

CENTRO UNIVERSITÁRIO BRASILEIRO - UNIBRA
CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO.

Gleysson da Silva Patricio
Jullia Maria Soares de Melo
Sabrina do Nascimento Matos de Sousa

Blockchain nas indústrias 4.0

RECIFE

2023

Gleysson da Silva Patricio
Jullia Maria Soares de Melo
Sabrina do Nascimento Matos de Sousa

Blockchain nas indústrias 4.0

Trabalho de conclusão de curso apresentado à
Disciplina TCC do Curso de Engenharia de
Produção do Centro Universitário Brasileiro -
UNIBRA, como parte dos requisitos para
conclusão do curso.

Orientador: Me. Mario Mardone da Silva

Coorientadora: Me. Rebeca Ferreira Lemos
Vasconcelos

RECIFE

2023

Ficha catalográfica elaborada pela
bibliotecária: Dayane Apolinário, CRB4- 2338/ O.

P314b Patricio, Gleysson da Silva.
Blockchain nas indústrias 4.0/ Gleysson da Silva Patricio; Jullia Maria Soares de Melo; Sabrina do Nascimento Matos de Sousa. - Recife: O Autor, 2023.

32 p.

Orientador(a): Me. Mario Mardone da Silva.

Coorientador(a): Me. Rebeca Ferreira Lemos Vasconcelos.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Centro Universitário Brasileiro – UNIBRA. Bacharelado em Engenharia de Produção, 2023.

Inclui Referências.

1. Blockchain. 2. Indústrias 4.0. 3. Segurança. I. Melo, Jullia Maria Soares de. II. Sousa, Sabrina do Nascimento Matos de. III. Centro Universitário Brasileiro. - UNIBRA. IV. Título.

CDU: 658.5

“O que sabemos é uma gota, o que ignoramos é um oceano.”

Isaac Newton

RESUMO

A quarta revolução industrial, conhecida como indústria 4.0, trouxe consigo avanços significativos em automação, conectividade e análise de dados, é um conceito que engloba diversas tecnologias como: big data, internet industrial das coisas, robótica, veículos autônomos, cadeia de suprimentos entre outros, com o objetivo de melhorar a eficiência e produtividade nos processos. Para todas as tecnologias a segurança é o ponto chave para a que a comunicação ocorra de forma eficiente e segura, sendo assim garantir que as informações permaneçam dentro da rede privada evitando que usuários externos tenham acesso aos dados de forma indesejada é indispensável, uma tecnologia mais recente capaz de agregar camadas de segurança, integridade e confiança aos dados é o blockchain que possui uma arquitetura descentralizada garantindo assim que todo o tráfego de informações esteja disponível para todos com acesso a rede. Esta pesquisa exploratória apresenta as principais características do blockchain, sua origem e seu funcionamento no geral, além de apresentar sua aplicabilidade no ambiente corporativo.

Palavras-Chave: Blockchain; Indústrias 4.0; Segurança.

ABSTRACT

The fourth industrial revolution, known as industry 4.0, brought with it significant advances in automation, connectivity and data analysis. It is a concept that encompasses several technologies such as: big data, industrial internet of things, robotics, autonomous vehicles, supply chain and others. With the aim of improving efficiency and productivity in processes. For all technologies, security is the key point for communication to occur efficiently and safely, therefore ensuring that information remains within the private network, preventing external users from having unwanted access to data is essential. A more recent technology capable of adding layers of security, integrity and trust to data is the blockchain, which has a decentralized architecture, thus ensuring that all information traffic is available to everyone with access to the network. This exploratory research presents the main characteristics of blockchain, its origin and its general functioning, as well as presenting its applicability in the corporate environment.

Keywords: Blockchain; Industries 4.0; security;

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1 - Pilares da indústria 4.0 | 15 |
| Figura 2 – Funções Hash nos blocos | 21 |
| Figura 3 - Criptografia Simétrica | 24 |
| Figura 4 - Criptografia Assimétrica | 25 |
| Figura 5 - Modelo de estrutura de rede cliente-servidor e rede peer-to-peer (P2P)..... | 25 |
| Figura 6 - Delineamento do funcionamento do blockchain..... | 26 |
| Figura 7 - Levantamento Bibliográfico..... | 27 |
| Figura 8 - Domínio e subdomínios observados para o tópico Aplicações da tecnologia Blockchain | 32 |

QUADRO

| | |
|--|----|
| Quadro 1 - Áreas de atuação do Blockchain nas indústrias 4.0 | 33 |
|--|----|

TABELA

| | |
|--|----|
| Tabela 1 - Publicações sobre o Blockchain por ano..... | 37 |
|--|----|

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

| | |
|----------------|---|
| BTC | Bitcoin |
| DAPPS | Decentralized Applications |
| ETH | Ethereum |
| Ledger | Livro Razão |
| MB | Megabyte |
| MD2 | Message Digest Algorithm 2 |
| MD4 | Message Digest Algorithm 4 |
| MD5 | Message Digest Algorithm 5 |
| NSA: | National Security Agency |
| POS | Proof of Stake |
| POW | Proof of Work |
| P2P | Peer-to-Peer |
| RIPMED | Race Integrity Primitives Evaluation Message Digest |
| SHA | Secure Hash Algorithm |
| SHA-256 | Secure Hash Algorithm 256 bits |

SUMÁRIO

| | |
|--|----|
| 1. INTRODUÇÃO..... | 10 |
| 1.1. PROBLEMÁTICA..... | 11 |
| 1.2. OBJETIVO GERAL..... | 12 |
| 1.3. OBJETIVO ESPECÍFICO | 12 |
| 1.4. JUSTIFICATIVA | 13 |
| 2. REFERENCIAL TEÓRICO | 14 |
| 2.1. Indústrias 4.0 | 14 |
| 2.1.1. Pilares da Indústria 4.0 | 14 |
| 2.2. História do <i>Blockchain</i> | 15 |
| 2.2.1. <i>Blockchain</i> | 16 |
| 2.2.2. Gerações do <i>Blockckain</i> | 17 |
| 2.2.3. Princípios básicos do <i>Blockchain</i> | 18 |
| 2.3. Descentralização | 19 |
| 2.4. Função Hash..... | 20 |
| 2.5. As funções hash no mundo <i>Blockchain</i> | 21 |
| 2.6. Mecanismo de Consenso | 22 |
| 2.6.1. Tipos de algoritmos de consenso | 23 |
| 2.6.1.1. <i>Proof of Work</i> (POW) ou Prova de trabalho | 23 |
| 2.6.1.2. <i>Proof of Stake</i> (POS) ou Prova de Participação..... | 23 |
| 2.7. Criptografia | 23 |
| 2.8. Diferença entre <i>blockchain</i> e banco de dados | 25 |
| 2.9. Funcionamento do blockchain | 26 |
| 3. METODOLOGIA..... | 27 |
| 4. RESULTADOS E DISCURSÕES | 29 |
| 4.1. Áreas de aplicações do <i>Blockchain</i> | 30 |
| 4.1.1. Aplicações financeiras | 30 |
| 4.1.2. Aplicações Sociais..... | 31 |
| 4.1.3. Aplicações Legais..... | 32 |
| 5. CONCLUSÃO | 38 |
| 6. REFERÊNCIAS | 39 |

1. INTRODUÇÃO

A Indústria 4.0 é considerada um marco na evolução das indústrias e fábricas, que estão em busca de ser mais eficientes e flexíveis para adequação das demandas de produção cada vez mais exigente pelo mercado. Segundo Neto (2021), a quarta revolução industrial ou revolução 4.0 é o termo utilizado para designar o emprego de tecnologias na automação e comunicação de processos de forma mais rápida e eficiente, alcançando o conceito de fábricas inteligentes, dotadas de estruturas modulares, com a capacidade de atender de forma individualizada as necessidades dos clientes.

No entanto, com os avanços tecnológicos surge a necessidade de ter uma rede corporativa cada vez mais segura, evitando que os dados possam ser extraídos sem autorização, baseado nisso vem se desenvolvendo ferramentas, como o *blockchain*, para garantir a segurança e a criptografia. Este por sua vez, baseia-se em uma estrutura as informações em uma cadeia de blocos, onde, cada bloco armazena um conjunto de transações realizadas em um determinado momento. Tais blocos são interligados por uma referência ao bloco anterior, formando uma cadeia (REYNA, 2018).

A tecnologia *Blockchain* é um sistema descentralizado e transparente de registro e distribuição de dados, em que cada nova entrada é imediatamente visível em cada cópia do livro-razão. A autenticidade de cada entrada é garantida por um complexo sistema de consenso ANTHONY, (2022). Esse modelo de estrutura garante que os dados entre e saia da rede, sem colocar em risco a confiabilidade ou a disponibilidade do sistema.

Além disso, a rastreabilidade das informações para as empresas é de extrema importância, sendo essa uma das principais vantagens do *Blockchain*. Sendo assim, Pederneiras (2019), afirma que o *blockchain* facilita para todos os processos de fabricação, como por exemplo, na linha de montagem, ela monitora os dados da produção, traz insumos para o controle de qualidade e para o setor de vendas, na logística permite localizar o produto de forma facilitada e otimiza a entrega, no pós-venda auxilia na credibilidade da marca, uma vez que o consumidor consegue consultar todo o histórico do produto.

