

# Uma versão simplificada do Bitcoin, implementada em Agda

Guilherme Horta Alvares da Silva  
Orientador: Flávio Codeço Coelho

Fundação Getulio Vargas

2019

# Uma versão simplificada do Bitcoin, implementada em Agda

- Objetivo
- Justificativa
- Introdução
  - Criptomoedas
  - Agda
  - Bugs em criptomoedas
- Trabalho executado
- Próximos passos
- Referências Bibliográficas

# Objetivo

- Programar uma criptomoeda (similar ao Bitcoin) em Agda, que é uma linguagem com tipos dependentes.



# Justificativa

- Programar um protocolo de criptomoedas livre de erros (bugs)
- Utilizar Agda permite, além da programação da criptomoeda, especificar como ela deve funcionar (Norell, 2008)

# Linguagem Funcional

- Em linguagens funcionais, toda função retorna o mesmo output para o mesmo input.
- Em Agda, toda função é total e ela sempre termina.

# Efeitos Colaterais

- Para Agda ser utilizada como um programa, ela tem que lidar com o sistema operacional. Operação chamada de IO (Input Output).
- Várias pesquisas estão sendo feitas para minimizar os efeitos colaterais do IO.
- Lógica linear para lidar com recursos, como abrir arquivos.
- Efeitos algébricos são utilizados para distinguir os diferentes tipos de efeitos que a linguagem pode fazer no sistema operacional.

# Efeitos Colaterais

- Frontend e backend de serviços estão sendo programados na mesma linguagem funcional para minimizar os efeitos colaterais.
- Haxl, usado no Facebook, é uma ferramenta que faz o cache das operações IO para fácil debug, log e teste.
- Facebook também faz Hot Swapping de forma funcional. Ou seja, ele não reinicia o processo para iniciar um novo. Algo que já era comum em Lisp
- Sistemas distribuidos já estão sendo completamente descritos por meio de linguagens funcionais. Whatsapp utiliza Elixir como linguagem.

# Benefícios

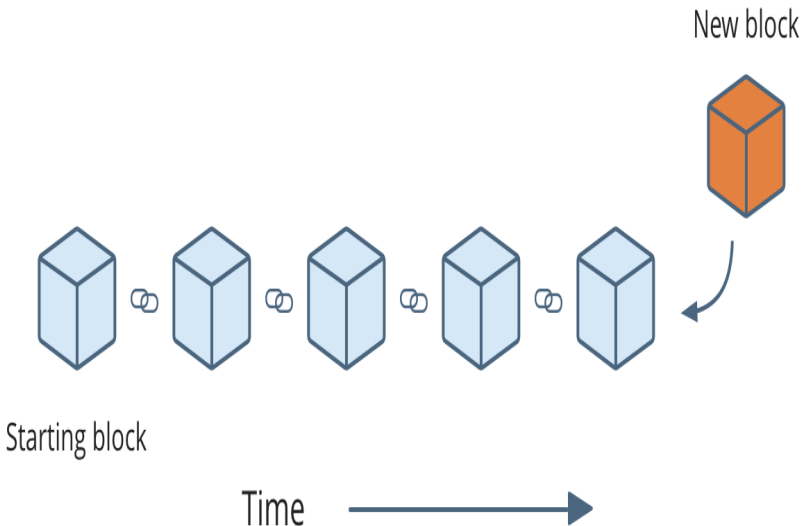
- Por causa dos inúmeros benefícios das linguagens funcionais, elas estão sendo cada vez mais utilizadas na indústria.
- Garantem corretude de software. É de fácil reproducibilidade, testabilidade e é mais fácil de debugar.
- Entretanto, elas são mais difíceis de serem aprendidas. Necessitam alto grau de abstração e é mais difícil de encontrar mão de obra.



