

# A tecnologia *blockchain* como instrumento de gestão na prestação de serviços ambientais e de medidas de adaptação às mudanças climáticas

**Yanara Pessoa Leal**

Superintendência de Administração do Meio Ambiente - SUDEMA. Av. Monsenhor Walfredo Leal, 181. Tambiá. João Pessoa-PB, Brasil (CEP 58020-540). E-mail: [yanarapleal@gmail.com](mailto:yanarapleal@gmail.com).

**Resumo.** O presente trabalho apresenta ferramentas oferecidas pela tecnologia a fim de ajudar o Brasil a cumprir e até mesmo superar os compromissos assumidos na COP26 no que diz respeito à redução da emissão dos gases de efeito estufa, através da cessação do desmatamento praticados de forma ilegal na Amazônia, bem como em outros biomas, e na promoção da recuperação de florestas degradadas, onde a rede *blockchain*, dada à credibilidade que agrega, possa gerir e executar contratos inteligentes para o pagamento por serviços ambientais de cobertura vegetal em criptoativos, tendo como agentes pessoas comuns que se disponham a pagar por esses serviços, e outras que se proponham a provê-los, e que pelo processamento de imagens de satélite ou aeroespacial, será atestado o cumprimento do pacto, sendo certo que o vetor no Brasil o aquecimento global e de seus efeitos catastróficos, podem ser mitigados por meio do aumento de sumidouros naturais de CO<sub>2</sub> através do florestamento.

**Palavras-chave:** Rede *blockchain*; Aquecimento global; Pagamento por serviços ambientais; Contratos inteligentes; Criptomoedas.

**Abstract.** *Blockchain technology as a management tool in the provision of environmental services and measures to adapt to climate change.* The present work presents tools offered by technology in order to help Brazil to fulfill and even exceed the commitments assumed at COP26 regarding the reduction of greenhouse gas emissions, through the cessation of deforestation practiced illegally in the Amazon, as well as in other biomes, and in promoting the recovery of degraded forests, where the blockchain network, given the credibility it adds, can manage and execute smart contracts for payment for environmental services of vegetation cover in cryptoassets, with ordinary people as agents that are willing to pay for these services, and others that propose to provide them, and that by processing satellite or aerospace images, compliance with the pact will be attested,

Recebido  
06/05/2022

Aceito  
27/08/2022

Publicado  
31/08/2022



Acesso aberto



ORCID

0000-0002-5329-8942  
Yanara Pessoa Leal

being certain that the vector in Brazil, global warming and its catastrophic effects, can be mitigated by increasing natural CO<sub>2</sub> sinks through afforestation.

**Keywords:** Blockchain network; Global warming; Payment for environmental services; Smart contracts; Cryptocurrencies.

## Introdução

A prática de conservação dos recursos naturais e de culturas de sustentabilidade ganham cada vez mais espaço na concepção da existência de um ecossistema equitativo, e os serviços ambientais surgem como uma ferramenta que pode ser utilizada por quem se disponha a contribuir com benfeitorias em prol do meio ambiente, podendo receber contrapartida por esta prestação.

O uso da tecnologia capitaneado pelos contratos inteligentes, que integram a rede *blockchain* (Lopes, 2021), pode ser um diferencial na prestação e pagamento por serviços ambientais (PSA), quando pensado na possibilidade de adesão por particulares do mundo inteiro, com interesse na conservação e preservação do meio ambiente e na adaptação às mudanças climáticas, com redução dos riscos de desastres.

O modelo de gestão capitaneado pela rede *blockchain* pode funcionar como um instrumento garantidor à segurança e eficiente na execução dos pactos celebrados para a prestação de serviço ambiental com pagamento em criptoativos, a exemplo daqueles voltados à cobertura vegetal, e que se estrutura da seguinte forma: a área contemplada com a vegetação, provedor, pagador, projeto PSA, rede *blockchain*, livro razão onde será registrado o negócio (contrato inteligente *blockchain*), oráculo (software), criptoativos e as imagens de satélite e aeroespacial.

