



Comunicação

SERVIÇO DE REPOSITÓRIO DIGITAL DE DADOS DE INVESTIGAÇÃO

João Cardoso, Filipa Pereira e João Mendes Moreira

Fundação para a Ciência e Tecnologia (FCT/FCCN), Portugal

RESUMO: A Fundação para a Ciência e Tecnologia, I.P. (FCT), através da Unidade de Computação Científica Nacional (FCCN), procura adotar as recomendações da Comissão Europeia e de forma análoga incorporar práticas de Ciência Aberta e o cumprimento dos princípios de dados FAIR nos processos científicos da sua comunidade. A FCT procura disponibilizar um serviço de Repositório Digital focado no depósito e preservação de dados de investigação de múltiplas áreas disciplinares. O serviço pretende servir a comunidade de ensino e investigação, nomeadamente os seus investigadores e outras partes interessadas, no âmbito nacional. Esta comunicação pretende reportar o trabalho desenvolvido pela equipa de Gestão de Dados de Investigação da Área de Conhecimento Científico da FCCN, no sentido de estabelecer um serviço de Repositório Digital de dados de investigação baseado na tecnologia Dataverse.

Palavras-chave: Ciência Aberta, Dataverse, Princípios de Dados FAIR, Repositório Digital.

RESEARCH DATA DIGITAL REPOSITORY SERVICE

ABSTRACT: The *Fundação para a Ciência e Tecnologia*, I.P. (FCT) through its Scientific Computing Unit (FCCN) strives to implement the recommendations from the European Commission, and similarly incorporate the best practices in Open Science and compliance with the FAIR Data Principles in its community's scientific processes. FCT aims to create a Digital Repository service that will focus on the storage and preservation of research data from multiple scientific domains. This service aims to serve both the academic and research communities, namely its researchers and other interested stakeholders on a national level. This communication's goal is to report on the ongoing effort by the Research Data Management team at the Scientific Knowledge Area of FCCN, to create a research data Digital Repository Service based on the Dataverse software.

Keywords: Open Science, Dataverse, FAIR Data Principles, Digital Repository.

Correspondência para (correspondence to:) joao.cardoso@fccn.pt

INTRODUÇÃO

O movimento de promoção da Ciência Aberta tem como premissa a disseminação do conhecimento, e em particular dos dados de investigação, com quaisquer partes interessadas. A Comissão Europeia (CE), que tem vindo a incentivar a sua adoção por parte das entidades financiadoras dos estados-membros, define Ciência Aberta como sendo uma *"abordagem do processo científico baseada em trabalho colaborativo e métodos de disseminação de conhecimento, melhorar a acessibilidade e reusabilidade dos outputs científicos*

através de tecnologia digital e ferramentas colaborativas". De acordo com Kraker *et al* (2011), a Ciência Aberta pode ser interpretada como uma composição de seis princípios: (1) Acesso Aberto; (2) Dados Abertos; (3) Código Aberto; (4) Metodologia Aberta; (5) Revisão por Pares Aberta; e (6) Recursos Educacionais Abertos.

Uma outra manifestação deste movimento de disseminação do conhecimento científico de forma aberta, foi a criação dos Princípios de Dados FAIR (WILKINSON *et al.*, 2016), que se caracterizam por propor uma série de boas práticas de Gestão de Dados de

Investigação (GDI), com o objetivo de tornar os dados (e metadados) encontráveis, acessíveis, interoperáveis e reutilizáveis (i.e., *findable, accessible, interoperable e reusable*).

A adoção de práticas de GDI que cumpram com os Princípios de Dados FAIR por parte da comunidade científica, tem como principal benefício a criação de um ambiente onde a reutilização do conhecimento científico cresce exponencialmente, estimulando dessa forma a colaboração entre investigadores. Todavia, tal benefício implica o investimento de recursos no controlo de acesso, segurança e atribuição de licenças para todos os tipos de dados (sensíveis ou não sensíveis), de tal forma que seja possível proteger os direitos de propriedade intelectual, bem como prevenir qualquer utilização ilícita dos dados.

