

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
DEPARTAMENTO DE INFORMÁTICA E ESTATÍSTICA**

Vinicius Macelai

**ELEIÇÃO ELETRÔNICA UTILIZANDO BLOCKCHAIN E  
CERTIFICADO DIGITAL**

Florianópolis

2019



Vinicius Macelai

## **ELEIÇÃO ELETRÔNICA UTILIZANDO BLOCKCHAIN E CERTIFICADO DIGITAL**

Trabalho de Conclusão de Curso submetida ao Programa de Graduação em Ciência da Computação para a obtenção do Grau de Bacharel em Ciência da Computação.  
Orientador: Prof. Dr. Jean Everson Martins

Florianópolis

2019



## RESUMO

As abordagens utilizadas nos sistemas de eleição da maioria dos países continuam a ser realizadas de forma manual, com cédulas na forma de papel. Tal modelo traz problemas enormes de logística e um alto custo para funcionamento devido aos requisitos de uma eleição segura, que deve fornecer privacidade, transparência, verificabilidade e confiabilidade. Já as abordagens eletrônicas via internet, permanecem com desconfiança sobre manter estas propriedades. Uma possível solução para melhorar uma abordagem eletrônica seria utilizar uma blockchain para melhorar sua auditabilidade, que é o ponto mais questionado nesse esquema. A blockchain possui propriedades intrínsecas, como a imutabilidade dos dados, e com esquemas utilizando contratos inteligentes na blockchain é possível realizar a verificação dos votos de forma descentralizada e aberta ao público. Assim, cria-se um sistema que mantém as propriedades citadas anteriormente, com um baixo custo e menor necessidade de confiar em uma entidade central.

**Palavras-chave:** criptografia, eleições, democracia, blockchain, contratos inteligentes



## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>7</b>
1.1	MOTIVAÇÃO .....	8
1.2	JUSTIFICATIVA .....	8
1.3	PERGUNTA DE PESQUISA .....	8
1.4	HIPÓTESES .....	9
1.5	OBJETIVO GERAL .....	9
1.6	OBJETIVO ESPECÍFICO .....	9
1.7	METODOLOGIA .....	9
1.8	RESULTADOS ESPERADOS .....	10
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</b>	<b>11</b>
2.1	CRİPTOGRAFIA HOMOMÓRFICA .....	11
2.2	BLOCKCHAIN .....	11
2.3	CONTRATOS INTELIGENTES .....	11
2.4	HELIOS .....	11
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>13</b>





## 1 INTRODUÇÃO

Ainda que vivemos no momento onde tudo é digital e fazemos as mais diversas tarefas de maneira eletrônica e online, quando o assunto é votação no meio eletrônico, existem as mais diversas e controversas opiniões a respeito.

No Brasil eleições eletrônicas têm sido utilizadas por mais de 20 anos e testes recentes mostram que, mesmo com o desenvolvimento durante todo esse período, o atual sistema não consegue se mostrar realmente seguro (ARANHA, 2018). O maior problema com a solução proposta pelo Governo Brasileiro é a falta de auditabilidade, em que só é possível se voluntariar para testar o sistema em um ambiente controlado. Ainda durante o processo eleitoral, é necessário confiar cegamente no sistema, não há instrumento nenhum que permita verificar se o voto foi realmente computado.

Os sistemas de votação eletrônicos atuais se baseiam em esquemas que utilizam de criptografia homomórfica, que permite que dados cifrados possam ser processados sem serem decifrados, assim garantidos propriedades importantes para o sistema. (SMART; VERCAUTEREN, 2010). Entretanto, esses esquemas são utilizados de forma centralizada, rodando apenas em um servidor central, sem a possibilidade de tais informações serem acessadas para o público em geral de maneira transparente.

Uma maneira de se realizar a autenticação no sistema seria utilizando certificado digital, que são arquivos digitais, que permite que uma pessoa seja identificada virtualmente, com garantia de autenticidade (ADAMS, 2002). Sendo no Brasil, o modelo adotado para gerenciar o sistema, a Infraestrutura de Chaves Públicas Brasileira (ICPBrasil). Já na área da educação, há a Infraestrutura de Chaves Públicas para Ensino e Pesquisa (ICPEdu), que pode ser utilizada em votações no âmbito acadêmico.

Para realizar a auditoria das votações, é possível utilizar da tecnologia blockchain, que são bases de registro de dados distribuídos e compartilhados, desta forma criando um consenso e confiança. (NAKAMOTO, 2009) Com essas propriedades intrínsecas, como a imutabilidade dos dados, é um bom sistema para manter o registro dos votos, além da possibilidade de rodar contratos inteligentes que podem processar os votos de maneira descentralizadas junto com a criptografia homomórfica para garantir o anonimato.

Neste trabalho foi optado por enfatizar o estudo e a utilização da blockchain e protocolo Ethereum, a qual fornece contratos inteligentes de alto nível (BUTERIN, 2014). É apresentado um esquema que utiliza esses contratos para garantir as propriedades já ditas, além do estudo de seu impacto financeiro.

Este trabalho visa implementar uma solução que integre todas estas

partes, um sistema de eleição eletrônico autenticado com certificado digital que permite ter informações sobre o votante de forma confiável. Além disso, realizar a verificação da eleição em uma blockchain de forma descentralizada e pública.

