UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ARTES, CIÊNCIAS E HUMANIDADES
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SISTEMAS DE INFORMAÇÃO

LEONARDO DIAS MENEZES

Blockchain e Cartórios: Uma Solução Viável?

São Paulo

2020

LEONARDO DIAS MENEZES

***Blockchain* e Cartórios: Uma Solução Viável?**

Dissertação apresentada à Escola de Artes, Ciências e Humanidades da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Ciências pelo Programa de Pós-graduação em Sistemas de Informação.

Versão corrigida contendo as alterações solicitadas pela comissão julgadora em 18 de Dezembro de 2020. A versão original encontra-se em acervo reservado na Biblioteca da EACH/USP e na Biblioteca Digital de Teses e Dissertações da USP (BDTD), de acordo com a Resolução CoPGr 6018, de 13 de outubro de 2011.

Área de concentração: Metodologia e Técnicas da Computação

Orientador: Prof. Marislei Nishijima

São Paulo

2020

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

CATALOGAÇÃO-NA-PUBLICAÇÃO

(Universidade de São Paulo. Escola de Artes, Ciências e Humanidades. Biblioteca)
CRB 8 - 4936

Menezes, Leonardo Dias

Blockchain e cartórios: uma solução viável? / Leonardo Dias
Menezes ; orientadora, Marislei Nishijima. – 2020.
60 f : il.

Dissertação (Mestrado em Ciências) - Programa de Pós-
Graduação em Sistemas de Informação, Escola de Artes,
Ciências e Humanidades, Universidade de São Paulo.
Versão corrigida

1. Cartório. 2. Metodologia e técnicas da computação. I.
Nishijima, Marislei, orient. II. Título

CDD 22.ed.– 005

Dissertação de autoria de Leonardo Dias Menezes, sob o título “***Blockchain* e Cartórios: Uma Solução Viável?**”, apresentada à Escola de Artes, Ciências e Humanidades da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Mestre em Ciências pelo Programa de Pós-graduação em Sistemas de Informação, na área de concentração Metodologia e Técnicas da Computação, aprovada em 18 de Dezembro de 2020 pela comissão julgadora constituída pelos doutores:

Profa. Dra. Marislei Nishijima

Universidade de São Paulo

Presidente

Prof. Dr. Jó Ueyama

Universidade de São Paulo

Prof. Dr. Emerson Fernandes Marçal

Fundação Getúlio Vargas

Ao meu pai, José Mauro, que sempre mostrou a perseverança para as conquistas da vida.

À minha mãe, Mônica Patrícia, que sempre me desafiou a buscar a criatividade e as alternativas para o que parece sem solução. À minha esposa, Fernanda, que se tornou a luz da minha vida que me auxilia me aquece e me guia em todas as coisas e minha filha Clara, meu presente de Deus, e sem a qual este trabalho seria concluído muito mais rápido.

Agradecimentos

À minha orientadora Marislei Nishijima por ter acreditado no potencial deste estudo e perseguido até o fim com muita paciência e dedicação não me deixando abalar pelos obstáculos durante o estudo.

À minha irmã Natália Menezes Gomes de Mattos, pelo apoio com as informações Legais necessárias para o embasamento de alguns pressupostos deste trabalho.

À minha amiga Patricia Alvim Figueiredo pela obtenção de contato e entrevista com tabelião e inovações em cartórios digitais.

Todos que colaboraram direta ou indiretamente com este estudo.

“A vida passa rápido demais. Se você não parar e olhar ao redor de vez em quando, pode perdê-la”
(Ferris Bueller)

Resumo

Menezes, Leonardo Dias. ***Blockchain* e Cartórios: Uma Solução Viável?**
Dissertação (Mestrado em Ciências) - Escola de Artes, Ciências e Humanidades,
Universidade de São Paulo, São Paulo, 2020.

Este estudo propõe uma solução *Blockchain* para algumas atividades atualmente desempenhadas por cartórios no Brasil. Apesar da arquitetura ser baseada na legislação brasileira, muitos países latino-americanos podem se beneficiar dela, uma vez que também se enquadram no Direito Civil e compartilham características institucionais semelhantes. A tecnologia *Blockchain*, disponível desde 2009, tem como princípios básicos a distribuição de seus dados, a abertura total de seus registros e sua imutabilidade. A tecnologia fornece uma fonte confiável e transparente de informações em uma rede sem uma entidade centralizada. O notário é um serviço público que deve realizar registros de documentos de forma permanente e confiável para verificação futura. Os tabeliães brasileiros ainda trabalham com base em documentos em papel armazenados e na necessidade da presença de pessoas físicas para garantir a autenticidade. Assim, o estudo oferece um arcabouço que permite integrar legislação e ferramentas tecnológicas, nesse caso, a legislação brasileira acomoda a tecnologia de *Blockchain* disponível para aplicações de alguns serviços de cartório. Como o Brasil é um país diversificado, populoso e muito desigual, o uso do *Blockchain* em serviços públicos pode ampliar o acesso e aumentar a transparência para a governança pública..

Palavras-chaves: Cartórios de Notas. *Blockchain*. ICP-Brasil. *Ethereum*. Certificado Digital. Assinatura Digital.

Abstract

Menezes, Leonardo Dias. ***Blockchain and Notaries: A viable Solution?***.

Dissertation (Master of Science) - School of Arts, Sciences and Humanities, University of São Paulo, São Paulo, 2020.

This paper proposes a Blockchain solution for some activities currently performed by notary offices in Brazil. Despite the architecture be based on the Brazilian legislation, many Latin American countries can benefit from it since they also are under the Civil Law judiciary and share similar institutional characteristics. Blockchain technology, available since 2009, has the distribution of its data, the full opening of its records, and its immutability as the main principles. The technology provides a reliable and transparent source of information on a network without a centralized entity. A notary is a public service that must perform records of documents permanently and reliably for future verification. Brazilian notaries still work based on stored paper documents and on the need for individuals' presence to guarantee authenticity. Thus, the study offers a framework that allows integrating legislation and technological tools, e.g., the Brazilian legislation is adequate for the available technology. As Brazil is a diverse, populous, and very unequal country, the use of Blockchain in public services can widen access and increase transparency for public governance.

Keywords: Notaries. Blockchain. ICP-Brasil. Ethereum. Digital certificate. Digital signature.

Lista de figuras

Figura 1 – Requisitos para documentos legais	19
Figura 2 – Entidades de Certificação Digital	20
Figura 3 – Estrutura Analítica do Projeto	22
Figura 4 – Funcionalidades dos Cartórios de Notas	23
Figura 5 – Visão Macro das Funcionalidades	25
Figura 6 – Visão de Arquitetura	25
Figura 7 – Camadas da solução	27
Figura 8 – Etapas do Desenvolvimento	29
Figura 9 – Funcionalidades do Contrato Inteligente	30
Figura 10 – Evolução do uso da Internet no Brasil. Fonte: TIC Domicílios	31
Figura 11 – Evolução do uso da Internet por classe social. Fonte: TIC Domicílios	32
Figura 12 – Evolução do uso de <i>Smartphones</i> no Brasil. Fonte: TIC Domicílios	33
Figura 13 – Seleção de Artigos na Análise Qualitativa	50
Figura 14 – Trabalhos Seleccionados por Base de dados	51
Figura 15 – Motivos de Aceite de trabalhos	51
Figura 16 – Avaliação dos critérios de Qualidade	52
Figura 17 – Estrutura da <i>Blockchain Bitcoin</i>	56
Figura 18 – Estrutura da <i>Blockchain Ethereum</i>	56
Figura 19 – <i>Hyperledger Fabric</i> Fonte: https://blog.clairvoyantsoft.com	57
Figura 20 – Comparativo de acesso arquivo por endereço (HTTP) e pela <i>Interplanetary File System</i> . Fonte: Dappros.com	58

Lista de tabelas

Tabela 1 – Custas de Serviços Notariais em São Paulo	34
Tabela 2 – Critérios de Inclusão e Exclusão Quantitativos	48
Tabela 3 – <i>Strings</i> de Busca por Base de Dados	49

Lista de abreviaturas e siglas

HTTP	<i>HyperText Markup Language</i>
TIC	Tecnologia da Informação e Telecomunicações
ICP-Brasil	Infraestrutura de Chaves Públicas Brasileira
IPFS	<i>Interplanetary File System</i>
AC	Autoridade Certificadora Central
DApp	<i>Decentralized Application</i>
EVM	<i>Ethereum Virtual Machine</i>
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

Sumário

1	Introdução	14
2	Cartórios e Blockchain	16
2.1	<i>Definições Preliminares</i>	16
2.2	<i>Aplicações Notariais em Blockchain</i>	17
2.3	<i>Cenário Notarial Brasileiro</i>	19
3	Estratégia Metodológica	21
4	Resultados e Discussão	23
4.1	<i>Solução Detalhada</i>	26
4.1.1	Camadas da Solução	27
4.1.2	Etapas do Desenvolvimento	28
4.1.3	O Contrato Inteligente	29
4.2	<i>Resultados Gerais</i>	30
4.2.1	Cartórios no Brasil	30
4.2.2	Proposta de Valor	34
4.3	<i>Limitações e Vantagens da Solução</i>	39
5	Conclusão	41
	Referências¹	42
	Apêndice A – Protocolo de Pesquisa	46
A.1	<i>Palavras-Chave</i>	46
A.2	<i>Critérios de Seleção</i>	47
A.3	<i>Inclusão e Exclusão de Artigos</i>	47
A.4	<i>Critérios de Qualidade</i>	48
A.5	<i>Identificação dos Estudos</i>	49
A.6	<i>Análise Quantitativa</i>	50
	Apêndice B – Entrevista com Tabelião	53

¹ De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 6023.

	Apêndice C – Conceitos Fundamentais - Blockchain	55
<i>C.1</i>	<i>Tecnologias</i>	55
<i>C.2</i>	<i>Consenso</i>	57
C.2.1	Prova de Trabalho	58
C.2.2	Prova de Posse	59
C.2.3	Tolerância de Falha Bizantina	59
<i>C.3</i>	<i>Acesso</i>	59

1 Introdução

O desempenho atual das atividades dos cartórios brasileiros está aquém do corrente acesso tecnológico às informações e serviços automatizados disponíveis. O uso de tecnologia da informação e telecomunicações (TIC) por indivíduos para acessar os serviços governamentais é essencial para aumentar a transparência e a responsabilidade (GRIMME-LIKHUIJSEN; WELCH, 2012). Nesse sentido, a Estônia é um exemplo notável de uso da tecnologia *Blockchain* em serviços públicos, com aplicações no sistema nacional de saúde, arenas judiciais e legislativas, segurança e sistemas comerciais entre outros (KOTKA; VARGAS; KORJUS, 2015), (LEPIK, 2019). Seu serviço de cartório eletrônico é conectado à estes serviços através da identificação civil única (DEF, 2019). O país compartilha uma tradição de direito civil como o Brasil. Um notário de direito civil tem um escopo de atividades e deveres muito mais amplo do que um notário de direito comum (STAFF, 2011). A diferença sugere um benefício potencialmente maior para países sob o Direito Civil devido à adoção de uma solução de TIC. No Brasil, os serviços notariais são realizados principalmente em papel e a presença física de um indivíduo que requer os serviços é obrigatória. Este modelo tende a ser menos eficiente em comparação com a solução digital por se basear exclusivamente em procedimentos humanos, estando sujeito à falhas humanas. Além do alto nível de burocracia, o governo brasileiro, por exemplo, enfrenta dificuldades para implementar novas tecnologias (TIC) por diversos motivos, tanto de cunho técnico, político e jurídico como econômico (VARELLA; OLIVEIRA; MOESCH, 2017).

