

Comparação de Sistemas de Reputação com o *Freechains*

Lucas d'Amaral Pires¹

¹Programa de Pós-Graduação em Engenharia
Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ)
Rio de Janeiro – RJ – Brasil

Resumo. *O Freechains é uma rede descentralizada peer-to-peer que promove a comunicação de diferentes usuários através de tópicos públicos no qual estão inscritos. Para assegurar a qualidade do conteúdo e a confiabilidade dos usuários nesses tópicos, o Freechains apresenta um sistema de reputação próprio. Nesse trabalho avaliamos o sistema de reputação do Freechains e o comparamos na medida do possível com outros modelos de reputação. Muitos dos sistemas de reputação analisados apresentam um desafio na comparação pois apresentam um objetivo diferente ao Freechains e buscam solucionar problemas diferentes. No final do trabalho é feito um resumo das características do Freechains e dos sistemas comparados destacando as principais vantagens e desvantagens de cada um.*

1. Introdução

Disseminação de conteúdo é uma dos principais motivos da utilização da *Internet*. Existem dois principais tipos de estrutura utilizados. Redes centralizadas, como o *Facebook* e o *Twitter*, são exemplos de redes sociais em que todo seu conteúdo está armazenado em servidores centrais. Redes descentralizadas, como o *BitTorrent*, são exemplos de redes de compartilhamento de conteúdo onde cada usuários da rede pode possuir uma cópia de um conteúdo para compartilhá-lo.

Uma das vantagens de sistemas centralizados é a facilidade de gerenciar o conteúdo. Em outras palavras, como todos os dados estão armazenado em um mesmo lugar todas as buscas e subseqüentes distribuições de conteúdo são feitas localmente e rapidamente entregues diretamente a um usuário. Isso economiza recursos necessários caso essas mesmas operações sejam feitas através da rede e utilizando um número imprevisível de computadores.

Apesar disso sistemas centralizados não são sem problemas. Como todas máquinas estão conectadas em um nó central responsável por gerenciar um conteúdo, cada usuário novo deve se conecta ao mesmo nó central o que pode gerar sobrecarga. Esse tipo de sistema também é de baixa escalabilidade já que não é fácil introduzir novas partes a ele. Caso os dados do sistema sejam corrompidos todos os usuários perdem acesso ao conteúdo guardado na máquina central possivelmente permanentemente se não houver *backup* de dados.

Nesse trabalho porém a principal justificativa do sistema escolhido ser distribuído ao invés de centralizado é a falta de controle dos seus dados. Em um sistema centralizado as empresas que armazenam esses dados podem vendê-los para outras empresas fazerem anúncios ou ainda usar esses dados para manipular o conteúdo visto pelos seus clientes de maneira que os estes permaneçam mais tempo online usando suas plataformas.

Sistemas descentralizadas *peer-to-peer* por outro lado não mantêm seus dados em um único lugar mas nos computadores pessoais de cada usuário que os utilizam. Isso oferece controle aos usuários daquela rede sobre os dados que eles postaram ali já que são totalmente responsáveis sobre quais informações desejam passar adiante, ao invés de uma empresa que tem acesso aos seus dados.

Um dos problemas presentes em redes *peer-to-peer* porém é a dificuldade de identificar usuários maliciosos e conteúdo de qualidade ruim. Em um rede *peer-to-peer* não é garantido que todos os seus membros são vizinhos entre si. Ao mesmo tempo que um usuário pode ser vizinho de mais 50% dos outros membros da rede outro usuário pode ter somente um vizinho. Enquanto em uma rede centralizada todos os nós estão conectados diretamente na mesma máquina permitindo a identificação do usuário malicioso com mais facilidade em um rede descentralizada é mais difícil identificar a origem do conteúdo ruim e tomar medidas que amenizem esse problema.

A adoção de um sistema de reputação é uma das soluções implementadas tanto em sistemas centralizados quanto em sistemas descentralizados para validar usuários e conteúdos postados. O objetivo de um sistema de reputação é encorajar usuários a postarem conteúdos de qualidade e a serem membros produtivos da rede. Dessa maneira também identificam usuários maliciosos e os restringem de maneira que não conseguem contaminar o resto do sistema. Neste trabalho avaliamos diversos sistemas de reputação, propostos pela literatura com o *Freechains* [citar sbseg]. Para facilitar o entendimento categorizamos os sistemas de reputação descentralizados da seguinte maneira:

- Extrínseco - O sistema de reputação é externo ao protocolo, ou seja, ele trabalha em conjunto com o protocolo dos sistemas descentralizados sem fazer parte dele.
- Intrínseco - O sistema de reputação esta incluso dentro do protocolo que rege o sistema descentralizado.
 - Objetivo - A reputação é gerenciado automaticamente pelo protocolo
 - Subjetivo - A reputação é gerenciado manualmente pelos usuários.