Essa proposta foi inspirada na *Standing Forest Coin* (SFC) e é o resultado de uma pesquisa em andamento no Laboratório de Aplicações de Vídeo Digital (LAVID), da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), que é coordenado pelo Prof. Dr. Guido Lemos, que se dispôs prontamente a colaborar no desenvolvimento desta pesquisa, complementando, tratando e abordando aspectos da validação do projeto em execução (Borges et al., 2021; Leal et al., 2021).

O tema abordado revela-se agregador, pois não se limita à conservação, à preservação e ao reflorestamento de áreas degradadas. Ele pode ir além da viabilidade da contenção do desmatamento e da recuperação de áreas degradadas, pois dessa vegetação que se pretende manter em pé ou reflorestada, fatalmente resultará no sequestro de carbono, que por meio de outra tecnologia computacional, associada à Botânica, com a utilização de radar ou laser, poderá modular o processamento de ondas, e assim, mensurar o *tantum quantum* de carbono pôde ter sido estocado nos troncos das árvores (madeira), já que nas folhas não é possível, dada à absorção e emissão (sumidouro natural) que elas se prestam.

A necessidade da preservação e conservação das florestas brasileiras, emana do fato de ser o vetor no país, no que diz respeito às medidas de contenção e redução na emissão de CO<sub>2</sub>, apesar de no mundo o desmatamento só ser responsável por pouco mais de 3,3 Gt CO<sub>2</sub> global ao ano, o Brasil sozinho, é responsável por cerca de 3% das emissões mundiais de CO<sub>2</sub>, e, dessa monta, 50% é em razão do desmatamento e da agropecuária, tornando-o o sexto maior emissor de gases do efeito estufa (GEE) do planeta, sendo certo que o desmatamento é uma das principais causas do aquecimento global e que vem provocando desequilíbrio na Natureza, a exemplo dos fenômenos das fortes chuvas que devastam cidades, das queimadas desenfreadas que destroem a fauna e flora, dos tornados, das fortes geadas e de tantos outros (Leal et al., 2021).

Outrossim, o consumo de energia é o maior vilão na emissão de CO<sub>2</sub> global, mas, felizmente, o Brasil, no quesito de energia, vem cumprindo seu dever de casa, isto porque a nossa matriz energética é 43% renovável e esse tipo de fonte não emite CO<sub>2</sub>, o que já não ocorre com o setor da agropecuária, tendo sua maior concentração de criação e pasto na Região Amazônica e no Cerrado, e a quantidade de gado existente é quase igual à população humana do Brasil, o que explica a elevada quantidade de metano lançada na atmosfera, e que somado ao CO<sub>2</sub>, explica porque o carro chefe no Brasil no combate à emissão dos GEE deve ser na prática o combate ao desmatamento e a manutenção e recuperação de florestas (Margulis, 2020), e para piorar, agora, na COP 26 - Conferência do Clima das Nações Unidas, o Brasil, mesmo sendo o maior berço da Floresta Amazônica, ficará de fora da "Parceria por Florestas", de iniciativa do Reino Unido, onde 26 países da União Europeia serão integrantes, e que tratará do acompanhamento e evolução no combate ao desmate, porque assim entendeu o Itamaraty (Genin e Frasson, 2021).

Em outros lugares do mundo, os esforços depreendidos, a fim de diminuir a emissão dos gases de efeito estufa, dão-se em razão da preocupação, por exemplo, do combate ao derretimento das geleiras existentes no Atlântico, que são responsáveis pela circulação global das águas quentes do Atlântico Equatorial e Sul para o Atlântico Norte, e responsável por esquentar a costa oeste da Europa, ou o gelo da Antártida Ocidental, que embora não seja gelo flutuante e seu derretimento não implique no aumento do nível do mar, poderá provocar o derretimento do gelo terrestre, e aí sim elevar o nível do oceano, ou ainda, o permafrost, que é gelo fixado no solo e que contém material orgânico congelado, numa faixa que corresponde a cerca de um quarto da Terra não glacial no hemisfério norte e que chega a medir 1 km de espessura, e, caso descongele, liberará uma grande quantidade de carbono (CO<sub>2</sub>) e metano, que têm o poder de causar maior aquecimento do clima, e uma vez lançado na atmosfera não há como retornar ao permafrost, e tantas outras situações que poderiam ser elencadas (Margulis, 2020).