1.1. PROBLEMÁTICA

Atualmente, a indústria 4.0 vem trazendo mudanças nos meios de produção, através da conexão de toda a cadeia, com isto todas as áreas passam a ter uma relação com todo sistema produtivo. Desta forma, os sistemas de gerenciamento passam a trabalhar em conjunto, trocando informações durante todo o processo produtivo.

Com isso, as áreas geram um gama enorme de transições de dados que precisa está segura. Segundo Swan (2015), o *blockchain* é visto como a principal inovação tecnológica do *bitcoin* porque se destaca como um mecanismo de prova de segurança em todas as transações na rede.

Nesse sentido, os usuários podem confiar no sistema de criptografia, armazenando todas as transições, o *blockchain* entra como outra camada de aplicação a ser executada na pilha existente de protocolos da Internet, garantindo ainda mais confiança. Portanto, esse trabalho visa responder ao seguinte questionamento: Qual o ponto de vista das indústrias com relação a tecnologia *Blockchain* aplicada ao processo de transições nas organizações?

1.2. OBJETIVO GERAL

Este trabalho tem como objetivo geral analisar como vem sendo aplicado o conceito de *Blockchain* nas melhorias nos bancos de dados para a segurança e criptografia das transações nos processos gerais e industriais.

1.3. OBJETIVO ESPECÍFICO

- Entender como vem sendo utilizado o *blockchain* em geral e nos segmentos da Indústria 4.0;
- Evidenciar os benefícios que a tecnologia *blockchain* pode trazer para a organizações;
- Apresentar os principais benefícios que a tecnologia pode trazer para a Indústria 4.0.

1.4. JUSTIFICATIVA

Este trabalho possibilitará a compreensão dos conceitos da tecnologia *Blockchain* e como seu funcionamento vem sendo utilizados nas industriais. A indústria 4.0 dará uma introdução aos avanços tecnológicos no processo industrial o que vai exigir mais segurança para os dados, onde será apresentado os avanços de criptografia e segurança digital, com isso o *blockchain* será apresentado como uma alternativa para uma segurança a mais para os dados.

O uso da tecnologia blockchain ajuda a melhorar a eficiência, segurança e confiabilidades das operações nas industriais inteligentes, desempenhando um papel fundamental na transformação digital de todos os setores. As indústrias podem se beneficiar do uso da tecnologia para aumentar a integridade, a segurança dos dados, a rastreabilidade, os contratos inteligentes, a transparência e confiança, a gestão dos ativos digitais, compliance, auditorias, autenticidade e segurança dos dispositivos IOT.

O blockchain auxiliaria os setores como um todo, otimizando as operações e proporcionando maior visibilidade em todas as cadeias industriais, contribuindo com a melhora da qualidade dos produtos e processos. Portanto as indústrias terão uma visão que reflete o equilíbrio entre entusiasmo pela inovação e a necessidade de abordar novos desafios e preocupações dos setores.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Indústrias 4.0

O termo Indústria 4.0 foi apresentado pela primeira vez no ano de 2011, na Alemanha, durante a Feira de Hannover. A partir deste ponto, desenvolvedores de projetos produziram um relatório com inovações tecnológicas para a indústria. Em 2013, na mesma feira, foi lançada o estudo final sobre a Indústria 4.0, onde mostra a combinação das tecnologias digitais junto com os grandes maquinários industriais, possibilita a criação de indústrias inteligentes e automatizadas, com autonomia e precisão para evitar ou prever falhas, agendar manutenções e realizar procedimentos de adequação (SEBRAE, 2022).

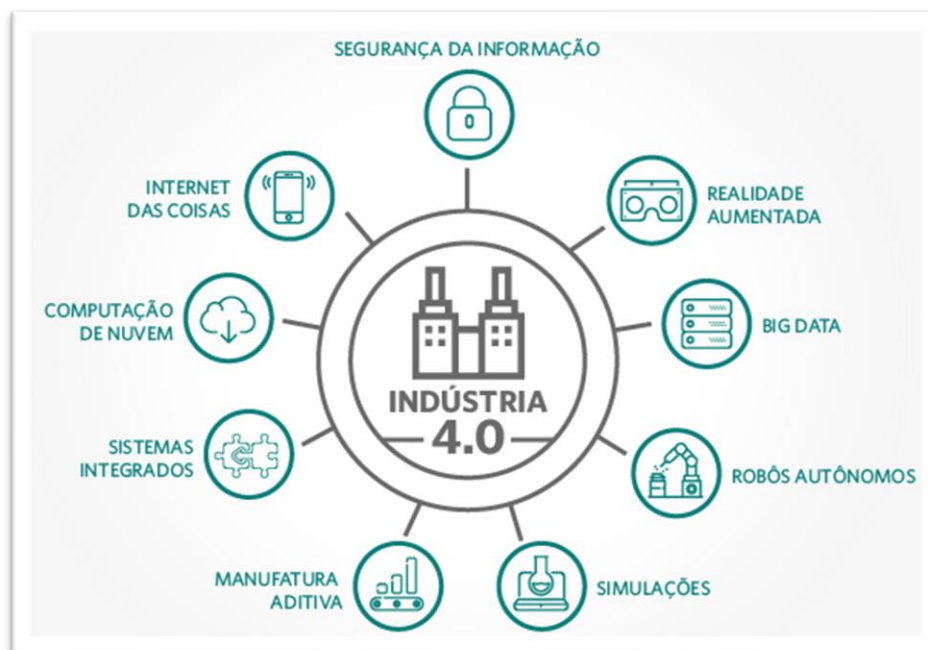
Segundo Boettcher (2015) a comunicação entre máquinas e produtos requer protocolos de comunicação completamente novos, pois não é apenas uma questão de transmissão de dados. Os novos protocolos terão de ser capazes de descrever os dados de forma que sejam legíveis para as máquinas. Isso permitirá que as máquinas e sistemas realizem ações, baseados nesta informação.

2.1.1. Pilares da Indústria 4.0

Automação industrial, integração de processos, sistemas ciber-físicos, internet das coisas e computação em nuvem que dão origem as fábricas inteligentes na indústria 4.0. A quarta revolução industrial traz uma série de tecnologias que unem o físico ao digital, impactando todos os tipos de indústrias SIEMBRA, 2021. Com isso a indústria 4.0 segue em constante avanço, pensando na integração dos maquinários juntos aos processos operacionais.

Portanto existe alguns pilares que são incorporados as indústrias inteligentes que são: Robôs autônomos, Cibersegurança, Computação em nuvem, Manufatura aditiva, Simulação, Internet das coisas, sistemas integrados e realidade aumentada (TOTVS, 2023). Essas tecnologias permitem a visibilidade e o controle real dos processos de manufatura, aumentando a produtividade e a qualidade do produto e processo.

Figura 1 - Pilares da indústria 4.0



Fonte: (ALVES, 2021)

Com isso, a Indústria 4.0 tem como princípio, conectar máquinas, sistemas e pessoas, criando redes inteligentes por toda a cadeia produtiva. Assim, é possível, prever e evitar falhas, se adaptar com mais agilidade às mudanças não planejadas e adquirir uma maior autonomia no controle de diversas ações. Essa produção inteligente proporcionada através da quarta revolução industrial conecta diferentes etapas de um processo e partes interessadas, como clientes, fornecedores e parceiros (PEDRA, 2023).

2.2. História do *Blockchain*

Inicialmente, a tecnologia *blockchain* é uma das maiores inovações do século atual. Segundo Lamounier (2018), dado o efeito cascata que foi gerado por ela em vários setores, sendo financeiro, manufatura e educação. Apesar de ainda muito desconhecido, a história da *blockchain* começa nos anos 90. Desde que a popularidade começou a crescer há alguns anos, várias aplicações

surgiram, que ressaltaram o tipo de impacto que está tecnologia trará para o mundo e para as empresas que desejam se manter à frente no mercado.

No início, o primeiro projeto envolveu a criação em uma rede de blocos protegidos por criptografia, onde ninguém poderia modificar o registro de data e hora dos documentos. Em meados de 1992, eles atualizaram o sistema para incorporar árvores de Merkle que se trata de assinaturas digitais certificadas, que permitiam criptografia eficiente e confiável de dados, convertendo blocos de informações em segmentos de código exclusivo ROCHA, 2022. Que aumentavam a eficiência, permitindo a coleta de mais documentos em um único bloco. Contudo é em 2008 que a história do *blockchain* começa a ganhar relevância (LAMOUNIER, 2018).

Satoshi Nakamoto é o indivíduo anônimo que afirma ter criado o *bitcoin*, a primeira criptomoeda do mundo ADAMS, 2023. Conceituou o primeiro *blockchain* em 2008 apresentando o *bitcoin*, e para iniciar o desenvolvimento do protocolo da criptomoeda, de onde a tecnologia evoluiu e encontrou seu caminho em muitas aplicações além das criptomoedas. Em 2009 foi lançado o primeiro whitepaper sobre a tecnologia. O papel branco (Whitepaper) é um documento informativo que busca descrever as características e promover um produto, serviço ou solução que uma determinada entidade oferece ou pretende oferecer WARREN, 2023. No White paper, ele forneceu detalhes de como a tecnologia estava bem equipada para melhorar a confiança digital, dado o aspecto de descentralização que significava que ninguém jamais controlaria qualquer coisa (LAMOUNIER, 2018).