Na Seção 2 apresentamos o sistema de reputação do *Freechains*...

2. O sistema de reputação do *Freechains*

O *Freechains* é um sistema *peer-to-peer publish-subscribe* onde um usuário pode criar, se inscrever (*subscribe*) e publicar conteúdo (*publish*) em tópicos sobre quaisquer assuntos. Cada tópico é geridos de maneira totalmente descentralizada. Cada mensagem é estruturada em um grafo direcionado acíclico criptográfico que é imune a modificações (Merkle DAG). O grafo é disseminado par a par na rede por *gossip* de maneira não estruturada. Cada tópico público conta com um sistema descentralizado de reputação para combater abusos, tais como SPAM e notícias falsas

Existem três categorias de tópicos que são gerenciadas pelo sistema de maneira diferentes: **grupos privados, identidades públicas e fóruns públicos**.

Em **grupos privados**, assume-se que todos os integrantes do grupo são confiáveis e portanto podem trocar conteúdo livremente. Essa categoria é similar a trocas de e-mails ou grupos de *WhatsApp*. Em tópicos de **identidade pública**, somente um usuário pública mensagens e os outros usuários somente podem visualizá-las. O conteúdo é similar a

notícias difundidas por jornalistas para um público indeterminado, porém uma vez postado a mensagem nem mesmo o autor original pode modificá-la. Nessa categoria, o autor pode postar irrestritamente enquanto que seus leitores são meros visualizadores apesar de existir a possibilidade de os usuários fornecerem *feedback*.

Essas duas categorias são detalhadas em um trabalho anterior [citar sbseg novamente] e não dependem do sistema de reputação do *Freechains*.

Por fim, **fóruns públicos** são tópicos em que todos os seus assinantes podem publicar mensagens, sem existir confiança entre os usuários. Dessa maneira se torna necessário um sistema de reputação para atender as necessidades de segurança (evitar SPAM, notícias falsas e conteúdo ilícito) e validade de usuários e conteúdos (incentiva usuários a serem membros ativos da rede). A reputação do *Freechains* é voltada para avaliação de conteúdo dentro de um tópico, logo a reputação de cada usuário pode variar entre os diferentes tópicos em que esta escrito e é totalmente dependente dos *posts* que aquele usuários fez naquela cadeia.

O sistema define uma unidade de reputação, chamada de *rep*, para controlar a quantidade de reputação que cada usuário tem em cada tópico. Ela pode ser transferida entre usuários através de *likes* e *dislikes* nas publicações dos usuários. Para facilitar a gerência da rede e evitar que usuários ganhem muita reputação e abusem dela, foram impostos diversos limites de como unidades de *reps* podem ser usadas.

2.1. Regras

Fóruns públicos descentralizados são um convite ao abuso por parte de usuários maliciosos com SPAM, notícias falsas e conteúdo ilícito. Para mitigar o abuso, o sistema de reputação do *Freechains* contabiliza a quantidade de *likes* e *dislikes* dados a autores e postagens e permite que somente usuários com reputação prévia postem conteúdo novo. Postagens de autores sem reputação ficam retidas e precisam de aprovação de usuários com reputação. Como cada cadeia é independente, a reputação de um autor pode variar entre elas. A unidade de reputação, conhecida como *rep*, funciona da seguinte forma:

1. Geração:
 - (a) A primeira postagem de uma cadeia adiciona + 30 *reps* ao autor.
 - (b) Qualquer postagem mais antiga que 24h conta +1 *rep* ao autor, mas limitada a uma por dia. Se o autor tem 10 postagens nos últimos 7 dias, ele recebe somente +7 *reps*.
2. Consumo:
 - (a) Qualquer postagem mais jovem que 24h conta -1 *rep* ao autor.
3. Transferência:
 - (a) Um *like* partindo do autor A à postagem P do autor B conta -1 *rep* para A e +1 *rep* para B.
 - (b) Um *dislike* partindo do autor A à postagem P do autor B conta -1 *rep* para A e -1 *rep* para B. Se uma postagem alcança o dobro de número de *dislikes* em relação ao número de *likes*, e pelo menos 5 *dislikes*, então o seu conteúdo é bloqueado na rede.
4. Regras Adicionais:
 - (a) Postagens de usuários sem reputação ficam retidas até receberem um *like*, não sendo nem encadeadas nem retransmitidas.