A nível nacional, a Fundação para a Ciência e Tecnologia, I.P. (FCT), através da Unidade de Computação Científica Nacional (FCCN) tem adotado as recomendações da CE (2018) e de forma análoga incorporado práticas de Ciência Aberta (2014; 2014) bem como o cumprimento dos Princípios de Dados FAIR nos processos científicos da sua comunidade.

Nesse sentido, a FCCN através da sua Área de Conhecimento Científico¹ tem vindo a estabelecer um ambiente de serviços de âmbito multidisciplinar, que procuram auxiliar a comunidade científica cumprindo com a premissa da incorporação práticas de Ciência Aberta e do cumprimento dos Princípios de Dados FAIR. Em particular, a FCCN incluiu no seu plano de atividades de Dados de Investigação a disponibilização de um serviço de Repositório Digital focado no depósito e preservação de dados de investigação

de múltiplas áreas disciplinares.

Este documento tem como objetivo reportar a criação do serviço de Repositório Digital de dados de investigação. Cobrindo com particular destaque os processos de definição da solução e o plano de trabalhos para a implementação do serviço.

O resto deste documento encontra-se organizado da seguinte forma: Na Secção 2 caracteriza-se o processo de criação de Repositório Digital de dados de investigação da FCT|FCCN; Na Secção 3 apresentam-se os resultados preliminares da implementação do serviço, com particular foco no software que o suporta, e na sua arquitetura; Finalmente, na Secção 4 apresentam-se algumas considerações acerca do processo de criação do serviço Polen Repositório apresentado neste documento, bem como uma caracterização dos próximos passos no estabelecimento deste serviço com a comunidade.

METODOLOGIA

A criação do serviço de Repositório Digital de dados de investigação da FCT|FCCN é uma atividade contemplada no plano de atividades da Área de Conhecimento Científico da FCCN. Foca-se na criação de um Repositório Digital dedicado ao depósito e preservação de dados de investigação de múltiplas áreas disciplinares. As secções subsequentes descrevem o serviço de Repositório Digital de dados de investigação começando pela contextualização dos conceitos chave no contexto deste serviço. A descrição das necessidades que o serviço procura colmatar, bem como os requisitos que este deverá cumprir, a caracterização dos tipos de utilizador abrangidos pelo serviço e o plano de trabalhos adotado na criação do serviço.

Conceitos chave

O conceito de utilizar sistemas de *software* para auxiliar atividades de GDI durante o ciclo de vida dos dados teve origem nos anos 70 do século XX. Foi através dessas aplicações iniciais do conceito que nasceram os Sistemas de Informação para a Investigação (*Current Research Information Systems*, CRIS), que de acordo com Jeffery (2004) têm como objetivo

Armazenar e gerir dados acerca da investigação realizada numa instituição ou organização, e extrair conhecimento útil para a gestão de dados de investigação', adicionalmente 'os utilizadores finais devem ser capazes de aceder não só a informação acerca de projetos, pessoas, organizações e as suas patentes, produtos e publicações [...] mas também às publicações disponibilizadas online, juntamente com as referências aos dados acerca do qual se baseiam, bem como qualquer software associado, instrumentação, métodos e técnicas. (JEFFERY, 2004, p. 83).

Por sua vez o cumprimento dos Princípios de Dados FAIR implica a garantia de que os dados de investigação se mantêm acessíveis e reutilizáveis por quaisquer partes interessadas. A Preservação Digital foca-se na preservação de dados representados enquanto objetos digitais, sendo formalmente definida por Hedstrom (1997) como

[...] planeamento, alocação de recursos, e a aplicação de métodos de reserva e tecnologias necessárias para garantir que a informação digital [...] se mantém acessível e utilizável.

De forma similar à preservação tradicional, a Preservação Digital

implica a preservação de tanto os dados como os seus metadados.

