



University of
Texas Libraries



e-revist@s



Centro Unversitário Santo Agostinho

revistafsa

www4.fsnet.com.br/revista

Rev. FSA, Teresina, v. 19, n. 4, art. 8, p. 141-156, abr. 2022

ISSN Impresso: 1806-6356 ISSN Eletrônico: 2317-2983

<http://dx.doi.org/10.12819/2022.19.4.8>

DOAJ DIRECTORY OF
OPEN ACCESS
JOURNALS

WZB
Wissenschaftszentrum Berlin
für Sozialforschung



Plataforma Blockchain e Smart Contracts com Api's para Manufatura Indústria 4.0

Blockchain Platform and Smart Contracts with Api's for Manufacturing Industry 4.0

Benedito Cristiano Aparecido Petroni

Doutor em Engenharia de Produção pela Universidade Paulista

Professor da Faculdade de Tecnologia–FATECJUNDIAÍ

E-mail: benedito.petroni@fatec.sp.gov.br

Rodrigo Franco Gonçalves

Doutor em Engenharia de Produção pela Universidade de São Paulo

Professor da Universidade Paulista

E-mail: rofranco212@gmail.com

Geraldo José Dolce Uzum Martins

Mestre em Engenharia de Produção pela Universidade de São Paulo

E-mail: rofranco212@gmail.com

Endereço: Benedito Cristiano Ap. Petroni

Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza,
Faculdade de Tecnologia de Jundiaí. Avenida União dos
Ferroviários, 1760. Centro, 13201160 - Jundiaí, SP -
Brasil.

Endereço: Rodrigo Franco Gonçalves

Avenida Paulista, 900 – Bela Vista São Paulo – SP,
Brasil.

Endereço: Geraldo José Dolce Uzum Martins

Rua da Praça do Relógio, 109 – Butantã
São Paulo – SP – CEP 05508-050, Brasil.

Editor-Chefe: Dr. Tonny Kerley de Alencar Rodrigues

**Artigo recebido em 14/05/2021. Última versão
recebida em 27/05/2021. Aprovado em 28/05/2021.**

**Avaliado pelo sistema Triple Review: a) Desk Review
pelo Editor-Chefe; e b) Double Blind Review
(avaliação cega por dois avaliadores da área).**

Revisão: Gramatical, Normativa e de Formatação



RESUMO

A evolução tecnológica pela qual todas as áreas da humanidade estão passando apresenta novas formas de utilização, integração e geração de riquezas através de plataformas computacionais. Este trabalho apresenta uma breve introdução sobre as tecnologias *Blockchain* e *Smart Contracts* e ao conceito específico de Indústria 4.0. Dessa forma, buscou-se alinhar as tecnologias *Blockchain* com *Smart Contracts* destinados para a área de manufatura e propor um modelo de estrutura de plataforma para ser aplicado pela Indústria 4.0 em processos produtivos. O processo de desenvolvimento busca a integração de tecnologias sistêmicas através de *Application Programming Interface* (API's), em todos os processos organizacionais com as operações sendo devidamente registradas em cadeias de blocos, para serem armazenadas em rede *Blockchain*. Do ponto de vista de operacionalização da plataforma computacional, é proposta uma arquitetura, através da qual *Smart Contracts* são aplicados em uma rede *Blockchain Distributed Ledger Technology* (DLT) permissionada. Como resultado, buscar-se-á contribuir com as questões sobre o ponto de vista de inovação tecnológica bem como relacionadas à segurança da informação em transações.

Palavras-chave: Blockchain. Smart Contracts. Indústria 4.0.

ABSTRACT

The technological evolution that all areas of humanity are going through present new ways of using, integrating and generating wealth through computational platforms. This paper presents a brief introduction to Blockchain and Smart Contracts technologies and the specific concept of Industry 4.0. Thus, we sought to align Blockchain technologies with Smart Contracts for the manufacturing area, and to propose a platform structure model to be applied by Industry 4.0 in production processes. The development process seeks the integration of systemic technologies to integrate through Application Programming Interface (API's) in all organizational processes with operations being duly registered in block chains, to be stored in a Blockchain network. From the point of view of operationalization of the computational platform, an architecture is proposed, through which Smart Contracts applied in a licensed Distributed Ledger Technology (DLT) Blockchain network, as a result, will seek to contribute to the questions about the point of view technological innovation as well as related to information security in transactions.

Keywords: Blockchain. Smart Contracts. Industry 4.0.

