

O papel da tecnologia *blockchain* e do conceito de redes P2P na descentralização de acervos de Arte: uma introdução ao desafio

Tadeus Mucelli

Universidade Federal de Minas Gerais, Programa de Pós-graduação em Ciência da
Informação,
Belo Horizonte, MG, Brasil

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8215-0533>
tadeus.mucelli@gmail.com

Maria Aparecida Moura

Universidade Federal de Minas Gerais, Programa de Pós-graduação em Ciência da
Informação,
Belo Horizonte, MG, Brasil

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2670-923X>
mamoura@eci.ufmg.br

DOI: <https://doi.org/10.26512/rici.v17.n1.2024.50858>

ARTIGOS

Recebido/Recibido/Received: 2023-09-18

Aceitado/Aceptado/Accepted: 2023-11-27

Publicado/Publicado/Published: 2024-03-27

Resumo

Este artigo deriva da pesquisa de tese de doutorado que busca compreender os modos, processos, regimes e usos da informação na implementação, organização e recuperação de arquivos de arte e patrimônio digital por meio de agentes autônomos aprendizado de máquina e uso de novas tecnologias como *Blockchain* com base em modelos teóricos científicos transdisciplinares no campo da ciência da informação em interface com as humanidades digitais. Oferece uma revisão atual dessas tecnologias e problematiza a centralização dos sistemas de acervos e coleções na sociedade pós-digital. O estudo conclui apresentando potenciais aplicações destas tecnologias para a descentralização desses sistemas a longo prazo.

Palavras-chave: Acervos. Coleções. *Blockchain*. Descentralização. Informação.

The use of *blockchain* technology and the concept of peer-to-peer networks in the decentralization of art archives: an introduction to the challenge

Abstract

This paper derives from doctoral thesis research that seeks to understand the ways, processes, regimes and uses of information in the implementation, organization and retrieval of art archives and digital heritage through autonomous machine learning agents and the use of new technologies such as *Blockchain* based on transdisciplinary scientific theoretical models in the field of information science interfacing with digital humanities. It offers a current review of these technologies and problematizes the centralization of collections systems in a post-digital society. The study concludes by presenting potential applications of these technologies for the long-term decentralization of these systems.

Keywords: Archive. Collections. *Blockchain*. Decentralization. Information.

El papel de la tecnología *blockchain* y el concepto de redes P2P en la descentralización de arte:

Resumen

Este artículo deriva de una investigación de tesis doctoral que busca comprender los modos, procesos, regímenes y usos de la información en la implementación, organización y recuperación de archivos de arte y patrimonio digital a través de agentes autónomos, aprendizaje automático y el uso de nuevas tecnologías como *Blockchain* a partir de modelos teóricos científicos transdisciplinarios en el ámbito de las ciencias de la información en interfaz con las humanidades digitales. Ofrece una revisión actual de estas tecnologías y problematiza la centralización de los sistemas de colecciones en una sociedad post-digital. El estudio concluye presentando aplicaciones potenciales de estas tecnologías para la descentralización a largo plazo de estos sistemas.

Palabras clave: Archivos. Colecciones. *Blockchain*. Descentralización. Información.

1. Introdução

Este artigo visa refletir sobre a emergência e aplicação de redes ponto a ponto (P2P) e *blockchain* na ciência da informação, especialmente na descentralização de acervos de arte digitais ou em transição para o digital. Explorando os princípios centrais dessas tecnologias, propomos novas práticas e regimes para a gestão e dinamização de coleções de arte.

A cultura digital, consolidada ao longo das décadas, engloba uma vasta gama de costumes da sociedade contemporânea, entre eles o uso de plataformas digitais, e uso de dados como mediação da vida contemporânea, além da multiplicação de produção e uso de imagens como informação. Tecnologias como a fotografia e a prensa revolucionaram a arte e a literatura, facilitando a reprodução e distinguindo originais. Estes avanços, estudados sob perspectivas semióticas, culturais e sociais, influenciaram comportamentos individuais e dinâmicas socioeconômicas no contexto capitalista.

A emergência da computação transformou não apenas a resolução de problemas matemáticos, mas também catalisou avanços em diversas áreas científicas. Esta evolução acelerou a produção de conhecimento técnico e humano em um ritmo sem precedentes.

As tecnologias de informação e comunicação (TICs) evoluíram significativamente com a consolidação da internet nas últimas três décadas. A tecnologia *peer-to-peer* (P2P) representa uma rede descentralizada que permite o compartilhamento de recursos e facilita a troca de informações. Enquanto a arquitetura P2P não substitui completamente o modelo cliente/servidor da web2.0, dominado por gigantes como Google e Meta, sua abordagem híbrida oferece eficiência, economia e potencial para inovações futuras.

Na interseção da arte e cultura, a evolução na manipulação de imagens, sejam estáticas ou em movimento, é notável. A forma como percebemos e representamos nossa realidade é fortemente influenciada pelos avanços da indústria de software e computação (Manovich, 2013). Este impacto se estende à produção, disseminação e representação semiótica da informação, demonstrando seu poder sócio-político.

Além da aparência visual, imagens disponíveis em ambientes digitais carregam uma riqueza de informações, seja nos metadados ou na potência das representações simbólicas e políticas. Nesse sentido, é crucial reconhecer que as imagens, em nossa sociedade contemporânea, são mais do que meras representações visuais; elas contêm dados e informações que refletem seu contexto, origem e implicações socioeconômicas.

A cultura digital é fundamentada em dois pilares: imagem e informação, ambas moldadas pelas capacidades e implicações das tecnologias atuais. (Capurro; Hjørland, 2003). As cópias, seja em forma de imagens, textos ou NTFs contemporâneos, são uma constante na cultura digital, e sua prevalência é influenciada por fatores industriais e sociais (Turkle, 2011). Na era digital, as cópias requerem distinção e certificação, uma evolução que passa a ser discutida com a introdução da *blockchain*. No entanto, não há, ainda, um consenso universal sobre o modelo industrial digital, onde inovação, velocidade e escalabilidade prevalecem. Especialmente no domínio dos desenvolvedores, onde a inovação é frequentemente vista como uma "melhor cópia" (McConnell, 2004).

Nesse contexto, destacam-se dois modos produtivos: imagem e informação, ambos potencializados por tecnologias que facilitam sua criação, produção e disseminação.

2. P2P como conceito de rede descentralizada

A tecnologia P2P (*peer-to-peer*) originou-se em laboratórios universitários na década de 1990. Seu crescimento e popularização ocorreram nos anos 2000, impulsionados pela expansão da banda larga e pela emergência da internet 1.0. Protocolos como BitTorrent e redes como Napster, precursores de modelos modernos de streaming como o Spotify, destacaram-se nessa era, permitindo aos usuários compartilharem arquivos diretamente, sem a necessidade de servidores centralizados. Este modelo descentralizado otimizou a distribuição e o compartilhamento de conteúdo.

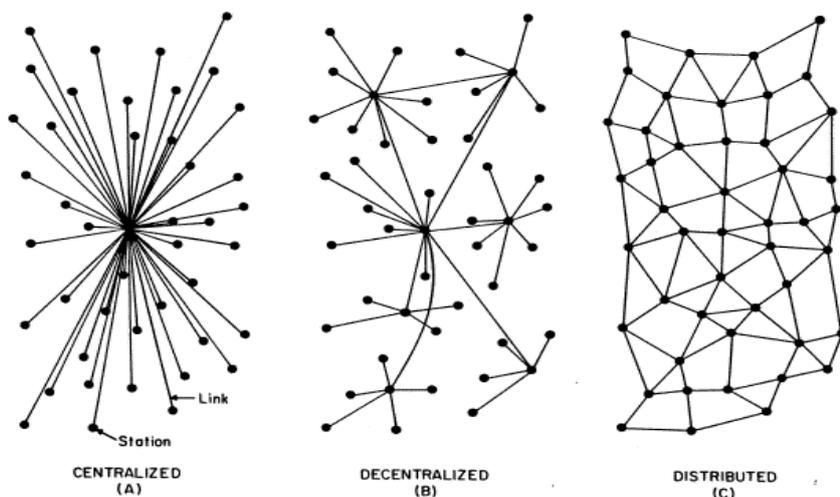
A eficiência do P2P está ligada a fatores como georreferenciamento, capacidade de rede e quantidade de usuários com partes de cópias de arquivos. Embora promissor, o P2P enfrentou desafios iniciais *relacionados* à infraestrutura de rede e qualidade dos equipamentos.

O avanço da criptografia e o crescimento global da conectividade tornaram a tecnologia P2P mais viável atualmente embora ainda haja aprendizados técnicos, políticos, econômicos e jurídicos a serem explorados. No que se refere à distribuição, as redes P2P desafiaram modelos centralizados adotados nas indústrias fonográfica, editorial e cinematográfica e promoveu maior autonomia aos usuários. Contudo, isso ampliou e diversificou os debates sobre direitos autorais e os desafios legais desse modelo de negócio no contexto digital.

O impacto foi significativo, a tecnologia P2P revolucionou a forma como as pessoas compartilham informações e recursos na internet, possibilitando a distribuição descentralizada e colaborativa de conteúdos, e criou um novo paradigma de troca de informações e recursos digitais ao impulsionar não apenas tais trocas, mas também ao proporcionar, a outros setores novos desenvolvimentos como a tecnologia *blockchain*, que também adota uma abordagem descentralizada. (Kini, 2006).

Peer-to-peer (P2P) é uma forma de rede descentralizada que se baseia no compartilhamento de recursos, poder de processamento, espaço em disco e dados disponíveis entre os participantes da rede para facilitar a troca de informações e o gerenciamento do conhecimento. Embora não substitua completamente a arquitetura cliente/servidor como acessamos hoje a internet em seu modelo participativo web2.0, que tem a Google e Meta como empresas de monopólio do setor, a abordagem híbrida P2P-cliente/servidor tem se mostrado mais eficiente, econômica e com possibilidade de desdobramento em novas tecnologias. (Saroiu; Gummadi; Gribble, 2002; Leibowitz & Manor, 2004).

