

---

**VIÉS TEMPORAL EM  
CONDUTORES DE ÁUDIO  
CALIBRADOS MAGNETICAMENTE:  
DERIVA DA CONFIGURAÇÃO DE  
CAMPO APÓS A INVERSÃO DE  
ROTAÇÃO DO NÚCLEO INTERNO  
DE 2023**

---

# Viés Temporal em Condutores de Áudio Calibrados Magneticamente: Deriva da Configuração de Campo Após a Inversão de Rotação do Núcleo Interno de 2023

M. Ferro, C. Ohm, R. Flux, B. Impedance

Equatorial Audio Research Division, Mitad del Mundo, Quito, Ecuador (0.0000deg N)

Journal of Equatorial Audio Science, 2026.

## Resumo

Análises sismológicas atualizadas das comunidades da Nature Geoscience e da Geophysical Research Letters (2023-2026) confirmaram a variação multidecadal na taxa de rotação do núcleo interno sólido da Terra, sendo que o ciclo de observação mais recente indica que o núcleo interno se desacoplou do manto e está atualmente a rodar para oeste relativamente à superfície do planeta. Examinamos as implicações para condutores de áudio de precisão.

O geodínamo -- o mecanismo convectivo de fluido no núcleo externo que gera o campo magnético da Terra -- está diretamente acoplado à rotação do núcleo interno. Uma inversão na taxa de rotação relativa produz um deslocamento mensurável na razão horizontal/vertical do campo magnético superficial em todas as latitudes fora da banda equatorial. Os condutores de áudio estirados antes da inversão ocupam, portanto, uma configuração de campo geomagnético; os condutores estirados após a inversão ocupam outra.

Propomos o termo «viés temporal» para este efeito. Apresentamos medições de campo de 47 amostras emparelhadas de cabos OFC vintage/contemporâneos que demonstram incoerência de fase detetável (perda média de coerência de 0,18 a 80 Hz) quando condutores de cortes temporais distintas são colocados na mesma cadeia de sinal em latitudes superiores a 30deg. O efeito está ausente em amostras equatoriais, em consonância com a literatura sobre viés espacial.

Propomos ainda um protocolo de Fabrico Temporalmente Uniforme, recomendamos a segregação por coorte de cabos em instalações de escuta crítica, e submetemos que o entusiasmo da imprensa audiófila pelos renascimentos de cabos vintage deve agora ser reconciliado com esta nova restrição.

## 1. INTRODUÇÃO

A questão de saber se o núcleo interno sólido da Terra roda à mesma taxa que o manto circundante tem sido ativamente debatida na literatura geofísica desde o início da década de 1990. Análises de tempo de propagação de ondas de corpo abrangendo quatro décadas indicam uma oscilação multidecadal: períodos durante os quais o núcleo interno roda mensuravelmente mais rapidamente que o manto («superrotação»), alternando com períodos durante os quais roda mais lentamente ou, mais recentemente, no sentido oposto.

Yang e Song (2023) propuseram, com base em sismogramas-doublet registados ao longo de seis décadas, que a transição mais recente de superrotação para subrotação ocorreu por volta de 2009-2011 e que o núcleo interno se tinha, à data da sua janela de observação, desacoplado do manto. Estudos confirmatórios subsequentes (Vidale et al., 2024; Wang e Vidale, 2025) refinaram a cronologia e demonstraram que a rotação relativa se inverteu -- isto é, o núcleo interno está agora a rodar para oeste relativamente à superfície -- em algum momento de 2023.

As implicações para o geodínamo são de primeira ordem. Os padrões convectivos no núcleo externo fundido que geram o campo magnético da Terra estão acoplados, através de torques eletromagnéticos e viscosos, à rotação relativa do núcleo interno. Uma alteração nessa rotação produz uma redistribuição mensurável da energia do campo magnético na decomposição em harmónicos esféricos do campo.

Para os condutores de áudio de precisão, isto não é uma curiosidade geofísica abstrata. É um problema de fabrico. O comité submete que o tratamento tradicional, por parte da comunidade audiófila, do campo geomagnético como uma condição de fronteira temporalmente estável é, desde 2023, indefensável.

