

## Comunicação

# Contratos inteligentes *blockchain* no pagamento por serviço ambiental no Bioma da Caatinga e no Semiárido da Paraíba, Nordeste do Brasil

Yanara Pessoa Leal<sup>1</sup>, Anderson Marinho Pontes Barros<sup>2</sup> e Guido Lemos de Souza Filho<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Superintendência de Administração do Meio Ambiente. Avenida Monsenhor Walfredo Leal, 181. Tambiá. João Pessoa-PB, Brasil (CEP 58020-540).

<sup>2</sup>Universidade Federal da Paraíba. Centro de Ciências Exatas e da Natureza. Programa de Pós-Graduação em Informática. *Campus I*. João Pessoa-PB, Brasil (CEP 58051-900).

**Resumo.** A importância da proteção das florestas para o equilíbrio ecossistêmico, sobretudo por ser o maior sumidouro natural de gás carbônico do planeta, inclusive os desafios ambientais assumidos pelo Brasil no quesito desmatamento, impulsiona a utilização de tecnologias e mecanismos que possibilitem a recuperação da vegetação da Região Semiárida e dos demais biomas. Assim, o presente estudo apresenta a prática de pagamento por serviços ambientais aliada à tecnologia *blockchain* com pagamento em criptoativos como possibilidade para, através da captação de recursos para o reflorestamento e a manutenção de vegetação, propiciar um melhor ordenamento do solo, bem como combater o desmate ilegal, contribuindo para a diminuição do aquecimento do planeta, mitigando os efeitos das mudanças climáticas, além de obter a credibilidade e a confiança de investidores.

**Palavras-chaves:** Restauração florestal; Caatinga; Semiárido; Criptoativos; *Blockchain*.

**Abstract.** *Blockchain smart contracts for payment for environmental services in the Caatinga Biome and the Paraíba Semi-Arid Region, Northeast Brazil.* The importance of protecting forests for ecosystem balance, especially as they are the largest natural sink of carbon dioxide on the planet, including the environmental challenges assumed by Brazil in terms of deforestation, encourages the use of technologies and mechanisms that make it possible to recover the vegetation of the dam. Semi-Arid Region and other biomes. Thus, the present study presents the practice of payment for environmental services combined with blockchain technology with payment in cryptoassets as a possibility, through raising funds for

Recebido  
04/03/2023

Aceito  
28/04/2023

Publicado  
30/04/2023



Acesso aberto



ORCID

0000-0002-5329-8942  
Yanara Pessoa Leal

0009-0004-8408-9299  
Anderson Marinho  
Pontes Barros

0000-0001-5834-5237  
Guido Lemos de Souza  
Filho

reforestation and maintenance of vegetation, to provide better soil management, as well as combat the illegal deforestation, contributing to reducing global warming, mitigating the effects of climate change, in addition to obtaining credibility and investor confidence.

**Keywords:** Forest restoration; Caatinga; Semiarid; Cryptoassets; Blockchain.

A preocupação com a preservação e conservação das florestas brasileiras é questão relevante, uma vez que o desmatamento é uma das principais causas do aquecimento global e que vem provocando desequilíbrio nos ecossistemas, tendo sido um dos motivos para que o Brasil assumisse compromissos relacionados à diminuição dos gases de efeito estufa, na Conferência das Nações Unidas sobre Mudança do Clima de 2021, a 26<sup>a</sup> Conferência das Partes da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (COP26), realizada em Glasgow, na Escócia.

Tais compromissos têm o propósito de reduzir o desmatamento de uma forma geral e de eliminar o praticado de forma ilegal, ação que se dará através da implantação de projetos de preservação das florestas e recuperação de áreas e vegetações degradadas, já que o desmatamento anda é uma das principais causas do aquecimento global (CNN Brasil, 2021).

A saber, o Brasil é responsável por 3% das emissões de gases de efeito estufa (GEE) e, desse percentual, 50% refere-se à emissão de gás carbônico (CO<sub>2</sub>), em decorrência do desmatamento, e 25% refere-se ao metano (CH<sub>4</sub>), em razão das atividades agrícolas, o que o coloca em sexto lugar no *ranking* dos países que mais emitem GEE (Leal, 2022b).

