

O ARQUIVO PARADIGMÁTICO NA ERA DIGITAL: BLOCKCHAIN E IPFS/ARWEAVE COMO INSTÂNCIAS ONTOLÓGICAS DE PRESERVAÇÃO

E-mail:
rodrigo.cid@ufop.edu.br

Rodrigo Cid

RESUMO

Este artigo objetiva analisar as tecnologias de Blockchain e de sistemas de armazenamento descentralizado (IPFS e Arweave) à luz do conceito de Arquivo Paradigmático (AP), tal como formulado por Aldabalde e Cid (2020). Partindo de uma reflexão filosófica a priori sobre as propriedades universais dos Arquivos – acessibilidade, durabilidade e praticabilidade –, busca-se demonstrar como essas estruturas digitais não apenas instanciam tais propriedades, mas frequentemente o fazem em um grau elevado, aproximando-se do ideal paradigmático. A abordagem interdisciplinar, situada na interseção entre Ontologia, Ciência da Informação e Tecnologia da Informação, examina como a imutabilidade, descentralização, transparência e acessibilidade programática inerentes a esses sistemas realizam as funções arquivísticas de custódia, preservação e acesso de maneira inovadora. Conclui-se que, embora sejam entidades não-tradicionais, Blockchain, IPFS e Arweave podem ser considerados Arquivos em sentido pleno, exibindo as propriedades essenciais em graus notáveis e oferecendo um novo modelo referencial para a concepção de instituições arquivísticas na ambiência digital.

Palavras-chave: Arquivo Paradigmático; Blockchain; IPFS; Arweave; Ontologia; Preservação Digital; Propriedades Arquivísticas Universais.

ABSTRACT

This paper aims to analyze Blockchain technologies and decentralized storage systems (IPFS and Arweave) through the lens of the Paradigmatic Archive (PA) concept, as formulated by Aldabalde and Cid (2020). Starting from an a priori philosophical reflection on the universal properties of Archives – accessibility, durability, and practicality –, it seeks to demonstrate how these digital structures not only instantiate such properties but often do so to a high degree, approaching the paradigmatic ideal. An interdisciplinary approach, situated at the intersection of Ontology, Information Science, and Information Technology, examines how the immutability, decentralization, transparency, and programmatic accessibility inherent in these systems perform the archival functions of custody, preservation, and access in an innovative way. It is concluded that, although they are non-traditional entities, Blockchain, IPFS, and Arweave can be considered Archives in the full sense, exhibiting the essential properties to a notable degree and offering a new reference model for the design of archival institutions in the digital environment.

Keywords: Paradigmatic Archive; Blockchain; IPFS; Arweave; Ontology; Digital Preservation; Universal Archival Properties.

A reflexão sobre a natureza essencial das instituições arquivísticas, tal como proposta pelo modelo do Arquivo Paradigmático (AP), não se restringe ao domínio físico ou institucional tradicional. Conforme argumentam Aldabalde e Cid (2020, p. 6), "um Arquivo é definido não por sua materialidade empírica, mas pelas propriedades universais que o tornam possível enquanto instituição: acessibilidade, durabilidade e praticabilidade". Essa definição ontológica desloca a análise do plano meramente histórico-administrativo para um plano conceitual mais fundamental, permitindo considerar como Arquivos também entidades não convencionais, desde que instanciem tais propriedades de modo suficiente.

Essa perspectiva encontra ressonância em reflexões clássicas sobre o conceito de arquivo. Derrida (1995, p. 11), em *Mal d'Archive*, já indicava que o arquivo ultrapassa o espaço físico que o contém, constituindo-se como "uma função de consignação que assegura a possibilidade de memória, independentemente de sua inscrição material". De modo complementar, Cook (1997, p. 19) argumenta que o arquivo deve ser compreendido menos como um depósito estático e mais como um "sistema dinâmico de significados" que preserva e reconstrói continuamente as relações entre passado e futuro. Esse deslocamento conceitual, da materialidade para a funcionalidade, abre espaço teórico para considerar infraestruturas digitais como instâncias legítimas da função arquivística.

É nesse contexto epistemológico que emergem as tecnologias de Blockchain e de armazenamento descentralizado permanente, como o IPFS (*InterPlanetary File System*) e o Arweave, enquanto candidatos potentes à condição de Arquivos Paradigmáticos digitais. A Blockchain, desde sua formulação inaugural por Nakamoto (2008, p. 1), é concebida como "uma versão puramente peer-to-peer de dinheiro eletrônico [que] permitiria que pagamentos online fossem enviados diretamente de uma parte para outra sem passar por uma instituição financeira" – arquitetura que se fundamenta em um registro distribuído, imutável e criptograficamente seguro, cujo propósito essencial é a custódia verificável de transações em rede. O IPFS, por sua vez, introduz um paradigma de endereçamento baseado em conteúdo (*content-addressing*), substituindo o modelo centralizado do protocolo HTTP e possibilitando que "todos os dispositivos de computação" se conectem "com o mesmo sistema de arquivos" (BENET, 2014, p. 1). Já o Arweave avança na mesma direção conceitual ao propor um modelo econômico de *permaweb*, no qual os dados são armazenados perpetuamente mediante incentivos criptoecômicos estruturados (WILLIAMS, 2018, p. 2).

A aproximação dessas tecnologias ao conceito de AP não é apenas metafórica ou instrumental, mas fundamentalmente estrutural e ontológica. Como observa Floridi (2014, p. 92), na sociedade informacional contemporânea, "a ontologia do digital redefine não apenas o que existe, mas como existe: como algo passível de ser copiado, verificado e preservado indefinidamente". Nesse sentido, as propriedades universais do Arquivo Paradigmático – durabilidade, acessibilidade e praticabilidade – encontram nessas infraestruturas tecnológicas uma manifestação inédita e, em determinados aspectos, potencialmente mais robusta que nas instituições arquivísticas tradicionais.

Além disso, a literatura especializada em preservação digital manifesta crescente preocupação com a sustentabilidade informacional de longo prazo. Hedstrom (1998, p. 190) já advertia que os desafios da preservação digital exigiam soluções que ultrapassassem a mera migração de suportes, pois "a informação digital é vulnerável tanto à obsolescência tecnológica quanto à instabilidade institucional". As propostas fundamentadas em Blockchain e sistemas descentralizados respondem precisamente a esse duplo desafio estrutural: garantem a perenidade por meio da descentralização radical e da replicação distribuída, e asseguram a estabilidade institucional ao dispensar uma autoridade central única, substituindo-a por protocolos matemáticos, consenso algorítmico e incentivos econômicos incorporados.

Este artigo, portanto, objetiva transpor o modelo teórico do Arquivo Paradigmático para o domínio digital, argumentando que redes públicas de Blockchain (como Bitcoin e Ethereum) e sistemas como IPFS/Arweave não constituem meras ferramentas auxiliares à prática arquivística, mas representam instâncias ontológicas genuínas do Arquivo Ideal conceituado por Aldabalde e Cid (2020). A relevância desta investigação reside na possibilidade de redefinir os parâmetros epistemológicos e práticos para a custódia, a preservação e o acesso informacional no século XXI, oferecendo um novo paradigma de referência para a construção de infraestruturas verdadeiramente duráveis, acessíveis e praticáveis.

O objetivo central desta análise é examinar as tecnologias Blockchain, IPFS e Arweave como particulares empíricos que instanciam as propriedades universais do Arquivo Paradigmático. Especificamente, busca-se: (i) demonstrar como a durabilidade é alcançada através da descentralização estrutural, da replicação de dados e do consenso criptográfico distribuído; (ii) examinar a acessibilidade nesses sistemas, inerentemente controlada por criptografia assimétrica de chaves e potencialmente universal em redes públicas; (iii) explorar a praticabilidade, manifesta através de contratos inteligentes (*smart contracts*), APIs abertas e ecossistemas de aplicações descentralizadas que automatizam e expandem práticas arquivísticas; e (iv) posicionar tais sistemas em uma gradação qualitativa em relação ao AP ideal, identificando tanto seus pontos de excelência quanto suas limitações estruturais.

O objeto de estudo são as próprias redes tecnológicas, compreendidas como entidades arquivísticas não-antropocêntricas, cuja *razão de ser* fundamental é a custódia verificável e imutável de registros digitais. A metodologia adotada fundamenta-se na reflexão filosófica a priori, conforme proposta por Aldabalde e Cid (2020), complementada pela análise documental crítica de *whitepapers*, documentação técnica oficial e literatura acadêmica especializada. A investigação é, portanto, primordialmente conceitual e teórica, buscando identificar e confirmar na arquitetura lógica e operacional desses sistemas a manifestação concreta das propriedades essenciais do AP.

