELETE CASCADE). Esta configuração ao nível do *Backend* revelou-se essencial para garantir que a eliminação de um artefacto do inventário remove de forma limpa e segura todos os seus registos associados nas tabelas filhas, prevenindo a acumulação de dados residuais.

4.2. Desenvolvimento das Funcionalidades Principais

O desenvolvimento do sistema priorizou a conceção de ferramentas ágeis e ergonómicas para a curadoria do acervo, visando colmatar as ineficiências operacionais detetadas no sistema legado. A peça central desta nova abordagem é o Editor Dinâmico de Peças, implementado no *Frontend* através do componente *ArtifactEditorPage*. Em vez de apresentar um formulário monolítico e exaustivo, a interface de catalogação foi arquitetada para ser inteligente e adaptativa, reagindo de imediato às escolhas do utilizador. No momento em que o curador inicia a criação de um registo e seleciona a categoria base do artefacto, o sistema condiciona dinamicamente a renderização do ecrã. Esta reatividade permite ocultar entradas irrelevantes e exibir apenas os separadores, campos de taxonomia e detalhes técnicos estritamente pertinentes àquela área científica. Consequentemente, a plataforma não só inviabiliza tecnicamente a introdução de

dados descontextualizados, como também guia o curador de forma intuitiva, reduzindo drasticamente a carga cognitiva e a probabilidade de erro humano durante a inserção rigorosa de metadados [10].

Figura 15- Criação de uma nova peça

Figura 16- Edição de dados específicos de uma peça(Taxonomia)

Paralelamente à componente textual, o fluxo de catalogação foi substancialmente enriquecido através da criação de um Gestor de Uploads Multimédia, desenhado para contornar a rigidez da antiga arquitetura que limitava as peças a um número fixo de imagens. Para suportar esta flexibilidade, foram programadas rotas específicas no *Backend* em *Express*, recorrendo ao *middleware* multer para processar de forma segura as submissões de ficheiros

complexos (*multipart/form-data*) [11]. Esta solução de servidor assegura a receção, a validação de segurança e o armazenamento físico dos ficheiros, enquanto orquestra, de forma assíncrona, a gravação dos respetivos caminhos de acesso na tabela unificada de *media*. O resultado prático é a capacidade do sistema associar múltiplos ficheiros, desde fotografias de detalhe a modelos tridimensionais, a uma única peça em tempo real, sem bloquear ou atrasar a navegação do utilizador.

Figura 17- Edição de dados específicos de uma peça (Manutenção, media, aquisição)

Para garantir que uma interface com este nível de complexidade e dependência de dados mantivesse um desempenho excecional, foi fundamental introduzir lógicas de otimização no consumo de dados, destacando-se a criação do *endpoint* agregador de Dicionários (*/api/dicionarios*). Foi identificado que o preenchimento de todas as listas suspensas do formulário (que incluem vocabulários controlados tão diversos como Reinos, Eras, Conservadores e Armários) através de pedidos individuais provocaria um excesso de chamadas HTTP, resultando em latência e degradação da experiência de uso [12]. A solução passou por desenvolver uma única rota na API que consulta e despacha todo este vocabulário num payload único e compactado logo no arranque da página. Esta aglomeração minimiza o tráfego de rede e permite que o *Frontend* armazene a taxonomia em memória, assegurando tempos de resposta inferiores a uma centena de milissegundos nas trocas de contexto.

Por fim, a valorização do espólio é amplificada através do Módulo de Exposições Virtuais, uma adição que eleva a plataforma de um simples repositório interno para um instrumento ativo de divulgação cultural e pedagógica. Suportada por um conjunto de *endpoints* dedicados à gestão de agrupamentos lógicos, esta

funcionalidade tira partido do relacionamento estrutural da nova base de dados para permitir a curadoria de coleções temáticas, sejam elas temporárias ou permanentes. A principal inovação deste módulo reside na sua transversalidade: o sistema quebra as barreiras entre as disciplinas científicas, viabilizando que artefactos de categorias distintas, como integrar um fóssil geológico ao lado de um livro histórico, sejam agregados numa única narrativa visual sem exigir a duplicação de dados, otimizando tanto o esforço de curadoria como a riqueza da visita virtual.

4.3. Plataforma em Funcionamento

A consolidação do *Frontend* e *Backend* resultou numa plataforma cujo ponto de entrada administrativo é uma *Dashboard* analítica. Este painel cruza os dados totais da tabela *peca_inventario*, encaminhando o utilizador para listagens de acervo devidamente paginadas.

A interação com a interface decorre em ecrã inteiro (para o editor) e caracteriza-se por um fornecimento de *feedback* em tempo real. Ações como a atualização do histórico de manutenção refletem-se instantaneamente na vista de edição do utilizador, proporcionando um fluxo de trabalho contínuo, seguro e com um mínimo de atrito operacional. A visualização global dos artefactos inseridos é apresentada na Figura 18, que ilustra a listagem do acervo digital. Nesta interface, os curadores acedem às peças através de uma grelha de cartões (*cards*), o que facilita a identificação visual rápida e o acesso direto à ficha detalhada de cada artefacto.

O resultado prático da arquitetura dinâmica do *Frontend*, que adapta a interface consoante a categoria científica, pode ser comprovado nas páginas de detalhe subsequentes. A Figura 19 apresenta a ficha técnica gerada para uma peça biológica, onde ganham destaque os campos taxonómicos específicos (como Reino, Filo e Classe). Seguindo a mesma lógica adaptativa, a Figura 20 demonstra a interface ajustada exclusivamente para metadados geológicos. As Figura 21, Figura 22 e Figura 23 exibem, respetivamente, a apresentação de aparelhos científicos, modelos didáticos e livros/cartazes. Em todas estas vistas, comprova-se como a plataforma oculta campos irrelevantes e exhibe apenas a informação pertinente ao tipo de artefacto, integrando simultaneamente o módulo de visualização interativa em 3D e a respetiva galeria fotográfica.

