

<http://dx.doi.org/10.48005/2237-3713rta2020v9n1p6781>

O Blockchain e suas aplicações para além das criptomoedas: Uma revisão sistemática de literatura*

The Blockchain and its applications beyond the cryptocurrency: a systematic literature review

Fernando Ressetti Pinheiro Marques Vianna
Universidade Tecnológica Federal do Paraná UTFPR
fvianna2009@hotmail.com

Petterson Cristian Grendel da Silva
Faculdade de Ciências Sociais e Aplicadas do Paraná – FACET
petercrsthian@gmail.com

Jurandir Peinado
Universidade Tecnológica Federal do Paraná UTFPR
jurandirpeinado@gmail.com

RESUMO

O presente trabalho buscou explorar o tema Blockchain além área usualmente abordada, as criptomoedas. Para tanto o método utilizado foi a Revisão Sistemática de Literatura (RSL), que utilizou a base *Google Scholar* como fonte dos artigos que compuseram o *corpus* do trabalho. Inicialmente foram localizados mais de 23 mil artigos sobre o tema *Blockchain*, mas que, com a aplicação de filtros baseados em critérios já utilizados em outros artigos, chegou a quinze artigos que apresentaram aplicações de *crowdsourcing* não relacionadas a criptomoedas. A utilização da RSL se deve ao fato do tema ser inovador e ainda apresentar lacunas relacionadas às categorias de *blockchain* e termos utilizados em suas possíveis aplicações. O trabalho chegou a treze categorias de utilização do *blockchain*: notório público, indústria da música, armazenamento descentralizado, IOT, antifalsificação, aplicações para o bitcoin, contratos inteligentes, organização autônoma descentralizada, protótipos de aplicativos, *Supply Chain Management*, cidades inteligentes, direitos de propriedades e *hyperledger*.

Palavras-chave: *Blockchain*. Revisão Sistemática de Literatura. Categorização. Outras aplicações de *blockchain*.

ABSTRACT

The present work sought to explore the Blockchain theme in addition to the area usually covered, the cryptocurrency. For that, the method used was the Systematic Review of Literature (SLR), which used the Google Scholar base as a source of the articles that composed the work corpus. More than 23,000 articles were initially located on the Blockchain theme, but with the application of filters based on criteria already used in other articles, there were fifteen articles that presented crowdsourcing applications not related to crypto-coins. The use of RSL is due to the fact that the theme is innovative and still presents gaps related to the categories of blockchain and terms used in their possible applications. The work has reached thirteen categories of use of blockchain: notorious public, music industry, decentralized storage, IOT, antifalsification, applications for bitcoin, intelligent contracts, decentralized autonomous

organization, application prototypes, Supply Chain Management, smart cities, properties and hyperledger.

Keywords: Blockchain. Systematic Literature Review. Categorization. Other applications of blockchain.

1 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento de novas tecnologias com vistas ao aumento da segurança de transações digitais não é recente. Haber e Stornetta (1990) já naquela década levantaram a ideia em que um grupo de indivíduos, trabalhando de forma descentralizada, poderia contribuir para o compartilhamento seguro de informações. Mais recentemente, uma tecnologia semelhante foi idealizada por um grupo de indivíduos sob o nome de Satoshi Nakamoto que sugeriu a utilização de um sistema de blocos de informações financeiras (tecnologia *blockchain*), que não poderiam ser corrompidas (Nakamoto, 2008).

Apesar de um significativo número de entusiastas vislumbrar o *blockchain* como a solução para a eliminação de intermediários entre transações, a sua aplicação ainda é fortemente restrita, à área financeira, com a utilização de criptomoedas (Khan & Salah, 2018).

Este artigo teve por objetivo apresentar e discutir diferentes dimensões, além da financeira, que a tecnologia *blockchain* aborda, utilizou-se uma Revisão Sistemática de Literatura (RSL), foi adotada a plataforma *Google Scholar* para a captação dos trabalhos científicos. A RSL resultou em quinze artigos que compuseram o seu *corpus*, destes artigos foram extraídas treze categorias diferentes de aplicação do *blockchain*.

A seguir é apresentado um breve histórico da tecnologia *blockchain*, bem como suas características, vantagens e impressões de outros pesquisadores do tema. Em seguida é apresentado o procedimento metodológico adotado e os resultados obtidos são discutidos por fim são apresentadas as conclusões do trabalho.

2 A TECNOLOGIA BLOCKCHAIN

São inúmeras as possibilidades de aplicação das novas Tecnologias de Informação e Conhecimento (TIC) em áreas como a economia compartilhada e novas formas de trabalho. Khan e Salah (2018) afirmam que existem novas aplicações, inclusive disruptivas, para sistemas de segurança. Eles também avaliam que as transações de dados de informações pessoais e financeiras que são realizadas pela *internet* podem se beneficiar da tecnologia *blockchain*.