1 INTRODUÇÃO

Os processos industriais compreendem rotinas e procedimentos para entregarem serviços de acordo com suas demandas, regulamentam relações entre organizações, com clientes e fornecedores, executam compras, coletam tributos e procuram controlar toda a sua cadeia de manufatura. O conceito de Indústria 4.0 foi criado para melhorar a forma como as indústrias modernas operam por meio do uso de algumas das tecnologias mais recentes, como as usadas para criar a Internet Industrial das Coisas (IIoT), robótica ou aplicativos de *Big Data* (T. M. Fernández-Caramés and P. Fraga-Lamas 2019). A Indústria 4.0 assenta-se na integração de tecnologias de informação e comunicação que permitem alcançar novos patamares de produtividade, flexibilidade, qualidade e gerenciamento, possibilitando a geração de novas estratégias e modelos de negócio para a indústria (Sacomano and Sátyro, 2018).

No esteio das tecnologias modernas, o *Blockchain* se enquadra em uma área de pesquisa considerada nova, no que diz respeito às formas e possibilidades para aplicações em sistemas transacionais cuja adaptação a processos de manufatura tem provocado o interesse de pesquisadores. Em termo de funcionalidade, inicialmente, e que a tornou notória, foi o funcionamento da tecnologia da criptomoeda *Bitcoin*, criada por Satoshi Nakamoto, que através de arquivos pode-se representar todas as transações realizadas e registradas em um livro razão, sendo esse o fundamento básico da tecnologia *Blockchain* (TAPSCOTT, 2016). Além do mais, a tecnologia *Blockchain* permite identificar dispositivos inteligentes com informações relevantes e programá-los para agir em circunstâncias definidas, sem risco de erro ou adulteração.

De maneira técnica, o processo de programação que possibilita a interação com dispositivos e sistemas ocorre através dos *Smart Contracts*, que pode ser visto como um programa de computador autoexecutável, capaz de cumprir os termos de um contrato ou acordo comercial entre duas ou mais partes (GILCREST, 2018). A tecnologia *Blockchain* promete sistemas transparentes, invioláveis e seguros, que podem possibilitar novas soluções de negócios, especialmente quando combinadas com *Smart Contracts* (ANDONI *et al.* 2019).

Abdellatif (2018) defende que a tecnologia *Blockchain* pode ser aplicada a vários casos de uso de gerenciamento de ativos (por exemplo, gerenciamento da cadeia de fornecimento, mercado de energia) ou de reconhecimento de dados (por exemplo, registro, gerenciamento de identidade) e, com isso, a introdução de *Smart Contracts* ou contratos inteligentes que ampliou as funcionalidades dessa tecnologia, expandindo para novas áreas e

aplicações. A tecnologia *Blockchain*, desenvolvida como plataforma de execução de *Smart Contracts*, tem proporcionado a construção de uma nova geração de aplicativos transacionais que estabelecem confiança, responsabilidade e transparência em sua essência, enquanto simplifica os processos de negócios e as restrições legais (KARAFILOSKI, 2017).

Analisando a Primeira e Segunda Revolução Industrial, constata-se que os saltos em produtividade e crescimento foram possibilitados pela matriz (comunicação, energia e transporte) e pela respectiva infraestrutura que compunha a plataforma tecnológica, às quais as empresas estavam conectadas (RIFKIN, 2016). Na indústria, o planejamento e controle diz respeito às atividades que tentam conciliar as demandas do mercado à habilidade dos recursos de produção poder entregá-las. De modo prático, o tempo das atividades das operações demandam quatro atividades (SLACK, 2015):

- Carregamento: carga de trabalho alocada;
- Sequenciamento: ordem em que o trabalho é executado;
- Programação: determina os tempos detalhados das atividades, seu início e conclusão;
- Monitoramento e controle: envolve detectar o que está ocorrendo na operação, replanejando, se necessário, e intervindo para impor novos planos.

Todo o processo tecnológico da indústria teve como base uma automação informatizada em conjunto com uma visão de negócios voltada à transformação digital, nascendo daí o conceito da Indústria 4.0. Considerando que a tecnologia *Blockchain* implementada em conjunto com *Smart Contracts* seja capaz de agregar confiança, segurança e descentralização na área industrial, este trabalho buscará, com a apresentação de uma plataforma, indicar benefícios e desafios no desenvolvimento de tecnologias para a Indústria 4.0.

Atualmente, com a globalização, as cadeias de suprimentos tornaram-se mais complexas, produtos que usamos e consumimos todos os dias têm peças e ingredientes provenientes de todo o mundo. Hoje, grandes conglomerados e pequenas empresas dependem totalmente dessas cadeias de suprimentos globais para fornecerem os ingredientes e as peças que, em última instância, vão para a fabricação de seus produtos. Por essas razões, milhões de dólares foram gastos nas últimas décadas para refinarem as cadeias de suprimentos atuais e torná-las mais econômicas (BHANDARI, 2018). Apesar desses esforços, as cadeias de suprimentos globais têm problemas substanciais. Nesse sentido, o objetivo deste será apresentar uma plataforma com *Smart Contracts* aplicados em uma rede *Blockchain*, em prol da otimização de manufatura, que buscará atender a uma demanda que certamente estará

presente em várias aplicações envolvendo cadeias de suprimentos e, conforme a indústria se encaminha para seguir a Indústria 4.0, todos os elementos tendem a estar presentes.