- (b) Usuários ficam limitados a +30 *reps*.
- (c) Somente postagens mais novas que 90 dias são consideradas.
- (d) Em cadeias privadas, todos os usuários têm reputação infinita.
- (e) Em cadeias de identidade pública, o proprietário tem reputação infinita.

A primeira regra de geração de *reps* (regra 1 . a) é essencial, uma vez que seria impossível realizar postagens se ninguém possui reputação nenhuma (regra 4 . a). Assim, o autor da primeira postagem molda a cultura inicial da cadeia ao transferir sua reputação a outros autores, que por sua vez transferem a outros autores, expandindo a comunidade.

Note que cadeias de mesmo nome mas com primeiros autores diferentes são incompatíveis e o protocolo se recusa a sincronizá-las. Isso pode acontecer quando duas redes independentes (ex., UERJ e PUC-Rio) seguem uma cadeia de nome usual (ex. computação) e, de algum jeito, acabam se unindo através de um par em comum.

A qualidade das postagens é subjetiva e cabe aos usuários as julgarem com *likes*, *dislikes* ou simples abstenções. Por um lado, como os *reps* são finitos, os usuários devem ponderar e evitar o seu gasto indiscriminado. Por outro lado, os *reps* também expiram após 3 meses (regra 4 . c), então os usuários tem incentivos para cooperar com a qualidade das cadeias. Considerando que os *reps* são escassos, o banimento de postagens (regra 3 . b) não tem o objetivo de eliminar discordâncias de opinião, mas sim de evitar a atuação de usuários maliciosos.

Um bloco com um conteúdo banido tem que ser mantido no grafo da cadeia, já que a integridade do *Freechains* depende da imutabilidade do grafo. Assim, o que deixa de ser retransmitido é o conteúdo do bloco com a mensagem em si. Note que nada impede que um bloco com conteúdo banido volte a ser retransmitido caso receba *likes* posteriores. Por exemplo, uma parte da rede com diversos *likes* ficou desconectada por um tempo e ao retornar equilibrou a reputação do bloco.

O sistema de reputação do *Freechains* busca oferecer oportunidades minimamente justas de participação nas cadeias. Por isso, restringe o número de postagens de um dado autor de duas maneiras: (1) penaliza postagens com menos de 24h (regra 2 . a); e (2) limita o ganho de reputação por postagens novas em -1 *rep* por dia (regra 1 . b). A primeira regra previne que um mesmo autor poste muitas mensagens em sequência sob a pena de consumir a sua própria reputação muito rapidamente. A segunda evita o acúmulo de reputação simplesmente por postar com muita frequência.

O tamanho da "economia" de uma cadeia é a sua quantidade de postagens consolidadas (regra 1 . b), dado que postagens com mais de 24h são a única forma de gerar *reps*. Note que *likes* e *dislikes* apenas transferem reputação e a reputação inicial do primeiro autor se torna insignificante com o passar do tempo. A economia também depende muito da quantidade de autores ativos, uma vez que a geração de *reps* por autor é limitada a 1 por dia. Esse mecanismo incentiva o acolhimento de novos autores, ao mesmo tempo que desincentiva *dislikes* pois estes drenam -2 *reps* da economia (regra 3 . b). Por um lado, esse desincentivo contribui para discussões com um nível razoável de desacordo, pois evita o colapso da cadeia com um surto de *dislikes*. Por outro lado, conteúdos claramente indesejados como SPAM de usuários que pouco contribuíram podem ser banidos rapidamente da cadeia com poucos *dislikes* (regra 3 . b).

2.2. Desafios

Existem dois principais desafios no sistema de reputação do *Freechains*:

- O espaço que cada cadeia utiliza
- Possíveis ataque de 50+1

No caso do espaço utilizado, como cada usuário guarda localmente uma cópia de cadeia, e cada bloco da cadeia guarda conteúdo. Facilmente o tamanho da cadeia pode crescer e ocupar a memória da máquina. Como exemplo um tópico de compartilhamento de imagens de paisagem com uma postagem de 1 foto de 5 MB a cada meia hora gera mais que 1GB de dados em 5 dias. Rapidamente o espaço utilizado se acumula e como é necessário a integridade da cadeia para validade da reputação não é possível apagar os blocos da cadeia para ganhar espaço.

Um tópico onde mais da metade dos usuários é malicioso também pode causar problemas porque não é possível usuários honestos combaterem o conteúdo malicioso. Nesta situação as ferramentas do sistema de reputação para evitar a ação desses usuários se torna contra os usuários honestos.

