



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA

CURSO DE AGRONOMIA

Uso da tecnologia blockchain na rastreabilidade do agronegócio

Otávio Junio de Oliveira Souza

Orientador: Dr. Armando Fornazier

Brasília-DF

Maio – 2021



Otávio Junio de Oliveira Souza

Uso da tecnologia blockchain na rastreabilidade do agronegócio

Monografia apresentada à Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Brasília, como parte das exigências do curso de Graduação em Agronomia, para a obtenção do título de Engenheiro Agrônomo

Orientador: Prof. Dr. Armando Fornazier

Brasília-DF

Maio-2021

FICHA CATALOGRÁFICA

SOUZA, Otávio Junio de Oliveira

USO DA TECNOLOGIA BLOCKCHAIN NA RASTREABILIDADE DO AGRONEGÓCIO /

Otávio Junio de Oliveira Souza; Orientação de Prof. Armando Fornazier – Brasília, 2021

59 p. : il

Trabalho de conclusão de curso de graduação – Universidade de Brasília/Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, 2021.

CESSÃO DE DIREITOS

Nome do autor: Otávio Junio de Oliveira Souza

TÍTULO DA MONOGRAFIA DE CONCLUSÃO DE CURSO: Uso da tecnologia blockchain na rastreabilidade do agronegócio

ANO: 2021

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta monografia de graduação e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva-se a outros direitos de publicação e nenhuma parte desta monografia de graduação pode ser reproduzida sem autorização por escrito do autor.

Otávio Junio de Oliveira Souza
CPF 023.157.091-05
E-mail: otaviosouzan@gmail.com

Endereço: Universidade de Brasília
Campus Universitário Darcy Ribeiro - Asa Norte
CEP 70910-900
Brasília-DF, Brasil

Folha de aprovação

Autor: SOUZA, Otávio Junio de Oliveira

Título: Uso da tecnologia blockchain na rastreabilidade do agronegócio

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Brasília, como parte das exigências do curso de Graduação em Agronomia, para obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Data da Aprovação: ___/___/_____

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof. Dr. Armando Fornazier – UnB (Orientador)

Me. Rodrigo Gomes de Souza – CONAB

Dr. Lurdineide de Araújo Barbosa Borges

DEDICATÓRIA

A Deus criador da vida pela oportunidade de aprofundar na ciência e assim ajudar mais pessoas a ter uma alimentação digna.

A Dona Toca (*In memoria*) que despertou-me o desejo cuidar da terra e das plantas.

E aos meus pais, minha irmã, minha avó materna e ao meu primo João Victor por sempre estarem perto apoiando e fazendo eu continuar em frente chegando neste trabalho último passo da graduação.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela vida e pela oportunidade de concluir esse curso. Ao glorioso São José por ter atendido as preces e auxiliando até o fim dessa missão, Aos meus familiares que durante toda a caminhada me animou para chegar a esse momento.

À Universidade de Brasília por toda a experiência proporcionada durante esses mais de seis anos dos quais me fizeram crescer como pessoa.

Ao Professor Armando Fornazier pela orientação nesse trabalho, sem suas orientações e conselhos a realização seria muito mais difícil.

Ao meu pai, Hélio de Leles e Souza, pelos conselhos e exemplos. A minha mãe, Vera Lúcia Dutra de Oliveira Souza, pelo carinho e dedicação.

À minha irmã que cumpriu seu papel de irmã provocando para ser melhor do que ontem.

Aos meus avós que ajudaram com o que puderam para que chegasse até aqui.

À Assussena, Bruna, Caio, Catiane, Emly, Gabriel, Karolayne, Karolina, Jiossepp, Jhonathan, Matheus Lima, Matheus Malheiros, Matheus Monteiro, Marcos. Rodrigo, Raquel, Romano, Thatiane antes amigos de curso agora amigos de profissão.

Ao Carlos, Divino, Lutiery, Mário, Matheus, Vinicius, Jhonatan e Lucas moradores do AP que durante a faculdade além das alegrias compartilhadas ajudaram no desavio cotidiano de morar junto.

As pessoas que Conheci na Sociedade de São Vicente de Paulo, Aline, Márcia, Maria, Zé Alves, Thiago, Rocha, Verinha, Mirian, Alcir, Cleusa, Pedro, Adroaldo, Clélio e tantos outros que indiretamente contribuíram esse trabalho através da oração.

E aos entrevistados que ajudaram com seu conhecimento e tempo para a investigação feita nesse trabalho e a Letícia que auxiliou nas correções ortográficas.

Sumário

1	Introdução.....	1
2	Objetivos.....	5
2.1	Objetivo geral.....	5
2.2	Objetivos específicos.....	5
3	Metodologia.....	6
4	<i>Blockchain</i> e as cadeias de suprimentos.....	9
4.1	Histórico do desenvolvimento da <i>blockchain</i>	9
4.2	O que é a <i>blockchain</i> ?.....	11
4.3	Agronegócio, sistemas agroindústrias e cadeias produtivas.....	14
4.3.1	O conceito de Agronegócio.....	14
4.3.2	Sistemas agroindustriais.....	16
4.3.3	Cadeias Produtivas.....	17
4.4	Tecnologia, <i>blockchain</i> e agricultura.....	19
5	Resultados e Discussão.....	22
5.1	Afinal o que é a <i>blockchain</i> e como ele pode ajudar na rastreabilidade.....	22
5.2	Vantagens e dificuldades para o uso da tecnologia <i>blockchain</i> no setor agrícola brasileiro....	24
5.3	Por ser a mesma tecnologia usada nas criptomoedas isso influência na sua adoção?.....	25
5.4	Agricultores, rastreabilidade sua importância e uso de tecnologia para alcançá-la.....	26
5.5	<i>Blockchain</i> na gestão da governança e sua oferta para o mercado interno e externo.....	27
5.6	Papel da pesquisa e extensão rural para a difusão da tecnologia <i>blockchain</i> e usos além da rastreabilidade.....	29
6	Conclusão.....	31
7	Referências.....	33
8	Apêndice 1.....	41

Resumo

O presente trabalho teve o objetivo de analisar o atual uso da tecnologia *blockchain* na rastreabilidade do agronegócio. O trabalho se dividiu em duas partes sendo a primeira uma revisão bibliográfica sobre o tema e pontos correlacionados e segundo por meio de entrevistas que se buscou detectar o cenário do uso da tecnologia no agronegócio brasileiro. A tecnologia *blockchain* está em uma fase de maturação e expansão para áreas além da financeira e uma delas que encontrou terreno fértil foi do agronegócio principalmente nesse momento em soluções voltadas para a rastreabilidade. A *blockchain* por ser uma rede descentralizada e poder em certos casos atuar como um banco de dados possibilita seu uso em uma gama de aplicações precisam do registro de informações. Dentro das suas características se encontra a imutabilidade dos dados registrados, a necessidade de que mas da metade dos membros aceite a informação que está sendo inserida isso leva que os membros poderem confiar na rede sem a necessidade de um intermediário. Essas características permitem o seu uso na rastreabilidade dos produtos do agronegócio pois como o objetivo é contar a trajetória do produto do produtor rural até o consumidor final e por meio da *blockchain* é possível ter uma rastreabilidade confiável e transparente. Notou-se que existe necessidade de estudos sobre o uso da tecnologia em demais áreas do agronegócio como também a tecnologia já se encontra consolidada.

Palavras-chaves: Tecnologia *blockchain*, rastreabilidade, cadeias produtivas, tecnologia no agronegócio.

Abstract

The present work aimed to analyze the current use of blockchain technology in the traceability of agribusiness. The work was divided into two parts, the first being a bibliographic review on the topic and correlated points and the second through interviews that sought to detect the scenario of the use of technology in Brazilian agribusiness. Blockchain technology is in a phase of maturation and expansion to areas beyond the financial and one of them that found fertile ground was agribusiness mainly at this time in solutions aimed at traceability. The blockchain for being a decentralized network and being able in certain cases to act as a database allows its use in a range of applications that require the recording of information. Among its characteristics is the immutability of the recorded data, the need for more than half of the members to accept the information that is being entered, which means that the members can trust the network without the need for an intermediary. These characteristics allow its use in the traceability of agribusiness products because as the objective is to tell the product trajectory from the actual producer to the final consumer and through blockchain it is possible to have a reliable and transparent traceability. It was noted that there is a need for studies on the use of technology in other areas of agribusiness as well as the technology is already consolidated.

Keywords: Blockchain technology, traceability, production chains, technology in agribusiness.

1 Introdução

Hoje vivemos em um mundo cercado por equipamentos eletrônicos que facilitam o cotidiano seja o uso de um *smartphone*, computador ou outros equipamentos inteligentes. Todos esses aparelhos permitiram que o homem se concentrasse nas funções produtivas e isso elevou a produtividade do trabalho humano que passou em muitos setores a contar com o auxílio de máquinas. Com esses avanços, com o advento da internet das coisas, redes e sensores sem fios, *big data*, computação em nuvem surgiu uma nova revolução industrial chamada de indústria 4.0 (WANG, 2016). Todas essas ferramentas não ficaram exclusivamente na indústria e se difundiram para outras áreas da sociedade como educação, cidades e agricultura, por exemplo, na gestão de cadeias de produtos agroindustriais.

Dentro da agropecuária essa nova fase ficou conhecida como agricultura digital, agricultura de precisão ou Agro 4.0. Sendo a Agro 4.0 definida por Massruhá e Leite (2017, p.29) como:

A Agro 4.0 emprega métodos computacionais de alto desempenho, rede de sensores, comunicação máquina para máquina (M2M), conectividade entre dispositivos móveis, computação em nuvem, métodos e soluções analíticas para processar grandes volumes de dados e construir sistemas de suporte à tomada de decisões.

Isso leva a perceber que a produção está em uma fase de conexão e processamento de informações resulta num poder de decisão embasado no que acontece dentro do campo de produção no qual as decisões acontecem a partir do que se sabe e de análise de cenários futuros..

Essa conexão entre implementos e operações se estende para as cadeias de suprimentos que se ligam com o mercado e aproxima os fornecedores de matérias-primas e serviços. Essa conexão permite às cadeias de suprimentos buscarem uma maior eficiência com isso buscando a redução dos custos de transação e dando aos seus produtos uma maior competitividade..

Dentro dessa conexão e coleta de dados que acontecem dentro das cadeias de suprimentos ajudam a implementação de sistemas de rastreabilidade que traz transparência nas operações e confiabilidade aos produtos. A rastreabilidade tem por

finalidade contar o trajeto e processos que o alimento que vai ser consumido passou. A rastreabilidade veio para evitar problemas com a intoxicação de humanos por microrganismos patogênicos através do alimento, isso ocorre por meio do controle e acompanhamento das condições sanitárias dos produtos desde a origem, transportes, manipulações e ao consumidor final (SILVA, 2018). Esse processo pode começar com os fornecedores de matéria-prima dos produtores rurais até chegar ao consumidor final.