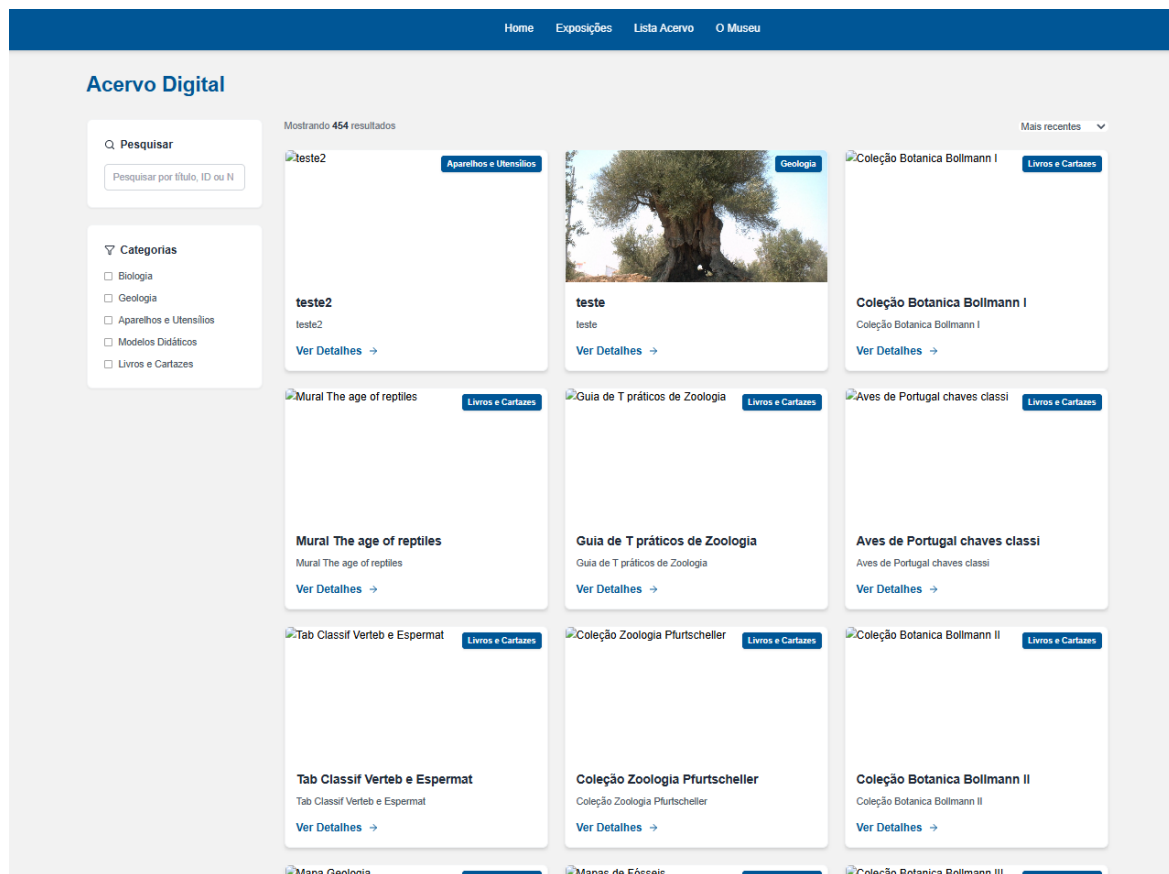


Figura 18- lista de acervo

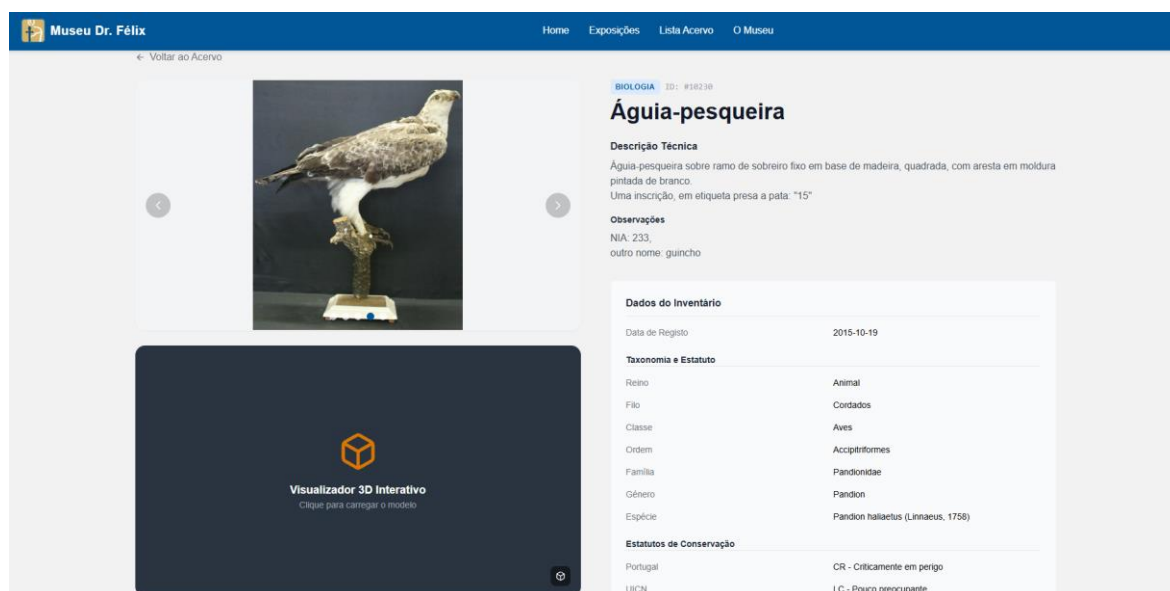


Figura 19- página de detalhes de uma peça biológica

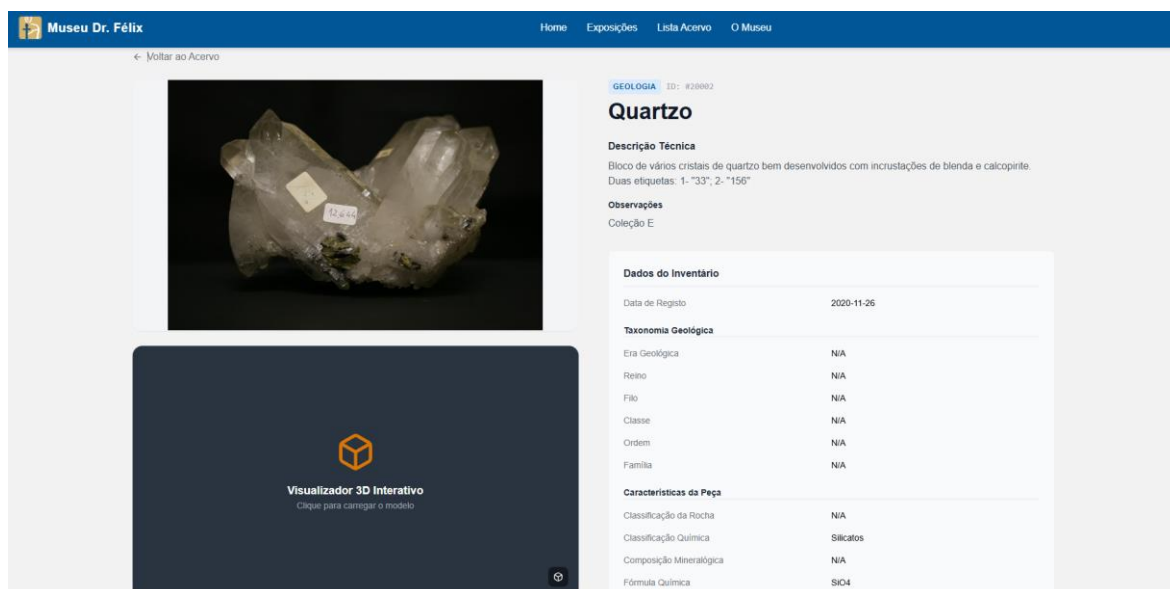


Figura 20- página de detalhe de uma peça geológica

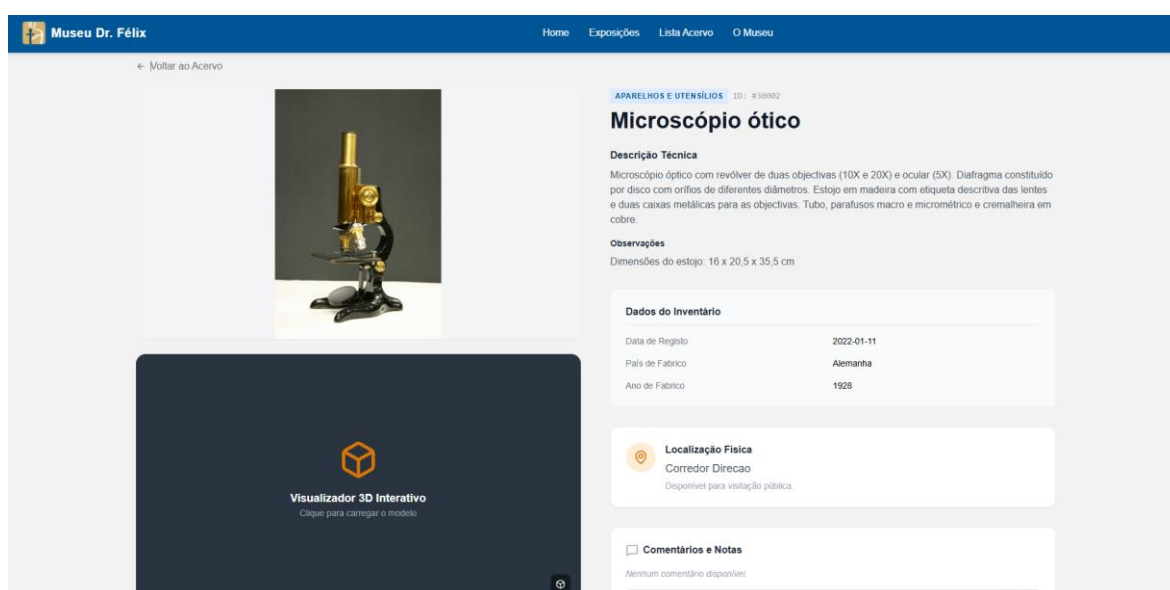


Figura 21- página de detalhe de uma peça aparelhos e utensílios

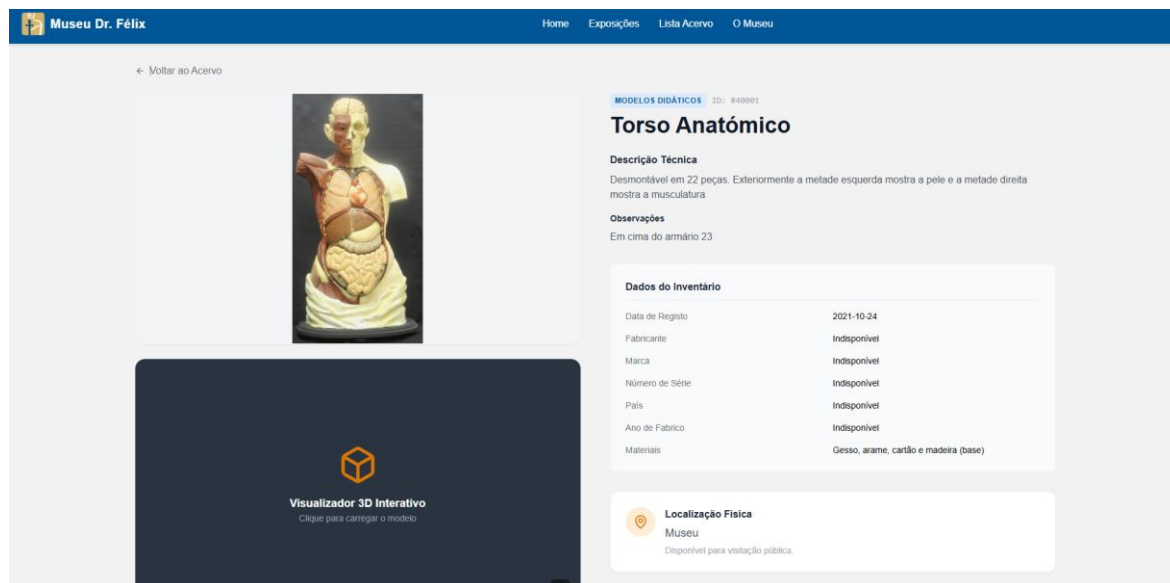


Figura 22- página de detalhe de uma peça modelos didáticos

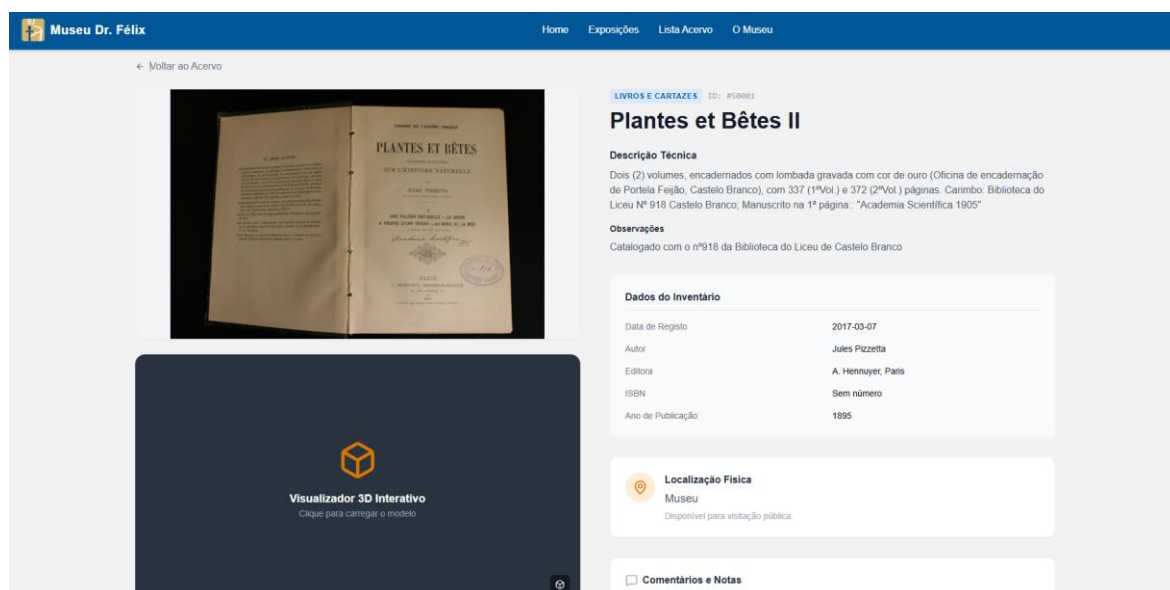


Figura 23- página de detalhe de uma peça livros e cartazes

5. Validação e Testes

Para atestar a robustez e a fiabilidade do Museu Virtual, a plataforma foi submetida a um plano de testes focado na integridade dos dados, usabilidade da interface e desempenho computacional, garantindo que o sistema cumpre os requisitos exigidos [13].

5.1 Casos de Teste Funcional

A estabilidade das operações de criação e edição (*CRUD*) foi validada através de cenários de uso reais:

- **Criação de Peça de Geologia:** Simulou-se a inserção de um espécime geológico exigindo o cruzamento de taxonomia complexa e dicionários estruturados. O sistema processou a inserção nas tabelas *peca_inventario* e *detalhe_geologico* com sucesso, confirmando a integridade do relacionamento 1:1.
- **Tratamento de Dados Nulos no Histórico:** Testou-se a submissão de uma ação de manutenção sem uma data definida. O *Backend* lidou corretamente com a omissão, gerando automaticamente a data atual (`new Date()`). Contudo, o estado local do *Frontend* falhou na renderização inicial desse valor, revelando um *bug* que foi prontamente resolvido através da injeção e formatação correta de uma *String* ISO, assegurando a coerência visual.

5.2 Testes de Usabilidade

A interface foi sujeita a avaliações heurísticas baseadas nos princípios de usabilidade estabelecidos por Jakob Nielsen [14]. Para garantir que a plataforma respondia às exigências de um ambiente de curadoria complexo, a avaliação focou-se em três métricas heurísticas fundamentais, cujos resultados ditaram o desenho final do *Frontend*:

Em primeiro lugar, aplicando a heurística de Prevenção de Erros, o sistema foi arquitetado para bloquear proativamente ações destrutivas ou ilógicas antes que estas ocorram. Por exemplo, a alteração da categoria base de uma peça após a sua criação inicial é estritamente impedida através da desativação condicional de elementos HTML (`select`), eliminando a possibilidade de corrupção estrutural na base de dados.

Em segundo lugar, em resposta à heurística de Visibilidade do Estado do Sistema, a interface foi programada para manter o curador constantemente informado sobre as operações em curso. Isto é alcançado através de alertas visuais instantâneos (sucesso, aviso ou erro), desenhados com a framework Tailwind CSS, garantindo que o utilizador recebe feedback imediato após qualquer ação de edição ou salvaguarda de dados.

Por fim, seguindo o princípio do Design Estético e Minimalista, procedeu-se à segmentação do formulário de edição em blocos temáticos e separadores dinâmicos. Esta organização lógica ocultou campos técnicos não relevantes para a categoria em edição, o que eliminou a necessidade de scrolling vertical excessivo, um problema ergonómico amplamente reportado nas fases analíticas do projeto anterior, e reduziu drasticamente a carga cognitiva do utilizador durante o processo de catalogação.

5.3 Testes de Desempenho

A arquitetura orientada ao carregamento inicial de dicionários provou ser altamente eficaz. Para atestar esta otimização, foram realizados testes de desempenho em ambiente real com recurso às Ferramentas de Programador (*Developer Tools*) do navegador web, monitorizando especificamente o separador de tráfego de Rede (*Network*). Durante o ensaio, o tempo de resposta da chamada HTTP ao *endpoint* /api/dicionarios foi analisado no exato momento de carregamento do Editor Dinâmico de Peças.

Os resultados aferidos comprovaram a excelência e a robustez da arquitetura desenvolvida: o tempo total de resposta desde o envio do pedido até à receção integral dos dados (*Duration*) fixou-se em sensivelmente 19,32 milissegundos. Salienta-se a elevada capacidade de processamento do servidor *Backend* em Node.js, que realizou as consultas nas múltiplas tabelas da base de dados e devolveu o pacote JSON formatado (*Time to First Byte* - TTFB) em apenas 15,30 milissegundos. Estes resultados práticos, largamente inferiores ao limiar ótimo de 100 milissegundos, respondem de forma factual aos requisitos de desempenho, comprovando que o servidor foi aliviado de sobrecargas de pedidos concorrentes, assegurando aos curadores uma transição de ecrãs instantânea e fluida.

5.4 Comparação de Funcionalidades: Projeto I vs. Projeto II

A evolução tecnológica e funcional entre as duas fases do projeto é notória, marcando a transição de um protótipo conceptual (Projeto I) para uma plataforma de gestão de nível de produção (Projeto II). Ao nível da arquitetura e integridade de dados, o Projeto I assentava largamente na utilização de dados simulados (*Mock data*) e em esquemas não normalizados que permitiam a inserção de texto livre, o que frequentemente corrompia a validade científica do acervo. Em contraste, o Projeto II implementou uma infraestrutura persistente e centralizada com o motor MySQL/InnoDB, forçando a integridade rigorosa da informação através do relacionamento estrito entre uma tabela de inventário unificada e as respetivas tabelas de especialização (1:1). Adicionalmente, o uso de dicionários controlados servidos pela API eliminou a ambiguidade na inserção de dados taxonómicos. Paralelamente, no que diz respeito à interface e experiência de utilizador, enquanto a iteração anterior apresentava falhas críticas de navegação

e formulários monolíticos, a atual adoção da biblioteca React em conjunto com o React Router eliminou as quebras de navegação e os recarregamentos de página (telas em branco), proporcionando uma experiência contínua e fluida. O antigo processo de inserção estático foi substituído por um Editor Dinâmico adaptativo, e a submissão rígida de fotografias deu lugar a um gestor avançado de ativos multimédia, perfeitamente capacitado para processar visualizações em 3D. Por fim, no domínio da segurança e retenção de histórico, o protótipo inicial carecia de mecanismos de proteção contra falhas operacionais e acessos indevidos. O projeto colmatou esta lacuna arquitetónica de forma exaustiva através da implementação de um Controlo de Acessos Baseado em Papéis (RBAC), da inativação lógica de contas (Soft Delete) e da encriptação criptográfica de credenciais. O principal avanço desta evolução foi a criação do módulo 'Cofre Seguro', garantindo de forma automatizada, através de Snapshots JSON, que nenhuma edição indevida ou falha humana resulta na perda permanente de património digital.