De acordo com Yermack (2017), a ideia de *blockchain* se trata de uma estrutura de dados que foi mencionada, inicialmente, por Haber e Stornetta (1990) sendo que sua primeira sugestão de aplicação foi apresentada por Nakamoto (2008). Segundo Crosby (2016), um indivíduo ou um grupo de indivíduos, sob o nome de Satoshi Nakamoto, publicou um artigo em 2008,

intitulado “*Bitcoin: A Peer-To-Peer Electronic Cash System*”. O trabalho de Nakamoto (2008), descreve uma versão *peer-to-peer* do caixa eletrônico, que permitiria efetuar pagamento entre usuários sem a necessidade de intermediários. Crosby (2016), também relata que o *Bitcoin* foi a primeira aplicação do conceito de *blockchain*, e sua popularidade e tecnologia subjacentes encontram agora novas aplicações além da financeira.

As inovações propostas no trabalho de Nakamoto (2008) em *bitcoin* incluíam a relação entre o conceito de *blockchain* e um *ledger* público, que seria uma espécie de “livro público” que pode ser atualizado conjuntamente por inúmeros participantes em uma rede de código aberto, sem intermediários. Iansiti e Lakhani (2017) explicam que no sistema *blockchain* os *legders* são replicados em grandes números de bancos de dados dentro do sistema, e cada parte interessada mantém uma réplica deste banco de dados. Cada vez que uma nova cópia deste arquivo é gerada, todas as outras cópias são atualizadas simultaneamente.

Bahga e Madisetti (2016), Crosby (2016) e Yemack (2017) observaram duas vantagens da tecnologia *blockchain* que poderiam ser utilizadas por organizações: o aumento da agilidade e da eficiência na emissão e negociação de títulos corporativos e a possibilidade de desenvolvimento de negócios diretos entre duas partes interessadas. Ying, Jia e Du (2018) afirmam que estas vantagens se devem às características de segurança do *blockchain*, sua transparência e impossibilidade de alteração dos dados.

Segundo Iansiti e Lakhani (2017) e Yermack (2017), apesar de todos os aspectos positivos ressaltados, o *blockchain* é uma tecnologia que levará tempo para sedimentar e para isto exigirá ampla coordenação. Iansiti e Lakhani (2017) afirmam que o nível de complexidade social, tecnológica e de regulamentação será sem precedentes. Eles também afirmam que, embora possa levar anos e ser bastante imprevisível, não é cedo para as empresas começarem a investir nesta tecnologia.

3 METODOLOGIA

Este trabalho buscou levantar as possíveis aplicações do *blockchain*. Foi realizada uma RSL e análise de estudos científicos já realizados que abordam *blockchain* e suas áreas de aplicações.

Segundo Kitchenham (2004, p. iv), “a revisão sistemática de literatura é uma forma de avaliação e interpretação de toda a pesquisa relevante disponível para uma questão de pesquisa específica, um assunto ou fenômeno de interesse”. A RSL, segundo Mendes-da-Silva (2019), busca apresentar quantitativamente e/ou qualitativamente evidências relevantes acerca de um determinado tema de pesquisa.

Devido ao tema ser recente, outras RSL a respeito da tecnologia *blockchain* já foram desenvolvidas com outras temáticas. Hawlitschek, Notheisen e Teubner (2018) desenvolveram uma revisão de literatura relacionando o tema *blockchain* à economia compartilhada, Yli-Huommo *et al.* (2016) desenvolveram um trabalho explorando os caminhos da pesquisa em *Blockchain* naquele momento. Este trabalho procurou responder a seguinte pergunta de pesquisa: Quais as possíveis aplicações não-financeiras do *Blockchain* vislumbradas pelos autores da área e as características do *blockchain* presentes nestas aplicações?

3.1 Utilização da base de dados *Google Scholar*

De acordo com Jacsó (2005) a importância da base de dados *GoogleScholar* repousa sobre o importante volume de artigos e publicações oriundas de variadas fontes acadêmicas, e, também, das ferramentas de refinamento da pesquisa que essa base proporciona. Para esse autor, estas ferramentas aumentam a eficiência do trabalho de pesquisa ao buscar os dados de interesse em partes dos trabalhos, como resumo, título e texto.

Para Noruzi (2005), a plataforma Google Scholar é tão interessante quanto outras bases mais afamadas, e uma boa alternativa a estas. Destaca-se ainda a qualidade e o volume das citações disponíveis no *GoogleScholar* como algo a se levar em consideração (Repanovici, 2010).