2 BLOCKCHAIN E IPFS/ARWEAVE COMO INSTÂNCIAS DO ARQUIVO PARADIGMÁTICO

2.1 DURABILIDADE

A propriedade da durabilidade constitui um pilar fundamental do Arquivo Paradigmático (AP), definida por Aldabalde e Cid (2020, p. 13) como a capacidade de uma instituição arquivística de "se manter ou perdurar, sem ser destruída ou sofrer danos comprometedores, sob pena de não cumprir a custódia, a sua razão de ser". No modelo teórico proposto pelos autores, a durabilidade implica resistência simultânea ao desgaste natural, aos fenômenos naturais catastróficos e aos fenômenos sociais destrutivos, alcançando seu grau máximo idealmente até os limites termodinâmicos últimos do universo físico. Ao transpor esse conceito para o domínio digital, as tecnologias de Blockchain e de armazenamento descentralizado – especificamente IPFS e Arweave – emergem como instâncias que não apenas realizam essa propriedade essencial, mas potencialmente a elevam a um patamar qualitativamente novo, desafiando as noções tradicionais de preservação documental.

A durabilidade em arquivos físicos paradigmáticos, como exemplificado pelo Arquivo Geral das Índias (AGI) analisado por Aldabalde e Cid (2020), fundamenta-se em múltiplas camadas de proteção: física e ambiental, contra ação humana deliberada ou acidental, legal-normativa, político-institucional e econômico-financeira. No entanto, cada uma dessas proteções permanece sujeita a contingências históricas inevitáveis: edifícios monumentais podem sucumbir a desastres naturais ou conflitos armados, marcos legais podem ser revogados por novos regimes políticos, e governos ou instituições podem experimentar colapso financeiro.

Em contraste fundamental, a Blockchain introduz um paradigma radicalmente distinto de durabilidade, baseado na descentralização estrutural radical e na imutabilidade criptográfica verificável. Conforme Nakamoto (2008, p. 1) descreve no *whitepaper* fundador do Bitcoin, o sistema opera como uma rede *peer-to-peer* onde "pagamentos online fossem enviados diretamente de uma parte para outra sem passar por uma instituição financeira" – arquitetura que implica que o registro não está confinado a um único local físico ou entidade institucional, mas é simultaneamente replicado e validado continuamente por uma rede global de nós computacionais independentes e geograficamente distribuídos.

Essa arquitetura transcende radicalmente a proteção física e ambiental dos arquivos tradicionais: não existe um "edifício" físico único a ser protegido contra incêndios, inundações ou terremotos, mas milhares de cópias idênticas distribuídas globalmente, tornando o sistema estruturalmente imune a eventos localizados de destruição. Mesmo a destruição completa de uma região geográfica inteira não comprometeria a integridade do registro global, desde que nós remanescentes em outras localidades preservassem cópias verificáveis.

De modo análogo, a proteção contra ação humana maliciosa ou negligente é fundamentalmente reforçada pelo mecanismo de consenso criptográfico distribuído. Para alterar retroativamente o registro histórico de uma Blockchain estabelecida, um agente adversário precisaria controlar simultaneamente mais de 51% do poder computacional total da rede – um feito que se torna economicamente proibitivo e logisticamente inviável em redes maduras e amplamente distribuídas como Bitcoin ou Ethereum (NAKAMOTO, 2008). Isso instaura uma forma de durabilidade que não depende da boa vontade humana, de estruturas institucionais frágeis ou de marcos legais contingentes, mas fundamentalmente de incentivos econômicos matemáticos e de barreiras criptográficas computacionalmente intransponíveis.

No entanto, uma objeção filosófica crucial emerge neste ponto: pode um artefato digital ser considerado verdadeiramente "durável" no sentido forte do termo se sua existência material depende continuamente de infraestruturas tecnológicas reconhecidamente efêmeras, como hardware eletrônico, software operacional e a própria conectividade da internet global? Esta objeção toca em questões ontológicas profundas sobre a natureza da permanência no domínio digital e merece resposta cuidadosa.

A resposta adequada exige distinguir conceitualmente entre durabilidade material-substancial e durabilidade informacional-estrutural. Enquanto um documento físico tradicional inevitavelmente se degrada materialmente com o tempo – o papel amarelece, a tinta desbota, o pergaminho resseca – um registro inscrito em Blockchain permanece preservado primordialmente como *informação pura*, independente de suportes físicos específicos. A imutabilidade do conteúdo é garantida por *hashes* criptográficos que permitem a verificação perpétua e automática da integridade dos dados, independentemente do substrato material em que são armazenados momentaneamente.

Como argumenta Benet (2014, p. 1) na proposta fundacional do IPFS, o sistema "busca conectar todos os dispositivos de computação com o mesmo sistema de arquivos", substituindo fundamentalmente o modelo de endereçamento por localização (*location-addressing*) por endereçamento por conteúdo (*content-addressing*). Isso assegura que os dados possam ser recuperados de qualquer nó da rede que possua uma cópia verificável, independentemente da sobrevivência de servidores ou instituições específicas. O Arweave radicaliza ainda mais essa lógica ao propor um modelo econômico de *endowment* perpétuo, onde incentivos criptoeconômicos garantem que a replicação e o armazenamento sejam financeiramente sustentáveis indefinidamente, visando explicitamente a "permanência informacional" (WILLIAMS, 2018, p. 2).

Assim, embora a durabilidade digital não seja absoluta no sentido metafísico – nada o é, diante da entropia termodinâmica universal –, ela atinge um grau tão elevado de resiliência distribuída que redefine qualitativamente o que consideramos possível em termos de preservação. O AP ideal, como postulado por Aldabalde e Cid (2020), não exige perfeição metafísica impossível, mas o máximo realizável dentro das leis físicas naturais e das capacidades tecnológicas disponíveis; e essas tecnologias aproximam-se desse máximo de maneira historicamente inédita.

Quanto às proteções legais e político-institucionais, emerge outra objeção relevante: arquivos tradicionais dependem do Estado e de marcos regulatórios específicos para sua perpetuação institucional, o que os torna vulneráveis a mudanças políticas, revoluções ou colapsos estatais. Em contraste aparente, a Blockchain opera frequentemente em um espaço juridicamente extranacional ou transnacional, muitas vezes à margem de jurisdições estatais específicas. Isso poderia ser interpretado como uma fragilidade estrutural, dada a ausência do amparo legal-institucional tradicional.

Contudo, essa aparente fraqueza revela-se, sob análise mais cuidadosa, como uma fonte de força e resiliência particulares. A durabilidade aqui é assegurada não por decreto legal contingente, mas por consenso algorítmico automático e por incentivos econômicos incorporados matematicamente no protocolo. Como explicam Buterin et al. (2014, p. 1) no *whitepaper* da Ethereum, a plataforma "executa *smart contracts*: aplicações que funcionam exatamente como programadas sem qualquer possibilidade de *downtime*, censura, fraude ou interferência de terceiros". A "proteção legal" tradicional é, portanto, internalizada e automatizada no próprio protocolo técnico: o código matemático torna-se literalmente a lei operacional. Isso não elimina todos os desafios regulatórios externos, mas desloca fundamentalmente a base da durabilidade institucional de instituições humanas falíveis para sistemas automáticos matematicamente verificáveis.

Essa transformação levanta questões filosóficas profundas sobre a própria natureza da custódia arquivística: pode um arquivo ser considerado genuinamente "institucional" se não existe uma instituição central humanamente governada? A resposta é afirmativa, desde que compreendamos a instituição não meramente como uma entidade jurídica formal, mas como um conjunto estruturado de regras, práticas e legitimidades sustentadas cooperativamente por uma rede distribuída de participantes – uma "instituição descentralizada" emergente, cuja durabilidade emana organicamente de sua arquitetura técnica distribuída e dos incentivos econômicos incorporados, mais do que de autoridades centralizadas.

Ademais, a objeção da "morte térmica do universo" – mencionada por Aldabalde e Cid (2020, p. 13) como o limite termodinâmico último absoluto de qualquer durabilidade concebível – aplica-se igualmente a arquivos digitais e físicos, constituindo um limite teórico universal inescapável. Porém, o ponto epistemologicamente relevante não é alcançar eternidade metafísica impossível, mas maximizar pragmaticamente a durabilidade dentro dos limites físicos e tecnológicos disponíveis. Neste aspecto, sistemas como Arweave apresentam inovação significativa ao criar um "modelo de *endowment*" para armazenamento perpétuo, onde um pagamento econômico inicial único custeia matematicamente a replicação e manutenção dos dados indefinidamente através de incentivos criptoeconômicos (WILLIAMS, 2018, p. 3). Isso aborda criativamente a proteção econômica, tornando a durabilidade financeiramente autossustentável através de mecanismos automáticos, em contraste com arquivos físicos tradicionais que dependem cronicamente de orçamentos públicos voláteis e politicamente contingentes.

