

Tokenização de Árvores da Amazônia em Blockchain: Um estudo de caso

Robson R. Andrade¹, Masaki Nozawa¹, Adriana D. Silva¹, Samuel B. Ferreira¹, Danielle S. Soares¹, Keitia A. Cruz¹, Pedro H. Silveira¹, Jose S. Silva¹, Lucas P. Pereira¹, Anderson B. Ortega¹, Douglas R. Andrade¹, Wilson D. Oliveira², Carlos A. M. Cruz³

¹Amazon Rainforest Protection Tokens LTDA (ARPT)
Av. Rodrigo Otavio, 1910, Sala 22, CEP 69073-177 – Manaus – AM – Brazil

²Universidade Luterana do Brasil (ULBRA)
Av. Carlos Drummond de Andrade, 1460, CEP 69077-730 – Manaus – AM – Brazil

³Universidade Federal do Amazonas (UFAM)
Av. General Rodrigo Otávio, 1200, CEP 69067-005 – Manaus – AM – Brazil

admin@arpt.com.br, robson.rojas@gmail.com

Abstract. *This article addresses the development of a software platform for collecting and tokenizing forest data through blockchain technology that records data securely and reliably, enabling sustainable forest monitoring and management. The developed platform was subjected to a case study in a forest area located in the city of Careiro da Várzea with “Castanheiras” type trees. The results obtained were satisfactory, enabling the application of the developed platform.*

Resumo. *Este artigo aborda sobre o desenvolvimento de uma plataforma de software para coleta e tokenização de dados florestais por meio da tecnologia blockchain que realiza o registro dos dados de forma segura e confiável possibilitando o monitoramento e manejo florestal sustentável. A plataforma desenvolvida foi submetida a um estudo de caso em uma área florestal localizada na cidade do Careiro da Várzea com com árvores conhecidas como “Castanheiras”. Os resultados obtidos foram satisfatórios, viabilizando a aplicação da plataforma desenvolvida.*

1. Introdução

Manejo florestal sustentável é um sistema de administração da floresta para atingir objetivos específicos, que envolve a produção de bens e serviços, sem prejuízo do ecossistema florestal. Mantém a biodiversidade, a produtividade, a capacidade de regeneração, a vitalidade e o potencial de cumprir, agora e no futuro, funções ecológicas, econômicas e sociais relevantes, em nível local, nacional e global, e que não cause dano a outros ecossistemas [Brito and Brenda 2022].

O conceito de manejo florestal sustentável reflete uma mudança substancial na gestão das florestas, para que a produção e a extração de produtos florestais se deem de modo compatível com a manutenção da capacidade produtiva da floresta a longo prazo. A sustentabilidade pressupõe a manutenção da floresta nativa, o respeito aos ciclos naturais de regeneração e a utilização de técnicas de extração de baixo impacto, sempre

consideradas como elementos de um projeto mais amplo de gestão que busca a integração entre ecologia, sociedade e economia sustentável.

A instalação de um plano de manejo florestal sustentável é um processo longo e burocrático, exigindo desde o trabalho de campo até rotinas de submissão aos órgãos de licenciamento, com alguns órgãos demorando até 4 meses para deferir ou indeferir um plano de manejo.

Conforme as informações supracitadas, a complexidade e os custos envolvidos para realizar manejo florestal sustentável na região Amazônica, consistindo em um dos gargalos para o desenvolvimento econômico e social da região.

Portanto, esta pesquisa, visando contribuir com o manejo florestal sustentável, propõe uma plataforma de software para digitalização de árvores de manejo florestal, propiciando o armazenamento e monitoramento de dados florestais de forma eficiente, confiável e segura.

A solução desenvolvida nesta pesquisa é abrangente e tecnologicamente avançada para mitigar o desmatamento ilegal da Amazônia e ampliar a confiabilidade do manejo para o público em geral, por meio de uma plataforma Web para tokenização de dados florestais que permite o envolvimento comunitário ativo.

A plataforma busca equilibrar os interesses econômicos, sociais e ambientais, promovendo o desenvolvimento sustentável na Amazônia e contribuindo para a preservação da floresta tropical e o bem-estar das comunidades locais.