Dentro das tecnologias emergentes da era digital tem-se o *Blockchain* que é uma cadeia de blocos ligados por funções criptografadas e assim surgiu para ser uma espécie de livro-razão distribuído, disponível a todos os usuários de uma rede, com o histórico de todas as transações já realizadas (LUCENA E RODRIGUES, 2016). Dentro dos blocos é possível armazenar informações que depois do encadeamento dos blocos serão imutáveis. As informações inseridas nos blocos podem ser definidas de acordo com o uso estipulado para a cadeia de bloco e assim podendo ser adaptada para as operações diferentes sendo essa característica importante da hora da adoção do *Blockchain* em suas aplicações. Outra característica da cadeia de blocos é a sua descentralização pela qual não há um ente centralizador, na rede as informações são inseridas após a aprovação de 50%+1 dos membros que estão nela, esse procedimento é chamado prova de consenso. Nesse sentido, o consenso é seminal para a tecnologia *blockchain*, pois possibilita um acordo sobre o próximo bloco a ser agregado à *blockchain* (GRAVE, 2018).

Um exemplo de aplicação dentro da rastreabilidade do agronegócio poderia ser seu em uma cadeia produtiva de grãos na qual cada etapa seria um bloco com as suas informações. O produtor faria a inserção de informações como variedade, data de plantio, adubos usados, defensivos aplicados, data de colheita, talhão que foi usado. Ao passar a carga para o transportador seria gerado um *hash* do bloco que seria inserido no bloco do transportador que nele colocaria por exemplo, veículos e meios utilizados, combustível, embarque, destino, data de carregamento e de descarga no final o bloco do transportador geraria um *hash* que seria inserido no bloco do armazém ou da unidade de beneficiamento. Nessa etapa podem ser inseridas informações como data de recebimento, grau de impurezas e umidade, operações unitárias que passou e quais outras matérias-primas foram adicionadas ao grão e quais os produtos gerados com ele além do lote e da validade do produto. Depois de gerado o *hash* do beneficiamento a mercador passaria por uma nova etapa de transporte que podem ser inseridas os mesmos tipos de informações logísticas de antes só que agora para o vendedor passando

pelos pontos de armazenagem. No vendedor colocaria o *hash* do bloco do transportador no seu bloco além de informações de quando recebeu a mercadoria e suas formas de armazenagem e também se possível qual o consumidor que adquiriu o produto. O Consumidor que adquirir o produtor através de mecanismos da tecnologia da Informação e comunicação faria a leitura de um código que daria acesso á consulta dos blocos para saber quais as informações neles contidas que seria a história do produto que comprou. Esse exemplo está esquematizado na figura 1.

Como funcionaria uma cadeia *blockchain* na rastreabilidade agrícola



Figura 1: Esquema de uma *blockchain* aplicada a rastreabilidade do agronegócio

Por essas características as tecnologias *blockchain* vem sendo adotadas como meio para garantir a rastreabilidade dos produtos agrícolas. O uso dessa tecnologia vem permitindo as cadeias produtivas maior transparência com relação a origem do alimento que oferta como também processos de auditorias podem acontecer de maneira mais segura devido à imutabilidade dos dados.

A *blockchain* por ser uma tecnologia emergente e poder ser usada em diversas frentes dentro e fora do agronegócio necessita de estudos que não sobre o desenvolvimento de aplicações mas também que analisem o seu uso e a percepção de usuários sobre a utilização da tecnologia para os mais diversos fins.

O trabalho se justifica devido à rastreabilidade ser uma forma de promover a segurança do alimento (*food safety*) para a sociedade seja por meio da isenção de patógenos ou substâncias tóxicas nos alimentos seja pela oferta em quantidade adequada. Como a tecnologia *blockchain* está se consolidando em aplicações para o

setor rural e ajudando na agricultura de precisão necessita de trabalhos que observem a dinâmica construída ao seu redor.

O trabalho se deu em duas etapas na qual a primeira foi feita pesquisa bibliográfica e documental sobre o tema *blockchain* e agricultura e outros relacionados, e na segunda etapa se deu por meio de entrevistas submetidas a profissionais envolvidos com a tecnologia.

O trabalho se deu em duas etapas na qual a primeira foi feita pesquisa bibliográfica e documental sobre o tema *Blockchain* e agricultura e outros relacionados, e na segunda etapa se deu por meio de entrevista de profissionais envolvidos com a tecnologia.

2 Objetivos

2.1 Objetivo geral

Analisar o uso da tecnologia *blockchain* na rastreabilidade do agronegócio.

2.2 Objetivos específicos

- Detectar o atual uso da tecnologia *blockchain* na rastreabilidade nas cadeias de suprimento;
- Identificar em qual fase de implementação e inovação se encontra a tecnologia *blockchain*;
- Apontar possíveis áreas de uso da tecnologia *blockchain* dentro do agronegócio;
- Como a tecnologia pode favorecer produtores e as cadeias de suprimento na gestão da governança;

3 Metodologia

A construção de um trabalho científico passa por expor os métodos usados na sua elaboração para que possa ser replicado e validado. A metodologia constrói o caminho para que alcance o objetivo do trabalho levando-o aos resultados.

O presente trabalho teve o como objetivo caracterizar o uso da tecnologia *blockchain* na rastreabilidade de produtos agrícolas e o potencial de uso em demais áreas do setor agrícola. Esse objetivo vem do fato do *blockchain* ainda ser uma tecnologia recente e suas aplicações estarem crescendo em diversas áreas incluindo o agronegócio. Com isso a pesquisa deve acompanhar as demais áreas para que o desenvolvimento seja conjunto e melhorias cheguem a todos.

Sob a perspectiva das cadeias de suprimentos sustentáveis, surge uma expectativa do uso do *blockchain* para promover mecanismos de comunicação e de práticas sustentáveis a partir de indicadores já definidos ou que serão definidos com o suporte da plataforma (SILVA e VENDRAMINI, 2020), Tanto a expectativa, meio de comunicação, indicadores e suporte são frentes de pesquisa dentro da tecnologia e que a cada trabalho ajudam desenvolvedores, produtores e consumidores a manusear a tecnologia com informações imprescindíveis aos bons resultados de suas relações.

A rastreabilidade como objeto primário da pesquisa se deu pelo fato do encontro de maior número de pesquisas relacionadas e por haver organizações oferecendo aplicações com uso do *blockchain* no rastreio de produtos para produtores e agroindústrias e com isso buscando meios pelos quais as cadeias de suprimento podem fazer uso da tecnologia tanto para vantagem competitiva como para melhoria da produtividade e entrega dos produtos. A rastreabilidade permite ter o conhecimento do produto e da cadeia que o produz sendo a tecnologia *blockchain* uma forma de manipular, registrar e apresentar para o meio externo.

Como objetivo secundário buscou descobrir quais aplicações dentro do setor agrícola que podem ser atendidas com o uso da tecnologia. Essa parte busca auxiliar o desenvolvimento de pesquisas que seja viável e atenda a falhas encontrada no mercado.

A pesquisa se desenvolveu por meio de revisão bibliográfica sobre o tema e com o uso de entrevistas com profissionais que atuam com a *blockchain* voltado à agricultura. A revisão bibliográfica buscou identificar pontos pertinentes aos temas e um esquema inicial do presente trabalho (DE MACEDO, 1995.) A revisão bibliográfica serviu como caminho para a construção dos roteiros da entrevista. O roteiro apresentado no apêndice I teve como objetivo a verificar como pessoas do agronegócio envolvidas com a tecnologia *blockchain* a veem o seu uso dentro das cadeias produtivas com o objetivo de proporcionar a rastreabilidade dos produtos.

A revisão bibliográfica se deu por meio de pesquisa dos termos: *Blockchain*; *Blockchain* e agricultura; *Blockchain* e rastreabilidade; *Blockchain* aplicações; *Blockchain* e cadeias produtivas; *Blockchain* e cadeias de suprimentos nas plataformas Google Scholar (scholar.google.com.br) Scielo (scielo.org), Periódicos Capes (periodicos.capes.gov.br) e BDTD (bdtd.ibirc.br). A partir da leitura dos artigos, monografias, dissertações e teses apresentadas se construiu o referencial que é apresentado no capítulo 3.

Ao se propor trabalhos que explorem novos enfoques acredita-se que a pesquisa representa uma forma que pode se revestir de um caráter inovador, trazendo contribuições importantes no estudo de alguns temas (GODOY, 1995). Com esse pressuposto observa-se a importância da construção do referencial bibliográfico no trabalho que por si já é possível apresentar novos enfoques, reunir elementos que sintetizam o tema e ser um norteador as demais etapas da pesquisa. Sua construção proporciona a elaboração do roteiro usado durante as entrevistas.

A escolha da entrevista se deu pois é utilizada com mais frequência na pesquisa qualitativa, reconhecida como uma técnica de qualidade para a coleta de dados e pela possibilidade de interrelação de experiências cotidianas e a linguagem do senso comum no momento da entrevista (GASKEL, 2014; MINAYO, 2011 citado por BATISTA, DE MATOS, NASCIMENTO, 2017). Outra razão pela escolha das entrevistas deve-se ao fato de se alinhar ou confronto das respostas dos participantes e se a literatura está em acordo com o que acontece das aplicações.

Foram realizadas duas entrevistas por meio de videochamada e conversas de áudios via aplicativo de mensagens que foram gravadas e depois transcritas. As datas, e informações dos entrevistados estão no Quadro 1.

Entrevistado	Cargo	Forma	Data
Entrevistado 1	Pesquisador	Áudios por aplicativo de mensagem	18/04/2021
Entrevistado 2	Analista de sistemas	Videochamada	21/04/2021

Quadro 1: Dados dos entrevistados

Após a transcrição das entrevistas foi feito o comparativo entre o que se viu nas respostas e com encontrado na literatura buscando apontar possíveis novas frentes de desenvolvimento da tecnologia *blockchain* em aplicações agrícolas.

4 *Blockchain* e as cadeias de suprimentos.

4.1 Histórico do desenvolvimento da *blockchain*

O desenvolvimento de sistemas de *blockchain* se deve em parte ao uso da criptografia em transações financeiras que foi mais acessível e conhecida a partir da década de 1980 (FIGUEIREDO, 2020). Em 1983, David Chaum publicou um artigo propondo um método chamado “assinaturas cegas”, no qual o banco seria responsável por assinar digitalmente as transações sem conhecer o seu conteúdo, provendo assim alto nível de privacidade aos seus usuários (MARTINS, 2018). Com a aplicação das assinaturas a cegas Chaum concebeu o *eCash*, um sistema criptográfico de dinheiro digital que tinha como uma de suas características o anonimato (FIGUEIREDO, 2020). O desenvolvimento do sistema de criptografia de Chaum permitiu que a privacidade estivesse nas transações mas ainda dependiam de um elo centralizador para que acontecessem. Nas atuais moedas digitais, como o Bitcoin esse elo não é mais necessário devido à aplicação de novos métodos, em especial de uma rede *peer-to-peer*.