2.2.1. Blockchain

O *blockchain* é o livro-razão público de todas as transações *bitcoin* que já foram executadas. Está em constante crescimento à medida que os mineradores adicionam novos blocos (a cada 10 minutos) para registrar as transações mais recentes. Os blocos são adicionados ao *blockchain* em ordem linear e cronológica. Cada nó (Bloco) completo (ou seja, cada computador conectado à rede *bitcoin* usando um cliente que executa a tarefa de validar e retransmitir transações) possui uma cópia do *blockchain*, que é baixada automaticamente

quando o minerador ingressa na rede *bitcoin*. O *blockchain* possui informações completas sobre endereços e saldos desde o bloco até o bloco concluído mais recentemente (SWAN, 2015).

Além disso, a *blockchain* pode ser usada não apenas para transações, mas também como sistema de registro e inventário para registro, rastreamento, monitoramento e transação de todos os ativos. Portanto Swan, (2015) afirma que a *blockchain* é literalmente como uma planilha gigante para registrar todos os ativos e um sistema de contabilidade para transacioná-los em escala global que pode incluir todas as formas de ativos detidos por todas as partes em todo o mundo. Assim, o *blockchain* pode ser usado para qualquer forma de registro, inventário e troca de ativos, incluindo todas as áreas de finanças, economia e dinheiro, ativos tangíveis (propriedade física); e ativos intangíveis (votos, ideias, reputação, intenção, dados de saúde etc).

2.2.2. Gerações do *Blockckain*

Ao longo do tempo, os *blockchains* evoluíram e continuarão crescendo à medida que as comunidades encontrarem problemas que precisam ser resolvidos, há hoje três gerações do *blockchain*.

1ª Geração: *Bitcoin* e a gênese das moedas digitais

O conceito de *blockchain* não é algo que começou com o *bitcoin* em 2008. Mas na verdade, a ideia já circulava pelas comunidades há muito tempo. Entretanto o *bitcoin* foi a primeira iniciativa que implementou e popularizou totalmente o conceito. Cada bloco tinha 1 megabyte (1 MB) e podia conter um enorme volume de informações sobre transações BTC. Em seguida, esses blocos são vinculados por meio de um processo de verificação criptográfica, formando a cadeia. O *bitcoin* foi inventado com a *blockchain* de primeira geração com o objetivo de melhorar os sistemas monetários da época, juntamente com o poder do BTC, a *blockchain* pode dar às pessoas a capacidade de realizar transações entre si sem dependerem de autoridades centrais como bancos. Com isso qualquer pessoa pode enviar *bitcoin* quando quiser, com a certeza de que a transação é segura (REVISTA CAPITAL ECONÔMICO, 2022).

2ª Geração: *Ethereum* e contratos inteligentes

À medida que mais criptomoedas foram sendo criadas e o tempo passou, os desenvolvedores não puderam deixar de pensar que a *blockchain* poderia fazer mais do que apenas documentar e proteger transações. Eis que surge o *Ethereum* (ETH). Os desenvolvedores dessa criptomoeda acreditavam que ativos e acordos de confiança poderiam fazer maravilhas para o gerenciamento da *blockchain* e desenvolveram uma criptomoeda que trouxe duas inovações revolucionárias:

Contratos inteligentes: São contratos autoexecutáveis que podem ajudar duas pessoas a fazerem uma transação sem a supervisão de terceiros.
Aplicativos descentralizados (Dapps): O *Ethereum* é mais que apenas uma moeda; é uma plataforma que permite que os desenvolvedores construam seus aplicativos sobre a *blockchain Ethereum* (REVISTA CAPITAL ECONÔMICO, 2022).

3ª Geração: De olho no futuro

O objetivo da terceira geração dos criptoativos está em criar um mecanismo que sistematize a comunicação entre as diferentes *blockchains*. Algo similar a uma “internet de blockchains”. Essa geração permite que a maioria da comunidade altere as regras estabelecidas, assim como órgãos legislativos podem alterar a constituição de um país (SPACEMONEY, 2021).

2.2.3. Princípios básicos do *Blockchain*

Blockchain é a tecnologia que tornou possível, o *Bitcoin*, a criptomoeda mais utilizada no mundo. *Blockchain* também está por trás dos *smart contracts*, ou na tradução para o português, contratos inteligentes que se auto executam baseado em regras entre as partes, que geram consenso e confiança pública sobre as regras estabelecidas, sem a necessidade de um intermediário, mas este é um assunto que fica para depois (INFOMONEY , 2022).

Segundo Steler (2017) fala que a busca pela confiança é a principal questão que a estrutura de *blockchain* pretende resolver. Com isso relaciona a tecnologia a tais princípios básicos.

- **Peer-to-peer:** Rede ponto a ponto, para transferência de dinheiro eletrônico, permitindo que os pagamentos online sejam realizados de uma parte a outra sem a intermediação de uma instituição financeira ou governo controlador;

- **Autoridade não central:** Não possui uma terceira parte ou um regulador para prevenir o duplo-gasto, já que a solução *peer-to-peer* deve ser autossuficiente para essa situação;

- **Proof-of-Work:** Criação de um conceito chamado prova-de-esforço, que recebe um hash, onde uma identificação única criptograficamente calculada, usando o horário da rede formando um registro que praticamente inviabiliza a alteração ou adulteração das transações;

- **Consenso entre a maioria:** O encadeamento de transações praticamente indica qual o bloco de transações que foi consensualmente aceito pela maior parte dos participantes da rede;

- **Sincronização:** Qualquer participante que temporariamente se desligar da rede, assim que retorna, é automaticamente obrigado a aceitar o maior bloco encadeado de transações. Isto torna a estrutura a menor possível para a continuidade do processamento das transações (CERQUEIRA e STELER, 2017).

2.3. Descentralização

O *Blockchain* é como um grande livro-razão, onde são registradas transações de forma descentralizada, sendo assim, não se é necessária uma entidade central. Portanto Costa (2022) diz que o *blockchain* traz o conceito da descentralização, isto é, uma dependência menor de entidades centralizadas. Hoje em dia utilizamos várias aplicações de empresas gigantescas, que controlam nossos dados e os algoritmos que regem estas plataformas.

A promessa da *blockchain* é diminuir a necessidade de entidades centralizadas, conferindo mais poder aos próprios usuários, com isso a tecnologia vem para descentralizar os aspectos industriais. Ao remover a

autoridade central, a resiliência do sistema é altamente potencializada, pois a rede não vai depender de um único ponto que, se comprometido, poderia interromper todo o funcionamento ECONOMIA DIGITAL, 2023.

A descentralização na *blockchain* refere-se à transferência do controle e de decisões de uma entidade centralizada para uma rede distribuída. As redes *blockchain* descentralizadas usam a transparência para reduzir a necessidade de confiança entre os participantes. Essas redes impedem que os participantes exerçam autoridade ou controle entre si de formas que comprometam a funcionalidade da rede (AMAZON WEB SERVICES, 2019).

2.4. Função Hash

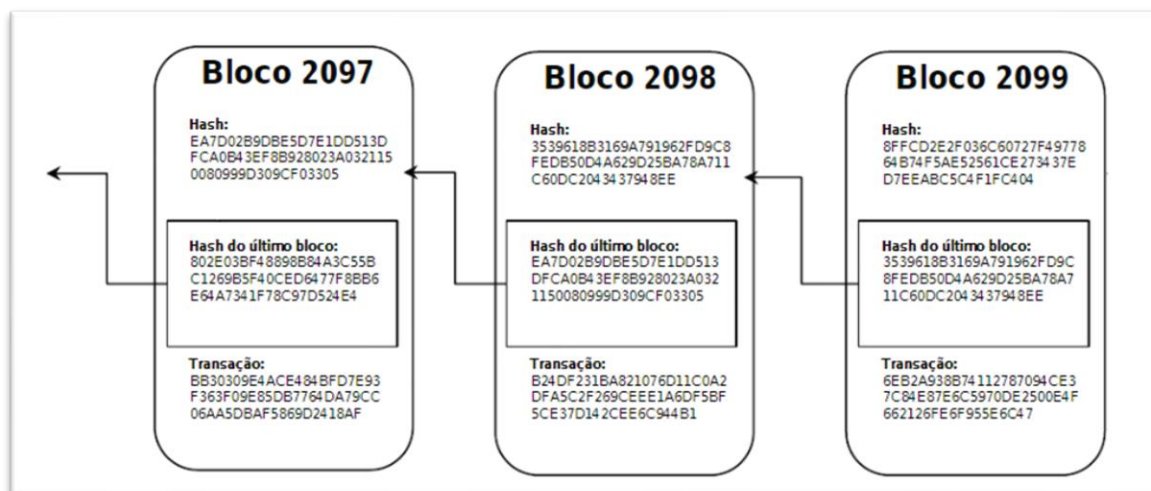
Schneier (2004), afirmar que as funções hash são uma construção criptográfica usada em muitos aplicativos, são usados como algoritmos de chave pública para criptografia e assinaturas digitais. São usados na verificação da integridade e na autenticação dos dados. Eles têm todos os tipos de aplicativos em vários protocolos diferentes, muito mais do que algoritmos de criptografia. As funções de hash são amplamente utilizadas em tecnologia *blockchain* a fim de adicionar segurança a eles.

