

CENTRO UNIVERSITÁRIO DO PARÁ - CESUPA

CURSO DE CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

ANDRÉ AKIRA PRAZERES YAMASE

**O USO DA TECNOLOGIA BLOCKCHAIN NA EDUCAÇÃO**

BELÉM

2022

ANDRÉ AKIRA PRAZERES YAMASE

**O USO DA TECNOLOGIA BLOCKCHAIN NA EDUCAÇÃO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Escola de Negócios, Tecnologia e Inovação do Centro Universitário do Estado do Pará como requisito para obtenção do título de Bacharel em Ciência da Computação na modalidade ARTIGO.

Orientador: Dr. Vitor Hugo Freitas Gomes

BELÉM

2022

**Dados Internacionais de Catalogação-na-publicação (CIP)**  
**Biblioteca do CESUPA, Belém – PA**

---

Yamase, André Akira Prazeres.

O uso da tecnologia blockchain na educação / André Akira Prazeres Yamase; orientador Vitor Hugo Freitas Gomes. – 2022.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Centro Universitário do Estado do Pará, Ciência da Computação, Belém, 2022.

- Tecnologia educacional. 2. Blockchains (Base de dados). I. Gomes, Vitor Hugo Freitas, orient. II. Título.

CDD

23ª ed. 004

---

ANDRÉ AKIRA PRAZERES YAMASE

## O USO DA TECNOLOGIA BLOCKCHAIN NA EDUCAÇÃO

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Escola de Negócios, Tecnologia e Inovação do Centro Universitário do Estado do Pará como requisito para obtenção do título de Bacharel em Ciência da Computação na modalidade ARTIGO.

Data da aprovação: 09 / 12 / 2022

Nota final aluno I: 10

Banca examinadora

---

Prof. Vítor Hugo Freitas Gomes  
Orientador e Presidente da banca



Profa. Alessandra Natasha Alcântara Barreiros Baganha  
Examinadora interna

---

Prof. Johnny Marcus Gomes Rocha  
Examinador interno

## RESUMO

Dada a evolução tecnológica da sociedade atual, mais recursos tecnológicos começaram a ser utilizados dentro da área da educação. Paralelamente, o blockchain vem se expandindo para diferentes áreas, inclusive a educacional, podendo ser utilizada por exemplo na certificação de alunos e registro acadêmico permanente. Neste trabalho foi desenvolvida uma revisão de literatura sobre a tecnologia blockchain e as possibilidades de aplicação na área da educação, utilizando os repositórios acadêmicos Google Scholar, IEEE Xplore Digital Library e periódicos da Capes na pesquisa das literaturas. Foi possível observar diante os resultados que é factível a implementação do blockchain na educação, todavia, atualmente a tecnologia é mais útil como uma ferramenta de suporte, haja vista a presença de problemas ainda não solucionados, como o de escalabilidade do sistema e questões relacionadas às práticas éticas no uso do blockchain.

**Palavras-chave:** Blockchain; Educação; Blockchain na educação.

## **ABSTRACT**

Given the technological evolution of today's society, more technological resources began to be used within the field of education. At the same time, blockchain has been expanding to different areas, including education, and can be used, for example, in student certification and permanent academic registration. In this work, a literature review on blockchain technology and the possibilities of application in the field of education was developed, using the academic repositories Google Scholar, IEEE Xplore Digital Library and Capes journals in the literature search. It was possible to observe from the results that the implementation of blockchain in education is feasible, however, the technology is currently more useful as a support tool, given the presence of problems still unresolved, such as system scalability and issues related to ethical practices in the use of blockchain.

**Keywords:** Blockchain; Education; Blockchain in education.

## SUMÁRIO

<b>1. CONTEXTUALIZAÇÃO</b>	<b>7</b>
<b>1.1 Revisão Bibliográfica</b>	<b>7</b>
<b>1.1.1 Tecnologia blockchain</b>	<b>7</b>
<b>1.1.2 Arquitetura blockchain</b>	<b>7</b>
<b>1.1.3 Tipos de blockchain</b>	<b>7</b>
<b>1.1.4 Mecanismos de consenso no blockchain</b>	<b>8</b>
<b>1.1.5 Smart Contracts</b>	<b>9</b>
<b>1.1.6 Recursos tecnológicos na educação</b>	<b>10</b>
<b>1.1.7 Certificados e diplomas</b>	<b>10</b>
<b>1.1.8 Smart Education</b>	<b>11</b>
<b>1.2 Problema da pesquisa</b>	<b>11</b>
<b>1.3 Justificativa</b>	<b>12</b>
<b>1.4 Objetivos</b>	<b>12</b>
<b>1.4.1 Objetivo Geral</b>	<b>12</b>
<b>1.4.2 Objetivos Específicos:</b>	<b>12</b>
<b>1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO</b>	<b>12</b>
<b>2. O USO DE BLOCKCHAIN NA EDUCAÇÃO</b>	<b>14</b>
<b>2.1 Introdução</b>	<b>14</b>
<b>2.2 Metodologia da pesquisa</b>	<b>14</b>
<b>2.3 Resultados</b>	<b>15</b>
<b>2.4 Discussão</b>	<b>24</b>
<b>2.5 Conclusão</b>	<b>25</b>
<b>3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>26</b>

## 1. CONTEXTUALIZAÇÃO

### 1.1 Revisão Bibliográfica

#### 1.1.1 Tecnologia blockchain

A tecnologia blockchain, como citado anteriormente foi conceituada em 2008, é primariamente vista como uma ferramenta de uso para a indústria financeira, sendo uma de suas maiores aplicações em bitcoin e mais recente em NTFs, e os principais motivos dessa tecnologia ser mais usada nestas áreas é a segurança e a descentralização (NOFER *et al.*, 2017). Ao longo dos anos ocorreram evoluções na tecnologia e é possível observar três estágios: Blockchain 1.0 sendo o uso de comercialização de moedas, usado mais pela bitcoin. Blockchain 2.0 onde é usado com contratos como ações, títulos, empréstimos e etc. E o blockchain 3.0 que é usado em aplicações fora das áreas financeiras e pode ser usado como na saúde, governo e educação (CHICARINO *et al.*, 2017).

#### 1.1.2 Arquitetura blockchain

A arquitetura blockchain consiste principalmente em cabeçalho e corpo do bloco. O cabeçalho contém: O número de versão, utilizado para manter o bloco atualizado; o Merkle Root, no qual é representado o valor hash do bloco; o nonce é o algoritmo de *proof-of-work* ou prova de trabalho, que é usado no processo de mineração do bloco para averiguar se a mineração ou a transação foi válida; e por último o alvo da dificuldade, onde é definido o número de zeros para aumentar ou diminuir o tempo de mineração que o bloco precisa. O corpo do bloco consiste apenas no estado do bloco, por exemplo, seu estado atual ou o quanto o bloco está atualmente armazenando, e o histórico de transações ou movimentações do bloco (MOREIRA, 2019. ZHENG, 2017).

