

Uma proposta de integração de sistemas da Secretaria do Patrimônio da União ao *blockchain* para incentivo à transparência de processos: resultados de uma pesquisa em andamento

Iago Fernandes¹, Pamella Soares¹, Raphael Saraiva¹,
Bruno Vicente², Alexandre Sertão², Ricardo Loiola³,
Allysson Araújo⁴, Jerffeson Souza¹

¹ Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação (PPGCC)
Universidade Estadual do Ceará (UECE) – Fortaleza, Ceará - Brasil

²Secretaria do Patrimônio da União (SPU) – Brasil

³Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUCRS)
Partenon, Porto Alegre – Brasil

⁴Grupo de Estudos em Sistemas de Informação e Inovação Digital (GESID)
Universidade Federal do Ceará (UFC) – Crateús, Ceará – Brasil

Abstract. *Decentralized Execution Terms (TEDs), established by the Secretariat of Coordination and Governance of the Union's Patrimony (SPU), are contracts between SPU and other government agencies to develop programs and projects interest to the Union. However, when there are still difficulties in accessing clear and transparent TED data, blockchain technology can enable public, secure, traceable, and auditable records. Through an Action-Research conducted among researchers and professionals from SPU, this study reports the preliminary results of a proposal to propose integrating SPU systems into blockchain through an API to facilitate the management of TED processes, ensuring transparency of procedures and guaranteeing traceability and access to the actions involved.*

Resumo. *Os Termos de Execução Descentralizada (TED), celebrados pela Secretaria de Coordenação e Governança do Patrimônio da União (SPU), são contratações entre a SPU e outros órgãos governamentais para o desenvolvimento de programas e projetos de interesse da União. Todavia, em um contexto no qual ainda se encontra dificuldades ao acesso claro e transparente dos dados no TED, a tecnologia blockchain possibilita registros públicos, seguros, rastreáveis e auditáveis. Por meio de uma Pesquisa-Ação realizada entre pesquisadores e profissionais da SPU, o presente estudo relata os resultados preliminares de uma proposta cujo objetivo visa propor a integração de sistemas da SPU à blockchain por meio de uma API para facilitar o gerenciamento de processos de TEDs, assegurando a transparência dos procedimentos e garantindo a rastreabilidade e acesso às ações envolvidas.*

1. Introdução

A Secretaria de Coordenação e Governança do Patrimônio da União (SPU), atualmente integrada ao Ministério da Economia (ME), desempenha uma função fundamental na criação e coordenação de políticas relacionadas ao patrimônio territorial brasileiro, incluindo ações de regularização fundiária, transferência de propriedade de imóveis e otimização do uso de imóveis do governo federal, além da implementação de políticas de desestatização e desinvestimento, disponibilizando imóveis públicos federais subutilizados para o mercado imobiliário [CGDAG 2022]. Dentre as atividades atribuídas à SPU, tem-se a celebração de Termo de Execução Descentralizada (TED), um instrumento que possibilita a descentralização de créditos entre órgãos e entidades que integram os Orçamentos Fiscal e da Seguridade Social da União [BRASIL 2020]. Em outras palavras, os TED são contratações entre a SPU e outros órgãos governamentais, como universidades (em sua maioria) e a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), para desenvolvimento de programas e projetos de interesse da União. Por meio da SPU (Unidade Descentralizadora), a União entra com a gestão, o recurso e a fiscalização, enquanto a outra parte (Unidade Descentralizada) entra com a execução das atividades.

A gestão e a fiscalização do TED envolve diversas etapas, documentos e o cumprimento rigoroso de prazos no decorrer de sua elaboração, assinatura e acompanhamento. As dificuldades ao acesso claro e transparente dos dados contidos no TED, que geram obrigações legais e contratuais entre as partes, e na rastreabilidade de relevantes informações relacionadas ao instrumento, apontam para a urgente necessidade de soluções que tornem inteligente e dinamizem seu gerenciamento e *follow up*. Diante dessas particularidades, o uso do *blockchain* se demonstra proeminente devido à sua capacidade de registrar eventos digitais de forma transparente, segura e resiliente, com registro imutável de dados. Tal tecnologia atua como um livro-razão distribuído, onde o registro, verificação, armazenamento, manutenção e transmissão de dados são baseados numa arquitetura distribuída protegida por criptografia [Beck et al. 2017].

