



Electricidade do Solo Vivo: SMFC + Energy Harvesting + Wi-Fi — Resumo Técnico

Publicado em 2026-01-20 19:28:51



Blogue Fragmentos do Caos



A verdade nasce onde o pensamento é livre.

para produzir electricidade (SMFC).

- **Escala realista:** micro-potência contínua (μW – mW), ideal para sensores/IoT, não para rede eléctrica.
- **Desenho proposto:** ânodo a 20–30 cm (anaeróbio) + cátodo a 5–10 cm (oxigenado).
- **Engenharia crítica:** colheita DC-DC + armazenamento em supercondensador + power-gating.
- **Telemetria:** nó Wi-Fi (ESP32-C3) em “modo relâmpago” (liga, envia, desliga).
- **Objectivo prático:** sensores autónomos de solo (agro/ambiente) sem manutenção frequente.

Electricidade do Solo Vivo: SMFC + Harvesting + Wi-Fi — Resumo Técnico

“Quando o solo respira em silêncio, há um rio invisível de electrões a correr por baixo dos nossos pés. A

Blogue Fragmentos do Caos



A verdade nasce onde o pensamento é livre.

1) O que é uma SMFC (Soil Microbial Fuel Cell)

Uma **SMFC** é uma célula electroquímica que tira proveito de comunidades microbianas do solo. Em zonas pobres em oxigénio, certas bactérias oxidam matéria orgânica e libertam electrões. Se colocarmos um eléctrodo condutor (o **ânodo**) nesse ambiente anaeróbio, os microrganismos conseguem “entregar” electrões ao eléctrodo através de mecanismos de transferência extracelular (biofilme, mediadores, vias condutoras). Esses electrões seguem pelo circuito externo até ao **cátodo**, situado numa zona mais oxigenada perto da superfície, onde o oxigénio é reduzido e o circuito fecha-se.

2) A verdade prática: potência pequena, valor enorme

O ponto-chave do paper anexo é a engenharia de honestidade : **SMFC não é central eléctrica**. É energia humilde — mas **contínua**, silenciosa e distribuída. O “milagre” não está em alimentar uma casa; está em manter **sensores e telemetria** a funcionar em locais onde baterias apodrecem e painéis solares falham (sombra, inverno, vandalismo, subterrâneo).

Blogue Fragmentos do Caos



A verdade nasce onde o pensamento é livre.

próprio gradiente do solo:

- **Ânodo:** 20–30 cm de profundidade (zona anaeróbia), com feltro/tecido de carbono ou grafite porosa (alta área).
- **Cátodo:** 5–10 cm da superfície (zona oxigenada), idealmente um **air-cathode** com carbono activado e camada difusora hidrofóbica.
- **Separação:** o solo actua como separador natural (evita membranas caras e frágeis).
- **Dimensões iniciais:** eléctrodos 10×10 cm a 15×15 cm; distância efectiva 15–25 cm.

4) O coração do sistema: colheita e armazenamento

A SMFC fornece tensão baixa e variável. Para transformar micro-potência em energia útil, o paper define uma cadeia completa:

- **Harvester DC-DC** (arranque ultra-baixo) para elevar tensões pequenas.
- **Supercondensador** (ex.: 5–10 F) como “depósito” de energia.

Blogue Fragmentos do Caos



A verdade nasce onde o pensamento é livre.

Em termos simples: **carregar lentamente...** para depois **gastar depressa** e voltar a dormir.

5) Wi-Fi com SMFC: o truque do “modo relâmpago”

Wi-Fi é exigente, com picos de corrente elevados. A solução proposta torna-o viável com SMFC ao impor disciplina energética: o microcontrolador (ex.: **ESP32-C3**) só é alimentado quando a tensão do supercondensador ultrapassa um limiar (V_{ON}). Depois, executa uma sequência curta:

- **Arranca** → mede sensores → liga Wi-Fi (timeout curto)
→ envia payload mínimo → **desliga Wi-Fi** → **desliga-se**.
- **Evita protocolos pesados** quando possível (TLS aumenta custo energético).
- **Envia para servidor local** (HTTP/MQTT) ou sistema de alertas (ex.: ntfy).

Blogue Fragmentos do Caos



A verdade nasce onde o pensamento é livre.

O resumo inclui um protocolo experimental pragmático para caracterização e comparação:

- **Voc** (tensão em circuito aberto) e evolução temporal.
- **Curvas de polarização** (varrimento de cargas) para obter V-I-P e P_{\max} .
- **Resistência interna** por declive V-I.
- **Impacto** de humidade/temperatura/solo.
- **Energia por transmissão** pelo desnível do supercondensador: $E = \frac{1}{2} \cdot C \cdot (V^2_{\text{antes}} - V^2_{\text{depois}})$.

7) Conclusão: tecnologia pequena, futuro grande

O paper conclui que as SMFC, quando acopladas a electrónica moderna de harvesting e firmware energia-consciente, viabilizam **sensores autónomos** e redes IoT de baixa manutenção. A inovação não é apenas biológica: é a combinação do **solo vivo** com engenharia de sistema — transformando micro-energia contínua em acção útil e repetível.

Blogue Fragmentos do Caos



A verdade nasce onde o pensamento é livre.

power-gating + ESP32-C3.

- **Servidor local:** endpoint HTTP simples no “Voltaire” para guardar dados e alimentar dashboard.
- **Regra de ouro:** o nó deve estar **desligado** a maior parte do tempo.

Nota importante:

Este artigo não promete milagres: promete método. A natureza já faz o trabalho difícil; nós só precisamos de aprender a capturar o sinal. Que sirva de inspiração às novas gerações para estudar, experimentar, falhar depressa e melhorar sempre.

- Francisco Gonçalves [2026]

Francisco Gonçalves — SofteLabs

Texto em formato FC-Chronic-News • Co-autoria técnica:

Augustus Veritas

Download do Paper




Electricity from Living Soil: A Practical Soil Microbial Fuel Cell (SMFC) Architecture for Energy Harvesting and Wi-Fi IoT
(PDF/DOCX • versão completa)

F
C



Blogue Fragmentos do Caos

A verdade nasce onde o pensamento é livre.

 Esta página foi visitada ... vezes.

[Contactos](#)