De acordo com o Conselho Nacional de Justiça, a receita do cartório de registro do Brasil foi de mais de 13 bilhões de dólares em 2017 (MONTENEGRO, 2019). Essa enorme quantidade de recursos representam custos diretos para a economia em atividades burocráticas, pois são os cidadãos que pagam esse valor pelos serviços. O impacto total para indivíduos também deve levar em consideração seus custos indiretos como o de tempo gasto com a atividade, pois eles precisam estar fisicamente presentes para solicitar serviços de cartório. Do lado da oferta, os notários quase não enfrentam concorrência, sendo um monopolista local no fornecimento dos serviços.

O Brasil é membro do Grupo de Acesso Livre à Informação Pública (FOI) desde 2011 (BRASIL, 2011). No entanto, o país ainda enfrenta muitos desafios para a implementação de novas tecnologias nos serviços públicos, apesar das diretrizes mundiais sobre a transparência

da administração pública. (FEITOSA; COSTA, 2016) relatam que “não há incentivo para organizações e membros aceitarem positivamente novas implementações que mudem rotinas”. Segundo o Banco Mundial , o Brasil está entre os países com maior nível de burocracia e com baixo grau de transparência em seus processos (DOINGBUSINESS.ORG, 2019).

Este estudo avalia o estado da arte na aplicação de atividades notariais em *Blockchain* (2), a estratégia metodológica (3), os resultados e discussão (4), desafios com relação ao cenário atual (4), e principais achados. (5).

2 Cartórios e Blockchain

2.1 Definições Preliminares

Semelhante a um livro de registro público ou uma sequência de eventos, a *Blockchain* é um banco de dados distribuído. Os participantes do sistema devem validar qualquer transação por consenso. Além disso, não é possível deletar informação cadastrada (CROSBY et al., 2016). A *Bitcoin* é considerada a primeira e mais importante rede *Blockchain* e opera como um livro de registros de transações financeiras baseado na moeda *Bitcoin*. No momento em que um registro é criado na *Blockchain Bitcoin*, um usuário envia uma chave pública-privada para a rede participante. O participante, então, anuncia o valor a ser transferido para outra chave pública, assinando a transação com sua chave privada. Para validar uma transação, os participantes da rede precisam se certificar de que ambas as chaves são válidas e se o originador da transação tem saldo suficiente, medido em unidades monetárias *Bitcoins* ou uma fração dela. Como não há limite superior ao número de chaves que um usuário pode criar na rede, o *Bitcoin* chega a seu consenso por meio da prova de trabalho, o poder de processamento dos computadores conectados à rede determina a “maioria” para chegar ao consenso. Indivíduos que dedicam poder de computação para gerar esse consenso são chamados de mineradores. Cada bloco criado, ou extraído, na rede *Bitcoin* gera uma recompensa, também em moeda *Bitcoins* para os mineradores (NAKAMOTO, 2019).

Após a disseminação do conceito *Bitcoin*, várias outras redes *Blockchain* foram desenvolvidas com base no mesmo princípio para criar criptomoedas. Em 2015, porém, Vitalik Buterin desenvolveu um protocolo em *Blockchain* chamado *Ethereum*. Além dos valores de criptomoeda, o novo protocolo permitiu cadastrar programas de computador na *Blockchain* e executá-los utilizando o poder computacional da própria rede. Esses programas, chamados de Contratos Inteligentes, são desenvolvidos na linguagem *Solidity* e operam de forma semelhante a qualquer programa desenvolvido na linguagem *Java*, por exemplo. O cliente, entretanto, deve ter criptomoedas (chamadas de *Ether*) para comprar *Gas*, que opera como combustível digital, para rodar o programa por algum tempo. Esse mecanismo permite uma recompensa os participantes da rede *Ethereum*, que também é pública, por seu poder de computação com sua criptomoeda (BUTERIN et al., 2014).

Um maior detalhamento sobre conceitos fundamentais de *Blockchain* pode ser encontrado no Apêndice C.

Os países com tradição de Direito Civil utilizam os serviços notariais para o registro oficial dos seus cidadãos em documentos em papel. Esses serviços são realizados em Cartórios Extrajudiciais, onde a autoridade pública delega a responsabilidade de manutenção de registros a um tabelião. Existem sete tipos diferentes de Cartórios de Registro Extrajudicial no país: Cartório de Registro civil, Cartório de Registro de Imóveis, Cartório de Registro de Títulos e Documentos, Cartório de Protesto de Títulos, Cartório de Registro Civil de Pessoas Jurídicas, Cartório de Distribuição e, finalmente, o Cartório de Notas. O último tipo é o objeto deste estudo e realiza as seguintes operações de registro:

- autenticação de cópias e assinaturas;
- escrituração pública;
- certificados de registro de atos (LIMA, 2017).

2.2 Aplicações Notariais em *Blockchain*

Após Levantamento bibliográfico (veja o protocolo da Revisão Sistemática no Apêndice A), foi possível observar que não existe consenso sobre qual deve ser a solução de *Blockchain* a ser adotada, embora exista uma predisposição à uma solução de consórcio para promover tal solução (CHOWDHURY et al., 2018). Verificou-se também a importância da transparência pública e implementação de tecnologia aplicada ao Governo eletrônico. A literatura aponta para a existência de uma relação clara entre a transparência e queda em índices de fraude e corrupção (LOPES; MACADAR; LUCIANO, 2019). É possível verificar como experiências em *Blockchain* são desincentivadas em países subdesenvolvidos pela dificuldade que atividades fraudulentas têm em ambientes eletrônicos transparentes ao público (HARRIS, 2018). O autor cita diversos exemplos de projetos para cadastro imobiliário que são recorrentes em outros trabalhos publicados mas que não foram concluídos. Os maiores avanços na implementação desta tecnologia em serviços públicos foram encontradas no e-residency ¹ (SULLIVAN; BURGER, 2017) quando diversos serviços como registro de pessoas jurídicas e pagamento de impostos da Estônia são hoje providos por uma *Blockchain*. Importante frisar que não foram encontrados artigos de implementação

¹ Programa do governo da Estônia que busca agregar o maior número de serviços governamentais pela Internet, incluindo abertura de empresas, pagamento de impostos e até o voto. Fonte: e-estonia.com

de funções de cartórios de notas em Blockchain, principalmente em países que são geridos, no aspecto judicial, pela lei civil.

Alguns pontos importantes de interesse deste estudo foram encontrados na literatura. Primeiro, que a quase totalidade dos artigos científicos publicados sobre *Blockchain* expõe o funcionamento da tecnologia antes de abordar suas características ou sua aplicabilidade sugerida. Neste sentido, a seção (2.1) buscou cobrir parte desta lacuna trazendo algumas destas características, além de aprofundar sobre os tipos de *Blockchain* quanto sua distribuição e permissão de acesso. Além disso, o foco dos estudos envolvendo o uso da *Blockchain* em registro público está focado majoritariamente no setor imobiliário, trazendo poucas contribuições sobre a arquitetura das soluções quando o objetivo são aplicações em atividades de cartório.

Dentro do aspecto legal, no Brasil, já existe a possibilidade de uso da assinatura eletrônica, entretanto, apenas empresas com permissão da Infraestrutura de Chaves Públicas Brasileira (ICP-Brasil) podem emitir e mantê-las. Tal assinatura, conforme previsto em lei, tem a mesma validade da assinatura física.

Outra descoberta, já esperada por conta da comparação entre tipos de cartório, foi a ausência de estudos envolvendo serviços notariais em países baseados no Direito Comum, tais como Inglaterra e Estados Unidos(majoritariamente). Quanto à arquitetura, conforme discutido anteriormente, não existe um consenso nas propostas de soluções, embora duas sejam mais frequentemente citadas: Uma *Blockchain* pública, desenvolvida em código *Solidity* dentro da plataforma *Ethereum*, na qual não existe um poder controlador, apenas os *Smart Contracts* regem as transações. Neste caso, as operações são mantidas e custeadas sem necessidade de infraestrutura pública, apenas por utilizadores da plataforma via pagamento por criptomoeda *Ether*. Alternativamente, uma *Blockchain* híbrida, desenvolvida no *Hyperledger*, uma *Blockchain* permissionada, em que atores pré-definidos possuem as funções de Patrocinadores (*Endorsers*), Ordenadores (*Ordering*) ou Registradores (*Committing*) entre os usuários clientes e entes do poder público. A importância específica da *Blockchain* para aumento da transparência também foi muito citada como forma de dirimir corrupção. Também a sua raiz no meio digital, como um facilitador para aumento da eficiência no poder público foi bastante citada. Em um caso levantado, um projeto piloto de implementação de *Blockchain* para registro imobiliário em Honduras teve um encerramento abrupto . O estudo especula a falta de vontade de entes do poder público responsáveis pelo atual registro em abrir mão de seu atual poder (BENBUNAN-FICH; CASTELLANOS,

Figura 1 – Requisitos para documentos legais

2018). O Apêndice A mostra os protocolos de pesquisa adotados durante a avaliação dos estudos citados.

2.3 Cenário Notarial Brasileiro

Antes da Constituição brasileira de 1998, o notário era um cargo perpétuo sob a designação do governador local. A Constituição de 1988 estabeleceu um concurso público de provas e títulos como obrigatório para definir cargos notariais (BRASIL, 1988). As diretrizes operacionais dos atuais cartórios, entretanto, foram estabelecidas apenas em 1994 com a Lei 8.935 (BRASIL, 1994). Os cartórios digitais não são regulamentados por lei federal, mas o Conselho Nacional de Arquivos do Ministério da Justiça já estipulou suas diretrizes. A resolução 37 de 2012 determina que a autenticidade dos documentos deve envolver aspectos de natureza Jurídica, Diplomática e Histórica (CONARQ, 2012).

A Figura 1 ilustra a estrutura de resolução. No que se refere ao aspecto Legal, uma autoridade pública representativa deve intervir durante ou após a produção do documento. No aspecto diplomático, o documento deve ser redigido em local e hora determinados e assinado pelos responsáveis pelo texto. Documentos historicamente autênticos são os que atestam eventos de fato ocorridos.

A Medida Provisória 2.200-2, de 24 de agosto de 2001, estabeleceu critérios para a adoção da assinatura eletrônica legal (BRASIL, 2001). Para tanto, instituiu a Infraestrutura de Chaves Públicas Brasileira (ICP-Brasil) como autoridade gestora das políticas e de

Figura 2 – Entidades de Certificação Digital

toda a cadeia de entidades envolvidas no processo de assinatura digital (Autoridades Certificadoras e Autoridades de Registro), como demonstrado na Figura 2. De acordo com a Medida, ainda em vigor, as Autoridades de Registro fazem pedidos de assinaturas digitais na presença do futuro titular da assinatura para as Autoridades de Certificação, que por sua vez emitem e mantêm os certificados. Gestão, Políticas e Auditorias de ambas as entidades são competências da ICP-Brasil como Autoridade Certificadora Raiz, cuja emissão de Assinaturas Digitais é proibida aos usuários finais.

Para manter uma base única onde os registros são mantidos e garantidos como corretos, a ICP-Brasil mantém centralmente, sob consulta pública, um Verificador de Chave Pública que permite a validação do registro (BRASIL, 2018).

3 Estratégia Metodológica

Para verificar a viabilidade e propor uma arquitetura de um Cartório em uma *Blockchain* pública no Brasil, além do levantamento sistemático da literatura, seguiu-se os passos sugeridos em diversos cursos online de instituições de renome, principalmente o Desenvolvido pela Universidade de Buffalo em Nova York (RAMAMURTHY, 2020).

Para decidir o "Por que" de se utilizar a tecnologia de *Blockchain*, em foi seguido o estudo de Pedersen (PEDERSEN; RISIUS; BECK, 2019) que demonstra como fundamentais a escolha desta tecnologia quando existe a necessidade de uma base de dados que seja compartilhada, com diversas partes envolvidas sem necessariamente haver confiança entre elas, regras de do sistema raramente se alteram, necessidade de um registro imutável e disponibilizado publicamente. Todas estas características são altamente desejáveis em um sistema análogo ao de um Cartório de Notas.