Outra tecnologia de criptografia que ajudou no desenvolvimento do *blockchain* foi a árvore de Merkle ou árvore de dispersão. Essa técnica foi apresentada por Ralph Markle em 1987 que se utiliza funções unidirecionais, que permitia criar estruturas de armazenamento de dados seguras (VIDAL, 2020) e por fazer uso de operações binárias que permitem de maneira eficiente resumir e verificar a integridade de grandes conjuntos de dados (MARTINS, 2018). Nestas árvores, no último nível, contêm os dados que são apontadores para as transações; os demais níveis possuem apontadores *hash* para esses dados, os *hash* são agrupados dois a dois, até que se alcance o *hash* da raiz da árvore que então é armazenado de forma segura dentro do *header* do bloco (GREVE, 2018). A árvore de dispersão é uma ferramenta muito útil no *blockchain* já que pode ser usada em qualquer tamanho de dado e pelo dado remeter a valores únicos e isso ajuda a

tecnologia obter a incorruptibilidade dos dados inseridos em sua cadeia. Essa técnica permitiu a evolução dos sistemas de registro de informações permitindo o uso em áreas além da financeira, um exemplo é o uso aplicado à rastreabilidade de produtos agrícolas já que cada informação ou transação teria um registro único dentro da árvore de dispersão.

No ano de 2008 o pseudônimo Satoshi Nakamoto publica o artigo “*Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash system*”, sendo este o marco inicial dos sistemas *blockchain* e da criptomoeda *bitcoin*. Dentre as inovações apresentadas por Nakamoto o mecanismo de consenso foi a principal inovação onde as demais derivam dessa técnica (ANTONOPOULOS, 2014 citado por VIDAL, 2020). O Mecanismo de consenso é um algoritmo que permite que todos os envolvidos sigam o mesmo plano e que um pequeno grupo de divergentes não influenciem a decisão, quais as decisões tomadas pelo algoritmo sejam pelo bem da maioria (VIDAL, 2020). Além do mecanismo de consenso o sistema proposto por Nakamoto conta com uma rede *peer-to-peer* (par-a-par) e com as verificações de transações descentralizadas também sendo um registro público de todo o histórico de transações de ordem cronológica; Emissão de moeda de forma matemática e determinística (FIGUEIREDO, 2020). Esses traços dos sistemas de *blockchain* ganharam popularidade por, de modo especial, não dependerem de uma figura central para regulação e verificação, e pelo sucesso que o *bitcoin* alcançou nos últimos anos. Com a possibilidade de aplicação em áreas além da financeira os estudos sobre a cadeia de blocos ganharam relevância na atualidade.

A *blockchain* por ser uma tecnologia de consenso a partir da construção de um banco de dados descentralizado e sendo assim uma tecnologia virtual em vez de palpável precisa ser escrita em uma linguagem de programação para ser executada em uma máquina como visto em Paribar (2020), Ramos da Informática (2019) e Sempre update (2019), que destacam como as linguagens com mais destaque o Javascript, Java, Python, C++ e Solidity.

Como qualquer tecnologia a *blockchain* passou por gerações. A divisão das gerações dessa tecnologia mais aceitas são as propostas por Swan (2015) e Gates (2017). Dentro da divisão de Swan (2015) se encontram três fases. A Primeira fase

é o uso para a área financeira com a descentralização do dinheiro e uso da internet das coisas para conectar máquinas. Na segunda fase a descentralização do mercado financeiro e econômico. A terceira fase engloba o uso da *blockchain* além das áreas financeiras e econômica. Partindo da visão de Gates (2017) a primeira fase da *blockchain* é o seu uso no mercado financeiro e a aplicação nas criptomoedas e a segunda fase começa com o lançamento da *blockchain* da *Ethereum* que permitiu o uso de máquinas virtuais e o seu pagamento com a própria moeda a *Ether* e também a possibilidade de usar contratos inteligentes.

4.2 O que é a blockchain?

A *blockchain* surgiu como uma proposta para o gasto duplo ao usar o *bitcoin* como sugerido por Satoshi Nakamoto apresentado como um livro-razão distribuído, no qual se encontra o histórico de todas as operações já realizadas. Já as operações são inseridas em uma lista encadeada que permite o acesso a qualquer membro sem que se tenha um agente centralizador. Outra propriedade da tecnologia é a imutabilidade das informações que ocorre devido ao seu tamanho fixo e a impossibilidade de retornar ao valor de entrada a partir do valor de saída (KUROSE e ROSS, 2006).

Para que a *blockchain* cumpra seu objetivo ele deve possuir as seguintes funções: funções de mão única, registro do tempo da criação ou modificação do arquivo, assinatura digital do autor da alteração do arquivo, rede descentralizada *peer-to-peer* e mecanismo de geração de um novo bloco da *blockchain* (LUCENA e HENRIQUES, 2016).

A função de condensado ou condensação é uma função utilizada na criptografia que tem como base um algoritmo que não utiliza nenhum tipo de chave. Também chamadas de função de mão única pois depois de executados, não existe meios de reverter a criptografia para a fonte original. A entrada pode ser uma sequência variável de caracteres e a saída consiste em uma sequência de caracteres de comprimento fixo, denominado valor condensado (CONRAD *et al.*,

2017). Essa função ajuda que os dados inscritos no bloco se tornem imutáveis já que a alteração do valor de entrada gerará um novo *hash*, levando a integridade ao sistema. Dentro das criptomoedas, essa função auxilia para evitar que ocorra o gasto duplo devido todas as informações terem tamanho constante e códigos únicos.

Um bom algoritmo que executa a função de condensado é aquele que permanece irreversível e não gera colisões – duas entradas não resultem na mesma saída, mas para Conrad *et al.* (2017) é impossível devido à quantidade de entradas ser maior que as possibilidades de saídas que possam vir a ser geradas.

O registro do tempo da transação (*timestamp*) tem por finalidade armazenar o instante em que qualquer alteração ocorreu na *blockchain* e impedir qualquer fraude temporal (LUCENA e HENRIQUES, 2016). A função *timestamp* visa gerar uma ordem cronológica dos registros com isso facilita a consulta e as demandas de consenso do mesmo em uma verificação.

As assinaturas digitais seguem princípio similar as assinaturas usadas no mundo físico. Segundo Vigil (2015), as assinaturas digitais terão como características: Autenticidade, o receptor pode ratificar que a assinatura é realmente do emissor; Integridade: a assinatura deve corresponder ao conteúdo do documento, de modo que alterações no conteúdo o invalide; – Não repúdio: é a garantia de que o emissor uma vez identificado, não pode negar a autenticidade; Prova de existência: em determinados casos é necessário certificar que o informado de fato existiu, mesmo que passageiramente. A assinatura digital garante que ela foi realizada pelo proprietário do par de chaves necessárias para concluir a transação dentro do nó, por isso tais características se fazem primordiais dentro dos blocos.

O emprego da rede *Peer-to-peer* (P2P) é a função que assegura a descentralização da *blockchain*. A rede *peer-to-peer* é onde qualquer um é válido a entrar e ser validador dos blocos, ganhando uma cópia de toda a corrente de blocos já existente deixando as transações transparentes, descentralizado e conseqüentemente mais confiáveis, eliminando intermediários e possíveis registros fraudulentos (DE QUEIROZ e IKEHARA, sem ano). Mesmo já sendo usada em outras aplicações, foi com a *blockchain* que a rede *peer-to-peer* teve maior

visibilidade e uso mais expressivo. A descentralização foi o diferencial da *blockchain* permitindo que dentro da rede os usuários a partir da validação gere a confiança no protocolo.

Os computadores que se conectam em uma rede P2P são chamados de nós. Como a rede é descentralizada nenhum nó possui autoridade maior que outro nó presente na rede, mas eles podem exercer funções diferentes. As funções do nó pode ser roteamento que está presente em todos, mineração, carteira e cópia do *blockchain* completa (FIGUEIREDO, 2020). Os nós são uma parte importante da cadeia de blocos já que são a partir deles que os usuários fazem inserções na rede.

Outro ponto é a inserção de novos blocos na cadeia. Isso ocorre após a rede de usuários validar a transação, para isso deve haver consenso entre os membros. Os mecanismos de consenso usados são Prova de Autoridade (*Proof of authority*), Prova de Participação (*Proof of Stake*), Prova de Participação delegada (*delegated proof of stake*), Prova de Atividade (*proof of activity*) e Prova de trabalho (*proof of work*) sendo esse último o mais usual e também é usado no *bitcoin* (PAIVA SOBRINHO, 2019).

Esse mecanismo vê que o esforço computacional em resolver um problema criptográfico foi suficiente para produzir o bloco válido ele é uma prova de que recursos computacionais suficientes foram gastos para se produzir um bloco válido (OLIVEIRA, 2019). Este problema é encontrar um valor que, quando concatenado com os outros dados do bloco (transações, *timestamps*, *hash* do bloco anterior etc.) na entrada de uma função *hash* gera uma saída menor que um valor alvo estipulado pelo sistema (BASHIR, 2017). Este valor é procurado a partir de um campo do bloco chamado *nonce*, que vai sendo incrementado até encontrar um valor que satisfaça essa condição (OLIVEIRA, 2019). Após esse processo de adição e verificação o bloco é inscrito no livro-razão onde poderá ser acessado (DIVINO, 2019). O mecanismo de criação de um novo bloco da cadeia permite que ela se mantenha em uso pelos usuários que realizam transferências entre si e que vão sendo registradas no livro-razão. Esse esforço aliado a outras funções e a descentralização do banco de dados faz com que haja a confiabilidade dos membros que usam a tecnologia.

Dentro da prova de trabalho o termo mineração é muito utilizado e significa que a máquina realiza os cálculos criptográficos até encontrar o resultado esperado. Quando se chega ao resultado esperado, quem minerou o novo bloco ganha uma recompensa que em muitas vezes são as criptomoedas e quando a condição é satisfeita, um novo bloco é minerado e o nó que o minerou é recompensado. As transações são selecionadas, processadas e, enfim, armazenadas nesse novo bloco. Em seguida, o novo bloco é transmitido para todos os nós da *blockchain*. Para se obter uma taxa constante de geração de blocos, o valor do alvo pode ser aumentado ou diminuído de acordo com o número de nós, tornando-se mais difícil quando existem muitos mineradores e mais fácil tendo poucos (OLIVEIRA, 2019). Em todos os sistemas de *blockchain* ocorre essa mineração, mas no caso das criptomoedas as recompensas podem ser usadas como base de troca e nos contratos inteligentes elas podem ser usadas na execução do contrato.