3. Trabalhos Relacionados e Comparações

Ao longo dos anos vários sistemas de reputação foram propostos tanto para redes centralizadas como para as descentralizadas. A função principal da reputação é avaliar um usuário quanto a sua confiabilidade (se vai participar ativamente da troca de conteúdo) e integridade (se o conteúdo é maliciosos), além de incentivar sua participação na rede. A maior parte dos sistemas de reputação avaliam um usuário e seu comportamento na rede em que faz parte.

Apesar de não ser aparente, os sistemas de reputação estão presentes na maior parte das aplicações dos dias hoje. O *Facebook* apresenta o conceito de *likes* onde usuários avaliam a postagem de outros usuários. *Instagram*, *Pinterest* e *Twitter* também são exemplos de redes sociais que utilizam um sistema em que usuários avaliam uns aos outros. Os *feedbacks* dos usuários ajudam com o crescimento ou a atenuação do escopo alcançado pelo publicador de conteúdo.

O *Stack Overflow* é um outro exemplo de um sistema de reputação onde usuários que postam e respondem mais perguntas recebem uma maior reputação no sistema, recebendo assim benefícios.

3.1. Sistemas de Reputação Centralizados

Apesar de o *Freechains* ser uma ferramenta descentralizada é importante avaliar também sistemas de reputação de sistemas centralizados. Como mencionando no início desta seção, sistemas de reputação estão mais evidentes no cotidiano das pessoas do que se imagina. As redes sociais em geral são centralizadas e apresentam sistemas de reputação em que usuários se avaliam e assim são incentivados a postar mais conteúdo, aumentando o escopo da rede.

Nesse trabalho, são apresentados dois sistemas de reputação centralizados sugeridos como melhoras para os atualmente utilizados pela *Wikipedia* e *Stack Overflow*. Esses sistemas foram escolhidos pelo fato de que focam em reputação obtida através do

conteúdo proposto por cada autor. Os sistemas de reputação descentralizados que serão avaliados nesse trabalho não apresentam essa característica, com a reputação não sendo concedida pelo conteúdo postado mas sim pelas integridade de cada usuário. Posteriormente na Seção ?? esses sistemas de reputação serão comparados com o *Freechains*.

Adler apresenta um sistema de reputação para *Wikipedia* com o intuito de melhorar a integridade das suas postagens [Adler and De Alfaro 2007]. Ele propõem avaliar o usuário a partir do quanto a sua contribuição é mantida e o quanto é alterado em subseqüentes edições daquela página. Em outras palavras, não é avaliado o quanto o usuário está ativo no sistema mas a qualidade de sua influência.

Basicamente, pontos são fornecidos a usuários que realizam atualizações em verbetes, com essas atualizações sendo mantidas por outros usuários após futuras edições, a soma desses pontos são a reputação do usuário. Atualmente a *Wikipedia* não apresenta um sistema de reputação próprio e qualquer pessoa pode editar um verbete o que pode ser um problema em assuntos controversos com opiniões drasticamente diferentes.

O sistema proposto fornece a alternativa de que somente usuários com alta reputação poderiam editar alguns tópicos consideráveis sensíveis (controvérsias sociais como o aborto). Apesar disso o autor ressalta que o sistema não é próprio para avaliar autores de verbetes de situações cotidianas, já que estas situações estão em constante mudança e qualquer atualização da página contaria negativamente para o autor.

O sistema também não leva em consideração que um usuário pode ser especialista em um assunto (logo capaz de inserir conteúdo de qualidade no verbete) e ser leigo em outro. Por exemplo, um professor de Português consegue fazer contribuições relevantes para um verbete sobre língua portuguesa mas não sobre um verbete de Cálculo.

Uma das similaridades entre o *Freechains* e o sistema proposto é o fato de que ambos os sistemas de reputação são influenciados pelo conteúdo postado por cada autor em suas respectivas plataformas. Dessa forma pode-se dizer que a reputação de um usuário é baseado em conteúdo.

Outra similaridade é o fato de que a unidade de reputação em Adler incentiva os usuários a postarem conteúdos de qualidade a partir de recompensas recebidas por bom conteúdo.

Uma vantagem que o *Freechains* apresenta é que é possível influenciar diretamente a reputação de outro usuário, permitindo que um usuários do *Freechains* possa impedir que usuários malicioso contaminem a rede enquanto postagens na *Wikipedia* são em sua maior parte anônimas, logo um usuário malicioso pode contaminar o conteúdo do verbete. O sistema de reputação não impede a ação de usuários maliciosos, ele apenas aumenta a confiabilidade no texto escrito por um usuários de alta reputação.