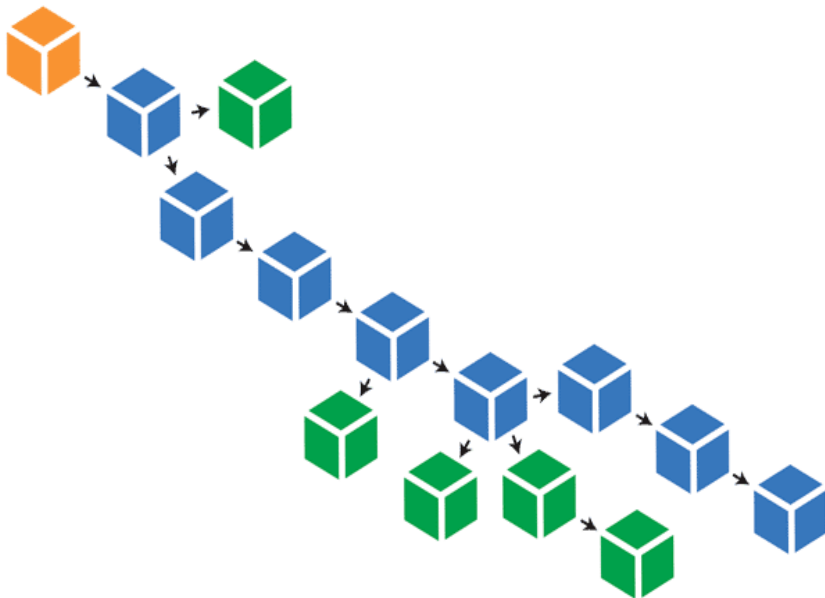
# Criptomoeda

- Uma criptomoeda é um meio de troca descentralizado que se utiliza da tecnologia de blockchain e da criptografia para assegurar a validade das transações e a criação de novas unidades da moeda
- O bitcoin é considerado a primeira moeda digital mundial descentralizada, constituindo um sistema econômico alternativo (*peer-to-peer electronic cash system*) e responsável pelo ressurgimento do sistema bancário livre (Nakamoto et al., 2008)
- O Bitcoin permite transações financeiras sem intermediários, mas verificadas por todos usuários (nodos da rede). Estas transações são gravadas em um banco de dados distribuídos (uma rede descentralizada), chamado de *blockchain*.

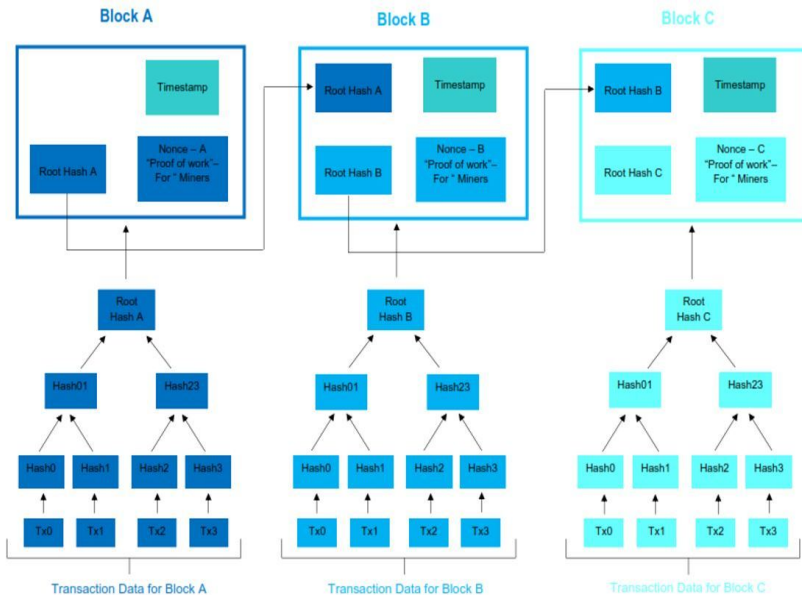
# Blockchain



# Blockchain



# Blockchain



# Agda

- Linguagem funcional com sistema de tipos expressivos capazes de representar as especificações
- Possibilita especificar e programar em um único lugar
- O processo de verificação acontece no compilador