Ocorre que muitos são os fatos noticiados pelos veículos de comunicação, no que se refere à ocorrência de queimadas e desmatamentos ilegais no Brasil, e a cultura secular da prática de desmate e uso do fogo na vegetação brasileira, afastou do país organismos e pessoas interessadas em investimentos destinados a projetos de preservação e conservação, tendo sido uma das preocupações enfrentadas no cumprimento do Protocolo de Kyoto, uma vez que a prática de reflorestamento no Brasil dava-se no intuito de supressão futura, porque a finalidade era comercial, além do fato da dificuldade na aferição do nível de carbono absorvido pela folhagem das árvores em estágio de crescimento, o que desmotivou os investimentos em mecanismo de desenvolvimento limpo (MDL) nas florestas brasileiras (Camargo, 2005).

Essa temática ainda mostra-se relevante, considerando que apenas parte das florestas brasileira é especialmente protegida por lei, a exemplo das Unidades de Conservação (Brasil, 2000), das reservas legais, da vegetação de Mata Atlântica (Brasil, 2006), das Áreas de Preservação Permanente (APP) e os manguezais (Brasil, 2012). Ademais, apesar de haver tratamento dispensado por legislação específica, bem como pela Política Nacional de Pagamentos por Serviços Ambientais (Brasil, 2021), as APP's também estão sujeitas à degradação, e, por terem a função social de preservar, conservar e proteger os recursos hídricos, a biodiversidade, as belezas cênicas e de promoverem a estabilidade geológica, do mesmo modo precisam preservadas (EMBRAPA, 2021).

Além disso, as Reservas Particulares do Patrimônio Natural (RPPN), unidades de conservação (UC), criadas através dos regramentos contidos na Lei nº 9.985/2000 (Brasil, 2020), que são áreas espontaneamente cedidas por particulares para serem gravadas em suas matrículas a perpetuidade da conservação da diversidade biológica, e com isso têm seu uso restrito à forma indireta, ou seja, não mais passível de supressão vegetal (Brasil, 2000; Araújo, 2017; Paz et al., 2020). Outrossim, existem ainda as reservas legais, os

fragmentos de mata atlântica, e a floresta amazônica, ambas de especial preservação, por serem essenciais à existência de outros recursos naturais imprescindíveis à vida.

### **Pagamento por serviços ambientais e blockchain**

A prática de pagamento por serviços ambientais destinados em especial à conservação, à preservação e à recuperação de vegetação, pode trazer inexorável ajuda na redução dos gases do efeito estufa, bem como contribuir para o não esgotamento dos recursos naturais que asseguram a sobrevivência dos ecossistemas, diminuindo os riscos de desastres ambientais (Tôsto et al. 2012). Isto porque, em que pese os compromissos assumidos pelo Brasil na COP26 - Conferência do Clima das Nações Unidas, no que diz respeito à diminuição dos gases de efeito estufa e à redução do desmatamento, mesmo que se consiga conter a emissão desses gases, por meio da implantação de projetos de preservação e conservação de florestas e recuperação de áreas e vegetação degradada (CNN Brasil, 2021), um relatório sobre as mudanças climáticas, elaborado pelo órgão consultivo da Organização das Nações Unidas (ONU), afirmou que em até 30 anos a Amazônia poderá transformar-se numa savana (G1, 2021).

Além do mais, o Brasil, no cumprimento da Agenda de Kyoto de 1997, teve os investimentos em MDL destinados preferencialmente ao desenvolvimento de tecnologia dos aterros de rejeito, em energia eólica e hidroelétricas em substituição de combustível por energia, o que deixou o país em demasiado atraso nas ações de florestamento e reflorestamento, e a criação de condições paralelas relacionados à vegetação, capitaneada pela rede inteligente *blockchain* mostra-se uma alternativa exequível e com grandes chances de sucesso, dada à sua imutabilidade e transparência asseguradas (Leal et al., 2021).