Figura 1 - Diagramas das Redes de Paul Baran.



Fonte: Baran (1964)

Dentre as premissas;

Tabela 1 - Modelos

Modelo centralizado	Modelo P2P
Servidor Central - Há um servidor central responsável pela coordenação e distribuição de recursos. Por exemplo, no Napster, um servidor central mantinha o diretório de arquivos e fornecia detalhes sobre eles.	Ausência de Servidor Central- Não há servidor central intermediando conexões entre nós. Os usuários se conectam diretamente uns aos outros, como visto nas redes BitTorrent.

Limitações de Acesso: Dependendo do propósito, pode haver restrições ao acesso a dados sensíveis, garantindo a proteção de informações confidenciais dos usuários.	Descentralização de Dados: Os dados são descentralizados o que , permite o acesso e o compartilhamento entre usuários sem a gestão de uma grande entidade. Os usuários coletivamente gerenciam as trocas.
Processamento Centralizado: A força computacional está concentrada em data centers proprietários, o que pode resultar em condições de acesso específicas ou censura. Os usuários dependem inteiramente deste servidor central.	Processamento Distribuído: As tarefas são coordenadas entre cliente e servidor, com o último gerenciando a coordenação.

Fonte: Dados da pesquisa.

O conceito de computação distribuída tem sido explorado pela indústria desde os anos 1990, com empresas como Boeing e a Intel liderando o caminho. A Intel, por exemplo, já estava conectando 10.000 computadores para potencializar o processamento de dados nessa época. No entanto, apesar das vantagens, o advento da banda larga, os avanços nos chips e o crescimento das Big Techs levaram a uma predominância de datacenters centralizados, impulsionados por imperativos empresariais e geopolíticos. (Kini, 2006)

A trajetória da cultura digital na sociedade destaca as redes descentralizadas e centralizadas como pilares fundamentais da construção simbólica, política, cultural e social. Esta perspectiva nos leva a enxergar além de simples escolhas tecnológicas; estamos abordando formas intrincadas de organização social. Assim, dentro do campo das humanidades digitais, uma abordagem multidisciplinar é essencial. Não tratamos apenas de tecnologia, mas de um "corpo social tecnológico". (Castells, 2005)

Nesse contexto, é crucial considerar o P2P não apenas tecnicamente, mas também sociologicamente. Enquanto a adoção de redes centralizadas atendia a certas necessidades legais, políticas e econômicas, ela também levou a desafios emergentes como vazamentos de dados, vigilância digital e crimes cibernéticos. Recentemente, essas questões se agravaram com eventos como manipulação de eleições e desinformação (Mayer, 2018).

Embora existam diferenças entre redes centralizadas e descentralizadas, a estrutura subjacente é semelhante. Assim, ao aplicar conceitos como isomorfismo, reconhecemos que esses objetos de estudo correspondem entre si, enfatizando a necessidade de abordar a tecnologia P2P no contexto societal.

Enquanto o P2P promove uma construção colaborativa e democrática, as redes centralizadas, apesar de suas reivindicações de beneficiar a sociedade, muitas vezes fazem isso

sob condições que exigem um alto custo dos participantes, como a entrega de seus dados pessoais (Kostakis, Bauwens, 2014)

O P2P, em sua essência, antecede a internet comercial, sendo fortalecido pela introdução de conexões rápidas e de alta capacidade. O seu caráter coletivo e colaborativo pavimentou o desenvolvimento da indústria digital atual. No entanto, no cenário político-econômico, o P2P foi utilizado para servir a uma ordem estabelecida, canalizando o caráter coletivo natural do desenvolvimento social para atender a interesses privatistas. Este ordenamento conduziu a uma centralização da informação e imagem, controladas por entidades globais que se beneficiam da vigilância e monetização de dados.

O P2P pode ser compreendido por diversas abordagens, seja através da lente do desenvolvimento coletivo da inteligência, estudos cognitivos, ou da cooperação intrínseca entre produtores e consumidores. Essas abordagens se entrelaçam com perspectivas antropológicas e sociológicas contemporâneas. como a essência descentralizadora que emerge de evoluções na cultura do software e na infraestrutura tecnológica. Ela sugere a transição para um corpo social tecnológico, onde a descentralização pode desafiar a dominância de entidades centralizadoras, potencialmente abrindo caminho para uma sociedade baseada em "bens comuns" e uma resistência ao controle das Big Techs no colapso da centralidade sobre a operação maquínica da sociedade e manutenção de governos globais tecnológicos.

3. A tecnologia *Blockchain*: Do bitcoin aos contratos inteligentes em multirredes

A criptografia, uma disciplina com profunda história, tem sido fundamental para a proteção de informações desde os tempos dos antigos egípcios, que utilizavam hieróglifos para salvar mensagens. Evoluindo através dos tempos, os espartanos, por volta de 400 a. C., empregavam um sistema de substituição usando diferentes alfabetos para codificar mensagens. Estes métodos antigos pavimentaram o caminho para sistemas criptográficos mais complexos, como o código Enigma da Segunda Guerra Mundial (Ordonez, Pereira, Chiaramonte, 2005).

A evolução da criptografia numérica começou no século IX com Al-Kindi (Abutaha *et al.*, 2011), que utilizou números para substituir letras nas mensagens. Durante a Segunda Guerra Mundial, a máquina Enigma dos militares alemães criptografava comunicações, e sua decodificação, liderada por matemáticos como Alan Turing, foi um marco para a computação. Hoje, a criptografia é essencial em áreas como segurança de redes e transações financeiras, e é um pilar fundamental para o desenvolvimento da tecnologia *Blockchain*, impulsionado pela evolução da programação e dos sistemas complexos.

A tecnologia *blockchain* é estruturada com dados distribuídos em vários nós de rede, existindo modelos permissionados e não permissionados. Existem também *Blockchains*

públicas, privadas e híbridas: as públicas são descentralizadas, as privadas são centralizadas com um "guardião" controlando a rede, e as híbridas podem alternar entre serem permissionadas ou não. Do nosso ponto de vista, a *Blockchain* precisa ser descentralizada e pública no contexto dos bens comuns como é o caso de coleções e acervos, ou que estejam fora do controle majoritário de um ator específico. A *Blockchain* é frequentemente ilustrada como um registro que documenta e compartilha eventos ou transações entre várias partes. Alegoricamente, cada transação é representada em termos contábeis e matemáticos por um livro razão (*Ledger*), que cataloga entradas e saídas (*inputs e outputs*). Cada transação nesse "livro aberto" pode ser rigorosamente verificada, e uma vez registrada, não pode ser alterada sem o consentimento das partes envolvidas. Assim, na essência da tecnologia *Blockchain*, trabalhamos com os seguintes princípios e características fundamentais (Panda et al., 2021):

- **Criptografia Forte:** A *Blockchain* utiliza criptografia avançada para assegurar que as transações sejam protegidas. Isso implica que reverter tais transações seria tanto tecnicamente desafiador quanto economicamente inviável.
- **Descentralização:** Ao ser descentralizada, a *Blockchain* elimina pontos únicos de vulnerabilidade, tornando-se resiliente a ataques mal-intencionados.
- **Mecanismo de Consenso Distribuído:** Esse mecanismo assegura que todos os participantes da rede concordem com seu estado atual. Simplificando, cada nó tem uma cópia consistente dos dados.
- **Imutabilidade:** Blocos, uma vez adicionados à *Blockchain*, não podem ser modificados ou removidos arbitrariamente. Esse recurso confere confiança e integridade ao histórico das transações.
- **Transparência:** A natureza aberta da *Blockchain* permite que todas as transações sejam visíveis para todos os seus usuários por meio de exploradores de blocos, funcionando como um registro público. Esta característica reforça a integridade e ajuda a coibir fraudes.
- **Escalabilidade:** A tecnologia deve ser capaz de adaptar-se ao aumento de transações e usuários, garantindo que possa crescer conforme a adesão à tecnologia se expande, similar ao que discutimos anteriormente sobre o P2P.

A tecnologia *blockchain* é fundamentada em uma estrutura complexa, cujo entendimento, mesmo em termos simplificados, é crucial para a compreensão de seu funcionamento. Nesse sentido, um bloco na *blockchain* é composto por duas partes principais: o cabeçalho e os detalhes da transação associados a esse bloco.

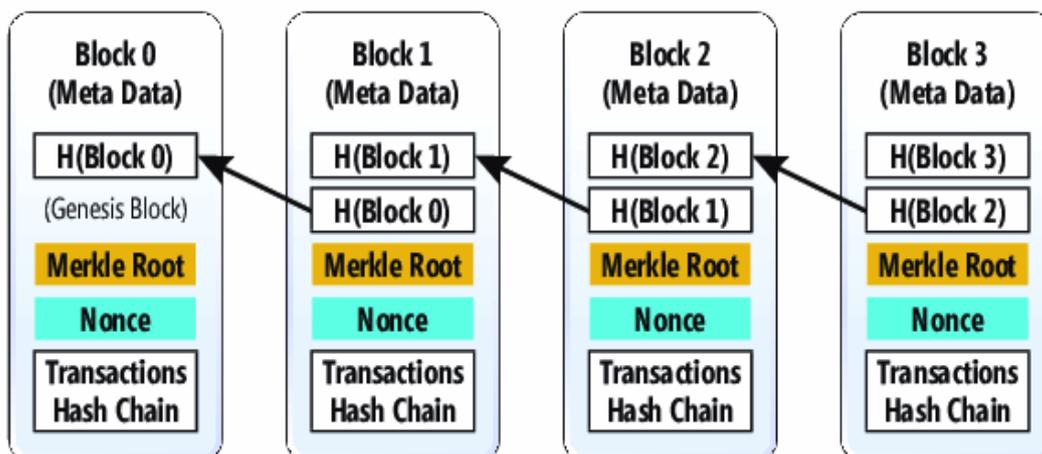
O cabeçalho abriga informações meta do bloco e inclui, entre outros, o *hash* do bloco anterior. Este *hash* é vital para manter a integridade da cadeia, pois serve como uma ligação entre o bloco atual e seu antecessor. A geração deste *hash* é um processo matemático complexo. Em essência, a *hash* é uma função matemática garantidora da integridade dos dados, sendo um produto da solução de um desafio matemático e computacional proposto à rede. Apenas quando este desafio é resolvido, o bloco é considerado válido e a *hash* é gerada para

conectar o bloco atual ao anterior. Qualquer modificação é acusada pela produção de uma *hash* diferente da esperada, protegendo os dados do bloco e sua criptografia.