O outro sistema centralizado foi proposto para o *Stack Overflow*. Atualmente o *Stack Overflow* apresenta um sistema de reputação que se baseia na atividade do usuário, ou seja, um usuário muito ativo (que faz perguntas e responde com frequência) no sistema ganha muita reputação. Em seu trabalho Huna apresenta o problema de usuários que usam o sistema simplesmente para ganhar reputação sem oferecer contribuições válidas [Huna et al. 2016].

Para combater esse problema o autor desenvolveu um sistema de reputação próprio

para o *Stack Overflow* avaliando o conteúdo das postagens ao invés da atividade do usuário. Dessa maneira um usuário que posta perguntas ou respostas consideradas relevantes ou importantes ganham mais reputação do que usuários que respondem simplesmente querendo ganhar reputação. Além disso um usuário que postar uma resposta errado ou ruim pode perder reputação pela avaliação de outros usuários o que desincentiva usuário a postar conteúdo de má qualidade.

Assim como o *Freechains* essa proposta incentiva usuários a postarem conteúdo de qualidade oferecendo reputação como recompensa. Em ambos os sistemas de reputação usuários podem votar no conteúdo postado, concedendo reputação para o autor da postagem ou tirando reputação de um usuário malicioso.

Ambos os sistemas de reputação são bem similares oferecendo reputação por postar conteúdo e participação na rede, porém o *Freechains* introduz um limite na quantidade máxima de reputação que um usuário pode receber e um custo para postar conteúdo com o intuito de evitar que um usuário malicioso acumule reputação e lance um ataque. O mesmo não é verdade no sistema proposto para o *Stack Overflow*, a reputação de cada usuário é infinita e como não existe custo para postar conteúdo (somente o desencorajamento de perda de reputação). Esse sistema é vulnerável a ataques de usuários maliciosos.

Um das diferenças que o *Freechains* tem com os dois sistemas de reputação mencionados anteriormente é que um usuário pode ter diferentes reputações em diferentes tópicos. Não existe um valor universal de reputação de um usuário.

3.2. Sistemas de Reputação Descentralizados

Em seu trabalho [Androutsellis-Theotokis and Spinellis 2004] faz um apanhado de tecnologias *peer-to-peer* de distribuição de conteúdo. O artigo apresenta um conjunto de definições importantes para os trabalhos desenvolvidos na área. Apesar de não focar em sistemas de reputação o trabalho foi essencial no desenvolvimento do conhecimento necessário para avaliar sistemas *peer-to-peer* e suas peculiaridades.

A seguir será analisado diversos sistemas de reputação propostos para redes descentralizadas *peer-to-peer*. Como definido na Seção 1 os sistemas avaliados serão divididos nas categorias: Extrínseco, Intrínseco Objetivo e Intrínseco Subjetivo.

3.2.1. Extrínseco

Um sistema de reputação extrínseco é um sistema de reputação externo ao sistema onde é utilizado, ou seja, a reputação é uma entidade separada do sistema.

O *Bitcoin* é uma criptomoeda virtual descentralizada proposta por Nakamoto [Nakamoto and Bitcoin 2008]. Apesar de o *Bitcoin* não apresentar um sistema de reputação próprio ele introduz a ideia de *Proof of Work*.

Proof of Work faz com que cada usuário precise trabalhar para conseguir guardar uma transação qualquer. Cada usuário precisa apresentar uma "prova de trabalho" para que seja possível compartilhar alguma conteúdo. Essa "prova de trabalho" acontece através de poder computacional, onde a máquina de cada usuário realiza operações matemáticas o mais rápido possível.

Assim como o *Freechains* os dados gerados são guardados em uma cadeia e podem ser verificados a qualquer momento. Isso possibilita que cada usuário possa averiguar as informações e o conteúdo recebido a qualquer momento. Apesar disso o *Freechains* não apresenta outras semelhanças já que *Proof of Work* foi gerado com o intuito de ajudar a guardar dados de criptomoedas e por isso precisam de um sistema mais eficiente apesar de ser muito mais demorado.

3.2.2. Intrínseco Objetivo

Um sistema de reputação intrínseco objetivo é gerenciado internamente pelo protocolo, ou seja, o sistema automaticamente realiza as mudanças de reputação sem precisar de qualquer ação do usuário.