4.3 Agronegócio, sistemas agroindústrias e cadeias produtivas

4.3.1 O conceito de Agronegócio

O agronegócio que é forma aportuguesada do *agribusiness* aqui tem uma aplicação ampla e não tem uma conceituação precisa. O *agribusiness* foi cunhado em Harvard por Jonh H. Davis e Ray Goldber com o estudo *A Concept of agribusiness* na década de 1950. A definição do *agribusiness* é descrita como:

o total das operações que envolvem manufatura e distribuição de suprimentos agrícolas; operações produtivas nas fazendas; e armazenamento, processamento e distribuição de *commodities* agrícolas e produtos feitos a partir destas (DAVIS e GOLDBERG, 1957 citado por MENDONÇA, 2013).

Dentro dessa ótica Davis e Goldberg (1957) englobam etapas da produção que não estão vinculadas a acontecerem necessariamente na propriedade rural. Essa evolução que a proposta trouxe trata-se de uma abordagem que considera os elos dentro da produção de alimentos e fibras não sendo uma atividade só de fazendeiros.

A junção da agricultura com negócios tinha a ideia de enfatizar que a agricultura era um negócio (GRYNSZAN, 2012) e que o centro das políticas públicas estivesse voltado para o setor agrícola-empresarial (DAVIS e GOLDBERG, 1957

citado por MENDONÇA, 2013). Com isso a agricultura precisava ser analisada além da ótica dos agricultores e como atividade econômica estava a ter sobre ela as leis do mercado. Esse olhar econômico-político sobre a lavoura mostra que, como em qualquer segmento da economia, espera-se do estado ações que beneficie o setor agropecuário. Nesse caso do setor agrícola essa intervenção vem para que a interferência seja mais sutil sendo que os agricultores têm precauções quanto as adversidades climáticas e ao surgimento de pragas nos cultivos.

Outro fato que marca o agronegócio é o uso dos recursos tecnológicos. Dentre os recursos usados quatro deles se destacam: a mecanização - uso de fertilizantes e defensivos – melhoramento genético - e as agroindústrias (Contini, 2006). Sendo a junção desses recursos sinônimos dos avanços do agronegócio..

A mecanização no campo começou mais fortemente com o fim da Segunda Guerra Mundial. Para a aquisição dos equipamentos os produtores tinham que possuir um capital considerado para cobrir os custos. As montadoras de tratores na época pressionaram no governo com a demanda de criação de políticas governamentais para subsidiar a compra e a exportação de tratores (MENDONÇA, 2013). Essa pressão pelo consumo de tratores e colhedoras aliado ao discurso do processo na agricultura, pelo fato de ser mais eficiente e demandar menos trabalho humano, leva a associação desses equipamentos ao agronegócio.

As agroindústrias estão ligadas à transformação da produção agrícola em produtos de consumo como os frigoríficos que abatem animais e comercializam a carne e o couro. Nessas indústrias surgiram novas formas de processamento, empacotamento, armazenamento e marketing (BIRD; ARTHUR; GOLDBERG, 1968). Essa transformação em parte vem da substituição dos alimentos frescos pelos processados devido ao crescimento das cidades e do chamado estilo de vida moderno.

O uso do melhoramento genético ficou conhecido como parte tecnológica da Revolução Verde. O melhoramento que começou com a seleção de variedades mais eficientes, passou para o uso de híbridos e de plantas transgênicas. Essas sementes permitiam obter maiores produtividades e essa superprodução que alimentasse a população urbana que trabalhava na indústria (DUTRA e DE SOUZA,

2017). O deslocamento e a comercialização desse alimento entraram em fases do agronegócio.

Os insumos químicos, agrotóxicos e fertilizantes, também estão ligados ao agronegócio já que vêm das indústrias do petróleo e farmacêutica ligando as cadeias a agricultura e também na década de 1950 muitos solos já estavam com a fertilidade deteriorada (MENDONÇA, 2013). O uso desses tipos de insumos se relaciona com o capital investido e a produção (ABBADE, 2014). Isso leva a utilização pelos produtores para obterem boas safras e terem retornos do seu investimento.

4.3.2 Sistemas agroindustriais

Sendo o agronegócio algo abrangente os sistemas agroindustriais são voltados para um segmento produtivo onde sua análise recai sobre a sua competitividade e alternativas que a aumentem. No estudo dos sistemas agroindustriais o enfoque é voltado para sua competitividade, sendo definida a capacidade da empresa formular e implementar estratégias concorrenciais que lhe permitam ampliar ou conservar, de forma duradoura, uma posição sustentável no mercado (FERRAZ *et al.*, 1996), e ainda, a capacidade de obter lucratividade e gerar valor a custos iguais ou inferiores àqueles de outros concorrentes em um mercado específico (HARRISON e KENNEDY, 1997). A competitividade faz uma comparação entre os agentes ou produtos onde se explora os dados econômicos de cada um. Quando se vê a competitividade se vê o desempenho seguindo uma linha industrial.

Já o sistema agroindustrial é compreendido por dois aspectos: uma coleção de elementos e uma rede de relações funcionais, as quais atuam em conjunto para o alcance de algum propósito determinado (DA SILVA e BATALHA, 1999). Dentro do sistema há uma interdependência dos elementos na qual é fonte de estudos. Dentro do viés agroindustrial essa interdependência é vista entre produtores e indústria, indústria e mercado sendo essa ligação elos do sistema.

Dentre as formas de análise se encontram a voltada para o produto sendo a mais usual e por cadeias de suprimento que considera que compartilhamento e o planejamento conjunto pode aumentar a eficiência (DA SILVA e BATALHA, 1999). Com essas formas de análise é possível ver a competitividade na entrega do sistema ou seu produto em relação aos demais ou na construção dele quando se olha pela cadeia de suprimento vendo o que há de mais favorável naquele meio.

4.3.3 Cadeias Produtivas

As cadeias produtivas, ao contrário do sistema agroindustrial que pode ser entendido como algo abrangente e amplo abarcando uma série de produtos que tenham a mesma origem, são voltadas para um produto específico (BATALHA, 1997; COSTA, 2002).

Tendo em vista que as cadeias produtivas no agronegócio vão desde a obtenção dos insumos, a produção rural, a industrialização, logística e comercialização até o consumidor final de um determinado produto agrícola além dessa estrutura às cadeias contam com agentes, instituições e organizações que usam de mecanismo de coordenação para se manterem no mercado e para respondê-lo quanto a novas demandas. Os mecanismos de coordenação não se restringem a parte produtiva, mas vai para outras áreas tais como comercial, financeiro, infraestrutura, tecnologia, relações do trabalho entre outras (FURLANETTO e CÂNDIDO, 2006). Isso leva a uma expansão da cadeia produtiva para além dos campos produtores fazendo que ocorra uma análise mais específica e que as soluções para melhorar a dinâmica sejaM benéfica a todos.

Segundo Dantas, Kertsnetzky e Prochnik (2002), citado por Rodrigues (2015) as cadeias produtivas podem ser compreendidas como sendo um conjunto de etapas consecutivas através das quais passam e são transferidos os diversos insumos que vão sendo transformados em produtos para o consumo. Com essa visão vemos que há uma sucessão para que ocorra a transformação do insumo em produto final. Nessa sucessão vemos vínculos de interdependência entre os

envolvidos. Nesses vínculos que se constata como está estruturada a cadeia como ocorre a coordenação dentro dela e as suas características principais.

A cadeia de produção agroindustrial é considerada um sistema aberto. Seus membros interagem além do que está antes e após eles (RODRIGUES, 2015). Esses fatos mostram que as cadeias produtivas têm uma interação com o meio no qual estão inseridas e assim participam de sistemas de produção. Essa causa leva a que ela apresente meios de coordenação para que não se perca a produtividade do sistema ou outra vantagem que a deixe competitiva.

A confiança entre os integrantes da cadeia produtiva apresenta ligação com estrutura de governança, através da criação de uma vivência recíproca entre os envolvidos que levará a um comportamento de lealdade entre os parceiros, minimizando a preocupação de que algum membro irá agir oportunisticamente (CORRÊA e SILVA, 2006). Como resultado da confiança, os custos de transação de uma relação de troca e a procura de parceiros serão reduzidas. Assim, se torna mais fácil o relacionamento entre as partes dentro de uma cadeia produtiva, deixando-a mais competitiva no mercado (BALDI e LOPES, 2004 citado por RODRIGUES, 2015). A confiança pode ser gerada por mecanismos da cadeia como contratos entre as partes ou pelo trabalho de intermediário em que as partes tenham confiança. Com isso ferramentas que podem proporcionar a confiança em uma cadeia é uma área de estudo relevante para a evolução e melhoria dela.

Como as cadeias são constituídas por elos, independentes é ressaltada a utilidade de coordenação entre os elos, os quais, por vezes, apresentam interesses e ações conflitantes (PFEFFER e SALANCIK, 1978). Portanto, deve-se tratar da estruturação e coordenação das cadeias e, por decorrência, da gestão da cadeia como um todo (CHING, 1999). Nesses pontos a tecnologia da informação é capaz de proporcionar meios para a estruturação, coordenação e gestão. Esses meios permitem a interação dos elos e podem oferecer registros confiáveis das informações trocadas mesmo que não se tenha confiança entre os envolvidos. Dentro dessas ferramentas pode-se destacar o *blockchain* que funciona como um banco de dados inalterável que possibilita a troca de informações e contratos.

4.4 Tecnologia, *blockchain* e agricultura

A produção agrícola tem sofrido transformações tanto na gestão como na incorporação de tecnologias para atender a missão de entregar à sociedade alimentos, fibras e energia apresentando resultados econômicos e ambientais sustentáveis e colocando o país como protagonista na produção mundial de alimentos. A transformação se deu pelo acesso ao conhecimento, às informações e às inovações tecnológicas que no meio rural são vistas através da mecanização, do melhoramento genético, dos fertilizantes químicos e das tecnologias computacionais tais como o sensoriamento remoto, geoprocessamento e as tecnologias da informação e comunicação (TIC).