#### 1.1.3 Tipos de blockchain

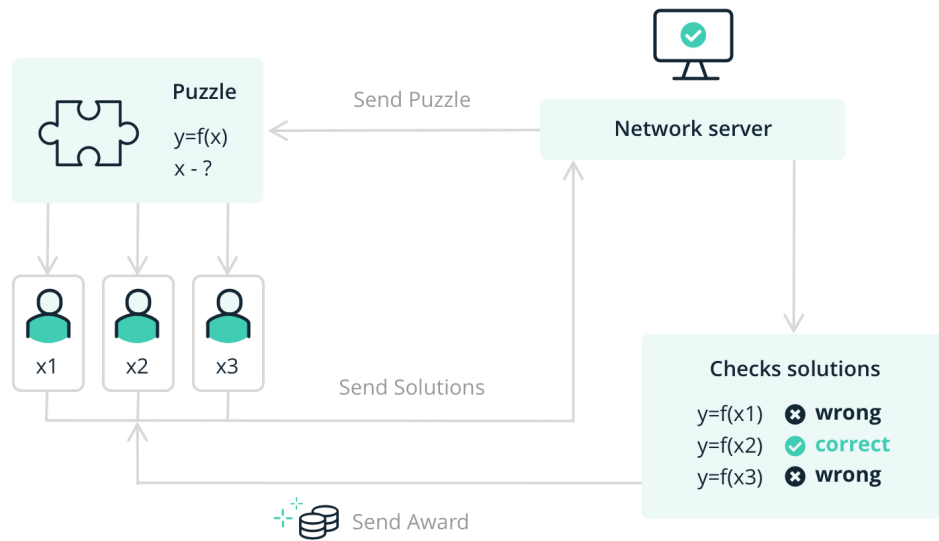
Há diferentes tipos de blockchain de acordo com a necessidade das aplicações, e elas são categorizadas das seguintes formas: Blockchain pública, como o nome sugere, é feita para todos os participantes da rede terem acesso à funcionalidades como visualizar o histórico de transação de todos os blocos, salvar uma réplica do bloco localmente e até inserir um novo bloco no blockchain, todavia esta arquitetura sofre com a lentidão nas transações e requer um poder computacional alto para a criação de um novo bloco, este tipo de blockchain é usado como base nas transações populares de Bitcoin; Blockchain privada, que é mais usado em redes de organizações privadas, onde podem limitar o acesso de usuários pelo o controle do

organizador da rede, tornando-a muito mais segura e resultando em um menor custo de poder computacional; e por último a blockchain consorcia, onde existe mais de um organizador da rede, sendo possível que duas empresas dividam o controle sobre a permissão da rede, tornando-se necessária a permissão dos dois organizadores para as alterações nas permissões dos usuários (LIANG, 2020. WUST; GERVAIS, 2018).

#### 1.1.4 Mecanismos de consenso no blockchain

Como dito anteriormente, uma das principais características do blockchain é a sua descentralização, onde terceiros não podem ter controle das transações, para ter êxito neste quesito de confiabilidade e permanência dos dados o blockchain adota mecanismos de consenso para suas transações poderem ser executadas (ISMAIL; MATERWALA 2019). Existem vários tipos desses mecanismos como *proof-of-elapsed-time* ou *proof-of-bandwidth*, porém os mais utilizados são *proof-of-work* e *proof-of-stake* que estão implementados nos sistemas de Bitcoin e Ethereum (LI, 2017). O *proof-of-work*, mecanismo de consenso do Bitcoin, consiste em uma criptografia para o computador do usuário decifrar, assim gerando o valor desejado para que a mineração seja confirmada pelo consenso da rede, porém este mecanismo requer um poder computacional e gasto de energia muito elevado. Enquanto isso o *proof-of-stake* é o mecanismo que utiliza uma quantidade de criptomoedas para a confirmação da validação da propriedade do bloco, usando o Ethereum como exemplo, o usuário deve pagar uma quantidade de Ethers para obter um bloco, removendo a necessidade de um poder computacional grande para a mineração dos blocos (SYED, 2019).

**Figura 1** - Exemplificação do *Proof-of-Work*



**Fonte:** MORELAND (2019)

**Figura 2** - Exemplificação do *Proof-of-Stake*



**Fonte:** MORELAND (2019)

### 1.1.5 Smart Contracts

Os *smart contracts* são em suma contratos automatizados por linhas de código onde, caso todos os envolvidos entrem em acordo com os termos do contrato e todos os parâmetros sejam atingidos, este será efetuado automaticamente (KHAN, 2021). Muitas características dos *smart contracts* são herdadas do próprio blockchain, como: (1) a descentralização de terceiros, pois com a automatização do contrato apenas os indivíduos envolvidos precisam ter

participação do contrato, (2) a transparência, onde o código do script, os termos e até o próprio contrato é duplicado para todos os envolvidos, (3) e a precisão, sendo um código automatizado no instante que os parâmetros do contrato são satisfeitos este será efetuado, qualquer que sejam seus resultados (HEWA, 2020). Transformar contratos em *smart contracts* remove a chance de erro humano e a possibilidade de forjar ou alterar o resultado do contrato, trazendo assim a confiabilidade e legitimidade dessa funcionalidade dentro da tecnologia blockchain (ANTE, 2020).

#### 1.1.6 Recursos tecnológicos na educação

Ao decorrer dos anos o avanço da tecnologia permitiu que computadores se tornassem cada vez mais importantes dentro do sistema educacional, estudos revelam que os alunos que utilizam ferramentas tecnológicas de estudo tem a sua velocidade de aprendizado e interatividade com o conteúdo amplificado (RAJA; NAGASUBRAMANI, 2018). Sendo assim, muitos avanços tecnológicos na área da educação tem como propósito tirar a restrição física da sala de aula dos alunos, transformando a busca por conhecimento mais rápida e efetiva (HASHIM, 2018). Entre esses avanços podem ser destacados: (1) o aprendizado a distância, onde é possível obter diplomas e certificados em qualquer lugar do mundo, (2) o compartilhamento de conhecimento, em que pessoas do mundo todo compartilham suas descobertas e facilitam o aprendizado para outros de forma online, (3) materiais de fácil acesso, como eBooks ou livros disponíveis na internet (BUDHWAR, 2017). Dessa forma, com tantos avanços tecnológicos na área, professores e administradores educacionais também devem se adequar para não conflitarem com a nova geração de estudantes, pesquisas confirmam que professores que adequam apropriadamente sua sala de aula com métodos e ferramentas tecnológicas obtém melhores resultados na performance de seus alunos (KESER; SEMERCI, 2019).

#### 1.1.7 Certificados e diplomas

Certificações são usadas há anos por instituições escolares para comprovar o término do bacharelado ou especialização, entretanto, segundo Schmidt (2017) “esta forma datada de sistema credencial limita nossa habilidade de criar novos caminhos na educação”, pois impossibilita quem não tem acesso à educação superior a conseguir um emprego pela falta de um certificado comprovando suas habilidades e experiências, mesmo podendo ser obtidas de formas independentes ou alternativas. Visto isso, é válido buscar por uma alternativa para o sistema de certificação atual que ao mesmo tempo integre essa parte da população para a

sociedade educacional e que não tenha as restrições de certificados do sistema atual (GRECH; CAMILLERI, 2017).