2. Objetivos:

2.1. Objetivo Geral

Esta pesquisa teve como objetivo geral desenvolver uma plataforma de software para criação de tokens em blockchain para registro de dados florestais e monitoramento de atividades de manejo florestal ecologicamente correto e assim evitar o desmatamento ilegal e contribuir para o desenvolvimento sustentável da região amazônica.

2.2. Objetivos específicos

Para atingir o objetivo geral, foi necessário alcançar os seguintes objetivos específicos:

- Desenvolver um aplicativo para dispositivos móveis para realizar a coleta de dados florestais em campo pelos próprio proprietários e comunidades;
- Converter os dados florestais coletados em ativos digitais por meio da tecnologia blockchain;
- Desenvolver uma plataforma Web para visualização de dados de monitoramento florestal em blockchain que possibilita o monitoramento florestal com registro de dados em blockchain;
- Realizar um estudo de caso por meio de um inventário piloto utilizando o aplicativo desenvolvido em uma área florestal da região amazônica.

3. Fundamentação Teórica

O economista peruano Hernando de Soto mostra em seus livros que a informalidade é a consequência de um sistema tributário, burocrático e jurídico extremamente oneroso, que impede que os setores menos favorecidos da população participem dele. Em seu livro "El Otro Sendero", que faz uma pesquisa abrangente sobre o mercado informal do Peru, publicado no ano de 1986, de Soto descreve que, para registrar uma oficina de produtos têxteis, eram necessários 289 dias e um gasto total de US\$ 1.231, o que à época equivalia a 32 salários mínimos no Peru. Já em seu livro "O Mistério do Capital", de 2001, de Soto mostra que os pobres são extremamente capazes de gerar riqueza, porém são impedidos disso pelo estado, que não reconhece seus direitos de propriedade. A conclusão de De Soto (2000, p. 16) é que países pobres são pobres porque não conseguem enxergar sua própria riqueza, já que, segundo as estimativas do autor, 80% de sua população vive à margem da economia formal e longe, consequentemente, das estatísticas oficiais.

O trabalho de De Soto pode ser usado para analisar a realidade da Amazônia Legal, já que é evidente a irregularidade das ocupações de terras públicas na região. É incrivelmente complexo e caro se obter um título formal de propriedade (ou título definitivo). Sendo uma das causas de pobreza na região, que tem os números de IDH entre os piores do Brasil. Ou seja, pode haver uma correlação de causa e consequência entre irregularidades fundiárias e pobreza na Amazônia.

Portanto, a solução para tais problemas deve envolver um conjunto de serviços bem organizados que proponha uma solução abrangente e tecnologicamente avançada para o desmatamento da Amazônia, à exemplo da plataforma proposta que combina a tecnologia de blockchain, com o desenvolvimento de aplicativo para levantamento preliminar de potenciais de manejo florestal em propriedades, e também com o desenvolvimento de plataforma WEB para tokenização de ativos e envolvimento comunitário ativo, que favorece o manejo florestal sustentável.

O manejo florestal é uma prática sustentável e economicamente viável em áreas pequenas (a partir de 70 hectares), necessário para evitar o desmatamento ilegal.

4. Metodologia adotada

4.1. Arquitetura da solução

A solução foi desenvolvida conforme a arquitetura ilustrada na Figura 1, em que o proprietário da área florestal por meio da autorização do técnico florestal, utiliza o aplicativo desenvolvido para realizar a coleta dos dados florestais em campo. Os dados coletados são enviados para a plataforma Web desenvolvida, que faz uso da tecnologia blockchain e tokeniza e registra os dados florestais por meio de smart contracts

(Contratos Inteligentes), garantindo, confiabilidade e segurança dos dados, para efeito de registro e monitoramento.