6. Ponto de Situação e Validação de Requisitos

O desenvolvimento de plataformas complexas exige uma monitorização contínua para garantir que as entregas tecnológicas se alinham com as necessidades reais do cliente. Durante a fase de conceção (Projeto I), foi estabelecida uma matriz de priorização funcional recorrendo à escala de Fibonacci [15], validada pela Direção do Museu de História Natural Dr. Félix José da Silva (documento disponível para consulta detalhada no Anexo 1 do presente relatório). Este capítulo atua como um ponto de situação, avaliando o grau de cumprimento dos requisitos estruturantes planeados face às funcionalidades efetivamente implementadas na atual fase de desenvolvimento (Projeto II)

6.1. Alinhamento com as Prioridades do Projeto I

A Tabela 3 apresenta o mapeamento entre os pré-requisitos hierarquizados na fase de planeamento e a sua correspondente concretização tecnológica no novo ecossistema do Museu Virtual.

Tabela 3- pré-requisitos hierarquizados na fase de planeamento e a sua correspondente concretização

ID	Requisito / Funcionalidade	Prioridade	Estado Atual	Resumo da Implementação no Projeto II
RF05	Importação de Dados (Migração)	13	Implementado	Concluído com sucesso através de processos ETL e da aplicação de <i>Offsets</i> matemáticos para evitar colisões de IDs na transição para a nova tabela central.
RF04	Catálogo de Metadados	13	Implementado	Arquitetura de dados reestruturada para o motor InnoDB. O acervo foi normalizado em tabelas de especialização (1:1), suportadas por um Editor Dinâmico no <i>Frontend</i> que adapta os campos científicos consoante a categoria.
RF03	Gestão de Acervo (Backoffice)	8	Implementado	<i>Dashboard</i> administrativa e painéis de inventário plenamente funcionais, permitindo operações, com gestão flexível de <i>uploads</i> e multimédia.

ID	Requisito / Funcionalidade	Prioridade	Estado Atual	Resumo da Implementação no Projeto II
RNF01	Responsividade	8	Implementado	Interface de <i>Backoffice</i> construída com <i>Tailwind</i> CSS, garantindo total fluidez e adaptação visual a diferentes dimensões de ecrã e dispositivos.
RF06	Gestão de Permissões	5	Em Progresso	Sistema de segurança ativo, com encriptação MD5 de credenciais e diferenciação de acessos baseada em papéis (Administrador, Curador), suportado por um registo de auditoria (log_sistema).
RF02	Pesquisa e Filtragem	5	Implementado	Implementação de filtros avançados no <i>Backoffice</i> , apoiados por um <i>endpoint</i> centralizador (/api/dicionarios).
RF08	Narrativas / Exposições	3	Em Progresso	Criação do Módulo de Exposições Virtuais, suportado por tabelas M:N (exposicao e exposicao_peca), permitindo agrupar peças de categorias distintas em coleções temporárias ou permanentes com gestão de estado (Ativa/Rascunho).
RF01	Visualização 3D Básica	1	Em Progresso	A infraestrutura de base de dados e o <i>Backend</i> (tabela media) já suportam o <i>upload</i> e armazenamento de ficheiros 3D.

6.2. Análise do Cumprimento de Metas

A análise do ponto de situação revela que os objetivos definidos como "Críticos" e "Estruturantes", foram integralmente cumpridos. A priorização provou ser uma estratégia de engenharia eficaz [16], ao garantir primeiro a estabilização da base de dados, a migração segura da informação legada (RF05) e a catalogação científica exata (RF04), a plataforma assegurou a sua integridade fundamental antes de avançar para a interface de utilização.

Os requisitos remanescentes, que apresentam uma prioridade inferior (como a renderização final do visualizador 3D no portal do público), encontram-se com os seus alicerces de servidor e base de dados já devidamente consolidados, deixando o terreno preparado para a conclusão das interfaces de visita pública na reta final do projeto.

7. Demonstração e Feedback Institucional

A transição de um modelo arquitetónico para uma plataforma funcional exige uma validação rigorosa por parte dos *stakeholders* do projeto. Este capítulo documenta o processo de apresentação do protótipo desenvolvido à direção do Museu de História Natural Dr. Félix José da Silva e a respetiva análise do *feedback* institucional obtido, uma etapa fundamental para garantir o alinhamento da plataforma com as boas práticas museológicas.

7.1. Contexto da Demonstração do Protótipo

Devido à necessidade de otimizar a disponibilidade dos intervenientes e permitir uma análise detalhada das funcionalidades desenvolvidas, a validação da plataforma decorreu num formato assíncrono. No dia 30 de junho de 2026, foi submetido à apreciação dos responsáveis do museu um vídeo de demonstração detalhado do Produto Mínimo Viável (MVP).

O vídeo teve como principal objetivo materializar as lógicas estruturais desenhadas nas fases iniciais do projeto. A demonstração focou-se em exibir a robustez do novo sistema de base de dados, a fluidez operacional do *Backoffice* (edição de peças, gestão de dicionários taxonómicos e *uploads* multimédia) e a interface planeada para o portal de acesso público.

7.2. Análise do Feedback Institucional

A resposta e avaliação por parte da direção do museu foram formalizadas no dia 8 de agosto de 2026, o qual pode ser lido em anexo. A apreciação inicial foi globalmente positiva, reconhecendo que o protótipo permitiu compreender de forma clara a linha de desenvolvimento e a ambição técnica do projeto.

Contudo, a comunicação revelou que a instituição se encontra num processo de reorganização interna com vista à preparação de futuras candidaturas, exigindo um rigoroso cumprimento das normas e boas práticas museológicas de segurança. Neste contexto, a direção expressou reservas pertinentes quanto à abordagem arquitetónica apresentada.

O protótipo inicial procurava centralizar duas vertentes numa única interface fluida: um sistema robusto de inventariação e uma plataforma pública de divulgação. O *feedback* institucional sublinhou que a exposição pública do inventário completo e detalhado compromete a segurança e a salvaguarda de informação sensível associada ao valor patrimonial das peças.

Foi, assim, solicitado que fosse tomada uma decisão arquitetónica clara entre duas vias:

- Desenvolver exclusivamente uma plataforma de inventariação e catalogação de acesso estritamente restrito, dedicada em pleno à gestão interna e à digitalização progressiva do espólio;
- Desenvolver um site institucional de divulgação pública, que apresente apenas uma seleção de peças curadas, com informação histórica e científica adequada, ocultando por completo os dados sensíveis de catalogação e inventário.

7.3. Impacto no Desenvolvimento da Plataforma

O *feedback* recebido revelou-se de extrema importância metodológica, obrigando a uma redefinição do âmbito do projeto para garantir o cumprimento estrito das diretrizes de segurança da instituição.

Na sequência da comunicação da direção do museu, realizou-se uma reunião de alinhamento estratégico com o Professor Luís Barata, orientador e responsável pela implementação tecnológica da plataforma. Neste encontro, foi debatida a exigência do cliente em manter as vertentes de gestão interna e de divulgação pública claramente separadas. Durante a reunião, foi também comunicada a reintegração da colaboração do estudante Sebastião Monteiro, que havia desenvolvido trabalho prévio neste projeto no ano letivo transato.

Para dar a melhor resposta às necessidades do museu e otimizar os recursos de engenharia, estabeleceu-se uma divisão clara do trabalho. A estratégia definida determinou que o desenvolvimento do *site* institucional, vocacionado para a divulgação pública de peças selecionadas, transitaria para a responsabilidade do colega Sebastião Monteiro.

Consequentemente, o âmbito do presente projeto focou-se em exclusivo na primeira exigência apresentada pela direção: a conceção e implementação de uma plataforma de inventariação e catalogação robusta, de acesso estritamente restrito e dedicada em pleno à gestão interna do acervo.

Esta divisão de tarefas revelou-se altamente benéfica. Ao abdicar do desenvolvimento da interface de visita pública, foi possível concentrar todos os esforços tecnológicos na arquitetura do servidor, na consolidação da base de dados relacional (*InnoDB*) e na criação de um *Backoffice* inteligente e seguro. A plataforma desenvolvida garante assim a salvaguarda de toda a informação sensível e patrimonial do Museu de História Natural Dr. Félix José da Silva, fornecendo aos curadores uma ferramenta de trabalho de alto desempenho.

8. Consolidação da Plataforma de Gestão Interna

A redefinição do âmbito do projeto exigiu uma adaptação ágil da estratégia de desenvolvimento. A redefinição do âmbito permitiu focar os recursos no aprofundamento da infraestrutura, a focalização exclusiva no sistema de inventariação permitiu reaproveitar e aprofundar a infraestrutura tecnológica que já havia sido construída, direcionando todos os recursos para a otimização da experiência dos curadores e administradores do museu.

8.1. Reaproveitamento da Arquitetura de Dados e Servidor

O trabalho de engenharia desenvolvido até ao momento da reestruturação provou ser altamente resiliente e alinhado com o novo objetivo. Toda a camada de *Backend* (Node.js e Express) e a modelação da base de dados relacional (MySQL) foram integralmente reaproveitadas.

A arquitetura centralizada na tabela *peca_inventario* e nas suas respetivas tabelas de detalhe revelou-se exatamente o que a instituição necessitava para um sistema de gestão restrito. Os *endpoints* da API que já haviam sido programados para as operações CRUD (Criação, Leitura, Atualização e Eliminação), bem como o sistema de *upload* de ficheiros multimédia através do *middleware* *multer*, transitaram perfeitamente para esta nova fase. Desta forma, o núcleo lógico do projeto não sofreu desperdício; pelo contrário, serviu de fundação sólida para a construção de ferramentas administrativas mais complexas.

8.2. Foco Exclusivo no Desenvolvimento do Backoffice

Com a delegação da interface pública (portal de divulgação) para outro elemento, o desenvolvimento *Frontend* (em React e Tailwind CSS) concentrou-se inteiramente na criação de um *Backoffice* de alto desempenho. Esta alteração permitiu refinar funcionalidades que, num contexto de tempo dividido, poderiam não receber a mesma atenção ao detalhe:

Aperfeiçoamento do Editor Dinâmico: A interface de catalogação (*ArtifactEditorPage*) foi expandida para garantir o rigor científico exigido pela direção do museu. O comportamento dinâmico do formulário, que adapta os campos consoante a categoria da peça, foi otimizado para evitar erros humanos de inserção, garantindo que o acervo é digitalizado segundo as boas práticas museológicas.

Gestão Avançada de Multimédia e Taxonomia: O painel de gestão foi aprimorado para permitir aos curadores uma associação rápida e intuitiva de múltiplas imagens a cada registo, além da gestão de dicionários (como locais de colheita, eras geológicas ou fabricantes).

Segregação Visual de Acessos: A interface do painel de controlo (*Dashboard*) foi adaptada para refletir inequivocamente os diferentes níveis de privilégio

(Administrador vs. Curador). Elementos sensíveis, como o registo de atividades (log_sistema) e a gestão de credenciais, foram encapsulados em vistas exclusivas para a administração, assegurando a proteção da informação e a restrição de acesso requerida pelo cliente.

Em suma, a adaptação ao *feedback* do cliente permitiu transformar um projeto inicialmente híbrido numa ferramenta de trabalho especializada. A plataforma de gestão resultante assegura o inventário e a catalogação contínua do espólio, cumprindo rigorosamente os requisitos de confidencialidade e segurança exigidos pelo Museu de História Natural Dr. Félix José da Silva.

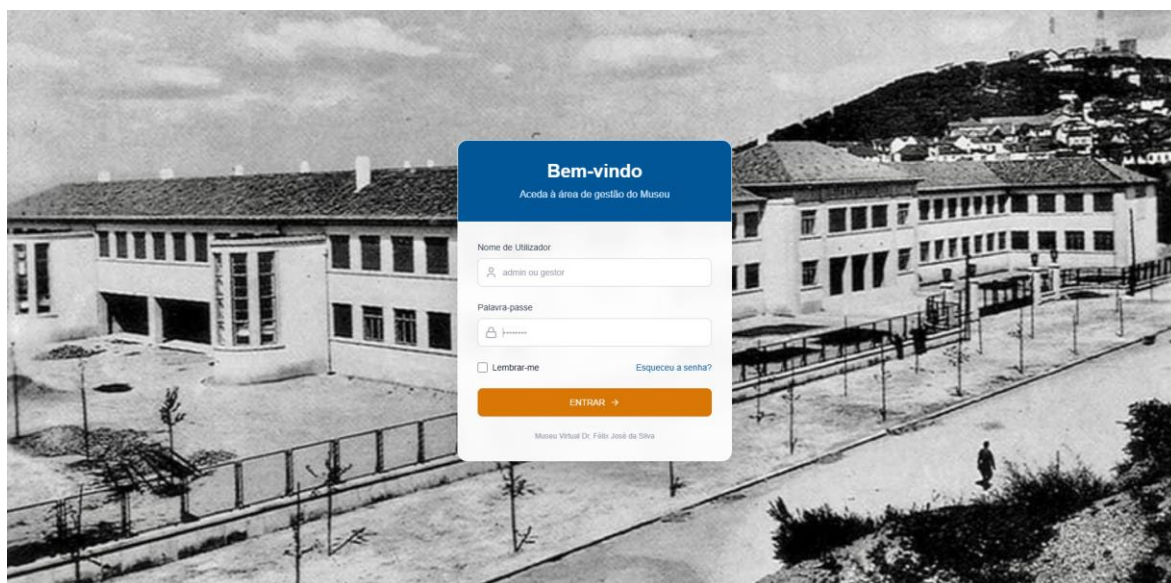


Figura 24- pagina inicial da plataforma

9. Refinamento Funcional e Controlo de Versões

A redefinição do âmbito do projeto para um sistema estritamente focado na gestão interna do acervo implicou uma reavaliação crítica das funcionalidades anteriormente planeadas. Este capítulo documenta a descontinuação de módulos que deixaram de estar alinhados com os novos objetivos e apresenta a conceção de um novo sistema de segurança de dados, "Cofre Seguro", desenhado para mitigar falhas humanas e garantir a integridade histórica da catalogação.