Em paralelo, um levantamento de funcionamento dos cartórios de notas do Brasil foi realizado. Inicialmente, uma pesquisa sobre as leis federais que determinam como devem ser prestados os serviços destas instituições e seu embasamento legal dentro da constituição e também alguns exemplos estaduais, como no caso de São Paulo. Também foram levantados dados relacionados ao cenário brasileiro de TIC e como uma solução de cartório em *Blockchain* pública seria abrangente em relação ao público geral. Para avaliar este impacto, custos dos cartórios de notas atuais, não só aqueles determinados pela justiça, conhecido como Emolumentos, mas também o custo de oportunidade, tempo e recursos, gastos pelo cidadão brasileiro nesta atividade foram avaliados e adicionalmente foi levantamento de alguns casos de corrupção e desvio de função diretamente causados pela pessoalidade do processo e sua exposição ao erro, e intenções, humanas que também geram custos e incertezas sobre a qualidade do serviço afetado. Uma entrevista com um tabelião foi realizada para aprimorar o detalhamento destes processos e está presente no Apêndice B. Finalmente, para concluir sobre a possibilidade de implementação de um cartório em *Blockchain* pública sob as leis Brasileiras atuais foram verificados em detalhes como um documento se torna autenticado e dotado de fé pública no âmbito da tecnologia da informação. Isso é realizado através de consulta ao instituto de Chaves Públicas Brasileira, ligados ao Conselho Nacional de Justiça e através do qual diversas medidas de cunho nacional foram tomadas com o fim de adaptar a legislação atual aos

Figura 3 – Estrutura Analítica do Projeto

avanços da tecnologia da informação. Em relação ao "como implementar", verificou-se as melhores práticas de desenvolvimento em aplicações *Web* através de cursos como o CS50 da Universidade de Harvard e o *DAPP University*, aliados ao já mencionado curso de *Blockchain* da Universidade de Buffalo. Seguindo as atividades realizadas expostas na Figura 3, o projeto pôde avaliar como funcionaria um protótipo da implementação desta solução em relação aos custos atuais de atividades notariais. A partir disso, um comparativo das soluções pessoais e impessoais pode ser projetado e sugestões de mudanças de cunho legal que podem ser tomadas foram formuladas a fim de tornar estes serviços menos custosos aos brasileiros. A Figura 3 mostra a estrutura seguida para este estudo e montada a partir dos protocolos derivados dos cursos e literatura.

4 Resultados e Discussão

Os requisitos Históricos, Diplomáticos e Legais expostos na Figura 1 caberiam em uma solução de ICT com a tecnologia *Blockchain*? A abordagem sugerida precisa incluir as funcionalidades atuais cobertas por documentos legais no Brasil para entrega de documentos digitais. A descentralização, segurança, verificação e confiança na estrutura imutável de documentos certificados da estrutura *Blockchain* devem aumentar a eficiência dos serviços notariais e a transparência dos dados. Os requisitos funcionais a serem cumpridos, dentro destes três pilares estabelecidos, são de Autenticação de documentos, emissão de Certidões e realização de Escrituras Públicas, conforme Figura 4:

Figura 4 – Funcionalidades dos Cartórios de Notas

Para atender à legislação brasileira, as transações realizadas na *Blockchain* devem ser legítimas nos aspectos diplomático, histórico e jurídico conforme Figura 1.

O aspecto Diplomático requer documentos digitais localizados no espaço e no tempo. Assim, é preciso garantir que a plataforma deva guardar, para cada transação, a localização do município do autor com base no seu dispositivo e o momento em que a transação foi realizada usando o carimbo de data / hora do próprio *Blockchain* no momento em que a transação é enviada e aprovada por ela.

O aspecto Histórico exige que os documentos salvos na *Blockchain* sejam imutáveis, de forma que qualquer cópia deles, obedecendo ao mesmo *Hash*, tenha as mesmas informações. Novos blocos são adicionados ao *Blockchain* somente quando eles são válidos

contra o algoritmo de geração e toda a trilha histórica de um evento possa ser pesquisada e auditada, comprovando sua autenticidade.

Pelo aspecto Legal, ou seja, para manter a legalidade do arquivo digital sem a presença física de autoridade pública, cada evento da *Blockchain* precisa ser atestado por uma Certificação Digital fornecida por uma Autoridade Certificadora. Para abordar este ponto, a plataforma deve realizar uma verificação de cada assinatura feita em transações no *Blockchain* contra o sistema da Autoridade Central.

A principal funcionalidade da solução *Blockchain* é assinar documentos legalmente de uma forma que pode ser verificada posteriormente, como mostrado na Figura 5. Além disso, uma cópia do original pode ser feita ao mesmo tempo em que a transação se torna pública e transparente.

1. O usuário gerador do documento realiza o upload do mesmo na plataforma.
2. A plataforma realiza o *Hashing* do documento usando o *Interplanetary File System*(IPFS).
3. O usuário deve assinar o documento com seu certificado digital reconhecido pela Autoridade Certificadora Central (AC).
4. A plataforma deve checar com a AC se o certificado é legítimo. Se sim, salva a transação na *Blockchain*.
5. O usuário pode incluir outros indivíduos para assinar o documento. Se sim, repetir passos 3 e 5 para cada um.

Ao final desse processo, o arquivo é salvo de forma definitiva no IPFS e suas transações com assinaturas e datas são armazenadas permanentemente na *Blockchain*.

A tecnologia de *Blockchain* usada para construir este modelo pode ser pública e/ou privada. A *Blockchain* pública é mantida pelos mineradores e usuários que suportam suas transações. Sob o uso público de *Blockchain*, os custos de manutenção ao longo do tempo são virtualmente zero para agências governamentais e notários. Nesse caso, tais custos são pagos pelos usuários da plataforma por meio da mineração ou da criptomoeda que dê suporte ao *Blockchain* público.

Para a manutenção de informações não transacionais, deve-se utilizar a plataforma pública IPFS. O objetivo é minimizar o acúmulo de dados dentro de um Contrato Inteligente da *Blockchain* e, assim, melhorar o desempenho e reduzir o custo das transações. O IPFS garante a permanência dos arquivos da seguinte forma: Basta que um usuário tenha o

Figura 5 – Visão Macro das Funcionalidades

arquivo original para mantê-lo na rede. Assim, espera-se que as partes contratantes, ou interessados em certidão ou autuação de ato, tenham cópia local do processo. Qualquer pessoa de posse do *Hash* do arquivo também pode copiá-lo localmente, mas alterar o arquivo alteraria o *Hash* e o tornaria automaticamente inadmissível.

A arquitetura do sistema segue a linha de recursos apresentada anteriormente com dois componentes principais - aplicação *web* e um contrato inteligente - como pode ser visto na Figura 6.

Figura 6 – Visão de Arquitetura

A Figura 6 mostra nos números (1, 2 e 3) as interfaces entre componentes internos e externos ao sistema.

A Interface (1) tem por função conectar a aplicação *web* e o Contrato Inteligente e consiste numa conexão muito robusta, considerando que liga os dois componentes internos que precisam ser desenvolvidos. Os dados enviados da aplicação *web* para o Contrato Inteligente são:

- Par de chaves público e privada para autenticação
- *Hash* dos documentos enviados à IPFS
- Chave pública para referência futura

Dados enviados do Contrato Inteligente para a aplicação *web*:

- Transações da *Blockchain* com as chaves públicas enviadas
- Validade da chave privada para autenticação
- Confirmação da Assinatura aprovada pelo ICP-Brasil

A Interface (2) ocorre entre a camada de apresentação e o IPFS. Essa interface simples envia arquivos da camada de apresentação para o IPFS e recebe os *Hashes* desses arquivos de volta. Além disso, ao selecionar um *Hash* de um documento pesquisado na Camada de Apresentação, o IPFS retorna o arquivo original.

Por fim, a Interface (3) ocorre entre o Contrato Inteligente e a Autoridade Central. O contrato inteligente ao receber um novo documento para assinatura questiona se a assinatura é válida de acordo com o verificador de conformidade da AC, que retorna apenas se é válida ou não.

4.1 Solução Detalhada

A fim de acrescentar à literatura atual, nesta seção é abordada a forma como uma solução de cartório em *Blockchain* deve ser desenvolvida considerando as tecnologias presentes no momento da realização desta dissertação. Inicialmente uma visão geral sobre as tecnologias envolvidas e disponíveis hoje (4.1.1), em sequência as etapas de como esta solução necessita ser desenvolvida (4.1.2) e, finalmente, quais as funcionalidades e processos a serem cobertos em um Contrato Inteligente na *Blockchain Ethereum* (4.1.3).

4.1.1 Camadas da Solução

Na Figura 7 se observa os componentes correntemente disponíveis para a implementação de uma solução em *Blockchain* possível para a população.

Figura 7 – Camadas da solução

Na camada de Apresentação, mostrada ao usuário final, o primeiro grande requisito é a disponibilidade de uma carteira virtual com valor em criptomoeda para que sejam realizadas transações na *Blockchain*. Carteiras *Ethereum* são aplicações que permitem a interação com contas na *Blockchain Ethereum* possuindo um efeito similar à um aplicativo bancário, mas, sem o a necessidade do banco (ETHEREUM.ORG, 2020).

Na solução sugerida, temos a carteira *Ethereum Metamask*. Trata-se de uma extensão aplicável ao navegador que permite não só transacionar identidades e dados da *Blockchain* como também acessar aplicações web distribuídas na *Blockchain Ethereum* (METAMASK, 2020).

Isso se faz necessário porque algumas funcionalidades do contrato inteligente exigem que o usuário tenha fundos para pagar por elas. Note que a extensão *Metamask* é muito aceita pois possui uma base superior a um milhão de usuários (METAMASK, 2020).

Já na camada de aplicação, temos uma Aplicação Distribuída (*Distributed Application* ou *DApp*). Uma Aplicação Distribuída possui uma apresentação que pode ou não ser centralizada mas deve possuir em seu *backend* uma estrutura distribuída podendo ser escrita em qualquer linguagem (RAVAL, 2016). Esta camada então, em linguagem *web*, realiza a comunicação do Navegador do usuário com a *Blockchain*. Trata-se de uma camada não exatamente necessária, tendo em vista que o usuário pode optar por se comunicar diretamente com a *Blockchain*. Porém esta camada pode ser importante para aumentar a facilidade da aplicação para o cidadão comum e tornar seu uso mais generalizado.

Por fim, na camada da *Blockchain* temos o contrato inteligente, que mantém as informações e operações mais críticas do *DApp*. Para a rede *Ethereum* a linguagem mais utilizada para desenvolvimento de contratos inteligentes é a *Solidity*.

Externos às camadas do sistema, temos a consulta ao ICP-Brasil para consulta de Certificados Digitais, *Interplanetary File System* para manter os documentos de maneira distribuída, porém, fora da *Blockchain* para que não impacte o custo operacional para os usuários. Além dele, para respeitar o aspecto Diplomático de documentos certificados, é importante uma consulta a algum serviço de Geolocalização. Isso aliado ao relógio interno da maquina virtual *Ethereum* (EVM) garantem a localização do documento no tempo e no espaço.

4.1.2 Etapas do Desenvolvimento

Para que tal plataforma seja desenvolvida, algumas fases precisam ser respeitadas antes dos testes e implementação. A Figura 8 sintetiza estas fases.

Após descrever o código na linguagem aceita pela EVM, no exemplo, *Solidity*, em qualquer editor de texto, é necessário realizar a compilação deste código. O *framework Truffle* é uma plataforma de simulação da rede *Ethereum* que permite que o código desenvolvido em *Solidity* funcione em uma EVM (LI, 2019).