Os Repositórios Digitais são uma das soluções que permitem a Preservação Digital de dados de investigação, representando-os como objetos digitais. Não existe uma definição permanente do conceito de Repositório Digital, pois esta tem-se adaptado à medida que o conceito evolui. Contudo, segundo a *International Organization for Standardization* (2018), o conceito pode ser definido como 'um serviço que fornece armazenamento organizado e persistente de dados, e que permite o acesso aos dados.'. De forma geral é aceite que os Repositórios Digitais são caracterizados por: (1) Representarem dados através de formatos digitais, juntamente com os metadados necessários para os contextualizar; (2) Fornecerem uma série de sub-serviços que permitem depositar, editar e aceder a dados.

Os conceitos de CRIS e de Repositório Digital são fundamentais na compreensão do contexto do serviço de Repositório Digital de dados de investigação. Sendo o serviço de Repositório Digital de dados de investigação uma implementação do conceito de Repositório Digital, em que o suporte do quadro normativo do CRIS de Portugal (PTCRIS) é uma das necessidades a que este procura corresponder.

Necessidades e requisitos

O serviço pretende servir a comunidade de ensino e investigação, nomeadamente os seus investigadores e outras partes interessadas, no âmbito nacional. Em particular, o serviço tem como propósito corresponder às seguintes necessidades:

- Promoção da adoção de boas práticas de Ciência Aberta e do cumprimento dos Princípios de Dados FAIR;

- Depositar, preservar e disseminar dados de investigação resultantes de projetos beneficiários de instrumentos de financiamento da FCT;
- Suportar a '*Política de gestão e partilha de dados resultantes de investigação financiada pela FCT*';
- Suportar a adoção do quadro normativo do PTCRIS;
- Integração com os Repositórios Científicos de Acesso Aberto de Portugal (RCAAP)²; e
- Integração com a parceria *European Open Science Cloud* (EOSC)³.

Em adição à resposta a necessidades acima listadas, o software que suportaria o serviço de Repositório Digital de dados de investigação deveria cumprir com os seguintes requisitos: (1) Cumprir com o conceito de Repositório Confiável, que visa conceder um acesso seguro, adequado e a longo prazo à comunidade científica. Os critérios que se aplicam no cumprimento do conceito são baseados no trabalho desenvolvido pela *Science Europe* (2021); (2) Cumprir com os requisitos necessários à integração na *Confederation of Open Access Repositories* (COAR)⁴; e (3) Permitir a certificação do serviço pela *CoreTrustSeal* (Dillo; Leeuw, 2018).

Caracterização dos utilizadores

A utilização do serviço de Repositório Digital de dados de investigação será, numa fase inicial, dirigida a beneficiários de instrumentos de financiamento da FCT, sendo o serviço posteriormente alargado aos restantes membros da comunidade científica e de ensino superior. Em termos de caracterização de utilizadores, são contemplados os subseqüentes três tipos de utilizador.

Membro de departamento da FCT, este utilizador deverá ter acesso total ao serviço de Repositório Digital de dados de investigação, bem como as permissões necessárias para a gestão de todos os dados depositados no serviço.

Membro de instituição, com funções de gestor de dados, estes utilizadores irão efetuar depósitos de dados diretamente no serviço de Repositório Digital de dados de investigação, tanto a título individual como em representação de membros da sua instituição. Deverão ter as permissões necessárias para o acesso e gestão de depósitos de membros da sua instituição;

Membro de instituição, com funções de investigador, estes utilizadores irão efetuar depósito de dados a título individual no serviço de Repositório Digital de dados de investigação. As suas permissões de acesso deverão ser restringidas aos seus próprios depósitos. Em certas condições este tipo de utilizador poderá gerir as permissões de acesso de outros utilizadores.

Plano de trabalhos

O plano de trabalhos em execução consiste em quatro fases de implementação sequencial, sendo que atualmente o serviço de repositório digital de dados de investigação se encontra na segunda fase de implementação.

1ª Fase, esta fase focou-se na definição do serviço de Repositório Digital de dados de investigação. O primeiro passo passou pela criação de uma marca que inequivocamente pudesse ser associada ao serviço de Repositório de Dados. Sendo o resultado desse processo a criação da marca Polen, e a nomeação do serviço como Polen Repositório. Seguidamente, foi realizada uma análise do estado da arte das soluções existentes para prover este tipo de serviço. Uma vez selecionada a solução de software desejada, procedeu-se ao

estabelecimento de um protocolo de cooperação com a Infraestrutura Nacional de Computação Distribuída (INCD)⁵, que previa a implementação, manutenção, gestão técnica do Repositório Digital, e suporte técnico.