Além disso, o cabeçalho contém metadados relacionados ao processo de mineração, como o *Timestamp* (marca temporal indicando quando o bloco foi criado), dificuldade (que indica quão complexo é o problema matemático a ser resolvido) e *nonce* (um número aleatório que é usado no processo de mineração para encontrar a solução do problema matemático).

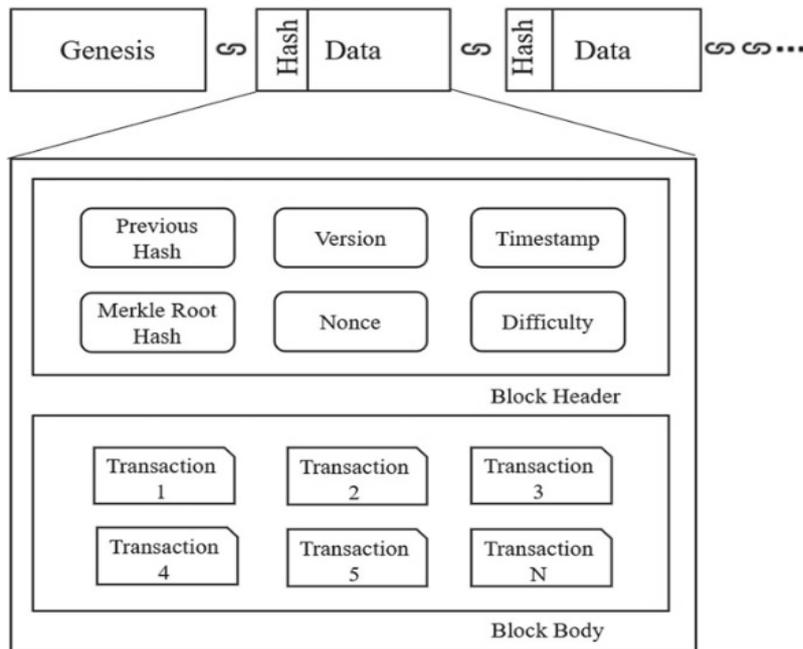
O processo de mineração, por sua vez, é realizado pelos nós da rede *blockchain*. Estes computadores trabalham em conjunto, de forma descentralizada, para validar e registrar transações na *blockchain*, assegurando a integridade e segurança dos dados.

Figura 2 - Sequenciamento de blocos na cadeia *Blockchain*.



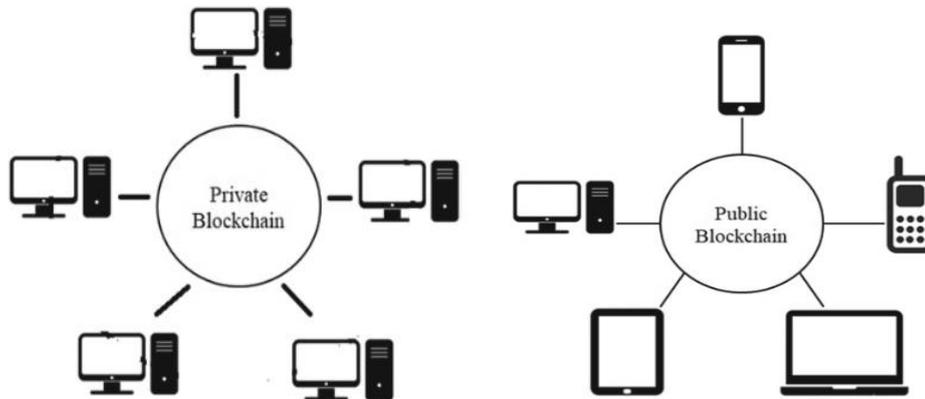
Fonte: Learn.microsoft.com

Figura 3 - Estrutura de blocos.



Fonte: PANDA, Sandeep Kumar *et al.* (ed.). *Blockchain technology: applications and challenges*.

Figura 4 -Blockchain Privada e Pública.



Fonte: PANDA, Sandeep Kumar *et al.*(ed.). *Blockchain technology: applications and challenges*.

Nos últimos anos, a tecnologia *blockchain* evoluiu de um mecanismo de segurança de dados, utilizado principalmente em criptografia de senhas e proteção de bancos de dados, para uma inovadora solução que impulsiona a transformação em diversos setores da indústria. Hoje, a *blockchain* garante a rastreabilidade de produtos, certifica a qualidade de serviços, viabiliza criptomoedas como o Bitcoin, facilita contratos inteligentes e até mesmo estabelece identidades digitais em uma nova era da internet.

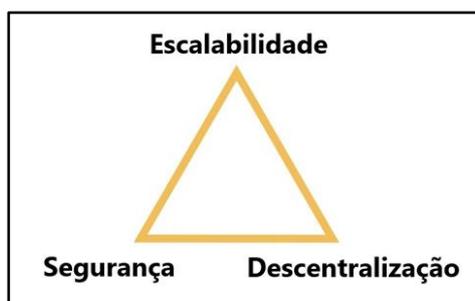
O Bitcoin, introduzido em 2008, é a *blockchain* mais reconhecida e estabeleceu padrões para outras que surgiram posteriormente. Foi a pioneira, caracterizada por ser uma moeda digital descentralizada que dispensa intermediários, como bancos. Para superar questões de confiança, o Bitcoin incorporou modelos de consenso robustos, garantindo a autenticidade e integridade das transações. No entanto, seu foco primordial estava no setor financeiro.

A segunda geração, personificada pelo Ethereum, introduziu os contratos inteligentes (*Smartcontracts*). Estes são aplicativos descentralizados que, ao serem executados, garantem que os acordos estabelecidos sejam cumpridos à risca, eliminando a necessidade de confiança nas contrapartes. Isso expandiu o escopo do *blockchain* para além das meras transações financeiras (Sharma et al., 2023).

Em contrapartida, o Hyper Ledger apresentou um *blockchain* permissionado, focado no uso corporativo. Embora ofereça modularidade e versatilidade, não se alinha com a premissa deste artigo, que prioriza *blockchains* descentralizadas e sem permissões.

A terceira geração busca aprimorar o desempenho, resolvendo desafios de escalabilidade e velocidade. Contudo, é essencial entender o "trilema da *blockchain*", uma tríade de desafios que envolve equilibrar descentralização, segurança e escalabilidade. Em essência, a busca é por um sistema que seja amplamente distribuído, seguro e capaz de processar um grande volume de transações rapidamente.

Figura 5 - Trilema da *Blockchain*.



Fonte: Própria – Ilustração

Descentralização, segurança e escalabilidade são três pilares fundamentais que definem o sucesso e a eficiência de uma *blockchain*. Nesse âmbito, refere-se à distribuição de controle e poder em toda a rede *blockchain*. Em vez de centralizar a autoridade em um único ponto, a tomada de decisões e a validação são distribuídas entre todos os participantes. Isso fortalece a rede contra ataques e censura, garantindo autonomia e confiabilidade aos usuários.

A segurança é a proteção dos dados armazenados na *blockchain*. Através da criptografia avançada e mecanismos de consenso rigorosos, a integridade e a confidencialidade das

transações são preservadas. Além disso, uma vez inseridos, os registros são imutáveis, o que significa que não podem ser alterados retroativamente.

A escalabilidade refere-se à capacidade da rede de processar um volume crescente de transações de maneira eficiente. Uma *blockchain* ideal deveria ser capaz de lidar com milhares, senão milhões, de transações por segundo para atender às demandas de uma economia global.

O aperfeiçoamento de uma dessas propriedades muitas vezes compromete as outras. Por exemplo, maximizar a descentralização pode diminuir a escalabilidade, já que alcançar o consenso entre um grande número de participantes pode retardar a rede. Da mesma forma, tentativas de aumentar a escalabilidade podem introduzir vulnerabilidades, comprometendo a segurança. Esse trilema representa um dos desafios mais persistentes no desenvolvimento de *blockchains*. Encontrar um equilíbrio entre esses três pilares é crucial para o avanço e adoção generalizada da tecnologia *blockchain*.

A combinação de inteligência artificial com a tecnologia *blockchain* tem pavimentado o caminho para o que poderia ser chamado de "quarta geração de *blockchains*". No entanto, em termos do trilema entre descentralização, segurança e escalabilidade, ainda não é claro como essa nova geração se manifestará concretamente. O que se pode afirmar é que, até menos de uma década atrás, as *blockchains* e protocolos que operavam nelas eram isolados uns dos outros, sem interoperabilidade. Eles se tornaram "ilhas de desenvolvimento", cada um focado em aplicações específicas, como é o caso do Bitcoin, que se concentra na transação financeira de uma moeda digital. Atualmente, vemos o surgimento de redes descentralizadas baseadas na tecnologia *blockchain*, conhecidas como "multiredes" (*multichains*), que são interoperáveis por meio de "pontes" (*bridges*) ou que são intrinsecamente multiredes cruzadas (*crosschains*), permitindo soluções de contratos inteligentes e transações em várias *blockchains*. Essa evolução expande significativamente o potencial de aplicações e usos da tecnologia *blockchain*. Isso é particularmente relevante para o foco deste artigo, que examina a troca de bens culturais na era digital e pós-digital, onde a arte digital, como signo de valor tangível e intangível, assume um papel central.