Nesse contexto, este artigo objetiva relatar os resultados preliminares de um projeto em andamento que se propõe a integrar sistemas da SPU ao *blockchain* através da adaptação de uma API, denominada DocStone, para o gerenciamento de documentos (registro até a validação) tendo como base diferentes *blockchains* para integração à diversas plataformas de clientes, permitindo a criação de modelos personalizados de documentos de forma simplificada [Soares et al. 2022]. Dado o grande volume de processos na SPU, observou-se, com apoio de profissionais do referido órgão, a oportunidade de implementar o conceito de “processos genéricos”, o qual permite que um sistema terceiro realize o registro de todas as etapas do processo e seus respectivos documentos em *blockchain*, independente de seu fluxo específico. Tal solução permite que o sistema de gerenciamento de TEDs integre-se ao *blockchain* de forma simplificada, ao passo que possibilita o registro de todo o processo imutavelmente, assegurando a rastreabilidade das ações e garantia da transparência dos procedimentos realizados e documentos envolvidos no TED. Além disso, viabiliza-se a geração de registros públicos seguros e auditáveis, fortalecendo, inclusive, a Lei de Acesso à Informação. Em termos técnicos, implementou-se um novo Contrato Inteligente (CI) para gerenciamento de processos, as devidas adaptações na API do DocStone para integração com o novo CI e o uso do *InterPlanetary File System* (IPFS) como sistema de arquivos para armazenamento das mídias.

Vale ressaltar que o projeto aqui discutido originou-se da participação no *Hackathon Web3 – Tokenização do Patrimônio da União*. O grupo foi formado por um time multidisciplinar de pesquisadores, desenvolvedores e funcionários da própria SPU, estes últimos contribuindo para a identificação e validação das principais problemáticas. A partir dessa iniciativa, oportunizou-se uma parceria entre os grupos a fim de propor, numa perspectiva metodológica baseada em pesquisa-ação, a integração de uma nova versão do DocStone com foco em sistemas do setor público, iniciando pelo Sistema Eletrônico de Informações (SEI) na gestão de processos de TED. Em termos de contribuições, tem-se: (i) o fortalecimento da transparência do TED através de uma proposta e evolução da arquitetura do DocStone para a gestão de processos (não limitando-se apenas à gestão de documentos independentes) do setor público permitindo integrações de seus sistemas ao uso do *blockchain* de forma simplificada; (ii) a aderência prática da proposta ao contexto real de processos TED, com potencial adaptação para outros tipos de processos já executados ou não pelo governo eletrônico; e (iii) um protótipo funcional simulando uma página de transparência integrada ao sistema SEI (ilustrado por demonstração em vídeo disponível no repositório deste trabalho [Fernandes et al. 2022]).

Estruturalmente, na Seção 2, apresentam-se os procedimentos metodológicos. Na Seção 3, descreve-se a proposta. Por fim, destacam-se as considerações finais na Seção 4.

2. Procedimentos Metodológicos

Com o objetivo de sistematizar os procedimentos metodológicos explorados, optou-se, de forma complementar e integrada aos resultados do *hackathon* previamente mencionado, por uma abordagem baseada em Pesquisa-Ação (PA) para promover a colaboração entre os pesquisadores e os servidores da SPU para refinar e aprimorar a execução de ações através de mudanças no ambiente ou objeto estudado [Baskerville 1999]. Nesse sentido, seguindo o protocolo sugerido em [Baskerville 1999], o presente estudo divide o ciclo inicial da PA em cinco etapas, sendo as três primeiras oriundas do *hackathon* (cujos resultados obtidos são foco do presente artigo):