9.1. Descontinuação de Módulos Públicos

Na arquitetura inicial, estavam previstos dois módulos orientados para a interação com o público: o Módulo de Exposições Virtuais e o Módulo de Moderação de Comentários. Contudo, com a decisão institucional de transitar o desenvolvimento do portal de divulgação para um projeto paralelo, a manutenção destas funcionalidades no *Backoffice* de inventariação tornou-se redundante.

A curadoria de narrativas visuais e a gestão do *feedback* de visitantes perderam o seu contexto numa plataforma agora desenhada para o acesso restrito de especialistas. Consequentemente, as tabelas associadas (*exposicao* e *exposicao_peca*) e as respetivas rotas no *Backend* foram removidas do sistema. Esta eliminação técnica não só reduziu a complexidade da base de dados, como também otimizou a performance da aplicação e permitiu realocar recursos de engenharia para o reforço da segurança dos dados internos.

9.2. Cofre Seguro: Sistema de Versionamento e Recuperação por *Snapshots* JSON

A catalogação museológica é um processo científico rigoroso, onde a alteração indevida de dados taxonómicos ou a eliminação accidental de uma peça podem causar constrangimentos graves na gestão do património. Para garantir a integridade e a recuperabilidade dos dados, foi desenhada e implementada uma funcionalidade de "Cofre Seguro", que atua em simultâneo como um histórico de edições e uma reciclagem avançada.

Devido à nova arquitetura normalizada da base de dados, que divide as peças entre um inventário central e tabelas de especialização, a simples duplicação de registos não seria eficaz para rastrear alterações em atributos específicos. Para resolver este desafio arquitetónico, implementou-se uma estratégia de versionamento baseada em *Snapshots* utilizando a formatação de dados JSON [17].

O mecanismo ópera de forma automatizada no *Backend*, sempre que um curador submete uma edição ou solicita a eliminação de um artefacto, o sistema interceta a operação antes de executar o comando destrutivo na base de dados (*UPDATE* ou *DELETE*). A API realiza uma leitura completa da peça e converte

esse objeto integral num formato estruturado JSON e arquiva-o na tabela de retenção `historico_peca`.

Esta "cópia de segurança" hiper-compactada fica retida no Cofre Seguro durante um período exato de 30 dias. Durante esta janela temporal, um Administrador pode auditar o histórico e, caso detete uma falha ou um apagamento indevido, acionar a reversão dos dados. O *Backend* lê o JSON arquivado e reinjeta a peça exatamente como estava nas respetivas tabelas.

Para garantir a sustentabilidade do armazenamento do servidor, um evento autónomo do MySQL varre diariamente a tabela de histórico e expurga, de forma definitiva, todos os *snapshots* que ultrapassem a janela de retenção estabelecida, garantindo que o sistema não acumule "lixo digital" infinitamente.

```
1 SET GLOBAL event_scheduler = ON;
2
3
4 CREATE EVENT IF NOT EXISTS `limpar_cofre_30_dias`
5 ON SCHEDULE EVERY 1 DAY
6 STARTS CURRENT_TIMESTAMP
7 DO
8   DELETE FROM `historico_peca`
9   WHERE `data_arquivamento` < NOW() - INTERVAL 30 DAY;
```

Figura 25- código de criação do evento

A implementação técnica deste automatismo na base de dados pode ser observada na Figura 25, que ilustra o código SQL responsável pela criação do evento de limpeza programada que decorre em plano de fundo no servidor.

Do ponto de vista da interface de administração (*Frontend*), a interação e gestão destas cópias de segurança são realizadas através de um painel dedicado. A Figura 26 apresenta a página de listagem principal do Cofre Seguro, onde o Administrador pode consultar o histórico das peças arquivadas, a data exata da intervenção e o utilizador responsável pela ação.

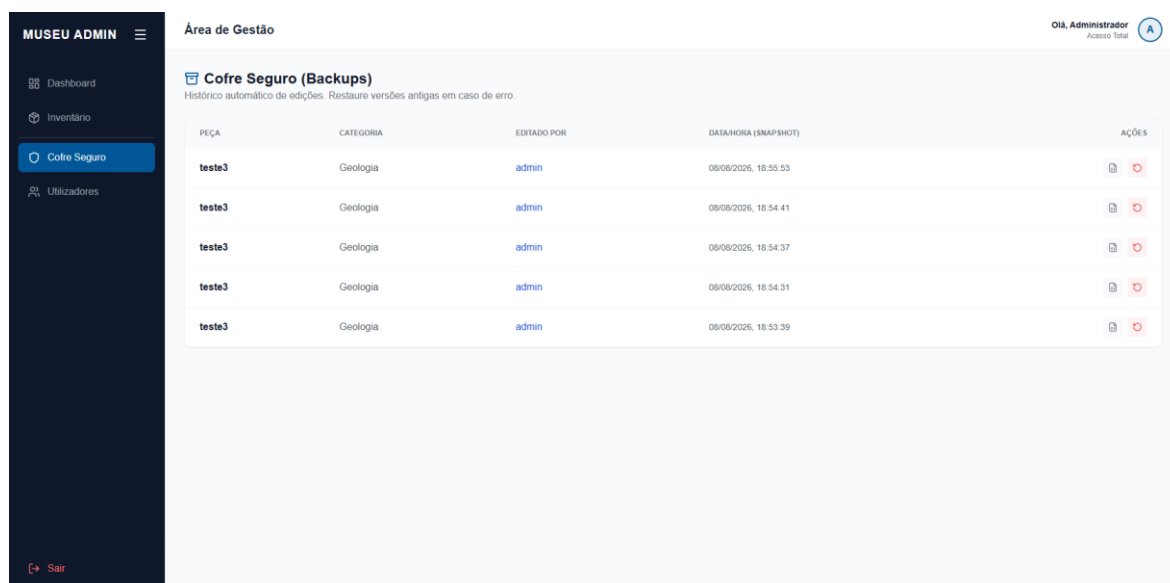


Figura 26- página do cofre seguro (pagina de backups)

Ao solicitar os detalhes de um registo específico, o sistema aciona uma janela sobreposta (*modal*), ilustrada na Figura 27, que renderiza o *Snapshot* de dados de forma legível e estruturada. Esta interface permite aos administradores efetuarem uma auditoria completa e rigorosa dos atributos técnicos e taxonómicos da peça antes de acionarem uma eventual reversão para a tabela principal.

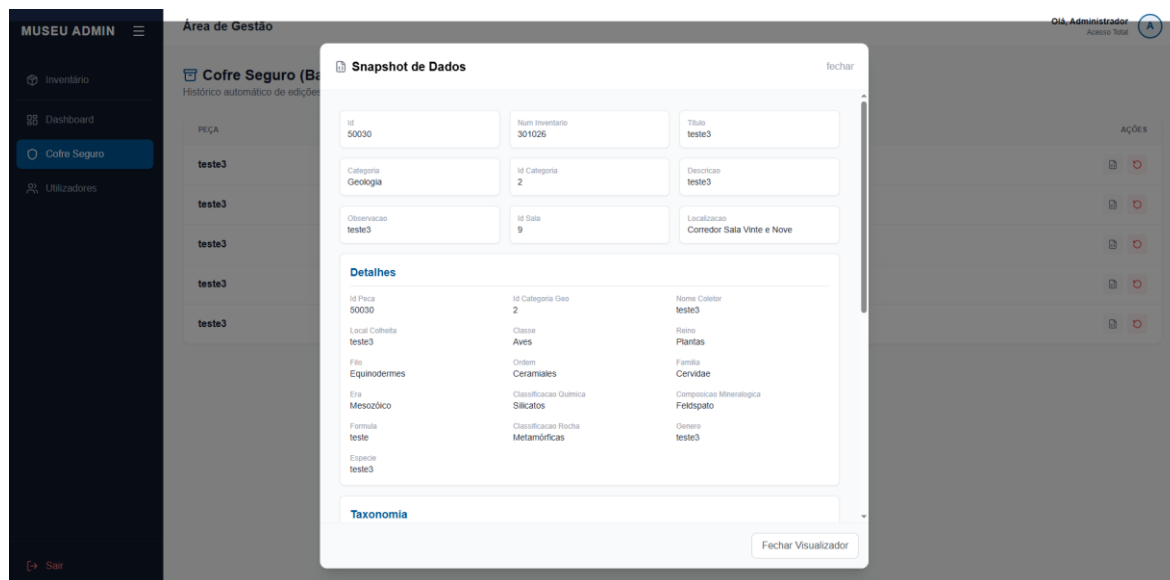


Figura 27- página do cofre seguro (ver todos os dados de um backup)

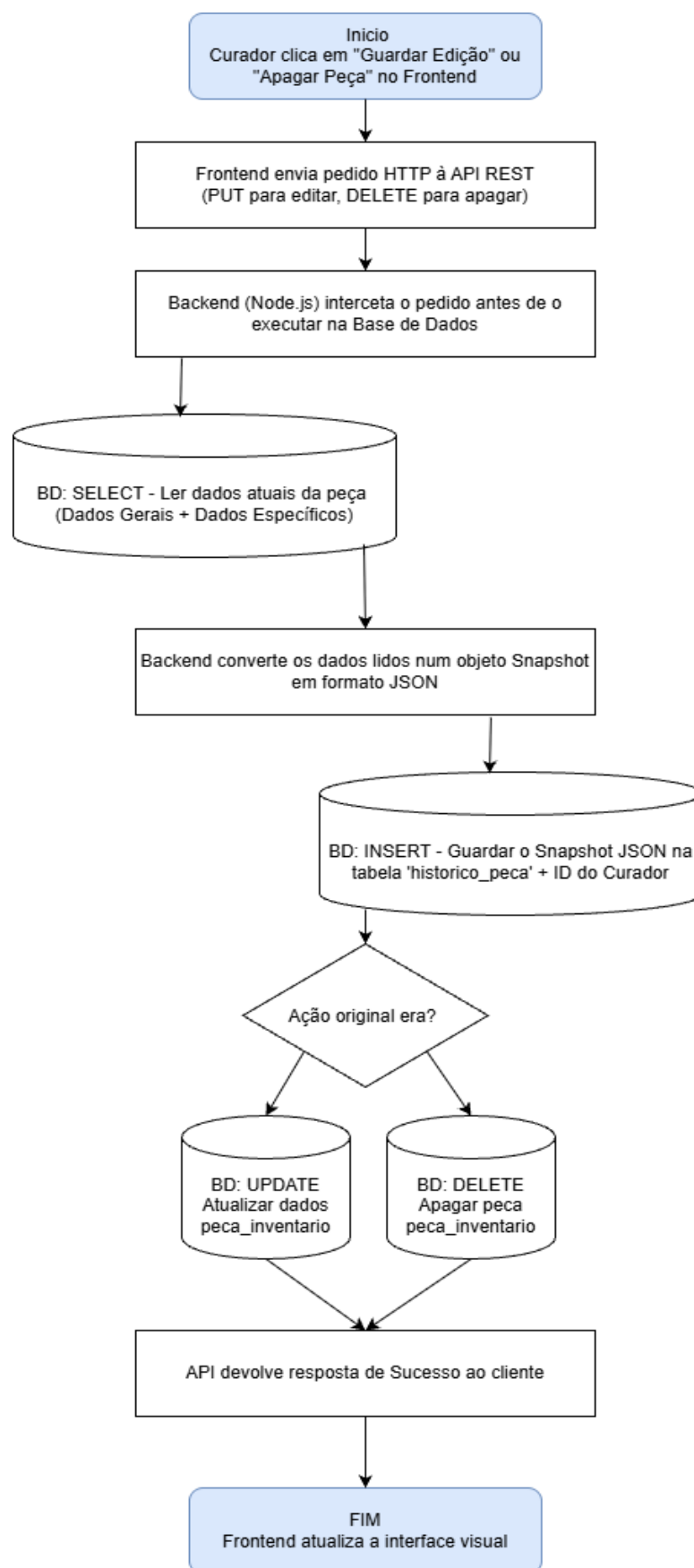


Figura 28- diagrama de fluxo de processos

Para ilustrar o funcionamento algorítmico do Cofre Seguro, a Figura 28 apresenta o diagrama de fluxo de processos, detalhando a coreografia de dados entre a camada de apresentação, a API REST e a base de dados.