Em síntese conclusiva, a durabilidade enquanto propriedade essencial do Arquivo Paradigmático encontra nas tecnologias de Blockchain e sistemas correlatos uma expressão que supera qualitativamente muitas limitações estruturais dos arquivos físicos tradicionais. Através da descentralização radical, da imutabilidade criptográfica verificável e dos incentivos criptoeconômicos incorporados, esses sistemas realizam as cinco proteções fundamentais identificadas por Aldabalde e Cid (2020) de forma imbricada, automática e estruturalmente robusta. Objeções legítimas baseadas na dependência de infraestrutura tecnológica ou na ausência de enraizamento institucional tradicional são filosoficamente contornáveis mediante a compreensão da lógica distributiva própria dessas redes, que transformam dialeticamente vulnerabilidades aparentes em resiliências sistêmicas. Como concluem Aldabalde e Cid (2020, p. 13), "um Arquivo é um Arquivo se é o oposto do efêmero"; e, nesse sentido ontológico fundamental, a Blockchain emerge não como mera analogia tecnológica, mas como instância paradigmática genuína da durabilidade arquivística para a era digital.

2.2 ACESSIBILIDADE

A acessibilidade nos sistemas distribuídos representa uma ruptura epistemológica profunda em relação ao modelo arquivístico tradicional centralizado. Enquanto o acesso físico a documentos em arquivos institucionais convencionais depende estruturalmente de mediadores humanos especializados, de horários administrativos de funcionamento e de protocolos burocráticos complexos, em sistemas como Blockchain, IPFS e Arweave o critério fundamental de acesso é primordialmente técnico-criptográfico: a posse e o controle de uma chave privada criptográfica. O detentor legítimo da chave não apenas consulta passivamente, mas exerce controle direto e pleno sobre seus ativos ou dados registrados, sem necessidade de intermediações por autoridades externas ou validações administrativas.

Essa transformação estrutural da acessibilidade apresenta uma natureza dialética dupla. De um lado, manifesta-se a transparência absoluta que caracteriza essencialmente redes públicas (*permissionless*): qualquer participante tecnicamente habilitado pode descarregar o registro integral completo das transações históricas, verificando sua integridade matemática de forma completamente independente e autônoma. Essa abertura radical instaura um nível historicamente inédito de publicidade universal e de auditabilidade descentralizada, no qual a confiança sistêmica não deriva de uma instituição central autoritativa, mas fundamentalmente da replicação técnica verificável do registro em múltiplos nós geograficamente distribuídos da rede global.

Como observa Nakamoto (2008, p. 3), no sistema Bitcoin "a rede marca o tempo das transações fazendo o *hash* delas em uma cadeia contínua de prova de trabalho, formando um registro que não pode ser alterado sem refazer a prova de trabalho" – mecanismo que torna cada transação publicamente verificável por qualquer participante que possua uma cópia local da *blockchain*. Essa propriedade de transparência radical, embora possa inicialmente parecer contraditória à privacidade individual, na verdade instaura um novo equilíbrio: pseudonimato público (endereços são visíveis, identidades reais não necessariamente) combinado com verificabilidade matemática universal.

De outro lado, complementarmente, há a dimensão da acessibilidade programática estruturada. Protocolos como Ethereum permitem que contratos inteligentes (*smart contracts*) definam, de maneira completamente automática, determinística e imparcial, regras sofisticadas de acesso, uso e disseminação controlada de informações registradas. A mediação do documento deixa radicalmente de depender da interpretação subjetiva ou da boa-fé contingente de um agente humano individual, passando a ser exercida exclusivamente por linhas de código executadas de forma determinística, transparente e matematicamente imutável. Como explicam Buterin et al. (2014, p. 1), contratos inteligentes são "aplicações que funcionam exatamente como programadas" – eliminando assim a arbitrariedade humana na aplicação de regras de acesso.

A imparcialidade neste contexto não constitui apenas um ideal regulatório aspiracional, mas uma propriedade técnica estrutural: uma vez inscrito e ativado na rede, o contrato inteligente aplica-se universalmente a todos os participantes de forma idêntica, sem possibilidade de exceções arbitrárias, favorecimentos políticos ou interpretações casuísticas. Essa programabilidade confere ao que denominamos Arquivo Paradigmático Digital uma dimensão historicamente inédita de plasticidade normativa automatizada.

A acessibilidade, portanto, não é meramente concedida ou negada binariamente, mas pode ser configurada programaticamente em gradações complexas e condicionais: acesso temporário com expiração automática, acesso condicional dependente de verificações externas, acesso coletivo requerendo múltiplas assinaturas (*multisig*), acesso escalonado por níveis de permissão hierárquicos. Um documento específico pode ser tecnicamente programado para tornar-se aberto apenas a um grupo predefinido de chaves criptográficas, ser liberado mediante pagamento econômico automatizado, ou permanecer restrito até que condições verificáveis específicas na própria rede sejam satisfeitas (como a passagem de determinado bloco ou *timestamp*).

O princípio arquivístico clássico de acesso diferenciado – máximo para usuários autorizados, mínimo para não autorizados – encontra aqui uma realização técnica quase perfeita, aproximando-se significativamente do ideal teorizado por Aldabalde e Cid (2020). Como argumentam os autores (2020, p. 15), a acessibilidade no AP "não significa acesso irrestrito universal, mas acesso apropriadamente mediado segundo a natureza dos documentos e os direitos envolvidos". Essa mediação apropriada é precisamente o que contratos inteligentes implementam de forma automatizada e verificável.

Além disso, a acessibilidade nesses sistemas manifesta-se simultaneamente como individual e coletiva. Embora cada chave criptográfica represente um ponto singular e exclusivo de controle proprietário, a infraestrutura sociotécnica de interfaces mediadoras – *wallets* (carteiras digitais), *block explorers* (exploradores de blocos), APIs públicas abertas, navegadores distribuídos como Brave ou Opera com suporte nativo a Web3 – é produzida e mantida colaborativamente por comunidades globais de desenvolvedores *open-source*. Essa cooperação descentralizada multiplica exponencialmente as formas práticas de acesso, tornando o arquivo público não apenas em princípio teórico abstrato, mas também em termos de usabilidade prática concreta e acessível.

Ainda que barreiras iniciais de compreensão técnica e literacia digital persistam como desafios reais, tais barreiras são progressivamente reduzidas pelo desenvolvimento contínuo e acelerado de ferramentas de abstração que simplificam a experiência do usuário final. A evolução de interfaces desde linhas de comando (*command-line*) até aplicações gráficas intuitivas exemplifica essa trajetória de democratização progressiva do acesso.

Há, por fim, um contraste epistemológico decisivo com arquivos físicos tradicionais: as barreiras geográficas, político-jurisdicionais e burocráticas-administrativas que historicamente delimitavam e restringiam a consulta documental são radicalmente substituídas por uma lógica técnica de chaves criptográficas e protocolos matemáticos. A acessibilidade torna-se fundamentalmente não espacial e não temporal: um documento armazenado no Arweave pode ser acessado igualmente de Tóquio, São Paulo ou Nairobi, a qualquer hora do dia ou da noite, sem depender de horários de funcionamento, autorizações administrativas ou presença física.

Essa transformação não elimina completamente desafios de acesso – a exclusão digital, a desigualdade no acesso à internet e a literacia técnica permanecem como questões sociais legítimas. No entanto, a dificuldade inicial de operação desses sistemas não invalida, mas antes confirma epistemologicamente, a profundidade radical da transformação estrutural em curso. No Arquivo Paradigmático Digital, acessibilidade e propriedade técnica coincidem ontologicamente: possuir a chave privada é, literalmente e materialmente, possuir controle sobre o documento ou ativo digital. Essa fusão entre domínio jurídico-conceitual e domínio técnico-material redefine filosoficamente a própria ideia de acesso arquivístico, conferindo-lhe simultaneamente um caráter mais rigoroso matematicamente e mais universal geograficamente, aproximando-se assim do ideal paradigmático teorizado.