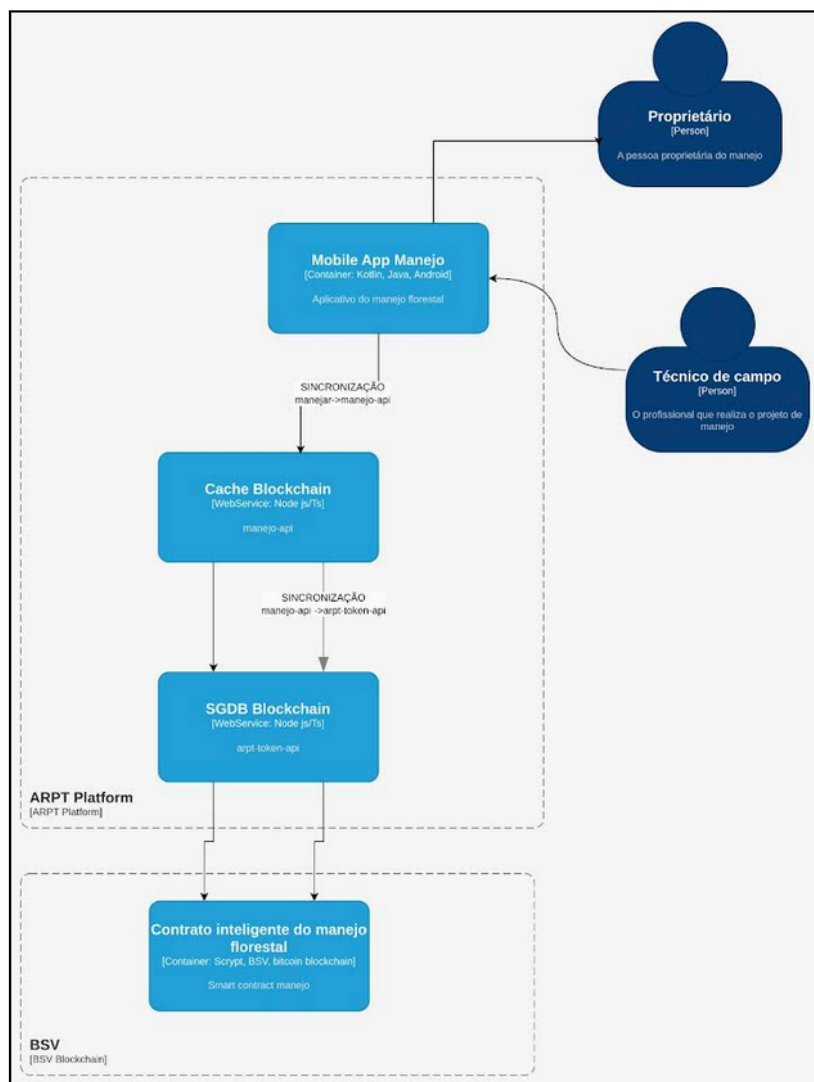


Figura 1. Arquitetura da plataforma

4.2. Desenvolvimento Web

Foi utilizada tecnologia blockchain e contratos inteligentes para armazenamento dos dados das propriedades e do manejo florestal, tornando o manejo e suas árvores ativos tokenizados, como um criptoativo, trazendo a população amazônica para a era da digitalização dos ativos.

4.3. Desenvolvimento Mobile

O sistema para estimar o potencial para manejo florestal consiste em um aplicativo de pré-inventário (ou levantamento preliminar) de fácil uso aplicado para coleta de dados

pelo próprio proprietário. O aplicativo, com recursos de geolocalização, captura de imagens e formulários para entrada de dados das propriedades, permite ao proprietário realizar sozinho o levantamento preliminar de sua propriedade e registrar outras informações da propriedade. Esse pré-inventário possibilita avaliar a confiabilidade das informações, e publicar na plataforma para ser realizado o armazenamento de dados de manejo florestal. O aplicativo também é utilizado para monitoramento e para registrar as informações em blockchain pública, que permite a auditoria pública e transparente das informações.

O aplicativo de pré-inventário também poderá ser usado por qualquer proprietário de áreas de floresta ou comunidade para realizar a caracterização preliminar de suas áreas, não se restringindo a espécies de manejo. Esse levantamento poderá formar um mapa muito preciso da composição florestal de várias áreas da amazônia, ajudando a identificar ou expor oportunidades na bioeconomia.