Inovações nos campos da tecnologia da informação e da comunicação, do sensoriamento remoto, da instrumentação avançada, da automação e da robótica indicam que a agricultura de precisão já é uma realidade comum nas propriedades (LOPES e CONTINI, 2012). Essas tecnologias mostram que o campo se encontra preparado para novas tecnologias que vão além da parte produtiva e indo para a parte de gestão da propriedade e da cadeia produtiva, com funcionalidades que delineiam um agronegócio organizado em torno de vertentes tecnológicas voltadas para a consolidação de sistemas agroalimentares e agroindustriais calçados na sustentabilidade (LOPES e CONTINI, 2012). As ferramentas tecnológicas se aplicadas corretamente e em larga escala para os produtores podem levar o agronegócio a ser um negócio sustentável e elevar a confiança presente em todos os seus participantes.

Com isso o uso da ciência da tecnologia e de suas inovações vêm sendo entendidos no setor como elemento diferencial para a cadeia de valor e em seu impacto social e ambiental (CRUVINEL, 2007). O uso da inovação permite alternativas para a expansão do agronegócio seja na parte produtiva ou parte de mercadológica. Entre as inovações que a tecnologia dispõe ao campo se encontra o *blockchain* que vem sendo usado para rastreabilidade dos dados; integridade dos dados; auditoria e transparência dos dados; redução de perdas informacionais; interoperabilidade com dispositivos de IoT (Internet das coisas) e outros sistemas, e;

padronização das representações digitais (MOREIRA, RODRIGUES, SANT'ANA, 2019).

Uma das vantagens do *blockchain* está no seu mecanismo de consenso mecanismo similar ao adotado nos Sistema participativo de garantia da agricultura orgânica no qual os membros que estão inseridos na rede são responsáveis pela integridade do que outro atesta (BOUCHABKI e SANCES, 2019). Isso permite que os agricultores já acostumados com uso da tecnologia passem a fazer isso de uma maneira informatizada caso adotem a *blockchain*.

A integridade dos dados vem das funções criptográficas adotadas pela tecnologia. Sendo essa causa do uso em aplicações que saem da sua derivação aliado a outro aspecto da *blockchain*. A preservação da informação auxilia no uso da rastreabilidade, da interoperabilidade, e na auditoria.

Os trabalhos que envolvem a *blockchain* e rastreabilidade são os que estão mais voltados para cadeias produtivas de alimentos, mas também presente em outros segmentos da indústria. Um exemplo de trabalho voltado para a cadeia produtiva é o de Bumblauskas *et al.*, (2020) que usou para o rastreamento da produção de ovos em uma empresa dos EUA, tendo como objetivos verificar a precisão e transparência da aplicação (MENDONÇA *et al.*, 2020). O uso do *blockchain* na rastreabilidade está envolvido com a possibilidade de transparência, interoperabilidade, e integridade das informações. Esse conjunto de oportunidades permite que as cadeias tenham uma integração de informações deixando-as mais competitivas.

As ações realizadas por *blockchain* são gravadas de forma imutável, em que quando um dado sofre alteração ganha-se um registro equivalente. Neste formato, o histórico de um produto torna-se mais transparente e confiável para as partes envolvidas na cadeia de suprimentos (GUINGO *et al.*, 2020). Pela sua imutabilidade os blocos podem ser auditados por terceiros.

A integridade dos dados é um elemento capaz ainda de garantir a redução de perdas informacionais que acontecem quando, por exemplo, há troca de propriedade de um bem. A redução pode acontecer pela mensuração no risco de

uma transação e seus ganhos potenciais (DE OLIVEIRA, 2021) que começou no setor financeiro, mas agora se expande para outras áreas como ambiental, social e de governança (ROMAN, 2018). Essa expansão de uso em novas áreas permitem o melhoramento da tecnologia e o desenvolvimento de meios em que a redução de perdas informacionais como igualmente permite instituições a terem mais confiança nos agentes com os quais negociam.

Dentro das possíveis aplicações da *blockchain*, pode-se citar: contratos digitais autoexecutáveis (*Smart contracts*), novos sistemas de governança, registro de ativos de diversas naturezas e registros públicos (WRIGHT; DE FILIPPI, 2015; YERMACK, 2017 citado por VIEIRA, 2018). Essas aplicações que fogem do campo financeiro e ganham o mundo contratual passando para o campo da execução dos contratos e do uso da TIC. Dentro de um contrato executado pela tecnologia as cláusulas precisam ter um padrão que seja executável para o algoritmo. Isso leva aos contratos mesmo com cláusulas específicas apresentem um padrão fazendo com que a leitura das informações seja mais clara e a execução mais rápida.

A tecnologia *blockchain* para interoperabilidade dos dispositivos e sistemas conta com a possibilidade da existência de um mecanismo centralizado e partilhado de gestão de regras de autenticação e autorização para validar aos dados – *Digital Access Rules* (GORDON, 2018 citado por SILVA, 2020) e com a disponibilidade dos dados sendo o alto nível de redundância, permite a preservação e disponibilidade contínua dos registos, uma vez que cada *nó* dispõe de uma cópia de todo o historial de registos (KUO e OHNO-MACHADO, 2017 citado por SILVA 2020). A interoperabilidade de sistemas com a disponibilidade de dados leva à redução do tempo gasto nos processos, taxas de desserviços e no desperdício de materiais.

Percebe-se que a tecnologia trouxe avanços para a agricultura que permitiram alcançar índices produtivos que atendessem a demanda por alimentos, energia e fibras. Com demandas crescentes do mercado que tem como base a sustentabilidade e a segurança alimentar, o *blockchain* pode suprir lacunas dentro do meio produtivo rural beneficiando produtor es e consumidores.

5 Resultados e Discussão

O trabalho se deteve em caracterizar o uso da tecnologia *blockchain* na rastreabilidade de produtos agrícolas e o potencial de uso em demais áreas do setor agrícola para propiciar o seu uso nas cadeias de suprimento.

5.1 Afinal o que é a *blockchain* e como ele pode ajudar na rastreabilidade

Durante as entrevistas ambos os entrevistados citaram dos pontos a função *hash* e o fato de funcionar como um banco de dados.

A função *hash* é bem característica da *blockchain* devido ao seu resultado. Ela em uma explicação simples transforma dados de comprimento variável em dados de comprimento fixo; já a função *hash* criptográfica faz isso de forma unidirecional. Essa função é utilizada no início de cada novo bloco contendo informações do bloco anterior (LAGO, 2017). A função *hash* é a responsável pelo encadeamento dos blocos de informação permitindo assim a criação da cadeia de blocos. Cada novo bloco da *blockchain* utiliza as informações de índice do bloco, *hash* do bloco anterior, dados do bloco, data e hora, e um número chamado de “*nonce*” como entrada para a sua função *hash*, e essas características que dão nome a rede.

As informações contidas em uma *blockchain* estão depois de validadas em um livro-razão distribuído. Greve (2018) O livro-razão pode ser entendido como:

Uma estrutura de dados imutável, em que transações são registradas e o estado global do sistema é mantido. O Livro-razão mantém-se completamente replicado em todos os nós da rede P2P. Logo, o livro-razão distribuído é replicado e imutável. Por sua vez, as transações devem obedecer às mesmas propriedades ACID (Atomicidade, Consistência, Isolamento e Durabilidade.) de banco de dados.

Por essas características que a *blockchain* pode ser considerado em certo ponto como um banco de dados sendo em alguns casos utilizado como um dependo da demanda que há sobre tecnologia.

O entrevistado 1 também relatou a forma de governança dentro da tecnologia citando que pode ser centralizada, descentralizada ou híbrida. A governança citada pelo Entrevistado 1 tem relação com o modelo de criação e gerenciamento da rede na qual temos: centralizada quando há uma organização responsável por ela, como a criptomoeda *ethereum*; descentralizada quando os participantes da rede que se organizam sem uma entidade central no comando; e híbrida com a junção dos dois modelos em que há uma entidade organizadora e usuários responsáveis pela operação.

O Entrevistado 2 lembrou da prova de consenso mecanismo no qual se permite fazer a inserção de informações na rede. O mecanismo de consenso foi a principal inovação onde as demais derivam dessa técnica (ANTONOPOULOS, 2014 citado VIDAL, 2020). O mecanismo de consenso é um algoritmo que permite que todos os envolvidos sigam o mesmo plano e um pequeno grupo de divergentes não influenciem a decisão da maioria (VIDAL, 2020). Sendo essa a inovação que marca a *blockchain* e importante para que os envolvidos mesmo não se conhecendo tenham confiança sem a necessidade de um intermediário.

Já se tratando de como a blockchain pode ser útil na rastreabilidade o Entrevistado 1 citou a integridade que permite a auditoria. A integridade é parcialmente garantida por meio da prova de consenso usada na inserção de novos blocos. Essa prova permite que nenhuma informação do bloco anterior seja alterada e também facilita a auditoria das informações ali contidas. A auditoria como sendo o meio pelo qual se verifica entre o instrumento normativo e a execução pelas partes, a empresa auditada deve encará-la também como uma forma de ajuda para melhoria das práticas e processos (ASSIS, 2008). Com a tecnologia esse processo seria facilitado a partir de melhorias realizadas de maneira mais célere, fato que com a *blockchain* pode acontecer tanto pela consulta dos blocos com também pelo uso de contratos inteligentes.

O Entrevistado 2 citou a imutabilidade – que também é condiciona pela prova de consenso – dos dados e a descentralização da informação – característica típica da *blockchain* – sendo que elas juntas permitem contar a história do produto do produtor até o consumidor. Nesse contexto seria usada a tecnologia para que os

elos da cadeia se integrassem através da rastreabilidade e pudessem contar a história do produto. Isso daria a cadeia de suprimentos maior transparência, articulação entre os membros e maior segurança ao consumidor.

5.2 Vantagens e dificuldades para o uso da tecnologia *blockchain* no setor agrícola brasileiro

Das vantagens

Para o Entrevistado 1 o uso de redes privadas pode diminuir o custo energético. O custo de energia elétrica associado ao consumo de recursos computacionais que demanda hardware especializado para a realização da prova de trabalho para a inserção dos blocos (FIGUEIREDO, 2020). Esse custo pode ser reduzido com o uso de redes privadas que possuam acesso controlado e as ações estão sujeitas a permissões (DE GREVE, 2018). Com isso só informações de uma cadeia ou de uma organização estariam na rede e assim o seu custo seria reduzido pelo uso específico e mantendo as características da rede.

As vantagens para o Entrevistado 2 são suas características como a imutabilidade e a descentralização. São elementos próprios da tecnologia como citados por Figueiredo (2019), Vidal (2020) e De Greve (2018). Aspectos esses que colaboram para implantação de sistemas de rastreabilidade dentro das cadeias de suprimentos preservando informações sobre os produtos.