#### 1.1.8 *Smart Education*

Atualmente, a palavra “*Smart*” é atrelada a uma grande quantidade de ferramentas tecnológicas como *smartphones* e *smart houses*, porém o que transforma educação em *smart education* não é apenas o uso de tecnologia em si, mas o jeito que essa tecnologia muda a experiência e o aprendizado do aluno dentro e fora da sala de aula (SINGH; MIAH 2020). A necessidade para a evolução da área educacional tradicional surgiu junto com a evolução tecnológica da sociedade e da formação dos “nativos digitais”, um termo usado para descrever pessoas que não sentem dificuldades em aprender e dominar ferramentas tecnológicas (KIRYAKOVA *et al*, 2018). Dessa forma, a responsabilidade dos educadores de criar um ambiente que já seja familiar para essa nova geração de estudantes se torna maior, porém os resultados de uma implementação bem feita são mais que favoráveis para os alunos (CHANG *et al*, 2017).

### 1.2 Problema da pesquisa

Ao longo dos anos, com a evolução da tecnologia e do mundo digital, o uso e a geração de dados vêm crescendo exponencialmente. Paralelamente, instituições de ensino também aumentaram o uso dessas tecnologias relacionadas na educação, ampliando a demanda por proteção e segurança dessas informações. Processos como emissões de diplomas e certificados, armazenamento de documentos escolares e o registros digitais do aluno tem sido objeto dessa demanda que se amplia (MIRANDA, 2019). A tecnologia blockchain pode ser uma resposta para essas necessidades, podendo garantir a segurança e confiabilidade em seus processos, ampliando a acessibilidade destes, mas possibilitando o surgimento de novos desafios relacionados à implementação da tecnologia (BELOTTI, 2019). Todavia, novos estudos podem elucidar pontos positivos e negativos de uma possível aplicação dessa tecnologia na educação.

### 1.3 Justificativa

Dada a ampliação do uso de recursos tecnológicos na área da educação, o blockchain se torna uma tecnologia viável e pode ser utilizada de várias maneiras, por exemplo na

emissão de históricos escolares ou certificados de conclusão de curso, os quais são ocasionalmente fraudados, podem ser validados virtualmente apenas consultando o histórico de movimentação do blockchain, sem a necessidade de documento físico ou o contato de terceiros (SIMÃO; SILVA, 2018). Além disso, existem outras funcionalidades e características importantes do blockchain que podem beneficiar a área educacional, como: (1) o *ledger* ou livro-razão, onde é salvo todo o histórico de transações e não podem ser apagados ou sobrescritos, (2) a segurança, com todos os mecanismos de segurança como criptografia e mecanismos de consenso, (3) o compartilhamento das informações, todas as informações de transações e o histórico das mesmas é disponível para a visualização de todos os participantes da rede, (4) e o aspecto não centralizado, o fato do sistema ser distribuído torna ele mais seguro (YAGA *et al.* 2018).

## **1.4 Objetivos**

### 1.4.1 Objetivo Geral

Desenvolver uma revisão de literatura sobre a tecnologia blockchain e as possibilidades de aplicação na área de educação.

### 1.4.2 Objetivos Específicos:

- Revisar produções bibliográficas sobre a tecnologia blockchain e o processo da área de educação que dependam de elevados níveis de segurança e confiabilidade.
- Analisar as produções bibliográficas segundo a possibilidade de uso do blockchain na Educação.
- Discutir aspectos positivos e os desafios da implementação da tecnologia na área da educação.

## **1.5 Estrutura do trabalho**

Este trabalho se divide em três capítulos, o primeiro contendo a contextualização do tema, onde é apresentado o referencial teórico, o problema e a justificativa da pesquisa. No segundo capítulo, é apresentado o artigo contendo a revisão dos trabalhos sobre a implementação do blockchain na educação, a discussão sobre os resultados encontrados e a

conclusão do trabalho. Por último, o terceiro capítulo apresenta as referências bibliográficas utilizadas ao decorrer do trabalho.

## **2. O USO DE BLOCKCHAIN NA EDUCAÇÃO**

### **2.1 Introdução**

A tecnologia blockchain é feita por uma base de registro de dados distribuídos e compartilhados, como um *ledger* ou livro-razão, porém público, onde se cria uma segurança pela transparência das transações e pela permanência das mesmas (CHICARINO *et al.*, 2017). Primeiramente conceituada em 2008 para ser usada com a *bitcoin* (NAKAMOTO, 2008), e agora utilizada para NTFs (*non-fungible tokens*) ou tokens não fungíveis, esta tecnologia vem sendo muito discutida no mundo digital (ANTE, 2021).

Com a evolução e mudanças da tecnologia, outras aplicações, para além das do mercado financeiro, estão descobrindo a tecnologia blockchain e suas possíveis aplicações (ZHENG, 2018). Podemos destacar a educação como uma área muito importante, que precisa dos benefícios que o blockchain pode oferecer, por exemplo a confiabilidade de diplomas e certificados, comprovação acessível de formação de curso e habilidades adquiridas na graduação e até a facilitação no processo de mudança de instituição ou de curso (MORAIS; LINS, 2020).

Porém existem muitos desafios que podem ser encontrados na implementação do blockchain, dentre eles estão: (1) como integrar sistemas antigos ou inseri-los em um tempo razoável nessa tecnologia, (2) e o grande uso de energia para transações (MONRAT, 2019). Existem também outros problemas, como por exemplo, a escolha do tipo de blockchain, seja público, privado ou uma junção dos dois, ou como padronizar de sistemas entre instituições educacionais (GRECH; CAMILLERI, 2017).

Neste trabalho será feita desenvolvida uma revisão de literatura sobre o blockchain e como ela poderia contribuir em aplicações na área de educação, a fim de avaliar a utilização desta tecnologia nesta área e os possíveis desafios dessas implementações.

### **2.2 Metodologia da pesquisa**

O trabalho consiste em uma revisão de repositórios e bibliografias acadêmicas cujo foco são as propostas de implementação da tecnologia blockchain na educação. Os artigos foram escolhidos com os seguintes critérios: tema do trabalho; se corresponde ao problema proposto nesta revisão; Termos de busca, eles sendo: Blockchain, Blockchain na Educação e Tecnologia Blockchain; Especificação da pesquisa, onde foi feito uma pergunta para filtrar os

resultados encontrados; Ano de publicação, sendo todos os trabalhos relacionados nos últimos 5 anos; e o idioma do texto, onde foram revisados textos em ambos inglês e português. Esses critérios estão expostos na seguinte tabela. Foram utilizados os repositórios acadêmicos Google Scholar, IEEE Xplore Digital Library e periódicos da Capes na pesquisa das literaturas.

**Tabela 1 - Critérios de pesquisa**

<b>Critérios</b>	<b>Valores</b>
Tema do trabalho	Blockchain na Educação
Termos de busca	Blockchain , Blockchain na Educação, Blockchain in Education
Pergunta qualitativa	O trabalho discute a implementação da tecnologia na educação?
Ano de publicação	De 2017 a 2022
Idioma do texto	Português e Inglês

**Fonte:** Autoral (2022)

Em seguida, foi feito um banco com os artigos selecionados para ordenar a análise dos resultados. A revisão primeiramente foca nos estudos contendo propostas de aplicação do blockchain na educação, em seguida será feita uma avaliação de positivos e negativos das características vistas nas bibliográficas selecionadas.

### 2.3 Resultados

Durante a pesquisa, foi encontrado uma quantidade grande de trabalhos sobre blockchain na educação, porém com a pergunta de especificação da pesquisa, foi possível criar um banco de dados mais preciso com o tema do trabalho com um total de 7 trabalhos selecionados. A tabela 2 apresenta o banco de dados criado.