Isto permitiu a criação de novas e melhores funções de hash, entre as quais podemos destacar:

- **MD2:** É uma das primeiras funções hash criptográficas. Criadas por Ronald Rivest no ano de 1989. Com um alto nível de eficiência e segurança no momento, era essencial na segurança da Internet. A sua consequente evolução levou à criação da função hash MD5. A qual é usada em ambientes onde a segurança não é uma alta prioridade.
- **RIPEMD:** é uma função hash criptográfica criada pelo projeto europeu RIPE no ano de 1992. A sua principal função era substituir o padrão atual, a função hash MD4. Atualmente ainda é considerada muito seguro, principalmente nas suas versões. RIPEMD-160, RIPEMD-256 e RIPEMD-320.
- **SHA:** é o padrão atual utilizado para hash criptográficos. Criado em 1993 pela NSA, como parte do seu projeto interno para autenticar documentos

eletrônicos. O SHA e os seus derivados são considerados as funções de hash mais seguras até ao momento, o **SHA-256** por ser fundamental na tecnologia que tornou possível o *bitcoin*.

Figura 2 – Funções Hash nos blocos



Fonte: (ATLÂNTICO, 2021)

As funções hashes funcionam sobre uma série de processos matemáticos e lógicos. Esses processos são transferidos para um software de computador e será usado no próprio computador, a partir daí, pode-se usar qualquer série de dados, alimentá-los na função e processá-los. Com isso, busca-se obter um número de caracteres de comprimento fixo e único para os dados inseridos, ao mesmo tempo em que praticamente impossibilita a realização do processo inverso, ou seja, é praticamente impossível obter dados originais de um hash já desenvolvida. Isso ocorre porque o processo de criação de hash é um processo unidirecional (SCHNEIER, 2004).

2.5. As funções hash no mundo *Blockchain*

Por serem rápidas, eficientes, computacionalmente baratas e únicas, as funções de hash são amplamente utilizadas na tecnologia *blockchain*. Quando Satoshi Nakamoto publicou sua whitepaper, explicou por que e como ele usou SHA-256 e RIPEMD-160 em *bitcoin*. Desde então, a tecnologia *blockchain* vem evoluindo, mas as bases permanecem as mesmas. O

uso de criptografia Forte e hashes garantem uma tecnologia muito mais segura, privada e até anônima ACADEMY BIT2ME, 2018.

Os hashes também são usados para criar versão de contratos. Isto é, um contrato público possui um hash exclusivo, fornecido pelo que o contrato diz, se o contrato for modificado, o contrato antigo é rescindido e um novo é gerado com um novo hash. Desta forma, o hash determina o contrato correto a ser utilizado dentro da aplicação descentralizada, facilitando o seu controle. Outro uso de hashes em contratos inteligentes é para marcar a validade e autenticidade dele. Um exemplo pode ser; um contrato feito para a venda de uma casa com um pagamento feito em criptomoedas. A conclusão do contrato e seu hash serão testemunhas inalteráveis da venda feita entre as partes (ACADEMY BIT2ME, 2018).

2.6. Mecanismo de Consenso

Um algoritmo de consenso é um mecanismo que permite que usuários ou máquinas se coordenem em uma configuração distribuída, ele garante que os membros de um sistema possam concordar com uma única fonte de verdade, mesmo que alguns dos membros falhem (BINANCE, 2018).

No *blockchain* esse consenso funciona da seguinte maneira, quando os dados entram na rede, eles precisam ser armazenados em um bloco. O minerador que irá armazená-lo precisa realizar os processos de validação a partir do algoritmo de sua rede com suas regras pré-estabelecidas. Assim que ele válida, todos os outros mineradores precisam aprovar e realizar as cópias desse dado, formando o corpo ao bloco.

Os mineradores avaliam e apresentam as propostas para toda a comunidade, ao ser aprovada por todos, ela é implementada. Assim, a descentralização é garantida e se chega ao consenso proposto pelo algoritmo, pois assim que finalizado, ele é fechado e armazenado definitivamente na *blockchain* (VENTURA, 2018).

2.6.1. Tipos de algoritmos de consenso

Os principais objetivos de um protocolo de consenso na *blockchain* são: acordo, cooperação, colaboração, direitos iguais para todos os nós (usuários) e participação dos nós no processo de consenso. Logo, o mecanismo de consenso visa entrar em um acordo comum em toda a rede (NOVADAX, 2022).

2.6.1.1. *Proof of Work* (POW) ou Prova de trabalho

Esse algoritmo é usado para definir a ordenação dos blocos, ele seleciona o minerador para a próxima geração de bloco. Os mineradores precisam resolver um quebra-cabeça matemático complexo. O nó que resolve o problema matemático mais rapidamente consegue extrair o próximo bloco. Os mineradores devem resolver o problema matemático para gerar novos blocos, que confirmarão as transações futuras.

2.6.1.2. *Proof of Stake* (POS) ou Prova de Participação

Nesse processo de consenso, em vez de investir em um computador potente para resolver o quebra-cabeça matemático, os validadores investem em criptomoedas. Os validadores bloqueiam algumas de suas criptomoedas como forma de participar da rede. Os validadores validarão os blocos fazendo uma aposta caso descubram um bloco que eles acham que pode ser adicionado à rede. Sendo assim, todos os validadores recebem recompensas de acordo com as suas participações (NOVADAX, 2022).

2.7. Criptografia

A criptografia é um campo de estudo que visa desenvolver comunicações privadas seguras de possíveis invasores, é uma maneira de codificar as mensagens enviadas entre as partes para que apenas o remetente e o destinatário possam entender a mensagem (PHEMEX, 2022).

Criptografar é o processo de converter um texto simples em um formato de texto codificado com um algoritmo e uma chave. Já a descryptografia é o

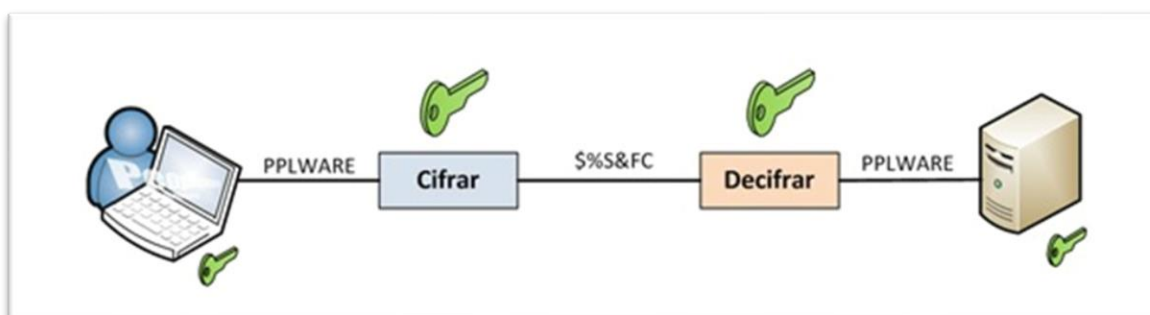
processo de converter esse texto cifrado de volta em seu formato de texto original, com a mesma chave ou com uma diferente (TOTVS, 2023).

A criptografia serve para proteger os dados, de forma que apenas os portadores das chaves de acesso possam ter acesso ao arquivo. Assim, qualquer indivíduo que interceptar o documento não terá a acesso a visualização dos dados codificados.

Atualmente quando se fala em criptografia de dados, basicamente existem dois tipos, a criptografia de chave simétrica e a de chave assimétrica.