Das dificuldades

Os entrevistados citaram o desenvolvimento de sistemas e aplicações com a tecnologia e o seu custo operacional que é proporcional ao tamanho e complexidade da cadeia em que se está inserindo. Por ser uma tecnologia emergente e está sendo utilizada além da proposta inicial de Nakamoto (2008) o desenvolvimento é algo que vem a ser construindo a partir das necessidades das cadeias, que vêem a tecnologia como solução aos entraves enfrentados. Segundo o Entrevistado 1 o custo energético e operacional pode ser mitigado seguindo com o uso de redes privadas na qual o uso é restrito.

Outra desvantagem é o consumo energético das máquinas que operam a cadeia, de modo que se for redes descentralizadas o gasto energético pode ser menor. Esse gasto energético das redes descentralizadas é questionável como levantado por Gave (2018) dado que o gasto para realizar a transação não deve superar o bem protegido ou negociado.

Ferramentas de acesso à rede e a disponibilidade de acesso à internet nas propriedades rurais. Mesmo com o crescente uso da internet no meio rural brasileiro o número de propriedades com internet disponível ainda é baixo (SANSSANOVIEZ e CORONA, 2019). Para aumentar o acesso à internet na zona rural e assim possibilitar o uso de ferramentas que necessitam de internet, é necessária a implementação de uma política pública que fomente a expansão da rede de cobertura, bem como a implantação de outros meios de acesso.

5.3 Por ser a mesma tecnologia usada nas criptomoedas isso influência na sua adoção?

Pelas respostas de ambos os entrevistados se nota que há certa desvinculação entre o uso da tecnologia em criptomoedas. A *blockchain* começou com a criptomoeda Bitcoin em 2009 depois foram surgindo outras criptomoedas como Ether, Dogecoin e Litecoin. O uso da tecnologia para a descentralização do dinheiro e as criptomoedas estão relacionados à primeira fase da tecnologia segundo Swan (2015) e Gates (2017).

E o uso em mais áreas além da financeira está proporcionado à tecnologia credibilidade, citou o Entrevistado 2. O uso da *blockchain* para fora do setor financeiro está ligado a terceira fase da tecnologia segundo Gates (2017). Nessa fase a tecnologia deixa o setor econômico-financeiro e começa a ser usada como meio de solução em outros setores como o agrícola servindo de base para a rastreabilidade dos produtos.

Essa desvinculação da tecnologia e aplicação permite com que ela seja explorada ainda mais em outros setores como também crie sua própria identidade e credibilidade no uso. Isso também leva a não restrição de pessoas especializadas

no seu uso podendo haver intercâmbio entre setores para o desenvolvimento de projetos específicos.

5.4 Agricultores, rastreabilidade sua importância e uso de tecnologia para alcançá-la.

Era uma preocupação antes da pandemia cita O entrevistado 2 que também reforça o fato de saber a origem dos produtos ajuda a entrar e permanecer em mercados mais exigentes como o europeu e em produtos finos como os cafés especiais.

Com a pandemia causada pela COVID- 19 notou-se duas questões entre os consumidores, se o alimento é seguro, seguiu boas práticas e não está contaminado e se há alimento em quantidade adequada, qualidade e acesso a todos. Entre os caminhos tem-se o aumento da segurança alimentar noticiado por IHU (2021), e aumento pela integridade e sanidade dos produtos alimentares notados nela Secretaria de Agricultura de São Paulo (ESTADO DE SÃO PAULO, 2020). Esses caminhos distintos entre as preocupações dos consumidores, podem ser atendidos com o uso da rastreabilidade na gestão da cadeia na qual para todos garantirá que o alimento chegue em condições de consumo que beneficie a saúde.

Em relação a produtos finos vê-se o caso da CooperRita (REVISTACAFEICULUTA, 2019), que premia produtores pela combinação de práticas adotadas dentro da propriedade e qualidade final do produto. Outro exemplo dentro da cadeia do café é o caso da empresa Agrorigem (AGRORIGEM,2021), que oferta o serviço de rastreabilidade aos produtores de cafés especiais além da conexão com os clientes. E esses casos corroboram com o apresentado pelo entrevistado, visto que são produtos únicos e a rastreabilidade além de garantir a origem permite que outras informações de cunho social e ambiental acompanhem o produto fortalecendo assim a marca e a relação com o consumidor que busca mais que um produto diferenciado.

Já o Entrevistado 1 afirma que o fato do uso da tecnologia auxiliar na auditabilidade dos dados, e permite saber quais são os fornecedores e, com isso, a

tecnologia *blockchain* começa a ganhar reconhecimento dentro das cadeias produtivas. A auditoria, como atualmente é concebida, num ponto de vista mais restrito, consiste na comprovação da veracidade da informação contida nas demonstrações documentais ou financeiras (ALMEIDA, 2004). A tecnologia permite através da velocidade de processamento dos equipamentos e a automação dos processos que a auditoria tenha maior controle do risco e velocidade na operação (ROSA, 2013). Como a *blockchain* oferece a imutabilidade dos seus dados, favorece o processo de auditoria das informações, levando a rastreabilidade a ter processos mais confiáveis do ponto de vista das informações declaradas.

5.5 *Blockchain* na gestão da governança e sua oferta para o mercado interno e externo.

Ambos os entrevistados citaram o respeito à individualidade dos dados e a segurança das informações contidas nas cadeias, isso vai ao encontro da Lei de Proteção de Dados Pessoais, Lei N° 13.709 de 2018, na qual se fundamenta pelo respeito à privacidade e ao desenvolvimento econômico e tecnológico (BRASIL, 2018). Isso mostra que, ao usar a tecnologia, questões legais devem ser observadas. Ainda dentro dessa linha de proteção de dados o Entrevistado 1 cita que as redes privadas podem ser promissoras nesse quesito devido ao seu modelo de permissão para a entrada na rede.

Ainda segundo o Entrevistado 1 a tecnologia *blockchain* pode auxiliar na obtenção de certificações devido à facilidade de acesso aos dados e por sua integridade, fatos esses que se baseiam nos atributos que a tecnologia possui.

O Entrevistado 2 informou que na questão de governança é importante que se tenha uma linguagem única de entrada das informações que levaria a um melhor controle e análise dos dados, bem como poderia favorecer o seu uso. Com uma base única de dados a *blockchain* funcionaria também como banco de dados e assim as consultas às informações não necessitariam de conversão para outras linguagens ou unidades poupando trabalho operacional. O uso das informações geradas dentro da cadeia de suprimentos como vantagem competitiva não atende

apenas requisitos não valoráveis diretamente sobre o gênero produzido, mas sobre questões sociais, ambientais e econômicas na qual a produção se insere.

Outro ponto levantado pelo Entrevistado 2 dentro da governança das cadeias de suprimentos é o uso dos contratos inteligentes nas transações. Os contratos inteligentes pensados por Nick Szabo em 1997 ganharam visibilidade e aplicação com a tecnologia *blockchain* que permitiu sua maior aplicação nas quais as cláusulas conseguem ser atendidas através dos algoritmos. Um exemplo de uso dos contratos inteligentes seria em contratos de armazenagem pelos quais se registraria a entradas e saídas de cada produtor para que não haja saídas a mais que as entradas efetuadas por ele.

Sobre o uso da tecnologia *blockchain* no mercado houve unanimidade em dois pontos – a *blockchain* veio para ficar e será usado tanto no mercado nacional como internacional.

Para o Entrevistado 1 com o desenvolvimento ela será capaz de atender às demandas de rastreabilidade de maneira eficaz isso vai acontecer pela integridade dos dados e criptografia proporcionando o *Farm-to-fork* que é uma estratégia que busca padrões sustentáveis em toda a cadeia agroalimentar. Uma cadeia de blocos da rastreabilidade pode conter outras informações além daquelas oriundas do produto. Um exemplo disso é o Proposto pela JBS que busca alinhar a rastreabilidade com a sustentabilidade ambiental na cadeia da carne bovina (JBS, 2020).

O Entrevistado 2 citou que no âmbito interno as questões legais e no âmbito externo a exigência de alguns países que já vem ocorrendo por pressões sociais. No cenário local temos a INC 02/2018 que define procedimentos de rastreio para alimentos frescos destinados ao consumo humano (BRASIL, 2018), procedimento pelo qual pode ser atendido com o uso do *blockchain*. Perante o ambiente externos além de questões de demanda social há demanda legislativa como Regulamento (CE) n° 178/2002 na União Europeia, que busca garantir segurança alimentar ao bloco. Isso evidencia que há uma preocupação por parte governamental com a questão da segurança alimentar e uma das formas de assegurar é por meio da rastreabilidade do alimento.

5.6 Papel da pesquisa e extensão rural para a difusão da tecnologia *blockchain* e usos além da rastreabilidade

Ambos os entrevistados disseram que a extensão rural tem um papel importante para a implementação da tecnologia e do desenvolvimento de soluções que atendam ao setor rural.

O Entrevistado 1 cita os trabalhos que vêm sendo desenvolvidos pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) que tem A *blockchain* como meta no plano diretor. A *blockchain* está dentro do atual plano diretor da empresa com o qual visa integrar, automatizar e interoperar plataformas digitais disponibilizadas pela empresa (EMBRAPA, 2020). Isso mostra que a pesquisa está atenta a ferramentas e métodos que podem proporcionar melhor desempenho em seus projetos e produtos.

O Entrevistado 2 lembra que a extensão rural tem o papel de difundir as aplicações desenvolvidas para os produtores como também treinar produtores para o uso e auxiliá-los em demandas que surgem durante o processo de implementação e uso. Isso acontece se os agentes responsáveis pelo processo de difusão usarem técnicas participativas nas quais agricultores tenham o contato com a tecnologia e possam fazer transações e verificações com auxílio do extensionista.

A pesquisa seria responsável pelo desenvolvimento das aplicações voltadas ao setor agropecuário e a extensão pela difusão, implantação das aplicações junto a produtores e agroindústrias, bem como pelo *feedback* entre os usuários e a pesquisa.

Sobre o uso além da rastreabilidade o Entrevistado 1 diz que é amplo estando desde a captura e validação de dados, passado pelo desenho das cadeias de suprimentos e de custódia e no balanço de massas, todas as etapas de produção e comercialização podem estar incluídas em uma aplicação da tecnologia *blockchain*, trazendo segurança às etapas e com isso majorando o valor agregado. As cadeias produtivas no agronegócio vão desde a obtenção dos insumos, a produção rural, a industrialização, logística e comercialização até o consumidor final de um determinado produto agropecuário. Dentro dessas cadeias os agentes,

instituições e organizações usam mecanismo de coordenação para se manterem no mercado para responder quanto às novas demandas. Cada transação dentro da cadeia pode ser acompanhada por um contrato inteligente como proposto por Yano (2018), para a cadeia da carne bovina permitindo que todas as fases e transações da cadeia fossem registradas em um contrato. Isso leva que não só a história do produto pode ser registrada, mas também o fluxo de estoque e logística nos quais permitem que a cadeia como um todo se programe para ter uma coordenação mais eficaz quanto a entrada e saída de recursos.