Como se pode observar no diagrama, o processo é desencadeado quando o curador submete um pedido de edição ou eliminação. Em vez de executar imediatamente a ação destrutiva, o *Backend* interceta o pedido HTTP. A rotina de segurança inicia-se com uma leitura integral do estado atual do artefacto, convertendo os metadados devolvidos num objeto JSON estruturado. Este *Snapshot* é, então, inserido de imediato na tabela *historico_peca*. Apenas após a confirmação do sucesso desta salvaguarda é que o sistema prossegue com a operação original (seja ela um *UPDATE* ou um *DELETE*) na tabela principal do inventário, devolvendo, por fim, uma resposta de sucesso à interface gráfica.

Adicionalmente, o diagrama ilustra o fluxo assíncrono do *Event Scheduler* do MySQL. Este componente atua de forma autónoma e em pano de fundo, executando a cada 24 horas uma rotina de manutenção que expurga da base de dados os registos que ultrapassem a janela máxima de retenção de 30 dias.

10. Gestão de Utilizadores e Controlo de Acessos

Na sequência da avaliação do protótipo e do *feedback* institucional, que determinou a transição da plataforma para um ambiente de inventariação de acesso estritamente restrito, a implementação de um sistema robusto de controlo de acessos assumiu um carácter prioritário. Este capítulo detalha o desenvolvimento do módulo de Gestão de Utilizadores, responsável por garantir a integridade, a confidencialidade e a rastreabilidade de todas as operações realizadas na plataforma do Museu Dr. Félix José da Silva.

10.1. Autenticação e Perfis de Privilégio (RBAC)

Para assegurar que apenas pessoal autorizado interage com o acervo digital, o acesso à plataforma exige autenticação obrigatória. A arquitetura de autorização foi implementada com base no modelo de Controlo de Acessos Baseado em Papéis (RBAC - *Role-Based Access Control*).

A tabela utilizador na base de dados define dois níveis distintos de privilégio através do campo perfil:

Curador: Perfil desenhado para os técnicos e docentes responsáveis pela manutenção científica do acervo. Este utilizador tem acesso total às operações de inventário (adição, edição e arquivo de peças), bem como ao *upload* de multimédia. No entanto, a interface bloqueia-lhe o acesso às áreas de administração do sistema.

Administrador: Perfil de topo que herda todas as capacidades do Curador, somando-lhe a autoridade exclusiva para aceder ao painel de "Gestão de Utilizadores". Apenas um Administrador possui a capacidade de criar novas contas para a equipa, redefinir senhas, alterar perfis e inativar acessos.

Esta segregação de funções foi implementada a dois níveis: no *Frontend* (ocultando menus e rotas no React consoante a sessão ativa) e, criticamente, no *Backend* (onde *middlewares* no Node.js/Express validam o token de sessão antes de autorizar qualquer transação na base de dados).

10.2. Segurança de Credenciais

A proteção das contas de utilizador constitui a primeira linha de defesa do património museológico. Para evitar o armazenamento de senhas em texto limpo (*plaintext*), as credenciais são submetidas a um processo de encriptação (*hashing*) antes de serem guardadas na base de dados [18].

Na atual iteração, o sistema utiliza o algoritmo MD5, garantindo que o campo password da base de dados armazene apenas uma *string* de 32 caracteres gerada criptograficamente. Quando um utilizador tenta iniciar sessão, o *Backend* converte a palavra-passe introduzida utilizando o mesmo algoritmo e compara o

resultado com o *hash* armazenado. Se coincidirem, o acesso é concedido; caso contrário, é rejeitado. Esta abordagem impede que, mesmo em caso de acesso indevido à base de dados, as senhas originais sejam expostas.

10.3. Inativação Lógica de Contas (*Soft Delete*)

Um dos desafios técnicos na gestão de equipas em sistemas relacionais é o tratamento de colaboradores que deixam de pertencer à instituição. Se um utilizador for apagado fisicamente da base de dados (operação *DELETE*), a integridade referencial do sistema é quebrada: todas as peças que esse utilizador catalogou (Id_Criador na tabela *peca_inventario*) e todas as ações que realizou (id_utilizador na tabela *log_sistema*) ficariam órfãs ou seriam eliminadas em cascata.

Para resolver este problema de engenharia, implementou-se a técnica de *Soft Delete* (Inativação Lógica) [19]. A tabela utilizador possui um campo booleano denominado *ativo*. Quando um Administrador decide remover o acesso a um curador, o sistema não apaga o registo; em vez disso, altera o campo *ativo* para 0 (Falso).

A lógica de autenticação no *Backend* foi programada para rejeitar qualquer tentativa de *login* de uma conta cujo estado seja inativo. Desta forma, o museu revoga o acesso instantaneamente, mas preserva a 100% o histórico de curadoria, a autoria das peças e a rastreabilidade das ações desse colaborador para efeitos de auditoria futura.

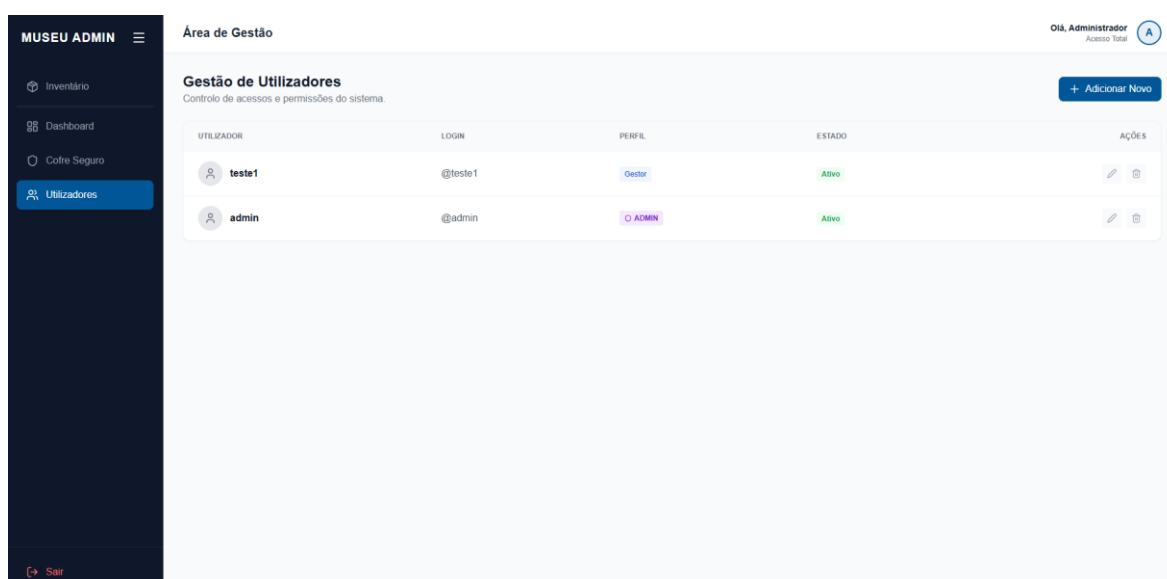


Figura 29- página de gestão de utilizadores

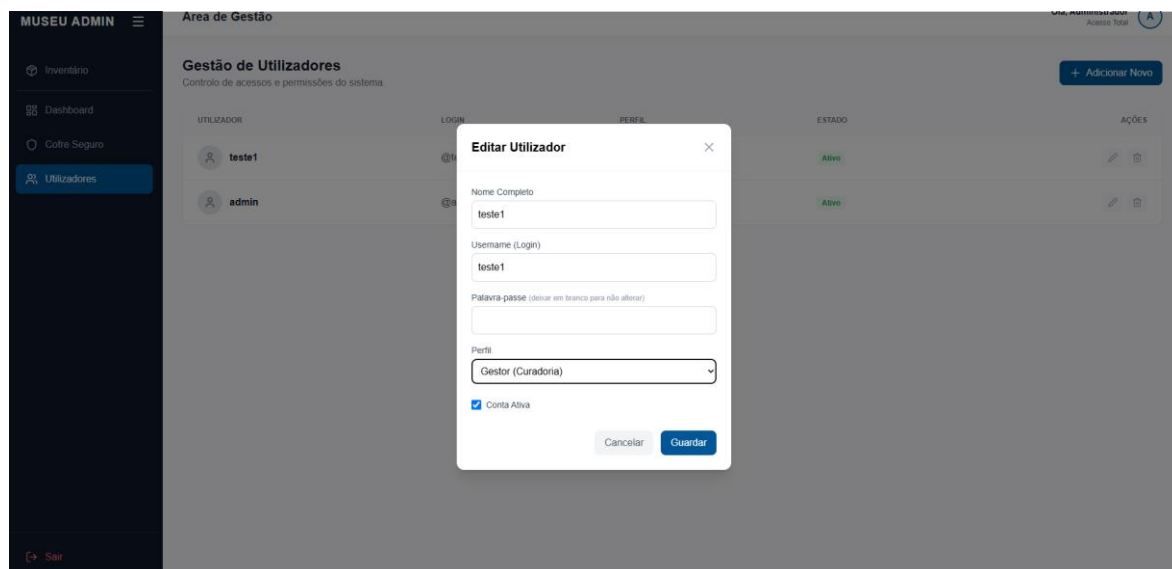


Figura 30- página de gestão de utilizadores (edição de um utilizador)

11. Análise de Requisitos Institucionais

A validação contínua com as partes interessadas é um pilar fundamental no desenvolvimento de sistemas de informação. No dia 10 de agosto de 2026, foi recebido um e-mail formal por parte da Direção do Museu de História Natural Dr. Félix José da Silva (documento disponível para consulta integral em anexo), detalhando os pressupostos finais e as funcionalidades desejadas para a gestão museológica do acervo.

Para aferir o grau de alinhamento da plataforma desenvolvida com estas exigências institucionais, elaborou-se uma matriz de verificação cruzada.

Tabela 4- Matriz de verificação de funcionalidades solicitadas face à implementação

Funcionalidade Solicitada	Estado de Implementação na Plataforma
1. Migrar e preservar a informação já existente	Implementado através de processos de migração (ETL).
2. Normalizar e completar progressivamente os registos	Implementado através da reestruturação da base de dados para MySQL/InnoDB.
3. Incorporar novas peças	Implementado (Editor dinâmico adaptativo com operações CRUD).
4. Documentar a proveniência e incorporação	Implementado (Tabelas dedicadas a ofertas e aquisições).
5. Acompanhar localização e estado de conservação	Implementado (Tabelas de alocação de armários e histórico de manutenção).
6. Manter o histórico das intervenções de conservação/restauro	Implementado através do sistema de versionamento "Cofre Seguro".
7. Associar fotografia, documentação e outros ficheiros digitais	Implementado (Gestor avançado de ativos multimédia).
8. Permitir futuramente a associação de modelos 3D	Implementado (A base de dados suporta formatos tridimensionais).
9. Pesquisar e filtrar eficazmente o acervo	Implementado (Listagens paginadas e cruzamento de dicionários).
10. Controlar diferentes níveis de acesso à informação	Implementado através do Controlo de Acessos Baseado em Papéis (RBAC).
11. Selecionar apenas determinados conteúdos para divulgação pública	Implementado (Sistema de acesso estritamente restrito com arquitetura preparada para API pública).
12. Garantir a segurança, exportação e preservação da informação	Não Implementado (A exportação da base de dados não se encontrava realizada).

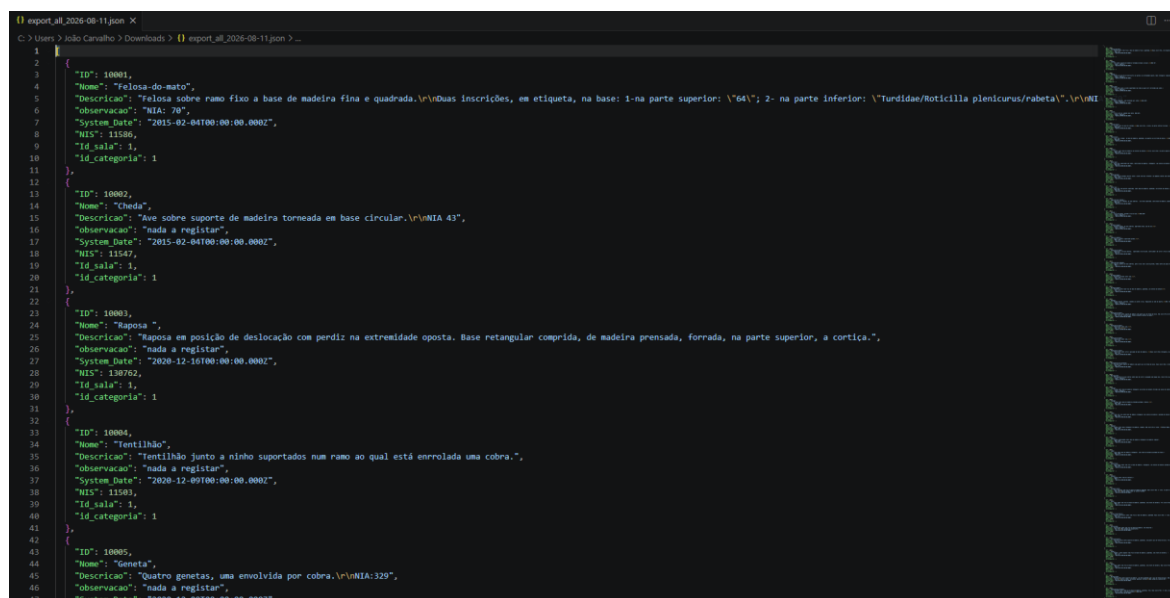
Como é possível constatar pela análise da tabela, a robustez da arquitetura planeada permitiu dar resposta imediata a praticamente todos os pontos levantados pela instituição. Contudo, a necessidade de garantir a extração e a cópia de segurança dos dados por parte da direção do museu revelou-se como a única funcionalidade em falta. Para colmatar esta lacuna estrutural, avançou-se para o desenvolvimento de um novo módulo, detalhado no capítulo seguinte.