Segundo Pedro (2010), a chave simétrica, utiliza-se uma chave para criptografar os dados, isto é, codificá-los, e posteriormente utiliza-se essa mesma chave para descriptografá-los, ou seja, decodificá-los. Por esse sistema possuir apenas uma chave que é compartilhada entre emissor e receptor esse procedimento se torna um tipo de criptografia mais simples

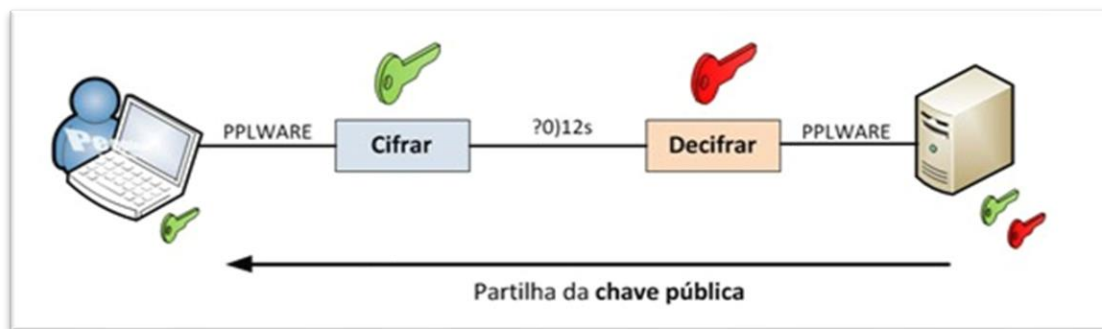
Figura 3 - Criptografia Simétrica



Fonte: (Pplware 2010)

Já na criptografia de chave assimétrica, são utilizadas duas chaves diferentes: a pública, que pode ser divulgada, e a privada, que será mantida em sigilo pelo seu dono. A chave pública é utilizada para codificar os dados e a chave privada é utilizada para decodificá-los como apresentado na figura 4. Em comparação com a criptografia simétrica, esse modelo, por ser mais robusto, tende a ser mais lento, necessitando de um poder computacional maior. Porém a implementa garante uma maior confiabilidade e segurança no tráfego das informações (Pedro, 2010).

Figura 4 - Criptografia Assimétrica

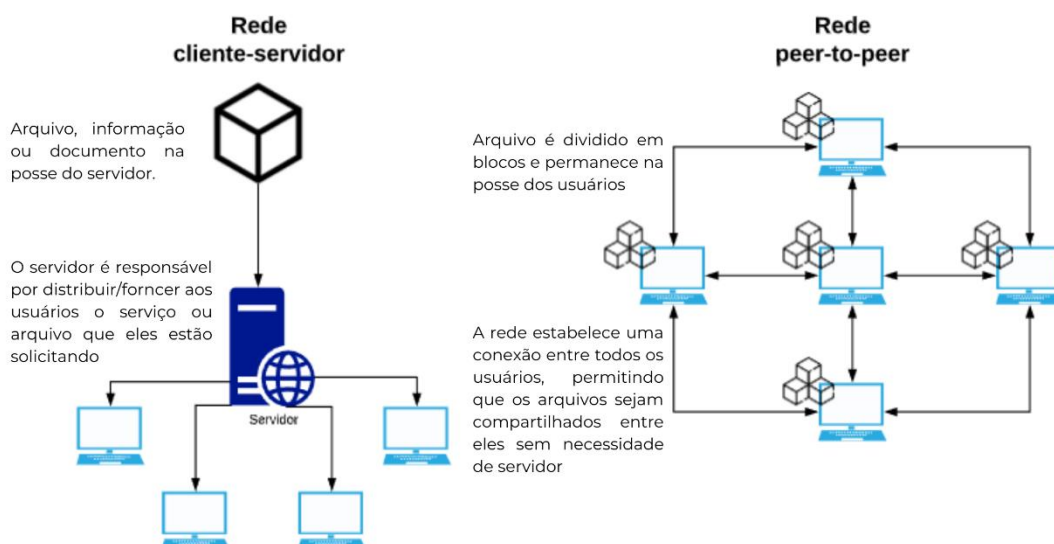


Fonte: (Pplware 2010)

2.8. Diferença entre *blockchain* e banco de dados

A cadeia de blocos atua em redes de tipo P2P (*Peer-to-peer*) que são popularmente conhecidas como redes ponto a ponto, enquanto os bancos de dados atuam no formato cliente-servidor. Portanto, o *blockchain* faz o armazenamento das transações para sempre garantindo a confiabilidade, enquanto os bancos de dados podem alterar ou deletar dados históricos (MERCADO BITCOIN, 2023)

Figura 5 - Modelo de estrutura de rede cliente-servidor e rede peer-to-peer (P2P)

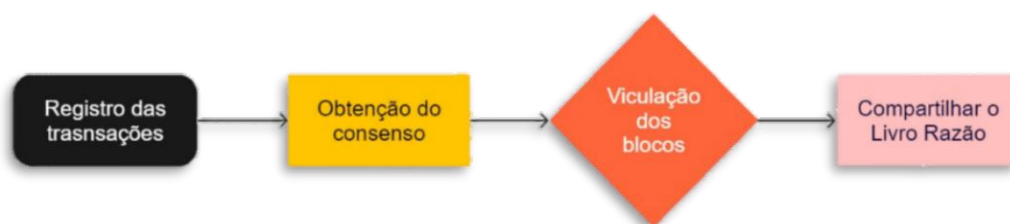


Fonte: (VALE, 2020)

2.9. Funcionamento do blockchain

Nos últimos anos, a tecnologia blockchain tem se destacado como uma inovação que está redefinindo a forma como lidamos com transições e registro digitais. Sua capacidade de oferecer segurança, transparência e descentralização tem despertado o interesse de diversos setores, com isso explorar o funcionamento dessa tecnologia.

Figura 6 - Delineamento do funcionamento do blockchain



Fonte: (Autores, 2023)

Na primeira etapa, o registro das transações é onde mostra qual movimentação foi feita de uma parte para outra na rede do *blockchain* registrada como bloco. Cada transação é validada e assinada pelo remetente usando uma chave criptografada, nesse bloco terá informações importantes como: quando ocorreu a transição e quem foram os envolvidos.

Na Segunda fase para que ocorra a transição dos dados se faz necessário um mecanismo de consenso entre os envolvidos na transação, um dos mecanismos mais utilizados é o *Proof of Work* (prova de trabalho), que auxiliará a definir a ordenação dos blocos.

Já na terça etapa é onde ocorre a vinculação dos blocos, após o consenso ser obtido as informações são gravadas nos blocos. Junto com as transações, também é anexado um hash criptografado ao novo bloco, o hash vai atuar como uma cadeia que interliga todos os blocos, com isso se o conteúdo dos blocos for modificado, o valor do hash será alterado, permitindo a detecção da violação dos dados. Por fim a etapa de compartilhar o *ledger*, com outras palavras compartilhar o livro razão, é quando o sistema distribuir a cópia mais recente do bloco para todos os participantes, uma vez gravada não poderão ser apagadas (AMAZON WEB SERVICES, 2019).

3. METODOLOGIA

A pesquisa bibliográfica é um apanhado geral sobre os principais trabalhos já realizados, revestidos de importância, por serem capazes de fornecer dados atuais e relevantes relacionados com o tema (Marconi e Lakatos, 2003). Porém Gil (2002) explica que a pesquisa exploratória tem como base fontes literárias, com isso a pesquisa se classifica como exploratória devido ao envolvimento profundo em literatura

Segundo Marconi e Lakatos (2003), os principais tipos de documentos são classificados em fontes primárias e secundárias. Onde as fontes primárias se resulta com base nos dados históricos, estatísticos e bibliográficos, informações, material cartográfico e pesquisas, arquivos particulares e oficiais, documentação pessoal (diários, memórias, autobiografias); correspondência privada ou pública etc. Já as fontes secundárias são das imprensa em geral e obras literárias.

A metodologia adotada nesta pesquisa é fundamentada em uma abordagem qualitativa, visando compreender as experiências e percepção das indústrias sobre o blockchain. Os meio para arrecadação e consideração de dados literários, utilizou-se resumos, baseando-se em artigos com grande relevância sobre o tema abordado, com o objetivo de se obter um melhor aproveitamento do conteúdo.

Figura 7 - Levantamento Bibliográfico



Fonte: (Autores, 2023)

Este trabalho foi elaborado com base de dados que já se encontram disponíveis para consulta, pois já foram artefatos de estudo e análise como

livros, artigos entre outros. Após a revisão das informações e entendimento dos termos utilizados, houve o processo de análise e interpretação dos artigos. Onde a análise foi realizada de acordo com a perspectiva de cada autor com base nas experiências sobre o tema abordado. Nesse processo também se levou em consideração a opinião do orientador e dos grandes especialistas da tecnologia blockchain. Após a conclusão da análise a informação foi organizada em grupos diferentes, que foi separado em tópicos de acordo com a estrutura do conteúdo.

4. RESULTADOS E DISCURSÃO

O *blockchain* pode ser a resposta para como e onde guardar históricos de produtos, para melhorar a integração horizontal de informações no ciclo de vida de um produto na Indústria 4.0. Nas chamadas redes permissionadas, onde as empresas são convidadas para compartilhar e registrar dados de um produto em um mesmo *blockchain*, uma fábrica pode registrar dados de projeto e produção, uma empresa de logística pode registrar dados de transporte e armazenamento, clientes podem registrar dados de utilização, empresa de manutenção podem registrar dados das atividades de suporte (corretivas e preventivas) e, por fim, empresas de descarte e reciclagem podem registrar o destino final de um produto.

Todas as transações já realizadas com um produto estão em um mesmo lugar. É o prontuário eletrônico do produto. Assim como os profissionais de saúde podem realizar melhor suas atividades quando têm acesso ao prontuário eletrônico de um paciente, os *stakeholders* em um ciclo de vida de produto também podem se beneficiar de um *blockchain* centrado em produto. Também ajudará a proteger bens de propriedade intelectual e multimídia artística, como e-books, músicas, imagens etc. Também pode ser usado para registro de automóveis ou imóveis.