2ª Fase, esta fase foca-se na configuração técnica do serviço, no seguimento do protocolo de cooperação com a INCD, bem como o estabelecimento de processos para a gestão do mesmo. Nesta fase o serviço está disponível somente a utilizadores internos à FCCN. Decorre também um processo de definição e adjudicação da implementação de possíveis extensões de funcionalidade ou integrações do serviço com aplicações terceiras ao serviço. Estas extensões e integrações serão implementadas ao longo da 3ª fase e têm como objetivo expandir a funcionalidade do serviço Polen Repositório, bem como integrá-lo no ambiente de serviços de GDI da FCT|FCCN.

3ª Fase, nesta fase decorrerá a implementação das extensões e integrações definidas e adjudicadas na 2ª fase. O foco desta fase passa, no entanto, pela execução de um processo iterativo de definição dos protocolos que estabelecem as condições de utilização e acesso. Tal processo conta com a colaboração de um conjunto restrito de entidades selecionadas a partir do conjunto de beneficiários de instrumentos de financiamento da FCT. As condições de seleção baseiam-se na dimensão da entidade, e na inexistência de um repositório de dados de investigação próprio.

4ª Fase, nesta fase o âmbito do serviço Polen Repositório deverá ser alargado para a generalidade dos investigadores, pertencentes a unidades de I&D e a instituições do ensino superior. Será também objetivo desta última fase do plano de trabalhos, o alargamento do

âmbito do serviço prestado pelo repositório digital de dados de investigação da FCT|FCCN à comunidade em geral, numa lógica de prática de ciência cidadã e de ciência participada.

RESULTADOS

Nesta secção são apresentados os resultados preliminares obtidos até ao momento, e que resultam da execução da 1ª fase do plano de trabalhos. Na secção subsequente descreve-se a solução de software selecionada para a implementação do serviço Polen Repositório. Por fim descreve a arquitetura do serviço Polen Repositório, com particular ênfase nos módulos que a compõem.

Marca Polen

O primeiro passo na definição do serviço de Repositório Digital de dados de investigação foi a criação de uma marca que estando enquadrada com o projeto Ciência Aberta da FCT⁶, pudesse a representar as atividades e serviços desenvolvidos para servir a comunidade científica nacional, na área de GDI. O resultado dessa iniciativa foi a criação da marca Polen (Figura 1) e da sua respetiva identidade e universo gráfico. Tendo esse trabalho sido desenvolvido em colaboração com a agência de *marketing* Milford⁷.



Figura 1: Logótipo da marca Polen



Figura 2: Logótipo do serviço de Repositório Digital de dados de investigação

No seguimento da criação da marca Polen, foi criado um logótipo para o

serviço de Repositório Digital de dados de investigação, sendo o serviço nomeado de Polen Repositório (Figura 2). Este logótipo seria posteriormente utilizado na personalização da interface da solução de software adotada para implementar o serviço de Repositório Digital de dados de investigação, tal como pode ser visto na Figura 3.

Solução de software

O processo de criação do serviço Polen Repositório, implicou a seleção de uma solução de *software* para a implementação de um Repositório

Digital. Para esse efeito foi feita uma análise a cinco soluções de *software* que implementam Repositórios Digitais, e em particular que adotem práticas de Acesso Aberto. As cinco soluções de *software* analisadas foram: *DSpace* (SMITH *et al.*, 2003); *Invenio* (CAFFARO e KAPLUN, 2010); *Comprehensive Knowledge Archive Network* (CKAN) (WINN, 2013); *Flexible Extensible Digital Object Repository Architecture* (Fedora) (STAPLES; WAYLAND e PAYETTE, 2003); e *The Dataverse Project* (KING, 2007).

