

Crédito de Regeneração: Um Sistema Peer-to-Peer de Regeneração da Natureza

André O. Ravagnani
José Everson B. Silva
regenerationcredit.org

3 de outubro de 2025

Resumo

O Crédito de Regeneração é um sistema de financiamento (P2P) projetado para incentivar a regeneração de ecossistemas. A humanidade vem destruindo a Natureza há séculos, e nossa sobrevivência depende de trazer de volta a vida aos ecossistemas terrestres. O problema é que as pessoas atualmente têm mais incentivos econômicos para desmatar uma área e explorar seus recursos naturais do que para regenerá-la. O projeto visa criar uma renda adicional para pessoas que estão regenerando, para que possam vender a representação digital de seu impacto em troca de novos tokens após passarem por um inovador método de certificação peer-to-peer. Este paper descreve os problemas fundamentais dos sistemas existentes, apresenta a solução proposta e fornece uma especificação técnica dos contratos inteligentes do sistema.

1 Propósito

O processo de desmatamento e desertificação do território é assustador. Como será no futuro se mantivermos o ritmo de destruição? Quanta biodiversidade será perdida? Quanto CO_2 será emitido na atmosfera? Podemos ficar sem comida e água? Haverá vida na Terra se continuarmos neste ritmo? Podemos ser extintos?

Os humanos estão destruindo a Natureza: Esgotando os solos, poluindo a água, extinguindo a biodiversidade, emitindo muitos gases de efeito estufa. Infelizmente, estamos no caminho do colapso econômico e socioambiental. É um problema tão grande que afeta todos os seres vivos que aqui habitam e também todas as futuras gerações. A necessidade de mudança é urgente, e precisamos mudar antes que seja tarde demais. O nível de degradação ambiental é enorme. E o nível de regeneração de ecossistemas ainda é muito baixo. Quando invertermos este cenário e começarmos a regenerar uma área maior do que a que degradamos, estaremos a caminho de resolver as mudanças climáticas e a escassez de recursos pela causa, e não tratando os sintomas desta grave doença do Planeta. A missão do projeto é incentivar pessoas a trazer a vida de volta aos ecossistemas terrestres.

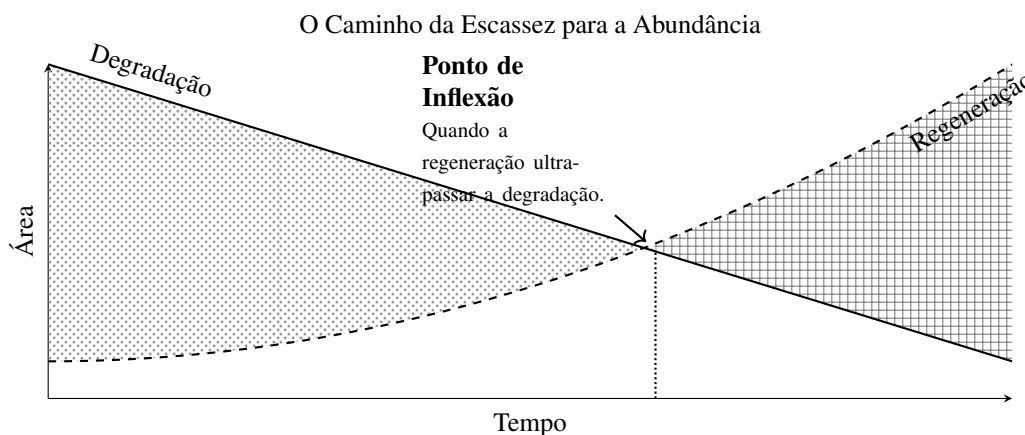


Figura 1: Um modelo conceitual comparando a área planetária em degradação (linha contínua) com a área em regeneração (linha tracejada) ao longo do tempo. O 'Ponto de Inflexão da Regeneração' marca o evento futuro onde as atividades regenerativas superam as degenerativas.

2 O Problema

O problema fundamental abordado é uma falha de mercado profundamente enraizada em nosso atual sistema econômico global: a precificação sistemicamente incorreta do capital natural e dos serviços ecossistêmicos essenciais que ele fornece. A civilização dominante construiu um paradigma onde os incentivos econômicos são distorcidos para a degradação do nosso Planeta, e não para sua regeneração.

No modelo econômico predominante, as indústrias extrativistas geram lucros significativos e imediatos ao tratar os ecossistemas não como ativos finitos e vitais, mas como insumos de baixo custo. A liquidação de uma floresta para a extração de madeira, o desmatamento de terras para a monocultura ou a poluição de um rio para a produção industrial gera retornos financeiros quantificáveis. Em contrapartida, os custos catastróficos de longo prazo associados a essas ações, como a erosão do solo, a perda de biodiversidade, a perturbação do clima local e o esgotamento dos recursos naturais, são compartilhados por todos. Esses custos não são precificados pelo mercado e são, em vez disso, arcados pela sociedade e, desproporcionalmente, pelas gerações futuras.

Ecossistemas saudáveis fornecem serviços contínuos e essenciais à vida: a purificação do ar e da água, a polinização de culturas, a formação de solo fértil e a regulação do nosso clima. Apesar de seu valor incalculável para a sobrevivência e a prosperidade humana, esses serviços carecem de um mecanismo de mercado para sua valoração e troca. Como resultado, não existe um incentivo econômico direto e escalável para que um indivíduo, uma família, uma comunidade ou um grupo preste ativamente o serviço de regenerar um ecossistema degradado.

Isso cria um perigoso desalinhamento de incentivos: é vastamente mais lucrativo degradar um ecossistema do que restaurá-lo. Essa falha sistêmica impulsiona um problema de escala global, levando ao colapso ecológico acelerado e representando um risco existencial para a viabilidade humana a longo prazo. O desafio central, portanto, não é a falta de compreensão científica ou o desejo por um Planeta mais saudável, mas a ausência de um motor econômico robusto que torne a regeneração uma escolha financeiramente superior à exploração extrativista de curto prazo.

3 Solução Proposta

Propomos um protocolo pessoa a pessoa (P2P) projetado para financiar diretamente o serviço ecossistêmico de regeneração planetária, criando um mercado transparente e globalmente acessível para este trabalho vital. O token nativo do protocolo, o Crédito de Regeneração, é distribuído com base em serviços ecológicos. Utilizando a tecnologia blockchain e contratos inteligentes autônomos, a arquitetura oferece um paradigma fundamentalmente novo para a ação climática e propõe uma reimaginação de como o valor ambiental é certificado, financiado e transacionado.