12. Arquitetura do Módulo de Exportação de Dados

Este capítulo documenta a arquitetura tecnológica e as soluções de lógica desenvolvidas para o recém-lançado Módulo de Exportação de Dados do Museu Virtual. O objetivo desta ferramenta é conferir total autonomia aos Administradores na extração, auditoria e migração dos dados da plataforma.

12.1. Descrição dos Formatos de Exportação

A plataforma disponibiliza três formatos distintos para a exportação de dados, cada um com propósitos e características específicas. O JSON (JavaScript Object Notation) atua como o formato nativo e padrão da web, cujo funcionamento assenta no servidor Node.js que extrai as tabelas MySQL e traduz diretamente as linhas em objetos hierárquicos. Esta abordagem revela-se excelente para desenvolvedores e para eventuais migrações sistêmicas futuras, uma vez que mantém o modelo e os tipos de dados originais perfeitamente intactos.



```

1  export_all_2025-08-11.json
2
3  {
4    "ID": 10001,
5    "Nome": "Felsa-do-mato",
6    "Descricao": "Felsa sobre ramo fixo a base de madeira fina e quadrada.\r\nDuas inscrições, em etiqueta, na base: 1-na parte superior: \"64\"; 2- na parte inferior: \"Turdidae/Rotocilla pleniceps/rabeta\".\r\nMIA",
7    "Observacao": "MIA: 70",
8    "System_Date": "2015-02-04T00:00:00.000Z",
9    "NIS": 11586,
10   "Id_sala": 1,
11   "Id_categoria": 1
12 },
13 {
14   "ID": 10002,
15   "Nome": "Cheda",
16   "Descricao": "Ave sobre suporte de madeira torneada em base circular.\r\nMIA 43",
17   "Observacao": "nada a registar",
18   "System_Date": "2015-02-04T00:00:00.000Z",
19   "NIS": 11547,
20   "Id_sala": 1,
21   "Id_categoria": 1
22 },
23 {
24   "ID": 10003,
25   "Nome": "Raposa ",
26   "Descricao": "Raposa em posição de deslocação com perdis na extremidade oposta. Base retangular comprida, de madeira prensada, forrada, na parte superior, a cortica.",
27   "Observacao": "nada a registar",
28   "System_Date": "2020-12-16T00:00:00.000Z",
29   "NIS": 136762,
30   "Id_sala": 1,
31   "Id_categoria": 1
32 },
33 {
34   "ID": 10004,
35   "Nome": "Fentilhão",
36   "Descricao": "Fentilhão junto a ninho suportados num ramo ao qual está enrolada uma cobra.",
37   "Observacao": "nada a registar",
38   "System_Date": "2020-12-09T00:00:00.000Z",
39   "NIS": 11583,
40   "Id_sala": 1,
41   "Id_categoria": 1
42 },
43 {
44   "ID": 10005,
45   "Nome": "Geneta",
46   "Descricao": "Quatro genetas, uma envolvida por cobra.\r\nMIA:329",
47   "Observacao": "nada a registar",
48   "System_Date": "2020-12-09T00:00:00.000Z",
49 }

```

Figura 31- exemplo de exportação em JSON

Por sua vez, o formato XML (eXtensible Markup Language) destina-se a uma exportação hierárquica e formal baseada em *tags* [20]. Para a sua conceção, o sistema utiliza a biblioteca *xmlbuilder2* com vista a construir dinamicamente uma árvore de dados (sob o nó `<ExportData>`). De modo a proteger a integridade do documento, o sistema higieniza automaticamente os nomes das colunas da base de dados, garantindo que não existem caracteres inválidos ou espaços nas *tags* geradas.

This XML file does not appear to have any style information associated with it. The document tree is shown below:

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8" ?>
<ExportData>
  <all>
    <peca_inventario>
      <item>
        <ID>10001</ID>
        <Nome>Felsa-do-mato</Nome>
        <Descricao>Felsa sobre ramo fixo a base de madeira fina e quadrada. Duas inscrições, em etiqueta, na base: 1-na parte superior: "64"; 2- na parte inferior: "turdidae/roticilla plenicurus/rabeta". NIA: 70</Descricao>
        <observacao>NIA: 70</observacao>
        <System_Date>Wed Feb 04 2015 00:00:00 GMT+0000 (Hora padrão da Europa Ocidental)</System_Date>
        <NIS>11586</NIS>
        <Id_salao>/Id_salao</Id_salao>
        <Id_categoria>/Id_categoria</Id_categoria>
      </item>
      <item>
        <ID>10002</ID>
        <Nome>Cheda</Nome>
        <Descricao>Ave sobre suporte de madeira torneada em base circular. NIA: 43</Descricao>
        <observacao>nada a registrar</observacao>
        <System_Date>Wed Feb 04 2015 00:00:00 GMT+0000 (Hora padrão da Europa Ocidental)</System_Date>
        <NIS>11547</NIS>
        <Id_salao>/Id_salao</Id_salao>
        <Id_categoria>/Id_categoria</Id_categoria>
      </item>
      <item>
        <ID>10003</ID>
        <Nome>Raposa</Nome>
        <Descricao>Raposa em posição de deslocação com perda na extremidade oposta. Base retangular comprida, de madeira prensada, forrada, na parte superior, a cortiça.</Descricao>
        <observacao>nada a registrar</observacao>
        <System_Date>Wed Dec 16 2020 00:00:00 GMT+0000 (Hora padrão da Europa Ocidental)</System_Date>
        <NIS>11876</NIS>
        <Id_salao>/Id_salao</Id_salao>
        <Id_categoria>/Id_categoria</Id_categoria>
      </item>
      <item>
        <ID>10004</ID>
        <Nome>Fentilhão</Nome>
        <Descricao>Fentilhão junto a ninho suportados num ramo ao qual está enrolada uma cobra.</Descricao>
        <observacao>nada a registrar</observacao>
        <System_Date>Wed Dec 09 2020 00:00:00 GMT+0000 (Hora padrão da Europa Ocidental)</System_Date>
        <NIS>11503</NIS>
        <Id_salao>/Id_salao</Id_salao>
        <Id_categoria>/Id_categoria</Id_categoria>
      </item>
      <item>
        <ID>10005</ID>
        <Nome>Geneta</Nome>
        <Descricao>Quatro genetas, uma envolvida por cobra. NIA:329</Descricao>
        <observacao>nada a registrar</observacao>
        <System_Date>Wed Dec 09 2020 00:00:00 GMT+0000 (Hora padrão da Europa Ocidental)</System_Date>
        <NIS>11493</NIS>
        <Id_salao>/Id_salao</Id_salao>
        <Id_categoria>/Id_categoria</Id_categoria>
      </item>
      <item>
        <ID>10006</ID>
        <Nome>Lince</Nome>
        <Descricao>Lince ibérico comendo uma lebre. NIA:334</Descricao>
        <observacao>nada a registrar</observacao>
        <System_Date>Wed Dec 09 2020 00:00:00 GMT+0000 (Hora padrão da Europa Ocidental)</System_Date>
        <NIS>11499</NIS>
        <Id_salao>/Id_salao</Id_salao>
        <Id_categoria>/Id_categoria</Id_categoria>
      </item>
    </all>
  </peca_inventario>
</ExportData>
```

Figura 32- exemplo de exportação em XML

Por fim, o formato CSV (Comma-Separated Values) é estritamente orientado para a análise humana, constituindo a opção ideal para as chefias inspecionarem os dados em ferramentas de folha de cálculo como o Microsoft Excel, Apple Numbers ou Google Sheets. O seu processamento consiste em converter as linhas extraídas da base de dados numa estrutura plana, onde cada linha do ficheiro representa um registo individual.