Para que o contrato inteligente rode em teste é importante a utilização de um ambiente de simulação da *Blockchain Ethereum*, para isso, utiliza-se o Ganache, que além de prover um ambiente capaz de monitorar o andamento do seu Contrato inteligente, também cria diversas contas para que se possa interagir com eles (GROUP, 2020).

Figura 8 – Etapas do Desenvolvimento

Após a conclusão do Contrato Inteligente, é necessário o desenvolvimento do *front end*. Para tal, utiliza-se uma linguagem, como por exemplo *JavaScript*, para a comunicação do *front end* com a *Blockchain*, criando assim um *DApp*. Após os testes iniciais, é possível implementar o código diretamente na *Blockchain Ethereum* usando o *Remix IDE* que é uma ferramenta de código aberto escrita em *Java Script*. Esta ferramenta pode, entre outras coisas, disponibilizar seu código diretamente na *Blockchain* (DOCS, 2020a).

Com estes passos executados, o Contrato Inteligente estará publicado e poderá ser acessado do *front end web* desenvolvido.

4.1.3 O Contrato Inteligente

O funcionamento deste Contrato Inteligente possui algumas particularidades. Ele deve ser pouco custoso e, considerando que documentos podem possuir um tamanho considerável, a maneira de garantir um maior equilíbrio na assinatura de cada documento é através do IPFS. Sendo assim, o Contrato Inteligente apenas guardará o *Hash* do documento, uma *string* padrão de 256 *bytes* e não o documento completo. Além disso, é importante que a verificação de uma assinatura ocorra no momento da gravação dos dados na *Blockchain* e na mesma função, visto que caso estivesse encapsulado em uma função diferente, usuários maliciosos poderiam contornar esta validação e criar documentos ilegítimos. O mesmo se aplica à localização e ao tempo em que o contrato é salvo e assinado.

Para consultas externas à *Blockchain*, a linguagem *Solidity* conta com um método chamado *Oraclize*. Sua função é resgatar dados que estejam disponíveis através de uma *Application Programming Interface*, ou API, e realizar consultas e gravar estes dados na própria *Blockchain* (DOCS, 2020b).

Importante notar que, como os dados em uma *Blockchain* pública são abertos, ao compilar um contrato inteligente, funções de resgate de dados públicos são automaticamente gerados, chamados *Getters*. A vantagem destes *Getters* é que seu uso não implica em consumo de criptomoedas no caso *Ether*. Dessa forma, um *Front End* pode prover todos os tipos de disponibilidade de dados aos seus usuários, tornando os documentos assinados e salvos no Contrato Inteligente de fato dotados de fé pública.

Demais funcionalidades são aquelas que efetivamente salvam os dados na *Blockchain*. A Figura 9 expõe estas funções como *Store*.

Figura 9 – Funcionalidades do Contrato Inteligente

4.2 Resultados Gerais

4.2.1 Cartórios no Brasil

Uma proposta de solução alternativa com o uso da tecnologia para melhorar a eficiência dos serviços providos pelo Estado aos seus governados pressupõe a identificação da viabilidade de seu uso no contexto do país. O serviço público, pela sua própria definição,

deve ser o mais inclusivo possível. Desta forma, uma nova solução proposta não pode ser imediatamente excludente a grande parte da população.

Desta forma é importante verificar sua abrangência e procedimentos para propor, em acordo com a legislação atual, atuações para melhorar a eficiência do serviço. Deve se notar, entretanto, sendo entidades físicas que exigem serviço presencial, os cartórios de notas também não atingem o pleno acesso em termos de provisão.

A obtenção de um serviço notarial por *Blockchain* necessita que seus potenciais usuários tenham acesso aos serviços de Internet e a posse de um *Smartphone*. Além disso, deve haver confiança na execução de serviços pela Internet. Tendo em vista estas necessidades, o objetivo desta seção é identificar a viabilidade da infra-estrutura deste tipo de solução para um país como o Brasil.

Em pesquisa realizada pelo Centro Regional de Estudos para o Desenvolvimento da Sociedade da Informação (CETIC), em 2018, cerca de 70% da população brasileira fazia uso regular da Internet (INFORMACAO, 2018). A concentração do uso está nos centros urbanos onde 74% das pessoas fazem uso regular da Internet.

Figura 10 – Evolução do uso da Internet no Brasil. Fonte: TIC Domicílios

Ainda assim, em zonas rurais o uso da Internet está presente em quase metade dos lares (49%). Esses números sugerem um potencial aumento contínuo da capacidade que serviços online têm de atingir a maior parte da população brasileira.

Quanto à inclusão social, pela primeira vez a camada mais pobre da população brasileira está conectada, 48% das famílias de classes sociais D e E fizeram uso regular da Internet no ano de 2018, um aumento significativo dos 42% de 2017 (Figura 11).

Figura 11 – Evolução do uso da Internet por classe social. Fonte: TIC Domicílios

Os números, embora inferiores à muito países desenvolvidos, de acordo com a CETIC, são superiores à países do leste europeu e países árabes, cuja média de acessibilidade à Internet gira em torno de 60%.

Ainda em 2018 verificou-se que, o uso de *Smartphones* no Brasil está aumentando rapidamente e é ainda mais inclusivo que outros meios de conexão pela Internet (Figura 10). Segundo a pesquisa, 97% dos entrevistados com acesso à Internet, o fizeram por meio de um aparelho celular. A pesquisa revelou que 56% da população usou, em 2018, apenas o aparelho celular para acesso à Internet, se tornando o meio dominante no Brasil. O uso

do aparelho é mais acentuado nas regiões mais pobres e afastadas dos centros urbanos. Na zona rural, 77% da população usa apenas o celular para se conectar.

Figura 12 – Evolução do uso de *Smartphones* no Brasil. Fonte: TIC Domicílios

Ainda segundo a CETIC, existe grande oportunidade para uso da Internet para bens e serviços. Apenas 34% do total de usuários realizaram alguma compra *Online*. 32% do total realizaram uso de aplicativos de locomoção urbana e apenas 12% realizaram pedido de comida pela Internet.

Estes dados evidenciam a existência de um distanciamento entre a oferta dos serviços "na palma da mão", disponível à maioria dos brasileiros (Figura 12), e o usufruto que se faz dessa capacidade tecnológica. Existem barreiras que precisam ser trabalhadas pelos provedores de serviço para garantir aumento de seu público potencial. A confiança do consumidor na Internet está diretamente relacionada à percepção de segurança do site que oferece o serviço (ROHDEN; MATOS; CURTH, 2016). Além disso, para sites específicos, a garantia de privacidade das operações passa também a entrar em questão. Existe também uma relação negativa entre renda e confiança em sites específicos, de modo que, quanto maior a renda, menor a confiança das operações em um determinado site.

Assim, apenas os sites que demonstram os aspectos de segurança e privacidade citados acima são consumidos ou utilizados para consumo.

Os Cartórios Extrajudiciais estão espalhados por todos os estados e municípios da federação. No município de São Paulo, por exemplo, existem 126 cartórios autorizados. Os serviços prestados à população, descritos no capítulo 4, são realizados de maneira pessoal a partir de apresentação de documentos de identificação em papel. Os procedimentos, criação e custos dos procedimentos são regidos pela legislação e pela constituição brasileira de 1988. A segurança dos procedimentos é de responsabilidade do tabelião que deve garantir que os funcionários de seu cartório executem as funções de maneira ética e correta. Note-se, entretanto, que a função sendo executada manualmente tende a estar mais sujeita ao erro humano e potenciais problemas de má conduta.

Os cartórios de Notas no Brasil geram receitas para os governos, pois os Estados onde se localizam cobram tributos por esta prestação de serviços. De acordo com a Seção São Paulo do Colégio Notarial do Brasil as custas dos Cartórios de Notas devem seguir a tabela abaixo (BRASIL, 2020):

Serviço	Tipo de Serviço	Custo total
Escritura com Valor Declarado	Primeiro título aquisitivo do imóvel	R\$ 190,12
	Aquisição via Financiamento	R\$ 316,88
	Primeira Alienação	R\$ 380,30
Cópia Autenticada	Por Página	R\$ 3,79
Reconhecimento de Firma	Por semelhança, sem valor econômico	R\$ 6,54
	Por semelhança, com valor econômico	R\$ 10,00
	Como autêntica	R\$ 16,72
Certidão ou traslado ou pública forma		R\$ 68,36
Escritura Sem Valor Declarado	Fins previdenciários ou de paternidade	R\$ 86,94
	Convenção de Condomínio	R\$ 1.731,82
	Demais Escrituras	R\$ 449,70
Atas Notariais	Pela primeira folha	R\$ 466,87
	Por página adicional	R\$ 235,75

Tabela 1 – Custas de Serviços Notariais em São Paulo

4.2.2 Proposta de Valor

Para a implementação da solução é necessário considerar os impactos de seu desenvolvimento e também da manutenção do seu serviço à longo prazo em termos

financeiros. Desta forma, deve-se avaliar os investimentos previstos ao longo do tempo e os benefícios tangíveis de uma ferramenta em *Blockchain*.

O desenvolvimento da aplicação possui um custo fixo irre recuperável intangíveis como a maioria dos investimentos desta natureza. Considerando o custo de replicação do desenvolvimento de software tende à zero entretanto, podemos desconsiderar este investimento no momento da implementação em larga escala (SHAPIRO et al., 1998).

Entretanto, é importante considerar a infra estrutura complementar necessária. O projeto sugere uma implementação e manutenção dos registros usando soluções na *Blockchain Ethereum* e na IPFS. Enquanto a *Ethereum* possui um custo ao cliente por uso, o IPFS não possui custo algum, apenas garante a unicidade do arquivo que ambas as partes devem possuir localmente em seus drives.

Assim, o investimento inicial em infra-estrutura necessário, se faz para implementação e manutenção do servidor *Web*, que é o componente de interface do usuário com a *Blockchain Ethereum*. Para fins de arquitetura, este servidor poderia rodar em um simples computador de mesa, resultando em custo fixo pequeno. A implementação em larga escala depende exclusivamente do volume de transações que se pretende executar para manter uma boa performance no *front end*.

Alternativamente, considerando que no Brasil a maior parte do uso de serviços de Internet ocorre via celular, pode-se considerar apenas o desenvolvimento de uma arquitetura baseada em aplicativo. Esse desenho é mais custoso em tempo de desenvolvimento, mas, em contrapartida, pode remover a necessidade de um servidor *Web*, atendendo ao público exclusivamente via aplicativo.

Para qualquer transação dentro de uma *Blockchain* pública é necessário recompensar os responsáveis pelo processamento de suas máquinas, e na rede *Ethereum* não é diferente. O valor pela utilização de um contrato inteligente é medido pelo número de funções que existem em seu interior e pelo número de registros que precisam ser mantidos pela *Blockchain*. Este custo é pago em "Gas". Uma operação de soma (ADD), por exemplo, possui um custo de 3 *Gas* em *Ethereum*, para que um contrato inteligente saiba o saldo de uma conta de usuário na rede *Ethereum* são necessários 400 *Gas* (WOOD et al., 2014).

O custo de cada unidade de *Gas* varia de acordo com o volume de mineradores disponíveis e a sua demanda. No dia 19 de Abril de 2020, a média de preço estava em 22 *Gwei* por unidade de *Gas* (ETHERSCAN, 2020). *Gwei* é uma fração da criptomoeda *Ethereum* e corresponde a 0,000000001 do valor de 1 *Ether* (BUTERIN et al., 2014).

Considerando o o valor de cada *Ether* em R\$ 958,19 Reais (COINMARKETCAP, 2020) também no dia 19 de Abril de 2020, temos nesta data o custo por *Gas* de R\$ 0,00002108018. Durante a implementação do piloto, será possível verificar quanto *Gas* o contrato inteligente irá consumir para ser executado. Para que o custo ao usuário fique em R\$ 1,00, este custo em *Gas* não poderá ser maior que 47.450.