Um dos artigos analisados é o trabalho de Gupta [Gupta et al. 2003]. Nesse artigo o autor apresenta dois sistemas de reputação com base em crédito, ou seja, a reputação é uma unidade de troca de serviços. Ambos os sistemas podem ser classificados como intrínsecos objetivos porque é o próprio protocolo que gerencia o valor das reputação de cada usuário.

No primeiro sistema do trabalho de Gupta, denominado DCRC (*Debit-Credit Reputation Computation*), a reputação de um usuário nunca expira e pode ser usada a qualquer momento. Um usuário pode ganhar reputação da seguinte maneira: respondendo a pergunta de outros usuários quanto a conteúdo fornecido (se é conteúdo de qualidade ou o que pediram); fornecendo conteúdo para *download* (se possui o conteúdo que os outros *peers* desejam); fornecer conteúdo raro (com poucas instâncias na rede). Por outro lado a reputação é gastada quando um usuário baixa o conteúdo de outros *peers*.

O DCRC assim como o *Freechains* apresenta o conceito de incentivar usuários a participar da rede oferecendo reputação como recompensa ao mesmo tempo que controla a quantidade de reputação retirando-a ao adquirir recursos de outros usuários. Apesar disso ele não apresenta um controle para evitar a ação de usuários maliciosos já que ter uma reputação baixa não impede eles de fornecerem arquivos contaminados.

O segundo sistema é denominado CORC sendo semelhante ao DCRC, porém nele não existe perda de crédito por baixar conteúdo de outros *peers*, ou seja, não é possível perder reputação. Para controlar a reputação dos usuários foi introduzido um limite temporal de expiração no qual se o usuário não usar a reputação em um tempo pre-determinado ela se perde. Por exemplo, se a reputação não for usada em 30 dias ela expira.

O segundo sistema denominado CORC retira a possibilidade de um usuário perder reputação o que o diferencia do *Freechains* porém introduz a ideia de expiração de reputação após um tempo predeterminado. Esta é uma das medidas adotadas pelo *Freechains* para incentivar a postagem de conteúdo por seus *peers*.

Um sistema de reputação denominado *PowerTrust* foi desenvolvido por Zhou com o intuito de se aproveitar do modelo *power-law* [Zhou and Hwang 2007b]. Em seus estudos eles observaram que alguns *peers* tendem a congregar conteúdo e logo são mais ativos na rede. Assim a maior parte dos *peers* se comunicam com esses super-usuários.

Enquanto cada usuário mantém localmente a reputação de cada um de seus vizinhos de acordo com trocas de conteúdo já realizadas anteriormente, a reputação global de cada *peer* tende a ser guardado nos super-usuários para fácil consulta. Esses super-usuários são dinamicamente escolhidos de acordo com a congregação de *peers* neles e podem ser alterados de acordo com o comportamento da rede.

Assim como o *Freechains* o sistema proposto *PowerTrust* tenta controlar o abuso de usuários maliciosos disponibilizando a reputação global de seus usuários para acesso comum. Porém enquanto o sistema proposto se utiliza de super-usuários, o *Freechains* se utiliza de mecanismos derivados da arquitetura *Merkle Dag Tree* de maneira que todos os usuários tenham sempre a reputação de todos os membros daquela tópico guardadas.

Uma falha inerente ao sistema que não está presente no *Freechains* é o fato de que estão dependentes dos super-usuários que guardam reputações globais, caso eles todos fiquem *offline* em um curto período de tempo a reputação global se perde e precisam ser selecionados novos super-usuários. No *Freechains* qualquer usuário pode consultar seu registro de blocos para verificar a reputação de outro usuário, uma desvantagem é que essa abordagem do *Freechains* ocupa mais espaço de disco.

Zhou também sugeriu um outro sistema de reputação baseado no protocolo de *gossip* [Zhou and Hwang 2007a]. Nesse sistema de reputação denominado *GossipTrust* o objetivo também é agregar as reputações de cada usuário para conseguir um valor global de reputação. Essa agregação é feita através de *gossip* entre os *peers*.

Depois de um tempo aleatório cada *peer* contata um de seus vizinhos para trocar informações de reputação com ele, a partir da informação recebida é calculado uma nova reputação dos usuários daquela rede. Cada *peer* utiliza as informações recebidas para então realizar um algoritmo probabilístico com o intuito de chegar o mais perto possível do valor global real de reputação de cada *peer*.