Em síntese, a tecnologia *blockchain* passou por várias fases de evolução, desde a descentralização das transações financeiras até a expansão para contratos inteligentes, adaptações corporativas e, mais recentemente, a interoperabilidade entre redes descentralizadas.

4. Dados, acervos e coleções: a problemática do ator central

As tecnologias P2P e *Blockchain* surgem como alternativas descentralizadas em contraste com a web 2.0. Ao usarmos plataformas digitais, muitas vezes cedemos nossos dados,

aceitando implicitamente um "contrato social" que sacrifica a privacidade em troca de conveniência. Esta cessão pode expor os usuários a riscos, desde a manipulação por algoritmos até violações de privacidade. Adicionalmente, decisões empresariais baseadas em análises superficiais de dados complexos podem ser enganosas, não refletindo a realidade completa e diversa da vasta gama de usuários da rede.

A perspectiva abordada até aqui, retrata um modelo de internet baseado na cessão indiscriminada de dados e o controle por um número de empresas bastante limitado sobre a produção humana em seu melhor estado; volume, diversidade, velocidade e de maneira semi-voluntária com baixo custo, ou seja, aceitam-se os termos sem plena consciência de suas consequências no longo prazo. Em outras palavras, qualquer serviço de tecnologias digitais, como produção de texto, vídeos, pesquisa, cálculos e etc., são capazes de angariar um enorme número de usuários. Até agora, discutimos a realidade da internet dominada por um grupo significativo de grandes empresas que coletam, processam e controlam a produção digital humana. Esta centralização, muitas vezes aceita de forma acrítica pelos usuários, dá a essas empresas um poder inigualável sobre as tendências e comportamentos. Embora a digitalização de acervos esteja progredindo globalmente, a América do Sul e, em particular, o Brasil, enfrentam desafios significativos nesta área. Nos últimos 30 anos, estudos têm destacado as dificuldades, que variam desde a falta de financiamento contínuo até a ausência de políticas robustas de preservação. Adicionalmente, a região enfrenta dilemas quanto à escolha entre tecnologias abertas e proprietárias e a necessidade de capacitar profissionais para lidar com padrões emergentes na preservação digital (Mucelli, 2017).

O Brasil enfrenta desafios significativos na digitalização, particularmente no domínio da arte tecnológica digital, frequentemente ofuscada por formas artísticas mais tradicionais. Muitas instituições, como museus, arquivos e bibliotecas, carecem de equipes especializadas para digitalizar e gerir seus acervos. Esta situação é exacerbada em ambientes não formais, como festivais de arte e cultura digital, que, apesar de possuírem vastos acervos, não têm uma visão clara de sua responsabilidade na preservação e disseminação do conhecimento (Magalhães; Beiguelman, 2014).

As instituições públicas enfrentam desafios orçamentários significativos, exacerbados por políticas públicas que muitas vezes carecem de visão de longo prazo. Em contraste, instituições privadas, sustentadas por objetivos corporativos, frequentemente não priorizam a preservação da memória coletiva. A falta de ferramentas interoperáveis é um desafio persistente. Embora soluções como o software Tainacam ofereçam avanços na organização de metadados e gestão de coleções, elas representam apenas uma solução parcial. A necessidade

de abordagens holísticas, tanto técnicas quanto políticas, permanece evidente, destacando-se a urgência de políticas robustas para acervos digitais.

A gestão de acervos no Brasil carece de uma política coesa, com variações acentuadas entre entidades públicas e privadas, refletindo seus objetivos divergentes. Enquanto enfrentamos um cenário de ajustes e experimentações, a urgência se intensifica devido à perda de acervos por inadequações técnicas, cortes orçamentários e desastres como incêndios. A implementação de políticas mais robustas, que priorizem o desenvolvimento de tecnologias abertas e independentes, é imperativa para garantir a preservação adequada e a autonomia na gestão de acervos digitais (Ibram, 2021).

Sobretudo, o viés da problemática do ‘ator central’ alcança muitas frentes observáveis de atuação. O mais importante contexto que podemos tirar das forças tarefas internacionais, fóruns, eventos e acordos bilaterais e globais de consenso sobre isso (União Europeia, 2019), das quais muitos padrões globalmente foram adotados e replicados no que tange a preservação e conservação digital, seja de documentos, obras materialmente digitalizados ou nativos digitais, é perceber que são reflexo de um modelo social com base na responsabilização e transferência de responsabilidades entre entidades centrais ou atores que orbitam estas entidades. A centralização na gestão de acervos, refletida em acordos e padrões globais, muitas vezes deixa de lado atores cruciais como cidadãos, artistas e pesquisadores. Enquanto entidades governamentais e instituições estabelecidas têm uma clara responsabilidade, é vital reconhecer e integrar outros atores no processo. A real inclusão desses participantes pode ser alcançada adotando-se uma abordagem mais descentralizada, inspirada nos modelos sociológicos do P2P e na tecnologia *blockchain*.

À medida que a cultura digital impõe um ritmo acelerado, as entidades tradicionais lutam para acompanhar. O progresso exponencial na geração e transmissão de dados tornou muitos padrões anteriores obsoletos. O descompasso é evidente quando consideramos o aumento massivo na produção de imagens, informações e arte na era digital. Assim, é essencial reavaliar e adaptar nossas práticas à nova realidade imposta por essa revolução informacional.

A ascensão da produção imanente na era digital, facilitada pelo acesso universal às ferramentas tecnológicas, tem desafiado as tradicionais formas de legitimação. Notavelmente, no contexto das artes digitais e tecnológicas, muitos museus e colecionadores têm negligenciado a integração dessas obras em seus acervos. Esta omissão não apenas reflete a falta de reconhecimento institucional dessa forma de arte, mas também deixa uma lacuna na representação histórica de um período crucial na evolução sociotécnica da sociedade. Historiadores de arte, reconhecendo esta lacuna, têm expressado preocupações sobre a ausência de uma narrativa que dê conta desta fase relevante da história humana,

particularmente em relação aos desenvolvimentos tecnológicos e suas implicações na produção artística (Coones; Grau, 2017)

Diante de uma vasta rede de produtores, surge o questionamento: quem deve assumir a centralidade regulatória e manter uma narrativa contínua sobre a produção humana nesta era? Se reconhecermos que a produção sempre ocorreu de maneira colaborativa, intensificando-se na era moderna e agora no contexto pós-digital, podemos argumentar que modelos como P2P, vistos não apenas como tecnologia, mas como representações sociais aplicáveis em várias esferas, são viáveis. Adicionalmente, a segurança proporcionada pela tecnologia *blockchain* complementa essa perspectiva. Estamos, portanto, comparando dois regimes de informação: um que transita entre o analógico e o digital, centrado na tomada de decisões, e um mais contemporâneo, digitalmente nativo, com poder de decisão descentralizado e autônomo. Concluindo, este artigo sugere que uma responsabilidade compartilhada e uma abordagem coletiva são essenciais para desafiar a estrutura atual da rede digital produtiva.

A noção de responsabilidade compartilhada na esfera da arte digital é exemplificada pela significativa presença de festivais e eventos de arte e tecnologia que ocorreram nas últimas duas décadas e meia, tanto no Brasil quanto internacionalmente (Mucelli, 2017).

Esses eventos têm desempenhado um papel fundamental na preservação e promoção da produção simbólica digital. Embora os museus de arte contemporânea tenham tardado em reconhecer esse hiato em seus acervos, atualmente buscam explorar de forma superficial o potencial dos NFTs (*tokens* não fungíveis) por exemplo. Contudo, é essencial reconhecer que uma parte considerável das coleções de arte digital, seja ela eletrônica, computacional ou algorítmica, reside em acervos privados e arquivos associados a esses eventos, festivais e aos próprios criadores.

Complementarmente, artistas e pesquisadores desempenham papéis fundamentais na gestão da memória digital. Muitos artistas adotaram o conceito de auto acervo, atuando como suas próprias instituições (Mucelli, 2017). Esta prática engloba a documentação meticulosa de sua obra em meios digitais, desde metadados até registros de performances interativas, tanto em ambientes físicos (IRL) quanto virtuais (VR, RA). Por outro lado, pesquisadores, que variam de conservacionistas e arquivistas de mídia a historiadores de arte e cientistas da informação, dedicam-se ao estudo e à reinterpretação das narrativas digitais, focando na preservação da memória e do patrimônio em uma era predominantemente digital.

A arte digital, com seus metadados, arquivos e performances interativas, transcende ambientes, sejam eles físicos (IRL) ou virtuais (VR, RA). Enquanto isso, pesquisadores - de conservacionistas a historiadores de arte - desvendam as nuances da memória e patrimônio

digital em uma sociedade predominantemente online. Embora muitos museus e bibliotecas recorram à filantropia de gigantes tecnológicos, como o Google *Arts& Culture*, para digitalizar seus acervos, atores independentes e descentralizados, incluindo festivais, artistas e pesquisadores, oferecem uma perspectiva alternativa. Essa multiplicidade sugere três distintas representações sociais de acervos e coleções na era digital.

O primeiro modelo de gestão de acervos centra-se em instituições tradicionais, frequentemente ultrapassadas pela rápida evolução tecnológica, resultando em lacunas na preservação da memória.

O segundo modelo, impulsionado por gigantes tecnológicos, oferece padronização e apoio a entidades enfraquecidas, mas pode perpetuar narrativas hegemônicas.