Ainda importante salientar, que do ponto de vista do usuário da plataforma que atualmente existe custo de manutenção do Certificado Digital homologado pela ICP-Brasil. Este custo varia de acordo com a Autoridade Certificadora escolhida e a duração do contrato de certificação, por exemplo, um valor anual no Serpro para pessoa física de R\$153,00 (SERPRO, 2020).

Considerando que a arquitetura proposta apresenta custos ao usuários, por que seria vantajoso para um usuário migrar para uma plataforma pública de *Blockchain* ao invés de manter a estrutura atual? Ou ainda, por que não substituir por um sistema fechado controlado pela União?

Em resposta a primeira pergunta, podemos trazer a tona alguns benefícios: Primeiro, a solução proposta elimina completamente a necessidade de pessoalidade do processo de notariação do Cartório de Notas do Brasil. Sendo assim, o usuário pode executar todos os procedimentos em qualquer horário, no local que desejar, sem perda de tempo no trajeto ou dentro da instituição. A remoção da pessoalidade, reduz os erros de operação manual, intencionais ou não, e também a necessidade de manutenção em papel. Como não existe operação presencial, também se elimina a necessidade de manutenção de estruturas e pessoal para atender o público na execução destes serviços. Como é digital, não existe necessidade de arquivo físico ou manutenção de registros em papel, onde a informação pode se perder caso muitos cuidados não sejam tomados pelo Cartório.

Respondendo à segunda pergunta, a solução em uma *Blockchain* pública remove grande parte ou totalmente a necessidade de manutenção de uma infraestrutura de tecnologia pelos estados ou pela União. De maneira semelhante ao que ocorre atualmente, entretanto, todo o custo de operação se concentraria sobre os usuários do serviço. Do ponto de vista do Governo, o impacto fiscal ocorreria devido à perda de receita com os impostos dos Emolumentos. O governo, entretanto, poderia optar, alternativamente pela publicação de um contrato inteligente que fizesse adicionalmente o recolhimento de impostos através da rede *Ethereum*. Deve-se observar que, ainda que esta receita do Governo se reduza, isso ocorre devido a uma melhora de eficiência e custos para os usuários e para atividade

de regulação do Governo, com a eliminação de gastos com concursos e de funcionários públicos envolvidos na regulação, por exemplo. Além desses benefícios, uma solução em *Blockchain*, sendo descentralizada e perene, traria transparência e segurança para todos os entes envolvidos, públicos e privados, aumentando a confiança do usuário de serviços de Internet nesta solução. Simultaneamente, a solução tenderia a dirimir o impacto de potencial ações de corrupção causadas pela ausência desta transparência. Quanto mais abertas e acessíveis as informações públicas se manifestam, menor o incentivo e ocorrências de fraudes neste setor (GRIMMELIKHUIJSEN; WELCH, 2012).

Para fins de implementação em grande escala do projeto proposto, ultrapassar algumas barreiras impostas pelos diversos agentes envolvidos no processo notarial devem ser vencidas.

Como o uso da infraestrutura *Ethereum* corresponde à função principal de manutenção dos registros, é necessário considerar os potenciais riscos de sua exposição à uma rede descentralizada para manutenção de arquivos tão importantes ao direito civil.

Primeiro, existe o risco inerente da rede como um todo cair em desuso, seja pela descoberta de uma falha desconhecida no algoritmo que rege a rede *Ethereum* ou simplesmente pela atualização tecnológica que pode tornar esta *Blockchain* obsoleta com o passar do tempo. Garantir que os registros que ocorram através da solução sejam mantidos de forma perene mesmo após o encerramento do *Ethereum* pode representar um grande desafio para a justiça nacional. Para tal, seria necessário criação de um enorme banco de registros centralizado, regido pelo Estado, a fim de garantir que estes não sejam perdidos. Tal medida, poderia funcionar como uma solução regulatória de espelho a ser implementado caso a rede *Ethereum* entre em colapso à semelhança do que ocorre em outros serviços regulados como energia elétrica (VISCUSI; JR; SAPPINGTON, 2018). Deve-se notar, entretanto, que esse risco sistêmico já existe na atual configuração dos cartórios, pois estes são formados para prestar o serviço e os documentos em papel acumulados também tem riscos de perda.

Um outro entrave técnico diz respeito ao processo em si no uso do Contrato Inteligente. Seria necessário que cada usuário possuísse saldo em uma conta *Ethereum* para executar as funcionalidades propostas pelo projeto. Entretanto, as criptomoedas podem passar por grandes flutuações de valores, que ocorreram massivamente durante o curto espaço de tempo de existência das criptomoedas, além de ser necessário adquiri-las via um corretor privado, que pode implicar em altos custos de arbitragem. Deve-se observar que,

alternativamente, um usuário poderia minerar a criptomoeda utilizando seu próprio poder computacional, porém, aguardar a geração de saldo suficiente para utilização do contrato impacta diretamente na eficiência proposta no uso da tecnologia.

No caso do Governo optar por uma gestão centralizada da *Blockchain*, este poderia manter internamente o processamento dos contratos inteligentes reduzindo à zero o custo para o usuário. Nessa escolha, o impacto negativo seria sobre os custos de manutenção de infraestrutura que retornariam ao Estado e a perda da descentralização proposta pela *Blockchain* pública, nesse caso os benefícios com a segurança de manutenção de registros e a transparência se perderiam.

Utilizando certificados homologados pela ICP-Brasil, é possível garantir sob olhar da justiça brasileira a validade de um documento. Entretanto, a aquisição e manutenção de tal certificado é onerosa para a maioria dos brasileiros dada a má distribuição de renda do país e poderia evitar o acesso de boa parte dos usuários da ferramenta ao sistema automatizado. Para reduzir este custo, o Governo poderia reduzir a tarifa destes certificados, flexibilizar as normas de homologação de certificados ou até provê-los de maneira gratuita a todo cidadão, como é realizado hoje com um CPF ou Certidão de Nascimento. Embora o impacto na receita provinda destes certificados seja substancial, os custos de manutenção de registros de cadastros já são arcados pelo governo em diversas instâncias (Receita Federal, INSS, Tribunal de Justiça Eleitoral, para citar alguns). Os benefícios para eficiência de procedimentos não-produtivos poderia ser extremamente benéfico ao país.

É importante sempre salientar a força da vontade política na implementação de uma nova solução que poderia impactar tão diretamente a receita bilionária adquirida pelos cartórios hoje. No caso da aplicação de *Blockchain* para registros imobiliários em Honduras, por exemplo, observa-se que a falta de vontade política para mudança do *status quo* pode ser a diferença entre o sucesso e fracasso de um projeto que afete o poder público (BENBUNAN-FICH; CASTELLANOS, 2018).

Como incentivo à política brasileira para adoção de uma tecnologia que tende a reduzir as receitas do governo, uma solução, conforme discutido anteriormente, seria manter o recolhimento de impostos para diversas instâncias em uma solução via Contrato Inteligente. Isso teria um impacto financeiro negativo aos cidadãos que utilizariam a ferramenta, mas poderia incentivar a vontade política em sua aplicação ao mesmo tempo que traria transparência na receitas da União, dos estados e dos municípios, que poderia ser

auditada não só pelo Conselho Nacional de Justiça como por cidadãos comuns, interessados no gasto responsável do dinheiro público.

4.3 Limitações e Vantagens da Solução

No momento em que o código na Blockchain é implementado e a primeira transação realizada é visível, é possível verificar o custo por transação ao usuário final através do custo em *gas*. A *Blockchain Ethereum* divide os custos de operação em sua rede em *Transaction Cost* (Custo de Transação) e *Execution Cost* (Custo de Execução). O primeiro se refere aos dados e códigos que são gravados de forma permanente dentro da *Blockchain*, o segundo se refere ao custo do poder computacional da *Ethereum Virtual Machine* para de fato executar o código do Contrato Inteligente dele (WOOD, 2020). Na estrutura teorizada em 4.1, o Custo de Transação da operação de publicar um novo documento com assinatura eletrônica é de 313856 *Gas* e o de executar o programa na *Ethereum Blockchain* é de 284712 *Gas*. O custo da soma de ambos (598568) é, em 30 de Novembro de 2020, de 0.048484 *Ether* (COMMUNITY, 2020). Conforme cotação na mesma data em (COINMARKETCAP, 2020), o valor em Reais seria de R\$ 157,09. Podemos observar que o valor é bastante superior se comparado ao custo atual na cidade de São Paulo de autenticação de uma assinatura em um documento na cidade de São Paulo (no máximo R\$ 16,72 de acordo com a tabela 1. Entretanto, é importante considerar que o custo ao usuário deste serviço não se resume àquele pago no caixa de um cartório no Brasil. O indivíduo precisa estar localizado de maneira presencial para que possa usufruir deste e isso incorre em um custo em tempo e deslocamento ao indivíduo. Considerando dados do IBGE (IBGE, 2020) o salário médio brasileiro era de R\$2261,00 no quarto semestre de 2019, traduzindo-se em aproximadamente R\$10,28 a hora. Considerando o gasto de uma hora entre deslocamento e processamento de informação o total de custo à um brasileiro médio para autenticação de uma assinatura ficaria em, no máximo, R\$27,00, também bastante aquém dos custos em uma *Blockchain* pública. Isso não se aplica, entretanto, à todos os brasileiros. Famílias com salários superiores à R\$ 30855,52 possuem um custo por hora superior à R\$140,00 e portanto encontram benefício financeiro em utilizar uma estrutura em *Blockchain* que não dependa da pessoalidade. Este benefício somado à ausência de um eventual erro humano

ou exposição à fraudes pende ao grande benefício da solução sugerida. Entretanto, ainda não atinge financeiramente uma grande porção dos brasileiros.

Deve-se observar, entretanto, que nos custos atualmente levantados para o consumidor não estão contabilizados os riscos de fraudes e criminais incorridos pelos indivíduos no atual sistema presencial. Embora não existam fontes consolidadas de valores desviados por ação de serviços notariais, notícias de tais práticas não são incomuns como observado, por exemplo em (BOLICO, 2019), (ESTADAO, 2019), (G1, 2020) e (CNB, 2018). Neste caso, não se conhece exatamente o montante de custos por indivíduos. Além disso, uma solução que gere um mercado mais concorrencial, uma vez que o atual modelo de cartório consiste em monopólio local e a proposta do cartório digital retira essa limitação, necessariamente é uma solução mais eficiente do ponto de vista econômico (VISCUSI et al. 2018).

5 Conclusão

O estudo realizado permitiu confirmar a viabilidade da aplicação de uma solução de *Blockchain* dentro dos serviços de Cartórios de Notas Brasileiros sem a necessidade de alteração da legislação atual, respeitando os princípios Histórico, Disciplinares e Legais. Entretanto, para atingir este objetivo, é necessário investimento por parte do cidadão brasileiro na compra e manutenção de certificados digitais homologados pela ICP-Brasil de tal forma que o benefício financeiro de tal aplicação fica comprometido. Importante salientar que na solução sugerida, a infraestrutura utilizada para manutenção dos registros, assim como é hoje, é financiada exclusivamente pelo cidadão brasileiro no momento da execução do Contrato Inteligente, a partir do uso de criptomoedas *Ether*.

Dessa forma, existe uma oportunidade para o Governo de flexibilização dos certificados digitais, de forma que não necessitem de investimentos altos na compra e manutenção dos mesmos, visto que não haveria dispêndio de dinheiro público em manter e suportar uma infraestrutura instalada no país.

Uma base de dados compartilhada e imutável permitiria a centralização e transparência de todos os registros realizados por cartórios de notas e assim, prover um serviço mais seguro e menos propenso à desvios de processo, sejam estes intencionais ou não.

O estudo mostrou o potencial de uma ferramenta online em atingir uma enorme fatia da população Brasileira que já conta com 70% do público conectado à Internet e destes, 34% já utilizam serviços via *Web*. Os desafios para propagação desta ferramenta, estão na forma em que o Governo expõe as vantagens para a segurança das transações realizadas neste meio.