Não obstante, um relatório sobre as mudanças climáticas emitido pelo órgão consultivo da Organização das Nações Unidas (ONU), afirmou que em até 30 anos a Amazônia poderá transformar-se em uma savana e que a seca será uma realidade iminente, mesmo que se consiga conter a emissão dos gases de efeito estufa, conforme pactuado no Acordo de Paris (G1, 2021).

Nesse sentido, é que a prática de conservação dos recursos naturais e de culturas de sustentabilidade através dos serviços ambientais, surge como uma ferramenta que pode ser utilizada por quem se disponha a contribuir com benfeitorias em prol do meio ambiente, podendo receber contrapartida pela prestação desses (Leal, 2022a,b).

Na Paraíba, a Caatinga e o Agreste Semiárido revelam-se duas regiões que merecem olhares apurados no quesito de cobertura vegetal. O primeiro porque é essencial para a manutenção das características climáticas locais e globais e por ser o berço de várias nascentes responsáveis pelo abastecimento de água no sertão. O segundo, mais notadamente, pela sua quase que totalidade extensão territorial em zona rural.

A Caatinga é um bioma deveras castigado, seja pelos grandes períodos de seca e estiagem que enfrenta, o que torna a regeneração da sua vegetação mais morosa do que as coberturas vegetais de outros biomas que suportam intervalos de estiagem menores, seja pela implantação de usinas de energias renováveis (fotovoltaica e eólica), que, só em 2022, foram responsáveis pela autorização ambiental da supressão vegetal de mais de 3.000 ha, sendo 0,025% correspondente à área total da Caatinga (Leal, 2022b).

Na Região Semiárida, compreendida no Agreste, onde está situado o Município de Campina Grande, a caracterização geográfico-climática aponta um índice pluviométrico, de aridez e de risco de seca, a depender do período chuvoso e da época de baixa pluviometria, e está a 500 m do nível do mar (Figura 1). Ocorre que essa região específica, abrange 591,658 km<sup>2</sup> de extensão territorial, mas apenas 11% desse montante está inserido em zona urbana.



**Figura 1.** Diferença na cobertura vegetal na zona rural do Município de Campina Grande, no período das chuvas (parte superior) e no período da estiagem.

É importante destacar, que mais 500.000 km<sup>2</sup> semiárido paraibano ainda não foi antropizado e pode ser sugerido que em períodos chuvosos, a vegetação existente, bem como a outrora suprimida, tem potencial de reaparecer, desde que o suprimento de água seja mantido.

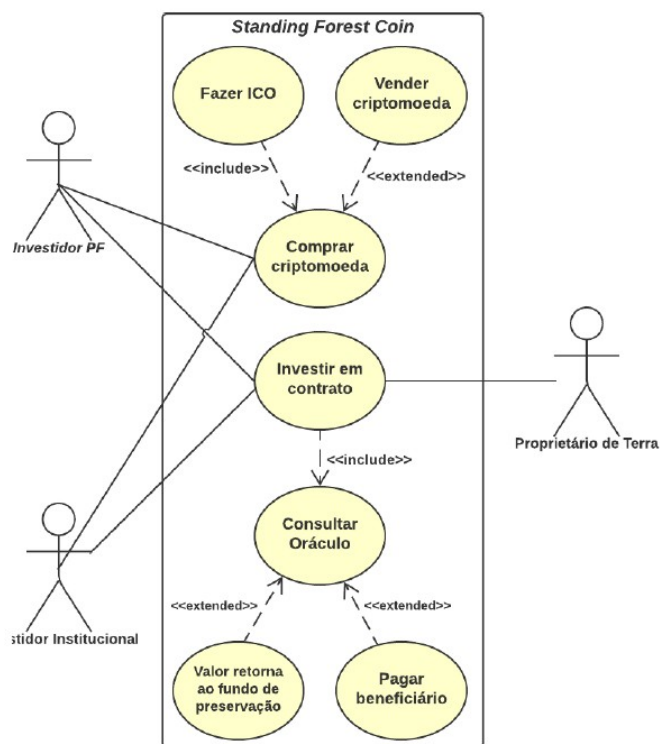
Nessa senda, ações que garantam a preservação e a conservação florestal e que propiciem a regeneração de áreas degradadas, de modo a prevenir novos desmatamentos e ocupações desnecessárias e/ou irregulares, que causam o desequilíbrio ecológico do local e afetam a sustentabilidade na sua essência, mostram-se relevantes, razão pela qual devem ser adotadas em prol desses biomas.