3.2 Procedimentos metodológicos

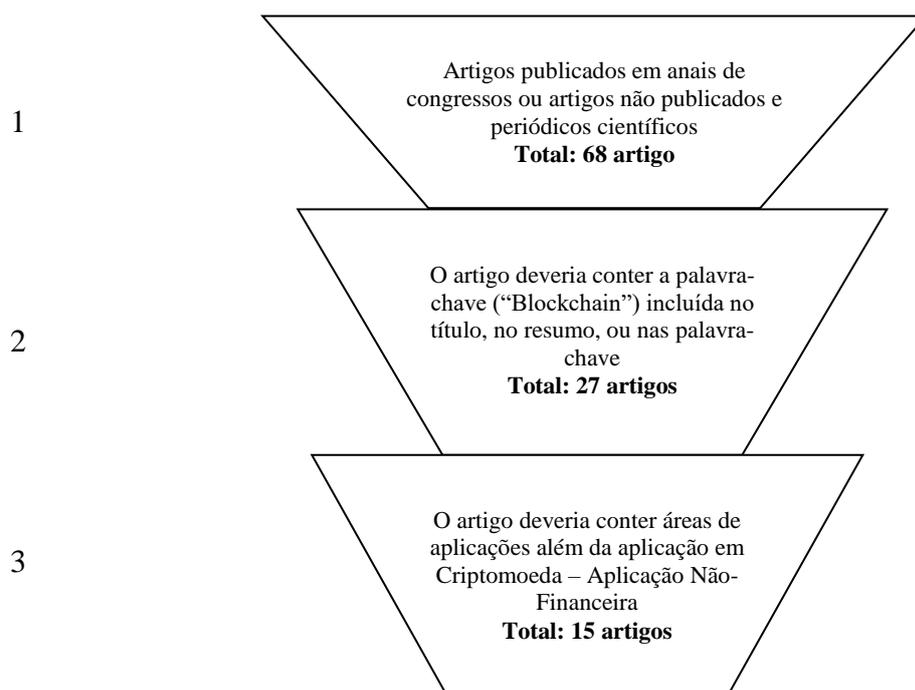
Justificada a adoção da base de dados utilizada para se definir o *corpus* da investigação, o trabalho utilizou o mesmo protocolo desenvolvido por Kitschemhan (2004), e já aplicado por Padilha e Graeml (2015) em RSL relacionada ao tema *Blockchain* e suas áreas de aplicações.

A busca no *GoogleScholar* foi realizada em maio de 2018, adotando-se como expressão geral de busca o termo “*Blockchain*”. Nas opções de filtro, foram excluídas patentes e citações e mantidas publicações em qualquer idioma, adotando-se o próprio padrão de relevância do *Google* para definir a ordem em que os resultados eram mostrados nas páginas de resultados. Inicialmente, foram localizados 23.600 artigos ou publicações.

Por razões de eficiência e otimização de tempo optou-se por avançar na investigação até que fosse encontrada uma sequência de vinte entradas (duas páginas de resultados do *GoogleScholar*) sem que novos artigos pudessem ser incluídos no *corpus* da RSL. Procedimento semelhante já havia sido adotado por Padilha e Graeml (2015).

Na avaliação de cada registro apresentado no *GoogleScholar*, adotou-se o seguinte processo de filtragem, conforme apresentado na Figura 1:

Figura 1 – Filtros adotados na RSL.



Fonte: Os autores com base nos dados da pesquisa

Foram analisadas as 28 primeiras páginas de resultados do *GoogleScholar* (sendo dez resultados por página), até o momento em que as duas últimas páginas (20 resultados) não apresentassem novos trabalhos que atendessem ao critério já mencionado, ou representavam repetição de trabalhos já coletados. A aplicação do primeiro filtro resultou em 68 artigos. Com a aplicação do segundo filtro este número foi reduzido a 27 artigos. E por fim, com a aplicação do terceiro e último filtro, o número de artigos chegou a quinze, que são os trabalhos que compõem o *corpus* deste artigo.

4. APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

Inicialmente foram analisadas as aplicações do *blockchain* em cada trabalho e, desta maneira, quinze artigos apresentaram diferentes resultados. No Quadro 1 são apresentados os autores dos trabalhos, assim como as treze categorias que foram possíveis de serem extraídas a partir de suas análises.

Quadro 1 - Aplicações e autores que se referem ao blockchain.

APLICAÇÕES E AUTORES DO BLOCKCHAIN	
Notório Público	CROSBY, Michael (2016); MATTILA, Juri (2016); SHRIER, David; WU, Weige; PENTLAND, Alex. (2016); GUO, Ye; LIANG, Chen (2016);
Indústria da música	CROSBY, Michael (2016); HUCKLE, Steve <i>et al.</i> (2016);
Armazenamento descentralizado	CROSBY, Michael (2016);
IOT (<i>internet of things</i>)	CROSBY, Michael (2016); YLI-HUUMO, Jesse <i>et al.</i> (2016); MATTILA, Juri (2016); HUCKLE, Steve <i>et al.</i> (2016); SUN, Jianjun; YAN, Jiaqi; ZHANG, Kem ZK (2016); BAHGA, Arshdeep;