**Tabela 2 - Banco de dados**

<b>Trabalhos</b>	<b>Repositório</b>	<b>Palavras-chave</b>
GONG, X. <i>et al.</i> , 2018.	IEEE	<i>Education Blockchain, Parallel Education Blockchain.</i>
GRATHER, W. <i>et al.</i> , 2018.	EUSSET	<i>Certification, Blockchain, Smart</i>

		<i>Contract.</i>
STEIU, M. 2020.	First Monday	<i>Blockchain technology, Challenges, Applications.</i>
PARK, J. 2021.	Springer Open	<i>Blockchain in education, Distributed ledgers, Learning.</i>
TURKANOVIC, M. <i>et al.</i> 2018.	IEEE	<i>Blockchain, higher education, ECTS, tokens.</i>
DEENMAHOMED, H. <i>et al.</i> 2021.	Wiley Online Library	<i>Blockchain, certificate, education, smart contract, wallet.</i>
VIDAL, F. <i>et al.</i> 2019.	IEEE	<i>Blockchain, Blockcerts, higher education, digital diplomas</i>

**Fonte:** Autoral (2022)

### 2.3.1 Parallel-Education-Blockchain Driven Smart Education: Challenges and Issues. (GONG ET AL., 2018)

O trabalho apresenta duas propostas de implementação do blockchain na educação, fazendo ajustes e correções dos próprios sistemas propostos, o autor começa propondo um modelo chamado “*Whole Education Blockchain*”, ou “*Whole-Edu*” para abreviar-lo, que utiliza um tipo de armazenamento chamado “*distributed + central dual storage mechanism*” que consiste na separação dos dados da forma que, o endereço dos dados é armazenado no blockchain e os dados em si em um banco de dados central. Este modelo também utiliza uma forma de mecanismo de consenso duplo, usando um consenso mais leve com a educação formal já que os objetivos são mais definidos, e um consenso mais restrito com a educação informal.

O próprio autor aponta problemas nesta aplicação, como problemas no mecanismo de armazenamento, onde se teve dificuldades em definir como os dados serão escolhidos para serem armazenados ou no blockchain ou no banco de dados, e problemas no mecanismo de consenso, onde o autor menciona que existe espaço para melhorar a efetividade e a igualdade entre os usuários com os mecanismos existentes, como é destacado, o *proof-of-work*, que requer um poder computacional alto, e o *proof-of-stake*, que requer uma quantia de criptomoedas, como mecanismos que centralizam o poder nas mãos de um grupo pequeno de usuários, conflitando com o conceito de descentralização do blockchain.

Com os conceitos de “*parallel intelligence theory*” e blockchain paralela, é proposto um modelo funcional chamado “*Parallel Whole-Edu Driven Intelligent Education*”, que utiliza um sistema artificial paralelo para fazer experimentos e otimizações para resolver os problemas apontados anteriormente.

O trabalho conclui destacando como blockchains e *smart education* se complementam naturalmente, onde *smart education* aprimora processos educacionais e blockchains aprimoram os resultados desses processos. O autor também levanta discussões sobre quais tipos de dados realmente precisam ser armazenados no blockchain, e como a big data de cada indivíduo no blockchain pode afetar a velocidade do sistema ou da internet utilizada.

### 2.3.2 Blockchain for Education: Lifelong Learning Passport. (GRATHER ET AL., 2018)

Este artigo propõe a plataforma “*Blockchain for Education*” que tem como objetivo principal aprimorar o sistema de certificados do sistema de educação, dando apoio a proteção contra falsificações e dando segurança ao acesso e à gestão desses certificados. Inicialmente é detalhado o processo de produção de certificados e o autor destaca a vantagem de certificados físicos, onde existe sistemas de segurança embutidos contra a falsificação do documento e o usuário pode guardar o documento facilmente, porém é apontado também as desvantagens, por exemplo o fato de ser manual a verificação da veracidade desses documentos e a necessidade das autoridades de certificações terem que manter uma base de dados desses certificados por um longo período de tempo. Também é discutido os certificados digitais, onde é mencionado que a gestão e o uso desse tipo alternativo é mais simplificado, porém é necessário mais esforço para dar segurança para o registro e um novo padrão de assinaturas digitais precisa ser utilizado para possibilitar a validação global do documento.

Após a produção da plataforma é observado as principais vantagens da utilização do blockchain para a certificação digital, o armazenamento descentralizado e imutável dos certificados, implementar um sistema que simplifica a validação de certificados, e a possibilidade de ter as entidades que fazem esse processo de validação dentro do blockchain.

O autor faz uma comparação com uma plataforma já implementada chamada “*Blockcerts*” que também dá apoio para o processo de certificações usando o blockchain. O texto afirma que a plataforma utiliza apenas o sistema do Bitcoin como base do blockchain e

com isso não consegue utilizar *smart contracts*, porém atualmente já é utilizado o Ethereum e já foi criada a adição de *smart contracts* na plataforma.

O artigo conclui discutindo as limitações do atual protótipo do sistema, uma limitação citada foi a vulnerabilidade do sistema caso a chave de autorização do autorizador do bloco específico for perdida ou comprometida, como a plataforma funciona a base de hierarquia, nessa situação o bloco inteiro será afetado. Outra limitação mencionada é da utilização do Ethereum como base do blockchain, onde é necessário a quantia monetária para a autorização de transações, porém o autor sugere uma possível solução usando um *proxy*, ou um agente, para receber o pagamento do usuário e poder reembolsar o usuário após a aprovação da transação.

### 2.3.3 Blockchain in education: Opportunities, applications, and challenges. (STEIU, 2020)

Este trabalho foca em duas perguntas sobre a implementação de blockchain na educação: como a tecnologia pode melhorar a performance de instituições escolares e o aprendizado de seus alunos; e quais são os obstáculos dessa implementação na área da educação.

A autora afirma que o processo de ensinar e aprender pode ser melhorado pela implementação das seguintes formas: empoderamento dos alunos, onde com o blockchain dados dos alunos não são controlados pela universidade, e sim pelo próprio estudante, podendo armazenar conhecimento de dentro e fora da sala de aula e ter controle de quem acessa esses dados; aprimoramento de segurança e eficiência do sistema educacional, utilizando as características do blockchain, muitas instituições podem economizar tempo e dinheiro em operações escolares; e a introdução de confiança e transparência, dando a certeza para empregadores que o candidato realmente tem as habilidades para operar na área de trabalho.

As aplicações atuais da tecnologia na educação também são discutidas, mencionando dois tipos: certificações e gestão de identidades, onde a plataforma “*Digital Credentials Consortium*”, que é liderada pelo MIT e também apoiada por várias universidades globalmente, e outras plataformas como *Blockcerts*, *Open Source University*, *BCDiploma* são destaques dessa tecnologia no sistema educacional atual; O outro tipo de aplicação mencionado é o aprimoramento e a motivação do aprendizado vitalício, onde são destacados

start-ups com esse objetivo, como *BitDegree*, uma plataforma de educação online que utiliza da gamificação para incentivar a conclusão de cursos, e o “ODEM.io”, onde a plataforma utiliza tokens para o aluno interagir com profissionais que oferecem uma educação personalizada.