Sob essa perspectiva, o uso da tecnologia *blockchain* que viabiliza a gestão automatizada de contratos inteligentes (Lopes, 2021), pode ser um diferencial na prestação de serviços ambientais, uma vez que pode facilitar a adesão e apoio no financiamento dos serviços por pessoas do mundo inteiro, que tenham interesse na preservação e conservação do meio ambiente e na redução dos riscos de desastres,

sobretudo, no Bioma da Caatinga e no Semiárido, dada à importância ecológica que esses têm.

A saber, o contrato inteligente trata-se de um código determinístico executado por computadores distintos que concordam com o resultado da execução. Eles operam como atores autônomos, cujo comportamento é completamente previsível. São utilizados para permitir interações entre partes que não confiam umas nas outras, realizando transações, sem depender de terceiros. Depois que os partícipes concordam com os termos do contrato, ele é registrado e executado pela rede *blockchain* e, a partir de então, as partes não podem mais alterar os termos, tampouco interferir na sua execução (Christidis e Devetsiokiotis, 2016).

Os contratos inteligentes funcionam como instrumento garantidor à segurança e à eficiência na execução dos pactos celebrados. Nesse contexto, é proposta uma solução, denominada *Standing Forest Coin* - SFC (Borges et al., 2022), que visa a permitir a transparência e a agilidade aos investimentos em iniciativas de preservação e conservação de terras. A plataforma estrutura-se da seguinte forma: a área contemplada, o provedor (prestador), o pagador (financiador), o livro razão onde será registrado o negócio (*blockchain*), os criptoativos, os contratos inteligentes e o oráculo (software externo a *blockchain*) que realizará a análise comparativa das imagens de satélite e atestará a existência ou não de cobertura vegetal.



**Figura 2.** Diagrama de casos de uso, representando o cenário no qual um investidor compra *Standing Forest Coin* (SFC) e escolhe em que projeto de conservação deseja investir.

A *Standing Forest Coin* (SFC) foi idealizada como uma moeda digital de troca a ser utilizada no pagamento dos serviços pactuados através dos contratos inteligentes de cobertura vegetal. Por meio dessa, visa-se a promover o financiamento e execução de



projetos de preservação florestal, transferindo o a valor investido no contrato inteligente, para a carteira do provedor, na medida em que forem sendo disponibilizadas evidências, que comprovem a execução das etapas do contrato registrado na *blockchain*.

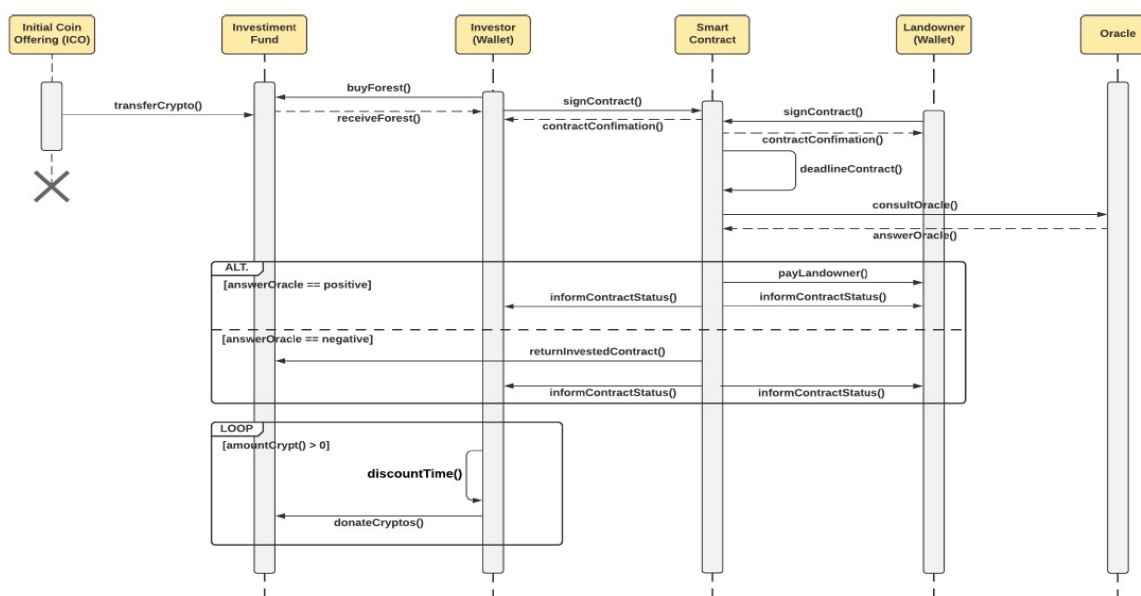
Desta feita, os recursos serão apenas liberados para o provedor do serviço ambiental objeto do contrato inteligente, consoante à conferência das informações fornecidas por meio de um oráculo, dando maior segurança e credibilidade ao pacto.