2.3 PRATICABILIDADE

A noção de praticabilidade, no contexto do Arquivo Paradigmático, refere-se fundamentalmente à capacidade operacional de um sistema não apenas armazenar documentos passivamente, mas também possibilitar, de maneira funcional e eficiente, o conjunto completo de práticas arquivísticas necessárias à preservação ativa, organização sistemática e uso efetivo dos registros. No contexto específico dos sistemas digitais distribuídos aqui analisados, essa praticabilidade encontra sua forma mais expressiva e inovadora nos contratos inteligentes (*smart contracts*) e nas infraestruturas programáveis que os sustentam.

Um contrato inteligente, ao ser implantado (*deployed*) em uma Blockchain pública como Ethereum, atua funcionalmente como um autômato regulador autônomo do ciclo de vida documental completo. Como explicam Buterin et al. (2014, p. 13), "contratos em Ethereum podem [...] servir como 'agentes autônomos' totalmente independentes, mantendo uma conta de saldo e realizando transações dentro do mundo virtual da Ethereum". Esse agente pode reger desde a aquisição inicial – quando novos registros são criptograficamente gravados em blocos imutáveis através de transações específicas – até a disposição ou transferência final, seja por destruição programada automática (*burn*), seja por transferência definitiva de custódia mediante condições predefinidas.

No percurso intermediário entre aquisição e disposição, funções clássicas da teoria arquivística são sistematicamente traduzidas em operações de código executável: o *arranjo* arquivístico realiza-se estruturalmente na própria sequência temporal imutável da cadeia de blocos, que organiza documentos em uma ordenação cronológica verificável e inalterável; a *descrição* documental pode ser inscrita sob a forma de metadados estruturados diretamente associados ao registro através de campos de dados nas transações ou em sistemas complementares de armazenamento descentralizado; a *gestão documental* propriamente dita é implementada mediante regras autoexecutáveis codificadas que não dependem da supervisão contínua, interpretação subjetiva ou boa vontade de agentes humanos específicos.

Além dessas funções tradicionais automatizadas, contratos inteligentes possibilitam uma multiplicidade de práticas inovadoras que seriam impraticáveis ou impossíveis em arquivos físicos convencionais. Eles podem, por exemplo, condicionar o acesso a verificações externas automáticas complexas (como confirmação de identidade digital descentralizada, execução de pagamentos econômicos programados, ou validações criptográficas adicionais através de *oráculos*), liberar documentos progressivamente apenas em circunstâncias temporais ou contextuais específicas (por exemplo, quando uma chave coletiva multiassinatura é cooperativamente acionada por um quórum predefinido de participantes), ou até mesmo orquestrar transações financeiras, jurídicas e administrativas complexas que se vinculam organicamente ao documento arquivado mediante execução automática de cláusulas programadas. O documento digital, nesse contexto, deixa radicalmente de ser um objeto passivo de consulta para se tornar um agente ativo e programável dentro de uma rede expandida de práticas sociais, econômicas e administrativas.

Sistemas como IPFS e Arweave, por sua vez, fornecem as condições infraestruturais complementares que asseguram a continuidade operacional dessas práticas automatizadas. A redundância massiva de armazenamento distribuído, a verificação criptográfica contínua de integridade mediante *hashes* imutáveis, e a promessa explícita de armazenamento perpétuo economicamente sustentável (no caso específico do Arweave através de seu modelo de *endowment*) funcionam como equivalentes digitais distribuídos da preservação física tradicional, garantindo que os registros não apenas existam abstratamente, mas possam ser recuperados de forma íntegra, verificável e perene (WILLIAMS, 2018, p. 4-6).

Essa camada infraestrutural de resiliência técnica distribuída sustenta fundamentalmente a praticabilidade tanto dos contratos inteligentes quanto das aplicações descentralizadas que deles derivam e que sobre eles operam. A praticabilidade, nesse sentido conceitual preciso, não constitui uma função externamente aplicada ao sistema, mas um atributo estrutural embutido no próprio protocolo tecnológico.

Diferentemente do arquivo físico tradicional, no qual as práticas arquivísticas dependem estruturalmente da atividade humana contínua de profissionais especializados (arquivistas, conservadores, técnicos), aqui tais práticas são primordialmente automatizadas, codificadas em algoritmos verificáveis e distribuídas através de redes descentralizadas de nós computacionais. Como observa Buterin et al. (2014, p. 15), "o Ethereum permite que agentes totalmente autônomos executem operações complexas sem necessidade de supervisão humana contínua" – característica que redefine radicalmente o que entendemos por "prática arquivística".

Todavia, o papel humano não desaparece completamente, mas se reconfigura qualitativamente: o ecossistema global de desenvolvedores *open-source* que cria, mantém e expande aplicações descentralizadas (dApps) atua como um corpo profissional novo e emergente, responsável por expandir continuamente as formas de mediação cultural, administrativa, técnica e estética que tornam o arquivo digital vivo, utilizável e culturalmente acessível. Essa comunidade distribuída substitui funcionalmente, embora não estruturalmente, o corpo de arquivistas profissionais das instituições tradicionais. Na verdade, esse corpo de arquivistas está se tornando, em parte, esse grupo global de desenvolvedores.

A mediação cultural neste contexto, por sua vez, manifesta-se em experiências que ultrapassam significativamente a dimensão estritamente cognitiva ou informacional da arquivística tradicional. Galerias virtuais de NFT (*Non-Fungible Tokens*), museus digitais imersivos na *permaweb* do Arweave, e espaços interativos tridimensionais baseados em Blockchain configuram modalidades inovadoras de uso arquivístico nas quais o documento não é apenas consultado passivamente, mas ativamente vivenciado, experienciado e apropriado.

Os usos não-cognitivos descritos no modelo teórico do Arquivo Paradigmático por Aldabalde e Cid (2020, p. 19-20) – usos estéticos, emotivos, contemplativos, lúdicos – encontram aqui um campo particularmente fértil de realização prática: o documento digital pode ser experienciado simultaneamente de forma cognitiva (leitura informacional), estética (apreciação formal), econômica (como ativo transacionável), lúdica (em experiências gamificadas) e até mesmo ritual ou cerimonial (em contextos comunitários específicos), ampliando radicalmente a função social do arquivo para além da mera conservação do passado documental, em direção à produção contínua de novas formas de vida cultural e de práticas sociais emergentes.

Contudo, é necessário reconhecer analiticamente limitações significativas. A automação oferecida por contratos inteligentes não substitui completamente dimensões interpretativas, hermenêuticas e contextuais do trabalho arquivístico humano. A classificação conceitual, a descrição contextual rica, a avaliação de significância histórica e a mediação cultural sensível envolvem julgamentos qualitativos que transcendem a lógica algorítmica determinística. Um contrato inteligente pode automatizar a transferência de custódia mediante condições predefinidas, mas não pode avaliar autonomamente a importância histórica emergente de um documento frente a contextos sociais em transformação e nem predefinir suas próprias condições.

Ademais, a praticabilidade em sistemas descentralizados enfrenta desafios técnicos específicos: custos de transação (*gas fees*) em redes como Ethereum podem tornar operações frequentes economicamente proibitivas; a imutabilidade, embora vantajosa para durabilidade, impossibilita correções de erros ou atualizações necessárias; e a complexidade técnica permanece como barreira significativa à adoção ampla. Esses fatores limitam, na prática atual, o grau de praticabilidade desses sistemas quando comparados ao ideal paradigmático teorizado.

Não obstante essas limitações reconhecíveis, a praticabilidade alcançada por meio de infraestruturas descentralizadas programáveis representa avanço qualitativo inegável: práticas que antes exigiam intermediação humana contínua e custosa (autenticação de autoria, registro temporal verificável, transferência certificada de custódia, controle de acesso granular) são agora executadas automaticamente, de forma verificável, transparente e resistente a censura ou manipulação unilateral. Essa automação não busca eliminar práticas arquivísticas humanas essenciais, mas ampliar exponencialmente suas possibilidades operacionais, reduzindo custos transacionais e aumentando a confiabilidade sistêmica através de mecanismos criptográficos matematicamente verificáveis.

3 OBJEÇÕES E RESPOSTAS: A CRÍTICA FILOSÓFICA AO ARQUIVO PARADIGMÁTICO DIGITAL

O percurso analítico até este ponto evidenciou como Blockchain, IPFS e Arweave apresentam correspondência significativa com as propriedades universais do Arquivo Paradigmático – durabilidade, acessibilidade e praticabilidade – conforme teorizado por Aldabalde e Cid (2020). Esses sistemas não apenas oferecem meios técnicos inovadores para preservar documentos digitais em redes distribuídas, mas também instanciam funções arquivísticas que, em contextos tradicionais, dependiam necessariamente de suportes materiais centralizados ou de autoridades institucionais estabelecidas.