O trabalho conclui com os desafios da implementação do blockchain, é mencionado os desafios de escalabilidade, onde existe o problema de transações no blockchain se tornarem lentas demais pela quantidade grande de dados, é argumentado que a escalabilidade da blockchain privada é mais fácil e barata que a de uma blockchain pública, porém existe o “*The Scaling Trilemma*” que afirma que blockchains apenas conseguem focar em duas das três seguintes propriedades, descentralização, escalabilidade e segurança. Outros desafios mencionados são os de segurança e privacidade de dados, onde é afirmado que assegurar privacidade quando se provém segurança ao mesmo tempo é muito difícil, o desafio da adoção do mercado, onde é necessário que governos adotem a ideia da tecnologia blockchain para ela prosperar verdadeiramente, e o desafio de inovação, onde autores afirmam que muitas propostas de implementação da tecnologia são atrativas porém muito imaturas conduzindo para a falha da ideia.

#### 2.3.4 Promises and Challenges of Blockchain in Education. (PARK, 2021)

O foco deste trabalho é a investigação dos possíveis e atuais impactos que a implementação da tecnologia blockchain tem na educação. O autor cita outros trabalhos nos quais afirmam que a educação está atualmente no período da *Big Data*, redes sociais em massa e tecnologias como *machine learning* e inteligência artificial, porém a próxima tendência tecnológica e socioeconômica será o blockchain.

É afirmado também que muitos usos do blockchain ainda estão no nível de blockchain 1.0 e 2.0 e poucos projetos conseguem chegar ao blockchain 3.0, porém é mencionado o “*The Project Connect*” da UNICEF (*United Nations International Children's Emergency Fund*) onde existem vários projetos educacionais usando blockchain como trazer tecnologias open source para comunidades, investimento em outros projetos educacionais, financiamento institucional, e outros.

São destacados exemplos de blockchains já aplicadas no mundo real, é mencionado a universidade de Nicósia em Chipre, onde foi a primeira universidade no mundo a

disponibilizar certificados acadêmicos com verificação de autenticidade pelo blockchain do Bitcoin, outro exemplo é o da escola Holburton em São Francisco que usa uma blockchain intra institucional para a autenticação de certificados. Também é mencionado um exemplo da empresa japonesa Sony, que desenvolveu uma tecnologia blockchain para o compartilhamento de proficiência acadêmica e a possibilidade de registrar o progresso de aprendizado.

Em sua conclusão, o autor se mostra contra a ideia de implementar blockchain na educação e é mais uma moda passageira do que uma solução real para os vários problemas do sistema educacional, mencionando problemas como o grande gasto de energia e dinheiro para a mineração no caso de *proof-of-work*, a dificuldade da não inclusão de terceiros como o governo na implementação, e a falta de sustentabilidade tanto do sistema em si quanto o valor dos registros no blockchain podem não ser sustentáveis ao longo prazo. Além disso, o autor levanta discussões sobre a ética do blockchain na educação, todas as instituições de ensino são confiáveis? Qual seria a métrica para mensurar a confiabilidade de uma instituição que utiliza blockchain? É desejável para alunos que seus registros sejam imutáveis?

### 2.3.5 EduCTX: A Blockchain-Based Higher Education Credit Platform. (TURKANOVIC ET AL., 2018)

Este trabalho propõe a plataforma chamada "EduCTX", desenvolvida para ser utilizada em ensino superior, é utilizado tokens chamados "ECTX" como crédito acadêmico, que são baseados no sistema europeu ECTS (*European Credit Transfer and Accumulation System*) onde o aluno também recebe crédito ao longo do término de cursos, porém o EduCTX utiliza a tecnologia blockchain para o armazenamento desses tokens.

O protótipo é implementado em cima da plataforma blockchain open source "ARK", que além de ser uma criptomoeda é um ecossistema projetado para adoção em massa do blockchain tendo flexibilidade e disponibilidade de várias opções, como mais de 12 línguas de programação e a grande quantidade de APIs que podem ser implementadas. O objetivo do autor é desenvolver a plataforma para ser mais aberta possível, ao mesmo tempo oferecendo segurança e velocidade nas transações dentro do blockchain.

É também detalhado a forma que o mecanismo de consenso e o tipo de blockchain são utilizados neste protótipo, é utilizado uma variação do mecanismo *proof-of-stake* chamado

*delegated-proof-of-stake*, onde usuários como as instituições de ensino podem denominar outras instituições para se juntar aos administradores do blockchain utilizando suas ações como voto. A plataforma ARK é originalmente uma blockchain pública, porém foi adaptada para se tornar uma blockchain consorcia, onde usuários como alunos só podem participar da plataforma após provar sua identidade para a instituição.

O trabalho conclui enfatizando que a intenção do autor com a plataforma EduCTX não é substituir os sistemas de crédito atual, mas aprimorá-los trazendo mais transparência e automatização para otimizar processos administrativos no sistema educacional, tentando unificar alunos e instituições escolares globalmente.

### 2.3.6 The future of university education: Examination, transcript, and certificate system using blockchain. (DEENMAHOMED ET AL., 2021)

O trabalho em questão tem o foco em fazer uma análise do blockchain, primeiramente fazendo um estudo envolvendo a tecnologia, discutindo outras propostas que já existem, e após essa análise apresentar um sistema blockchain feito pelos autores, no qual não deram nome para o sistema desenvolvido.

Primeiramente é discutido os aspectos positivos e negativos da utilização do blockchain, dentre os positivos são mencionados a autonomia de dados, confiabilidade, transparência, imutabilidade e a descentralização. Entre os negativos existem dois pontos destacados: a performance lenta de sistemas blockchain em comparação com sistemas tradicionais, principalmente pelo fato de que cada bloco criado deve ser propagado na rede inteira, trazendo assim a transparência para todos os usuários, porém o próprio autor traz como contraponto o exemplo da plataforma “*Hyperledger Fabric*”, onde é adotado o tipo de blockchain consorcia, sacrificando a descentralização porém aprimorando a velocidade do sistema; o segundo ponto negativo é a fragilidade em smart contracts, onde é mencionado um caso de 2016 no qual foi encontrado uma falha em um contrato, resultado em uma perda de 150 milhões de dólares.

É feita uma descrição detalhada sobre o sistema desenvolvido, como o tipo de blockchain, onde foi utilizada a blockchain consorcia para uma melhor performance no tempo de operações, e o mecanismo de consenso, onde é utilizado um *proof-of-authority* modificado

que consiste no sistema verificando as informações do usuário para poder autorizá-lo a fazer alterações nos blocos.

Após o desenvolvimento foram feitos testes para determinar as forças e as fraquezas do sistema, dentre as forças foi possível destacar a facilidade de utilização, a disponibilidade e a autonomia da geração de certificados, e entre as fraquezas foi observado uma expectativa de uma performance mais lenta no sistema proporcional a grande quantidade de dados, e que smart contracts são propícios a falhas que usuários maliciosos possam utilizar para benefício próprio.

### 2.3.7 Analysis of Blockchain Technology for Higher Education. (VIDAL ET AL., 2019)

Este trabalho tem como objetivo desenvolver um protótipo de implementação da plataforma *Blockcerts* dentro da Universidade Fernando Pessoa seguindo os requerimentos necessários da universidade, a aplicação foi implementada apenas com o objetivo de armazenar informações do diploma dos alunos.