	MADISETTI, Vijay K (2016); ZHANG, Yu; WEN, Jiangtao (2017); LEE, Boohyung; LEE, Jong-Hyouk (2017); OUADDAH, Aafaf; ABOU ELKALAM, Anas; AIT OUAHMAN, Abdellah (2016);
Soluções Antifalsificação	CROSBY, Michael (2016);
Aplicações voltado ao Bitcoins	WRIGHT, Aaron; DE FILIPPI, Primavera (2015);
<i>Smart Contracts</i>	MATTILA, Juri (2016); SUN, Jianjun; YAN, Jiaqi; ZHANG, Kem ZK (2016); LIN, Iuon-Chang; LIAO, Tzu-Chun (2017) ; KNIRSCH, Fabian; UNTERWEGER, Andreas; ENGEL, Dominik(2018);
Organização autônoma descentralizada	MATTILA, Juri (2016);
Definição Protótipos de Aplicativos	YLI-HUUMO, Jesse et al. (2016);
Cadeias de Suprimentos	MATTILA, Juri (2016) ; APTE, Shireesh; PETROVSKY, Nikolai (2016);
Cidade Inteligente	SUN, Jianjun; YAN, Jiaqi; ZHANG, Kem ZK (2016);
Direitos de Propriedades	SHRIER, David; WU, Weige; PENTLAND, Alex (2016);
<i>Hyperledger</i>	LIN, Iuon-Chang; LIAO, Tzu-Chun (2017) ;

Fonte: Os autores com base nos dados levantados da pesquisa.

A seguir são apresentadas as características e análises de cada uma das treze categorias encontradas:

Categoria Notório Público: Crosby (2016) relata o uso da tecnologia *blockchain* na verificação e análise da autenticidade de documentos para ele, essa utilização reduz custos, elimina a necessidade de uma autoridade central e otimiza os processos. Crosby (2016) utiliza como exemplo as organizações *Stampery*, *Viacoin*, *Block Notary*, *Crypto Public Notary*, *Proof of Existence*. Mattila (2016) afirma que a natureza imutável e distribuída dos bancos de dados permite que eles sejam aplicados na gestão e identificação de reputação *online*. Os autores apresentam como exemplo o caso da Finlândia, aonde identidades digitais se tornaram uma ferramenta utilizada por bancos e outras instituições financeiras. Mattila (2016) cita como exemplo de utilização de *blockchain* a plataforma *BitNation*. Shrier, Wu e Pentland (2016) abordam o mesmo tema relacionado a identidade *online*, já citado por Mattila (2016), e ainda sugerem que o *blockchain* pode criar, de maneira segura e sem necessidade de uma autoridade confiável e central, um modelo de identidade global. Os autores ainda citam como exemplos de organizações que utilizam o *blockchain*, a *ShoCard* e a *Uniquid*. Guo e Liang (2016), afirmam que são produzidas enormes quantidades de dados na *internet*, mas que são controladas por grandes corporações, que dificultam o acesso a esses dados com o objetivo de proteger sua segurança e privacidade. De acordo com os autores, se cada indivíduo utilizar *blockchain*, eles poderão fornecer seu próprio *Big Data* com criptografia, o que irá garantir a veracidade das informações, criando um grande recurso de crédito com propriedade pessoal.

Indústria da música: Crosby (2016) relata que a indústria da música sofreu grandes mudanças na última década, com o surgimento da *internet* a necessidade de transparência nos pagamentos de *royalties* aumenta cada vez mais. O autor sugere que a tecnologia *blockchain* pode ajudar a manter um banco de dados abrangente e atualizado de propriedade de direitos autorais servindo

como um livro público. Ainda é citada a utilização dos *Smart Contracts* para os devidos pagamento de *royalties* forma eficiente. Huckle *et al.* (2016) apresentam a plataforma *Ujo Music* que utiliza a tecnologia *blockchain* para determinar em que condições podem ser efetuados os *downloads* das músicas remunerando automaticamente o artista.

Armazenamento descentralizado Crosby (2016) relata que a utilização do armazenamento em nuvem depende da confiança em um terceiro para armazenar seus arquivos confidenciais. O autor cita o exemplo de uma possível solução para esta confiança em terceiro, a Storj uma plataforma baseada em *blockchain peer-to-peer*. Com a ausência de um controle central elimina os erros recorrentes dos dados e as interrupções no serviço, proporcionando um aumento considerável na segurança, privacidade de uso e controle dos dados.

IoT (*Internet of Things*): Crosby (2016) relata que a IOT é a base de um modelo centralizado que depende de um intermediário ou um ponto central para controlar a interação entre os dispositivos. Para o autor, este modelo centralizado inviabiliza a prática de operações autônomas entre dispositivos IOT. Segundo Crosby (2016), a tecnologia *blockchain* pode facilitar a criação de uma rede IOT descentralizada, com maior segurança nas trocas de dados entre dispositivos e maior confiança na veracidade dos dados. Crosby (2016) usa como exemplo as empresas IBM e Samsung que em parceria desenvolveram uma plataforma de IOT descentralizada chamada de ADEPT, e a *Startup Filament* que desenvolve *softwares* voltados para o IOT descentralizado. Yli-Huumo *et al.* (2016) relatam o desenvolvimento de uma moeda digital *IOTCoin*, que pode gerar *scripts* e chaves para trocas de dados pagos ou propriedade inteligente. Os autores utilizam como exemplo as aplicações no IOT com a utilização desta moeda nas áreas de propriedade inteligente, dados pagos e energia controlada digitalmente. Mattila *et al.* (2016) argumentam que é difícil construir uma plataforma de IOT em nível de redes, devido aos conflitos e divergências entre participantes e provedores da plataforma, porém se um pequeno número de plataformas conseguisse promover um efeito de rede para transformar em uma plataforma universal de IOT, essas soluções centralizadas se tornariam facilmente em silos verticais, ou os chamados jardins murados, com essa base a empresa no controle da plataforma poderia facilmente diminuir a interoperabilidade com outras plataformas. Os autores afirmam que a tecnologia *blockchain* pode representar um território neutro com todos os participantes trabalhando em uma plataforma compartilhada e de forma igual, sem haver a necessidade do participante se submeter a outro participante ou provedor. Mattila (2016) ainda defendem que o próprio participante poderia criar uma plataforma de IOT distribuída sem a necessidade de haver relação de confiança uns nos outros. Os autores apresentam o exemplo da empresa 21 inc's que permite a transação livre entre dispositivos de