3.1 Princípios Centrais e Diferenciais

Governança Autônoma e Descentralizada. Diferentemente dos mercados de carbono convencionais, que são gerenciados por organizações centralizadas, este protocolo opera como uma utilidade pública em uma rede ponto a ponto (peer-to-peer). Não há uma empresa central, conselho de administração ou autoridade única que possa alterar unilateralmente as regras ou censurar participantes. Toda a governança, aplicação de regras e distribuição de valor são executadas por contratos inteligentes de código aberto, garantindo que o sistema permaneça neutro e alinhado com os interesses de sua comunidade.

Acesso Inclusivo e Impacto Social. O protocolo foi projetado para ser radicalmente inclusivo. Enquanto os mecanismos de certificação tradicionais frequentemente envolvem custos proibitivos que favorecem grandes proprietários de terras e plantações de monocultura, o sistema é otimizado para o regenerador de pequena escala, a agricultura familiar e as comunidades locais. Ao permitir que esses atores menores monetizem diretamente seus serviços ecossistêmicos, o protocolo não é apenas uma ferramenta ambiental, mas também um poderoso motor de impacto social e empoderamento econômico para populações rurais historicamente desassistidas.

Desintermediação Radical e Eficiência Econômica. Os pagamentos por serviços ambientais verificados são executados diretamente dos contratos inteligentes do protocolo para os endereços das carteiras (wallets) dos prestadores de serviço. Além disso, o protocolo facilita um mercado direto de pessoa a pessoa (peer-to-peer), onde os usuários que recebem a oferta primária de novos Créditos de Regeneração podem vendê-los diretamente aos *apoioadores*. Essa desintermediação radical garante que o máximo valor possível flua para os indivíduos e as comunidades que realizam o trabalho regenerativo. Consequentemente, o custo de participação é drasticamente reduzido, passando das centenas de milhares de dólares frequentemente exigidas para a certificação de projetos de

carbono tradicionais para o custo insignificante de algumas transações na blockchain necessárias para registrar e validar um projeto.

Transparência Incondicional e Código Aberto. Cada ação dentro do protocolo, incluindo todo registro de usuário, relatório de inspeção, compensação e transação de token, é registrada de forma imutável em uma blockchain pública. Isso cria uma trilha de auditoria permanente e universalmente acessível que contrasta fortemente com os bancos de dados proprietários e de acesso restrito dos órgãos de certificação existentes. Toda a base de código, incluindo todos os contratos inteligentes, é de código aberto.

4 Fundamentos Tecnológicos

As promessas de descentralização, transparência e governança autônoma do protocolo são possíveis graças a um conjunto específico de tecnologias. Compreender esses componentes centrais é essencial para entender como o sistema do Crédito de Regeneração opera sem uma autoridade central. A arquitetura se baseia em três pilares fundamentais: uma blockchain distribuída, contratos inteligentes autoexecutáveis e carteiras (wallets) controladas pelo usuário.

4.1 Pilar 1: Blockchain e Armazenamento Distribuído

Em sua essência, o protocolo opera em uma blockchain. Uma blockchain pode ser entendida contrastando-a com um banco de dados tradicional, que é como um único livro-razão mantido em um local central e protegido. Qualquer alteração deve passar pelo guardião central. Uma blockchain, no entanto, é um livro-razão distribuído. Em vez de um livro central, cada participante (ou "nó") na rede detém uma cópia idêntica e sincronizada de todo o livro-razão. Quando uma nova transação ocorre, ela é transmitida para toda a rede, verificada por seus participantes e, em seguida, adicionada como um novo bloco à cadeia de blocos existentes.

O protocolo foi projetado para operar na *Sintrop Impact Blockchain*[1], uma infraestrutura pública especificamente desenhada para hospedar o Crédito de Regeneração e outros projetos de alto impacto socioambiental.

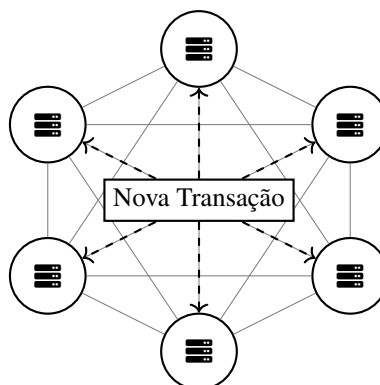


Figura 2: Uma rede distribuída de nós. Cada nó detém uma cópia de todas as transações já realizadas, e novas transações são validadas e armazenadas em toda a rede simultaneamente.

4.2 Pilar 2: Contratos Inteligentes como Lei Autônoma

Um contrato inteligente é um programa de computador armazenado diretamente na blockchain. Uma vez implantado, seu código não pode ser alterado e será executado exatamente como programado, sem a necessidade de qualquer intermediário humano. Esses contratos são o motor do protocolo do Crédito de Regeneração. Eles definem as regras para tudo: como um Regenerador pode registrar uma área, como os dados de um Inspetor são processados, como os tokens são distribuídos como recompensas e como as compensações (offsets) são registradas. Eles são o motor autônomo e transparente que gerencia todo o ecossistema. O protocolo completo é um sofisticado sistema composto por 22 contratos inteligentes interconectados.

4.3 Pilar 3: Carteiras (Wallets) como o Portal para a Rede

O pilar final conecta o usuário humano ao protocolo descentralizado. Essa conexão é feita por meio de uma carteira criptográfica (wallet). Uma carteira (wallet) é uma ferramenta digital — frequentemente uma extensão de navegador ou um aplicativo móvel — que permite a um indivíduo armazenar seus ativos digitais e interagir com a blockchain e seus contratos inteligentes. Crucialmente, o protocolo é "agnóstico em relação à carteira", portanto não fornece uma carteira proprietária, concedendo aos usuários a liberdade de escolher entre uma variedade de opções de código aberto bem estabelecidas e disponíveis no mercado. Desenvolvedores podem construir novas integrações de carteiras ao longo do tempo.

É vital entender que esse empoderamento vem com responsabilidade. Cada usuário tem a custódia exclusiva de sua própria carteira e das chaves secretas que a controlam. Ninguém tem a capacidade de congelar ou recuperar os fundos em caso de perda. Este princípio de autocustódia é a fundação da propriedade digital na web descentralizada. O usuário interage com o protocolo por meio de uma carteira digital de autocustódia em seu dispositivo pessoal.