É mencionado pelo autor que existem várias plataformas com a funcionalidade de armazenar registros acadêmicos e ter controle da sua utilização, por exemplo “*OpenCerts*” desenvolvido pelo governo de Singapura e o “*BTCert*” pela Universidade de Birmingham, porém foi escolhido especificamente a plataforma *Blockcerts* pela sua disponibilidade de ser gratuito e ter um código aberto para todos. Também é detalhado como componentes da plataforma foram implementados na universidade para a realização dos testes: *cert-tools* é um componente de configuração e formatação de diplomas, onde o nome do aluno e curso são modificados dinamicamente e automaticamente; o *cert-issuer* faz a função de emitir e armazenar diplomas em massa em uma única transação no bloco, isto reduz o custo e torna a aplicação economicamente viável; o *cert-viewer* gera uma representação gráfica do diploma e disponibiliza a validação do mesmo; e o último componente, a *Blockcerts wallet* gerencia as informações do diploma de cada aluno protegida por uma senha.

Experimentos para calcular uma aproximação do custo da produção de diplomas foram feitos utilizando o Bitcoin, a criação de um bloco para apenas um diploma custa aproximadamente \$5 USD, porém um bloco tem a capacidade de até 2000 diplomas, utilizando a capacidade máxima o custo de cada diploma reduz para \$0,0025 dólares.

O trabalho conclui afirmando que a tecnologia blockchain é apropriada para a gestão de diplomas acadêmicos, tornando o aluno mais independente e tirando a necessidade de instituições escolares têm de validar a autenticidade de diplomas. Também é sugerido que esta solução é segura, pois utiliza uma tecnologia conhecida e que já foi provada sua segurança quando usada de forma conveniente.

**Tabela 3 - Síntese dos resultados**

<b>Artigo</b>	<b>Vantagens</b>	<b>Desvantagens</b>
GONG, X. <i>et al.</i> , 2018.	Utilização da “parallel intelligence theory” e blockchain paralela permite fazer experimentos e otimizações no sistema.	Dificuldades em definir um mecanismo de armazenamento e consenso para o sistema.
GRATHER, W. <i>et al.</i> , 2018.	Armazenamento descentralizado, simplificação no processo de validação de certificados.	Vulnerabilidade do sistema pela chave de autorização, necessidade de uma quantia monetária para transações no Ethereum.
STEIU, M. 2020.	Empoderamento dos alunos, aprimoramento de segurança e eficiência, transparência nos dados.	Desafios na escalabilidade de sistemas blockchain, privacidade dos dados, desafios na adoção do mercado.
PARK, J. 2021.	Existem empresas e instituições escolares já utilizando blockchain.	Grande gasto de energia do <i>proof-of-work</i> , dificuldade de não incluir terceiros, falta de sustentabilidade do sistema, problemas éticos sobre a utilização do blockchain.
TURKANOVIC, M. <i>et al.</i> 2018.	Aprimoramento de sistemas atuais tornando-os mais transparentes, eficientes e simplificados.	Vulnerabilidade do sistema pela chave de autorização.
DEENMAHOMED, H. <i>et al.</i> 2021.	Autonomia de dados, confiabilidade, imutabilidade, transparência, descentralização.	Performance lenta após a introdução de uma grande quantidade de dados, vulnerabilidade de smart contracts.
VIDAL, F. <i>et al.</i> 2019.	Independência dos alunos com a utilização de seus dados, instituições não precisam validar manualmente certificados.	Dificuldades na revogação de certificados já emitidos.

**Fonte:** Autoral (2022)

## 2.4 Discussão

Diante os resultados obtidos, é possível observar que a tecnologia blockchain ainda está caminhando para se integrar ao sistema educacional, a grande maioria dos artigos analisados são de propostas que ainda não se concretizaram ou não prosseguiram no desenvolvimento do projeto e aplicações reais mencionadas são apenas de suporte para sistemas atuais. Porém, segundo Vidal (2020), é possível implementar soluções seguras com a tecnologia blockchain, por exemplo na gestão de certificados acadêmicos, é afirmado pelo autor que este tipo de aplicação é mais seguro que métodos tradicionais e é completamente possível de ser adotado por instituições escolares.

Muitos trabalhos fazem menção de plataformas já existentes de blockchain na educação, vale destacar as que podem ser adotadas e utilizadas por instituições, por exemplo *Digital Credentials Consortium*, *BCDiploma*, *OpenCerts* são plataformas que incentivam a colaboração para o registro, publicação e validação de certificados digitais. Pode-se destacar também a plataforma mais completa e mais mencionada *Blockcerts*, desenvolvida pelo MIT, essa solução foi criada com um código aberto em mente para que mais pesquisadores e instituições possam desenvolver seus próprios sistemas utilizando o blockchain (VIDAL, 2019). Porém, o *Blockcerts* sofre com o problema da revogação de certificados, onde o método atual requer que um ou os dois envolvidos, aluno ou instituição, gaste a criptomoeda atrelada ao certificado no blockchain, isto cria uma dificuldade de adoção pois com esse sistema é necessário pagar para a invalidar o certificado, além de aumentar a quantidade de informação desnecessária dentro do sistema (KAZAKZEH, 2019).

Sabendo disso, autores como Park (2021), argumentam que ainda existem problemas impedindo a implementação dessa tecnologia atualmente, um problema mencionado pelo autor é o mecanismo de consenso *proof-of-work* utilizado pelo Bitcoin, que além de ter um grande custo de manutenção de máquinas também exige um custo enorme de energia, porém atualmente existem soluções como o Ethereum e o mecanismo *proof-of-stake* que reduzem significativamente essa utilização de energia. Outro problema mencionado pela maioria dos trabalhos é a escalabilidade do sistema, onde com o crescimento de dados ao longo do tempo a velocidade do sistema e das transações irá diminuir paralelamente (MA, 2020. ALAMMARY, 2019), para solucionar este problema seria necessário abrir mão da

característica de descentralidade do blockchain, aplicando o tipo de blockchain consorcio, que é mais fácil e mais fácil e barato de escalar comparado a blockchains públicas (STEIU, 2020). A dependência de chaves privadas também é um problema relevante, na situação em que uma autoridade perder sua chave todo o sistema pode ser afetado (GRATHER et al, 2018), no caso do aluno ele poderá perder a habilidade de visualizar seus certificados obtidos.

Além de problemas técnicos foi descoberto problemas éticos envolvendo a aplicação do blockchain na educação, um dos fundamentos principais do blockchain é confiança, e geralmente alunos são tratados como o indivíduo que se deve desconfiar, porém como podemos saber se a instituição de ensino é confiável? Alunos de uma instituição não confiável podem estar sujeitos ao julgamento duvidoso de um resultado que ficará imutável no blockchain, com o blockchain além do aluno estar potencialmente mais exposto na relação aluno e universidade, ele também pode sofrer com a imutabilidade de resultados. De acordo com LaPointe e Fishbane (2019) o blockchain na educação também pode reforçar preconceitos e discriminações sociais na instituição, usuários precisariam registrar sua religião ou orientação sexual? Até que ponto é exigido transparência desses dados do usuário? Novamente a imutabilidade entra em questão, na situação em que um aluno ou funcionário mudar de nome, religião ou orientação sexual, a permanência de dados não traz benefícios, e deve ser investigada uma maneira de contornar ou resolver esses problemas.