4.3. Estudo de caso

A propriedade escolhida para realizar o estudo de caso foi o Sítio Nova Esperança, localizado na cidade de Careiro da Várzea-AM, que tem como característica uma grande concentração de árvores conhecidas como castanheiras.

As atividades de monitoramento foram registradas em uma blockchain pública para garantir transparência e integridade das informações. A atividade de monitoramento foi realizada utilizando o aplicativo móvel android desenvolvido, que coletou imagem, geolocalização e informações das árvores e da propriedade. O aplicativo permite que todo o registro seja realizado de forma offline, possibilitando que no momento em que o smartphone obter conectividade com a internet os dados coletados sejam transmitidos para a plataforma Web.

5. Resultados

A Figura 2 ilustra uma árvore castanheira sendo inventariada pelo aplicativo, que realizou a coleta dos principais dados das árvores como: foto, geolocalização, espécie, diâmetro, CAP, DAP, altura e volume.



Figura 2. Coleta dos dados florestais em campo utilizando o aplicativo desenvolvido

O aplicativo permitiu que esses dados fossem coletados de forma offline devido a falta de conectividade na região, no entanto ao retornar a uma área de conectividade, o operador compartilhou os dados para que foram utilizados para tokenizar as árvores, os dados foram enviados para a plataforma com tecnologia blockchain, a Figura 3 ilustra o arquivo com os dados florestais coletados pelo aplicativo que foi enviado para a plataforma.

InventoryId	speciesName	createdAt	updatedAt	number	plague	cap	dap	height	comercia	fuste	latitude	longitude	volume	coordPrecision	specieClass	specieName	photos
1	Castanheiras	Sat Mar 22 10:17:36 GMT-04:00 2025	Sat Mar 22 11	1	1	175	55.7	12	12	1	-3.462	-59.81	2.0471306	3.790092468	classe 1	Castanheiras	
2	Castanheiras	Sat Mar 22 11:17:36 GMT-04:00 2025	Sat Mar 22 11	2	1	176	56.02	8	8	2	-3.462	-59.81204752	1.3803954	4.746313095	classe 1	Castanheiras	property_174265302020.jpg
3	Castanheiras	Sat Mar 22 11:17:36 GMT-04:00 2025	Sat Mar 22 11	3	1	136	43.29	10	10	1	-3.462	-59.81211949	1.0303055	3.790092468	classe 1	Castanheiras	property_1742653684202.jpg
4	Castanheiras	Sat Mar 22 11:17:36 GMT-04:00 2025	Sat Mar 22 11	4	1	145	46.15	11	11	2	-3.462	-59.81206591	1.2882996	3.790092468	classe 1	Castanheiras	property_17426539003088.jpg
5	Castanheiras	Sat Mar 22 11:17:36 GMT-04:00 2025	Sat Mar 22 11	5	1	144	45.84	7	7	2	-3.462	-59.81200171	0.88853805	3.790092468	classe 1	Castanheiras	property_1742654057849.jpg
6	Castanheiras	Sat Mar 22 11:17:36 GMT-04:00 2025	Sat Mar 22 11	6	1	273	86.9	15	15	1	-3.463	-59.81194163	6.2273707	3.790092468	classe 1	Castanheiras	property_1742654554888.jpg

Figura 3. Dados florestais coletados pelo app e enviados para a plataforma Web

Após os dados florestais serem coletados e enviados para a Plataforma Web, é realizado a tokenização dos dados, garantindo a imutabilidade e segurança dos dados florestais que poderão ser monitorados a qualquer momento por qualquer usuário que tenha acesso a plataforma, e assim a plataforma fornece um registro seguro dos dados florestais, tornando a área florestal também uma área digitalizada e tokenizada. A Figura 4 ilustra a plataforma exibindo os dados florestais que foram tokenizados e agora recuperados pela plataforma. O ID do dado do token apresentado é referente ao dado registrado na forma de uma transação executada em blockchain pública.