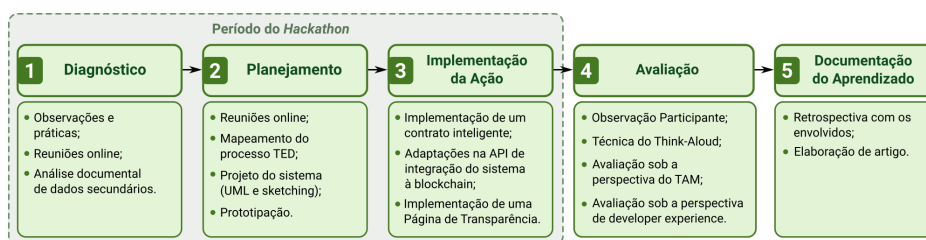


Figura 1: Procedimentos metodológicos.

Inicialmente, na etapa de **Diagnóstico**, ocorreu a identificação e análise dos problemas que motivam a organização a realizar ações para melhorar algum aspecto de seu funcionamento. Nesse caso, o objeto de estudo deste trabalho envolveu a Secretaria de Patrimônio da União (SPU) que, assim como a maioria dos órgãos governamentais, dispõe de uma série de processos a serviço da sociedade e das instituições. Dessa forma, com a contribuição de dois especialistas no domínio do problema, servidores de nível superior na SPU, no Ministério da Economia, um Administrador e outro Geólogo (autores deste estudo), foi possível identificar os desafios por meio do diagnóstico da estrutura atual da organização e seus processos. Especificamente, a pesquisa se concentrou

em analisar um dos tipos de processos executados pelo SPU, que são os TEDs, instrumento jurídico-legal responsável por executar e desenvolver atividades cruciais para a modernização da SPU. Para o referido diagnóstico, foi possível realizar, em parceria com profissionais envolvidos, um levantamento e discussões (via reuniões por videoconferência) das principais problemáticas e, adicionalmente, conduzir uma análise documental [BRASIL 2020, CGDAG 2022, BRASIL 2021] para fins de triangulação dos dados. Segundo os profissionais envolvidos, o processo atual é lento, há burocracia excessiva e vários procedimentos manuais no decorrer de sua elaboração, assinatura e acompanhamento dos documentos e prazos que ocorrem por intermédio bastante limitado do SEI. Além disso, mencionaram a dificuldade de acesso claro e transparente aos dados contidos no TED, o que gera obrigações legais e contratuais entre as partes, bem como a rastreabilidade das informações relacionadas ao instrumento.

A etapa seguinte, de **Planejamento**, envolveu a organização das ações realizadas para mitigar os desafios identificados. Como mencionado anteriormente, a solução aqui proposta adota uma API, denominada DocStone, a qual apoia o registro de documentos customizáveis (e de sistemas terceiros) baseado em *blockchain*. Porém, apesar da existência da API proveniente do DocStone, verificou-se que a mesma ainda não havia sido explorada e adaptada sob a ótica de processos do setor público, mais especificamente da SPU (que é o foco deste trabalho). Assim, uma série de atividades foram definidas, como a realização de novas reuniões para alinhar os objetivos estabelecidos entre as partes, e o mapeamento do processo TED (passo a passo), o que resultou em um compilado de 38 etapas bem definidas. Além disso, buscou-se arquitetar, projetar e refinar (através de diagramas UML e *sketching*) o sistema em desenvolvimento, assim como a prototipação de uma página de transparência para simular o sistema SEI. Por fim, foram definidos os detalhes sobre como serão realizadas as avaliações.