Os contratos inteligentes *blockchain* de prestação e pagamento por serviços ambientais, pode ser utilizado como instrumento de gestão em muitas das medidas de adaptação que se farão necessárias em decorrência das mudanças climáticas, bem como na contenção em si dessas mudanças, a exemplo do incentivo ao PSA de cobertura vegetal, que consequentemente trará mais sumidouros naturais de CO<sub>2</sub>, sendo certo que a rede *blockchain* agrega credibilidade e garante a segurança na execução dos termos e condições pactuados (Leal et al., 2021).

No caso dos contratos de PSA de cobertura vegetal, o repasse da contrapartida só ocorrerá na medida em que for aferida a execução do projeto e que funcionará da seguinte forma:

- (1) o investidor (pagador) escolhe um projeto de serviço ambiental de seu interesse na *blockchain*, que será registrado com os termos e condições da adesão, isto porque o serviço ambiental a ser prestado já estará definido em todas as suas formas no respectivo projeto.
- (2) O valor pactuado (criptoativo), será transferido da carteira do pagador para a carteira do contrato (oráculo) e ficará sob a sua guarda, só sendo repassado para a carteira do provedor (prestador do serviço) quando houver a comprovação da respectiva execução (Voshmgir, 2020).

A comprovação da execução do serviço será atestada através do processamento por imagem de satélite e aeroespacial, que confirmará ou não a existência da cobertura vegetal objeto do contrato, garantindo segurança ao pagador que aportou os recursos, e a certeza do recebimento pelo provedor que prestou o serviço ambiental, isto porque os contratos registrados na *blockchain* são invioláveis, imutáveis e transparentes (Ferraz, 2019):

Assim, tem-se o *blockchain* como uma tecnologia que permite a gravação de transações de maneira permanente, não se permitindo alterações em transações anteriores, apenas gravações de novas transações, mantendo-se, PIS, um histórico matematicamente, praticamente, inviolável, nos parâmetros computacionais atuais (Ferraz, 2019, p. 23).

Graças a essa tecnologia, não é possível que as especificações e o cronograma de execução dos projetos de serviço ambiental geridos pela plataforma *blockchain* sejam alterados, tampouco que ocorra o desvio de finalidade, pois de acordo com a *Standing Forest Coin* (SFC), os projetos são submetidos ao crivo de uma espécie de auditor (um software) ou oráculo, que tem a função de certificar a confiabilidade da proposta, e vincular o registro do projeto ao contrato específico, tornando-o público, com exceção dos dados sensíveis (Schmidlehner, 2020).

Considerando a relevância da necessidade de unir esforços para evitar o esgotamento dos recursos naturais, considerando ainda que, de acordo com o Relatório da ONU, mesmo que o Mundo e o Brasil consigam conter os gases de efeito estufa e cumprir as metas da COP26, as mudanças climáticas vão afetar sobremaneira a vida na Terra, e que agora precisamos também nos ater detidamente às medidas que podem ser adotados para adaptar a vida humana à realidade que as consequências dessas mudanças vão trazer ao Planeta, sejam elas de engenharia, adaptação de ecossistemas, serviços, educação, informação, economia, comportamental, legislação, políticas de governo, a tecnologias de uma forma geral, contudo, trazendo para o caso em tela, pode ser uma ferramenta efetiva no combate aos esgotamento dos recursos naturais, mitigar o risco de desastres ambientais e propiciar medidas de adaptações, quando não puderem ser evitados.

## Considerações finais

Ademais, a adesão ao pagamento por serviços ambientais de cobertura vegetal, através dos contratos inteligentes *blockchain*, como uma tecnologia capaz de assegurar a efetiva gestão, execução e pagamento pelo PSA, também resgata a confiança há muito perdida no Brasil, pelos investidores e pagadores de serviços ambientais relacionados às questões florestais, e aumentaria o surgimento de cobertura vegetal no país, o que traria significativa contribuição na contenção do aquecimento global, entretanto, ainda se deve seguir na busca por pesquisas mais aprofundadas, a fim de unir esforços para evitar o aquecimento da Terra para mais de 1,5 °C, o que já seria algo insuportável para os seres humanos, quíça para todos os seres vivos... lembrando que o futuro já é o presente! (Leal et al., 2021).