5 Tokenomics

O tokenomics é baseado em três pilares centrais: uma oferta total fixa com uma alocação definida, um cronograma de emissão previsível inspirado no modelo de halving do Bitcoin[2], e um mecanismo deflacionário atrelado à utilidade principal do sistema.

5.1 Distribuição e Alocação de Tokens

O protocolo tem uma oferta total fixa de 1 310 000 000 tokens, garantindo que nenhum token a mais possa ser criado. Essa oferta é alocada a pools específicos, cada um com um propósito distinto, visando fomentar um ecossistema produtivo ao recompensar os participantes pelo serviço ambiental prestado. A alocação inicial é detalhada na Tabela 1.

Tabela 1: Alocação dos Tokens

Pool / Alocação	Quantidade	% da Oferta Total
Pool de Regeneradores	750 000 000	57.25%
Pool de Inspetores	230 000 000	17.56%
Pool de Pesquisadores	40 000 000	3.05%
Pool de Desenvolvedores	40 000 000	3.05%
Pool de Contribuidores	40 000 000	3.05%
Pool de Ativistas	40 000 000	3.05%
Pool de Validação	10 000 000	0.76%
<i>Contribuidores pré-lançamento</i>	<i>160 000 000</i>	<i>12.23%</i>
Oferta Total	1 310 000 000	100.00%

5.2 Cronograma de Emissão: Épocas e Halving

A distribuição de tokens das pools segue um cronograma de emissão predeterminado. A linha do tempo do sistema é estruturada em *Eras* e *Épocas* (Epochs), onde uma Época consiste em 12 Eras e cada Era consiste em 1 152 000 blocos. Com o tempo médio de bloco estimado em 13 segundos, cada Era tende a durar aproximadamente seis meses, e uma Época, aproximadamente seis anos. Após cada Época, as recompensas em tokens emitidas por Era são reduzidas em 50%. Por exemplo, a *Pool de Regeneradores* começa emitindo 31 250 000 tokens por Era durante a primeira Época. Essa quantidade é reduzida pela metade em cada Época subsequente, como um cronograma de emissão decrescente, ilustrado na Figura 3. Este princípio se aplica proporcionalmente a todas as pools.

5.3 Mecanismo de Compensação e Caminho para a Deflação

A utilidade primária do Crédito de Regeneração é servir como o instrumento para a compensação ambiental. Isso é executado usando uma função de *queima* (burn), que remove permanentemente os tokens queimados de circulação. À medida que o mecanismo de halving reduz as emissões de tokens e a adoção da plataforma aumenta

a taxa de queima, o número de tokens queimados poderá exceder o número de novos tokens sendo emitidos. Essa transição é conceituada na Figura 3.

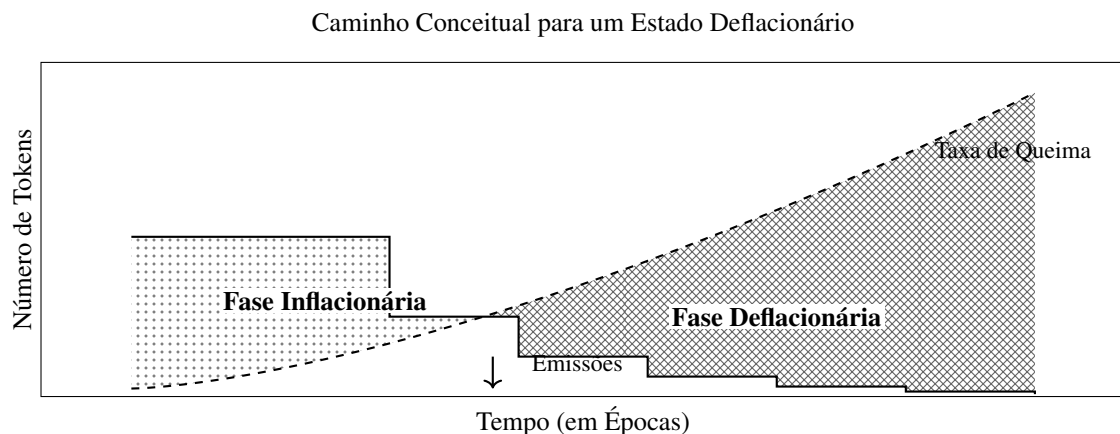


Figura 3: A relação entre o cronograma de emissão decrescente (linha contínua) e a taxa de queima impulsionada pela adoção (linha tracejada).

6 Recompensa por Serviços Ambientais

O sistema é um ecossistema dinâmico onde os participantes realizam voluntariamente ações específicas para contribuir com valor e, por sua vez, aumentar seu nível para reivindicar recompensas. Para cada usuário, uma ação específica aumenta um nível, e esses níveis são usados para calcular a distribuição de tokens. *Inspetores* aumentam seu nível após cada inspeção realizada, *Pesquisadores* após a publicação de uma pesquisa, *Contribuidores* e *Desenvolvedores* após a publicação de relatórios, *Ativistas* quando seus usuários convidados completam três inspeções e *Regeneradores* com o resultado de árvores e espécies das inspeções recebidas.

Para determinar a distribuição, o protocolo calcula a soma de todos os níveis de um determinado tipo em uma determinada Era. A recompensa de um usuário individual é então calculada como sua participação percentual neste pool de níveis total, multiplicada pelo total de tokens disponíveis para aquele pool naquela Era.

Essa distribuição proporcional pode ser expressa pela seguinte fórmula:

Seja:

- $R_{u,t,e}$ a recompensa em tokens para um usuário específico u do tipo t na Era e .
- $L_{u,t,e}$ o Nível do usuário u do tipo t na conclusão da Era e .
- $P_{t,e}$ a pool total de recompensa em tokens disponível para o tipo de usuário t na Era e .
- $\sum L_{t,e}$ a soma dos níveis de todos os usuários ativos do tipo t na conclusão da Era e .

A recompensa para o usuário u é calculada como:

$$R_{u,t,e} = \left(\frac{L_{u,t,e}}{\sum L_{t,e}} \right) \times P_{t,e}$$

Este mecanismo cria um vínculo direto, transparente e imposto algoritmicamente entre as ações de longo prazo e de agregação de valor de um usuário (que aumentam seu nível) e seu retorno econômico, incentivando a participação de alta qualidade no ecossistema.

7 Metodologia

A metodologia do protocolo foi projetada para superar as falhas sistêmicas das formas centralizadas de certificação ambiental. Ela alcança isso por meio de uma estrutura inovadora para coleta, verificação e medição de impacto pessoa a pessoa (peer-to-peer). Essa estrutura é intencionalmente simplificada para viabilidade on-chain e prioriza o progresso transparente e direcionalmente preciso em detrimento de uma precisão opaca e muitas vezes enganosa.