Ressalte-se que, quando um contrato inteligente de preservação florestal é registrado na rede *blockchain*, ele faz lei entre as partes (pagador e provedor), como os demais contratos regidos pelo Código Civil (Brasil, 2002) e atendendo às seguintes condições: agente capaz, objeto lícito e forma prescrita na linguagem computacional *Solidity*.

O diagrama de casos de uso (Figura 2) representa o cenário no qual um investidor, seja ele pessoa física ou um fundo de investimentos, compra *Standing Forest Coin* (SFC) e escolhe em qual projeto de preservação deseja investir.

Após o vencimento do contrato, o oráculo será consultado e através da análise das imagens de satélite, atestará a existência ou não de cobertura vegetal, e só então o contrato realizará o repasse do valor em criptoativo, para a carteira do provedor. Caso o pacto não tenha sido cumprido, o valor será transferido para um fundo de preservação (que irá destinar o valor para outro contrato).

O diagrama de sequência apresentado na Figura 3 apresenta os fluxos presentes na implementação da *Standing Forest Coin* (SFC). O primeiro fluxo representa o *Initial Coin Offering* (ICO) da criptomoeda *Standing Forest Coin* (SFC), a partir dele, o valor será transferido para a carteira do fundo de preservação que representa a carteira zero para a *Standing Forest Coin* (SFC). A partir da carteira *gênesis*, qualquer investidor em qualquer lugar do mundo poderá comprar determinado valor em *Standing Forest Coin* (SFC). Com suas criptomoedas em sua carteira, ele decidirá se irá investir em um contrato de preservação específico ou se seus *tokens* serão doados anualmente ao fundo de preservação.



**Figura 3.** Sequência dos fluxos presentes na implementação da *Standing Forest Coin* (SFC).

Essa tecnologia garante no âmbito do sensoriamento remoto, confiabilidade às imagens, possibilitando, inclusive, o reconhecimento do estágio de sucessão de remanescentes florestais por meio da análise histórica das imagens de satélite, bem como pode ser capaz de promover a modelagem ambiental, porque não se limita à promoção de conservação da vegetação, uma vez que, essa vegetação que se pretende manter em pé, fatalmente resultará no sequestro de carbono (Leal, 2022a).

Isto é possível porque, por meio de outra tecnologia computacional, associada à Botânica, e com a utilização de radar ou laser, pode-se modular o processamento de ondas e assim mensurar o *tantum quantum* de carbono pôde ter sido estocado nos troncos das árvores (madeira) (Leal et al., 2021; Leal, 2022b).

Desta feita, a proposta capitaneada pela rede inteligente *blockchain*, se mostra uma alternativa com grandes chances de sucesso na conservação do Bioma da Caatinga e do Semiárido de Campina Grande, porque agrega confiança e transparência, de modo a não permitir que as especificações e o cronograma de execução dos projetos geridos pela plataforma sejam alterados, tampouco que ocorra o desvio de finalidade (Leal et al., 2021).