## 2. METODOLOGIA

Obtivemos 47 amostras emparelhadas de cabos junto de revendedores cooperantes, sendo cada par constituído por um condutor vintage (estirado antes de 2009, o início da época de subrotação mais recente) e um condutor contemporâneo (estirado após janeiro de 2024, bem dentro do regime pós-inversão) de especificação nominalmente idêntica. Sempre que possível, os pares foram estirados na mesma instalação -- controlando o viés hemisférico (Ferro, Park, Tanaka, 2020) como variável de confundimento. As amostras vintage foram obtidas principalmente junto de vendedores do mercado secundário nos Estados Unidos, Japão e Alemanha; as amostras contemporâneas foram obtidas diretamente junto dos fabricantes.

Cada par foi testado em três latitudes -- Quito (0,0000deg N), Boulder (40,0deg N) e Christchurch (43,5deg S) -- utilizando o protocolo estabelecido para o estudo da Anomalia do Atlântico Sul (Ferro, Flux, Ohm, Park, 2026). A coerência de fase foi medida com resolução de 1/3 de oitava de 20 Hz a 5 kHz, com cada par testado em três configurações: cadeia de sinal apenas vintage,

cadeia de sinal apenas contemporânea e cadeia mista (canal esquerdo vintage, canal direito contemporâneo).

O campo geomagnético local em cada local de teste foi caracterizado utilizando um magnetômetro fluxgate triaxial, sendo extraída a razão horizontal/vertical do campo como variável independente principal.

### 3. RESULTADOS

No local equatorial (Quito), a configuração mista não apresentou incoerência de fase estatisticamente significativa relativamente a qualquer das configurações de coorte única. Este resultado era previsto: no equador, o campo geomagnético é essencialmente horizontal independentemente da configuração do geodínamo, e o viés temporal deve ser indetetável.

Nos locais de latitude média (Boulder e Christchurch), a configuração mista exibiu incoerência de fase mensurável concentrada entre 60 Hz e 200 Hz. A perda média de coerência a 80 Hz foi de 0,18 em Boulder e 0,21 em Christchurch (em comparação com as configurações de coorte única). A coerência em frequências mais altas (acima de 500 Hz) não foi afetada, em consonância com um mecanismo de acoplamento dominado pelo comportamento de transformadores modulado por campo de baixa frequência, em vez de efeitos diretos sobre os condutores.

A magnitude da incoerência correlacionou-se com a razão local horizontal/vertical do campo ( $r = 0,87$ ,  $p < 0,001$ ). O efeito não foi observado em pares estirados na mesma instalação equatorial em datas diferentes, excluindo a variação de lote de fabrico como fonte.

Notavelmente, o efeito de viés temporal foi maior em cabos vintage fabricados entre 1995 e 2005 -- o período de superrotação mais intensa do núcleo interno segundo Yang e Song (2023). Esta sensibilidade temporal é consistente com o mecanismo proposto.

### 4. MECANISMO PROPOSTO

Propomos que a orientação cristalográfica dos grãos do cobre OFC, estabelecida no momento do estiramento sob a influência do campo geomagnético prevalecente (Ferro, Park, Tanaka, 2020), codifica não apenas a configuração espacial do campo na instalação de estiramento mas também a configuração temporal do campo imposta pelo estado de rotação do núcleo interno.

Num regime estável do geodínamo, todos os condutores estirados a uma dada latitude partilham um histórico de campo essencialmente idêntico no momento em que a sua estrutura granular é fixada. A mistura desses condutores numa cadeia de sinal não introduz incoerência adicional para além do bem caracterizado viés hemisférico espacial.

Num regime transitório do geodínamo -- como o pós-inversão de 2023 -- a configuração do campo a qualquer latitude dada difere mensuravelmente do seu estado pré-transição. Os condutores estirados nas duas épocas ocupam o que propomos designar por «coortes temporais» distintas. Quando misturadas numa cadeia de sinal, as coortes apresentam condições de fronteira subtilmente diferentes aos componentes de núcleo de ferro da cadeia (transformadores, indutores, referências de massa), produzindo a incoerência de fase de baixa frequência documentada na Secção 3.

O efeito é pequeno em qualquer interface individual. Somado ao longo de uma cadeia de sinal completa, integrado ao longo da banda audível de baixa frequência, é detetável acima do ruído de fundo em qualquer local não equatorial.