7.1 Uma Mudança de Paradigma: Direção em Vez de Precisão

Os mercados contemporâneos de ativos ambientais, particularmente no espaço voluntário de carbono, são frequentemente criticados por sua opacidade, altos custos de intermediação e integridade questionável dos créditos[4]. Muitas tentativas de resolver esses problemas focam no desenvolvimento de metodologias cada vez mais complexas e de uso intensivo de dados para alcançar maior precisão, por exemplo, na quantificação do sequestro de carbono. No entanto, essa busca pela precisão muitas vezes falha em abordar os problemas sistêmicos subjacentes de confiança e transparência.

O protocolo propõe uma mudança de paradigma. Postulamos que, para um sistema descentralizado funcionar eficazmente, o elemento mais crítico não é a precisão absoluta de seus resultados, mas a integridade verificável e o vetor positivo de seus processos. O objetivo central é incentivar o *processo de sucessão e regeneração ecológica*, uma meta para a qual a medição perfeita não é apenas impraticável, mas também secundária ao objetivo principal de catalisar ações tangíveis e positivas. O protocolo troca deliberadamente um grau de granularidade metodológica por transparência, verificabilidade e acessibilidade radicais. Ele prioriza a confiança e a transparência por meio de um modelo direcionalmente preciso, enquanto os sistemas existentes frequentemente priorizam precisão enquanto sofrem de baixa confiança.

7.2 O Processo de Sucessão Natural e Indicadores Centrais

A metodologia está fundamentada no princípio ecológico da sucessão natural: o processo pelo qual um ecossistema perturbado ou degradado evolui para um estado mais complexo e estável[5]. O protocolo não recompensa o estado estático de uma área preservada; ele recompensa o serviço ativo de acelerar esse caminho sucessional natural.

Os indicadores centrais, *Árvores/Plantas e Espécies*, são indicadores simples e universalmente compreensíveis para a saúde de um ecossistema. Embora não capturem a complexidade total, eles fornecem um sinal robusto e verificável de que o processo de sucessão natural está sendo ativamente buscado.

7.3 O Ciclo de Vida da Inspeção

O protocolo opera através de um sistema de coleta e verificação de dados de pessoa a pessoa (peer-to-peer). O ciclo de vida da inspeção garante que cada inspeção seja solicitada, aceita e realizada de acordo com um conjunto de regras claro e transparente, que são as mesmas para todos os usuários.

O processo é iniciado por um *Regenerador* registrado, o provedor do serviço ambiental, que solicita formalmente uma auditoria no local de sua área, podendo solicitar apenas uma inspeção por vez. O trabalho de um *Regenerador* deve ser validado por meio de um mecanismo obrigatório que exige um mínimo de três inspeções bem-sucedidas realizadas por três *Inspetores* distintos. Após esta fase inicial de validação, inspeções subsequentes são permitidas uma vez por Era, até um máximo vitalício de seis, para acompanhar o progresso a longo prazo.

Uma vez que uma inspeção é solicitada, ela entra em um conjunto de solicitações abertas. Os inspetores podem aceitar uma solicitação apenas se não tiverem outra inspeção ativa e precisam esperar 6000 blocos entre inspeções consecutivas. Para evitar fraudes, um *Inspetor* é proibido de inspecionar o mesmo *Regenerador* mais de uma vez. Além disso, o sistema impõe várias restrições baseadas em tempo, incluindo um atraso após a solicitação ser feita antes que possa ser aceita, e um período de bloqueio perto do final de uma Era para garantir que todas as inspeções aceitas possam ser concluídas e revisadas pela comunidade antes da finalização.

Após aceitar uma solicitação, o *Inspetor* designado é responsável por realizar a auditoria no local e enviar seus resultados antes do prazo de expiração da inspeção. O envio é uma transação que inclui as duas métricas quantitativas centrais — a *contagem de árvores* e a *contagem de biodiversidade* — ambas sujeitas a valores máximos definidos pelo protocolo. O *Inspetor* também deve enviar evidências qualitativas, incluindo um *relatório de justificativa* detalhado e hashes criptográficos de *fotos de comprovação*, que servem como evidência verificável para a revisão da comunidade. Após o envio bem-sucedido, a inspeção é marcada como concluída e seus dados são usados para calcular a *Pontuação de Regeneração*. Além disso, o inspetor deve completá-la em 50 000 blocos. Se não for realizada durante este tempo, uma desistência é atribuída ao inspetor, e com 4 delas, o usuário é bloqueado do sistema.

7.4 O Mecanismo de Pontuação do Índice de Regeneração

Para padronizar a avaliação, o protocolo emprega um contrato inteligente, o *RegenerationIndexRules.sol*, que converte os dados brutos das inspeções em uma pontuação única e quantificável. Este contrato serve como um livro de regras imutável e on-chain que define os critérios oficiais de pontuação. O índice é construído sobre dois indicadores centrais e verificáveis: a quantidade de árvores e o nível de biodiversidade.

Árvores Este indicador mede a quantidade total de árvores, palmeiras e outras plantas significativas (definidas como tendo mais de 1 metro de altura e 3 centímetros de diâmetro) dentro da área de regeneração designada. Serve como um indicador direto para o acúmulo de biomassa e a estrutura física do ecossistema em recuperação.

Biodiversidade Este indicador mede o número de espécies distintas entre as plantas qualificadas descritas acima. Atua como um indicador para a riqueza e resiliência ecológica da área, recompensando a diversidade em detrimento de plantações em monocultura.

Para cada uma das duas categorias, o número bruto relatado pelo Inspetor é mapeado para um dos sete "Níveis do Índice de Regeneração". Cada nível tem um nome e um valor de pontos correspondente. Os limiares específicos necessários para alcançar cada nível são definidos no contrato e apresentados na Tabela 2 e na Tabela 3.