O modelo *GossipTrust* combina com o *Freechains* já que ele apresenta a ideia de compartilhar reputação através de um algoritmo de *gossip* da mesma maneira que os usuários do *Freechains* propagam suas mensagens em um tópico. A vantagem que o *Freechains* apresenta sobre o *GossipTrust* é o fato de que a reputação exata de cada usuário pode ser consultada analisando a cadeia de mensagens enquanto no *GossipTrust* as reputações são compartilhadas aleatoriamente com outros *peers* e a reputação global é obtida através de um algoritmo probabilístico que demanda recursos de computação e não garante sucesso.

Nos trabalhos de Dennis e foram avaliadas e desenvolvidas as ideias de um sistema de reputação baseado em *blockchain* [Dennis and Owen 2015] [Dennis and Owenson 2016], com o objetivo de promover um sistema que permite a participação entre usuários desconhecidos de maneira confiável.

Esse sistema de reputação adquire várias características inerentes a uma *blockchain* para garantir a confiabilidade da reputação dos usuários que participam da rede. Para isso foi proposto a criação de uma *blockchain* nova que tem o propósito de guardar a reputação obtida ao final de uma transação entre usuários.

A principal ideia do sistema deles é criar uma *blockchain* responsável por guardar a reputação e as transações entre usuários. O *Freechains* apresenta uma ideia similar,

onde cada tópico apresenta uma cadeia no estilo de *blockchain* (mais especificamente uma *Merkle Dag* e qualquer usuário pode verificar a cadeia para consultar a reputação de outros usuários.

Em sua estrutura esse sistema de assemelha muito com o *Freechains* na maneira de como é guardada a reputação e como esta cresce. Ambos apresentam problemas quanto ao custo que guardar a reputação pode ter com o tempo (quantidade de bytes) e a demora de consulta em tópicos muito antigos e abrangentes.

Uma diferença desse sistema com o *Freechains* é o fato de serem guardados a reputação global de cada usuário, ou seja, todas as transações de um usuários são guardadas na *blockchain* enquanto no *Freechains* em cada tópico cada usuário tem sua própria reputação. Por um lado as cadeias no *Freechains* crescem mais devagar e assim o peso delas demora para acumular quando comparado com o sistema proposto por Dennis.

3.2.3. Intrínseco Subjetivo

Um sistema de reputação intrínseco subjetivo apresenta a característica de que existe alguma manipulação do usuário envolvido em sua reputação. Em outras palavras, o usuário pode manipular mesmo que parcialmente a reputação de si mesmo ou de outros.

Em seu artigo Wang apresenta um sistema de confiança em redes *peer-to-peer* que variam entre usuários [Wang and Vassileva 2003]. Em seu sistema ele considera que o que é válido para um usuário pode não ser válido para outro e assim diferencia a reputação entre os usuários. Por exemplo, um usuários A prefere receber conteúdo de maneira rápida enquanto um usuário B prefere receber conteúdo de qualidade alta. Logo a reputação de B para A é baixa e vice-versa. Em um caso de dois *peers* com o mesmo interesse eles podem compartilhar informação de *peers* que também tem o mesmo interesse formando uma rede de confiança e alta reputação automaticamente entre membros parecidos.

Ao contrário do *Freechains*, o sistema de reputação de Wang não oferece nenhuma proteção contra usuários maliciosos, assumindo que todos os usuários que participam da rede têm boas intenções. Um incentivo para usuários participarem de trocas de conteúdo de qualidade também não existe nessa rede, onde a consequência principal de seu sistema de reputação é a criação de sub-redes de usuários com os mesmos interesses.

Mesmo assim, usuários que buscam as mesmas características em seus *peers* tendem a ficar juntos e formam uma sub-rede não dissimilar aos tópicos do *Freechains*. O sistema de reputação de certa maneira funciona mais com o intuito de facilitar usuários a identificar outros usuários semelhantes na busca por conteúdo ao contrário do *Freechains* onde a busca de usuários com interesses semelhante é anterior ao sistema de reputação mas durante a inscrição de tópicos.

Em seu trabalho Mortazavi introduz um sistema de reputação que busca uma balança entre a colaboração de um usuário na rede a sua quantidade de reputação [Mortazavi and Kesidis 2006]. Cada *peer* tem uma variável que indica o nível de cooperação desejado, este valor pode ser alterado por ele mesmo. Ao mesmo tempo ele tem um nível de reputação que só pode ser alterado por outros *peers* que realizam troca de conteúdo com ele.

A quantidade de reputação que cada usuário possui influencia quais outros *peers* ele tem acesso. Um usuário que coloca um alta nível de cooperação para si faz mais troca com outros usuários e tem grandes chances de aumentar a sua reputação. Assim consegue receber um melhor serviço no futuro pois outros usuários de alta reputação querem trabalhar com ele.