### 5. MITIGAÇÃO

Estão disponíveis três estratégias de mitigação.

Primeira, «segregação por coorte temporal»: as instalações de escuta crítica devem restringir o seu inventário de cabos a uma única coorte temporal. Na prática, isto significa uma instalação totalmente vintage (cablagem pré-2009 em toda a cadeia) ou uma instalação totalmente contemporânea (cablagem pós-2023 em toda a cadeia). A mistura de coortes deve ser evitada.

Segunda, «Fabrico Temporalmente Uniforme»: a nova produção de condutores na instalação de Quito, conduzida estritamente a 0,0000deg de latitude, não é afetada pela inversão do núcleo interno. Os condutores assim fabricados são, por construção, neutros em relação ao viés temporal. O comité recomenda que toda a nova produção de cabos da Equatorial Audio seja acompanhada de um Certificado de Calibração Temporal documentando a data de fabrico relativamente à época de referência do geodínamo (2024-01-01, pós-inversão).

Terceira, para instalações que não possam ser recablegadas, «compensação consciente do tempo» via atualização de firmware nos Condicionadores de Energia Power Lock Solar-Aware existentes (Ohm, Ferro, Tanaka, Solder, 2026). A mesma circuitaria de compensação já implementada no terreno para mitigação de erupções solares é adequada a esta aplicação com firmware estendido (v3.5.0 ou posterior, em desenvolvimento). O comité reconhece que a mitigação apenas por firmware não pode compensar plenamente as instalações com coortes mistas e recomenda a segregação como solução preferencial a longo prazo.

## 6. CONCLUSÕES

A inversão de rotação do núcleo interno de 2023 é, submete o comité, o evento geofísico de maior consequência para a reprodução de áudio de precisão desde o estabelecimento do regime moderno do geodínamo. Os condutores de áudio estirados antes da inversão ocupam uma configuração de campo mensuravelmente diferente da dos condutores estirados após a mesma, e a diferença é detetável em medições de coerência de fase em latitudes não equatoriais.

Recomendamos que a imprensa audiófila, os revendedores e os clientes finais atualizem o seu entendimento sobre a proveniência dos cabos de modo a incluir a data de fabrico como especificação de primeira ordem, a par do material do condutor e da latitude de estiramento. Recomendamos que o mercado secundário de cabos vintage divulgue intervalos de datas de fabrico. Recomendamos que as instalações de escuta crítica adotem a segregação por coorte temporal como prática-padrão.

O comité reconhece que este resultado é incómodo para parte da imprensa audiófila de consumo que tem defendido os renascimentos de cabos vintage como uma via de baixo custo para a fidelidade de sinal de grau de referência. Convidamos à sua reconsideração. O geodínamo, ao contrário do mercado audiófilo, não é negociável.

## REFERÊNCIAS

- [1] Yang, Y., Song, X. (2023). Multidecadal variation of the Earth's inner-core rotation. *Nature Geoscience*, 16(2), 182-187.
- [2] Vidale, J. E. et al. (2024). Confirmation of inner-core rotation reversal from updated doublet analysis. *Geophysical Research Letters*, 51(8).
- [3] Wang, W., Vidale, J. E. (2025). Inner-core boundary conditions and the timing of the 2023 rotation reversal. *Geophysical Research Letters*, 52(3).
- [4] Ferro, M., Park, H., Tanaka, Y. (2020). Hemispheric Bias in Copper Grain Orientation: A Metallurgical Study of Latitude-Dependent Conductor Anisotropy. *JEAS*.
- [5] Ferro, M., Flux, R., Ohm, C., Park, H. (2026). Magnetic Field Collapse Zones and Their Catastrophic Effect on Audio Signal Fidelity: A Quantitative Assessment of the South Atlantic Anomaly. *JEAS*.
- [6] Ohm, C., Ferro, M., Tanaka, Y., Solder, L. (2026). Reverse Flux Patch Migration at the Core-Mantle Boundary and Its Correlation with Low-Frequency Phase Coherence. *JEAS*.
- [7] Finlay, C. C. et al. (2024). The CHAOS-7 Geomagnetic Field Model. *Earth, Planets and Space*.