Tabela 2: Limiares de Pontuação para a Categoria **Árvores**

Contagem de Árvores Exigida	Nível Atribuído	Pontos Concedidos
≥ 50.000	REGENERATIVO 6	32
$25.000 \leq \text{contagem} < 50.000$	REGENERATIVO 5	16
$12.500 \leq \text{contagem} < 25.000$	REGENERATIVO 4	8
$6.250 \leq \text{contagem} < 12.500$	REGENERATIVO 3	4
$3.125 \leq \text{contagem} < 6.250$	REGENERATIVO 2	2
$20 \leq \text{contagem} < 3.125$	REGENERATIVO 1	1
< 20	NEUTRO	0

Tabela 3: Limiares de Pontuação para a Categoria **Biodiversidade**

Contagem de Espécies Exigida	Nível Atribuído	Pontos Concedidos
≥ 160	REGENERATIVO 6	32
$80 \leq \text{contagem} < 160$	REGENERATIVO 5	16
$40 \leq \text{contagem} < 80$	REGENERATIVO 4	8
$20 \leq \text{contagem} < 40$	REGENERATIVO 3	4
$10 \leq \text{contagem} < 20$	REGENERATIVO 2	2
$5 \leq \text{contagem} < 10$	REGENERATIVO 1	1
< 5	NEUTRO	0

A PontuaçãoDeRegeneração final para uma determinada inspeção é calculada como a soma dos pontos concedidos para cada uma das duas categorias.

$$\text{PontuaçãoDeRegeneração} = \text{Pontos}_{\text{Árvores}} + \text{Pontos}_{\text{Biodiversidade}}$$

Essa pontuação resultante serve como uma entrada chave para os mecanismos de distribuição de recompensas do protocolo, criando um vínculo direto entre resultados ecológicos verificáveis e os incentivos econômicos para o *Regenerador*. Como resultado do índice, para aumentar as recompensas, um Regenerador deve prestar serviços que guiem a área na direção de se tornar uma floresta extremamente densa e biodiversa.

7.5 Métodos de Avaliação Off-chain

Para preencher a lacuna entre a análise complexa do mundo real e os indicadores simplificados on-chain, o protocolo permite a integração de métodos de avaliação off-chain. São ferramentas e metodologias, propostas e registradas por *Pesquisadores*, projetadas para auxiliar os *Inspetores* em seu trabalho de coleta de dados.

Esses métodos podem variar desde aplicações simples — como um aplicativo móvel que facilita a estimativa da contagem de árvores por amostragem estatística — até sistemas mais avançados que utilizam tecnologias como análise de imagens de satélite ou drone. Um requisito crítico para qualquer método registrado é que ele deve produzir um relatório detalhado e transparente contendo os dados brutos coletados, os cálculos realizados e uma justificativa clara para os números finais. Este relatório é então enviado pelo *Inspetor* como evidência para sua transação on-chain.

O protocolo não impõe um método único; em vez disso, fomenta um mercado aberto de ferramentas. Isso permite aos *Inspetores* a autonomia para escolher o método registrado mais adequado para as condições específicas de cada área que auditam, incentivando a inovação contínua nas técnicas de coleta de dados.

7.6 O Lastro Ecológico do Token

O protocolo foi projetado para traduzir as ações distribuídas de seus participantes em uma medida unificada e transparente de conquista coletiva. As seguintes métricas on-chain são agregadas de todos os dados validados para representar o valor ecológico total gerado pela rede. Este impacto agregado serve como o lastro ecológico intrínseco e verificável para o token nativo. As métricas centrais são resumidas na Tabela 4. Elas são divididas em duas categorias: impacto total em toda a rede e o impacto normalizado por token, que representa o valor intrínseco de cada unidade individual.

Tabela 4: Métricas de Regeneração On-Chain

Métrica	Descrição e Derivação
<i>Métricas de Impacto Total da Rede</i>	
Área Total em Regeneração (A_{total})	A soma cumulativa das áreas registradas de todos os Regeneradores válidos no sistema.
Total de Árvores do Sistema (T_{total})	Esta métrica é a contagem média de árvores de todas as inspeções válidas passadas, multiplicada pela quantidade de Regeneradores que as receberam.
Biodiversidade Total do Sistema (B_{total})	Esta métrica é a contagem média de espécies de todas as inspeções, multiplicada pela quantidade de Regeneradores que as receberam.
Carbono Total Sequestrado (Est.) (C_{total})	Uma estimativa derivada do Total de Árvores do Sistema (T_{total}) usando uma constante definida pelo protocolo.
<i>Métricas de Impacto Derivadas por Token</i>	
ÁreaPorToken	A parcela da área total em regeneração que lastreia cada token, calculada como A_{total}/S_{eff} .
ÁrvoresPorToken	A parcela do total de árvores do sistema que lastreia cada token, calculada como T_{total}/S_{eff} .
BiodiversidadePorToken	A parcela da biodiversidade total do sistema que lastreia cada token, calculada como B_{total}/S_{eff} .
CarbonoPorToken	A parcela do carbono total sequestrado que lastreia cada token, calculada como C_{total}/S_{eff} .

O cálculo para a estimativa de sequestro de carbono é intencionalmente simplificado para garantir a viabilidade on-chain e baixo custo computacional.

A Constante de Sequestro de Carbono

$$\text{CARBONO_POR_ÁRVORE} = 100.000 \text{ [gramas]}$$

Esta constante representa uma aproximação grosseira e deliberada de 100kg de CO₂ sequestrado por árvore qualificada durante seu período de crescimento. Embora o valor real varie imensamente por espécie, bioma e outros fatores, essa padronização é uma troca necessária para permitir um mecanismo de certificação descentralizado, funcional e de baixo custo. O foco permanece em recompensar o ato verificável de regeneração, sendo o valor do carbono apenas uma métrica derivada.

No contexto das métricas derivadas, a Oferta Efetiva de Tokens (S_{eff}) é definida como o número total de tokens que foram distribuídos, incluindo tanto a oferta circulante quanto tokens que foram queimados. O objetivo final do ciclo econômico do protocolo é garantir que essas métricas por token aumentem ao longo do tempo, tornando cada token progressivamente mais valioso em termos de seu impacto ecológico no mundo real.

7.7 Transparência Radical

Um princípio fundamental desta metodologia é a transparência inabalável. Todos os dados enviados pelos *Inspectores* e os resultados são permanentemente registrados na blockchain. Isso permite que qualquer pessoa audite a totalidade do impacto reivindicado pela rede, fomentando um nível de confiança que é inatingível em sistemas centralizados e de banco de dados fechado.

8 O Mecanismo de Compensação

Enquanto a seção de Tokenomics descreve como este valor é distribuído como tokens, esta seção detalha como esse valor é finalmente realizado e reivindicado. A ponte entre a criação de valor e a realização de valor é o ato de compensar, queimando tokens em troca de um certificado de compensação.