De acordo com Javaid (2021) o *blockchain* é uma tecnologia nova com implementações em vários setores estabelecidos, como finanças, propriedade, cadeia de abastecimento, votação e armazenamento de energia. Esta tecnologia não só pode ser usada para armazenar transações financeiras de forma segura e imutável, mas também pode ser usada para armazenar algum outro tipo de dados e gerar um registro distribuído incorruptível que também é mais seguro do que os bancos de dados convencionais. Há múltiplas aplicações da tecnologia *Blockchain* fora da área financeira. Como por exemplo: empresas buscam certificar a procedência de seus produtos alimentícios, como pretende a Walmart na China ao rastrear a produção de carne suína por meio de *blockchains*.

Blockchain facilitou os processos de transferência entre pares no contexto de carteiras. Esta tecnologia demonstrou a capacidade de transformar o cenário do transporte público e a economia do compartilhamento de viagens,

melhorando a situação de logística e gerenciamento da cadeia de suprimentos. Essa tecnologia ajuda as empresas a rastrear todas as transações e processos em blocos descentralizados, desde a produção até a venda, armazenamento e envio. Desta forma, a probabilidade de erros, erros humanos e despesas relacionadas seriam reduzidas. Dentro das implantações de *blockchain*, os acordos inteligentes estão rapidamente se tornando um pilar na implementação em massa de blocos, fornecendo uma estrutura para uma interface tecnológica funcional para a comunicação de transações de *blockchain*.

O avanço dos contratos inteligentes torna possível codificar regras e regulamentos que, teoricamente, criam ecossistemas baseados na confiança. *Blockchain* é uma estrutura aberta e verificável que transforma o pensamento das pessoas sobre a troca de valores e bens, a execução de contratos e o compartilhamento de dados. O software é um fornecedor, mas um diretório de transações mútuo e protegido, espalhado por uma rede de computadores usando a Indústria 4.0. Uma das principais vantagens do blockchain é que ele nos permite superar as identidades de pessoas e coisas dentro das cadeias de fornecedores e dos produtos reais que os movimentam. Desde então, o *blockchain* simplificou a cadeia de abastecimento e o processo de autenticação para os setores de medicamentos e saúde, permitiu que as partes interessadas na área médica fizessem pagamentos com carteira criptografada, modificassem o modelo de design de medicamentos e fornecessem aos pacientes e médicos uma experiência personalizada, mas confiável. Esta tecnologia facilitou o processo de manutenção e autenticação de registros de certificados (KHAN, HALEEM, *et al.*, 2021).

4.1. Áreas de aplicações do *Blockchain*

4.1.1. Aplicações financeiras

Moedas: Moedas digitais como o *bitcoin* foram o primeiro caso de uso da tecnologia blockchain, oferecendo uma emissão de moeda totalmente descentralizada e pagamentos rastreáveis. Após o crescente sucesso do *bitcoin*, muitas moedas digitais foram desenvolvidas, que são variações da arquitetura do sistema *bitcoin*. Atualmente, existem mais de 600 moedas digitais diferentes

que usam a tecnologia *blockchain* como camada tecnológica subjacente. As moedas digitais continuam sendo o caso de uso mais popular da tecnologia blockchain, no entanto, os avanços e inovações neste campo levaram a vários outros casos de uso.

Trocas: O *blockchain* pode ser usado para criar sistemas descentralizados, que facilitam a troca de moedas digitais como o Bitcoin, ou a troca de qualquer outra forma de ativo que possa ser registrado com identidade digital própria em uma rede. Empresas como Coinbase, ItBit ou Kraken são exemplos de trocas de moeda digital que existem atualmente.

Mercado de ações: Os mercados de ações descentralizados podem ser alimentados através da tecnologia blockchain, onde as ações podem ser negociadas numa plataforma que não é controlada por nenhum órgão governamental único, ao contrário dos sistemas atuais. Os usuários podem ter certeza de que as trocas serão realizadas corretamente, pois o sistema só funcionará conforme descrito pelo protocolo do sistema. No entanto, esta aplicação ainda não foi adotada (MONFARED e ABEYRATNE, 2016).

4.1.2. Aplicações Sociais

Identidade Digital: A tecnologia *blockchain* poderia fornecer a infraestrutura para dimensionar a identidade digital a custos extremamente baixos, com melhorias significativas na segurança. Em vez de vários governos emitirem identidades ou passaportes aos cidadãos, o serviço de identidade descentralizado usando a tecnologia pode fornecer aos usuários de todo o mundo a obtenção de sua própria identidade digital por meio de um sistema descentralizado. Esta aplicação atraiu a atenção de muitas organizações governamentais.

Votação: A tecnologia *blockchain* através do uso de chaves privadas para cada eleitor pode ser usada para autenticar o processo de votação. Nesta aplicação, o protocolo do sistema pode ser desenhado de forma que as identidades dos usuários possam ser validadas, mas mantidas anônimas

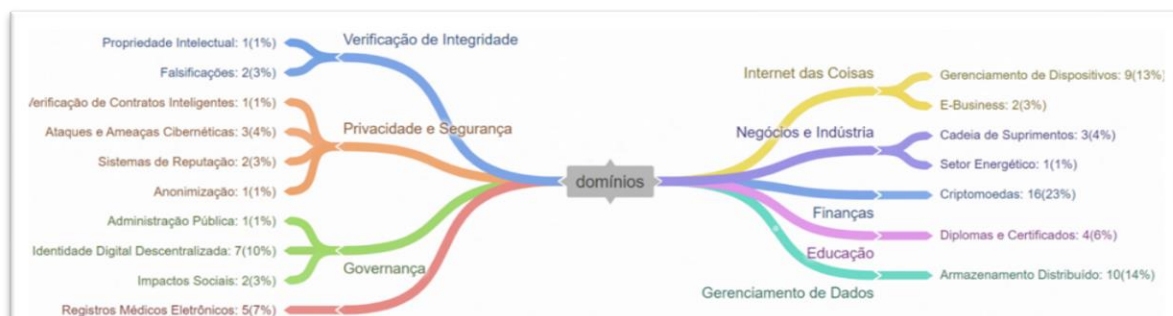
durante o cálculo do resultado da eleição em tempo real. Dado que o protocolo é transparente, os eleitores podem ter a certeza de que os resultados são precisos e não vulneráveis a manipulação e fraude (MONFARED e ABEYRATNE, 2016).

4.1.3. Aplicações Legais

Contratos Inteligentes ou *Smarts Contracts*: Contratos inteligentes baseados em *blockchain* são um caso de uso emergente da tecnologia blockchain. A ideia de contratos inteligentes é relativamente simples: um protocolo de software executa uma ação (libera fundos, enviar informações, fazer compras etc.). quando certas condições são atendidas (um pagamento é recebido, o resultado de um evento é determinado etc.). A vantagem dos contratos baseados em *blockchain* é que eles reduzem a quantidade de envolvimento humano necessária para criar, executar e fazer cumprir um contrato, reduzindo assim o seu custo e aumentando a garantia dos processos de execução e execução.

Propriedade Inteligente: O conceito geral de contratos inteligentes é a noção de transacionar todas as propriedades em modelos baseados em blockchain. Identidades digitais podem ser criadas para qualquer ativo físico do mundo representado no sistema *blockchain*. Usando essas identidades, a propriedade pode ser controlada por meio de contratos inteligentes, por exemplo, a porta de um quarto de hotel pode ser desbloqueada automaticamente quando o pagamento do usuário é aceito, ou um carro que não permite que o usuário dirija, se o seguro expirar (MONFARED e ABEYRATNE, 2016).

Figura 8 - Domínio e subdomínios de aplicações da tecnologia Blockchain



Fonte: (PEREIRA, 2022)

Na indústria 4.0, o blockchain emerge como uma tecnologia transformadora encontrando aplicações inovadoras em diversos setores, portando podemos observar vários a evolução em todo processo, garantindo toda transparência, segurança e eficiência. O quadro a seguir mostrar mais aplicações nas áreas de grande relevância nas industriais.