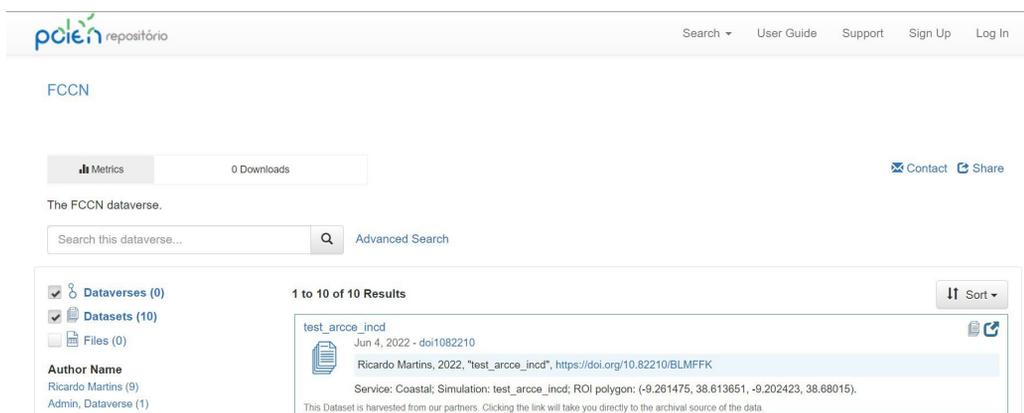


FIGURA 3: Exemplo de utilização do logótipo Polen Repositório para personalização da interface do serviço.

Tendo sido tomada a decisão de implementar o serviço Polen Repositório através do *software* do *The Dataverse Project*.

O *Dataverse* é uma aplicação web, desenvolvida pelo *Institute for Quantitative Social Science* (IQSS) da Universidade de Harvard, que implementa um Repositório Digital e permite a partilha, citação, exploração e análise de dados de investigação. É importante clarificar a forma como a informação está organizada no contexto de um Repositório Digital *Dataverse*. O Diagrama estrutural *Unified Modeling Language* (UML)⁸ representado na Figura 4 descrever a forma como os quatro blocos conceptuais que

compõem o *Dataverse* se interrelacionam.

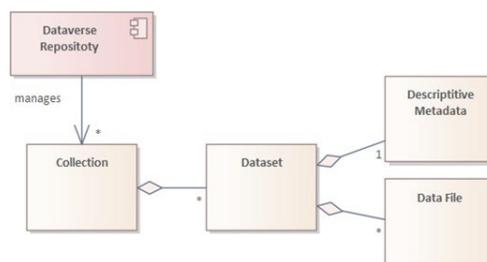


FIGURA 4: Diagrama estrutural UML que descreve a organização dos blocos conceptuais do *Dataverse*.

Os quatro blocos conceptuais são: (1) A coleção *Dataverse*; (2) O *dataset* ou conjunto de dados; (3) Os metadados descritivos; e (4) O ficheiro de dados.

A **coleção *Dataverse***, é o bloco organizacional base do *Dataverse*. Podendo ser composto por múltiplas coleções *Dataverse* ou *datasets*.

O ***dataset* ou conjunto de dados**, é composto por conjuntos de ficheiros de dados, e os seus respetivos metadados descritivos.

Os **metadados descritivos**, também apelidados de blocos de metadados. Estes estão associados a *datasets* e podem ser personalizados de acordo com as preferências do administrador do sistema. Um *dataset* pode conter múltiplos blocos de metadados cobrindo dessa forma vários domínios de investigação.

O **ficheiro de dados**, que são o bloco organizacional mais simples do *Dataverse*. Consistem em ficheiros individuais de dados, que são depositados no *Dataverse*. Todos os ficheiros de dados têm que estar necessariamente associados a um *dataset*.

Arquitetura da solução

O serviço Polen Repositório é disponibilizado através de uma solução *Infrastructure as a Service* (IaaS), provida pelo *software Openstack*⁹. Sendo que a sua arquitetura é de natureza modular (tal como pode ser observado na Figura 5, sendo composta por três módulos funcionais, que são instalados através de uma solução *Platform as a Service* (PaS) provida pelo *software Docker*¹⁰. Os três módulos funcionais são: (1) Instância *Dataverse*; (2) Armazenamento; e (3) Monitor.