Este trabalho é composto por seções, sendo que, na Seção 2, será apresentada a Fundamentação Teórica (apresentação dos conceitos das tecnologias utilizadas no trabalho), na Seção 3, será descrita a proposta de Arquitetura e, na Seção 4, serão tratadas as Considerações Finais a respeito do processo de integração das tecnologias de *Smart Contracts* implementados através de Script's e armazenadas em rede *Blockchain*.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Na sequência serão descritas as tecnologias consideradas disruptivas, além de todo potencial inovador a ser aplicado para a questão deste trabalho.

2.1 Indústria 4.0

A Indústria 4.0 engloba sistemas e conceitos em várias áreas de conhecimentos, como a automação industrial integrada e inteligente, cadeias produtivas e logísticas globalmente integradas, combinando domínios que vão das mais variadas áreas de engenharia e da tecnologia da informação (CESÁRIO, 2017). A Indústria 4.0 é caracterizada por manufatura inteligente, implementação de Sistemas Ciber Físicos ou *Cyber-physical System* – CPS para produção, ou seja, atuadores e sensores embutidos, redes de microcomputadores e ligação das máquinas à cadeia de valor (EUNIKA MERCIER-LAURENT; CRISTINA R. MONSONE; 2019).

Hoje, os processos industriais e uma parte significativa dos processos de negócios estão a caminho da automação total. O desenvolvimento explosivo de sistemas ciberfísicos (*big data*, robôs autônomos, Internet das coisas etc.) e sua introdução na indústria resultaram na ideia da Indústria 4.0 como uma nova abordagem para a produção e o empreendedorismo (KAPITONOV *et al.* 2018). Indústria 4.0 representa o próximo passo na evolução das fábricas tradicionais para fábricas inteligentes reais, que são projetadas para serem mais eficientes em termos de gestão de recursos e altamente flexíveis para se adaptarem aos requisitos de produção em constante mudança (MUNERA *et al.*, 2015). Uma das bases da Indústria 4.0 consiste em reunir o máximo de dados possível das diversas partes da cadeia de valor. Essa coleta de dados deve ser realizada de maneira rápida e eficiente para ser útil em uma fábrica. A coleta de dados pode ser realizada por meio de sistemas, que devem permitir a aquisição, armazenamento, processamento e troca de informações com dispositivos

implantados em fábricas ou fornecedores, ou de propriedade de clientes (FERNÁNDEZ-CARAMÉS; P. FRAGA-LAMAS, 2019).

Nesse sentido, a plataforma sugerida poderá contribuir com trâmites administrativos referentes ao planejamento e ao controle da Produção, no sentido de realizar a negociação com todas as partes envolvidas, de modo transparente, garantindo o amparo legal e o valor jurídico além de possibilitar a rastreabilidade nos processos administrativos da manufatura.

2.2 Blockchain

Blockchain é o nome da tecnologia subjacente à moeda digital chamada *Bitcoin*, conforme descrito por (NAKAMOTO, 2008), sendo considerada uma tecnologia específica de bancos de dados cujo conteúdo se remete a valores monetários digitais. Em sua essência, seu funcionamento ocorre da seguinte maneira (KAPTIJN *et. al.* 2016):

- Registro automatizado de transações em um log;
- Esse registro não pode mais ser alterado após ser inserido;
- O registro não ocorre em um sistema centralizado, mas é distribuído em uma variedade de computadores pertencentes a diferentes proprietários e /ou administradores.

Todo o processo de validação ocorre com o compartilhamento dos “*ledgers*”, ou livro-razão que possibilita a verificação de integridade e a compatibilidade de informações entre os participantes das redes, sendo elas permissionadas (privadas) ou não permissionadas (públicas) e, com isso, obtém-se a confiança e a segurança necessária para o seu funcionamento (PETRONI; GONÇALVES, 2018). *Blockchain* é uma tecnologia que grava transações permanentemente, sem que possam ser apagadas depois, somente atualizadas sequencialmente, mantendo um rastro de histórico sem fim (MOUGAYAR 2017). *Blockchain* possui a auditoria como uma de suas principais características. Depois que cada transação é validada, ela registra no bloco atual com um *timestamp*, e seus usuários podem rastrear as transações anteriores e acessar o histórico de todas as transações.(ROUHANI, *et al.* 2019).