Em relação à etapa de **Implementação da Ação**, esta foi dividida em duas principais atividades de implementação técnica: (i) adaptação do DocStone ao contexto proposto, e (ii) desenvolvimento de protótipo funcional da página de transparência baseada em *blockchain* para o SEI. Na primeira parte (a qual foi iniciada no *hackathon*), a partir dos levantamentos iniciais realizados com colaboração dos profissionais da SPU, os pesquisadores puderam identificar possíveis adaptações ao DocStone para melhor adequação ao contexto proposto. Dessa forma, um Contrato Inteligente (CI) foi implementado a fim de introduzir o conceito de “armazenamento de Processos”, ao invés de apenas “armazenamento de Documentos”, conforme já implementado na versão inicial do DocStone. Assim, adaptações foram realizadas na API para adequação ao novo CI. Além disso, dado o tipo e a quantidade de arquivos de mídias armazenados na SPU, o DocStone foi adaptado para incorporar o uso de IPFS, o qual será detalhado na Seção 3. Em relação às tecnologias utilizadas, explorou-se Node.js, Javascript, Express.js para implementação da API, e a linguagem Solidity, assim como as ferramentas Truffle e Web3.js especificamente para integração com a *blockchain* Celo. Em um segundo passo, tendo em vista a complexidade do sistema SEI, as partes interessadas decidiram, inicialmente, por prototipar visualmente e desenvolver uma interface web para simular uma página de transparência do SEI baseada em *blockchain* (apresentada na Seção 3.3). Adicionalmente, para a implementação da interface utilizou-se o framework React. Os códigos podem ser encontrados no repositório deste estudo [Fernandes et al. 2022].

As etapas de Avaliação e Documentação do Aprendizado ficaram fora do escopo do *hackathon* e, portanto, são tratadas aqui como etapas vindouras. Na etapa de **Avaliação** almeja-se avaliar os resultados diante dos objetivos traçados, buscando identificar os efeitos decorrentes das ações e até que ponto os problemas foram mitigados. Para avaliar a proposta, pretende-se realizar experimentos com três principais perfis de usuários: (i) funcionários da SPU, (ii) usuários externos e (iii) desenvolvedores da SPU. Nesse sentido, para os perfis (i) e (ii), planeja-se avaliá-los sob a perspectiva do *Technology Acceptance Model* [Davis 1989] com base em testes de usabilidade ao utilizar a página de transparência implementada e, para o perfil (iii), planeja-se a avaliação da *developer experience* [Greiler et al. 2022] quanto ao uso da API através de implementações básicas com a API. Para ambos os experimentos, pretende-se explorar o método de Observação Não-Participante da realização de tarefas derivadas a partir de um *workflow* genérico (composto pelas principais atividades realizadas pelos perfis de usuários) com apoio da técnica do *Think-Aloud*.

Por fim, na **Documentação da Aprendizagem**, planeja-se refletir retrospectivamente sobre as atividades e resultados obtidos na PA até o momento em questão, assim como a decisão entre as partes interessadas se um novo ciclo de PA deve ser iniciado. Nesse momento, tem-se prevista a documentação das principais lições aprendidas e elaboração de artigo científico cobrindo os resultados dos experimentos da Avaliação.

3. Integrando a Adoção de Blockchain aos Processos do SPU

3.1. Visão geral da arquitetura proposta

Em relação à arquitetura proposta, implementações de adaptações ao DocStone foram realizadas para o seu uso como uma ferramenta de integração dos processos TEDs do SPU atendendo ao contexto de **processos genéricos** no setor público, o que não tinha sido contemplado em sua versão inicial. Na versão aqui proposta, a Camada de Aplicação não sofreu modificações, sendo abstraída e representada pelo sistema SEI (um dos clientes da API). Assim, as adaptações nas duas principais camadas serão destacadas: a (i) **Camada de Serviço** e a (ii) **Camada de Persistência**, as quais serão detalhadas a seguir.

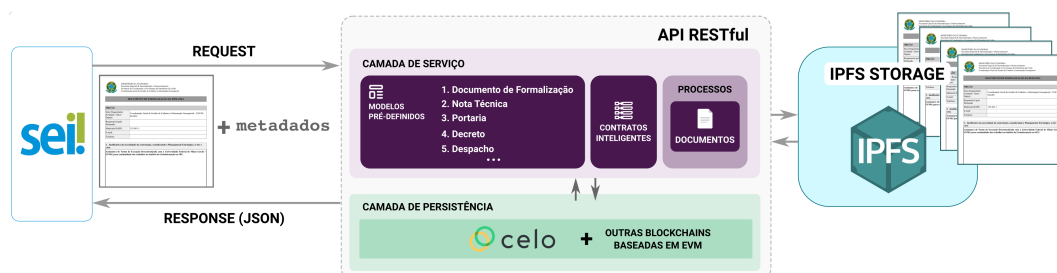


Figura 2: Modelo arquitetural proposto.