```
export_peca_inventario_2020-08-11.csv
1  ID;Nome;Descricao;observacao;System_Date;NIS;Id_salao;Id_categoria
2  10001;Felsa-do-mato;Felsa sobre ramo fixo a base de madeira fina e quadrada.
3  Duas inscrições, em etiqueta, na base: 1-na parte superior: "64"; 2- na parte inferior: "turdidae/roticilla plenicurus/rabeta".
4  NIA: 70;NIA: 70;"2015-02-04T00:00:00.000Z";11586;1;1
5  NIA:43;"nada a registrar";"2015-02-04T00:00:00.000Z";11547;1;1
6  10002;Cheda;Ave sobre suporte de madeira torneada em base circular.
7  10003;Raposa;Raposa em posição de deslocação com perda na extremidade oposta. Base retangular comprida, de madeira prensada, forrada, na parte superior, a cortiça.;"nada a registrar";"2020-12-16T00:00:00.000Z";1
8  10004;Fentilhão;Fentilhão junto a ninho suportados num ramo ao qual está enrolada uma cobra.;"nada a registrar";"2020-12-09T00:00:00.000Z";11503;1;1
9  10005;Geneta;Quatro genetas, uma envolvida por cobra.
10 NIA:329;"nada a registrar";"2020-12-09T00:00:00.000Z";11493;1;1
11 10006;Lince;Lince ibérico comendo uma lebre. NIA:334;"nada a registrar";"2020-12-09T00:00:00.000Z";11499;1;1
12 10007;Coelho-bravo;Coelho bravo em posição sentado.
13 Uma inscrição, a tinta, na parte inferior da base - ""0412""; NIA:215;"2020-12-09T00:00:00.000Z";11726;1;1
14 10008;Pato-bravo;Pato real (fêmea) em base de madeira, quadrada, com quatro pés em forma de disco.
15 Uma inscrição, carimbo de taxidermista, na parte inferior da base.;"NIA:162";"2020-12-09T00:00:00.000Z";11631;1;1
16 10009;Pardal;Pardal sobre base de madeira com aresta em moldura.
17 Três inscrições na parte superior da base - 1-selo, sobreposto a outro - ""0-450/ 3-76...""; 2- Etiqueta - ""12""; 3-na parte inferior da base, a tinta - ""12""
18 ; NIA: 113;"2020-12-09T00:00:00.000Z";11618;1;1
19 10010;Bufo-real;Bufo-real capturando uma lebre, sobre base de madeira, retangular, com aresta em moldura.;"NIA:177";"2013-02-20T00:00:00.000Z";11679;1;1
20 10011;Rocha-galego;Dois machos galegos adultos junto a ninho com dois filhotes e um pequeno coelho como presa.
21 ; NIA: 131;"2012-07-09T23:00:00.000Z";11639;1;1
22 10012;Bufo-real;Bufo-real com gavião capturada, sobre base de madeira, quadrada, com aresta em moldura, com superfície superior forrada com gesso
23 ; NIA:176;"2012-08-07T23:00:00.000Z";11682;1;1
24 10014;Águia-de-asa-redonda;Águia de asa redonda, de asas abertas, com tordo capturado, sobre base de madeira, quadrada, com aresta em moldura e superfície superior forrada a gesso.
25 Uma inscrição, etiqueta presa com fio a pata da Águia - ""Falcão""; NIA:182;"2013-10-22T23:00:00.000Z";11673;1;1
26 10015;Gavião;Cria de gavião, bicando cria de Cuco.
27 NIA:150;"nada a registrar";"2012-07-09T23:00:00.000Z";11662;1;1
28 10016;Milhafre-negro;Milhafre-negro, de asas abertas, agarrando presa, asa de ave.
29 ; "nada a registrar";"2012-07-09T23:00:00.000Z";11640;1;1
30 10017;Águia-cacadeira;Águia cacadeira capturando pardal.
31 ; NIA: 140;"2013-01-08T00:00:00.000Z";11647;1;1
32 10018;Peneireiro-vulgar;Peneireiro, de asas abertas, capturando cria de pato, sobre pedaço de cortiça fixo a base de madeira, quadrada, com aresta em moldura.
33 ; NIA:149;"2012-07-09T23:00:00.000Z";11652;1;1
34 10019;Águia-de-asa-redonda;Águia e gralha com asas abertas, pato (cria) sob a asa da gralha, todos sobre uma placa de cortiça natural.
35
36 ; NIA: ; "2015-01-17T00:00:00.000Z";11688;1;1
37 10020;Milhafre-negro;Milhafre palizado sobre ramo.
38 ; NIA: 179;"2020-12-04T00:00:00.000Z";11677;1;1
39 10021;Milhafre-negro;Milhafre sobre ramo fixo em base de madeira, quadrada, com aresta em moldura
40 ; NIA: 171;"2020-12-04T00:00:00.000Z";11667;1;1
41 10022;Raposa;Raposa adulta, deitada, comendo um coelho (cria). Reposição ao lado do adulto.
42 NIA: 333;"nada a registrar";"2020-12-16T00:00:00.000Z";11581;1;1
43 10023;Peneireiro-vulgar;Peneireiro sobre suporte de madeira com quatro pés em forma de disco. Uma inscrição em etiqueta na parte superior da base ""70"". Duas inscrições na parte inferior da base: 1- manuscrito a
44 10024;Peneireiro-vulgar;Peneireiro sobre ramo.
45 ; NIA: 152
46
47 ;""2020-12-05T00:00:00.000Z";11658;1;1
```

Figura 33- exemplo de exportação em CSV

12.2. Granularidade: A Opção "Tabelas Específicas"

Em vez de bloquear o utilizador a pacotes rígidos, foi construída uma interface dinâmica de seleção granular. O Administrador pode seleccionar especificamente quais as tabelas em que tem interesse naquele dia.

Para garantir a Segurança do Sistema (Anti-SQL Injection), a comunicação de dados foi estritamente blindada. Embora o *Frontend* passe o nome das tabelas através da URL, o *Backend* nunca confia cegamente no pedido do utilizador. O servidor filtra esse pedido contra uma *Whitelist* restrita, garantindo que apenas as tabelas autorizadas da plataforma são consultadas, impossibilitando qualquer ataque à base de dados através de Injeção SQL [21].

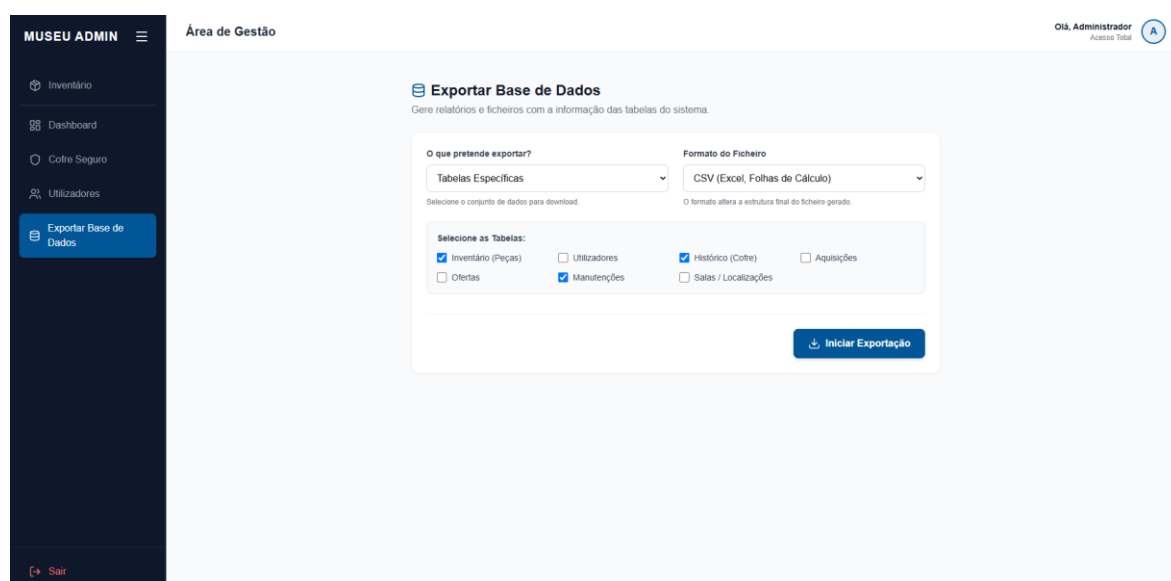


Figura 34- pagina de exportacao da base de dados(tabelas especificas)

12.3. O Desafio Estrutural do CSV e a Solução ZIP

O desafio inerente à exportação de múltiplas tabelas reside na natureza arquitetónica dos formatos de dados suportados. Enquanto as normas JSON e XML permitem o aninhamento estrutural, acomodando múltiplas entidades através da geração de nós independentes, o formato CSV caracteriza-se por uma tipologia bidimensional estritamente plana, desprovida de suporte para múltiplas folhas. Consequentemente, a concatenação de dados com atributos díspares, tais como registos de utilizadores e metadados de peças, num único documento .csv conduziria à desestruturação da grelha de colunas e à irremediável corrupção dos dados, inviabilizando a sua posterior interpretação em software de análise tabular.

Para mitigar este impedimento estrutural, foi concebida uma solução tecnológica assente numa arquitetura de empacotamento comprimido dinâmico, suportada pela biblioteca archiver. Esta abordagem permite ao servidor aferir, em

tempo de execução, as regras de exportação consoante a complexidade do pedido submetido, através de três mecanismos lógicos sucessivos:

Em primeiro lugar, o sistema opera sob uma lógica de deteção automática. Perante a solicitação de exportação de uma única tabela, o servidor preserva o comportamento padrão, devolvendo de forma direta e singular um ficheiro .csv.

Em contrapartida, aplica-se um mecanismo de compressão dinâmica sempre que o Administrador requer duas ou mais tabelas em simultâneo neste formato. Nesta circunstância, o servidor modifica proativamente o cabeçalho da resposta HTTP (Content-Type), transitando do formato de texto plano para um fluxo de dados binário característico de um arquivo ZIP.

Todo o processo é sustentado por uma arquitetura de escrita em fluxo (stream) [22]. O ambiente de execução Node.js instância um pacote .zip de forma transitória diretamente em memória. De seguida, o servidor procede à conversão iterativa e isolada de cada tabela para o formato CSV, agregando os respetivos ficheiros no interior do arquivo comprimido. O pacote resultante é imediatamente despachado em fluxo contínuo para o cliente (browser), garantindo a entrega célere da informação sem comprometer a integridade relacional dos dados exportados.

13. Conclusões e Trabalho Futuro

O presente capítulo encerra a documentação do projeto de conceção e desenvolvimento da plataforma de gestão do Museu de História Natural Dr. Félix José da Silva. Nele, apresenta-se um balanço crítico do trabalho desenvolvido, avaliando o grau de cumprimento dos objetivos iniciais, e traçam-se perspectivas de evolução tecnológica que poderão enriquecer o ecossistema digital da instituição no futuro.

13.1. Conclusão

O desenvolvimento deste projeto (Projeto II) permitiu transformar o diagnóstico e os modelos conceptuais traçados na fase inicial numa plataforma web de inventariação robusta, segura e totalmente funcional. O ponto de partida foi um sistema legado tecnologicamente obsoleto e estruturalmente fragmentado, que limitava a gestão curatorial e a preservação digital do acervo do Agrupamento de Escolas Nuno Álvares.

O percurso de implementação foi marcado por um forte paralelismo com a realidade da engenharia de *software* no mercado de trabalho, destacando-se a importância da validação contínua com o cliente. A apresentação do Produto Mínimo Viável (MVP) à direção do museu resultou num *feedback* institucional determinante, que redefiniu o âmbito da aplicação. A decisão de separar a divulgação pública da gestão interna, delegando o portal institucional para um projeto paralelo, permitiu concentrar todos os esforços tecnológicos na construção de um *Backoffice* de excelência, estritamente focado na segurança e na catalogação científica.

Do ponto de vista técnico, os objetivos foram amplamente superados. A base de dados foi alvo de uma reestruturação profunda, transitando para o motor InnoDB e adotando um modelo relacional normalizado que centralizou o inventário e viabilizou a gestão de múltiplos ficheiros multimédia (2D e 3D). O processo de migração (ETL) foi concluído com sucesso, assegurando a transferência de milhares de registos legados sem perda de informação, através da aplicação rigorosa de *Offsets* matemáticos que evitaram a colisão de identificadores.

A plataforma desenvolvida não se limitou a replicar as funcionalidades antigas; introduziu mecanismos avançados de salvaguarda de dados. A implementação do Controlo de Acessos Baseado em Papéis (RBAC), a técnica de inativação lógica de utilizadores (*Soft Delete*) e, sobretudo, a criação do "Cofre Seguro", um sistema de versionamento e recuperação por *Snapshots* JSON, conferiram ao sistema uma elevada resiliência contra erros humanos e eliminações acidentais.

O culminar do desenvolvimento foi marcado pela capacidade de adaptação ágil às exigências finais da instituição, materializada na conceção do Módulo de Exportação de Dados. Esta valência tecnológica garante a total autonomia do

museu sobre o seu património digital, permitindo a extração granular de informação em formatos *standard* (JSON, XML e CSV). A adoção de uma arquitetura de servidor inovadora, capaz de efetuar a compressão dinâmica em ZIP, ultrapassou os desafios estruturais de formatação de ficheiros planos, assegurando a portabilidade impecável e a preservação a longo prazo da informação catalogada.

Em suma, o projeto culmina na entrega de um produto tecnológico real e adaptado às exigências museológicas contemporâneas. A plataforma garante a preservação confidencial da informação sensível do património e fornece aos curadores uma ferramenta ágil e segura, cumprindo integralmente o seu propósito de modernizar a gestão do Museu de História Natural Dr. Félix José da Silva.

13.2. Trabalho Futuro

Embora a plataforma tenha atingido um elevado nível de maturidade e estabilidade, o ciclo de vida do *software* é contínuo. Tendo em vista a expansão e a otimização do ecossistema digital do museu, identificam-se as seguintes linhas orientadoras para trabalho futuro:

Integração de Sistemas (A Ponte API): Uma vez que a divulgação pública transitou para o *site* institucional em desenvolvimento paralelo, o próximo passo arquitetónico consistirá na criação de *endpoints* de leitura (*Read-Only*) seguros. Esta API servirá de "ponte", permitindo que o portal público consuma, de forma controlada, apenas os dados e as imagens das peças que os curadores marcarem explicitamente como Visível_Público no *Backoffice*, garantindo a sincronização entre os dois sistemas sem comprometer a base de dados central.

Otimização Multimédia Automatizada: A atual gestão de ficheiros suporta o *upload* eficiente de ativos de alta resolução. Contudo, a plataforma beneficiaria da implementação de uma camada de compressão nativa (*on-the-fly*) no servidor. Esta melhoria permitiria reduzir automaticamente o peso das imagens no momento do carregamento, otimizando o espaço de armazenamento do servidor e acelerando a entrega de conteúdos.

Evolução Criptográfica: O atual sistema de autenticação recorre ao algoritmo MD5 para a encriptação de palavras-passe. Acompanhando as melhores práticas de cibersegurança, sugere-se a futura migração deste mecanismo para algoritmos de *hashing* mais modernos e resilientes, tais como o *bcrypt* ou o *Argon2*, reforçando a proteção contra ataques.

14. Referencias

- [1] R. Parry, *Recoding the museum: Digital heritage and the technologies of change*. Routledge, 2013.
- [2] T. Navarrete, "Digital heritage tourism: innovations in museums," *World Leisure Journal*, 2019.
- [3] F. Cameron and S. Kenderdine, *Theorizing digital cultural heritage: a critical discourse*. MIT Press, 2007.
- [4] R. Elmasri and S. B. Navathe, *Fundamentals of Database Systems*, 7th ed. Pearson, 2015.
- [5] P. Vassiliadis, "A Survey of Extract-Transform-Load Technology," *International Journal of Web Engineering and Technology*, vol. 5, no. 1, pp. 1-27, 2009.
- [6] R. S. Sandhu, E. J. Coyne, H. L. Feinstein, and C. E. Youman, "Role-Based Access Control Models," *IEEE Computer*, vol. 29, no. 2, pp. 38-47, 1996.
- [7] S. Tilkov and S. Vinoski, "Node.js: Using JavaScript to Build High-Performance Network Programs," *IEEE Internet Computing*, vol. 14, no. 6, pp. 80-83, 2010.
- [8] R. T. Fielding and R. N. Taylor, "Principled design of the modern Web architecture," *ACM Transactions on Internet Technology*, vol. 2, no. 2, pp. 115-150, 2002.
- [9] A. Banks and E. Porcello, *Learning React: Functional Web Development with React and Redux*. O'Reilly Media, 2017.