Figura 1 – Mapa mental de diferentes tipos de aplicações *Blockchain*



Fonte: Casino (2019)

Sobre a especificação de registros de procedimentos e conciliação, observam-se como exemplos, serviços que incluem registro ou documentos legais, atestado, identificação, contratos de casamento, impostos e votação (Swan 2015). Sobre a aplicação de *Blockchain*, considera-se ainda:

- A tecnologia *Blockchain* pode servir como uma plataforma de comunicação segura para integrar infraestruturas físicas, sociais e empresariais, em um contexto de cidade inteligente (IBBA *et al.* 2017; JAFFE *et al.* 2017).
- Aplicações desenvolvidas com a tecnologia *Blockchain* podem mudar a maneira como os governos locais ou estaduais operam por meio de transações de desintermediação e manutenção de registros (REIJERS *et al.* 2016; HOU 2017).
- A responsabilidade, automação e segurança oferecidas pela tecnologia *Blockchain* para lidar com registros públicos podem, eventualmente, obstruir a corrupção e tornar os serviços do governo mais eficientes (CASINO, 2019).

Tecnicamente, este projeto com a plataforma *Blockchain* e *Smart Contracts* integrados poderá proporcionar melhorias significativas na gestão, armazenamento e consulta de informações das demandas de processos produtivos bem como o acesso às informações por parte dos *stakeholders*. Em essência, a plataforma a ser apresentada será estruturada em ambiente tecnológico de registro distribuído, conhecido como *Hyperledger Fabric* e *Composer* em computadores (*peers*) conectados em uma rede *Distributed Ledger Technology* (DLT) privada, baseada na plataforma *Blockchain* com *Smart Contracts*. Dessa forma, analisando a heterogeneidade de aplicações possíveis envolvendo a tecnologia *Blockchain* aplicada, conforme demonstrado na Figura 3 a seguir, pode-se classificar em diversas áreas distintas de aplicações e analisando o modelo de mapa mental apresentado, este projeto terá o seu foco voltado para a área de governança.

2.3 Smart Contracts

Contratos são documentos que ratificam um acordo de vontades entre as partes, com o objetivo de adquirir, proteger, transferir, modificar, preservar ou extinguir direitos. A ideia de um contrato inteligente é automatizar a sua execução, utilizando algoritmos de comunicação, em uma rede de computadores com interfaces acessíveis às partes. A tecnologia *Smart Contracts*, proposta inicialmente por Szabo (1997), tem sua execução imposta pelo protocolo de consenso executado por todos os equipamentos em uma rede – no caso, em conjunto com a tecnologia *Blockchain* – tendo como ideia principal a incorporação de cláusulas contratuais em sistemas automatizados que são aplicados e desenvolvidos de acordo com as regras de negócios pré-estabelecidas. Dessa forma, *Smart Contracts* são contratos representados em códigos-fonte, em uma determinada linguagem de computador e executados por computadores, sendo que, originalmente, os contratos inteligentes eram contemplados em uma gama limitada de transações, predominantemente instrumentos financeiros.

Progressivamente, no entanto, a narrativa circundante tornou-se mais ampla, implicando que todos os contratos podem ser feitos de forma inteligente ou que muitas obrigações diferentes podem ser aplicadas por código (MIK, 2017). De maneira técnica, a plataforma *Blockchain* e *Smart Contracts* integrados a módulos de manufatura pode proporcionar melhorias significativas na gestão, armazenamento e consulta de informações das demandas fabris e em processos de desenvolvimento de novos produtos bem como o acesso às informações por parte de sponsor. O desenvolvimento de plataformas que utilizam

Blockchain e *Smart Contracts* são utilizadas com aplicações em áreas privadas, nas quais se destacam:

- Automação da função de fornecedor no sistema de energia usando contratos inteligentes baseados em *Blockchain*, (THOMAS 2017);
- Soluções com *Blockchains* e *Smart Contracts* para *Big Data* (KARAFILOSKI 2017);
- *Blockchains* e *Smart Contracts* aplicados à Internet das Coisas (CHRISTIDIS 2016);
- Modelo de criptografia e privacidade utilizando *Blockchain* e *Smart Contracts* (KOSBA *et al.* 2016);
- Controle de transporte de produtos médicos com *Smart Contracts* e *Blockchains* (BOCEK *et al.* 2017).

Smart Contracts podem armazenar e alterar um determinado estado de uma rede *Blockchain* com a execução de transações pré-configuradas, de acordo com as regras pré-definidas, adotando-se dentro de modelos de manufatura específicos. A sua aplicação não necessariamente pode ocorrer na formatação on-line, mas seu próprio desempenho é habilitado e garantido por uma rede de nós de computadores cooperativos e descentralizados, e nesse cenário a sua execução ocorre através de implementações em redes *Blockchain*.