Quadro 1 - Áreas de atuação do Blockchain nas indústrias 4.0

| | |
|--|---|
| <p style="text-align: center;">Finanças</p> | <p>A principal atuação do <i>blockchain</i> está nas aplicações do setor financeiro. A gestão das transações financeiras pode ser feita através do uso de <i>blockchains</i>. Através deles, os problemas de moeda estrangeira poderiam ser resolvidos e um espectro controlado poderia ser alcançado na transação de fornecimento. Atualmente, o setor financeiro e de pagamentos tende a atuar como uma empresa crucial do <i>blockchain</i> e do ritmo de adoção em muitos outros setores.</p> |
| <p style="text-align: center;">Armazenamento de dados</p> | <p><i>Blockchain</i> envolve a rede usada para transferir os dados do sensor para o armazenamento e depois para o dispositivo de análise. Existe um pequeno risco quando os dados são transferidos através de uma rede privada. A nuvem oferece muitos benefícios, como capacidade de computação e pagamento de baixo custo. No entanto, os dados são colocados em uma rede compartilhada como uma vulnerabilidade usando a nuvem. Essa tecnologia também pode reduzir o risco com a ajuda de um bom sistema de compartilhamento e armazenamento de dados</p> |

| | |
|------------------------------|---|
| Integração de sistema | <p>As tecnologias <i>blockchain</i> podem envolver os seus parceiros, clientes e cadeias de abastecimento através de uma organização, proporcionando mais possibilidades de integração para além do ecossistema de uma empresa. Isso ajuda a conscientizar qualquer pessoa sobre a operação. A Indústria 4.0 pode igualmente aceder aos dados, de modo a minimizar o risco de os dados serem retidos e distorcidos. Os fabricantes podem criar resultados benéficos com a implementação bem-sucedida desta tecnologia. Este é o início do mercado de resultados, que se destina à revolução dos modelos de negócio e ao desenvolvimento para promover negócios de maior dimensão.</p> |
| <i>Supply Chain</i> | <p>Com a capacidade de coletar e interpretar informações é muito maior com o uso do <i>blockchain</i>, as empresas podem mapear com muito mais eficiência os processos internos e externos para entender exatamente onde uma falha aconteceu. No <i>Supply Chain</i> com o uso dessa tecnologia é a identificação muito mais precisa sobre a procedência dos insumos adquiridos, por exemplo: redução de custos, proteção de dados, e mais transparência.</p> |
| | <p>A tecnologia <i>blockchain</i> já é aplicada no setor logístico de diferentes maneiras e já traz consigo alguns resultados, como por exemplo no rastreamento de entregas onde é permitido que todo fluxo de produção e transporte das mercadorias seja rastreado, como forma de produção, prazos de validade e modo de</p> |

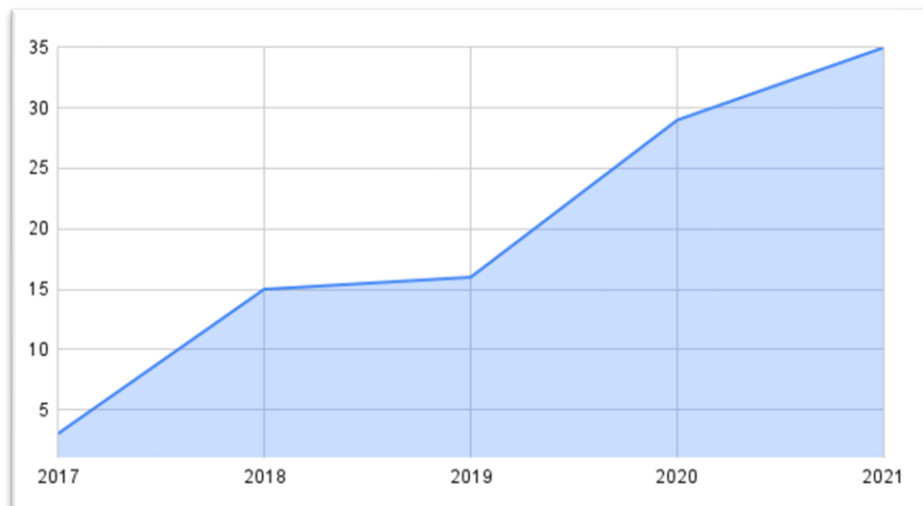
| | |
|---|--|
| <p style="text-align: center;">Logística</p> | <p>armazenagem, e isso se aplica a todos os tipos de bens, como alimentos, vestuário, remédios etc. No compartilhamento de caminhões pode ser compartilhados informações da quilometragem de cada veículo, forma de condução, manutenções realizadas, acidentes ocorridos, entre outros dados podem ser compartilhadas com todas as empresas participantes de forma segura, impedindo que eles sejam adulterados ou omitidos. Também a segurança na precificação de veículos possibilitando guardar informações sobre todo o período de uso de um veículo com maior praticidade, como tempo de motor ligado, ocorrência de acidentes, forma de condução, realização de manutenções etc. Como os dados registrados na <i>blockchain</i> são imutáveis, isso traz maior transparência e confiança entre as partes no momento de precificar um veículo usado.</p> |
| <p style="text-align: center;">Saúde</p> | <p>A área da saúde é um setor que necessita de um rigoroso controle de registros médicos dos pacientes, tanto de medicamentos receitados, quanto de procedimentos realizados. E esses registros podem ser baseado em <i>blockchain</i>, sendo assim teríamos uma ficha médica ao decorrer da vida com a segurança, o sigilo e a confiabilidade que o sistema poderia fornecer. Com isso os perfis de saúde dos usuários poderiam ser usados em pesquisas sem que os dados pessoais fossem divulgados, visto que eles seriam criptografados.</p> |

Entendendo que a tecnologia veio para oferece uma maneira mais segura e transparente de armazenar e transferir informações de forma descentralizada, sem a necessidade de intermediários. As empresas vêm adotando a ferramenta em seus negócios, para determinadas áreas e se adaptando a elas. O *blockchain* vem possibilitando as melhorias e segurança dos dados, tais como transformações clara na área de carregamento e logística, nos registros de dados de produção e manutenção e até mesmo a cadeia externa, que são os clientes que podem registrar dados de utilização.

Várias aplicações precisam de operações que possa garantir a integridade dos dados como citado, e possibilidade de rastreabilidade ou auditorias. Tais aplicações tinham majoritariamente um modelo um pouco mais centralizado, em que uma instituição tem o controle e a confiança dos usuários. Entretanto, a tecnologia blockchain tem modificado esse cenário em direção à adoção de aplicações com modelo descentralizado, isso pode ser observado, em especial, com o surgimento da criptomoeda bitcoin, onde a ideia de blockchain foi originada ADAMS, 2023.

A inserção do *blockchain* nas diversas áreas industriais tem sido um tema de grande importância, a tecnologia oferece um potencial para transformar os processos tradicionais em algo mais seguro e mais dinâmica a medida que a inovação continua a evoluir, a indústria enfrenta o desafio de integrar as áreas, equilibrando os ricos e benefícios para impulsionar a inovação sustentável. Com base nessa crescente sobre o *blockchain*, vem tendo um aumento significativo na pesquisa da tecnologia, que reflete um interesse em suas aplicações. À medida que as organizações reconhecem o potencial da tecnologia, mostrasse um aumento na atividade de pesquisa para aproveitar toda a capacidade da tecnologia promovendo mudanças positivas em setores variados.

Tabela 1 - Publicações sobre o Blockchain por ano



Fonte: (PEREIRA, 2022)

Com o passar dos anos a pesquisa vem sendo cada vez mais desejada pelas organizações, garantindo um aumento significativo sobre a tecnologia. O quadro 1 apresentado nos resultados mostrar as áreas de atuação da tecnologia, portanto, vem ganhando destaque na área de finanças onde surge toda a história do *blockchain*, mas vem desempenhando um papel essencial na logística desde a parte de trajeto ou suprimento do estoque junto ao *suplly chain*. Com isso há uma grande expectativa quanto a estas novas aplicações e aos possíveis benefícios da tecnologia blockchain para os próximos anos.

5. CONCLUSÃO

A tecnologia *blockchain* tem sido extensivamente debatida nos últimos anos como uma tecnologia inovadora e uma solução segura para diversas áreas, como finanças, saúde, logística e a indústria 4.0. Sua característica descentralizada, traz mais confiabilidade e habilidade em assegurar a integridade dos dados o que a tornam particularmente mais valiosa para o setor industrial. Uma das principais vantagens da utilização do *blockchain* na indústria 4.0 é a capacidade de garantir transações seguras e confiáveis entre diferentes partes, como fornecedores, fabricantes e clientes. Por exemplo, o *blockchain* pode ser empregado para monitorar produtos e materiais ao longo de toda a cadeia de suprimentos, garantindo sua autenticidade e qualidade. Isso pode contribuir para prevenir a falsificação de produtos, sendo assim uma ótima tecnologia no auxílio de toda integridade que é extremamente importante para todo o processo industrial.

Ao implementar o *blockchain*, as indústrias podem aprimorar a transparência em suas operações, garantindo um registro imutável e auditável de todas as transações. Isso não apenas fortalece a confiança entre as partes envolvidas, como fornecedores e clientes, mas também facilita a conformidade com regulamentações governamentais.

Por fim, a tecnologia *blockchain* emerge não apenas como uma inovação técnica, mas como um catalisador potente para uma revolução em várias esferas da sociedade. Ao longo deste trabalho, foi explorado a natureza descentralizada do *blockchain*, sua capacidade inigualável de assegurar transações seguras e transparentes, assim como seu potencial para redefinir processos em setores tão diversos de uma indústria, garantindo e aumentando o seu ponto de vista no mercado atual e futuro. Vale ressaltar que, é importante notar que muitos dos desafios associados ao *blockchain* estão sendo abordados por meio de inovações contínuas e esforços de pesquisa, onde a tecnologia está em constante evolução, e soluções para muitos desses desafios, onde vem sendo exploradas tornando-se cada vez atrativa.