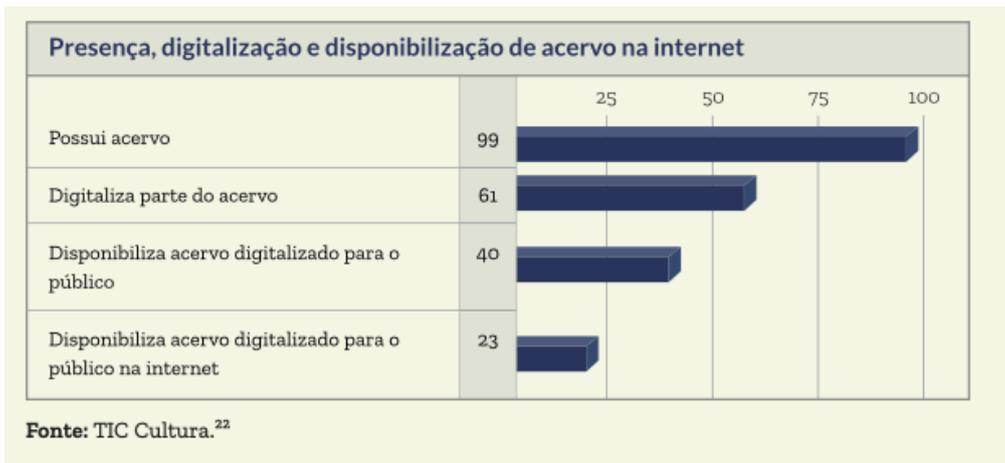
Por fim, o terceiro modelo valoriza a descentralização, com atores individuais e colaborativos na vanguarda. No entanto, enfrenta obstáculos de legitimidade e o domínio de padrões tecnológicos centralizados, levantando questões sobre a sustentabilidade de entregar a digitalização global a um pequeno grupo de empresas.

Um estudo conduzido pelo Comitê Gestor da Internet - CGI e pelo Instituto Brasileiro de Museus (CGI, 2018) destaca os desafios enfrentados pelas instituições ao gerir e digitalizar acervos. A falta crônica de recursos e a necessidade de capacitação contínua em tecnologias emergentes surgem como barreiras significativas. Além disso, com o ritmo acelerado das inovações tecnológicas, manter equipes atualizadas por períodos prolongados, como uma ou duas décadas, torna-se desafiador. A busca por padrões unificados, embora crucial, é complicada pela divergência nas abordagens de integração e pela variedade de sistemas utilizados. (Ibram, 2020)

Vejamos alguns dos dados em gráfico que o estudo traz a essa discussão a seguir:

Quanto à existência e processo digital dos acervos digitais;

Figura 6 - Presença, digitalização e disponibilização de acervo na internet.



Fonte: TIC Cultura - Pesquisa sobre o uso das tecnologias de informação e comunicação nos equipamentos culturais brasileiros

Quanto os principais desafios no contexto digital;

Figura 7 - Dificuldades de digitalização dos acervos



Fonte: TIC Cultura - Pesquisa Sobre o Uso das Tecnologias de Informação e Comunicação nos Equipamentos Culturais Brasileiros.

Quanto do tipo de tecnologia empregada ao acesso;

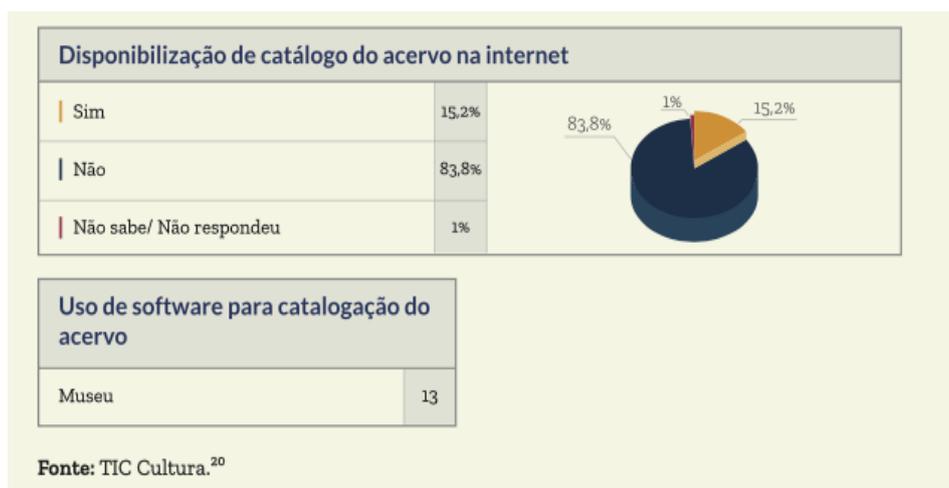
Figura 8 - Forma de disponibilização de acervo digitalizado para o público.



Fonte: TIC Cultura - Pesquisa sobre o uso das tecnologias de informação e comunicação nos equipamentos culturais brasileiros.

Quanto ao acesso disponibilizado ou retido;

Figura 9 - Disponibilização de catálogo do acervo na internet.



Fonte: TIC Cultura - Pesquisa sobre o uso das tecnologias de informação e comunicação nos equipamentos culturais brasileiros.

O estudo citado sublinha marcos cruciais na questão dos acervos, com foco particular nos museus. No entanto, é essencial observar que quase dez anos se passaram desde o início desse esforço na política pública para o setor, um indicativo inquietante da velocidade de progresso.

5. Arte Digital como arte contemporânea e seu regime informacional

A arte digital transcende a simples utilização de software, tendo evoluído consideravelmente nas últimas décadas em termos de proposições e abordagens. Esta

expressão artística, em constante evolução, requer proficiência em linguagens técnicas além das narrativas estéticas tradicionais, envolvendo competências em robótica, engenharia eletrônica e produção audiovisual. A intersecção da arte com a ciência da informação é crucial, e a produção contemporânea de arte digital, frequentemente colaborativa, beneficia-se da confluência de múltiplas disciplinas. A singularidade da arte digital e tecnológica reside em seu regime informacional, caracterizado pela geração contínua de dados. Este processo, embora presente na arte contemporânea, é amplificado na arte digital devido à sua capacidade de trocar dados através de variadas conectividades. Com a disseminação da telemática, especialmente via smartphones, a arte não só se converteu em formato digital, mas também se tornou amplamente escalável e comunicativa.

A produção de arte digital é intrinsecamente colaborativa, envolvendo artistas, suas equipes, o público e, posteriormente, curadores, pesquisadores e entidades de memória. A intersecção da memória, tanto individual quanto coletiva, com as redes sociais permite explorar profundamente as conexões entre Ciência da Informação e arte digital. Em meio a complexidades tecnológicas, a ênfase na preservação da memória e na construção de acervos especializados, unindo instituições formais e informais, é crucial para a gestão da informação e desenvolvimento de um campo de conhecimento centrado na cultura e memória digitais. Os processos tecnológicos são centrais, assim como os diversos atores envolvidos no sistema das artes. O usuário, seja público, artista ou profissional da área, não é apenas um espectador, mas um participante ativo que contribui significativamente para a criação e organização das experiências artísticas e manifestações culturais. (Mucelli, 2017)

A partir da década de 1960, as tecnologias eletrônicas e computacionais começaram a remodelar a arte e a sociedade. Elas não apenas se tornaram ferramentas vitais para a criação e exibição artística, mas também transformaram o registro da arte e da sociedade. Observa-se uma transição da memória coletiva de formatos físicos para formatos digitais, evidenciada pela metáfora do armazenamento em nuvem e pela realidade tangível dos data centers. As atuais inovações tecnológicas, como computação distribuída P2P e *blockchain*, têm potencial para redefinir ainda mais o registro e armazenamento da arte e da sociedade. Esta evolução está intrinsecamente ligada à cultura digital, com a arte contemporânea sendo profundamente influenciada pela cultura do software. A estrutura proposta por González de Gómez (2012), que descreve o regime da informação, oferece um quadro para integrar e compreender o impacto dessas tecnologias na arte contemporânea.

A cultura do software desempenha um papel central na cadeia de informação relacionada à produção, processamento e distribuição de arte digital. Esta cadeia engloba uma série de etapas interconectadas, desde o estúdio do artista até a disseminação digital. A

infraestrutura envolve colaboração de equipe, bancos de dados descentralizados, uso de tecnologias avançadas e redes de distribuição.

Os modos informacionais refletem a natureza colaborativa da arte digital: produção em escala, coleta de dados em tempo real, geração algorítmica de conteúdo e disseminação em multiplataformas. A política de informação aborda novos modelos de propriedade intelectual, segurança de dados e inclusão digital. Presenciamos no decorrer do tempo na globalização em torno do digital que cópias digitais inicialmente seriam múltiplas. Ao contrário do que se imaginava, cópias no contexto digital atual com uso de novas tecnologias podem ser diferenciadas e unicamente certificadas. No âmbito da propriedade intelectual, o surgimento de ferramentas de aprendizado de máquina e produção de conteúdo por modelos de inteligência artificial podem produzir novas autoridades e autores, incluindo os próprios dispositivos ou entidades com capacidade de computação em nuvem. Em outra perspectiva, dados abertos públicos alimentam data centers de dados privados, que desenvolvem soluções privatizadas no que originalmente provém de colaboração coletiva, e inclusive de subvenções dos Estados a essas empresas no que tange a sua legalidade e implementações de suas atividades, sendo transnacionais.

No ecossistema da arte digital, diversos atores, como artistas, curadores e público, contribuem para a circulação de valores. A cooperação é evidente em grupos de pesquisa e forças-tarefas focadas na conservação e preservação da arte digital. Além disso, a arte digital interage com organizações reguladoras, empresas de telecomunicações e infraestrutura de dados, exemplificando sua interconexão em redes sociotécnicas.

Em suma, o regime informacional da arte digital é uma representação da arte contemporânea atual, refletindo sua relação intrincada com outros aspectos sociopolíticos e econômicos da sociedade. A complexidade dessa relação desafia a centralização, apontando para a necessidade de descentralização através das tecnologias disponíveis.