Instância *Dataverse*, consiste em quatro blocos lógicos que compõem a instalação básica da solução de repositório digital de dados de investigação. Os blocos lógicos são: (1) Instalação *software Dataverse*; (2)

Base de dados, provida pelo *software PostgreSQL*¹¹; (3) Indexador, provido pelo *software Apache Solr*¹²; e (4) Servidor *web*, provido pelo *software Nginx*¹³. Este módulo funcional opera em redundância, sendo que existe um módulo primário e múltiplos secundários que replicam a informação alojada no módulo primário.

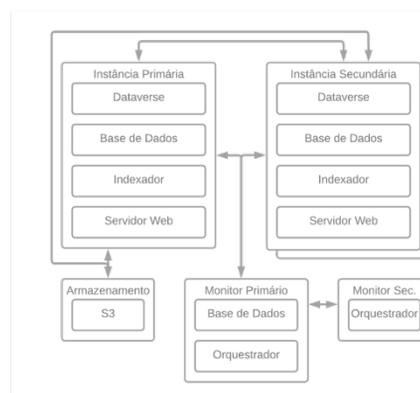


FIGURA 5: Diagrama estrutural UML que descreve a organização dos blocos conceptuais do *Dataverse*.

Armazenamento, consiste num único bloco lógico que armazena objetos digitais. É providenciado pelo *software MinIO*¹⁴, sendo que é compatível com o serviço de armazenamento distribuído *Amazon S3*¹⁵. O módulo de armazenamento, ao momento da escrita deste relatório, não tem qualquer redundância.

Monitor, consiste em dois tipos de módulos. Um primário que é composto por dois blocos lógicos. Um bloco lógico cujo objetivo é promover redundância à base de dados dos módulos de instância, e um orquestrador, provido pelo *software Citus Data*¹⁶, que tem como propósito controlar as operações de salvaguarda de dados entre as várias instâncias do bloco lógico de base de dados. O módulo secundário consiste apenas num único bloco lógico com um orquestrador, e serve de salvaguarda ao módulo primário em caso de falha.

DISCUSSÃO

Esta comunicação procura reportar o esforço da FCT, através da FCCN, na adoção das recomendações da CE relativas à GDI, nomeadamente através da incorporação de práticas de Ciência Aberta e do cumprimento dos princípios de dados FAIR nos processos científicos da sua comunidade. Em particular reporta-se o trabalho desenvolvido no sentido de estabelecer um serviço de Repositório Digital, focado no depósito e preservação de dados de investigação de múltiplas áreas disciplinares. Nomeadamente: A criação da marca Polen e da atribuição do nome Polen Repositório ao serviço de Repositório Digital de dados de investigação: A descrição do processo de seleção da solução de software adotada; e A descrição da arquitetura do serviço.

Atualmente o serviço Polen Repositório encontra-se, de acordo com o plano de trabalhos em vigor, na segunda de quatro fases de desenvolvimento. A fase atual foca-se na configuração técnica do serviço, bem como o estabelecimento de processos para a gestão do mesmo. O serviço Polen Repositório continuará a ser desenvolvido e integrado no ambiente de serviços de GDI da FCT|FCCN, sendo prevista a sua abertura a um conjunto restrito de entidades selecionadas durante a 3ª fase do plano de trabalhos. A abertura à generalidade da comunidade científica só está prevista durante a 4ª fase do plano de trabalhos.

REFERÊNCIAS

CAFFARO, J.; KAPLUN, S. Invenio: A modern digital library for grey literature. In: **Twelfth International Conference on Grey Literature**, Prague, Czech Republic, 2010.

DILLO, I.; LEEUW, L. d. CoreTrustSeal. **Mitteilungen der**

Vereinigung Österreichischer Bibliothekarinnen & Bibliothekare. v. 71, n. 1, pp. 162–170, 2018.

HEDSTROM, M. Digital preservation: a time bomb for digital libraries. **Computers and the Humanities**. v. 31, n. 3, p. 189, 1997.