Para o Entrevistado 2 ainda não dá para falar em quais áreas poderão utilizar a tecnologia, isso vai depender do desenvolvimento e das necessidades do setor. Isso levaria a pesquisa e o desenvolvimento a estarem em sintonia as cadeias de suprimentos as quais demandaria soluções a partir dos seus desafios. Para isso o setor deve apresentar uma maior coordenação para que os esforços de desenvolvimento se tonem efetivos e adotados.

Dentro de trabalhos que explorem a tecnologia *blockchain* além da rastreabilidade há o trabalho de Borrego (2019) que traz exemplos dentro das áreas de seguro, a partir de transações que buscam redução de taxas e rapidez nos pagamentos e na otimização da cadeia alimentar com uso de informações para pedidos mais racionais. Nessas áreas já existem ao menos uma empresa atuando a nível mundial. Isso permite que sejam pensadas em soluções dentro dessas áreas a partir da necessidade brasileira.

Com isso obtive que a tecnologia *blockchain* apresenta um campo amplo de possíveis aplicações, não se restringindo a rastreabilidade. Essas aplicações se desenvolvidas podem trazer a confiança a elos dentro de uma cadeia sem a necessidade de intermediários e com isso reduzir gastos de transações e poder se voltar a melhoria dos produtos ofertados.

6 Conclusão

Com o presente trabalho sobre o uso da tecnologia *blockchain* voltado para a rastreabilidade dentro das cadeias de suprimentos conclui-se os seguintes pontos.

1. A definição de *blockchain* está consolidada como sendo uma cadeia de blocos de informações descentralizadas, que opera por meio de prova de consenso e as informações gravadas em cada bloco são imutáveis devido ao *hash* inserido no bloco posterior.
2. A tecnologia *blockchain* está em uma fase de amadurecimento e consolidação deixando de ser uma tecnologia emergente. Isso em decorrência de alguns fatores como a definição consistente e aceita do que se trata a tecnologia e seu uso está além de uma área de trabalho. O fato dela ser usada além da proposição inicial que foi as criptomoedas ajuda a ter mais desenvolvedores que a dominam e também na oferta de soluções para demais áreas produtivas além da financeira.
3. Dentro da rastreabilidade dos produtos agrícolas, a tecnologia encontra espaço para ser uma alternativa a produtores e agroindústrias que buscam transparência com seus consumidores e com o mercado. Isso é possível devido à imutabilidade dos dados e o uso da prova de consenso para registro das informações
4. Dentro das cadeias de suprimento a tecnologia *blockchain* pode ser usada além da rastreabilidade, mas demanda produtos de inovação que atendam a necessidade de cada setor. Para isso os elos da cadeia e organizações que criem soluções com a tecnologia precisam estar em contato para que juntas produzam as soluções.
5. Para novos trabalhos que busquem avaliar o uso da tecnologia *blockchain* no agronegócio sugere-se os seguintes temas: uso de contratos inteligentes para a comercialização de produtos agropecuários; contratos inteligentes como ferramenta para o seguro agrícola; *blockchain* como meio de

6. Contratação de serviços ambientais; e uso de criptomoedas para pagamentos de serviços dentro das cadeias produtivas;

7 Referências

ABBADE, Eduardo Botti. O papel do agronegócio brasileiro no seu desenvolvimento econômico. **Revista Gestão da Produção Operações e Sistemas**, v. 9, n. 3, p. 149, 2014.

AGRORIGEM, (www.agrorigem.com.br/sobre-nos/) Acessado em 4 de maio de 2021.

ALMEIDA, Bruno José Machado de. Auditoria e sociedade: o diálogo necessário. **Revista Contabilidade & Finanças**, v. 15, n. 34, p. 80-96, 2004.

BASHIR, Imran. **Mastering blockchain**. Packt Publishing Ltd, 2017.

Batalha, M. O. (1997) **Sistemas agroindustriais: definições e correntes metodológicas**. In: Batalha, M. O. (eds.) *Gestão Agro-industrial*. Ed. Atlas, São Paulo

BATISTA, Eraldo Carlos; DE MATOS, Luís Alberto Lourenço; NASCIMENTO, Alessandra Bertasi. A entrevista como técnica de investigação na pesquisa qualitativa. **Revista Interdisciplinar Científica Aplicada**, v. 11, n. 3, p. 23-38, 2017.

BIRD, K.; ARTHUR, H.; GOLDBERG, R. The Technological Front in the Food and Fiber Economy, Harvard Univ. **Sch. Business Administration, Boston, Mass**, 1968.

BORREGO, Tiago Alves. **Tecnologia Blockchain - Potencial de Aplicação no âmbito dos Processos de Negócio das Cadeias de Abastecimento**. 2019.

BOVÉRIO, Maria Aparecida; DA SILVA, Victor Ayres Francisco. Blockchain: uma tecnologia além da criptomoeda virtual. **Revista Interface Tecnológica**, v. 15, n. 1, p. 109-121, 2018.

Brasil, lei nº 13.709 de 14 de agosto de 2018, **Lei geral da Proteção de Dados Pessoais (LGPD)**, 2018.

Brasil, INC 02 de 07 de fevereiro de 2018 (LGPD), 2018.

Ching, H. Y. **Gestão de estoque na cadeia logística integrada: Supply chain**. São Paulo: Atlas, 1999. 196p.

CONRAD, Eric; MISENAR, Seth; FELDMAN, Joshua. Eleventh Hour CISSP : Study Guide. **Syngress**, 2016.

CONTINI, Elisio et al. Evolução recente e tendências do agronegócio. **Revista de política agrícola**, v. 15, n. 1, p. 5-28, 2006.

CORRÊA, C. C.; SILVA, J. Cadeia produtiva: estruturas de governança. In: **XXVI ENEGEP** - Fortaleza, CE, Brasil, 9 a 11 de Outubro de 2006 – ABEPRO, 2006.

COSTA, Eugênio José Saraiva Câmara. **Avaliação do desempenho logístico de cadeias produtivas agroindustriais: um modelo com base no tempo de ciclo**. 2002.

CRUVINEL, Paulo E. Inovação no agronegócio e redes colaborativas. In: **Embrapa Instrumentação-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON SYSTEMS INTEGRATION-ICSI, 4., 2007, Brasília, DF. Transdisciplinary networks: business, government and society.[Anais...].[S. l.]: Celler/International Institute of Systems Integration, 2007. não paginado. 1 CD-ROM. Título equivalente: Conferência internacional de integração de sistemas: redes transdisciplinares: negócios. governo e sociedade., 2007.

DA SILVA, Carlos Arthur B.; BATALHA, Mário Otávio. Competitividade em sistemas agroindustriais: metodologia e estudo de caso. In: 2º Workshop brasileiro de gestão de sistemas agroalimentares. PENZA/FEA/USP. Riberão Preto, Brasil. 1999.

DAVIS, John Herbert et al. Concept of agribusiness. 1957.

DE ASSIS, Joston Simão. Rastreabilidade, auditoria e certificação na produção integrada. In: **Embrapa Semiárido-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 20.; ANNUAL MEETING OF THE INTERAMERICAN SOCIETY FOR TROPICAL HORTICULTURE, 54., 2008, Vitória. Frutas para todos: estratégias, tecnologias e visão sustentável: mini-cursos. Vitória: INCAPER: Sociedade Brasileira de Fruticultura, 2008.

DE MACEDO, Neusa Dias. Iniciação à pesquisa bibliográfica. Edições Loyola, 1995.

DE OLIVEIRA, Rafael Xavier et al. Ganhos Potenciais do Uso do Blockchain na Avaliação do Risco de Crédito. **Sociedade, Contabilidade e Gestão**. 2021

DE QUEIROZ, Matheus Dias; IKEHARA, Vinicius Hideyuki. História e Funcionamento do Blockchain e algumas aplicações.

DIVINO, Sthéfano Bruno Santos. Smart contracts: conceitos, limitações, aplicabilidade e desafios. *Revista Jurídica Luso-Brasileira*, a, v. 4, p. 2.771-2.808.

DOS SANTOS, Diego Rafael Guedes; VOLANTE, Carlos Rodrigo. A importância da tecnologia sem fio na Indústria 4.0. **Revista Interface Tecnológica**, v. 15, n. 2, p. 245-254, 2018.

DUTRA, Rodrigo Marciel Soares; DE SOUZA, Murilo Mendonça Oliveira. Cerrado, Revolução Verde e a Evolução no Consumo de Agrotóxicos. **Sociedade & Natureza**, v. 29, n. 3, p. 469-484, 2017.

Embrapa. **VII Plano Diretor da Embrapa : 2020–2030** / Embrapa. – Brasília, DF : Embrapa, 2020. 31 p

ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 39., 2019, Santos. **Os desafios da engenharia de produção para uma gestão inovadora da Logística e Operações**: anais. Rio de Janeiro: ABEPRO, 2019., 2019.

ESTADO DE SÃO PAULO, Pandemia altera cenário do padrão de consumo de alimentos e amplia a busca pela segurança alimentar (cdrs.sp.gov.br), 2020, acessado em 4 de maio de 2021,

FERRAZ, João Carlos; KUPFER, David; HAGUENAUER, Lia. Made in Brazil: desafios competitivos para a Indústria. Rio de Janeiro: Campus, 1997. __. **Estudo da competitividade da indústria Brasileira**. Editora Campus, 1996.

FIGUEIREDO, Daniel Duarte. **Fundamentos em Blockchain**. 2020.

FURLANETTO, Egidio L.; CÂNDIDO, Gesinaldo A. Metodologia para estruturação de cadeias de suprimentos no agronegócio: um estudo exploratório. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 10, n. 3, p. 772-777, 2006.

GATES, M. Blockchain: **Ultimate Guide to Understanding Blockchain, Bitcoin, Cryptocurrencies, Smart Contracts and the Future of Money.** Breinigsville, Pensilvânia: Createspace Independent Publishing Platform. 2017.

GODOY, Arilda Schmidt. Pesquisa qualitativa: tipos fundamentais. **Revista de Administração de empresas**, v. 35, n. 3, p. 20-29, 1995.

Gordon WJ, Catalini C. Blockchain Technology for Healthcare: Facilitating the Transition to Patient-Driven Interoperability. *Comput Struct Biotechnol J*. 2018;16:224-230. doi:10.1016/j.csbj.2018.06.003

GREVE, Fabíola Greve et al. Blockchain e a Revolução do Consenso sob Demanda. Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores e Sistemas Distribuídos (SBRC)-Minicursos, 2018

GRYNSZPAN, Mário. Origens e conexões norte-americanas do agribusiness no Brasil. **REPOCS-Revista Pós Ciências Sociais**, v. 9, n. 17, 2012.