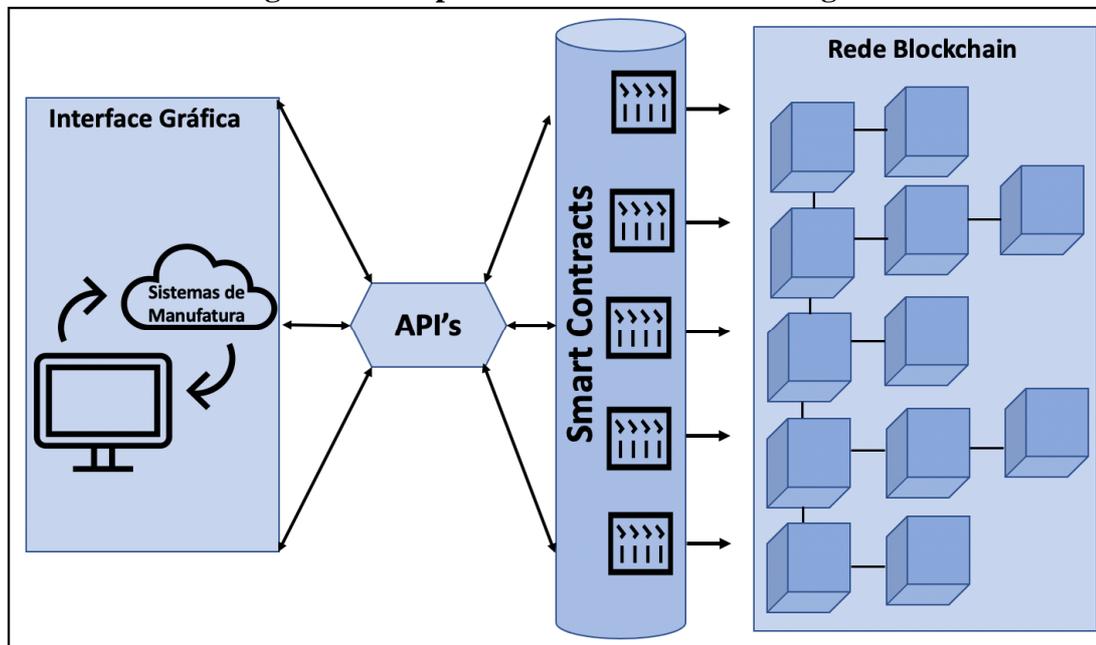
3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Arquitetura Proposta

Analisando-se o contexto apresentado e toda a capacidade das tecnologias *Blockchain* e *Smart Contracts* aplicadas em conjunto, a respeito do desenvolvimento de aplicações e as suas possíveis capacidades para atender às demandas voltadas à manufatura, verifica-se um grande potencial de contribuição para as organizações. Do ponto de vista sistêmico, as *Application Programming Interface* (API) permitem que todos os programas ou aplicações da organização tenham suas informações repassadas para as *chains* dos *Smart Contracts*, onde estão previamente cadastradas as regras de como serão armazenadas e registradas na rede *Blockchain*. Independentemente dos programas ou aplicações utilizadas, as API's permitem desenvolver um conjunto de padrões que podem fazer parte de uma determinada interface de sistema. Assim, o processo de criação de plataformas cada vez mais integradas torna-se cada vez mais simples e prático para desenvolvedores de softwares. Dessa forma, a Figura 2, a

seguir, ilustra um modelo de plataforma que permitirá todas as integrações possíveis dos sistemas de manufatura, com as tecnologias *Blockchain* e *Smart Contracts*:

Figura 2 – Proposta da Plataforma tecnológica.



Fonte: Os Autores

Conforme ilustrado na Figura 2, aplicações baseadas na tecnologia *Blockchain* podem servir como sistemas de gerenciamento de processos de negócios descentralizados para várias organizações, uma vez que, conforme apresentado, as interfaces integradas por *Application Programming Interface* (API's) proporcionam toda a estruturação de comunicação entre sistemas diferentes. Nesses casos, cada instância de processos de negócios pode ser mantida na rede *Blockchain*, e toda a regra específica do fluxo de trabalho pode ser realizada por *Smart Contracts*, agilizando e automatizando processos e, dependendo do caso, reduzindo custos (WEBER *et al.*, 2016; LÓPEZ-PINTADO *et al.*, 2017; PRYBILA, 2017; RIMBA *et al.*, 2017; MENDLING *et al.*, 2018).