Contudo, para que a análise não se limite a uma celebração tecnológica acrítica ou a um entusiasmo determinista, é metodologicamente necessário considerar e responder rigorosamente a objeções filosóficas relevantes que emergem quando se propõe equivalência ou analogia forte entre tais sistemas tecnológicos e o paradigma arquivístico tradicional. A força de um argumento filosófico mede-se não apenas pela coerência interna de suas teses, mas fundamentalmente por sua capacidade de enfrentar e superar objeções substantivas (WILLIAMSON, 2007, p. 3-5).

3.1 OBJEÇÃO DA DEPENDÊNCIA TECNOLÓGICA

Pode-se legitimamente falar em "durabilidade" arquivística genuína quando os registros digitais necessitam continuamente de eletricidade, conectividade à internet, e manutenção constante de hardware computacional? Se comparados a suportes historicamente estáveis como pergaminho medieval (que perdura séculos sem energia externa) ou pedra epigráfica (que resiste milênios), sistemas digitais parecem radicalmente frágeis e efêmeros. A "durabilidade" alegada seria, então, ilusória, dependente de uma cadeia tecnológica vulnerável que pode colapsar por múltiplas razões: obsolescência tecnológica acelerada, interrupção energética prolongada, colapso civilizacional que elimine infraestrutura elétrica global, ou simplesmente desinteresse coletivo futuro pela manutenção dos nós da rede.

Esta objeção, embora intuitivamente atraente, confunde categorialmente dois sentidos distintos de "durabilidade": durabilidade material-substancial versus durabilidade informacional-estrutural. É preciso distinguir filosoficamente entre a permanência de um substrato físico específico e a permanência da informação enquanto padrão abstraível e replicável.

Um documento físico tradicional degrada-se materialmente de forma inexorável: papel acidifica e amarelece, tinta desbota por oxidação, pergaminho resseca e se torna quebradiço. Essa degradação é *constitutiva* de sua materialidade específica. Em contraste, um registro inscrito em Blockchain permanece preservado primordialmente como *informação pura* – como padrão de bits criptograficamente hashado – independentemente de qualquer substrato material particular. A "durabilidade" aqui refere-se à perenidade do padrão informacional, não de um suporte físico único.

A imutabilidade do conteúdo é garantida matematicamente por funções *hash* criptográficas (como SHA-256) que permitem verificação perpétua e automática da integridade dos dados, independentemente do meio físico em que são armazenados momentaneamente. Como explica Nakamoto (2008, p. 2), "qualquer modificação no conteúdo original produzirá um *hash* completamente diferente, tornando a adulteração imediatamente detectável". Essa verificabilidade criptográfica constitui forma de durabilidade qualitativamente distinta da mera resistência física de um material.

Ademais, a objeção subestima a resiliência conferida pela distribuição radical. Enquanto um documento físico único possui um ponto único de falha catastrófica (um incêndio destrói o documento para sempre), um dado em Blockchain com milhares de nós replicados globalmente não possui tal vulnerabilidade localizada. A destruição completa exigiria a eliminação simultânea de todas as cópias distribuídas globalmente – cenário que, embora teoricamente possível em colapso civilizacional total, é pragmaticamente menos provável que a destruição de arquivos físicos centralizados por guerras, revoluções ou desastres naturais localizados, eventos historicamente frequentes.

Quanto à dependência de infraestrutura elétrica e internet, essa é condição contingente de acesso e uso, não de existência informacional. Os dados permanecem *latentes* em discos rígidos mesmo sem energia, recuperáveis quando a infraestrutura for restaurada. Arquivos físicos, analogamente, requerem condições ambientais específicas (temperatura, umidade, ausência de pragas) para preservação, constituindo também dependências de infraestruturais, embora de natureza diferente.

A durabilidade digital não é absoluta no sentido metafísico – nada o é, diante da entropia termodinâmica universal que limita até mesmo estrelas e galáxias. Porém, ela atinge grau pragmaticamente elevado de resiliência distribuída que redefine qualitativamente o possível em termos de preservação documental. O Arquivo Paradigmático, como postulado por Aldabalde e Cid (2020, p. 13), não exige perfeição metafísica impossível (durabilidade infinita), mas "o máximo realizável dentro das leis naturais" e das capacidades tecnológicas disponíveis. Sob esse critério operacional, tecnologias distribuídas aproximam-se significativamente do máximo pragmaticamente alcançável na era digital.

3.2 OBJEÇÃO DA INSTITUCIONALIDADE AUSENTE

Arquivos, tradicionalmente, são garantidos e legitimados por instituições sociais consolidadas – Estados, igrejas, universidades, corporações. Essas instituições proveem não apenas infraestrutura física, mas fundamentalmente autoridade epistêmica, legitimidade social, e continuidade institucional através de gerações. Sem tais instâncias reconhecidas socialmente, pode-se legitimamente perguntar: estamos ainda diante de um "Arquivo" propriamente dito, ou meramente de um sistema de armazenamento tecnológico desprovido de função arquivística genuína? A ausência de uma autoridade central identificável não descaracteriza a própria natureza arquivística da entidade?

Esta objeção fundamenta-se em uma concepção historicamente contingente, e não necessária, de institucionalidade. É possível – e filosoficamente mais rigoroso – compreender "instituição" não exclusivamente como entidade jurídica formal centralizada (arquivo estatal, arquivo universitário), mas mais amplamente como rede estruturada de regras, práticas, legitimidades e expectativas compartilhadas que coordenam comportamento coletivo (SEARLE, 1995, p. 27-29).

Sob essa concepção mais fundamental de institucionalidade, protocolos descentralizados como Bitcoin ou Ethereum, juntamente com as comunidades globais que os sustentam, configuram efetivamente uma forma nova e emergente de instituição – uma "instituição descentralizada distribuída" – ainda que radicalmente distinta das formas convencionais centralizadas. A legitimidade aqui não emana de decreto estatal ou autoridade eclesiástica, mas de consenso algorítmico matematicamente verificável e de incentivos econômicos incorporados transparentemente no protocolo.

Como argumentam Buterin et al. (2014, p. 1), contratos inteligentes em Ethereum funcionam "sem possibilidade de *downtime*, censura, fraude ou interferência de terceiros" precisamente porque a "autoridade" é distribuída através da rede inteira de validadores, não centralizada em agente único potencialmente corrupto ou falível. A "proteção legal" tradicional de arquivos estatais é aqui internalizada e automatizada no próprio código do protocolo: *code is law*, como formula Lessig (2006, p. 5) – o código matemático torna-se literalmente a lei operacional do sistema.

Essa transformação levanta questões ontológicas profundas sobre custódia e autoridade epistêmica. Tradicionalmente, confiamos em arquivos porque confiamos na instituição custodiante (confiamos que o Arquivo Nacional preserva documentos autenticamente, não os adultera). Em Blockchain, a "confiança" é substituída por verificabilidade criptográfica: não precisamos *confiar* em nenhum nó individual da rede, pois podemos *verificar* matematicamente a integridade de qualquer registro (NAKAMOTO, 2008, p. 1). Essa é uma mudança epistemológica fundamental: de confiança institucional para verificação criptográfica distribuída.

Poder-se-ia objetar que isso elimina precisamente a dimensão humana e social essencial à função arquivística. A resposta é que não elimina, mas a desloca e reconfigura. A comunidade de desenvolvedores, de nós validadores, de usuários que mantêm economicamente viável a rede através de taxas de transação – esse ecossistema constitui a "instituição" distribuída. Sua durabilidade não depende da permanência de um Estado particular (que pode colapsar), mas da viabilidade econômica e social contínua de uma rede global descentralizada. Essa pode ser mais resiliente a longo prazo que instituições centralizadas vulneráveis a mudanças políticas localizadas.

3.3 OBJEÇÃO DA ACESSIBILIDADE TÉCNICA VERSUS ACESSIBILIDADE SOCIAL

Embora dados armazenados em Blockchain e IPFS sejam teoricamente "públicos" e universalmente acessíveis, sua leitura e utilização efetiva exigem conhecimento técnico especializado: compreensão de chaves criptográficas, navegadores Web3, carteiras digitais, interfaces de linha de comando. Essa complexidade técnica constitui barreira de acesso mais excludente que barreiras físicas de arquivos tradicionais. Um cidadão comum pode facilmente visitar fisicamente um arquivo público e solicitar documentos mediado por arquivistas; mas esse mesmo cidadão dificilmente conseguirá acessar autonomamente dados em Arweave sem literacia digital avançada. A "acessibilidade" alegada seria, então, ilusória para a maioria da população humana. Isso não contradiz frontalmente o requisito de acessibilidade do Arquivo Paradigmático?