IOT. Esta empresa desenvolveu uma plataforma chamada *The 21 Bitcoins Computer*, que permite aos dispositivos trocarem dados, capacidade computacional, largura da banda, espaço de armazenamento e até mesmo eletricidade. Huckle *et al.* (2016) abordam a aplicação da plataforma *AutoPay*, que permite aos usuários efetuarem empréstimos e financiamentos via *smart contract*. Sun, Yan, Zhang (2016) afirmam que a tecnologia *blockchain* permite que os dispositivos IOT trabalhem com transações sem a necessidade da confirmação de um terceiro, e os contratos podem ser criados em códigos computacionais e executados automaticamente nas condições que as partes assumem. Bahga e Madiseti (2016) propõem a criação de uma plataforma de *blockchain* voltada para indústria chamada de BPIIoT. De acordo com os autores, seriam implantados *smart contracts* que agiriam em conjunto com os consumidores e os recursos de produção, todos produzindo dados armazenados na nuvem. Esta nuvem estaria conectada junto aos equipamentos das fábricas com o objetivo de produzir sob demanda. Bahga, Madiseti (2016) apresentam como aplicações do BPIIoT: Manufatura sob demanda, diagnósticos inteligentes e manutenção, rastreabilidade, certificação de produto, transações consumidor-máquina e máquina-máquina, rastreamento de identidade do fornecedor e reputação, registro de bens e inventário. Zhang e Wen (2017) propõem um modelo de *E-Business IOT* com base na descentralização corporativa autônomas, após a configuração das regras do sistema o mesmo irá funcionar de forma autônoma sem nenhuma interferência humana, surgindo duas classes de mercadorias, os dados pagos e as propriedades inteligentes. Lee e Lee (2017) apresentam o problema das atualizações do conjunto de *software* pré-instalados nos equipamento de fábrica os *firmware* dos dispositivos IOT, e sugerem a utilização da tecnologia *blockchain* para verificar com segurança a versão do *firmware* instalado no equipamento, validar se está com a última versão disponível para o dispositivo instalada, caso necessário, efetuar o *download* de uma nova versão e executar a instalação. Ouaddah, Abou Elkalam, Ait Ouahman (2016) visando o problema de segurança e privacidade do IOT propõem um quadro para controle de acesso aos dispositivos IOT com a tecnologia *blockchain*.

Soluções Antifalsificação: Crosby (2016) avalia a tecnologia *blockchain* como um dos maiores aliados na luta contra o comercio de falsificações, devido à sua possibilidade de implementação e de segurança descentralizada. O mesmo Crosby (2016) apresenta a plataforma *BlockVerify* baseado na tecnologia *blockchain* uma solução antifalsificação que introduz transparência na cadeia de fornecimento.

Aplicações relacionadas a *Bitcoins*: Wright e De Filippi (2015) em sua releitura de outros trabalhos apresentam novas aplicações de criptomoedas baseadas nos protocolos de *blockchain*.

Trata-se de formas para garantir a segurança em operações entre dispositivos IOT que geram *bitcoins*. Os autores apresentam diferentes formas de garantir a segurança e a confiança nas transações virtuais por meio de dispositivos que aliam a tecnologia de criptomoedas e *blockchain*. Dentre estas formas apresentadas estão: a utilização de criptomoeda na forma de criptocorrência comunitária com recursos de fundos comunitários; a *Zombiecoin*, uma plataforma que roda em redes de bitcoins e oferecem mecanismos de comando e controle a ataques virtuais; e ainda a adoção da verificação de identidade *bitcoin* unida ao servidor de chaves *blockchain* para aprimorar mecanismos de confiabilidade do usuário. Nesta categoria, não é abordada a aplicação financeira de *blockchain*, que está excluída desta RSL, mas apenas a utilização da tecnologia adotada na geração da criptomoedas em outras aplicações.