## **2.5 Conclusão**

Neste trabalho foi possível observar que o blockchain pode trazer benefícios para a educação, porém existem desafios relacionados a adoção dessa tecnologia nesta área. O blockchain pode ser implementado como uma plataforma de suporte para os sistemas atuais, sendo utilizado na certificação ou registro de documentos, utilizando as plataformas já existentes. É possível oferecer ao aluno a possibilidade ou não de uso da tecnologia e traduzindo-se em flexibilidade de escolha dos alunos. Ainda é preciso avanços na tecnologia para resolver o principal problema de escalabilidade para a possibilidade de uma substituição dos sistemas atuais, e questões relacionadas às práticas éticas no uso de informações dos históricos acadêmicos. Trabalhos futuros podem abordar estes problemas em específico.

### 3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALAMMARY, Ali. et al. **Blockchain-based applications in education: A systematic review.** Applied Sciences. 13. Junho de 2019. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/2076-3417/9/12/2400/htm>> Acesso em: 11. Novembro de 2022

ANTE, Lennart. **Non-fungible token (NFT) markets on the Ethereum blockchain: Temporal development, cointegration and interrelations.** SSRN. 16. Agosto de 2021. Disponível em: <[https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract\\_id=3904683](https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3904683)> Acesso em: 22. Agosto de 2022.

ANTE, Lennart. **Smart contracts on the blockchain—A bibliometric analysis and review.** Telematics and Informatics. 16. Outubro de 2020. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0736585320301787>> Acesso em: 5. Setembro de 2022.

BELOTTI, Marianna. et al. **A vademecum on blockchain technologies: When, which, and how.** IEEE. 9. Julho de 2019. Disponível em: <<https://www.archives-ouvertes.fr/hal-01870617/>> Acesso em: 22. Agosto de 2022.

BUDHWAR, Kanika. **The role of technology in education.** International journal of engineering applied sciences and technology. Dezembro de 2017. Disponível em: <<http://www.ijeast.com/papers/55-57, TESMA208, IJEAST.pdf>> Acesso em: 9. Setembro de 2022.

CHANG, Carl K. et al. **Advances in Learning Technologies.** Computer. 19. Maio de 2017. Disponível em: <<https://www.computer.org/csdl/magazine/co/2017/05/mco2017050014/13rRUx0xPA6>> Acesso em: 11. Setembro de 2022.

CHICARINO, V. R. et al. **Uso de Blockchain para privacidade e segurança em internet das coisas.** Livro de Minicursos do VII Simpósio Brasileiro de Segurança da Informação e de Sistemas Computacionais. Brasília: SBC, 28. Novembro de 2017. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/321966650\\_Uso\\_de\\_Blockchain\\_para\\_Privacidade\\_e\\_Seguranca\\_em\\_Internet\\_das\\_Coisas](https://www.researchgate.net/publication/321966650_Uso_de_Blockchain_para_Privacidade_e_Seguranca_em_Internet_das_Coisas)> Acesso em: 22. Março de 2022.

CORDEIRO, Karolina Maria de Araújo. **O Impacto da Pandemia na Educação: A Utilização da Tecnologia como Ferramenta de Ensino.** Faculdade IDAAM, Amazonas, 2020. Disponível em: <<http://idaam.siteworks.com.br/jspui/handle/prefix/1157>> Acesso em: 17. Maio de 2022.

DEENMAHOMED, Haidar A. M., et al. **The future of university education: Examination, transcript, and certificate system using blockchain.** Computer Applications in Engineering Education. 4. Janeiro de 2021. Disponível em: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/cae.22381>> Acesso em: 1. Novembro de 2022.

GONG, Xiaoyan, et al. **Parallel-Education-Blockchain Driven Smart Education: Challenges and Issues.** Chinese Automation Congress. 2018. Disponível em: <<https://ieeexplore.ieee.org/document/8623198>> Acesso em: 28. Setembro de 2022.

GRATHER, Wolfgang, et al. **Blockchain for Education: Lifelong Learning Passport.** European Society for Socially Embedded Technologies. 18. Maio de 2018. Disponível em:

<[https://dl.eusset.eu/bitstream/20.500.12015/3163/1/blockchain2018\\_07.pdf](https://dl.eusset.eu/bitstream/20.500.12015/3163/1/blockchain2018_07.pdf)> Acesso em: 11. Outubro de 2022.

GRECH, Alexander. CAMILLERI, Anthony F. **Blockchain in education**. Luxembourg: Publications Office of the European Union 2017, 132 S. Janeiro de 2017. Disponível em: <[https://www.pedocs.de/frontdoor.php?source\\_opus=15013](https://www.pedocs.de/frontdoor.php?source_opus=15013)> Acesso em: 28. Março de 2022.

HASIM, Harwati. **Application of technology in the digital era education**. International Journal of Research in Counseling and Education, Vol. 2, pp 1-5. Maio de 2018. Disponível em: <<http://ppsfip.ppj.unp.ac.id/index.php/ijrice/article/download/2/81>> Acesso em: 17. Maio de 2022.

HEWA, Tharaka, et al. **Survey on blockchain based smart contracts: Applications, opportunities and challenges**. Journal of Network and Computer Applications. 20. Setembro de 2021. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1084804520303234>> Acesso em: 5. Setembro de 2022.

ISMAIL, Leia. MATERWALA, Huned. **A review of blockchain architecture and consensus protocols: Use cases, challenges, and solutions**. Symmetry. 24. Setembro de 2019. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/2073-8994/11/10/1198>> Acesso em: 3. Setembro de 2022.

KAZAKZEH, Saif, et al. **Framework for Blockchain Deployment: The Case of Educational Systems**. IEEE. 9. Outubro de 2019. Disponível em: <<https://ieeexplore.ieee.org/document/8923025>> Acesso em: 17. Novembro de 2022.

KESER, Hafize. SEMERCI, Ali. **Technology trends, Education 4.0 and beyond**. Contemporary Educational Researches Journal. 19. Agosto de 2019. Disponível em: <<https://www.un-pub.eu/ojs/index.php/cerj/article/view/4269>> Acesso em: 9. Setembro de 2022.

KHAN, Shafaq Naheed, et al. **Blockchain smart contracts: Applications, challenges, and future trends**. Peer-to-peer Networking and Applications. 18. Abril de 2021. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007/s12083-021-01127-0>> Acesso em: 5. Setembro de 2022.

KIRYAKOVA, Gabriela, et al. **The Potential of Augmented Reality to Transform Education into Smart Education**. TEM Journal. 26. Agosto de 2018. Disponível em: <[https://www.temjournal.com/content/73/TemJournalAugust2018\\_556\\_565.pdf](https://www.temjournal.com/content/73/TemJournalAugust2018_556_565.pdf)> Acesso em: 11. Setembro de 2022.

LAPOINTE, Cara. FISHBANE, Lara. **The Blockchain Ethical Design Framework**. Innovations: Technology, Governance, Globalization. 1. Janeiro de 2019. Disponível em: <<https://direct.mit.edu/itgg/article/12/3-4/50/9845/The-Blockchain-Ethical-Design-Framework>> Acesso em: 15. Novembro de 2022.