## 1.1 MOTIVAÇÃO

Os modelos de eleição utilizados nos dias de hoje são na grande parte em cédulas de papel. Dependendo do tamanho da votação, isso externaliza grandes problemas, como na parte de logística, que tem como consequência um aumento de custos. Já as abordagens que utilizam do meio eletrônico e online, geram grande desconfiança para a maioria das partes interessadas, com receio que o resultado seja hackeado e alterado. Consequentemente há uma demanda por um modelo de votação que seja mais auditável e aberto para sanar esse problema de desconfiança.

## 1.2 JUSTIFICATIVA

Este tema foi escolhido devido sua grande importância, ele impacta basicamente todos os setores da sociedade, pois existem votações nas mais diversas esferas, desde a governança de empresas, até consultas de opinião sobre assuntos delicados. Além da inovação em utilizar a recente tecnologia blockchain para lidar com o problema. Este trabalho visa contribuir com modelos mais eficientes e transparentes, que beneficiarão a sociedade como um todo.

## 1.3 PERGUNTA DE PESQUISA

Este trabalho visa responder se é possível construir um modelo de eleição eletrônica utilizando a blockchain para garantir uma maior auditabilidade do sistema. Além de responder até qual volume de dados seria possível processar em contratos inteligentes na blockchain, juntamente com o cálculo econômico.

## 1.4 HIPÓTESES

- É possível criar um modelo eleição eletrônica utilizando blockchain para fornecer maior auditabilidade.
- É viável utilizar a blockchain Ethereum até qual volume dados.
- É economicamente viável esse modelo.

## 1.5 OBJETIVO GERAL

Estudar e criar uma implementação de um sistema online de eleição, com seu foco principal na parte de realizar auditoria e verificação dos votos em blockchain com auxílio de contratos inteligentes, sendo utilizado de um sistema já desenvolvido que suporte autenticação com certificado digital. Além disso, analisar as implicações que esse sistema teria no funcionamento e custos de uma eleição.

## 1.6 OBJETIVO ESPECÍFICO

- i. Analisar o estado da arte: estudar as principais soluções já propostas na literatura, com o objetivo de identificar problemas e oportunidades para melhorar o trabalho.
- ii. Implementar autenticação com certificado digital: Utilizar de um sistema já existente de votação e implementar a possibilidade de autenticar com certificado digital.
- iii. Implementar possibilidade de verificação na blockchain Implementar um sistema para tornar o sistema mais auditável e verificável para o público em geral.
- iv. Comparar e analisar as consequências do esquema.

## 1.7 METODOLOGIA

O trabalho será desenvolvido utilizando a infraestrutura e recursos do Laboratório de Segurança em Computação (LabSEC/UFSC), onde será estudada a bibliografia referente aos assuntos abordados nesta pesquisa, visando

encontrar uma abordagem para um sistema de eleição eletrônica utilizando certificação digital juntamente com blockchain e contratos inteligentes. Fri-sando suas vantagens e desvantagens juntamente com seus custos.

## 1.8 RESULTADOS ESPERADOS

Espera-se contribuir para o estado da arte em eleição eletrônica utilizando blockchain, de uma forma que aumente a transparência e a auditabilidade do processo. É esperado também que tal abordagem tenha um gargalo no volume de dados processado, visto que a tecnologia blockchain por ser descentralizada, não irá conseguir processar diversas transações por segundo. Além de que, como há muito processamento de dados, devido a criptografia homomórfica, tende a ser inviável economicamente para casos onde não há necessidade de tanta segurança.

## **2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

### **2.1 CRIPTOGRAFIA HOMOMÓRFICA**

### **2.2 BLOCKCHAIN**

### **2.3 CONTRATOS INTELIGENTES**

### **2.4 HELIOS**



## REFERÊNCIAS

ADAMS, S. L. C. **Understanding PKI: Concepts, Standards, and Deployment Considerations**. [S.l.: s.n.], 2002.

ARANHA, Y. **Execução de código arbitrário na urna eletrônica brasileira**. 2018. Disponível em:  
<[https://www.researchgate.net/publication-/326261911\\_Execucao\\_de\\_codigo\\_arbitrario\\_na\\_urna\\_eletronica\\_brasileira](https://www.researchgate.net/publication-/326261911_Execucao_de_codigo_arbitrario_na_urna_eletronica_brasileira)>.

BUTERIN, V. **Ethereum: A next-generation smart contract and decentralized application platform**. 2014. Accessed: 2016-08-22.  
Disponível em: <<https://github.com/ethereum/wiki/wiki/White-Paper>>.

NAKAMOTO, S. **Bitcoin: A peer-to-peer electronic cash system**. 2009.  
Disponível em: <<http://www.bitcoin.org/bitcoin.pdf>>.

SMART, N. P.; VERCAUTEREN, F. Fully homomorphic encryption with relatively small key and ciphertext sizes. In: NGUYEN, P. Q.; POINTCHEVAL, D. (Ed.). **Public Key Cryptography – PKC 2010**. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2010. p. 420–443. ISBN 978-3-642-13013-7.