A Figura 4: Dados florestais tokenizados e visualizados pela plataforma

6. Considerações Finais

A área florestal tokenizada e digitalizada favorece uma série de benefícios tanto para o proprietário e quanto para o ambiente florestal, pois, possibilita realizar estudos aprofundados acerca da área florestal, realizar o monitoramento e tomar decisões assertivas como por exemplo, estudos sobre quais árvores podem ser submetidas a um manejo florestal sustentável, assegurando que o proprietário tenha dados concretos e confiáveis para realizar o manejo, que gera benefícios em diversos aspectos, conforme detalhado a seguir:

6.1. Aspectos Econômicos:

A plataforma impulsionará a economia local através do manejo florestal sustentável, criando empregos e aumentando a renda das comunidades. A plataforma também promoverá a formalidade do manejo florestal, dando acesso a crédito e investimento, gerando empregos e renda para as comunidades locais.

6.2. Aspectos Sociais:

A plataforma promoverá o envolvimento das comunidades tradicionais na gestão sustentável de seus territórios, mitigando a venda de áreas florestais para madeiras que por sua vez geralmente realizaram o desmatamento de forma ilegal e sem aplicar o manejo florestal correto do ponto de vista ambiental. Porém, a transparência na plataforma aumentará a confiança entre os stakeholders confiáveis e legalizados, fortalecendo parcerias e investimentos nas comunidades locais.

6.3. Aspectos Ambientais:

O manejo florestal sustentável realizado por meio da plataforma desenvolvida vai ajudar a reduzir o desmatamento e a degradação florestal, conservando a biodiversidade, e dessa forma contribuirá para a mitigação das mudanças climáticas. O registro de dados em blockchain garantirá a integridade dos dados de monitoramento ambiental e dará transparência e confiabilidade na conservação. Através dos dados de monitoramento auditados registrados em blockchain, será possível verificar a preservação da floresta. Propriedades com potencial de manejo florestal podem usar o aplicativo desenvolvido no monitoramento para realizar pré-inventários possibilitando que a plataforma armazene os dados inventariados por meio de tokens.

7. Referencias

Incrá. Nota Técnica nº 360. 2021d. Esclarecimentos prestados por meio da Lei de Acesso à Informação.

Brito, Brenda 2022. Regularização Fundiária em Áreas Federais na Amazônia Legal Lições, Desafios e Recomendações. Imazon. Disponível em: <https://amazonia2030.org.br/wp-content/uploads/2022/06/43.pdf>. Último acesso em 07-09-2023.

Pinto, Luis Fernando & Pinto, Guedes & Guidotti, Vinicius & Sparovek, Gerd & Reydon, Bastiaan & Azevedo-Ramos, Claudia & Siqueira, Gabriel & Godar, Javier & Gardner, Toby & Rajão, Raoni & Alencar, Ane & Carvalho, Tomás & Cerignoni, Felipe & Granero, Isabella & Couto, Matheus. (2020). QUEM SÃO OS POUCOS DONOS DAS TERRAS AGRÍCOLAS NO BRASIL -O MAPA DA DESIGUALDADE. 10.13140/RG.2.2.34726.75840.

Boulic, R. and Renault, O. (1991) “3D Hierarchies for Animation”, In: New Trends in Animation and Visualization, Edited by Nadia Magnenat-Thalmann and Daniel Thalmann, John Wiley & Sons Ltd., England.

Dyer, S., Martin, J. and Zulauf, J. (1995) “Motion Capture White Paper”, http://reality.sgi.com/employees/jam_sb/mocap/MoCapWP_v2.0.html, December.

Holton, M. and Alexander, S. (1995) “Soft Cellular Modeling: A Technique for the Simulation of Non-rigid Materials”, Computer Graphics: Developments in Virtual

Environments, R. A. Earnshaw and J. A. Vince, England, Academic Press Ltd., p. 449-460.

Knuth, D. E. (1984), *The TeXbook*, Addison Wesley, 15th edition.

Smith, A. and Jones, B. (1999). On the complexity of computing. In *Advances in Computer Science*, pages 555–566. Publishing Press.