Referências¹

- ANDROULAKI, E. et al. Hyperledger fabric: a distributed operating system for permissioned blockchains. In: *Proceedings of the Thirteenth EuroSys Conference*. [S.l.: s.n.], 2018. p. 1–15. Citado na página 57.
- BENBUNAN-FICH, R.; CASTELLANOS, A. Digitization of land records: From paper to blockchain. 2018. Citado 2 vezes nas páginas 19 e 38.
- BENET, J. *IPFS-Content Addressed, Versioned, P2P File System. Whitepaper*. 2014. Citado na página 57.
- BOLICO, L. *Perícia aponta fraude em assinatura e que tabelião substituto de cartório sob intervenção morava nos EUA*. 2019. Acessado em: 02 de Dezembro de 2020. Disponível em: <https://www.olharjuridico.com.br/noticias/exibir.asp?id=40067¬icia=pericia-aponta-fraude-em-assinatura-e-que-tabeliao-substituto-de-cartorio-sob-intervencao-morava-no>. Citado na página 40.
- BRASIL. *ARTIGO 236 da Constituição Federal*. [S.l.], 1988. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br>. Citado na página 19.
- BRASIL. *LEI Nº 8935*. [S.l.], 1994. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br>. Citado na página 19.
- BRASIL. *MP 2200-2*. [S.l.], 2001. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br>. Citado na página 19.
- BRASIL. *LEI Nº 12.527*. [S.l.], 2011. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br>. Citado na página 14.
- BRASIL. *Verificador de Conformidade*. 2018. Acessado em: 13 de Novembro de 2020. Disponível em: <https://verificador.it.gov.br/>. Citado na página 20.
- BRASIL, C. N. do. *Tabelas de Custas e Emolumentos*. 2020. Acessado em: 03 de Abril de 2020. Disponível em: <https://www.cnbsp.org.br/?pG=X190YWJlbGFzX2Vtb2x1bWVudG9z>. Citado na página 34.
- BUTERIN, V. et al. Ethereum white paper: a next generation smart contract & decentralized application platform. *First version*, v. 53, 2014. Citado 3 vezes nas páginas 16, 35 e 56.
- CHOWDHURY, M. J. M. et al. Blockchain as a notarization service for data sharing with personal data store. In: IEEE. *2018 17th IEEE International Conference On Trust, Security And Privacy In Computing And Communications/12th IEEE International Conference On Big Data Science And Engineering (TrustCom/BigDataSE)*. [S.l.], 2018. p. 1330–1335. Citado na página 17.
- CNB. *CNB/SP alerta sobre ocorrência de fraude em cartório do Estado de São Paulo*. 2018. Acessado em: 01 de Dezembro de 2020. Disponível em: <https://www.anoregsp.org.br/noticias/34647/cnbp-cnbp-alerta-sobre-ocorrencia-de-fraude-em-cartorio-do-estado-de-sao-paulo>. Citado na página 40.

¹ De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 6023.

COINMARKETCAP. *Coin Market Cap*. 2020. Acessado em: 19 de Abril de 2020. Disponível em: <https://coinmarketcap.com/pt-br/>. Citado 2 vezes nas páginas 36 e 39.

COMMUNITY, C. O. *Eth Gas Station*. 2020. Acessado em: 30 de Novembro de 2020. Disponível em: <https://ethgasstation.info/calculatorTxV.php>. Citado na página 39.

CONARQ. *Resolução 37*. [S.l.], 2012. Disponível em: <http://www.conarq.gov.br>. Citado na página 19.

CROSBY, M. et al. Blockchain technology: Beyond bitcoin. *Applied Innovation*, v. 2, n. 6-10, p. 71, 2016. Citado 2 vezes nas páginas 16 e 55.

DEF. *Estonian e-Notary*. 2019. Acessado em: 01 de Dezembro de 2020. Disponível em: <https://ec.europa.eu/cefdigital/wiki/display/CEFDIGITAL/2019/07/29/Estonian+e-Notary>. Citado na página 14.

DOCS, R. the. *Remix Ide Documentation*. 2020. Acessado em: 17 de Novembro de 2020. Disponível em: <https://remix.readthedocs.io/en/latest/>. Citado na página 29.

DOCS, R. the. *Solidity*. 2020. Acessado em: 17 de Novembro de 2020. Disponível em: <https://docs.soliditylang.org/en/v0.7.4/>. Citado na página 30.

DOINGBUSINESS.ORG. *Ease of doing business*. 2019. Acessado em: 05 de Maio de 2019. Disponível em: <http://www.doingbusiness.org/>. Citado na página 15.

ESTADAO. *Guarulhos: Justiça dá 15 dias para ex-tabelião pagar multa por fraude em cartório*. 2019. Acessado em: 02 de Dezembro de 2020. Disponível em: <https://istoe.com.br/guarulhos-justica-da-15-dias-para-ex-tabeliao-pagar-multa-por-fraude-em-cartorio/>. Citado na página 40.

ETHEREUM.ORG. *The key to your digital future*. 2020. Acessado em: 17 de Novembro de 2020. Disponível em: <https://ethereum.org/en/wallets/>. Citado na página 27.

ETHERSCAN. *Ethereum Gas Tracker*. 2020. Acessado em: 19 de Abril de 2020. Disponível em: <https://etherscan.io/gastracker>. Citado na página 35.

FEITOSA, L. V. d. S.; COSTA, C. E. S. D. Inovações no setor público: A resistência à mudança e o impacto causado no comportamento do indivíduo. *Anais do V SINGE*, 2016. Citado na página 15.

G1. *Operação contra fraude em cartório que causou prejuízo de R\$ 10 milhões prende cinco pessoas no oeste do Paraná*. 2020. Acessado em: 02 de Dezembro de 2020. Disponível em: <https://correiodoscampes.com.br/carambei/2020/10/01/operacao-contra-fraude-em-cartorio-que-causou-prejuizo-de-r-10-milhoes-prende-cinco-pessoas-no-oes>. Citado na página 40.

GRAFF, M. Law and finance: Common law and civil law countries compared—an empirical critique. *Economica*, Wiley Online Library, v. 75, n. 297, p. 60–83, 2008. Citado na página 46.

GRIMMELIKHUIJSEN, S. G.; WELCH, E. W. Developing and testing a theoretical framework for computer-mediated transparency of local governments. *Public administration review*, Wiley Online Library, v. 72, n. 4, p. 562–571, 2012. Citado 2 vezes nas páginas 14 e 37.

GROUP, T. B. *Ganache, one Click Blockchain*. 2020. Acessado em: 17 de Novembro de 2020. Disponível em: <https://www.trufflesuite.com/ganache>. Citado na página 28.

HARRIS, C. G. The risks and dangers of relying on blockchain technology in underdeveloped countries. In: IEEE. *NOMS 2018-2018 IEEE/IFIP Network Operations and Management Symposium*. [S.l.], 2018. p. 1–4. Citado na página 17.

IBGE. *Rendimento médio nominal, habitualmente recebido por mês de referência, do trabalho principal e dos trabalhos, por nível de instrução*. 2020. Acessado em: 30 de Novembro de 2020. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/5431>. Citado na página 39.

INFORMACAO, C. R. de Estudos para o Desenvolvimento da Sociedade da. *Uso da internet no Brasil*. 2018. Acessado em: 01 de Abril de 2020. Disponível em: <https://www.cetic.br/pesquisa/domicilios/>. Citado na página 31.

KOTKA, T.; VARGAS, C.; KORJUS, K. Estonian e-residency: Redefining the nation-state in the digital era. *University of Oxford Cyber Studies Programme*, v. 3, 2015. Citado na página 14.

LEPIK, L. M. *e-estonia*. 2019. Acessado em: 15 de Ago. de 2019. Disponível em: www.e-estonia.com. Citado na página 14.

LI, D. H. H. Edurss: A blockchain-based educational records secure storage and sharing scheme. *IEEE Access*, IEEE Access, v. 7, p. 179273–179289, 2019. Citado na página 28.

LIMA, L. B. *Cartório de Notas - O que faz?* 2017. Acessado em: 27 de Março de 2020. Disponível em: <https://cartorioonlinebrasil24h.com.br/blog/cartorio-de-notas-o-que-faz/>. Citado na página 17.

LOPES, K. M. G.; MACADAR, M. A.; LUCIANO, E. M. Key drivers for public value creation enhancing the adoption of electronic public services by citizens. *International Journal of Public Sector Management*, Emerald Publishing Limited, 2019. Citado na página 17.

METAMASK. *A crypto wallet gateway to blockchain apps*. 2020. Acessado em: 17 de Novembro de 2020. Disponível em: <https://metamask.io/index.html>. Citado na página 27.

MONTENEGRO, M. C. *Transparência: CNJ mantém acesso irrestrito a informações sobre receita de cartórios*. 2019. Acessado em: 25 de Julho de 2019. Disponível em: <http://cnj.jus.br/>. Citado na página 14.

NAKAMOTO, S. *Bitcoin: A peer-to-peer electronic cash system*. [S.l.], 2019. Citado 2 vezes nas páginas 16 e 55.

PEDERSEN, A. B.; RISIUS, M.; BECK, R. A ten-step decision path to determine when to use blockchain technologies. *MIS Quarterly Executive*, Indiana University, v. 18, n. 2, p. 99–115, 2019. Citado na página 21.

RAMAMURTHY, B. *Programa de cursos integrados Blockchain*. 2020. Acessado em: 30 de Novembro de 2019. Disponível em: <https://pt.coursera.org/specializations/blockchain>. Citado na página 21.

RAVAL, S. Decentralized applications: Harnessing bitcoin's blockchain technologys. O'Reilly Media, v. 1, 2016. Citado na página 28.

ROHDEN, S. F.; MATOS, C. A.; CURTH, M. Intenções de recompra e confiança do consumidor on-line. *Revista de Ciências da Administração*, Universidade Federal de Santa Catarina, v. 18, n. 45, p. 9–24, 2016. Citado na página 33.

SERPRO. *Certificação Digital*. 2020. Acessado em: 19 de Abril de 2020. Disponível em: https://www.serpro.gov.br/clientes/certificacao_digital. Citado na página 36.

SHAPIRO, C. et al. *Information rules: a strategic guide to the network economy*. [S.l.]: Harvard Business Press, 1998. Citado na página 35.

STAFF, N. *Common Law Versus Civil Law Notaries*. 2011. Acessado em: 08 de Julho de 2020. Disponível em: <https://www.nationalnotary.org/notary-bulletin/blog/2011/11/common-civil-law-notaries>. Citado na página 14.

SULLIVAN, C.; BURGER, E. E-residency and blockchain. *computer law & security review*, Elsevier, v. 33, n. 4, p. 470–481, 2017. Citado na página 17.

VARELLA, M. D.; OLIVEIRA, C. G.; MOESCH, F. Frog leap in public policies through digital government: Opportunities and challenges. *Braz. J. Pub. Pol'y*, HeinOnline, v. 7, p. 561, 2017. Citado na página 14.

VISCUSI, W. K.; JR, J. E. H.; SAPPINGTON, D. E. *Economics of regulation and antitrust*. [S.l.]: MIT press, 2018. Citado na página 37.

WOOD, G. *ETHEREUM: A SECURE DECENTRALISED GENERALISED TRANSACTION LEDGER*. [S.l.], 2020. Acessado em: 30 de Novembro de 2020. Disponível em: <https://ethereum.github.io/yellowpaper/paper.pdf>. Citado na página 39.

WOOD, G. et al. Ethereum: A secure decentralised generalised transaction ledger. *Ethereum project yellow paper*, v. 151, n. 2014, p. 1–32, 2014. Citado na página 35.