Smart Contracts: Mattila (2016) explicam a ideia de um *Smart Contract* armazenado em um *blockchain*, tornando-o a prova de falsificação, auto executável e automaticamente aplicável, reduzindo a intervenção humana tornando-se menos arriscado e mais econômico. Os mesmos autores afirmam que as possibilidades de uso dos *Smart Contract* são virtualmente infinitas. Sun, Yan, Zhang (2016) afirmam que a longo prazo uma rede de *Smart Contract* contextualizada, os agentes de software poderão ser configurados para gerenciar dinamicamente cada organização autônoma distribuída. Lin e Liao (2017) explicam que o *smart contract* é um contrato digital controlando ativos do usuário, formulando os direitos e obrigações do participante, com um usuário podendo receber e armazenar dados, quanto enviar dados quando solicitado automaticamente. Knirsch, Unterweger e Engel (2018) relata que o *Smart Contract* permite a realização de cálculos descentralizados e verificáveis por completo no Blockchain.

Organização autônoma descentralizada: Mattila (2016) apresentam a ideia de criar uma chamada organização autônoma descentralizada, com a combinação de criptomoeda e *Smart Contracts*. Esta organização seria autoexecutável com uma rede em que os nós automatizados operam em conjunto com um sistema sem qualquer orientação humana externa. Existiria um protocolo incorruptível especificado em código e com execução automática do *blockchain*. Os autores apresentam o caso da Neureal, uma plataforma de inteligência artificial que utiliza a tecnologia *blockchain* para criar uma plataforma distribuída aberta para algoritmos de inteligência artificial.

Desenvolvimento de Protótipos de Aplicativos: Yli-Huumo *et al.* (2016) identificaram a utilização de *blockchain* no desenvolvimento de protótipos de aplicativos, com maior segurança e confiança em seus processos. Estes protótipos são utilizados como meio para contratos de

propriedades inteligentes, distribuição de conteúdo digital, grupos de computadores conectados e integrados, os chamados *botnets*, e protocolos de transmissão P2P.

Gestão de atividades relacionadas a cadeias de suprimentos (SCM): Mattila (2016) apresentam a utilização do *blockchain* em operações relacionadas a SCM, onde fornecedores e consumidores tem o acesso a todos os registros detalhados, que são também imutáveis. Os autores apresentam o caso da *Everledger*, um banco de dados distribuído, aplicado na certificação de diamantes. Apte e Petrovsky (2016) afirmam que a tecnologia *blockchain* fornece um grande avanço para SCM, especialmente na operação de entrega de um produto não adulterado. Neste caso, a utilização do *blockchain* garante a verificação da fonte do produto, inclusive, no trânsito deste produto, aumentando a segurança e confiança no processo.

Cidades inteligentes: Sun, Yan e Zhang (2016) afirmam que, para uma cidade ser chamada de “Inteligente”, os elementos inteligentes devem estar integrados horizontalmente. De acordo com os autores esta condição partiria de um governo inteligente, passando pela mobilidade inteligente, pela vida inteligente, utilização inteligente dos recursos naturais, os cidadãos inteligentes e economia inteligente, todos funcionando como um sistema. Os mesmos autores, partindo do conceito de economia compartilhada, propõem uma estrutura conceitual de cidade inteligente, baseada na integração entre humanos, tecnologia e organizações, aumentando a agilidade e eficiência nos processos.

Direitos de Propriedades: Shrier, Wu e Pentland (2016) ressaltam a forte segurança do *blockchain* e sua característica de descentralização, que fazem sua aplicação adequada para os direitos de propriedades. Os autores apresentam o exemplo da *startup* Ascribe, que fornece em seus serviços a possibilidade do bloqueio de informações, o compartilhamento seguro e o rastreamento de bens digitais. Os autores citam a empresa *BlockVerify*, que desenvolve soluções aplicadas à propriedade intelectual por meio da verificação de procedência dos bens de luxo e outros produtos físicos, assim como a legalidade de medicamentos, diamantes e eletrônicos.

Hyperledger: Lin e Liao (2017) relatam a utilização de uma plataforma em código aberto, o *Hyperledger*. O nome se dá pela possibilidade de, por meio de uma plataforma global, um número muito grande de processos migrarem para o modelo de registros públicos digitais. Esta plataforma foi desenvolvida pela Linux Foundation, para suporte de desenvolvimento de *ledgers* distribuídos e baseados em *blockchain*. A plataforma é projetada para desempenhar transações comerciais globais com o objetivo de melhorar o desempenho e a confiança nas operações. Isso incluiria uma variedade de *blockchains* com seus próprios modelos de consenso,

armazenamento e serviços para identidade, controle de acesso e tipos de contratos (Lin & Liao, 2017).

5 DISCUSSÃO

Com base nas informações coletadas nos trabalhos analisados e no embasamento teórico sobre *blockchain*, foi possível identificar quais as características desta tecnologia que são mais relacionadas a cada uma das categorias de *blockchain* elencadas na RSL.