Esta objeção identifica legitimamente uma limitação real e significativa dos sistemas atuais, mas confunde estado tecnológico transitório com limitação essencial permanente. A dificuldade técnica presente é contingente, não necessária, i.e., produto de imaturidade tecnológica, não de impossibilidade estrutural. Historicamente, toda tecnologia informacional passa por uma fase inicial de complexidade técnica antes de alcançar interfaces amigáveis amplas. A navegação na internet via protocolos TCP/IP era inicialmente acessível apenas a especialistas técnicos em universidades; a criação de navegadores gráficos como Mosaic (1993), e posteriormente Chrome, democratizou radicalmente o acesso. De modo análogo, carteiras digitais contemporâneas como MetaMask já abstraem significativamente a complexidade criptográfica subjacente, permitindo que usuários não-técnicos interajam com Blockchain através de interfaces gráficas intuitivas.

Mais fundamentalmente, a objeção ignora que arquivos físicos tradicionais também possuem barreiras de acesso significativas: barreiras geográficas (é preciso viajar fisicamente até o local), barreiras temporais (horários de funcionamento restritos), barreiras burocráticas (processos de credenciamento, protocolos administrativos), e barreiras políticas (restrições jurisdicionais, censura estatal). Um pesquisador brasileiro que necessita consultar documentos no Arquivo Nacional da França enfrenta custos e dificuldades substanciais.

Em contraste, um documento armazenado em Arweave, uma vez que interfaces adequadas existam, pode ser acessado instantaneamente de qualquer ponto do globo, a qualquer hora, sem necessidade de viagem física, credenciamento burocrático ou aprovação administrativa. A barreira técnica atual é progressivamente reduzida pelo desenvolvimento de ferramentas de abstração, enquanto barreiras físicas e geográficas de arquivos tradicionais são estruturalmente inelimináveis.

Ademais, a objeção subestima a dimensão de "acessibilidade programática" que sistemas descentralizados possibilitam. APIs abertas permitem que desenvolvedores criem múltiplas interfaces customizadas para diferentes públicos – interfaces para pesquisadores acadêmicos, para estudantes escolares, para artistas, para público geral. Essa pluralidade de mediações técnicas pode eventualmente tornar o acesso mais democratizado que a mediação única e padronizada de um arquivo físico tradicional.

Reconhece-se, contudo, que a exclusão digital global permanece como desafio social significativo que limita pragmaticamente a acessibilidade efetiva. Mas isso constitui problema social mais amplo (desigualdade no acesso à tecnologia), não falha intrínseca do modelo arquivístico digital. O Arquivo Paradigmático Digital estabelece condições de possibilidade para acessibilidade universal; a realização efetiva dessa potencialidade depende de fatores sociais, educacionais e econômicos externos ao sistema técnico em si.

3.4 Objeção da Autoridade Epistêmica e Curadoria

Uma função essencial de arquivos tradicionais é a curadoria especializada: arquivistas avaliam autenticidade, estabelecem proveniência, contextualizam documentos, identificam falsificações, organizam materiais segundo critérios historicamente informados. Essa expertise humana confere autoridade epistêmica aos arquivos. Em sistemas descentralizados sem autoridade central, quem garante autenticidade? Quem impede proliferação de registros fraudulentos ou enganosos? A ausência de curadoria especializada não torna esses sistemas epistemicamente não-confiáveis como arquivos, mesmo que tecnicamente seguros? Esta objeção toca em uma questão crucial, mas, novamente, confunde funções que podem ser distinguidas analiticamente. É necessário separar três funções epistemicamente distintas: (1) garantia de integridade (documento não foi alterado após registro); (2) verificação de autenticidade originária (documento foi efetivamente produzido por quem afirma tê-lo produzido); (3) avaliação contextual e interpretativa (significado histórico, relações contextuais, valor evidencial).

A Blockchain resolve definitivamente (1): uma vez registrado, um documento não pode ser alterado sem detecção imediata, graças a *hashes* criptográficos encadeados. Essa garantia de integridade é matematicamente mais forte que qualquer garantia institucional humana tradicional (arquivistas, por pressão política ou corrupção, podem alterar documentos; algoritmos matemáticos não podem ser corrompidos).

Quanto a (2), sistemas de identidade descentralizada (DID – *Decentralized Identifiers*) e assinaturas digitais criptográficas permitem verificação robusta de autoria: se um documento é assinado com chave privada de uma entidade conhecida, podemos verificar criptograficamente que foi produzido por detentor dessa chave. Isso não resolve completamente o problema (a chave pode ser roubada), mas oferece nível de verificação comparável ou superior a assinaturas físicas tradicionais (que também podem ser falsificadas).

A função (3), contudo, permanece essencialmente humana e interpretativa. Aqui a objeção tem força genuína: a avaliação de significado histórico, a contextualização rica, o estabelecimento de relações arquivísticas complexas entre documentos – essas dimensões requerem julgamento especializado humano que não pode ser completamente automatizado algoritmicamente. Porém, isso não desqualifica Blockchain como arquivo, apenas indica que o modelo completo deve integrar camadas: uma camada técnica de preservação e verificação (Blockchain/IPFS) com uma camada social de curadoria e interpretação (comunidades de especialistas, instituições acadêmicas, sistemas de reputação distribuída). Arquivos tradicionais também envolvem múltiplas camadas (edifício físico, equipe profissional, políticas institucionais); arquivos digitais distribuídos igualmente envolvem múltiplas camadas complementares.

Ademais, sistemas de reputação descentralizada emergentes (como protocolos de *proof-of-stake* ou tokens de governança) permitem que comunidades estabeleçam consenso sobre autenticidade e valor sem autoridade central única. Embora imperfeitos, esses mecanismos distribuem autoridade epistêmica em vez de centralizá-la, potencialmente reduzindo riscos de censura, manipulação política ou captura institucional que afligem arquivos estatais centralizados.

3.5 OBJEÇÃO DA SUSTENTABILIDADE ECONÔMICA DE LONGO PRAZO

Modelos como o de Arweave, que prometem armazenamento perpétuo mediante um pagamento inicial único, dependem crucialmente de que incentivos econômicos estruturados permaneçam funcionais e sustentáveis ao longo de séculos ou milênios. Mas sistemas econômicos são notoriamente voláteis e imprevisíveis. O que garante que o modelo de *endowment* do Arweave permanecerá viável em 100, 500, ou 1000 anos? Se o sistema econômico colapsar (por hiperinflação de custos de armazenamento, obsolescência tecnológica não prevista, ou mudanças estruturais imprevistas), os dados não se tornarão irrecuperáveis? Essa fragilidade econômica não contradiz a durabilidade alegada?

A objeção identifica risco genuíno, mas esse risco deve ser comparado proporcionalmente com riscos equivalentes em arquivos tradicionais. Sistemas estatais e institucionais tampouco estão livres de precariedade orçamentária ou colapso econômico. Arquivos nacionais dependem cronicamente de orçamentos públicos politicamente contingentes, sujeitos a cortes em crises fiscais, mudanças de prioridade governamental, ou colapso estatal completo.

O modelo de *endowment* criptoeconômico do Arweave representa tentativa inovadora de autossustentabilidade econômica independente de orçamentos estatais voláteis. Williams (2018, p. 8-10) demonstra matematicamente como um pagamento inicial, investido em ativos que geram retorno, pode teoricamente custear armazenamento perpétuo se os custos de armazenamento continuarem declinando conforme Lei de Kryder (custos de armazenamento caem aproximadamente 50% a cada dois anos).

Reconhece-se que essa projeção envolve suposições sobre tendências tecnológicas futuras que podem não se concretizar. Mas arquivos físicos igualmente fazem suposições: que Estados permanecerão estáveis, que orçamentos serão mantidos, que catástrofes naturais não destruirão acervos. Todas instituições humanas envolvem apostas em estabilidade futura que pode não se materializar.

A vantagem comparativa de sistemas descentralizados é a ausência de ponto único de falha: se o Arweave falhar economicamente, os dados permanecem tecnicamente recuperáveis por qualquer entidade disposta a replicá-los (pois são publicamente acessíveis); se um Estado colapsa e abandona seu arquivo nacional, os documentos físicos únicos podem ser permanentemente perdidos.