3.2 A Aplicação em Plataforma Distributed Ledger Technology (DST)

Computacionalmente, a estrutura da plataforma sugerida utilizará o conceito de *Script's* que, de acordo com Seijas (2017), consiste em uma sequência de instruções e são executados linearmente, sem saltos ou recursividade, portanto, tendo o tempo de execução limitado pelo comprimento do *Script* após a execução da instrução, ou seja, da regra de

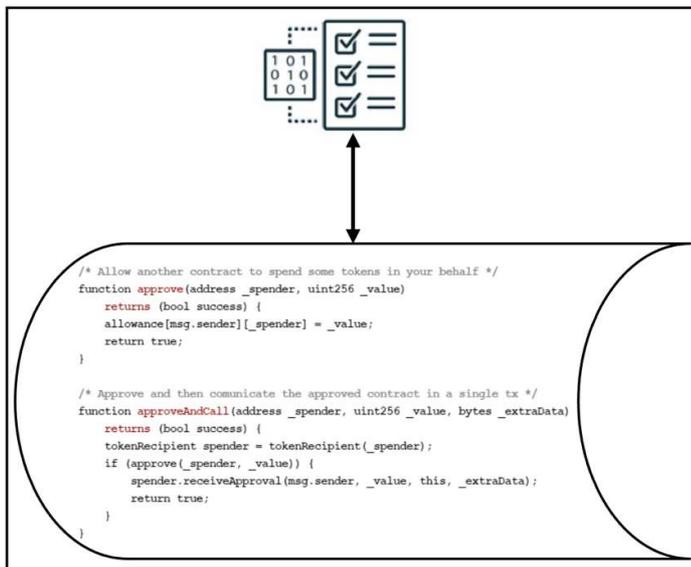
negócio. Essa limitação evita ataques de negação de serviço, conhecidos como *Distributed Denial of Service* (DDoS) - Ataque de negação de serviço e, por segurança, nos computadores que validam os blocos da rede *Blockchain* DLT permissionada.

As linguagens de programação no formato de *Script's* de propósito geral possuem inúmeros recursos, incluindo aleatoriedade, registro de nome, anonimato (se for o caso), alinhamento de incentivos, controle de transações de arquivos, etc. Assim, a execução da plataforma computacional sugerida ocorrerá da seguinte forma: *Smart Contracts* com as regras de negócios aplicadas em uma rede *Blockchain Distributed Ledger Technology* (DLT) permissionada, ou seja, numa rede *Blockchain* privada, onde usuários com permissão deverão ser devidamente registrados para realizarem seus procedimentos, assim, devem possuir algumas características importantes que se dará pelo fato de que, nessa plataforma, todos os *Smart Contracts* consistem em três aspectos possíveis, conforme apontado por (ERBGUTH; MORIN, 2018):

- Definição de obrigações contratuais sob a forma de um programa ou algoritmo de computador;
- Execução de um contrato legal por uma máquina;
- Combinação transparente e segura de ambos os aspectos, geralmente por meio de uma rede *Distributed Ledger Technology* (DLT).

A Figura 3, a seguir, ilustra o modelo sugerido de *Smart Contracts* (programados no formato de *Script's*); é um programa executado no protocolo *Blockchain* e tem sua execução correta imposta pelo protocolo de consenso (Szabo, 1997). Esse consenso advém dos demais computadores conectados na rede.

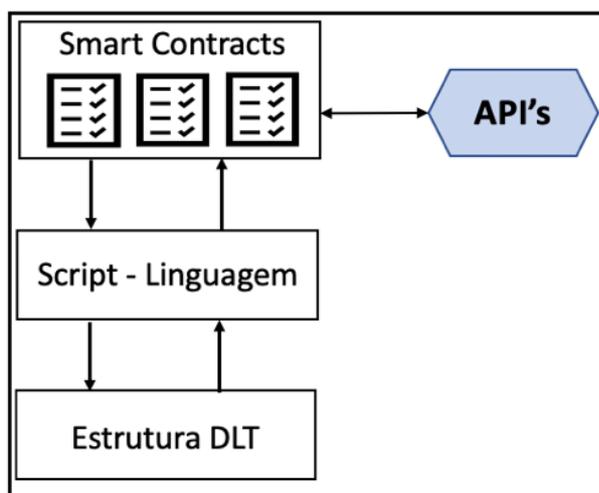
Figura 3. Implementação de *Smart Contracts* através de *Script's*.



Fonte: Os Autores

A Figura 4, a seguir, ilustra a configuração de um contrato padrão – *Smart Contracts*, que possui sua conexão com uma determinada Application Programming Interface (API), que contempla as conexões a outros sistemas existentes da organização.

Figura 4 – Proposta de Implementação de *Smart Contracts* através de *Script's*



Fonte: Os Autores

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Analisando a proposta da plataforma apresentada, destaca-se que, além do processo de integração entre tecnologias distintas, por meio da implementação de *Smart Contracts*, através de *Script's* computacionais representando regras de negócios, preocupações de segurança da informação necessária às cadeias de suprimentos, processos produtivos e até mesmo sistemas administrativos obtêm reforço considerável pelo fato de estarem armazenados na tecnologia *Blockchain*.