8.1 Certificado de Impacto

Qualquer detentor do Crédito de Regeneração pode optar por remover permanentemente seus tokens de circulação. Essa ação irreversível é referida de forma intercambiável como *queimar*, *aposentar* ou *compensar*. Ao executar uma transação de ‘queima’ (burn), um usuário efetivamente reivindica o valor ecológico subjacente representado por esses tokens.

Essa ação é mais do que uma simples transação; é uma declaração pública de apoio à regeneração planetária, permanentemente registrada na blockchain. Como prova dessa contribuição, o protocolo gera um registro on-chain que pode ser renderizado como um certificado de impacto público. Os valores de impacto no certificado são calculados multiplicando a quantidade de tokens queimados pelas métricas de “Impacto por Token”. Este certificado serve como um testemunho imutável da contribuição do detentor.

8.2 A Calculadora de Impacto

Projetada para *Apoiadores*, o protocolo apresenta uma Calculadora de Impacto. Esta ferramenta é populada por *Pesquisadores*, que podem publicar itens de impacto baseados na literatura científica. Por exemplo, um *Pesquisador* pode adicionar uma entrada para “Gasolina”, detalhando seu impacto de carbono (ex: 2.700g de CO₂ por litro) e citando a tese de suporte.

Um apoiador também pode declarar publicamente sua intenção de reduzir o consumo de itens específicos da calculadora. Este compromisso é exibido em seu perfil público, adicionando uma camada de responsabilidade social.

Além de uma ‘queima’ genérica, a função aberta e irrestrita sem um mínimo de tokens para compensar, um Apoiador pode executar uma transação de ‘compensação’ (offset) direcionada e vinculada a um item específico da calculadora. Para compensar um item específico, é necessário um mínimo de um token. Opcionalmente, o usuário pode adicionar uma mensagem à publicação da compensação, como seu relatório anual de sustentabilidade, o que está fazendo para reduzir o impacto de seus hábitos e processos, ou uma mensagem para a comunidade. Isso permite que eles declarem, por exemplo, “Estou queimando estes 10 tokens especificamente para compensar meu consumo de gasolina este mês”.

O perfil público de um Apoiador apresenta um “Nível”, que está diretamente ligado ao número total de tokens que ele queimou. Ao assumir compromissos e executar compensações direcionadas, eles não apenas aumentam seu nível, mas também constroem um certificado público mais detalhado e convincente de suas contribuições.

8.3 A Visão: Um Círculo Virtuoso para uma Economia Regenerativa

O objetivo final deste mecanismo é criar um ciclo de retroalimentação positiva — um círculo virtuoso que impulsiona uma economia regenerativa. Este ciclo, ilustrado na Figura 4, conecta todos os participantes e alinha seus incentivos em direção a um objetivo comum.

O motor deste ciclo é a demanda do consumidor. À medida que consumidores e investidores favorecem cada vez mais empresas que podem comprovar seu impacto ambiental positivo de forma verificável, a demanda pelo certificado de impacto imutável do protocolo cresce. Isso leva empresas e indivíduos (Apoiadores) a comprar tokens diretamente de *Regeneradores* e outros membros da comunidade. Esses tokens são então queimados para gerar os certificados e selos verificáveis que podem ser usados em seus produtos e relatórios.

Essa demanda de mercado financia diretamente a expansão de projetos de regeneração, o que, por sua vez, aumenta o impacto ecológico total que lastreia todo o sistema. À medida que o impacto total cresce em relação a um cronograma de emissão fixo, a métrica de *Impacto por Token* aumenta, tornando cada compensação mais poderosa e criando uma razão convincente para que novos participantes se juntem à economia regenerativa. O resultado pretendido é uma mudança de paradigma onde a responsabilidade ecológica se torna um novo padrão para uma forma de capitalismo mais verde e transparente.

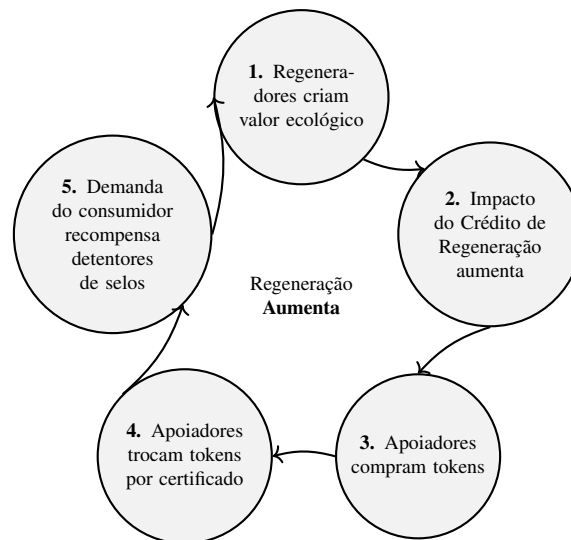


Figura 4: O Círculo Virtuoso da Economia Regenerativa.

9 Arquitetura da Comunidade

O protocolo é uma estrutura de um sistema vivo, uma nova proposta de relação social. Seu sucesso a longo prazo depende de uma arquitetura bem definida de funções, responsabilidades e mecanismos de governança que alinham incentivos e capacitam a comunidade a se autorregular. Como prova de identidade, os usuários, com exceção do apoiador, devem fornecer o hash de uma foto de comprovação no momento do registro, que será usada como identificação e prova de identidade.

9.1 Usuários e Funções

Regeneradores O Regenerador está no centro da criação de valor do protocolo. Sua jornada é focada em registrar seu trabalho on-chain e tê-lo reconhecido de forma verificável pela comunidade. Para começar, um potencial Regenerador deve ser convidado por um Ativista. Ao aceitar, ele envia as coordenadas geográficas de sua área de regeneração para o protocolo. Para a área, é exigido um mínimo de 2500m² e um máximo de 1 000 000m² ou 100ha. O protocolo requer um mínimo de três inspeções válidas para que o Regenerador alcance o status de "Validado". Uma vez validado, ele se torna elegível para reivindicar tokens, com base em sua PontuaçãoDeRegeneração média, recebendo até seis inspeções para concluir o processo de certificação.

Inspetores A função do Inspetor é coletar os dados que sustentam todo o protocolo. Após ser convidado por um Ativista, o primeiro objetivo de um Inspetor é se tornar totalmente validado. Para alcançar isso e se tornar elegível para recompensas, ele deve primeiro completar com sucesso três inspeções. Depois disso, pode realizar inspeções sucessivas em novas áreas, com um atraso de blocos obrigatório entre cada ação. Cada inspeção validada com sucesso contribui com um nível.