HARRISON, R. Wes; KENNEDY, P. Lynn. A neoclassical economic and strategic management approach to evaluating global agribusiness competitiveness. **Competitiveness review: An international business journal**, 1997.

HOBBS, Jill E.; KERR, William A. Costs of monitoring food safety and vertical coordination in agribusiness: what can be learned from the British Food Safety Act 1990?. **Agribusiness**, v. 8, n. 6, p. 575-584, 1992.

HUBI40, [Belagrícola adota IoT e blockchain na cadeia de grãos de soja e milho - HUB i4.0 \(hubi40.com.br\)](http://hubi40.com.br)

IHU, Fome volta ao Brasil e quase dois terços da população urbana sofrem de insegurança alimentar. Entrevista especial com Renata Motta - Instituto Humanitas Unisinos - IHU (www.ihu.unisinos.br/159-noticias/entrevistas/608506-fome-volta-ao-brasil-e-quase-dois-tercos-da-populacao-urbana-sofrem-de-inseguranca-alimentar-entrevista-especial-com-renata-motta) 2021

ISO 9000:2005. 9000:2005: Organization for Standardization. Disponível em: . Acesso em: 02 de Maio de 2016.

JBS (<https://jbs.com.br/sustentabilidade/integridade-do-produto/plataformaverde/>), 2020. Acessado em 4 de maio de 2021.

Kuo TT, Kim HE, Ohno-Machado L. Blockchain distributed ledger technologies for biomedical and health care applications. *J Am Med Informatics Assoc.* 2017;24(6):1211-1220. doi:10.1093/jamia/ocx068

KUROSE, James F.; ROSS, Keith W. Redes de computadores e a Internet: uma abordagem top-down. 3. ed. São Paulo: Pearson Addison Wesley, 2006.

LOPES, Maurício Antônio; CONTINI, Elisio. Agricultura, sustentabilidade e tecnologia. **Agroanalysis**, v. 32, n. 02, p. 27-34, 2012.

LUCENA, Antônio Unias de; HENRIQUES, Marco Aurélio Amaral. Estudo de arquiteturas dos blockchains de Bitcoin e Ethereum. In: **IX Encontro de Alunos e Docentes do DCA/FEEC/UNICAMP**, 9, 29-30 de setembro, Campinas, São Paulo, 2016.

MACHADO, Rosa Teresa Moreira. **Rastreabilidade, tecnologia da informação e coordenação de sistemas agroindustriais**. 2000. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

MARTINELLI, Tháiro; PINTO, Giuliano Scombatti. BLOCKCHAIN: comparação evolutiva utilizando Bitcoin e Ethereum. **Revista Interface Tecnológica**, v. 16, n. 1, p. 146-157, 2019.

MARTINS, Thiago Fonseca. **Prova de existência de arquivos digitais utilizando a tecnologia blockchain do protocolo Bitcoin**. 2018.

MASSRUHÁ, Sílvia Maria Fonseca Silveira; LEITE, MA de A. Agro 4.0-rumo à agricultura digital. In: **Embrapa Informática Agropecuária-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. In: MAGNONI JÚNIOR, L.; STEVENS, D.; SILVA, WTL da; VALE, JMF do; PURINI, SR de M.; MAGNONI, M. da GM; SEBASTIÃO, E.; BRANCO JÚNIOR, G.; ADORNO FILHO, EF; FIGUEIREDO, W. dos S.; SEBASTIÃO, I.(Org.). *JC na Escola Ciência, Tecnologia e Sociedade: mobilizar o conhecimento para alimentar o Brasil*. 2. ed. São Paulo: Centro Paula Souza, 2017., 2017.

MENDONÇA, Maria Luisa Rocha Ferreira de. **Modo capitalista de produção e agricultura: a construção do conceito de agronegócio**. 2013. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

MENDONÇA, Ronan Dutra et al. Utilização de Blockchain na Rastreabilidade da Cadeia Produtiva do Leite. In: **Anais do III Workshop em Blockchain: Teoria, Tecnologia e Aplicações**. SBC, 2020. p. 55-60.

MOREIRA, Fábio Mosso; DE ASSIS RODRIGUES, Fernando; SANT'ANA, Ricardo César Gonçalves. Possibilidades de uso de Blockchain em fluxos informacionais de cadeias produtivas. **Revista Eletrônica Competências Digitais para Agricultura Familiar**, v. 5, n. 1, p. 64-86, 2019.

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

OLIVEIRA, Walan Marcel Teles. **Token universitário por meio de Blockchain**. 2019.

PAIVA SOBRINHO, Ranulfo et al. Tecnologia Blockchain: inovação em pagamentos por serviços ambientais. **Estudos Avançados**, v. 33, n. 95, p. 151-176, 2019.

PINTO GOMES, Delber. Contratos ex machina: breves notas sobre a introdução da tecnologia (Blockchain e Smart Contracts). **REVISTA ELECTRÓNICA DE DIREITO**—OUTUBRO, 2018.

PIRIPAR, **principais linguagens de programação populares para blockchain - Paribar**, Acessado em 11 de dezembro de 2020.

PFEFFER, J.; SALANCIK, G. R. **The External Control of Organizations: a resource dependence perspective**. Stanford, California: Stanford University Press, 1978

RAMOS DA INFORMATICA, 2020 **As principais linguagens de programação utilizadas no Blockchain** (ramosdainformatica.com.br)

REVISTA CAFEICULTURA, Rastreabilidade do café: o que é, quais seus benefícios e quem já saiu ganhando com ela. **Revista Cafeicultura**,

(www.revistacafeicultura.com.br/?mat=68075) 2019. Acessado em 4 de maio de 2021.

RODRIGUES, Claudimir. **Estratégia de multi-integração nas cadeias produtivas do agronegócio do sul do Brasil**. 2015.

ROMAN, Denys Pacheco. **Como as blockchains podem ser utilizadas para gerar maior confiança na asseguaração de dados ambientais, sociais e de governança corporativa**. 2018. Tese de Doutorado.

ROSA, Valéria Morgado de Castro. O impacto da tecnologia da informação no trabalho de auditoria. **Revista de Contabilidade do Mestrado em Ciências Contábeis da UERJ**, v. 3, n. 2, p. 49-53, 2013.

SANSSANOVIEZ, Andressa; CORONA, Hieda Maria Pagliosa. REDE DE RELAÇÕES SOCIAIS NO MEIO RURAL: TRANSFORMAÇÕES PELO ACESSO À INTERNET. **X Seminário Internacional sobre Desenvolvimento Regional**, 2019.

SCHUCHMANN, Cleide Elisa Zanella. **Ações para a formulação de um protocolo de rastreabilidade de erva-mate**. 2002.

SEMPREUPDATES, [Saiba as principais linguagens de programação utilizadas em blockchain | SempreUPdate](#)

SILVA, Luís Vítor Gonzaga da, **Saúde Digital: a Interoperabilidade e a Tecnologia Blockchain**. 2020. Tese de Doutorado.

SILVA, José Amade da et al. **Ontologia na rastreabilidade de dados agrícolas**. 2018.

SILVA, FGC et al. Avaliação da técnica de blockchain na rastreabilidade na agroindústria a sucoenergética. In: Embrapa Informática Agropecuária-Artigo em anais de congresso (ALICE). In: **ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**, 39., 2019, Santos. Os desafios da engenharia de produção para uma gestão inovadora da Logística e Operações: **anais**. Rio de Janeiro: ABEPRO, 2019., 2019.

SILVA, EVELYN CAROLINE; VENDRAMINI, ANNELEISE. **Blockchain e o desempenho de cadeias agroalimentares sustentáveis**, 2020

SPERS, Eduardo Eugenio. **Mecanismos da regulação da qualidade e segurança em alimentos**. 2003. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

SZABO, Nick. **Formalizing and securing relationships on public networks**. First monday, 1997.

SWAN, M. **Blockchain: Blueprint for a new economy**. ed 1.O'Reilly, 2015

UNIÃO EUROPEIRA, Regulamento (CE), **Nº178/2002 de 28 de janeiro de 2002**, que determina os princípios e normas gerais da legislação alimentar, cria a Autoridade Europeia para a Segurança dos Alimentos e estabelece procedimentos em matéria de segurança dos géneros alimentícios, 2002.

VIDAL, Fernando Richter. **Análise e aplicação da tecnologia blockchain na gestão de diplomas do ensino superior**. 2020. Tese de Doutorado.

VIGIL, Martín et al. Integrity, authenticity, non-repudiation, and proof of existence for long-term archiving: a survey. **Computers & Security**, v. 50, p. 16-32, 2015.

VIEIRA, Juliana Aparecida Pinto. **A representação social do blockchain no Brasil**. 2018. Tese de Doutorado.

WANG, Shiyong et al. **Implementing Smart Factory of Industrie 4.0: An Outlook**. 2016. Disponível em: <<http://journals.sagepub.com/doi/full/10.1155/2016/3159805>>

YANO, Inácio Henrique et al. Modelo de rastreamento bovino via Smart Contracts com tecnologia Blockchain. **Embrapa Informática Agropecuária-Comunicado Técnico (INFOTECA-E)**, 2018.

8 Apêndice 1

Roteiro de Entrevista para o Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) de Agronomia do estudante Otavio Junio de Oliveira Souza sob a supervisão do Prof. Dr. Armando Fornazier

Nome do/a Entrevistado: _____

Cargo: _____

Data da Entrevista: _____

Forma de realização da Entrevista: _____

1. Em sua opinião de uma maneira simples, o que é a tecnologia blockchain?
2. A tecnologia blockchain por ser a mesma tecnologia do bitcoin e outras moedas digitais influencia na sua adoção?
3. Em sua opinião como os agricultores verificam a importância da rastreabilidade em seus produtos? E qual a visão deles quando se alia a rastreabilidade a novas tecnologias?
4. Dentre as características do blockchain qual se destaca para a sua adoção na rastreabilidade especialmente de produtos do agronegócio?
5. Acha que as tecnologias blockchain podem ser adotadas pelos diversos tipos de produtores? (Pequenos, médios, grandes).
6. Como as cadeias produtivas podem fazer o uso da tecnologia em gestão de governança para ser uma vantagem competitiva?
7. Quais as vantagens e dificuldades para que o setor agrícola brasileiro use o blockchain mais largamente?
8. Como a pesquisa, desenvolvimento e extensão agrícola pode ajudar na difusão da tecnologia para o setor rural?
9. Como as empresas que ofertam a tecnologia blockchain veem o futuro da rastreabilidade com blockchain no Brasil? Acredita que sua utilização é mais favorável do ponto de vista do mercado interno, externo ou ambos?

10. Veem a possibilidade da adoção da tecnologia blockchain em quais areas do agronegócio?