Atualmente, os controles propostos para as organizações são disponibilizados através de padrões, normas e ferramentas computacionais distintas com foco nos resultados em curto prazo e situações simplesmente corretivas, tendo de maneira esporádica ações preventivas, o que é, de certa forma, considerado natural sob o ponto de vista dos sistemas organizacionais. Desse modo, pode-se afirmar que é possível proteger, por exemplo, um fornecedor de uma empresa parceira ou de um provedor externo com acesso a sistemas e a dados da organização, sendo uma opção interessante para o desenvolvimento de modelos e estruturas computacionais no contexto da Indústria 4.0.

REFERÊNCIAS

- ABDELLATIF T., K. L. BROUSMICHE, (2018). "Formal Verification of Smart Contracts Based on Users and Blockchain Behaviors Models," 2018 9th IFIP International Conference on New Technologies, Mobility and Security (NTMS), Paris, France, pp. 1-5.
- ANDONI, M *et al.* (2019). Blockchain technology in the energy sector: A systematic review of challenges and opportunities. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 100, p. 143-174.
- BHANDARI, B. Supply Chain Management, Blockchains and Smart Contracts (28 de junho de 2018). Disponível em SSRN: <https://ssrn.com/abstract=3204297> ou <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3204297> <Acesso em 16/02/2021>
- BOCEK, T *et al.* (2017). Blockchains everywhere-a use-case of blockchains in the pharma supply-chain. In: 2017 IFIP/IEEE Symposium on Integrated Network and Service Management (IM). IEEE, p. 772-777.
- CESÁRIO, JOSÉ MARIA C. J. (2017). TLC Brazil - Technology Leadership Council - Brazil, <<https://www.ibm.com/developerworks/community/blogs/tlcbre/entry/mp283?lang=en>>. Acesso em: 03 fev. 2021.
- CHRISTIDIS K., M. DEVETSIKIOTIS, (2016). Blockchains and Smart Contracts for the Internet of Things, *IEEE Access*, vol. 4, pp. 2292-2303.

ERBGUTH, J.; MORIN, J. H. Towards Governance and Dispute Resolution for DLT and Smart Contracts. In: 2018 IEEE 9th International Conference on Software Engineering and Service Science (ICSESS). IEEE, 2018. p. 46-55, 2018.

EUNIKA, M. L.; CRISTINA R. M. (2019). Ecosystems of Industry 4.0: Combining Technology and Human Power. In Proceedings of the 11th International Conference on Management of Digital EcoSystems (MEDES '19). Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 115–119

GILCREST, J.; CARVALHO, A. Smart Contracts: Legal Considerations. In: 2018 IEEE International Conference on Big Data (Big Data). IEEE, p. 3277-3281, 2018.

HOU, H., (2017). The application of Blockchain technology in E-government in China. In: 26th International Conference on Computer Communications and Networks, ICCCN 2017.

IBBA, S *et al.* (2017). CitySense: Blockchain-oriented Smart Cities. In: ACM International Conference Proceeding Series, vol. Part F129907.

JAFFE, C., MATA, C., KAMVAR, S., (2017). Motivating urban cycling through a Blockchain-based financial incentives system. In: UbiComp/ISWC 2017 - Adjunct Proceedings of the 2017

ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing and Proceedings of the 2017 ACM International Symposium on Wearable Computers, pp. 81–84. Kaptijn, B.; Bergman, P., Gort, S. (2016). Whitepaper Blockchain. A fundamentally different perspective on government issues.

KAPITONOV A., I. BERMAN, S. L; A. KRUPENKIN, (2018). "Blockchain Based Protocol for Economical Communication in Industry 4.0," 2018 Crypto Valley Conference on Blockchain Technology (CVCBT), Zug, pp. 41-44, doi: 10.1109/CVCBT.2018.00010.

KARAFILOSKI, E. MISHEV, A. (2017). Blockchain solutions for big data challenges: A literature review. In: Ieee Eurocon 2017-17th International Conference on Smart Technologies. IEEE, p. 763-768,.

KOSBA, A. A *et al.* The Blockchain Model of Cryptography and Privacy-Preserving Smart Contracts, In: IEEE.

LÓPEZ-PINTADO, O., GARCÍA-BAÑUELOS, L., DUMAS, M., WEBER, I., 2017. Caterpillar: a blockchain-based business process management system. In: CEUR Workshop Proc., vol. 1920.

MIK, E. Smart Contracts: Terminology, Technical Limitations and Real World Complexity (August 17, 2017). Disponível em: <https://ssrn.com/abstract=3038406> or <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3038406> <Acesso em 16/02/2021>

MENDLING, J *et al.* 2018. Blockchains for business process management-challenges and opportunities. ACM Trans. Manage. Inf. Syst. 9 (1), 4.

