**Principais Objetivos**

1. Automatizar emissão, rastreamento e negociação de RECs via blockchain.
2. Eliminar intermediários e fraudes no mercado de energia renovável.
3. Criar um modelo tokenizado (ERC-20) para certificados, garantindo imutabilidade e auditoria pública.

**Informações Relevantes**

* **Arquitetura**:
  + **Camada de Usuário**: Interface Python/Tkinter para interação com a blockchain.
  + **Camada Blockchain**: Rede Ethereum (Ganache) com contratos inteligentes para emissão, transferência e arquivo de REC.
  + **Camada Utilitária**: Integração com fontes de dados de geração energética em tempo real.
* **Tecnologias**:
  + **Solidity**: Contratos ERC-20 com funções customizadas (issueREC, retireREC).
  + **Web3.py**: Conexão entre interface Python e blockchain.
  + **Ganache**: Ambiente de teste para simulação de transações.

**Impactos**

| **Tecnológico** | **Negócio** |
| --- | --- |
| Redução de custos operacionais | Atração de investidores via tokenização |
| Transparência auditável em tempo real | Expansão de mercados secundários de REC |
| Eliminação de dupla contagem | Compliance com padrões LEED e GHG Protocol. (ESG) |

**Crítica Técnica**

1. **Escalabilidade e Custos**:
   * **Problema**: Ethereum Mainnet tem alto custo de gas e baixa throughput (~15 TPS).
   * **Solução**: Migrar para redes Layer 2 (Polygon, Arbitrum) ou sidechains (Binance Smart Chain) pode reduzir drasticamente os custos (~90%).
2. **Integração com IoT**:
   * **Problema**: Dependência de fontes centralizadas para dados de geração.
   * **Solução**: Acoplar sensores IoT (ex: medidores inteligentes) diretamente à blockchain via Chainlink.
3. **Padrão Token**:
   * **Problema**: ERC-20 não suporta metadados complexos (ex: localização geográfica de usinas de geração de energia).
   * **Solução**: Adotar ERC-1155 para tokens semi-fungíveis com atributos customizáveis.
4. **Governança**:
   * **Problema**: Controle centralizado pelo owner do contrato.
   * **Solução**: Implementar DAO com votação on-chain para atualizações de protocolo.
5. **Conformidade Regulatória**:
   * **Problema**: Falta de integração com sistemas governamentais (ex: ANEEL no Brasil ou a CREG na Colômbia) – ver como chama a agência em PT.
   * **Solução**: Criar bridges permissionadas para redes regulatórias usando Hyperledger Besu.

**Conclusão**

O modelo proposto é totalmente viável, mas requer otimizações em escalabilidade, interoperabilidade e descentralização para alcançar adoção massiva. A combinação de Solidity com arquiteturas híbridas (Layer 2 + IoT) e padrões de token avançados pode reposicionar este sistema como referência global em mercados de carbono e energia renovável[2](https://www.scielo.br/j/rcf/a/MvSVbHYrdLgWD6snjZ74Xmd/)[6](https://www.scielo.br/j/rcf/a/MvSVbHYrdLgWD6snjZ74Xmd/abstract/?lang=pt).