Na **Camada de Serviço**, tem-se a criação de ativos referente aos modelos de documentos que, nesse caso, são pré-definidos baseados no levantamento das 38 etapas do TED e dos documentos já identificados e conhecidos nesse processo. Por exemplo, o modelo do Documento de Formalização da Demanda e seus respectivos atributos (assunto, descrição, data, etc.) serão previamente registrados na API, assim como o restante dos outros modelos (Nota Técnica, Portaria, Decreto, etc). Ressalta-se que o cadastro prévio de modelos não impede a inserção de novos modelos a qualquer momento. Por sua vez,

o CI refere-se ao código implantado responsável por executar as principais funções em *blockchain*. Nesse caso, houve a implementação de um novo CI em relação à primeira versão do DocStone, visto que esse realizava o armazenamento de “Documentos” sem associá-los a um processo específico. No presente estudo, buscou-se adaptar o CI para o gerenciamento de “Processos” e associá-los, cada um, a um conjunto de documentos. Ou seja, ao iniciar um processo TED, este terá seu registro em *blockchain*, assim como todos os documentos associados a ele. Dessa forma, possibilita-se listar todos os documentos de um processo de forma cronológica ao buscar por um processo específico. O código do CI pode ser encontrado no repositório deste estudo [Fernandes et al. 2022].

Na **Camada de Persistência**, acrescentou-se a Celo como uma nova *blockchain* baseada em Ethereum Virtual Machine (EVM). Apesar da inclusão desta *blockchain* ter partido de um dos requisitos do *hackathon*, o grupo de pesquisadores e profissionais deste estudo analisou e pontuou que o uso dela para continuidade do trabalho é propício para o contexto público. Isto porque a Celo é um ecossistema de *blockchain* que tem o objetivo de promover a inclusão financeira com visão de “uma nova economia digital próspera para todos” através do conceito *mobile-first*, ou seja, tornando a Web3 potencialmente acessível, com custos leves e transações rápidas¹. Ressalta-se que tal escolha não impossibilita o uso de outras *blockchains* baseadas em EVM. Outra modificação considerável é o uso de IPFS para o armazenamento das mídias dos arquivos armazenados (.pdf, .png, .jpeg, etc.). Os autores perceberam a necessidade do uso de IPFS visto que permite o armazenamento descentralizado e consulta facilitada de informações nesse contexto do setor público. O IPFS é um sistema distribuído para acesso e armazenamento de arquivos, sites, aplicações e dados em geral potencializado por sua comunidade [Benet 2014]. Na prática, o IPFS solicita a diversos computadores da rede compartilharem os dados de uma determinada página, tornando qualquer usuário um provedor de dados.

3.2. Workflow mapeado a ser operado via *blockchain*

Visto que o fluxo tradicional de processos de TEDs contém diferentes etapas, o ciclo apresentado na Figura 3 pode ser executado cada vez que uma etapa é iniciada a partir do sistema SEI. No **Passo 1**, em **Fluxo de Criação de Processos de Termo de Execução Descentralizada**, o usuário do sistema SEI inicia um processo com o assunto *Patr. União: Cooperação e Parcerias*, com o que geralmente é utilizado para abrir processos de TED.