## Conflito de interesses

A autora declara não haver conflito de interesses.

## Referências

Araújo, T. C. A. RPPNs não são unidades de conservação de uso sustentável. **Migalhas**, 2017. Disponível em: <<https://www.migalhas.com.br/depeso/271658/rppns-nao-sao-unidades-de-conservacao-de-uso-sustentavel>>. Acesso em: 23 set. 2021.

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 9.985, de 18 de julho de 2000.** Regulamenta o art. 225, § 1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/19985.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19985.htm)>. Acesso em: 23 set. 2021.

Brasil. **Lei nº 11.428, de 22 de dezembro de 2006.** Dispõe sobre a utilização e proteção da vegetação nativa do Bioma Mata Atlântica, e dá outras providências. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2004-2006/2006/lei/11428.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2006/lei/11428.htm)>. Acesso em: 23 set. 2021.

Brasil. **Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012.** Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm)>. Acesso em: 23 set. 2021.

Brasil. **Lei nº 14.119, de 13 de janeiro de 2021.** Institui a Política Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais; e altera as Leis nºs 8.212, de 24 de julho de 1991, 8.629, de 25 de fevereiro de 1993, e 6.015, de 31 de dezembro de 1973, para adequá-las à nova política. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2019-2022/2021/lei/L14119.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2021/lei/L14119.htm)>. Acesso em: 23 set. 2021.

Camargo, B. Comércio de ar puro. **Reporter Brasil**, 2005. Disponível em: <<https://reporterbrasil.org.br/2005/12/comercio-de-ar-puro/>>. Acesso em: 23 set. 2021.

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: 23 dez. 2021.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Área de preservação permanente. 2021. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/codigo-florestal/entenda-o-codigo-florestal/area-de-preservacao-permanente>>. Acesso em: 23 set. 2021.

Ferraz, R. N. **As tecnologias envolvendo os contratos inteligentes (smart contracts) e alguns dos impactos nos contratos.** Recife: Universidade Federal de Pernambuco, 2019. (TCC de graduação).

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: 23 set. 2021.

Genin, C.; Frasson, C. M. R. O saldo da COP26: o que a Conferência do Clima significou para o Brasil e o mundo. **WRI Brasil**, 2021. Disponível em: <<https://www.wribrasil.org.br/noticias/o-saldo-da-cop26-o-que-conferencia-do-clima-significou-para-o-brasil-e-o-mundo>>. Acesso em: 23 dez. 2021.

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: 23 jan. 2022.

Margulis, S. **Mudanças do clima**: tudo que você queria e não queria saber. Rio de Janeiro: Konrad Adenauer Stiftung, 2020.

Paz, R. J.; Paz, M. C. P.; Lins Filho, J. A.; Lucena, R. F. P. Unidades de conservação na região semiárida do Brasil. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 7, n. 17, p. 1283-1334, 2020. [https://doi.org/10.21438/rbgas\(2020\)071718](https://doi.org/10.21438/rbgas(2020)071718)

Schmidlehner, M. F. *Blockchain* e contratos inteligentes: as mais recentes tentativas do capital de se apropriar da vida na Terra. 2020. Disponível em: <<https://wrm.org.uy/pt/artigos-do-boletim-do-wrm/secao1/blockchain-e-contratos-inteligentes-as-mais-recentes-tentativas-do-capital-de-se-apropriar-da-vida-na-terra/>>. Acesso em: 23 set. 2021.

Tôsto, S. G.; Pereira, L. C.; Mangabeira, J. A. C. Serviços ecossistêmicos e serviços ambientais: conceitos e importância! **EcoDebate**, 2012. Disponível em: <<https://www.ecodebate.com.br/2012/12/13/servicos-ecossistemicos-e-servicos-ambientais-conceitos-e-importancia-artigo-de-sergio-gomes-tosto-lauro-charlet-pereira-e-joao-alfredo-de-c-mangabeira/>>. Acesso em: 23 set. 2021.

Voshmgir, S. Blockchain oracles. Blockchainhub Berlin, 2020. Disponível em: <<https://blockchainhub.net/blockchain-oracles>>. Acesso em: 23 set. 2021.



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.