De acordo com Bahga e Madisetti (2016), Crosby (2016), Yemack (2017) e Ying, Jia e Du (2018) é possível afirmar que, dentre as vantagens e características que fazem do *blockchain* um importante fator tecnológico em relações contratuais e de processamento de dados, como levantado por Khan e Salah (2018), destacam-se: agilidade e eficiência, descentralização, negócios *peer-to-peer*, confiança, segurança, transparência e imutabilidade. A tabela 1 apresenta cada uma destas vantagens e características, apontando quais foram mencionadas em cada categoria de utilização do *blockchain*.

Tabela 1 Relação entre características de blockchain e categorias de aplicação.

	Notório público	Indústria da música	Armazenagem descentralizada	IOT	Soluções antifalsificação	Bitcoin	Contratos inteligentes	Organização autônoma descentralizada	Protótipos de aplicativos	SCM	Cidades inteligentes	Direitos de propriedade	<i>Hyperledger</i>
Agilidade e eficiência	X	X									X		X
Negócios <i>peer-to-peer</i>		X							X				
Confiança			X	X		X	X		X	X			X
Segurança	X		X	X	X	X	X		X	X		X	
Transparência		X											
Imutabilidade	X									X			
Descentralização	X			X			X	X				X	

Fonte: Os autores com base nos dados da pesquisa.

A característica “segurança” está presente em quase 70% das categorias e a característica “confiança” em quase 54% das categorias, ambas representam as características mais recorrentes na utilização do *blockchain*. “Descentralização” e “agilidade e eficiência” são mencionadas em respectivamente 39% e 31% das categorias. As características “negócios *peer to peer*”, “imutabilidade” e “transparência” aparecem em menor percentual de trabalhos.

As características de segurança e confiança aparecem concomitantemente em quase 50% das categorias: armazenamento descentralizado; IOT; aplicações voltadas para *bitcoin*; contratos inteligentes; desenvolvimento de protótipos de aplicativos; e gestão de atividades relacionadas à cadeia de suprimentos. Estas duas características estão relacionadas, segundo Lansiti e Lakhani (2017), às atualizações constantes dos *ledgers* e das cópias de dados presentes nos diferentes bancos de dados do sistema. Desta forma há uma confiança quanto à veracidade dos dados, já que as atualizações ocorrem em toda a cadeia de blocos, e a segurança de que apenas as partes envolvidas poderão alterar estes dados.

Também é possível observar que as características de segurança e descentralização também aparecem concomitantemente em 31% das categorias. Esta relação vai ao encontro das afirmações de Khan e Salah (2018) sobre os novos sistemas de segurança desenvolvidos a partir das TIC's, e que se baseiam na descentralização do municiamento de dados aos *ledgers*.

De acordo com Lansiti e Lakhani (2017), a característica de imutabilidade está relacionada ao fato de os dados só poderem ser atualizados a partir de novas cadeias de blocos baseadas nas atualizações dos envolvidos. Para Yemack (2017), a agilidade e eficiência relacionada à utilização do *blockchain* pode estar relacionada à categoria negócios *peer-to-peer*, já que o fato de os contratos serem transacionados diretamente entre os envolvidos reduz o tempo e as etapas do processo. Esta negociação direta entre as partes aumenta a transparência da utilização do *blockchain*, principalmente quando os dados são produzidos na forma de registros públicos, com às partes interessadas (Nakamoto, 2008).

6. CONCLUSÃO

O presente artigo foi desenvolvido com o objetivo de apresentar as possíveis aplicações de uma ferramenta baseada nas novas aplicações de TIC em segurança de transações, o *blockchain* utilizado por Nakamoto (2008), além das aplicações financeiras. De acordo com Khan e Salah (2018) estas aplicações compartilham responsabilidades em uma realidade baseada em economias compartilhadas e modelos de negócios disruptivos.

A RSL identificou treze categorias e suas possíveis aplicações da tecnologia *blockchain*, que foram: notório público, indústria da música, armazenamento descentralizado, IOT, antifalsificação, aplicações para o bitcoin, contratos inteligentes, organização autônoma descentralizada, protótipos de aplicativos, SCM, cidades inteligentes, direitos de propriedades e *hyperledger*.

As diferentes categorias de aplicação do *blockchain* sugerem diversas de áreas nas quais ele poderá ser explorado que vão desde serviços tradicionais como SCM e notórios públicos como cartórios, até sua utilização áreas novas como *hyperledger* e IOT. Sendo assim, mesmo sabendo que ainda há um longo caminho a ser trilhado, as organizações já podem se preparar para possíveis disrupções em seus processos (Yermack, 2017).

A maior parte das categorias das possíveis aplicações baseiam sua opção na segurança e confiança trazidas pelo *blockchain*. Tendo em vista que se trata principalmente de uma tecnologia que elimina atravessadores de um processo e permite às pessoas e organizações transacionarem diretamente de ponta-a-ponta, é possível inferir que o maior número de envolvidos nos processos pode reduzir a confiança nas informações. As características seguintes mais mencionadas foram a eficiência e a descentralização dos processos.