O *Freechains* busca incentivar seus usuários a compartilhar conteúdo de qualidade ao mesmo tempo que desencoraja usuários maliciosos de atuarem através de seu sistema de reputação. No trabalho realizado em Mortazavi o sistema de reputação deles busca uma balança entre a disposição de um usuário de participar na rede e sua reputação. Nesse sentido ambos os sistemas são similares pois buscam recompensar com reputação usuários participativos.

Apesar disso um efeito do sistema de Mortazavi é a aglomeração de usuários de alta reputação enquanto usuários novos ou de baixa reputação não conseguem alcançá-los. O *Freechains* e sua propagação de conteúdo estão acessíveis a todos os usuários de um tópico não importa o quanto tenham participado até então.

Como mencionado anteriormente todos os sistemas de reputação para redes *peer-to-peer* descentralizados analisados tem foco em troca de arquivos e a reputação serve para identificar usuários confiáveis para a troca. Assim, foram comparados somente as características do *Freechains* que podem gerar um paralelo com os sistemas propostos e os pontos em que são completamente diferentes e não faz sentido correlacionar os dois sistemas não foram mencionados.

4. Conclusão

Apesar de existirem muitos sistemas de reputação na literatura, tanto para redes centralizadas quanto para redes descentralizadas, não foi encontrado nenhum sistema de reputação descentralizado que tem seu foco a avaliação do conteúdo fornecido por seus usuários. Em sua maior parte os sistemas de reputação propostos na literatura são para identificação de usuários confiáveis para a troca de conteúdo determinado previamente. Por esse motivo não foi possível avaliar o *Freechains* com nenhum sistema de reputação diretamente, mas somente com partes de vários diferentes sistemas.

A ideia proposta pelo *Freechains* de um sistema de reputação que incentiva usuários a ficarem ativos na rede ao mesmo tempo que pune usuários maliciosos é válida, o que pode ser observado nas comparações do *Freechains* com outros sistemas de reputação.

No futuro o sistema de reputação do *Freechains* pode ser expandido para lidar com algumas de suas desvantagens atuais (espaço disco ocupado pela cadeia e ataques de 51%) e expandir a ideia de guardar as reputações de seus usuários junto com os blocos de mensagem na cadeia.

Referências

Adler, B. T. and De Alfaro, L. (2007). A content-driven reputation system for the wikipedia. In *Proceedings of the 16th international conference on World Wide Web*, pages 261–270.

- Androutsellis-Theotokis, S. and Spinellis, D. (2004). A survey of peer-to-peer content distribution technologies. *ACM Comput. Surv.*, 36(4):335–371.
- Dennis, R. and Owen, G. (2015). Rep on the block: A next generation reputation system based on the blockchain. In *2015 10th International Conference for Internet Technology and Secured Transactions (ICITST)*, pages 131–138. IEEE.
- Dennis, R. and Owenson, G. (2016). Rep on the roll: a peer to peer reputation system based on a rolling blockchain. *International Journal for Digital Society*, 7(1):1123–1134.
- Gupta, M., Judge, P., and Ammar, M. (2003). A reputation system for peer-to-peer networks. In *Proceedings of the 13th international workshop on Network and operating systems support for digital audio and video*, pages 144–152.
- Huna, A., Srba, I., and Bielikova, M. (2016). Exploiting content quality and question difficulty in cqa reputation systems. In *International Conference and School on Network Science*, pages 68–81. Springer.
- Mortazavi, B. and Kesidis, G. (2006). Cumulative reputation systems for peer-to-peer content distribution. In *2006 40th Annual Conference on Information Sciences and Systems*, pages 1546–1552. IEEE.
- Nakamoto, S. and Bitcoin, A. (2008). A peer-to-peer electronic cash system. *Bitcoin*.— URL: <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf>.
- Wang, Y. and Vassileva, J. (2003). Trust and reputation model in peer-to-peer networks. In *Proceedings Third International Conference on Peer-to-Peer Computing (P2P2003)*, pages 150–157.
- Zhou, R. and Hwang, K. (2007a). Gossip-based reputation aggregation for unstructured peer-to-peer networks. In *2007 IEEE International Parallel and Distributed Processing Symposium*, pages 1–10. IEEE.
- Zhou, R. and Hwang, K. (2007b). Powertrust: A robust and scalable reputation system for trusted peer-to-peer computing. *IEEE Transactions on parallel and distributed systems*, 18(4):460–473.