6. P2P, *Blockchain* como descentralização do sistema de preservação, organização e propagação de acervos e coleções

Ao longo deste estudo, examinamos interações entre tecnologias P2P, *blockchain* e a influência da cultura digital no atual regime informacional, usando a arte digital e tecnológica como modelo teórico-prático. Observa-se que, enquanto a tecnologia P2P desempenhou um papel fundamental nos primórdios da internet, seu potencial foi, em parte, ofuscado ao longo do tempo devido ao surgimento e domínio de grandes corporações tecnológicas. Atualmente, a indústria digital é um epicentro de debates geopolíticos, evidenciados por controvérsias

regulatórias envolvendo grandes empresas tecnológicas, particularmente entre a União Europeia e os EUA.

A tecnologia P2P representa uma visão de uma internet mais compartilhada, alinhada a uma ideologia de rede mais autônoma e livre. Contudo, a adoção do protocolo HTTP e da World Wide Web (WWW), há aproximadamente 30 anos, desencadeou um modelo de internet predominantemente centralizado. Este modelo, dominado por conglomerados econômicos, tornou-se um foco de tensões geopolíticas, como discutido anteriormente. Notavelmente, Tim Berners-Lee, uma figura central no desenvolvimento da WWW, recentemente expressou preocupações sobre o estado atual da internet. Ele enfatizou a necessidade de uma maior responsabilidade por parte de governos e corporações, dada a série de desafios éticos, econômicos e sociais emergentes no ambiente digital (Berners-Lee, 2022).

Tim Berners-Lee, apesar de suas reservas, não pode ignorar o avanço da tecnologia *Blockchain* e seu potencial impacto na definição do que muitos desenvolvedores chamam de Web 3.0. Embora a *Blockchain* já esteja revolucionando várias frentes, desde serviços digitais até a indústria, a Web 3.0 representa uma reinvenção fundamental da internet. Ela sugere uma abordagem descentralizada, promovendo a privacidade do usuário, novos modelos de redes sociais, armazenamento em nuvem e transações financeiras, incluindo o campo crescente da arte digital.

A tecnologia P2P, em combinação com a *blockchain*, ressurge como uma possível opção de solução para os desafios da centralização da internet. A promessa é de uma rede verdadeiramente descentralizada, onde não há, necessariamente, entidades dominantes controlando vastos conjuntos de dados. Em uma internet baseada em *blockchain*, os dados são distribuídos e geridos pelo consenso da rede, determinando como são armazenados, propagados e acessados e o usuário se encontra na centralidade da tomada de decisão.

Para contextualizar, é crucial entender a evolução da internet em suas fases progressivas:

A Web 1.0 caracterizou-se por páginas estáticas e uma experiência de leitura principalmente unidirecional. A Web 2.0 foi marcada pela interatividade, mídias sociais e a ascensão das plataformas, onde os usuários não apenas consumiam, mas também criavam conteúdo. Finalmente, a Web 3.0 é a fase emergente, centrada na descentralização, interações mais inteligentes e uma experiência personalizada, potencializada pela tecnologia *blockchain*. Ao avaliarmos a trajetória da internet, consideramos sua evolução desde o acesso público inicial, remontando às suas origens acadêmicas e universitárias de quase quatro décadas atrás.

A Web 3.0 transforma a internet numa plataforma adaptativa e personalizada, orientada pelas necessidades dos usuários. Caracteriza-se pelo emprego de tecnologias como *Blockchain*,

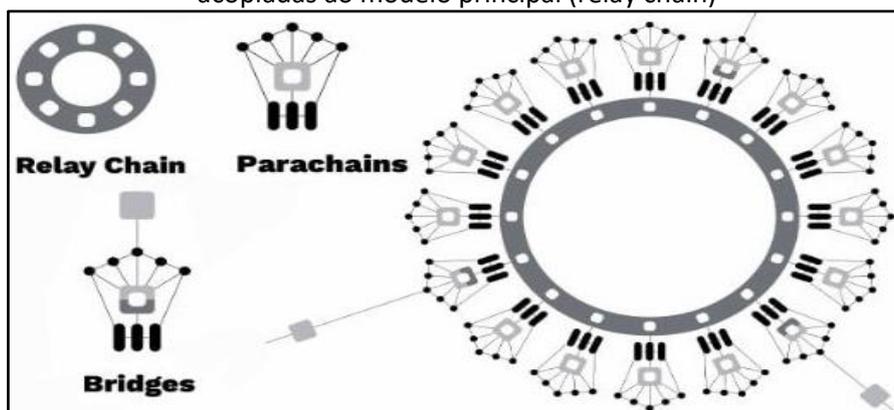
inteligência artificial, Internet das Coisas (IoT) e realidade virtual (RA). Essa evolução promove uma experiência mais imersiva e participativa, dando maior controle aos usuários sobre seus conteúdos. Grandes empresas tecnológicas, como Amazon, Google e Meta, bem como startups e investidores, como Web3 Foundation e *Blockchain* Polkadot, entre outras, estão na vanguarda dessa transformação, explorando possibilidades centralizadas e descentralizadas.

Discutindo a viabilidade da Web 3.0 e sua promessa de descentralização, Jack Dorsey, ex CEO do Twitter e entusiasta de uma internet livre e Tim Berners-Lee expressam ceticismo. Para Lee, a questão é primordialmente econômico-política, enquanto Dorsey (Dorsey, 2021) enfatiza também as limitações técnicas, como a necessidade de processamento intensivo para validar transações em *blockchain*. Contudo, a relevância deste debate para nossa discussão reside na ideia de que a Web 3.0 deveria permitir aos usuários total controle sobre sua identidade e dados, garantindo que sejam de sua propriedade e gestão, e isso inclui base de dados, acervos e coleções.

A perspectiva de que as tecnologias P2P e *Blockchain* podem resolver desafios associados ao "ator central", especialmente na gestão de acervos, é fundamentada na ideia da Web 3.0, onde o usuário é central. Esta nova web propõe que os usuários tenham total controle sobre seus ativos digitais, distribuídos em uma rede P2P e autenticados por uma identidade digital única. Enquanto a economia cíclica de dados proposta por esta visão desafia o domínio atual das grandes empresas, é essencial considerar não apenas a viabilidade econômica, mas também as implicações técnicas. O "trilema da *blockchain*", que equilibra escalabilidade, segurança e descentralização, é fundamental para essa discussão, sendo um conceito amplamente discutido na ciência da computação.

Blockchains de terceira geração, otimizadas para contratos inteligentes, estão evoluindo para superar os desafios do trilema. Uma característica notável dessas redes é sua capacidade de se adaptar dinamicamente conforme a demanda. Por exemplo, a *blockchain* Polkadot exemplifica uma abordagem focada na segurança. Esta rede permite que diferentes *blockchains* se beneficiem de sua robusta infraestrutura de segurança, criando uma espécie de "cinturão de segurança" colaborativo. Em essência, redes como a Polkadot oferecem uma solução compartilhada para garantir transações seguras, protegendo contra possíveis ameaças.

Figura 10 - Modelo de estrutura de segurança principal e demais *blockchains* acopladas ao modelo principal (relay chain)



Fonte: Polkadot Site1.

Uma *blockchain* pode se especializar em fornecer segurança robusta, permitindo que outras *blockchains* se integrem e se beneficiem de sua infraestrutura segura. Enquanto uma *blockchain* pode focar na segurança, outra pode se concentrar em soluções de armazenamento descentralizado, criptografando e distribuindo dados em uma rede de participantes, contrapondo-se aos modelos centralizados tradicionais de armazenamento. Além disso, os "oráculos" - aplicações indexadoras de dados - desempenham um papel crucial, atuando como verificadores de informações do mundo real e garantindo a autenticidade dos dados em transações na rede. Por último, uma *blockchain* pode introduzir monetização, seja através de rastreabilidade ou valor monetário, incentivando a participação e criando uma economia descentralizada. Isso reflete a visão de uma sociedade peer-to-peer, onde as interações são mediadas por tecnologias descentralizadas, como apresentado anteriormente.

O campo da ciência da informação ainda não mergulhou profundamente nas potencialidades da tecnologia *blockchain*, embora reconheça seu potencial emergente. Desafios como interoperabilidade, adoção de padrões, escalabilidade e segurança, comuns na implementação da *blockchain*, estão gradualmente encontrando soluções por meio de provas de conceito e aplicações práticas. Entre as ferramentas que promovem avanços nesta direção, destaca-se o IPFS sendo um novo protocolo de endereçamento descentralizado de objetos digitais e Libp2p, uma biblioteca descentralizada modular. Ela facilita a construção de soluções P2P por meio de uma linguagem aberta, atuando como uma plataforma fundamental para o desenvolvimento e a pesquisa em descentralização de dados.

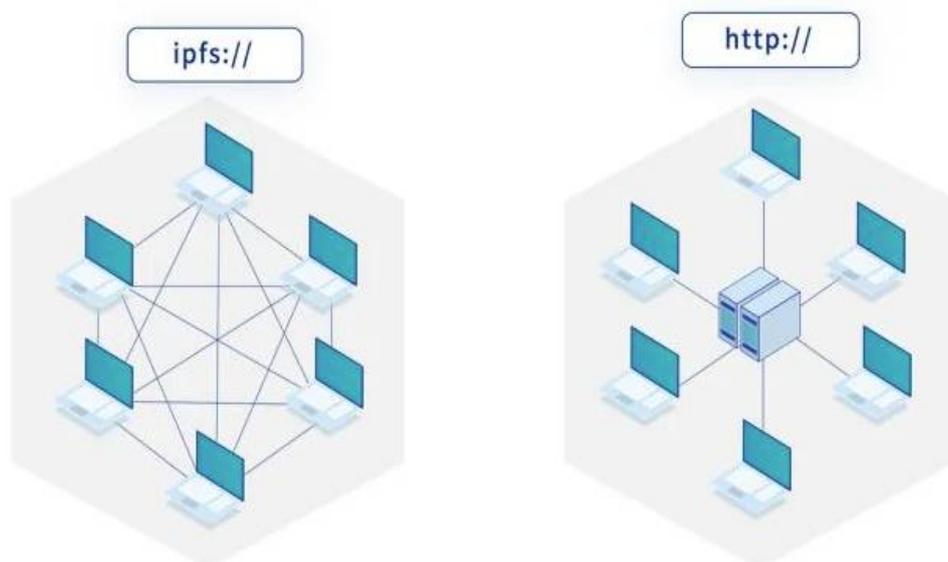
O desenvolvimento que pode ser suportado por tecnologia *blockchain* é o IPFS (*Interplanetary File System*). O IPFS é um sistema de arquivos descentralizado, desenvolvido em 2014, que permite o armazenamento e compartilhamento de arquivos na internet sem a

¹ Disponível em: <https://polkadot.network/development/docs/>. Acesso em 20 ago. 2023

necessidade de um servidor central. Este modelo contrasta com o sistema atual baseado em HTTP/HTTPS, que depende de data centers centralizados. Na prática, quando acessamos um arquivo via HTTP/HTTPS, estamos acessando um endereço físico em um data center, onde o arquivo é armazenado e posteriormente transmitido.