De outra borda, se revela importante como medida de prevenção e adaptação às mudanças climáticas, sobretudo nas áreas mais vulneráveis, como é o caso da Caatinga e do Semiárido (Campina Grande), considerando ainda o fato de que no Brasil, a prática de reflorestamento dava-se no intuito de supressão futura, já que a finalidade era comercial, razão pela qual, na ocasião da Agenda de Kyoto de 1997, o país teve os investimentos em Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) destinados preferencialmente no aperfeiçoamento de tecnologia dos aterros de rejeito, em energia eólica e em hidrelétrica, o que o deixou atrasado nas ações de florestamento e reflorestamento (Leal et al., 2021).

Ademais, o uso da tecnologia *blockchain* para a prática dos serviços ambientais de cobertura vegetal, além de ajudar o Brasil a ser um dos países que mais emite CO<sub>2</sub> por desmatamento, ser o primeiro a deixar de emitir, indo além dos compromissos assumidos, promoverá a união de esforços a fim de evitar o esgotamento dos recursos naturais e, consequentemente, contribuirá para que o aquecimento no Planeta não suba para mais de 1,5 °C, o que já seria algo insuportável para a vida na Terra.

## Conflito de interesses

Os autores declaram não haver conflito de interesses.

## Referências

Borges, M. A.; Filho, G. L. S.; Silva, C. I.; Barros, A. M. P.; Britto, R. V. B. J.; Junior, N. M. C.; Souza, D. F. L. Standing Forest Coin (SFC). **arXiv DataCite**, 2021. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2203.12600>

Brasil. **Lei nº 10.406, de 10 de janeiro de 2002**. Institui o Código Civil. Disponível em: <[https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/2002/110406compilada.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/2002/110406compilada.htm)>. Acesso em: 13 fev. 2023.

Christidis, K.; Devetsiokiotis, M. Blockchains and smart contracts for the Internet of things. **IEEE Access**, v. 4, p. 2292-2303, 2016. <https://doi.org/10.1109/access.2016.2566339>

CNN Brasil. Entenda os compromissos assumidos pelo Brasil na COP26. 2021. Disponível em: <<https://www.cnnbrasil.com.br/internacional/entenda-os-compromissos-assumidos-pelo-brasil-na-cop26/>>. Acesso em: 13 fev. 2023.

G1. Mudança climática: veja em 7 pontos como será a vida na Terra nos próximos 30 anos, segundo a ONU. 2021. Disponível em: <<https://g1.globo.com/natureza/aquecimento-global/noticia/2021/06/23/mudancas-climaticas-entenda-em-7-temas-os-principais-impactos-pelos-proximos-30-anos-de-acordo-com-especialistas-da-onu.ghtml>>. Acesso em: 13 fev. 2023.

Leal, Y. P. A tecnologia *blockchain* como instrumento de gestão na prestação de serviços ambientais e de medidas de adaptação às mudanças climáticas. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 9, n. 22, p. 1073-1079, 2022a. [https://doi.org/10.21438/rbgas\(2022\)092236](https://doi.org/10.21438/rbgas(2022)092236)

Leal, Y. P. *Blockchain* para gestão e pagamento em criptomoeda por serviço ambiental. **Consultor Jurídico**, 2022b. Disponível em: <<https://www.conjur.com.br/2022-out-19/yanara-leal-pagamento-cripto-servicoambiental>>. Acesso em: 13 fev. 2023.

Leal, Y. P.; Paz, R. J.; Brasileiro, D. P. Contratos inteligentes em *blockchain* como instrumento de gestão na prestação e pagamento por serviços ambientais em criptomoeda. In: Brasileiro, D. P.; Luz, M. S.; Luz, M. A. S. (Orgs.). **Paisagem legal: homem, sociedade e meio ambiente**. Cabedelo: UNIESP, 2021. p. 23-30.

Lopes, A. Como a tecnologia pode ajudar a salvar a Amazônia. **Brasil Amazônia Agora**, 2021. Disponível em: <<https://brasilamazoniaagora.com.br/como-a-tecnologia-pode-ajudar-salvar-a-amazonia/>>. Acesso em: 13 fev. 2023.



Informação da Licença: Este é um artigo Open Access distribuído sob os termos da Licença Creative Commons Attribution, que permite uso irrestrito, distribuição e reprodução em qualquer meio, desde que a obra original seja devidamente citada.