Em seguida, no **Passo 2**, o usuário seleciona um modelo pré-definido e insere as devidas informações do primeiro documento submetido ao sistema SEI, que é o *Documento de Formalização da Demanda (DFD)*, assim como a sua respectiva mídia (gerada pelo sistema ou submetida pelo usuário). Ao inserir os metadados e o arquivo de mídia, estes são enviados de forma totalmente transparente à API integrada ao sistema através de requisições. Por sua vez, no **Passo 3**, a API executa a implantação do CI correspondente ao referido processo na Celo automaticamente. Após a implantação do contrato, no **Passo 4**, todas as informações submetidas no Passo 2 são armazenadas, sendo os metadados inseridos em *blockchain* (Celo) e os arquivos de mídia no IPFS. Nesse momento, tem-se que a primeira etapa do processo, ou seja, o registro do DFD, foi realizada em *blockchain* e pode ser consultada pelas partes interessadas. No **Passo 5**, caso o usuário precise registrar o próximo documento (nova etapa), que é o registro da *Nota Técnica SEI*, o mesmo processo pode ser repetido. No entanto, não haverá mais a necessidade de instanciar um novo

¹<https://celo.org/>

CI, visto que todas as próximas etapas serão executadas no CI inicialmente implantado. Dessa forma, o fluxo não irá executar o Passo 3 a partir da segunda etapa a ser processada, exceto se for realizada outra abertura de processo de TED.

Em relação ao **Fluxo de Consultar Processo**, para fins de rastreabilidade e transparência, um usuário externo pode consultar um processo por um identificador. A partir da busca, o sistema SEI retornará todas as etapas com seus respectivos metadados (imutáveis) e mídias do IPFS. Com isso o usuário pode consultar a etapa atual do processo, assim como acessar os documentos de cada etapa.

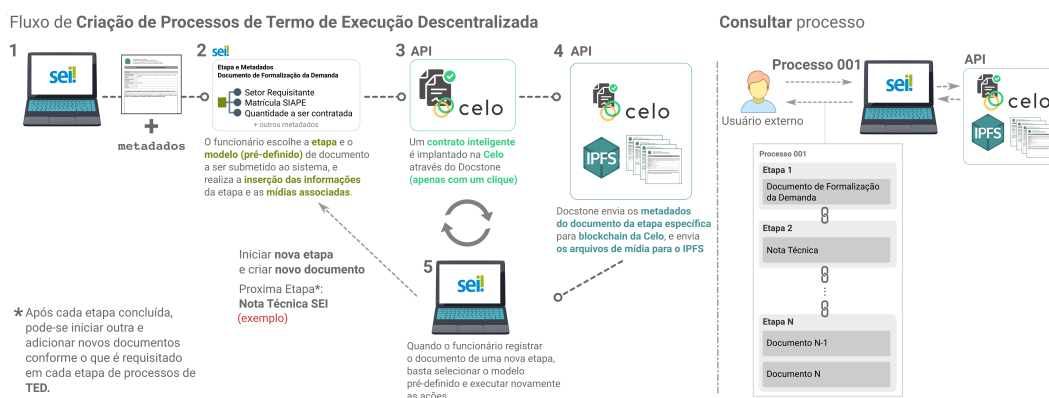


Figura 3: Fluxo de criação de processos de TED integrado ao uso de *blockchain*.

3.3. Prototipação visual

A Figura 4 apresenta o protótipo visual de alta fidelidade, conforme mencionado na Seção 2. Basicamente, esta tela contém a funcionalidade de busca do processo, a qual retornará os seus respectivos documentos. Como ilustração, as páginas a serem abertas também são apresentadas, como o próprio documento em questão e a transação em *blockchain*.

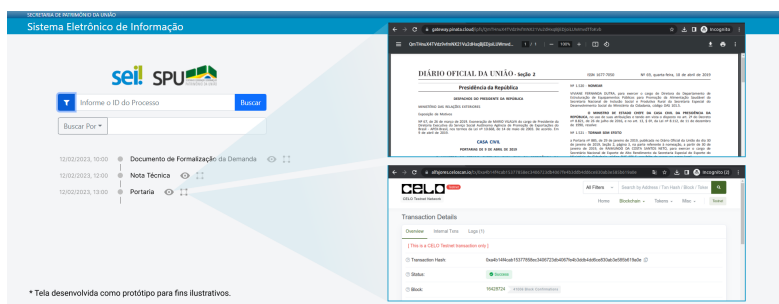


Figura 4: Prototipação visual da Página de Transparência.