O IPFS, por outro lado, opera de forma descentralizada por meio de nós ponto a ponto (P2P). Cada arquivo é associado a uma *hash* criptográfica única, que o identifica. O arquivo é então fragmentado e distribuído pela rede, com cada fragmento armazenado em um nó diferente. Quando um arquivo é solicitado, o sistema recupera os fragmentos do nó mais eficiente em relação ao solicitante, baseado na proximidade da *hash* criptográfica. Isso elimina a necessidade de um servidor central e torna o sistema mais resistente a falhas e ataques maliciosos além de prover economicidade computacional pois irá trabalhar com uma logística mais eficiente de dados geolocalizados e propagados no entorno dos solicitantes dos dados. A resiliência é um dos principais benefícios do IPFS para o armazenamento e compartilhamento de acervos e coleções, tornando-o uma solução valiosa para a preservação de dados (Benet, 2014).

Figura 11 - Modelo visual comparativo entre IPFS e HTTP para funcionamento de pacote de dados e distribuição



Fonte: Página oficial do IPFS Docs².

O projeto *FileCoin* exemplifica a evolução do armazenamento descentralizado, permitindo que diversas entidades, desde empresas a indivíduos, contribuam e se beneficiem do sistema. Este modelo é potencializado pela integração de tecnologias como IPFS, Libp2p e linguagens robustas como Rust.

² Disponível em: <https://docs.ipfs.tech/>. Acesso em 25 ago. 2023.

A biblioteca Libp2p se destaca por suas características distintas como a modularidade, permitindo aos desenvolvedores optarem pelas funcionalidades que melhor atendem às necessidades de seus projetos. Essa segmentação garante que diferentes protocolos possam funcionar de maneira complementar.

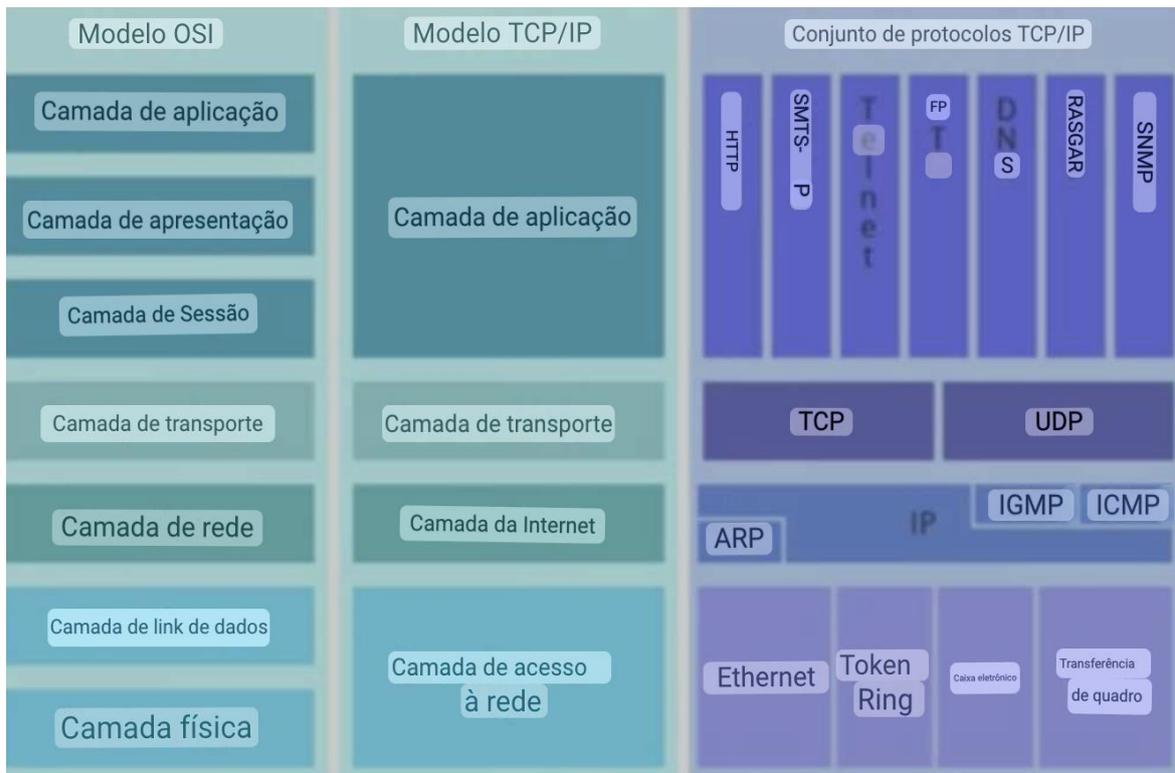
Suporte multiprotocolo é onde a biblioteca localiza uma variedade de protocolos de comunicação, como TCP/IP, UDP e WebSockets. Isso garante flexibilidade, permitindo que aplicativos operem em diferentes redes e contextos. Essa capacidade é crucial para a interoperabilidade em ambientes *blockchain*.

Descoberta de nós vem sendo uma das inovações do Libp2p a sua habilidade de localizar e adicionar novos nós de rede, otimizando a propagação e expansão com base em participação colaborativa dos usuários.

Roteamento eficiente é outra característica, já que nas comunicações P2P do passado enfrentaram desafios de latência devido à dependência de nós específicos. Libp2p introduz uma abordagem mais eficiente, onde nós intermediários podem colaborar para acelerar o processo.

Com a natureza de uma biblioteca de código aberto, o Libp2p é constantemente aprimorado. Desenvolvedores podem contribuir com novas funcionalidades ou melhorar as existentes, garantindo sua evolução contínua. Essas características tornam a Libp2p uma ferramenta importante para desenvolvimento em ambientes descentralizados e *blockchain*.

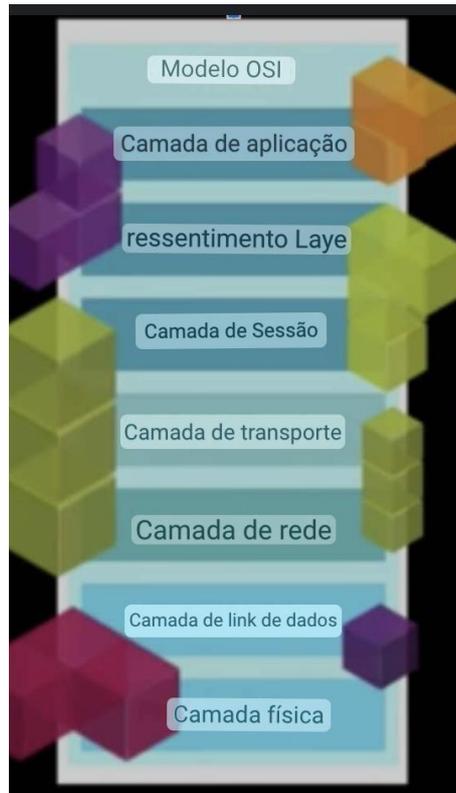
Figura 12 - Quadro comparativo do modelo OSI usado pela Libp2p em comparação a outros protocolos de estrutura de dados usados na Internet.



Fonte: Página oficial da Libp2p3.

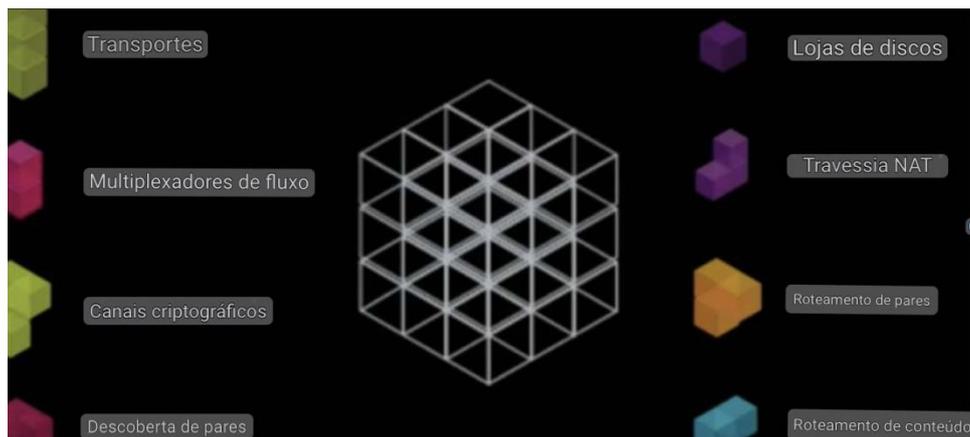
³ Disponível em: <https://libp2p.io/>. Acesso em 25. ago. 2023.

Figura 13 - Modelo visual da composição de camadas que permitem a fragmentação e de conteúdos e dados. (OSI model).



Fonte: Página oficial da Libp2p4.

Figura 14 e 15 - Modelo visual da composição do funcionamento de pacote de funções para encriptação, fragmentação, transporte, roteamento, armazenamento e outras necessidades.