- [10] B. Shneiderman, C. Plaisant, M. Cohen, S. Jacobs, and N. Elmqvist, *Designing the User Interface: Strategies for Effective Human-Computer Interaction*, 6th ed. Pearson, 2016.
- [11] J. Reschke, "Returning Values from Forms: multipart/form-data," RFC 7578, Jul. 2015.
- [12] L. Richardson and S. Ruby, *RESTful Web Services*. O'Reilly Media, 2007.
- [13] R. S. Pressman and B. R. Maxim, *Software Engineering: A Practitioner's Approach*, 8th ed. McGraw-Hill Education, 2014.
- [14] J. Nielsen, "Heuristic evaluation," in *Usability Inspection Methods*, J. Nielsen and R. L. Mack, Eds. John Wiley & Sons, 1994, pp. 25-62.
- [15] M. Cohn, *Agile Estimating and Planning*. Prentice Hall, 2005.
- [16] K. E. Wiegers and J. Beatty, *Software Requirements*, 3rd ed. Microsoft Press, 2013.

- [17] T. Bray, "The JavaScript Object Notation (JSON) Data Interchange Format," RFC 8259, Dec. 2017.
- [18] N. Ferguson, B. Schneier, and T. Kohno, *Cryptography Engineering: Design Principles and Practical Applications*. John Wiley & Sons, 2010.
- [19] C. J. Date, *An Introduction to Database Systems*, 8th ed. Addison-Wesley, 2003.
- [20] T. Bray *et al.*, "Extensible Markup Language (XML) 1.0 (Fifth Edition)," *W3C Recommendation*, Nov. 2008. [Online]. Disponível: <https://www.w3.org/TR/xml/>
- [21] OWASP Foundation, "SQL Injection Prevention Cheat Sheet," *OWASP Cheat Sheet Series*, 2023. [Online]. Disponível: https://cheatsheetseries.owasp.org/cheatsheets/SQL_Injection_Prevention_Cheat_Sheet.html
- [22] M. Casciaro and L. Mammino, *Node.js Design Patterns*, 3rd ed. Packt Publishing, 2020.

15. Anexos

Anexo 1- Documento de priorização para a plataforma



Funcionalidades Nova Plataforma Museu Dr. José Félix da Silva

Funcionalidade	Objetivo	Prioridade
Catálogo de Metadados	Estruturar a base de dados para suportar a informação científica.	Alta
Feedback do Visitante	Implementar sistema de comentários e moderação.	Média
Georreferenciação	Associar peças ao mapa/planta do museu.	Baixa
Gestão de Acervo (Backoffice)	Criar o painel administrativo para gestão de conteúdos.	Alta
Gestão de Permissões	Assegurar a segurança e autenticação de curadores.	Média
Importação de Dados (Migração)	Garantir que o acervo atual não se perde e povoar a nova BD.	Alta
Narrativas / Exposições	Criar agrupamentos lógicos de peças para storytelling.	Média
Otimização (LOD)	Melhorar a performance de carregamento dos modelos.	Baixa
Pesquisa e Filtragem	Permitir ao público encontrar peças específicas.	Média
Responsividade	Implementar a estrutura base do layout adaptável.	Alta
Visualização 3D Básica	Integração do visualizador WebGL (funcionalidade core).	Baixa

Castelo Branco, 2 de dezembro de 2025.

O responsável pela implementação da plataforma



Anexo 2- resposta e avaliação por parte da direção do museu

08/08/26, 16:43

Itens Enviados - João Carvalho - Outlook

<armando.esteves@aenacb.pt>; Ana Margarida Brazão Semedo Abrunhosa Branquinho
<ana.branquinho@aenacb.pt>; Elsa Maria Garcia Cantinhas <elsa.cantinhas@aenacb.pt>
Assunto: Re: Atualização sobre o projeto: Museu de História Natural Dr. Félix José da Silva

AVISO DE SEGURANÇA: A origem desta mensagem é externa ao IPCB. Não clique em links nem abra anexos sem se certificar que o remetente e o conteúdo são seguros.

Bom dia,

Muito obrigada pela partilha deste protótipo. É muito interessante e permite já perceber a linha de desenvolvimento do projeto.

No entanto, gostaria de conversar consigo com algum detalhe sobre este processo, uma vez que, neste momento, estamos a desenvolver uma reorganização interna do museu com vista à preparação de futuras candidaturas. Nesse contexto, importa que o projeto respeite algumas normas e boas práticas museológicas.

O nosso principal objetivo é dispor de uma plataforma de inventariação robusta, que permita importar integralmente os dados já existentes, continuar o processo de inventariação e catalogação e apoiar a digitalização progressiva do espólio. Contudo, essa base de dados deverá ter acesso restrito, atendendo ao valor patrimonial das peças e à necessidade de salvaguardar informação sensível.

Paralelamente, pretendemos também ter um site de divulgação do Museu, destinado a dar a conhecer a sua atividade, as coleções, exposições, projetos e algumas peças representativas do acervo. No entanto, esse site não deverá disponibilizar o inventário completo nem a informação detalhada de catalogação já existente na plataforma de inventário.

A impressão com que fiquei deste protótipo é que procura reunir estas duas vertentes numa única plataforma. Embora a ideia seja interessante, tenho algumas reservas quanto à divulgação pública do inventário, pois considero que essa solução não assegura a proteção adequada do nosso acervo.

Assim, parece-me que teremos de definir claramente a opção a seguir:

- uma plataforma de inventariação e catalogação, de acesso restrito, destinada exclusivamente à gestão do acervo; ou
- um site institucional de divulgação do museu, onde apenas sejam apresentadas algumas peças selecionadas, acompanhadas de informação histórica e científica adequada, mas nunca dos respetivos dados de inventário e catalogação.

Naturalmente, gostaria de ouvir a sua opinião sobre a melhor solução técnica para responder a estas necessidades.

Cumprimentos,
Ana Paula Ramos
Coordenadora do Museu de História Natural
961456535

Anexo 3- funcionalidades solicitadas face à implementação

11/08/26, 13:08

Correio – João Carvalho – Outlook



FW: Inventário digital

De Luis Barata <luis.barata@ipcb.pt>
Data ter, 11/08/2026 10:52
Para João Carvalho <joao.carvalho1@ipcbcampus.pt>

Olá João

Partilho contigo o email recebido da Coordenadora do Projeto do Museu.

Penso que o teu projeto responde a todas as questões apresentadas. Caso identifiques alguma em falta, diz-me para podermos verifica se incluímos ou ficará para trabalho futuro.

Com os melhores cumprimentos,



Luís Miguel Barata
Professor Adjunto Convidado

Campus da Talagueira
Avenida do Empresário
6000-767 Castelo Branco

+351 272 339 300
+351 965 956 977

www.ipcb.pt



De: Museu de História Natural <museuhnatural@enacbp.pt>
Enviada: 10 de agosto de 2026 18:33
Para: Luis Barata <luis.barata@ipcb.pt>
Assunto: Inventário digital

AVISO DE SEGURANÇA: A origem desta mensagem é externa ao IPCB. Não clique em links nem abra anexos sem se certificar que o remetente e o conteúdo são seguros.

Boa tarde
Professor Luis Barata,
Espero que se encontre bem.
Confirmando que o Sebastião já acedeu a alguma informação partilhada, o que é bom sinal 😊.

Conforme combinado envio agora as minhas orientações sugestões para o aluno com o trabalho da base de dados, que poderá partilhar com o mesmo, sempre com a sua revisão técnica, da qual sou completamente alheia.

Como é do seu conhecimento
o Museu já possui um inventário digital anterior, pelo que um dos pressupostos fundamentais será, sempre que tecnicamente possível, assegurar a migração dos dados

<https://outlook.office.com/mail/inbox/id/AAQkAGI3NjUyOGRhLTkyN2YtNDRhOS05YWQxLTg3NzdjNzI3ZjgyMAAQACHSLDI0bNCIGokITIU1Vc...> 1/4

11/08/26, 13:08

Correio – João Carvalho – Outlook

existentes para a nova base de dados, evitando a necessidade de reinserção manual de toda a informação e, sobretudo, garantindo a preservação dos registos já efetuados.

Contudo, pretendemos aproveitar esta transição para criar uma estrutura de inventário mais completa, normalizada, expansível e adequada à gestão museológica do acervo.

De acordo com o Regulamento do Museu, cada peça deverá possuir um registo individual e um número de inventário único e permanente, devendo a ficha permitir, pelo menos, o registo dos seguintes elementos:

- número de inventário;
- designação da peça;
- nome comum e/ou designação científica, quando aplicável;
- identificação/classificação taxonómica, geológica, mineralógica, paleontológica ou outra adequada à natureza do exemplar;
- descrição;
- proveniência/origem;
- forma e data de incorporação no acervo;
- localização física da peça no Museu ou nas respetivas reservas;
- estado de conservação;
- registo fotográfico;
- observações e informação complementar relevante.

Importa igualmente que o sistema permita a incorporação contínua de novas peças, uma vez que o inventário não será uma base de dados fechada. Qualquer nova aquisição, doação ou incorporação deverá poder originar uma nova ficha e receber o respetivo número de inventário antes da sua exposição ou armazenamento definitivo.

Seria também importante prever campos destinados à documentação associada à peça, nomeadamente informação relativa à sua proveniência, doação ou incorporação e, quando aplicável, documentação que comprove a obtenção ou detenção legal de determinados espécimes, particularmente nos casos sujeitos a regimes especiais de proteção.

Outra componente que consideramos importante é a possibilidade de manter um histórico da peça, designadamente quanto a alterações de localização, avaliação do estado de conservação e intervenções de conservação ou restauro. Desta forma, uma intervenção não substituiria simplesmente a informação anterior, mas ficaria registada no historial do exemplar, permitindo acompanhar a sua evolução ao longo do tempo.

Gostaríamos ainda de estudar a possibilidade de associar a cada ficha vários ficheiros digitais, e não apenas uma única fotografia. Idealmente, o sistema deveria permitir incorporar fotografias de diferentes perspetivas, documentos e outros elementos multimédia.

Neste âmbito, gostaríamos particularmente que fosse prevista, caso seja tecnicamente viável, a possibilidade de associar à ficha da peça um modelo digital tridimensional (3D) resultante da futura digitalização do acervo através de scanner 3D ou técnicas equivalentes. Não significa que todas as peças tenham de ser digitalizadas de imediato; pretendemos, sobretudo, que a arquitetura da base de dados fique preparada para esta evolução, permitindo progressivamente constituir um acervo digital 3D.

Parece-nos igualmente importante que exista um sistema de pesquisa e filtragem do inventário por diferentes critérios — número de inventário, designação, grupo taxonómico ou tipologia, proveniência, localização, estado de conservação, entre outros — facilitando simultaneamente o trabalho científico, museológico e de gestão do acervo.

Um aspeto particularmente importante é a distinção entre inventário interno e informação destinada a divulgação pública. O inventário museológico completo constitui um instrumento

<https://outlook.office.com/mail/inbox/id/AAQkAGI3NjUyOGRhLTkyN2YtNDRhOS05YWQxLTg3NzdjNzI3ZjgyMAAQACHSLDI01bNCIGokITIU1Vc...>

2/4

11/08/26, 13:08

Correio – João Carvalho – Outlook

de gestão interna do Museu e não deverá ficar integralmente acessível através do site público. Determinados campos, nomeadamente localização interna das peças, documentação administrativa, informação detalhada sobre conservação ou outros dados considerados sensíveis, deverão permanecer reservados podendo ser disponibilizada alguma informação representativa de cada coleção.

Assim, seria muito interessante que o sistema permitisse definir diferentes níveis de acesso/perfis de utilizador, por exemplo, administração/coordenação, equipa do Museu e eventual consulta pública, sendo esta última limitada apenas aos campos previamente selecionados para divulgação.

Deste modo, uma determinada peça poderia possuir uma ficha museológica interna bastante completa e, simultaneamente, alguns dos seus campos — fotografia, designação, descrição, curiosidades científicas, modelo 3D, etc. — poderem ser utilizados futuramente na componente pública do site, sem tornar acessível a totalidade do inventário.

Seria igualmente desejável que a solução permitisse realizar cópias de segurança e exportação periódica da base de dados, preferencialmente em formatos que garantam que a informação não fica dependente exclusivamente da plataforma utilizada.

Em síntese, pretendemos que o novo sistema não corresponda apenas à reprodução informática do inventário atual, mas que constitua uma verdadeira ferramenta de gestão do acervo, permitindo:

1. migrar e preservar a informação já existente;
2. normalizar e completar progressivamente os registos;
3. incorporar novas peças;
4. documentar a proveniência e incorporação;
5. acompanhar localização e estado de conservação;
6. manter o histórico das intervenções de conservação/restauro;
7. associar fotografia, documentação e outros ficheiros digitais;
8. permitir futuramente a associação de modelos 3D;
9. pesquisar e filtrar eficazmente o acervo;
10. controlar diferentes níveis de acesso à informação;
11. selecionar apenas determinados conteúdos para divulgação pública;
12. garantir a segurança, exportação e preservação da informação a longo prazo.

A nossa intenção é, portanto, construir uma solução que possa crescer com o Museu e acompanhar o processo de inventariação, catalogação, conservação e progressiva digitalização do seu património, evitando que dentro de alguns anos seja necessário voltar a substituir toda a estrutura por esta não ter sido preparada para novas necessidades.

Naturalmente, agradeço também as suas sugestões relativamente à melhor forma de concretizar tecnicamente estes objetivos e, em particular, sobre a forma mais adequada de proceder à migração da base de dados atualmente existente. Estando consciente da ambição deste projeto espero apenas contribuir para o melhor resultado possível.

Muito obrigada, mais uma vez, pela colaboração e disponibilidade neste projeto.

Com os melhores cumprimentos,

Ana Paula Ramos
Coordenadora do Museu de História Natural
Escola Secundária Nuno Álvares
Castelo Branco