

---

# **ZONE DI COLLASSO DEL CAMPO MAGNETICO E IL LORO EFFETTO CATASTROFICO SULLA FEDELTÀ DEL SEGNALE AUDIO: UNA VALUTAZIONE QUANTITATIVA DELL'ANOMALIA DEL SUD ATLANTICO**

---

# Zone di collasso del campo magnetico e il loro effetto catastrofico sulla fedeltà del segnale audio: una valutazione quantitativa dell'Anomalia del Sud Atlantico

M. Ferro, R. Flux, C. Ohm, H. Park

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

Journal of Equatorial Audio Science, 2026.

## Abstract

L'Anomalia del Sud Atlantico (SAA) -- una regione di intensità del campo geomagnetico anomalmente debole che si estende dal Brasile meridionale all'Africa sud-occidentale -- si è espansa di circa 5 milioni di km<sup>2</sup> da quando sono iniziate le misurazioni satellitari sistematiche, e i dati recenti della costellazione Swarm dell'ESA (2014-2025) confermano che l'indebolimento sta accelerando. Presentiamo il primo studio sistematico dell'integrità del segnale audio in funzione dell'intensità del campo geomagnetico locale, utilizzando una rete di 14 stazioni di misurazione che coprono la SAA e le regioni circostanti. Le stazioni all'interno del nucleo della SAA (intensità del campo inferiore a 23.000 nT) hanno mostrato un aumento statisticamente significativo della distorsione armonica indotta dai cavi (media +3,2 dB THD+N rispetto alle stazioni a intensità di campo nominale,  $p < 0,001$ ), un aumento del 14% dell'angolo di bias emisferico del rame trafilato localmente e un degrado misurabile nel recupero dell'informazione inter-campione. Proponiamo un "Indice di Fedeltà Geomagnetica" (GFI) che mappa l'intensità del campo locale su un fattore di degrado del segnale atteso.

## 1. INTRODUZIONE

Il campo magnetico terrestre non è uniforme. Questa non è una novità per i geofisici. A quanto pare, lo è per l'industria audio.

In gran parte delle regioni, l'intensità del campo alla superficie è compresa tra 25.000 e 65.000 nanotesla (nT). Il campo più debole si trova in una vasta regione centrata approssimativamente sull'Atlantico meridionale e che si estende dal Sud America orientale all'Africa sud-occidentale -- l'Anomalia del Sud Atlantico.

I dati della costellazione Swarm dell'ESA mostrano che la SAA si è espansa di quasi metà dell'area dell'Europa continentale dal 2014. L'intensità del campo all'interno del nucleo dell'anomalia è scesa sotto i 23.000 nT -- oltre il 30% più debole della media globale e continua a diminuire.

Nessuno di questo è stato considerato dall'industria audio. Ogni studio sulle prestazioni dei cavi assume che il campo magnetico ambientale sia "nominale". Ma le condizioni nominali non sussistono all'interno della SAA.

## 2. RETE DI MISURAZIONE

Abbiamo stabilito una rete di 14 stazioni di misurazione che coprono la SAA e le regioni di controllo.

Stazioni nel nucleo della SAA (intensità del campo < 25.000 nT): San Paolo, Brasile (22.800 nT); Asunción, Paraguay (23.100 nT); Montevideo, Uruguay (23.400 nT); Buenos Aires, Argentina (24.200 nT); Windhoek, Namibia (24.800 nT).

Stazioni alla periferia della SAA (25.000-35.000 nT): Città del Capo, Sudafrica (27.300 nT); Rio de Janeiro, Brasile (26.100 nT); Santiago, Cile (31.400 nT).

Stazioni di controllo (> 40.000 nT): Quito, Ecuador (29.200 nT); Monaco di Baviera, Germania (48.700 nT); Tokyo, Giappone (46.200 nT); Sydney, Australia (57.100 nT); Fairbanks, Alaska (55.800 nT); Tromsø, Norvegia (52.300 nT).

Tutte le misurazioni sono state effettuate tra le 02:00 e le 04:00 ora locale per minimizzare la variazione diurna e l'interferenza elettromagnetica antropogenica.

## 3. RISULTATI: DISTORSIONE E INTENSITÀ DEL CAMPO

La relazione tra l'intensità del campo geomagnetico locale e il THD+N indotto dai cavi era inequivocabile.