LI, Xiaoqi. et al. **A Survey on the security of blockchain systems**. Future Generation Computer Systems. 14. Agosto de 2017. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0167739X17318332>> Acesso em: 3. Setembro de 2022.

LIANG, Ying-Chang. **Blockchain for Dynamic Spectrum Management**. Dynamic Spectrum Management (pp.121-146). Janeiro de 2020 Disponível em:

- <[https://www.researchgate.net/publication/337306138\\_Blockchain\\_for\\_Dynamic\\_Spectrum\\_Management](https://www.researchgate.net/publication/337306138_Blockchain_for_Dynamic_Spectrum_Management)> Acesso em: 12. Abril de 2022.
- MA, Yan. FANG, Yiming. **Current status, issues, and challenges of blockchain applications in education.** International Journal of Emerging Technologies in Learning (IJET). 26. Junho de 2020. Disponível em: <<https://www.learntechlib.org/p/217567/>> Acesso em: 11. Novembro de 2022.
- MIRANDA, Dérick Souza. **Blockchain na educação: uso da tecnologia como prova de existência de diplomas e certificados.** UNESCO. Dezembro de 2019. Disponível em: <<http://repositorio.unesc.net/handle/1/8201>> Acesso em: 22. Março de 2022.
- MONRAT, Ahmed Afif. et al. **A survey of blockchain from the perspectives of applications, challenges, and opportunities.** IEEE. 19. Agosto de 2019. Disponível em: <<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8805074>> Acesso em: 22. Agosto de 2022.
- MORAIS, Anderson Melo de. LINS, Fernando Antonio Aires. **Uso de Blockchain na Educação: Estado da arte e desafios em aberto.** Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento. Ano 05, Ed. 10, Vol. 22, pp. 78-100. Outubro de 2020. Disponível em: <<https://www.nucleodoconhecimento.com.br/tecnologia/uso-de-blockchain>> Acesso em: 28. Março de 2022.
- MOREIRA, Kleber Brito. **Blockchain – Tecnologia, Arquitetura e Aplicações.** Universidade de Brasília – UnB. Dezembro de 2019. Disponível em: <[https://bdm.unb.br/bitstream/10483/26357/1/2019\\_KleberBritoMoreira\\_tcc.pdf](https://bdm.unb.br/bitstream/10483/26357/1/2019_KleberBritoMoreira_tcc.pdf)> Acesso em: 12. Abril de 2022.
- MORELAND, Kirsty. **What is Proof-of-Stake.** 23. Outubro de 2019. Disponível em: <<https://www.ledger.com/academy/blockchain/what-is-proof-of-stake>> Acesso em: 16. Dezembro de 2022.
- MORELAND, Kirsty. **What is Proof-of-Work.** 23. Outubro de 2019. Disponível em: <<https://www.ledger.com/academy/blockchain/what-is-proof-of-work>> Acesso em: 16. Dezembro de 2022.
- NAKAMOTO, Satoshi. **Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System.** 24. Março de 2009. Disponível em: <<https://bitcoin.org/bitcoin.pdf>> Acesso em: 22. Agosto de 2022.
- NOFER, Michael. et al. **Blockchain.** Business & Information Systems Engineering. 20. Março de 2017. Disponível em: <<http://cs.unibo.it/~danilo.montesi/CBD/Articoli/2017Blockchain.pdf>> Acesso em: 26. Março de 2022.
- PARK, Jae. **Promises and challenges of Blockchain in education.** Smart Learning Environments. 30. Novembro de 2021. Disponível em: <<https://slejournal.springeropen.com/articles/10.1186/s40561-021-00179-2>> Acesso em: 27. Outubro de 2022.
- RAJA, R. NAGASUBRAMANI, P. C. **Impact of modern technology in education.** Journal of Applied and Advanced Research. 21. Abril de 2018. Disponível em: <[https://www.academia.edu/43582805/Impact\\_of\\_modern\\_technology\\_in\\_education?from=cover\\_page](https://www.academia.edu/43582805/Impact_of_modern_technology_in_education?from=cover_page)> Acesso em: 9. Setembro de 2022.
- SCHMIDT, J. Philipp. **Credentials, Reputation, and the Blockchain.** 24. Abril de 2017. Disponível em:

<<https://er.educause.edu/articles/2017/4/credentials-reputation-and-the-blockchain>> Acesso em: 17. Maio de 2022.

SIMÃO, Guilherme Felipe. SILVA, Gustavo Gomes. **A tecnologia Blockchain aplicada a educação.** Uniube. 22. Dezembro de 2018. Disponível em: <<https://repositorio.uniube.br/handle/123456789/517>> Acesso em: 22. Março de 2022.

SINGH, Harpreet. MIAH, Shah J. **Smart education literature: A theoretical analysis.** Education and Information Technologies. 29. Janeiro de 2020. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007/s10639-020-10116-4>> Acesso em: 11. Setembro de 2022.

STEIU, Mara-Florina. **Blockchain in education: Opportunities, applications, and challenges.** First Monday. 7. Junho de 2020. Disponível em: <<https://firstmonday.org/ojs/index.php/fm/article/view/10654/9726>> Acesso em: 18. Outubro de 2022.

SYED, Toqeer Ali. et al. **A comparative analysis of blockchain architecture and its applications: Problems and recommendations.** IEEE. 4. Dezembro de 2019. Disponível em: <<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8922632>> Acesso em: 3. Setembro de 2022.

TURKANOVIC, Muhamed, et al. **EduCTX: A Blockchain-Based Higher Education Credit Platform.** IEEE. 5. Janeiro de 2018. Disponível em: <<https://ieeexplore.ieee.org/document/8247166>> Acesso em: 30. Outubro de 2022.

VIDAL, Fernando, et al. **Análise e aplicação da tecnologia blockchain na gestão de diplomas do ensino superior.** Repositório Institucional da Universidade Fernando Pessoa. 22. Outubro de 2020. Disponível em: <<https://bdigital.ufp.pt/handle/10284/9076?mode=full>> Acesso em: 9. Novembro de 2022.

VIDAL, Fernando, et al. **Analysis of Blockchain Technology for Higher Education.** IEEE. 17. Outubro de 2019. Disponível em: <<https://ieeexplore.ieee.org/document/8945824>> Acesso em: 4. Novembro de 2022.

WUST, Karl. GERVAIS, Arthur. **Do you need a Blockchain?** IEEE. 27. Julho de 2018. Disponível em: <<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8525392>> Acesso em: 2. Setembro de 2022.

YAGA, Dylan. et al. **Blockchain technology overview.** arXiv. 1. Outubro de 2018. Disponível em: <<https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/1906/1906.11078.pdf>> Acesso em: 4. Setembro de 2022.

ZHENG, Zibin. et al. **An overview of blockchain technology: Architecture, consensus, and future trends.** IEEE. 8. Junho de 2017. Disponível em: <<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8029379>> Acesso em: 2. Setembro de 2022.

ZHENG, Zibin. et al. **Blockchain challenges and opportunities: A survey.** International journal of web and grind services. 11. Outubro de 2018. Disponível em: <<https://allquantor.at/blockchainbib/pdf/zheng2018blockchain.pdf>> Acesso em: 22. Agosto de 2022.