Apêndice A – Protocolo de Pesquisa

O Protocolo definido e utilizado, com auxílio da ferramenta START, têm por objetivo identificar e analisar estudos e suas aplicações de *Blockchain* para serviços públicos notariais.

A.1 *Palavras-Chave*

Embora a maioria dos artigos científicos publicados em revistas com revisão de pares sejam escritos em língua inglesa, estudos sobre serviços de cartórios de notas não são presentes em países que exercem o Direito Comum e que são grandes publicadores de conteúdo científico como Estados Unidos, Inglaterra e Austrália, países de língua inglesa (GRAFF, 2008). Assim, tornou-se necessária a inclusão de palavras-chave em idiomas de países do Direito Civil, como o Português, o Francês e o Espanhol. Também foram consideradas funções exercidas por cartórios, mas realizadas por outros agentes, em trabalhos científicos, de modo que palavras-chave foram adicionadas para incluir procedimentos tais como escrituração de terras e autenticação de cópias, por exemplo. Além disso, a busca também teve por objetivo a análise de impactos tanto da *Blockchain* sobre corrupção para identificação de possíveis desvios de processo.

Como *Blockchain* é uma tecnologia recente, buscou-se palavras em qualquer posição/parte do trabalho, seja no título, no resumo ou no conteúdo, a fim de agrupar o máximo de base fundamental possível.

Na língua inglesa as palavras-chave selecionadas foram: "*Notaries*", "*authenticated copies*", "*authenticated copies*", "*birth certificate*", "*Blockchain*", "*civil law*", "*death certificate*", "*e-government*", "*land registration*", "*marriage certificate*", "*marriage registration*", "*notary*", "*notary office*", "*power of attorney*", "*signature recognition*" e "*Corruption*". Para ampliar a busca à outros países, as seguintes palavras-chaves também foram incluídas: "*Cartório*", "*tabelião*", "*escrivão*", "*Corrupção*", "*Notaire*", "*registraire*", "*notario*", "*registrador*" e "*corrupción*". No caso de outros idiomas, as funcionalidades de cartórios não foram incluídas, considerando que esta instituição já existe em países do Direito Civil.

A.2 Critérios de Seleção

Para restringir o volume de artigos e estudos selecionados foram definidos previamente alguns critérios para o Levantamento Bibliográfico. Assim, apenas artigos escritos após 2013 foram aceitos, de forma a incluir artigos em um universo onde a *Blockchain* já existe. Apenas artigos que foram revistos por pares, publicados em revistas de renome e contendo dados de fontes confiáveis foram incluídos de forma a garantir o respaldo das descobertas aqui realizadas.

O método de pesquisa, por sua vez, garante a qualidade dos estudos pesquisados a medida que foca ferramentas de pesquisa de bases de dados indexadas dos principais periódicos. Foi usada também, neste caso, a base de dados não indexada (Google), entretanto, para fins de pesquisa auxiliar (dados estatísticos recentes e notícias) que são necessários considerando que a pesquisa se baseia em uma tecnologia ainda recente. Artigos escritos em Inglês, Espanhol, Francês e Português foram considerados na seleção. As bases de dados indexadas utilizadas foram a Biblioteca Digital da ACM (*Association for Computer Machinery*), o IEEE (*Institute of Electrical and Electronic Engineers*), o Scopus e a *Web of Science*.

A.3 Inclusão e Exclusão de Artigos

A tabela 2 mostra os critérios de Inclusão e Exclusão adotados na análise Quantitativa dos artigos.

Com base nestes critérios, buscou-se identificar artigos que tratem da Blockchain já aplicada em situações reais. Apenas quando se tratou de adaptações ao serviço público foram incorporados os artigos teóricos. Mesmo assim, não foi objetivo deste estudo levantamento de artigos teóricos técnicos sobre a tecnologia de *Blockchain*. Os tipos de referências a serem selecionados estão entre artigos científicos e dados estatísticos suportados por órgãos oficiais, como por exemplo o IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística).

Inclusão/Exclusão	ID	Critério
Inclusão	I1	Exposição de <i>Blockchain</i> Aplicada
	I2	Aplicabilidade de <i>Blockchain</i> no Serviço Público
	I3	Características da <i>Blockchain</i>
	I3	Requisitos para Aplicação de <i>Blockchain</i>
	I4	Levantamento de Estado da Arte em Governo Digital
	I5	Dados sobre Inclusão Digital no Brasil
	I6	Definição de Leis e Regulamentações de Cartórios
	I7	Serviços de Cartórios no Direito Civil
Exclusão	E1	Artigo sobre Inovação Técnica em <i>Blockchain</i> existente
	E2	Desenvolvimento de <i>Blockchain</i> não aplicável ao Serviço Público
	E3	Desenvolvimento de nova linguagem de programação de <i>Blockchain</i>
	E4	Computação Distribuída não associada ao <i>Blockchain</i>
	E5	Legislação não aplicável a Cartórios
	E6	Artigo sobre criptomoedas

Tabela 2 – Critérios de Inclusão e Exclusão Quantitativos

A.4 Critérios de Qualidade

Ainda na formulação do protocolo, foram definidas as métricas e informações a serem sumarizadas de cada artigo que passasse pelo crivo da análise quantitativa. Cada uma das métricas foram definidas recebendo uma nota de um a cinco de acordo com o aprofundamento do artigo no tema. São elas:

- Aplicabilidade do estudo no mundo real.
- Amplitude do estudo sob a perspectiva de impacto e risco.
- Resultados da pesquisa realizada pelo estudo.
- Qualidade geral da escrita, fontes e dados.

As informações abaixo, foram definidas como necessárias para fins de sumarização e posterior referencia neste trabalho:

- Resumo.
- Tecnologia de Blockchain Utilizada.
- Método estatístico escolhido para captura de dados.
- Resultados.
- Principais Referências Externas.
- Base de dados utilizada.

A.5 Identificação dos Estudos

Após formulação do Protocolo de pesquisa, as bases de dados definidas foram consultadas utilizando como *strings* de busca os critérios adaptados à cada uma delas conforme detalhado na tabela 3. A partir destas strings a tabela 3 também expõe a quantidade de artigos encontrados utilizando a *String* de busca em cada base de dados.

Base de Dados	<i>String</i> de Busca	Artigos
ACM	<i>blockchain AND ((civil AND law) OR (authenticated AND (copy OR copies)) OR (certificate AND (birth OR death OR marriage OR land)) OR (e AND government) OR (registration AND (land OR marriage)) OR notary OR notaries OR (notary AND office) OR (power AND of AND attorney) OR (signature AND recognition)) OR Corruption OR Cartório OR tabelião OR escrivão OR corrupção OR Notaire OR registraire OR Notario OR notario OR registrador OR corrupción</i>	31
IEEE	<i>blockchain AND ("civil law"OR "authenticated copy"OR "authenticated copies"OR "birth certificate"OR "death certificate"OR "marriage certificate"OR "land certificate"OR "e-government"OR "land registration"OR "marriage registration"OR notary OR notaries OR "notary office"OR "power of attorney"OR "signature recognition") OR Corruption or Cartório or tabelião, escrivão or corrupção, Notaire or registraire or Notario or notario or registrador or corrupción</i>	13
Scopus	<i>blockchain AND civil law OR authenticated copy OR authenticated copies OR birth certificate OR death certificate OR marriage certificate OR land certificate OR e-government OR land registration OR marriage certificate OR notary OR notaries OR notary office OR power of attorney OR signature recognition OR Corruption OR Cartório OR tabelião OR escrivão OR corrupção OR Notaire OR registraire OR Notario OR notario OR registrador OR corrupción</i>	401
Web of Science	<i>ALL = ("civil law"OR "authenticated copy"OR "authenticated copies"OR "birth certificate"OR "death certificate"OR "marriage certificate"OR "land certificate"OR "e-government"OR "land registration"OR "marriage registration"OR notary OR notaries OR "notary office"OR "power of attorney"OR "signature recognition"OR Corruption OR Cartório OR tabelião OR escrivão OR corrupção OR Notaire OR registraire OR Notario OR notario OR registrador OR corrupción) AND ALL = (Blockchain)</i>	46

Tabela 3 – *Strings* de Busca por Base de Dados

Figura 13 – Seleção de Artigos na Análise Qualitativa

A.6 Análise Quantitativa

Após a execução das buscas utilizando as suas strings, é parte do procedimento de Revisão literária uma filtragem inicial conhecida como análise quantitativa. Neste momento, os artigos são analisados sem necessidade de aprofundamentos para identificar os que serão parte do estudo. Neste caso, as fases de classificação de artigos foram: em primeiro lugar, a identificação e remoção de duplicidades; seguida da Identificação dos artigos aceitos para a fase qualitativa; e finalmente a definição de prioridade de leitura dos artigos aceitos.

A ferramenta START provê auxílio na filtragem por meio da definição de uma nota automática para cada artigo a partir da quantidade de palavras chave encontradas em cada artigo e da quantidade de vezes que cada uma delas aparece no artigo. Esta nota foi utilizada posteriormente para ordenação dos artigos no momento da classificação e leitura dos mesmos. A Figura 13 apresenta as classificações e seus resultados na determinação de artigos aprovados para a fase de análise qualitativa da revisão literária.

Entre as bases de dados, o Scopus foi a que mais retornou artigos, entretanto, proporcionalmente, o IEEE contribuiu com mais artigos incluídos, Figuras A.6 e A.6.

Os motivos para que os trabalhos sejam aceitos estão expostos na Figura 15. Note que a soma de motivos é maior que o número de artigos aceitos, pois existem trabalhos aceitos por mais de um motivo.

Figura 14 – Trabalhos Selecionados por Base de dados

Figura 15 – Motivos de Aceite de trabalhos

Figura 16 – Avaliação dos critérios de Qualidade

Na Figura 15, podemos observar que grande parte dos artigos selecionados apresentou uma proposta de aplicação de Blockchain no serviço público em geral, não necessariamente de casos implementados no mundo real. As características de Governo Digital, apenas mencionando a Blockchain como solução, também teve grande destaque na análise. Observamos também poucos artigos mencionando a situação brasileira em relação à adaptabilidade no uso de plataformas como Blockchain no país. Apenas sete dos artigos encontrados, faziam menção ao Direito Civil em sua análise.

Após a realização da leitura dos artigos, 21 deles foram selecionados para compor a estrutura deste projeto considerando os aspectos definidos no protocolo de pesquisa. A Figura 16 demonstra os resultados desta análise para os artigos aceitos. A cada artigo, foi dada uma nota de um à cinco nos critérios adotados. A Figura 16 demonstra o resultado da média das notas dos artigos aceitos.

Apêndice B – Entrevista com Tabelião

Para fins de comparação entre possíveis soluções informatizadas, as informações oficiais dos órgãos públicos e o que ocorre na prática com os Cartórios de Notas são essenciais. Sendo assim, foi realizada uma entrevista com um Oficial Rodrigo da Costa Dantas, sobre alguns aspectos dos procedimentos atuais, conforme abaixo:

- Pergunta: Como documentos em papel, por exemplo, fichas contendo assinaturas registradas, são acondicionados?

Resposta: Todos os documentos são acondicionados em meio físico e alguns outros (como Livros, cartões de firma e outros documentos relevantes) também são conservados em meio digital ou microfilmagem, a depender do que o TJ estabelecer em normas internas ou que for determinado nacionalmente pelo Conselho Nacional de Justiça. .

- Pergunta: Quais os principais desafios de manter um cartório?

Resposta: São vários. E vai desde o atendimento ao público com qualidade, até o gerenciamento administrativo da serventia, que envolve, contratar, treinar e gerenciar funcionários, investir em tecnologia, comprar equipamentos, reduzir custos, dentre outros, lembrando que o cartório é mantido com os recursos que recebe dos usuários pela prática dos atos, é obrigado a repassar mais de 50% dessa receita a entes públicos e a parte que fica para o tabelião é que ele administra para arcar com os custos da serventia. O resultado líquido dessa equação é o que o tabelião aufera como renda. O cartório não gera nem um centavo de despesa para o Estado; ao contrário gere enorme receita mensal, já que o Estado recebe parte da receita sem nada fazer. O tabelião responde, com seu patrimônio pessoal, por qualquer falha que um de seus funcionários cometer.