A interface da página de transparência implementada foi inspirada no *design* da plataforma SEI para fins de ilustração. Tal proposta visa simular a integração de uma página de transparência dos processos TED (ou outros tipos de processos do sistema) introduzidos no SEI. Inicialmente, apenas a funcionalidade de “Buscar Processo” foi implementada, podendo esta ser pelo ID do processo com a adição de filtros, como data, transação ou nome do documento. Ao buscar por um processo (sem aplicação de filtros), por exemplo, o sistema retorna uma lista cronológica de todos os documentos já inseridos no sistema SEI e, conseqüentemente, na *blockchain*. Cada objeto (documento) da lista é apresentado com seus respectivos metadados, nesse caso, as datas de inserção

e os links do endereço do documento armazenado em IPFS e da transação realizada na Celo (que direciona para seu *explorer*). O link para o IPFS direciona para o documento original armazenado inicialmente, e o link da transação comprova que, de fato, tal fase do processo foi registrada em *blockchain*. Além disso, possibilita-se a consulta de outras informações relacionadas à transação específica (*timestamp*, *bloco*, *taxa da transação*, etc.). Outros metadados associados ao modelo do documento também podem ser retornados, e tais informações podem variar conforme as decisões de projeto ao integrar a API.

4. Considerações Finais e Próximos Passos

O presente artigo teve como objetivo relatar os resultados preliminares de uma proposta de integração de sistemas da Secretaria do Patrimônio da União (SPU) ao *blockchain* para fins de incentivo à transparência de processos. Nesse caso, apesar de explorar uma solução previamente existente, chamada DocStone, verificou-se a necessidade de realizar diferentes adaptações para o seu uso no contexto da SPU. Como contribuições primárias, foi possível (i) propor uma arquitetura para gestão de processos públicos com integração ao *blockchain* de forma simplificada, (ii) propor uma adaptação prática da proposta ao contexto de processos TED, com potencial de uso em outros tipos de processos governamentais, e (iii) desenvolver um protótipo funcional para página de transparência integrada ao sistema SEI. Sendo, portanto, um projeto em andamento, almeja-se como próximos passos concluir as etapas faltantes da pesquisa-ação e, conseqüentemente, elaborar um novo artigo compartilhando os resultados obtidos.

Referências

- Baskerville, R. L. (1999). Investigating information systems with action research. *Communications of the association for information systems*, 2(1):19.
- Beck, R., Avital, M., Rossi, M., and Thatcher, J. B. (2017). Blockchain technology in business and information systems research.
- Benet, J. (2014). Ipfs-content addressed, versioned, p2p file system. *arXiv preprint arXiv:1407.3561*.
- BRASIL (2020). Decreto nº 10.426, de 16 de julho de 2020. Dispõe sobre a descentralização de créditos entre órgãos e entidades da administração pública federal integrantes dos Orçamentos Fiscal e da Seguridade Social da União, por meio da celebração de termo de execução descentralizada.
- BRASIL (2021). Manuais e cartilhas TED - plataforma brasil.
- CGDAG (2022). Portfolio cgdag - coordenação geral de gestão de base de dados e geoinformação.
- Davis, F. D. (1989). Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology. *MIS quarterly*, pages 319–340.
- Fernandes, I., Soares, P., Saraiva, R., Vicente, B., Sertã, A., Loiola, R. A. K., and Araújo, A. A. (2022). Uma proposta de integração de sistemas da secretaria do patrimônio da união ao blockchain para incentivo à transparência de processos: resultados de uma pesquisa-ação em andamento. Disponível em: <https://zenodo.org/record/7693750>.
- Greiler, M., Storey, M.-A., and Noda, A. (2022). An actionable framework for understanding and improving developer experience. *IEEE Transactions on Software Engineering*.
- Soares, P., Saraiva, R., Fernandes, I., Souza, J., and Loiola, R. (2022). Docstone: A blockchain-based architecture for a customizable document registration service. In *Proceedings of the 16th Brazilian Symposium on Software Components, Architectures, and Reuse*, pages 1–10.