6. REFERÊNCIAS

ACADEMY BIT2ME. O que é um hash?, 23 Agosto 2018. Disponível em: <<https://academy.bit2me.com/pt/que-es-hash/>>. Acesso em: 22/09/23

ADAMS, M. Forbes. **Quem é Satoshi Nakamoto?**, 18 Março 2023. Disponível em: <<https://www.forbes.com/advisor/investing/cryptocurrency/who-is-satoshi-nakamoto/>>. Acesso em: 05/09/23.

ALVES, S. IMPACTOS DA INDÚSTRIA 4.0 NO MERCADO DE TRABALHO. **LinkedIn**, 01 Março 2021. Disponível em: <<https://pt.linkedin.com/pulse/impactos-da-ind%C3%A9ria-40-mercado-de-trabalho-stevan-amorim-alves>>. Acesso em: 07/09/23.

AMAZON WEB SERVICES. O que é tecnologia de blockchain? **AWS.Amazon**, 11 Novembro 2019. Disponível em: <<https://aws.amazon.com/pt/what-is/blockchain/?aws-products-all.sort-by=item.additionalFields.productNameLowercase&aws-products-all.sort-order=asc>>. Acesso em: 15/09/23.

AMAZON, A.-. O que é tecnologia de blockchain? **Amazon**, 04 Agosto 2022. Disponível em: <<https://aws.amazon.com/pt/what-is/blockchain/?aws-products-all.sort-by=item.additionalFields.productNameLowercase&aws-products-all.sort-order=asc>>. Acesso em: 14/09/23.

ANTHONY, F. O que é blockchain e como funciona? **AVG.COM**, 11 Novembro 2022. Disponível em: <<https://www.avg.com/pt/signal/what-is-blockchain#:~:text=A%20tecnologia%20Blockchain%20%C3%A9%20um,um%20complexo%20sistema%20de%20consenso.>>. Acesso em: 03/09/23.

ATLÂNTICO. Blockchain: por que as empresas estão aderindo cada vez mais a essa tecnologia, 18 Agosto 2021. Disponível em: <<https://www.atlantico.com.br/blog/blockchain-por-que-as-empresas-estao-aderindo-cada-vez-mais-a-essa-tecnologia/>>. Acesso em: 05/09/23.

BINANCE, A. O que é um Algoritmo de Consenso?, 13 Dezembro 2018. Disponível em: <<https://academy.binance.com/pt/articles/what-is-a-blockchain-consensus-algorithm>>. Acesso em: 10/09/23.

BOETTCHER, M. Revolução Industrial - Um pouco de história da Indústria 1.0 até a Indústria 4.0. **LinkedIn**, 26 Novembro 2015. Disponível em: <<https://pt.linkedin.com/pulse/revolu%C3%A7%C3%A3o-industrial-um-pouco-de-hist%C3%B3ria-da-10-at%C3%A9-boettcher>>. Acesso em: 11/09/23.

CERQUEIRA, A.; STELER, F. Cinco princípios básicos do Blockchain. **IT Forum**, 06 Março 2017. Disponível em: <<https://itforum.com.br/noticias/cinco-principios-basicos-do-blockchain/>>. Acesso em: 05/10/23.

COSTA, A. Blockchain, Descentralização e Liderança, 18 Abril 2022. Disponível em: <<https://www.gazetadopovo.com.br/vozes/voce-amanha/novo-paradigma-tecnologico-blockchain-descentralizacao-lideranca/>>. Acesso em: 07/10/23.

ECONOMIA DIGITAL. O que é blockchain? Conheça a tecnologia das criptomoedas, 14 Junho 2023. Disponível em: <<https://www.mercadobitcoin.com.br/economia-digital/tecnologia/o-que-e-blockchain/>>. Acesso em: 07/10/23.

GIL, A. C. Como Elaborar Projetos de Pesquisa. In: _____ **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. São Paulo : Atlas , 2002. Disponível em: <https://sgcd.fc.unesp.br/Home/helber-freitas/gil_como_elaborar_projetos_de_pesquisa_-anto.pdf>. Acesso em: 11/10/23.

INFOMONEY. O que são smart contracts e qual a relação com criptomoedas, 07 Novembro 2022. Disponível em: <<https://www.infomoney.com.br/guias/smart-contracts/>>. Acesso em: 14/10/23.

KHAN, et al. Blockchain technology applications for Industry 4.0: A literature-based review, 27 Agosto 2021. 12.

LAMOUNIER, L. A História Da Tecnologia Blockchain: Conheça Sua Timeline, 22 Dezembro 2018. Disponível em: <<https://101blockchains.com/pt/historia-da-tecnologia-blockchain/>>. Acesso em: 24/09/23.

MARCONI, M.; LAKATOS, E. In: MARCONI, M.; LAKATOS, E. **Fundamentos de Metodologia 5ª Edição**. São Paulo: Atlas, 2003. p. 310.

MERCADO BITCOIN. O que é blockchain? Conheça a tecnologia das criptomoedas, 14 Junho 2023. Disponível em: <<https://www.mercadobitcoin.com.br/economia-digital/tecnologia/o-que-e-blockchain/>>.

MONFARED, ; ABEYRATNE,. Blockchain Ready Manufacturing Supply Chain Using Distributed Ledger, 01 Setembro 2016. 12.

NETO PORTO. INDÚSTRIA 4.0 – OS DESAFIOS E OPORTUNIDADES NO BRASIL EM MEIO À PANDEMIA DE COVID-19., 2021. Disponível em: <https://www.monografias.ufop.br/bitstream/35400000/3664/1/MONOGRRAFIA_Ind%c3%bacia4.0Oportunidades.pdf>. Acesso em: 01/09/23

NOVADAX. Algoritmo de consenso na blockchain: saiba como funciona, 10 Setembro 2022. Disponível em: <<https://www.novadax.com.br/entendendo-criptomoedas/blockchain-2/#:~:text=O%20mecanismo%20de%20consenso%20%C3%A9,a%20%C3%BAnica%20vers%C3%A3o%20da%20verdade.>>. Acesso em: 28/10/23.

PEDERNEIRAS, G. Blockchain nas indústrias 4.0. **industria40.ind.br**, 25 nov. 2019. Disponível em: <<https://www.industria40.ind.br/artigo/19114-%20blockchain-na-industria-40>>. Acesso em: 03/09/23.

PEDRA, D. O que é Indústria 4.0? Tudo sobre a Quarta Revolução Industrial, 16 Agosto 2023. Disponível em: <<https://www.siteware.com.br/metodologias/o-que-e-industria-4-0/>>. Acesso em: 01/09/23.

PEREIRA, R. Um Panorama da Pesquisa em Blockchain no Brasil, 26 Maio 2022. Disponível em: <<https://horizontes.sbc.org.br/index.php/2022/05/um-panorama-da-pesquisa-em-blockchain-no-brasil/>>. Acesso em: 21/10/23.

PHEMEX. O que é Criptografia na Blockchain: A espinha dorsal da segurança Blockchain, 23 Novembro 2022. Disponível em: <<https://phemex.com/pt/academy/what-is-blockchain-cryptography>>. Acesso em: 28/10/23.

PPLWARE. Criptografia simétrica e assimétrica. Sabe a diferença?, 07 Dezembro 2010. Disponível em: <<https://pplware.sapo.pt/tutoriais/networking/criptografia-simetrica-e-assimetrica-sabe-a-diferenca/>>. Acesso em: 26/10/23.

RAFAEL, R. MECANISMOS DE CONSENSO, 07 Abril 2023. Disponível em: <<https://ethereum.org/pt-br/developers/docs/consensus-mechanisms/>>. Acesso em: 29/10/23.

REVISTA CAPITAL ECONÔMICO. **As três gerações de criptomoedas:** do BTC ao ETH 2.0, 23 Agosto 2022. Disponível em: <<https://revistacapitaleconomico.com.br/as-tres-geracoes-de-criptomoedas-do-btc-ao-eth-2-0/>>. Acesso em: 28/10/23.

REYNA, A. On blockchain and its integration with IoT. Challenges and opportunities, Novembro 2018. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167739X17329205>>. Acesso em: 01/09/23 Acesso em: 16/09/23.

ROCHA, L. Forbes: 10 projetos que mais influenciaram as criptomoedas, 16 Fevereiro 2022. Disponível em: <<https://www.criptofacil.com/forbes-10-projetos-que-mais-influenciaram-as-criptomoedas/>>. Acesso em: 30/09/23.

SCHNEIER, B. Cryptanalysis of MD5 and SHA: Time for a New Standard, 19 Agosto 2004. Disponível em: <https://www.schneier.com/essays/archives/2004/08/cryptanalysis_of_md5.html>. Acesso em: 21/10/23.

SEBRAE. Quando surgiu a Indústria 4.0?, 07 Novembro 2022. Disponível em: <<https://sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/artigos/quando-surgiu-a-industria-40,4542c009cbce3810VgnVCM100000d701210aRCRD#:~:text=O%20termo%20Ind%C3%BAstria%204.0%20foi,estudo%20sobre%20a%20Ind%C3%BAstria%204.0.>>. Acesso em: 03/09/23.

SIEMBRA. Descubra quais são os pilares da indústria 4.0, 2021. Disponível em: <<https://www.siembra.com.br/noticias/ descubra-quais-sao-os-pilares-da-industria->