- Pergunta: Qualquer caso interessante onde a informatização poderia auxiliar (mesmo que provinda do governo)?

Resposta: O governo não fornece nada. Só fiscaliza e fixa regras. Todo e qualquer investimento é feito pelo titular com o dinheiro que sobra após repassar parte da receita pro Estado e pagar as contas necessárias à manutenção do cartório. São diversos exemplos de facilidades decorrentes da informatização: uma busca no acervo, hoje, pode ser feita por um clique, enquanto, no passado, isso demandava a leitura

individual dos livros, um a um; o cálculo dos emolumentos é feito diretamente pelo sistema, sem necessidade de fazer contas manualmente; alguns sistemas controlam os números de RG e CPF das partes, de modo que eventual digitação incorreta é alertada pelo próprio sistema, diminuindo, com isso, a ocorrência de erros..

- Pergunta: Qual uso se faz de sistemas de informática?

Resposta: Os sistemas de informática, na atualidade, são essenciais para o funcionamento dos cartórios, pois além de trazer segurança para a prática dos atos, evitando erros, também servem para a conservação de informação e a realização de buscas e cálculos automaticamente, o que reduz muito o tempo da prática do ato, em benefício à população. Cada serventia contrata de uma empresa privada o sistema que melhor lhe interessa.

Apêndice C – Conceitos Fundamentais - Blockchain

Blockchain, é essencialmente uma base de dados distribuída, como um livro de registros público ou uma sequência de eventos. Cada transação nesta base de dados é validada por um consenso dos participantes do sistema e, uma vez cadastrada a informação, ela jamais poderá ser apagada (CROSBY et al., 2016). A principal rede de *Blockchain* atualmente é o *Bitcoin*, também considerado a primeira rede de *Blockchain* criada e controversa devido ao grande volume de investimento realizado na criptomoeda sem supervisão de qualquer governo, tudo gerido pelo seu algoritmo. É chamado *Blockchain* por separar cada conjunto de novos registros em um bloco, criptografado, que referencia sempre o bloco anterior, dessa forma mantendo uma coesão contínua e impossibilitando a criação de registros no passado, visto que isso alteraria toda a criptografia de novos blocos. Entretanto, após a publicação e lançamento do *Bitcoin* diversas outras tecnologias surgiram tendo como preceitos as características fundamentais da *Blockchain*.

C.1 Tecnologias

O *Bitcoin*, funciona como um livro de registro de operações financeiras, tendo por base uma moeda de mesmo nome. Para que cada registro seja criado na *Blockchain Bitcoin*, é necessário que esta seja submetida à rede participante por um usuário possuidor de uma Chave público-privada. O participante anuncia o valor à ser repassado à uma outra chave pública assinando a operação com sua chave privada. Para que a operação seja validada, os participantes da rede precisam atestar que ambas as chaves são válidas e que o originador da transação possui saldo suficiente, em *Bitcoin* ou uma fração do mesmo, para que a operação seja bem sucedida. Como não existe limite para quantidade de chaves que um usuário pode criar na rede, o *Bitcoin* atinge seu consenso através da prova de trabalho. Basicamente o poder de processamento dos computadores ligados à rede determina a "maioria" para que o consenso seja atingido (mais detalhes em C.2). Os indivíduos que dedicam poder computacional para gerar este consenso são chamados de mineradores. Cada bloco criado, ou minerado, na rede *Bitcoin* gera uma recompensa, também em *Bitcoins*, para os colaboradores (NAKAMOTO, 2019). Após a disseminação deste conceito, diversas outras redes de *Blockchain* foram criadas utilizando-se do mesmo princípio para criação

Figura 17 – Estrutura da *Blockchain Bitcoin*

de novas criptomoedas, entretanto, em 2015, Vitalik Buterin, desenvolveu um protocolo em *Blockchain* chamado *Ethereum*. Neste protocolo, não apenas valores de criptomoedas, mas qualquer programa de computador poderia ser registrado na *Blockchain* e assim ser rodado utilizando o poder computacional da própria rede. Estes programas, chamados de Contratos Inteligentes, são desenvolvidos em uma linguagem própria, *Solidity*, e possuem funcionamento similar a qualquer programa desenvolvido em linguagem Java por exemplo, exceto que, para fazê-lo, é necessário que o cliente disponha de criptomoedas (também chamadas *Ethereum*) para comprar o *Gas* e com isso, rodar o programa quantas vezes puder com este recurso. Na verdade, ao fazer isso, ele está recompensando os participantes da rede *Ethereum*, que também é pública, por seu poder computacional com sua criptomoeda (BUTERIN et al., 2014).

Figura 18 – Estrutura da *Blockchain Ethereum*

Não tardou para grandes empresas e grupos de interesse na área da tecnologia buscarem outras formas de implementar e utilizar a *Blockchain*. A *Linux Foundation* em parceria com a IBM, lançou o *Hyperledger*. Se tratava de uma *Blockchain* que pudesse ser

utilizada por grupos de empresas ou de interesses, que não fosse pública, e não requeresse o poder computacional da prova de trabalho para criação de novos blocos. Implementou-se o consenso por Tolerância de Erro Bizantina (mais em C.2), e entes como Patrocinadores, Ordenadores e Registradores, de maneira separadas com diferentes papéis para manutenção da *Blockchain* (ANDROULAKI et al., 2018).

Figura 19 – *Hyperledger Fabric* Fonte: <https://blog.clairvoyantsoft.com>

Desde o *Hyperledger* pequenas inovações vêm ocorrendo, como experimentos com novos métodos de consenso e novas tecnologias de encriptação dos blocos mas a essência do *Blockchain* continua como uma maneira transparente, permanente e distribuída de manutenção de dados. Dentre estas novas tecnologias, seguindo os mesmos preceitos da *Blockchain* está o *Interplanetary File System* ou IPFS. Seu conceito é simples, ao invés de cada entidade de uma rede ir ao mesmo endereço buscar conteúdo, seria necessário apenas buscar o nó da rede mais próximo por aquele conteúdo. Para garantir que se trata de um conteúdo inalterado, cada um passaria por um processo de *hashing* e assim, qualquer alteração no conteúdo, alteraria o *Hash*. A busca por conteúdo seria pelo *Hash* dele, e não pelo endereço de conteúdo. Entidades dentro do IPFS fazem parte da rede distribuída de conteúdo, cada item que é adicionado a ele, é feito permanentemente, tal qual uma *Blockchain* (BENET, 2014).

C.2 Consenso

A maneira como redes de *Blockchain* definem se um determinado registro é válido ou não é chamado de Consenso. Como existem diversos clientes operando em uma mesma rede,

Figura 20 – Comparativo de acesso arquivo por endereço (HTTP) e pela *Interplanetary File System*. Fonte: Dappros.com

inclusive potencialmente maliciosos, é de extrema importância que a base de registros do *Blockchain* se mantenha íntegra e correta de acordo com seus participantes. Na computação existem algumas maneiras de sistemas distribuídos podem obter este consenso, a seguir os exemplos mais comumente encontrados em *Blockchain*:

C.2.1 Prova de Trabalho

Mais conhecida e usada forma de consenso hoje dentre as *Blockchains* públicas. Prova de trabalho é o consenso obtido a partir de quem dedicar o maior poder computacional à rede (processamento, no caso do *Bitcoin*). Um problema exige grande poder computacional para resolver, quem resolver primeiro recebe uma recompensa na criptomoeda definida pela *Blockchain* e propõe a constituição do próximo Bloco à rede. Caso os dados do Bloco proposto estejam corretos pelos parâmetros definidos pela *Blockchain*, ela é incorporada ao livro de registros e os colaboradores da rede, os mineradores, passam a trabalhar na criação do próximo bloco. Mesmo que não consigam ser os primeiros a criarem o bloco, os demais mineradores também são recompensados por sua participação na validação dos blocos criados e nas transações compostas por elas.

O ponto de controvérsia sobre o tema, considerando que há uma grande quantidade de energia elétrica sendo dedicada à mineração de novos blocos de *Blockchain* que utilizam este algoritmo de consenso e que, em breve, o custo para tal deixará de ser prático para

colaboradores comuns, concentrado o poder sobre a *Blockchain* nos poucos capazes de manter poder computacional sendo alimentado por longos períodos.

C.2.2 Prova de Posse

Mais conhecida como *Proof of Stake*, é a principal aposta para a rede *Ethereum*, que até o momento da escrita deste trabalho, ainda funciona com Prova de Trabalho. Nesta forma de consenso, participantes da rede podem apostar valores da própria criptomoeda da rede de que as transações e os Blocos criados estão corretos. Desta forma existe um incentivo para a honestidade, visto que caso o restante da rede aponte para alguma inconsistência no Bloco sugerido, a entidade que buscou burlar a rede perde os ativos "apostados". Não existe recompensa para criação de novos blocos, apenas para os mineradores que validaram os blocos sugeridos, baseados na "aposta" que fizeram. A concentração de "renda" na própria criptomoeda da rede passa a ser um risco ainda a ser validado, mas a necessidade de aquisição de *hardware* poderoso para dar a Prova de Trabalho é dispensada.

C.2.3 Tolerância de Falha Bizantina

Baseado no famoso problema dos Generais Bizantinos, este algoritmo é baseado em algo similar ao voto. Novos Blocos sendo sugeridos pela rede recebem votos dos participantes. Se $M+1$ votos a favor do Bloco forem recebidos, onde M é o maior número de falhas ou respostas negativas que o algoritmo permite, o novo bloco é criado. Um líder, que vai sugerir o Bloco à toda rede é selecionado a cada novo Bloco aleatoriamente e é descartado caso requisitos como velocidade de tempo de resposta, por exemplo, não for atingido. Este tipo de consenso só pode ser seguramente implementada em *Blockchains* que não sejam públicas, pois é necessário evitar que usuários criem diversos acessos para fins de obtenção de mais votos e, desta forma, possam controlar o andamento da *Blockchain*.

C.3 Acesso

As primeiras *Blockchains* desenvolvidas tinham por interesse o registro de operações realizadas, sem necessidade de controle de acesso. A rede se auto regularizaria a partir de

seu algoritmo de consenso. Essas são as chamadas *Blockchains* públicas. Entretanto, com o avanço de pesquisa e implementações de entidades privadas, verificou-se a necessidade de algum controle de permissão para desenvolvimento de *Blockchains* com objetivos específicos, principalmente na área de *Supply Chain* (Cadeia de Suprimentos). Isso por que, nessa área, diversos atores de diferentes empresas são envolvidos em um determinado fim, e, com a implementação de uma *Blockchain* nenhum dos entes seria controlador do sistema. Todos seriam participantes e manteriam um registro íntegro das operações. Porém, para que não houvesse entrada de entidades no sistema que não participassem dessa Cadeia de Suprimentos, foram desenvolvidas *Blockchains* Privadas, onde uma pessoa, ou grupo, regulamentaria quem poderia participar e colaborar com o sistema. Quando levado à fins públicos, houve a necessidade de estudar uma *Blockchain* que oferecesse plena transparência aos cidadãos usuários. Uma *Blockchain* privada regulamentaria fortemente este acesso à informação, para tratar este dilema, foi estudada a possibilidade da criação de *Blockchains* híbridas, assim, a informação seria livre para qualquer participante, que poderia inclusive registrar novas entradas na *Blockchain* sem necessidade de regulamentação, a entrada destes participantes na *Blockchain* necessitaria de uma autorização de um ente. Entretanto, os princípios básicos da *Blockchain* de transparência, distribuição e imutabilidade se mantêm em todos os casos.