Pesquisador Os Pesquisadores contribuem para a base científica do protocolo. Seu nível aumenta a cada publicação de pesquisa que adicionam ao sistema. Eles também são responsáveis por popular a Calculadora de Impacto com novos itens. Além disso, cada Pesquisador tem permissão para propor um único método de avaliação off-chain para auxiliar os Inspetores, fomentando a inovação na coleta de dados. Adicionalmente, eles fazem parte da camada de governança do protocolo, com direito de voto.

Ativistas Os Ativistas são os catalisadores para o crescimento da comunidade. Sua função é convidar novos Regeneradores e Inspetores, sujeito a um atraso de tempo entre os convites. Os incentivos do Ativista estão diretamente alinhados com o sucesso de seus convidados: um Ativista ganha um nível cada vez que um de seus usuários convidados se torna totalmente validado, ao completar suas três primeiras inspeções.

Desenvolvedores Responsáveis pelo desenvolvimento técnico do protocolo. Sua principal ação on-chain é publicar relatórios de desenvolvimento. Esses relatórios devem documentar o trabalho off-chain que realizaram, como atualizações de código, correções de bugs, suporte técnico e desenvolvimento de aplicações. Adicionalmente, fazem parte da camada de governança do protocolo, com direito de voto.

Contribuidores O Contribuidor pode prestar um serviço de contribuição geral. Sua principal ação on-chain é publicar relatórios de contribuição. Esses relatórios devem documentar o trabalho off-chain que realizaram, como gerenciamento de comunidade, criação de documentação, suporte, tradução e qualquer outro serviço que possa ajudar o protocolo. Adicionalmente, fazem parte da camada de governança do protocolo, com direito de voto.

Apoiadores Sua função principal é fornecer o combustível econômico para o ecossistema, comprando tokens de outros usuários e queimando-os para financiar a regeneração. Apesar de não ser necessário convite prévio e ser o único tipo de usuário com cadastro livre, os Apoiadores têm um mecanismo de indicação no qual apoiadores registrados podem convidar novos usuários para o sistema e receber uma comissão fixa de cinco por cento sobre os tokens que seus convidados compensarem através da função de compensação (offset).

9.2 Limite da Comunidade

Para garantir uma operação sustentável, o protocolo estabelece limites máximos de usuários para as funções chave. Esses limites, detalhados na Tabela 5, asseguram que as camadas de governança e operação da rede possuam um valor máximo para limitar seu crescimento. Para a camada de governança, novas vagas são liberadas somente quando usuários maliciosos ou inativos são invalidados. Para os *Regeneradores*, novas vagas também são liberadas quando os usuários existentes concluem o processo de certificação. Portanto, há um número total ilimitado para eles, mas limitado por um número máximo de usuários atualmente em certificação.

Tabela 5: Limites de Usuários

Função	Número Máximo
Regenerador	500.000
Ativista	16.000
Pesquisador	16.000
Desenvolvedor	16.000
Contribuidor	16.000

9.3 Convites

O protocolo emprega um sofisticado modelo de convite, com múltiplas camadas e barreiras de segurança. Com exceção do *Apoiador*, cujo registro é livre para incentivar a participação das pessoas e empresas, todas as outras funções operacionais exigem um convite válido para ingressar na rede.

O sistema de convites em si é específico para cada função, a fim de garantir um crescimento controlado. A função do *Ativista* é exclusivamente capacitada para convidar os principais participantes operacionais: novos *Regeneradores*, *Inspetores* e outros *Ativistas*. Em contraste, funções especializadas como *Desenvolvedor*, *Contribuidor* e *Pesquisador* são autopropagáveis, o que significa que os membros existentes são responsáveis por convidar novas pessoas do mesmo tipo.

Rastreabilidade e Penalidades. Cada convite é uma transação on-chain que vincula permanentemente quem convida a quem é convidado, criando uma árvore genealógica transparente de toda a comunidade. Essa rastreabilidade é necessária para investigações e a potencial invalidação de ramos maliciosos. Se um usuário convidado for posteriormente invalidado pela comunidade por comportamento malicioso, quem o convidou originalmente recebe automaticamente uma penalidade de convite. Ao acumular cinco penalidades, o direito de um usuário de emitir novos convites é suspenso, garantindo que os participantes sejam responsabilizados pela qualidade dos membros que trazem para a rede.

O Requisito de Nível. O direito de convidar não é uma permissão padrão, mas um privilégio conquistado. Um usuário só tem permissão para emitir um novo convite se seu próprio Nível estiver acima do nível médio atual de todos os usuários de seu mesmo tipo. Essa regra é uma defesa poderosa contra ataques Sybil recursivos.

Convites com Trava de Tempo. Para prevenir tentativas de integração rápidas e em grande escala, um atraso de tempo obrigatório é imposto entre os convites de um usuário. O protocolo exige que um usuário espere um número predeterminado de blocos (especificamente 100.000) antes que possa emitir um convite subsequente. Este mecanismo atua como um simples limite na taxa de crescimento da rede. Para um *Ativista* convidar um Regenerador ou Inspetor, este tempo é muito menor, de 3000 blocos apenas, para facilitar o crescimento da rede.

Regras de Proporcionalidade. Camada que garante a saúde demográfica do ecossistema. O número de vagas está algoritmicamente ligado ao número de *Regeneradores* ativos, os criadores primários de valor. Para funções centradas na governança (*Ativista, Desenvolvedor, Contribuidor, Pesquisador*), uma nova vaga é criada para cada 10 novos *Regeneradores*. Para a função de *Inspetor*, uma proporção diferente se aplica: 20 vagas de Inspetor são permitidas para cada. Isso garante que as camadas de governança e verificação do protocolo escalem em proporção direta à sua base produtiva.

Convites inválidos. Quando um usuário é invalidado, ou quando atinge o máximo permitido de penalidades por convite, todos os convites emitidos por esse usuário se tornam inválidos e, portanto, os convidados não podem mais se registrar no protocolo.

10 Sistema de Validação e Governança

O protocolo incorpora um sistema imunológico impulsionado pela comunidade para se autopoliciar e manter a integridade da rede. Um conjunto específico de funções de usuário — *Desenvolvedor, Pesquisador e Contribuidor* — forma a “Classe Votante”. Esses participantes são capacitados a votar para invalidar usuários, inspeções e recursos de usuários. Uma votação bem-sucedida, que requer um limiar específico baseado no número total de votantes ativos, resulta em um usuário sendo movido para o estado *Negado* (Denied), sendo bloqueado do sistema. Semelhante à lógica de convite, o direito de invalidar é um privilégio conquistado, concedido a usuários com ‘Nível’ acima do nível médio atual dos usuários de seu mesmo tipo.