# Agda — II

- A linguagem não possui *Built-in* como em Python
- Tipos como inteiros, ponto flutuantes, *strings* e vetores devem ser definidos pelo próprio usuário
- Tipos em Agda são uma generalização de tipos de dados algébricos encontrados em Haskell e ML

# Agda — III

- Definição dos números naturais como axiomas de Peano:

# Agda — IV

- Adição em Agda:



# Agda — V

- Um tipo é dependente se este depende de um valor.
- Exemplo — Listas indexadas por seu tamanho:

# Agda — VI

- Modo seguro de remover primeiro elemento do vetor:
- Função zip com 2 vetores de mesmo tamanho:

# Maleabilidade de transacao

- Nesse tipo de bug, é possível alterar o hash da transação depois que ela foi enviada
- Todos os dados para calcular do hash não eram previamente calculados. Assim, o minerador poderia alterar o hash da transação
- O ataque consistiria de um usuário enviar uma transação e ela não ser confirmada pelo sistema. Logo em seguida, este mesmo usuário enviaria uma outra transação. Desta forma, ele faria duas transações com a mesma moeda
- Este tipo de BUG pode ser evitado usando tipos dependentes. Colocando como característica da transação, o fato de seu ID ser único

# DAO Bug

- *Bug* que aconteceu em um cripto-contrato da rede Ethereum com um prejuízo de mais do que 250 milhões de dólares (Wood et al., 2014)
- No cripto-contrato, existia uma função recursiva que não terminava. Ou seja, o usuário enviava uma quantidade de ethereum, depois acontecia um *loop* infinito e só depois era feito a atualização do seu balanço
- Em Agda, esse tipo de bug seria evitado, pois é necessário provar que a função termina. Logo, *loops* infinitos não são possíveis em Agda

# Trabalho já executado

- A criptomoeda já foi programada em Python
- Parte da *blockchain* já foi programada em Agda
- As transações já foram descritas na literatura: UTXO (*Unspent transaction output*) (Setzer, 2018)

# Blockchain em Agda

## Próximos passos

- Anexar a *blockchain* às transações já programadas em Agda
- Provar alguns teoremas relacionados à criptomoeda

# Teoremas

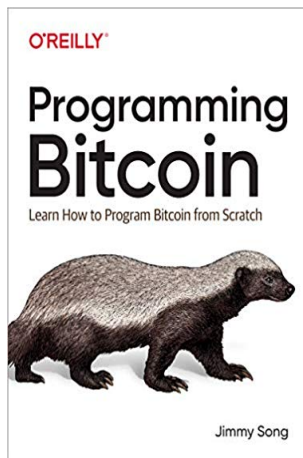
- Se uma transação tem algum *output* que não foi usado em nenhuma outra transação, então ela deve estar na lista de *outputs transactions* não usados
- Se uma transação tem algum *output* que foi gasto, ele não pode ser usado novamente
- Provar que transações e mensagens ids são únicos



# O que não será realizado

- Modelo de criptomoeda em que é possível algum tipo de *fork*. Por exemplo, no bitcoin, é possível que exista algum tipo de *fork* temporário
- *Pool* de transações. Sua utilidade é apenas para guardar as transações que ainda não foram adicionadas a *blockchain* Isso pode ser feito fora do protocolo principal
- Otimização e protocolos RPC (*Remote Procedure Call*). O objetivo do projeto é definir as propriedades da criptomoeda, não como ela será implementada e usada

# Livros



# Referências Bibliográficas

- Nakamoto, S., et al. (2008). Bitcoin: A peer-to-peer electronic cash system.
- Norell, U. (2008). Dependently typed programming in agda. In *International school on advanced functional programming* (pp. 230–266).
- Setzer, A. (2018). Modelling bitcoin in agda. *arXiv preprint arXiv:1804.06398*.
- Wood, G., et al. (2014). Ethereum: A secure decentralised generalised transaction ledger. *Ethereum project yellow paper, 151*, 1–32.