MOUGAYAR, W. (2017). Blockchain para negócios: promessa, prática e aplicação da nova tecnologia da internet. – Rio de Janeiro: Alta Books.

MUNERA E., J *et al.* (2015). "Control kernel in smart factory environments: Smart resources integration", Proc. IEEE Int. Conf. Cyber Technol. Automat. Control Intell. Syst. (CYBER), pp. 2002-2005.

NAKAMOTO, S., 2008. Bitcoin: A peer-to-peer electronic cash system.

PETRONI, B. C. A.; GONÇALVES, R. F. (2018). Smart Contracts baseados em blockchain na cadeia de custódia digital: uma proposta de arquitetura. In: ICoFCS/2018. Proceeding of the The International Conference on Forensic Computer Science and Cyber Law. São Paulo, p. 23-30.

PRYBILA, C *et al.* 2017. Runtime verification for business processes utilizing the Bitcoin blockchain. Future Generation Comput. Syst. <https://doi.org/10.1016/j.future.2017.08.024>.

REIJERS, W., O'BROLCHÁIN, F., HAYNES, P., 2016. Governance in Blockchain technologies & social contract theories. Ledger 1, 134–151.

RIFKIN, JEREMY. (2016). Sociedade com custo marginal zero. São Paulo; Makron Books do Brasil Editora Ltda.

RIMBA, P *et al.* 2017. Comparing blockchain and cloud services for business process execution. In: Proceedings – 2017 IEEE International Conference on Software Architecture, ICISA 2017, pp. 257–260.

S. ROUHANI, V. POURHEIDARI AND R. DETERS, (2018). "Physical Access Control Management System Based on Permissioned Blockchain," 2018 IEEE International Conference on Internet of Things (iThings) and IEEE Green Computing and Communications (GreenCom) and IEEE.

CYBER, Physical and Social Computing (CPSCom) and IEEE Smart Data (SmartData), Halifax, NS, Canada, pp. 1078-1083, doi: 10.1109/Cybermatics_2018.2018.00198.

SACOMANO, J. B; SÁTYRO, W. C. (2018). Indústria 4.0: Conceitos E Fundamentos: Indústria 4.0: Conceitos E Elementos Formadores. In: Sacomano, J. B.; Gonçalves, Rodrigo Franco; Bonilla, S. H.; Silva, M. T; Satiro, W. C., 1. ed. São Paulo: Edegar Blucher Ltda. v. 1. 182 p.

SLACK, N. (2015). Administração da produção. – 4. Ed. – São Paulo: Atlas.

SEIJAS, LAMELA, PABLO & THOMPSON, SIMON & MCADAMS, DARRYL. (2017). Scripting smart contracts for distributed ledger technology. 10.13140/RG.2.2.20839.85920.

SWAN, M. Blockchain: Blueprint for a New Economy Sebastopol: O'Reilly Media Inc (2015)

Szabo, N.: 'Smart contracts'. Disponível em <http://www.fon.hum.uva.nl/rob/Courses/InformationInSpeech/CDROM/Literature/LOTwinter school2006/szabo.best.vwh.net/smart.contracts.html> 1997, <acesso em 16/02/2021>

TAPSCOTT, D; ALEX T., (2016). Blockchain: como a tecnologia por trás do Bitcoin está mudando o dinheiro, os negócios e o mundo. – São Paulo: SENAI-SP Editora.

T. M. FERNÁNDEZ-CARAMÉS; P. FRAGA-LAMAS, (2019). "A Review on the Application of Blockchain to the Next Generation of Cybersecure Industry 4.0 Smart Factories," in IEEE Access, vol. 7, pp. 45201-45218, doi: 10.1109/ACCESS.2019.2908780.

THOMAS, L. Automation of the supplier role in the GB power system using Blockchain-based smart contracts. CIRED - Open Access Proceedings Journal. pp 2619-2623. 2017.

WEBER, I *et al.* 2016. Untrusted business process monitoring and execution using blockchain. In: Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics), vol. 9850 LNCS, pp. 329–347.

Como Referenciar este Artigo, conforme ABNT:

PETRONI, B. C. A; GONÇALVES, R. F; MARTINS, G. J. D. U. Plataforma Blockchain e Smart Contracts com Api's para Manufatura Indústria 4.0. **Rev. FSA**, Teresina, v.19, n. 4, art. 8, p. 141-156, abr. 2022.

Contribuição dos Autores	B. C. A. Petroni	R. F. Gonçalves	G. J. D. U. Martins
1) concepção e planejamento.	X	X	X
2) análise e interpretação dos dados.	X	X	X
3) elaboração do rascunho ou na revisão crítica do conteúdo.	X	X	X
4) participação na aprovação da versão final do manuscrito.	X	X	X