⁴ Disponível em: <https://libp2p.io/>. Acesso em 25. ago. 2023



Fonte: Página oficial da Libp2p5.

A biblioteca Libp2p é notável por sua habilidade de criptografar e fragmentar dados, como imagens, textos e metadados, em múltiplos pacotes. Estes pacotes são distribuídos pela rede com características individuais de transporte, garantindo que, ao longo do tempo, a informação se propague de forma eficiente e contínua, mantendo sua integridade desde a origem. Esta abordagem permite uma recuperação de informação verdadeiramente descentralizada e expansiva. Em essência, qualquer participante da rede tem o potencial de ser um nó com a biblioteca p2p, ampliando a resiliência e eficiência do sistema.

A crescente necessidade de interoperabilidade é atendida por novos protocolos de *blockchain*, como as multirredes, que promovem a integração entre diferentes redes. Além disso, a Web 3.0, com sua ênfase na web semântica, aproveita os avanços da inteligência artificial, particularmente os modelos de grande linguagem de aprendizado de máquina (LLMs), para criar uma experiência online mais personalizada e intuitiva (Matthews, 2005).

Em uma analogia simplificada, a relação entre P2P e *blockchain* é semelhante à relação entre web semântica e Web 3.0. Ambos revitalizam e potencializam as tecnologias em que se baseiam. Assim, à medida que a tecnologia P2P é reforçada pelo *blockchain*, a web semântica é rejuvenescida pela inteligência artificial e pelos LLMs.

Embora o P2P e a web semântica tenham sido inovações revolucionárias em suas épocas, elas sozinhas possuíam limitações. O P2P não poderia garantir totalmente a descentralização, enquanto a web semântica carecia de mecanismos robustos de verificação de dados. No entanto, com o surgimento de novas tecnologias e abordagens, essas lacunas têm sido preenchidas, permitindo que ambas alcancem seu pleno potencial.

⁵ Disponível em: <https://libp2p.io/>. Acesso em 25. ago. 2023.

7 Considerações finais

Se pensarmos na perspectiva de P2P e *Blockchain* como ferramentas tecnológicas para a descentralização do sistema de preservação, organização e propagação de acervos e coleções, significa considerar as breves abordagens até aqui.

No espectro histórico-tecnológico a evolução tecnológica é contextualizada em sua trajetória histórica. O envolvimento dos diversos atores reforça o entrelaçamento da economia política da informação com a indústria digital. O campo da arte digital contemporânea, com sua produção prolífica e efêmera, é emblemático dessa fusão entre o antigo e o novo.

No cenário sócio econômico a produção digital global é moldada pelo regime informacional impulsionado pela cultura do software. Embora sistemas centralizados predominem, a irrupção de tecnologias inovadoras, exemplificadas pelos projetos de criptografia contemporâneos como moedas digitais, armazenamento em nuvem, identidades digitais, certificações, apontam para uma necessária e possível descentralização. As repercussões socioeconômicas e políticas atuais enfatizam a urgência dessa mudança.

Na observação prático-sociológica, na era pós-digital, a análise técnica dos acervos de arte digital por exemplo se torna essencial. Com a disseminação do conhecimento tecnológico, advoga-se por uma descentralização que priorize responsabilidade compartilhada. A emergência de modelos econômicos baseados em comunidades específicas, aproveitando tecnologias como contratos inteligentes e NFTs, exemplifica esse movimento que pode tornar sustentável a manutenção e criação de acervos e coleções contemporâneos regidos por pares e tecnologias que mediam uma condição social, tecnológica e econômica de trocas de bens comuns.

No âmbito abstrato-futurista a arte e a cultura frequentemente refletem e antecipam tendências tecnológicas e comportamentais. A arte digital atual, com suas alusões a uma sociedade pós-digital e transumanista, nos convida a contemplar possíveis futuros. Dada essa relevância, é imperativo reconhecer e preservar esses acervos. E enquanto o foco deste artigo é a arte digital, o desafio se estende a todos os domínios da arte, ciência e cultura enquanto acervos.

A partir desse modelo teórico-conceitual, onde encoraja-se a aplicação de tecnologias que permitam a descentralização técnica, conceitual e segura, que dê conta das demandas e tenha o usuário como ator principal, não pode mais ser preterida a compreensão da importância destes acervos e coleções, nem mesmo do que o campo tem discutido ao longo de décadas a respeito de tecnologias que agora se apresentam para sociedade de forma mais impetuosa (Inteligência artificial, algoritmos, *blockchain*). Ao ponto de estarmos diante de um abismo representado pela ausência de historicidade e do esquecimento acerca do potencial

conhecimento subsumido nestes acervos devido à inabilidade em prover soluções políticas para a valorização de tecnologias contemporâneas que incidem nas diversas esferas de nossa vida social. A analogia serve ao mesmo tempo e inclui os demais acervos e coleções no Brasil e no mundo. Para além da arte digital, o problema se revela como indicado, a outros acervos e coleções tradicionais da arte e cultura do País. Em uma frase objetiva, arte e tecnologia indicam no tempo presente e imediato caminhos a seguir.

Referências

Abutaha, Mohammed; Farajalha, Mousa; Tahboub, Radwan; Odeh, Mohammed. Survey paper: cryptography is the science of information security. **Journal of Computer Science and Information Security**, v. 5, n. 3, p. 298-309, 2011.

Benet, Juan. Ipfs-content addressed, versioned, p2p file system. **arXiv preprint** arXiv:1407.3561, 2014.

Capurro, Rafael; Hjørland, Birger. The concept of information. **Perspectivas em ciência da informação**, v. 12, n. 1, p. 148-207, 2007

Castells, Manuel. **A sociedade em rede**. São Paulo: Paz e terra, 2005.

COMITÊ GESTOR DA INTERNET NO BRASIL – CGI.br. **TIC Cultura 2018**: Pesquisa sobre o uso das tecnologias de informação e comunicação nos equipamentos culturais brasileiros: TIC Cultura 2016. São Paulo: CGI.br, 2017b. Disponível em: <http://cetic.br/publicacao/pesquisa-sobre-o-uso-das-tecnologias-da-informacao-e-comunicacao-nos-equipamentos-culturais-brasileiros>

Coones, Wendy; Rühse, Viola, Grau, Oloiver (Ed.). **Museum and archive on the move**: changing cultural institutions in the digital era. Berlin, Boston: Walter de Gruyter, 2017.

De Gómez, Maria Nélide González. Regime de informação: construção de um conceito. **Informação & Sociedade**, v. 22, n. 3, 2012.

IBRAM. Instituto Brasileiro de Museus. **Acervos digitais nos museus**: manual para realização de projetos. Universidade Federal de Goiás - Brasília, DF: Ibram, 2020. Disponível em: <https://www.museus.gov.br/wp-content/uploads/2021/05/Acervos-Digitais-nos-Museus.pdf>

International Colloquium. *In: Culture for future Manifesto*. 2019, Brussels, Belgium. Manifesto. Brussels: European Commission, 2019. Disponível em: <https://www.acp-ue-culture.eu/en/blog/the-manifesto-culture-for-the-future-is-out/>

Kini, Ranjan B. Peer-to-peer technology: a technology reborn. **Information Systems Management**, v. 19, n. 3, 2006.

Kostakis, Vasilis; Bauwens, Michel. **Network society and future scenarios for a collaborative economy**. New York: Springer, 2014.

Lee, Tim, B. Why Tim Berners-Lee Wants to rethink the internet. [Entrevista concedida à CNBC] Emma Barnets Meets. Bloomberg Talks, Youtube. 12 mai. 2022. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v= 0GWG0yCu-w>

Leibowitz, B. Manor, H. Peer-to-peer technology as an enabling platform for social computing: an exploratory study. **International Journal of Human-Computer Studies**, n. 61, p. 757-772, 2004.

Magalhães, Ana Gonçalves; Beiguelman, Giselle. **Futuros Possíveis: arte, museus e arquivos digitais**. São Paulo: Editora USP, Editora Peirópolis, 2014. P .61-68

Manovich, Lev. **Software takes command. Extending the Language of New Media**. New York: Bloomsbury Academic, 2013.

Matthews, Brian. Semantic web technologies. **E-learning**, v. 6, n. 6, p. 8, 2005.

Mayer, Jane. How Russia helped Swing the election or trump. **The New Yorker**, NY, 24 de Set. 2018. Disponível em: <https://www.newyorker.com/magazine/2018/10/01/how-russia-helped-to-swing-the-election-for-trump>

McConnell, Steve. **Code complete**. São Paulo: Pearson Education, 2004.

Mucelli, Tadeus. **A visualização e a materialização das artes digitais: um estudo da produção artística**. 2017, 140 f. Dissertação (Mestrado em artes) – Escola Guignard, Escola de Música, Universidade do Estado de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2017.

Ordonez, E.; Pereira, F.; Chiaramonte, R. **Criptografia em Software e Hardware**. São Paulo: Novatec, 2005.

Panda, Sandeep Kumar; Jena, AjayKuma; Swain, Santos Kumar; Satapathy; Suresh Chandra_(ed.) (ed.). **Blockchain technology: applications and challenges**. New York: Springer, 2021.

Polkadot. **Polkadot**, 2023. Disponível em: <https://www.polkadot.network/>

Saroiu, Stefan; Gummadi, P. Krishna; Gribble, Steven D. Measurement study of peer-to-peer file sharing systems. *In: Multimedia computing and networking 2002*. Proceedings of SPIE. **The International Society for Optical Engineering**, 2001. p. 156-170.

Sharma, Pratima; Jindal, Rajni; Borah, Malaya Dutta. A review of smart contract-based platforms, applications, and challenges. **Cluster Computing**, v. 26, n. 1, p. 395-421, 2023.

TBD Developers. 2023. **What is Web5?**. Disponível em: <https://developer.tbd.website/blog/what-is-web5>

Turkle, Sherry. **Life on the Screen: identity in the age of the internet** . New York: Simon and Schuster. New York, 2011.