A pesquisa possui limitações devido ao tema ser bastante recente e ainda carecer de pesquisas mais robustas, principalmente de caráter empírico. A opção por selecionar trabalhos que apresentassem aplicações além da aplicação financeira também reduz o número de trabalhos selecionados. Contudo, acredita-se que este filtro permitiu um avanço nos resultados da pesquisa. Como futuros trabalhos os pesquisadores pretendem estudar a aplicação destas categorias em casos empíricos, com o objetivo de relacionar os resultados a partir da literatura com aplicações práticas.

REFERÊNCIAS

- Apte, S., Petrovsky, N. (2016) Will blockchain technology revolutionize excipient supply chain management? *Journal of Excipients and Food Chemicals*, 7(3), 76-78.
- Bahga, A., Madisetti, V. K. (2016) Blockchain platform for industrial internet of things. *Journal of Software Engineering and Applications*, 9(10), 533-546.
- Crosby, M., Pattanayak, P., Verma, S. & Kalyanaraman, V. (2016) Blockchain technology: Beyond bitcoin. *Applied Innovation*, (2), junho, 6-10.
- Endenich, C., Trapp, R. (2018) Ethical Implications of Management Accounting and Control: A Systematic Review of the Contributions from the Journal of Business Ethics. *Journal of Business Ethics*, 1-20.
- Guo, Y., Liang, C. (2016) Blockchain application and outlook in the banking industry. *Financial Innovation*, 2(1), 2-24.
- Haber, S., Stornetta, S. W. (1990) How to time-stamp a digital document. In: *Conference on the Theory and Application of Cryptography*. Springer, Berlin, Heidelberg, 437-455.
- Huckle, S., Bhattacharya, R., White, M. & Beloff, N. (2016) Internet of things, blockchain and shared economy applications. *Procedia Computer Science* 98(1), 461-466.
- Iasinti, M., Lakhani, K. R. (2017) The blockchain revolution. *Harvard Business Review*, 95(2), 20-20.
- Jacsó, P. (2005) Google Scholar: the pros and the cons. *Online information review*, (29)2, 208-214.
- Khan, M. A., Salah, K. (2018) IoT security: Review, blockchain solutions, and open challenges. *Future Generation Computer Systems*, (82), 395-411.
- Knirisch, F., Unterweger, A. & Engel, D. (2018) Privacy-preserving blockchain-based electric vehicle charging with dynamic tariff decisions. *Computer Science-Research and Development*, (33)1-2, 71-79.
- Lee, B., Lee, J. (2017) Blockchain-based secure firmware update for embedded devices in an Internet of Things environment. *The Journal of Supercomputing*, (73)3, 1152-1167.
- Lin, I., Liao, T. (2017) A Survey of Blockchain Security Issues and Challenges. *IJ Network Security*, (19)5, 653-659.
- Matilla, J. (2016) The blockchain phenomenon—the disruptive potential of distributed consensus architectures, *The Research Institute of the Finnish Economy*, 38, 1-24.
- Mendes-da-Silva, W. (2019) Contribuições e Limitações de Revisões Narrativas e Revisões Sistemáticas na Área de Negócios. *Revista de Administração Contemporânea - RAC*, (23)2, 1-11.
- Mougayar, W. (2017) *Blockchain para negócios: Promessa, Prática e Aplicações da nova Tecnologia da Internet*. 1 Ed. Atlas Book Editora: Rio de Janeiro.
- Nakamoto, S. (2008) *Bitcoin: A peer-to-peer electronic cash system*.

- Noruzi, A. (2005) Google Scholar: The new generation of citation indexes. *Libri (55)*4, 170-180.
- Ouaddah, A., Abou Elkalam, A. & Ait Ouahman, A. (2016) FairAccess: a new Blockchain-based access control framework for the Internet of Things. *Security and Communication Networks, (9)*18, 5943-5964.
- Repanovici, A. (2010) Measuring the visibility of the university's scientific production using google scholar, Publish or Perish software and Scientometrics. In: *World library and information congress: 76th IFLA general conference and assembly*. Gothenburg. 10-15.
- Shrier, D., Wu, W. & Pentland, A. (2016) Blockchain & infrastructure (identity, data security). *MIT Connection Science, (1)*3, 1-18.
- Sun, J., Yan, J., Zhang, K. Z. K. (2016) Blockchain-based sharing services: What blockchain technology can contribute to smart cities. *Financial Innovation, (2)*1, 26.
- Wright, A., De Fillipi, P. (2015) Decentralized blockchain technology and the rise of lex cryptographia. *SSRN*.
- Yermack, D. (2017) Corporate governance and blockchains. *Review of Finance, (21)*1, 7-31.
- Ying, W., Jia, S. & Du, W. (2018) Digital enablement of blockchain: Evidence from HNA group. *International Journal of Information Management, (39)*, 1-4.
- Yli-Huuno, J., Ko, D., Choi, S. & Park, S. & Smolander, K. (2016) Where is current research on blockchain technology? a systematic review. *PloS One, (11)*10, 1-14.
- Zhang, Y., Wen, J. (2017) The IoT electric business model: Using blockchain technology for the internet of things. *Peer-to-Peer Networking and Applications, (10)*4, 983-994.