Ademais, a diversificação de sistemas (Blockchain, IPFS, Arweave, possíveis protocolos futuros) cria redundância que aumenta resiliência coletiva. Não se está propondo dependência exclusiva de um único sistema, mas de um ecossistema diversificado de soluções complementares. Essa diversificação estratégica é análoga à diversificação geográfica de arquivos tradicionais (múltiplas cópias em múltiplas instituições em múltiplos países), mas potencialmente mais robusta por ser protocolar e não institucional.

3.6 SÍNTESE DAS RESPOSTAS

As objeções apresentadas são filosoficamente sérias e apontam limitações reais dos sistemas analisados. Contudo, nenhuma constitui refutação definitiva da tese central: que Blockchain, IPFS e Arweave instanciam, em grau significativo, as propriedades essenciais do Arquivo Paradigmático. As respostas demonstram que:

1. A dependência tecnológica é uma condição contingente de acesso, não de existência informacional, e é compensada por resiliência distributiva;
2. A institucionalidade pode ser descentralizada sem deixar de ser institucional, baseando-se em protocolos matemáticos em vez de autoridades centralizadas;
3. A acessibilidade técnica é uma limitação transitória, e não essencial, progressivamente superada pelo desenvolvimento de interfaces;

4. A curadoria epistêmica humana permanece necessária, mas como uma camada complementar, não substitutiva, da camada técnica de preservação;
 5. A sustentabilidade econômica envolve riscos, mas comparáveis ou menores que os riscos de arquivos tradicionais dependentes de Estados voláteis.
- Essas tecnologias não resolvem todos dilemas da arquivística contemporânea, mas inauguram campo onde materialidade distribuída, institucionalidade descentralizada e automação programável coexistem como possibilidades inovadoras para preservação e acesso documental digital.

CONCLUSÃO

A análise filosófica rigorosa demonstra que Blockchain, IPFS e Arweave não constituem meras metáforas tecnológicas ou analogias superficiais de arquivo, mas representam instâncias materiais efetivas – embora não perfeitas – do Arquivo Paradigmático na esfera digital. Eles instanciam as três propriedades universais identificadas por Aldalbe e Cid (2020) de maneira estrutural profunda e, em dimensões específicas, de forma potencialmente superior aos arquivos tradicionais: a *durabilidade*: alcançada através de redes descentralizadas globalmente distribuídas, consenso criptoeconômico matemático, e imutabilidade criptográfica verificável, oferecendo resistência a fenômenos de degradação material, desastres localizados e interferência humana maliciosa que desafiam até as mais robustas estruturas físicas centralizadas (a durabilidade aqui é informacional e distribuída, não material e localizada). A *acessibilidade*, garantida por criptografia de chave pública assimétrica, por transparência radical em redes públicas, e por acesso programático potencialmente universal, de qualquer ponto geográfico do globo com conectividade à internet, embora enfrente desafios de literacia técnica no presente, sua trajetória de desenvolvimento aponta para interfaces progressivamente mais amigáveis e democratizadas. E a *praticabilidade*, implementada através de contratos inteligentes autoexecutáveis e protocolos abertos programáveis que automatizam e expandem funções arquivísticas tradicionais (autenticação, registro temporal, transferência de custódia, controle de acesso), cria um ecossistema vivo e evolutivo de práticas em torno da custódia, preservação e mediação de dados.

Estes sistemas particulares possuem as propriedades paradigmáticas em grau elevado, embora reconhecidamente não absoluto. Limitações identificadas incluem: dependência de infraestrutura tecnológica elétrica e comunicacional; complexidade técnica que ainda constitui barreira de acesso para populações não-tecnicamente treinadas; custos de transação em certas redes que podem ser proibitivos; impossibilidade de correção de erros após registro devido à imutabilidade; e necessidade de camadas complementares de curadoria humana para funções interpretativas e contextuais.

No entanto, essas limitações devem ser ponderadas contra limitações estruturalmente análogas de arquivos físicos tradicionais: vulnerabilidade a desastres localizados; dependência de orçamentos estatais contingentes; barreiras geográficas, temporais e burocráticas ao acesso; possibilidade de censura ou manipulação política; e deterioração material inevitável dos suportes documentais.

O que emerge desta análise comparativa não é superioridade absoluta de uma forma sobre outra, mas reconhecimento de que diferentes instanciações do Arquivo Paradigmático – físicas e digitais, centralizadas e descentralizadas – possuem perfis distintos de forças e vulnerabilidades. A convergência futura provavelmente envolverá sistemas híbridos que combinam resiliência distributiva de redes descentralizadas com curadoria especializada de instituições tradicionais, maximizando vantagens complementares.

O modelo teórico do Arquivo Paradigmático proposto por Aldabalde e Cid (2020) revela-se notavelmente adaptável e potente para compreender conceitualmente entidades digitais emergentes que, embora radicalmente distintas de arquivos físicos em materialidade e estrutura operacional, compartilham funcionalidade e propósito essenciais. O critério ontológico fundamental não é a materialidade empírica específica, mas a realização das propriedades universais que definem a categoria "Arquivo". Estabelecem-se, assim, novos patamares de referência para o que significa conceber, construir e operar uma instituição arquivística no século XXI. A questão deixa de ser "são esses sistemas realmente arquivos?" para tornar-se "como podemos integrar as potencialidades desses sistemas às práticas arquivísticas consolidadas de forma a maximizar durabilidade, acessibilidade e praticabilidade?".

A agenda de pesquisa futura desdobra-se em múltiplas direções necessárias. Em primeiro lugar, o desenvolvimento de escala de medição, i.e., é necessário criar instrumentos metodológicos rigorosos para calibrar e quantificar o grau das três propriedades paradigmáticas em diferentes redes e protocolos específicos. Isso permitiria comparações sistemáticas entre sistemas (Bitcoin vs. Ethereum vs. Arweave vs. arquivos físicos tradicionais) e identificação das melhores práticas. Tal escala deveria incorporar indicadores objetivos (número de nós replicados, tempo de *uptime*, custos de acesso) e avaliativos (qualidade de interfaces, amplitude de mediação cultural, riqueza de curadoria). Em segundo lugar, devemos investigar modelos híbridos, ao construirmos pesquisas empíricas sobre arquiteturas que integram preservação distribuída descentralizada (camada Blockchain/IPFS) com curadoria institucional tradicional (arquivistas profissionais, políticas de descrição, contextualização histórica). Projetos-piloto de "arquivos aumentados" que combinam garantias criptográficas com expertise humana são essenciais para demonstrar essa viabilidade prática.

As implicações éticas e legais desta nova forma de custódia arquivística – simultaneamente radicalmente aberta (transparente) e intrinsecamente controlada (por matemática, não por autoridades humanas) – exigem também investigação interdisciplinar envolvendo Direito, Ética da Informação, Ciência Política e Filosofia. Questões sobre propriedade intelectual, direito ao esquecimento, responsabilidade por conteúdos preservados perpetuamente, e governança descentralizada de acervos públicos necessitam equacionamento teórico e regulatório.

Acompanhamento de longo prazo de projetos existentes que utilizam essas tecnologias para preservação arquivística (como iniciativas de arquivos de direitos humanos em Blockchain, registros de propriedade fundiária em sistemas distribuídos, arquivos jornalísticos censurados preservados em Arweave) é também essencial. Essas investigações empíricas fornecerão dados sobre resiliência efetiva, custos reais, desafios práticos e soluções emergentes. Além de, é claro, a pesquisa filosófica sobre como verificabilidade criptográfica transforma epistemologicamente a natureza da "confiança" arquivística. Tradicionalmente confiamos em instituições; em sistemas descentralizados, substituímos confiança por verificação matemática. Essa transformação possui implicações profundas para a teoria do conhecimento, a filosofia da tecnologia e os estudos sociais da ciência.

A Blockchain e o registro descentralizado permitem a preservação de contexto e metadados, assim, desenvolvem protocolos para registrar não apenas documentos, mas seus contextos relacionais, históricos e interpretativos de forma igualmente durável e acessível. Smart contracts podem codificar relações arquivísticas (proveniência, ordem original); mas como preservar dimensões narrativas e interpretativas que requerem linguagem natural e julgamento qualitativo?