O processo de governança não é contínuo, mas opera em períodos de tempo cíclicos conhecidos como *Eras*. Cada Era funciona como uma rodada autônoma para a criação de recursos, revisão da comunidade e finalização. Isso cria uma dinâmica semelhante a “passar de fase” em um jogo, onde as ações dentro de um nível são resolvidas antes de progredir para o próximo. Este mecanismo cíclico é ilustrado na Figura 5.

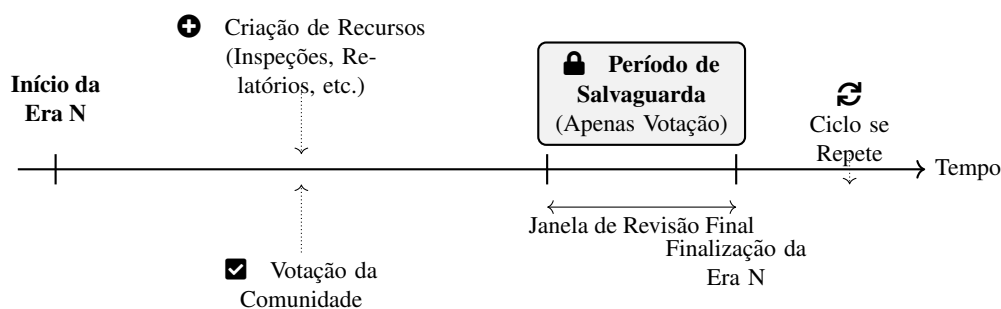


Figura 5: O ciclo de vida de uma Era, ilustrando as fases distintas de criação, revisão e finalização do processo de validação.

Penalidades máximas. Cada recurso invalidado gera uma penalidade para seu criador. Com três penalidades, o usuário é bloqueado do sistema.

Revisão com Prazo Definido. Qualquer recurso criado dentro de uma determinada Era só pode ser contestado e submetido a um voto de invalidação dentro da mesma Era. Uma vez que uma Era termina, todos os recursos daquele período que não foram invalidados com sucesso são considerados finais e imutáveis. Suas recompensas associadas tornam-se então reivindicáveis de forma segura pelos participantes.

Período de Revisão. Para garantir que a comunidade tenha tempo adequado para revisar as submissões, um “período de salvaguarda”, consistindo em um número definido de blocos, é aplicado no final de cada Era. Durante esta janela final, novos recursos não podem ser enviados, impedindo que entradas de última hora evitem o processo de revisão da comunidade.

Reinicialização de Votos. As invalidações para usuários são reiniciadas no início de cada nova Era, garantindo que cada período comece com votos zerados.

10.1 Pool de Validação

Embora os membros da Classe Votante possuam um interesse intrínseco em manter a integridade da rede para preservar o valor do token, a Pool de Validação foi projetada para fornecer uma camada adicional de incentivo

econômico para suas atividades de governança. Essa remuneração pelo serviço vital de manutenção do sistema é distribuída por meio de dois mecanismos principais.

O Mecanismo do Caçador (Hunter). O primeiro método recompensa a identificação proativa de usuários maliciosos. O primeiro votante a iniciar um processo de invalidação contra um usuário dentro de uma determinada Era é designado como o *Caçador* (Hunter). Se a comunidade invalidar com sucesso o usuário alvo, o Caçador é recompensado com um nível na Pool de Validação. Essa função incentiva os participantes a realizar trabalho investigativo, identificar violações do protocolo e abrir delações contra atores que operam contrariamente aos interesses da comunidade. O Caçador é, portanto, encorajado não apenas a lançar o voto inicial, mas também a fazer campanha pela invalidação, apresentando suas descobertas a outros votantes, o que pode ser feito publicamente através do mecanismo de delação.

Pontos de Validação. O segundo método recompensa a participação consistente na governança. Para cada voto lançado — seja em um usuário ou em um recurso — um participante recebe um Ponto de Validação. Esses pontos são cumulativos. Ao acumular 50 pontos, um votante pode chamar a função `exchangePointsForLevel()` para trocá-los por um nível na Pool de Validação. Isso estabelece uma taxa de conversão direta onde 50 votos equivalem a um nível, recompensando o engajamento ativo e contínuo no processo de validação.

11 Conclusão

Apresentamos o design de uma rede pessoa a pessoa (peer-to-peer) para incentivar coletivamente a regeneração de ecossistemas. O problema abordado é a precificação sistemicamente incorreta do capital natural e dos serviços ecossistêmicos essenciais que ele fornece. A arquitetura oferece um novo paradigma para a ação climática e propõe uma reimaginação fundamental de como o valor ambiental é certificado, financiado e transacionado.

É um convite para construir um mundo no qual a regeneração se torne o padrão da vida. Estamos em um momento crucial, no qual devemos escolher entre um futuro de escassez impulsionado pela degradação ou um de abundância impulsionado pela regeneração.

Referências

- [1] A. Ravagnani, "Sintrop: A Blockchain for Social and Environmental Impact Applications," March 2025.
<https://www.sintrop.com/docs/whitepaper/sintrop-whitepaper-en.pdf>
- [2] S. Nakamoto, "Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System," October 2008.
<https://bitcoin.org/bitcoin.pdf>
- [3] V. Buterin, "Ethereum: A Next-Generation Smart Contract and Decentralized Application Platform," 2014.
<https://ethereum.org/en/whitepaper/>
- [4] P. Greenfield, "Revealed: more than 90 percent of rainforest carbon offsets by biggest provider are worthless, analysis shows," The Guardian, January 2023.
<https://www.theguardian.com/environment/2023/jan/18/revealed-forest-carbon-offsets-biggest-provider-worthless-verra-aoe>
- [5] Fernando Rebello, Daniela Sakamoto, "Syntropic Agriculture According to Ernst Götsch," 2022.
<https://www.cepeas.org/>

12 Aviso Legal

O Crédito de Regeneração é um token de utilidade projetado exclusivamente para funcionar dentro do protocolo. Seu propósito é servir como um instrumento para a verificação e compensação de impacto ambiental, conforme descrito neste documento. O protocolo é altamente experimental. Ele introduz um novo conceito com um design de contratos inteligentes nunca antes testado na prática. Antes de participar no protocolo, é essencial compreender os riscos inerentes devido à natureza experimental do projeto.