ISO/IEC/IEEE 26511:2018. **Systems and software engineering — Requirements for managers of information for users of systems, software, and services**, 2018. 2018-12. Disponível em: <https://www.iso.org/standard/70879.html>. Acesso em: JEFFERY, K. G. The new technologies: can CRISs benefit? In: **CRIS2004: 7th International Conference on Current Research Information Systems**. 2004. doi: <http://dspacecris.eurocris.org/handle/11366/311>.

KING, G. An Introduction to the Dataverse Network as Infrastructure for Data Sharing.

Sociological Methods & Research. v. 36, n. 2. 2007.

KRAKER, P. et al., 2011. The case for an open science in technology enhanced learning. *International Journal of Technology Enhanced Learning*. v. 3, n.º 6, pp. 643–654.

FCT. **Política sobre a Disponibilização de Dados e outros Resultados de Projetos de I&D Financiados Pela FCT, 2014**. 2014-05. Disponível em: https://www.fct.pt/documentos/PoliticaAcessoAberto_Dados.pdf. Acesso em: FCT. **Política sobre Acesso Aberto a Publicações Científicas resultantes de Projetos de I&D Financiados pela FCT, 2014**. 2014-05 Disponível em:

https://www.fct.pt/documentos/PoliticaAcessoAberto_Publicacoes.pdf. acesso em?

Science Europe. **Practical Guide to the International Alignment of Research Data Management - Extended Edition**, 2021. Zenodo. doi: 10. 5281 / zenodo. 4915862.

SMITH, M. *et al* DSpace: An open source dynamic digital repository. **D-Lib Magazine**. v. 9, n. 1. 2003.

STAPLES, T.; WAYLAND, R.; PAYETTE, S. The Fedora Project. **D-Lib Magazine**,

v. 9, n. 4, pp. 1082–9873. 2003.

WILKINSON, M. D. *et al*. The FAIR Guiding Principles for scientific data management and stewardship. **Scientific data**. v. 3. n. 160018, p. 1-9. 2016

WINN, J. Open data and the academy: an evaluation of CKAN for research data management. 2013. Disponível em:

<https://www.semanticscholar.org/paper/Open-data-and-the-academy%3A-an-evaluation-of-CKAN-Winn/aeb8e1b53974c7cf3a2a51084bb9d4fa15a132c8>.

¹ Website Área de Conhecimento Científico. <https://www.fcn.pt/conhecimento/>, (acedido em 20 Setembro 2022)

² Website RCAAP. <https://www.rcaap.pt/>, (acedido 22 Agosto 2022).

³ Website EOSC. <https://eosc.eu/>, (acedido 22 Agosto 2022)

⁴ Website COAR. <https://www.coar-repositories.org/>, (acedido 20 Setembro 2022).

⁵ Website INCD. <https://www.incd.pt/>, (acedido 20 Setembro 2022).

⁶ Website projeto Ciência Aberta. <https://www.ciencia-aberta.pt/>, (acedido 20 Setembro 2022).

⁷ Website Milford. <https://milford.pt/>, (acedido 20 Setembro 2022).

⁸ Website Unified Modeling Language. <https://www.uml.org/>, (acedido 20 Setembro 2022).

⁹ Website Openstack.

<https://www.openstack.org/>, (acedido 20 Setembro 2022).

¹⁰ Website Docker.

<https://www.docker.com/>, (acedido 20 Setembro 2022).

¹¹ Website PostgreSQL.

<https://www.postgresql.org/>, (acedido 20 Setembro 2022).

¹² Website Apache Solr.

<https://solr.apache.org/>, (acedido 20 Setembro 2022).

¹³ Website Nginx. <https://nginx.org/>, (acedido 20 Setembro 2022).

¹⁴ Website MinIO. <https://min.io/>, (acedido 20 Setembro 2022).

¹⁵ Website Amazon S3.

<http://aws.amazon.com/s3/>, (acedido 20 Setembro 2022).

¹⁶ Website Citus Data.

<https://www.citusdata.com/>, (acedido 20 Setembro 2022).