Para além das contribuições teóricas à Ontologia dos Arquivos e à Arquivologia como disciplina, este trabalho oferece subsídios práticos para agentes do patrimônio documental, gestores de informação, formuladores de políticas públicas, e desenvolvedores de tecnologia. A compreensão rigorosa das propriedades essenciais do Arquivo Paradigmático – sejam instanciadas em edifícios monumentais ou em protocolos criptográficos – permite decisões mais fundamentadas sobre investimentos infraestruturais, escolhas tecnológicas, desenho de políticas de preservação digital, e arquitetura de sistemas informacionais de longo prazo.

Em última análise, a busca pelo Arquivo Paradigmático – pelo arquivo ideal que maximize durabilidade, acessibilidade e praticabilidade – não é tarefa de uma única tecnologia ou instituição, mas de um programa civilizacional contínuo. Cada geração deve reinterpretar e reimplementar essas propriedades essenciais segundo capacidades técnicas, necessidades sociais e valores éticos de seu tempo. Blockchain, IPFS e Arweave representam respostas contemporâneas inovadoras a desafios arquivísticos perenes: como preservar memória coletiva através do tempo? Como garantir acesso equitativo ao patrimônio documental? Como assegurar que práticas de custódia e mediação permaneçam viáveis e eficazes? Essas tecnologias não fornecem soluções definitivas, mas abrem horizontes novos de possibilidades que merecem investigação rigorosa, experimentação cuidadosa e integração crítica às tradições arquivísticas consolidadas.

A transição de arquivos físicos centralizados para ecossistemas informacionais distribuídos híbridos não é inevitável nem isenta de riscos e de perdas. Porém, ignorar essas possibilidades ou rejeitá-las por apego dogmático a formas institucionais históricas seria negligência intelectual e prática. O Arquivo Paradigmático, enquanto ideal regulativo, exige que busquemos sempre a máxima realização possível das propriedades essenciais, independentemente dos meios técnicos ou arranjos institucionais específicos.

Encontramos no domínio digital, especificamente em arquiteturas descentralizadas programáveis, não a superação ou obsolescência dos arquivos tradicionais, mas seus complementos, extensões e, em certas dimensões específicas, seus aprimoramentos. A tarefa que se coloca para Arquivologia contemporânea é articular criticamente essas diferentes instâncias do paradigma arquivístico, reconhecendo tanto suas potencialidades quanto suas limitações, e construindo pontes conceituais e práticas entre mundos que, à primeira vista, parecem radicalmente distintos, mas que, sob análise filosófica rigorosa, revelam-se manifestações diversas de uma mesma função civilizacional essencial: a preservação verificável, o acesso mediado e a transmissão durável da memória coletiva humana através das eras.

REFERÊNCIAS

ALCAIDE, A. Rehabilitación y ampliación del Archivo de Indias. In: ALBAJAR, M. (Org.). La Casa Lonja de Sevilla: una casa de ricos tesoros. Archivo General de Indias, 2005. p. 63-77.

ALDABALDE, T. V.; CID, R. L. Arquivo Paradigmático: uma reflexão sobre as propriedades universais das Instituições Arquivísticas a partir do Arquivo Geral das Índias. *Brazilian Journal of Information Studies: Research Trends*, v. 14, n. 4, p. e020010, 2020. DOI: 10.36311/1940-1640.2020.v14n4.9987.

APARAC-JELUŠIĆ, T. The Convergence Paradigm as the Basis for the Design of New Programs in the Field of the Information Sciences. In: ARNS, J. (Ed.). *Annual Review of Cultural Heritage Informatics*. Rowman & Littlefield, 2016. p. 42-68.

ARAÚJO, C. A. A. Ciência da Informação, Biblioteconomia, Arquivologia e Museologia: relações institucionais e teóricas. *Encontros Bibli: Revista Eletrônica de Biblioteconomia e Ciência da Informação*, Florianópolis, v. 16, n. 31, p. 110-130, 2011. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/eb/article/viewFile/1518-2924.2011v16n31p110/17765>. Acesso em: 1 jul. 2020.

BECK, I. Recomendações para construção de Arquivos. Câmara Técnica de Conservação de Documentos do Conselho Nacional de Arquivos, 2000. Disponível em: http://conarq.gov.br/images/publicacoes_textos/recomendaes_para_construo_de_arquivos.pdf. Acesso em: 1 jul. 2020.

BECK, I. O ensino da preservação documental nos cursos de arquivologia e biblioteconomia: perspectivas para formar um novo profissional. 2006. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Fluminense em convênio com o Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia, Rio de Janeiro, 2006.

BELLOTTO, H. L. Arquivística: objetos, princípios e rumos. Associação de Arquivistas de São Paulo, 2002.

BENET, J. IPFS - Content Addressed, Versioned, P2P File System, 2014. Disponível em: <https://ipfs.io/ipfs/QmR7GSQM93Cx5eAg6a6yRzNde1FQv7uL6X1o4k7zrJa3LX/ipfs.draft3.pdf>. Acesso em: 15 out. 2023.

BOTHE, A. Meeting Survivors Online: Negotiating Memory in the Virtual In-Between. USC Shoah Foundation, 2016. Disponível em: <https://sfi.usc.edu/events/meeting-survivors-online-negotiating-memory-%E2%80%9Cvirtual-between%E2%80%9D>. Acesso em: 7 abr. 2020.

BUTERIN, V. et al. A Next-Generation Smart Contract and Decentralized Application Platform (Ethereum Whitepaper), 2014. Disponível em: <https://ethereum.org/en/whitepaper/>. Acesso em: 15 out. 2023.

CARLIN, D.; VAUGHAN, L. *Performing Digital: Multiple Perspectives on a Living Archive*. Routledge, 2016.

COOK, T. What is past is prologue: A history of archival ideas since 1898, and the future paradigm shift. *Archivaria*, n. 43, p. 17-63, 1997.

COUTURE, C. et al. *Les fonctions de l'archivistique contemporaine*. Presses de l'Université du Québec, 2011.

DERRIDA, J. *Mal d'archive: une impression freudienne*. Paris: Éditions Galilée, 1995.

FIGUEIREDO, R. A. Uma caracterização das noções de particulares e universais. 2017. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2017.

FLORIDI, L. *The Fourth Revolution: How the Infosphere is Reshaping Human Reality*. Oxford: Oxford University Press, 2014.

GONZALVO, A.; GONZALVO, F. Archivo General de Indias de Sevilla: bóvedas en escalera principal. Original datiloscrito, 1977.

GRACY, D. et al. Where Function Meets Form: Observations And Thoughts On Housing For The Archival Enterprise. Provenance: Journal of the Society of Georgia Archivists, v. 18, n. 1, p. 105-154, 2000. Disponível em: <https://digitalcommons.kennesaw.edu/provenance/vol18/iss1/9/>. Acesso em: 8 jan. 2020.

HEDSTROM, M. Digital preservation: a time bomb for digital libraries. Computers and the Humanities, v. 31, n. 3, p. 189-202, 1998. DOI: 10.1023/A:1000676723815.

HEREDIA HERRERA, A. Gestión de documentos y administración de archivos. Revista Códice, v. 4, n. 2, p. 43-50, jul./dez. 2008.

LESSIG, L. Code: Version 2.0. New York: Basic Books, 2006.

MENESES, U. T. B. O campo do patrimônio cultural: uma revisão de premissas. In: Anais do Fórum nacional de patrimônio cultural. Iphan, 2010. Disponível em: <https://bit.ly/2pAsqTX>. Acesso em: 7 jan. 2020.

NAKAMOTO, S. Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System, 2008. Disponível em: <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf>. Acesso em: 15 out. 2023.

ROSA, M. L. (Org.). Arquivos de família, séculos XIII-XX: que presente, que futuro? Instituto de Estudos Medievais, 2012.

SEARLE, J. R. The Construction of Social Reality. New York: Free Press, 1995.

TRANT, J. Emerging Convergence? Thoughts on museums, archives, libraries and professional training. Museum Management and Curatorship, v. 24, n. 4, p. 369-386, 2009.

VALENTI, F. Nozione di base per un'Archivistica come euristica delle fonti documentarie. Ministero per i Beni e le Attività Culturali Ufficio centrale per i Beni Archivistici, pubblicazioni degli Archivi di Stato n. 57, 2000.

VENÂNCIO, R. P. Ser e não ser: as relações históricas entre arquivologia e ciência da informação. Brazilian Journal of Information Science: Research Trends, v. 11, n. 4, p. 23-32, 2017.

WILLIAMS, S. Arweave: A Protocol for Economically Sustainable Information Permanence, 2018. Disponível em: <https://www.arweave.org/whitepaper.pdf>. Acesso em: 15 out. 2023.

WILLIAMSON, T. The Philosophy of Philosophy. Oxford: Blackwell Publishing, 2007.