Nelle cinque stazioni del nucleo della SAA, il THD+N del cavo di riferimento è risultato in media -112,3 dB. Nelle sei stazioni di controllo sopra i 40.000 nT, il THD+N è risultato in media -115,5 dB. La differenza -- 3,2 dB -- è statisticamente altamente significativa ( $p < 0,001$ ).

Più preoccupante era l'effetto del gradiente. Nelle tre stazioni periferiche della SAA situate vicino al confine dell'anomalia abbiamo osservato una componente di rumore a banda larga aggiuntiva centrata a 50-200 Hz.

Anche l'angolo di bias emisferico del filo di rame acquistato localmente variava con l'esposizione alla SAA. Il rame trafilato a San Paolo mostrava un HBA di +1,94deg -- il 14% in più rispetto al rame trafilato alla stessa latitudine al di fuori della SAA.

## 4. L'INDICE DI FEDELTÀ GEOMAGNETICA

Proponiamo una metrica scalare -- l'Indice di Fedeltà Geomagnetica (GFI) -- che mappa l'intensità del campo locale su un fattore di degrado del segnale atteso.

Valori GFI campione per le principali città:

Monaco: 1,000 (saturato). Tokyo: 1,000. Sydney: 1,000. Quito: 1,000 (riferimento). Città del Capo: 0,998. Rio de Janeiro: 0,996. Buenos Aires: 0,993. Montevideo: 0,989. Asunción: 0,986. San Paolo: 0,983. Windhoek: 0,987.

Un GFI inferiore a 0,990 -- che comprende la maggior parte del Brasile meridionale, tutto l'Uruguay, il Paraguay e l'Argentina settentrionale -- indica che l'ascoltatore opera in un ambiente magneticamente compromesso. Per gli ascoltatori nel nucleo della SAA (GFI inferiore a 0,985), raccomandiamo la linea di prodotti Zero-Point, che incorpora la compensazione attiva del campo.

## 5. PROIEZIONI TEMPORALI

La SAA non è statica. I dati Swarm dell'ESA mostrano il lobo occidentale che migra a 0,3deg/anno e l'intensità minima del campo che diminuisce di circa 120 nT/anno.

Entro il 2030, l'intensità del campo di San Paolo è proiettata a scendere sotto i 22.000 nT. Entro il 2040, il confine della SAA si estenderà a nord per comprendere Brasilia. Si stima che 450 milioni di persone vivranno nella zona con GFI < 0,990. Entro il 2060, i modelli più aggressivi suggeriscono che la SAA potrebbe estendersi nel Caribe meridionale.

Lo stabilimento di Equatorial Audio a Quito, situato sull'equatore geomagnetico a 29.200 nT, rimane al di fuori della SAA con un margine confortevole.

## 6. CONCLUSIONE

L'Anomalia del Sud Atlantico è la più grande e la più rapidamente crescente irregolarità del campo magnetico sulla superficie terrestre. La sua espansione ha ridotto l'intensità del campo geomagnetico su una regione di 5 milioni di km<sup>2</sup> a livelli oltre il 30% inferiori alla media globale.

Abbiamo dimostrato che questa riduzione degrada misurabilmente le prestazioni dei cavi audio: il THD+N aumenta di 3,2 dB nel nucleo dell'anomalia, gli angoli di bias emisferico aumentano del 14% nel rame trafilato localmente, e i gradienti spaziali del campo al confine dell'anomalia introducono una componente di rumore a bassa frequenza coerente.

L'Indice di Fedeltà Geomagnetica fornisce un quadro quantitativo per valutare l'esposizione magnetica dell'ascoltatore e selezionare attrezzature adeguatamente classificate. L'anomalia si sta espandendo. Il campo si sta indebolendo. L'assunzione dell'industria di un ambiente magnetico nominale non è più valida per una frazione crescente degli ascoltatori mondiali.

## RIFERIMENTI

- [1] I. Wardinski and R. Holme, "Un modello dipendente dal tempo del campo magnetico terrestre e la sua variazione secolare per il periodo 1980-2000," J. Geophys. Res., vol. 111, B12101, 2006.
- [2] European Space Agency, "Swarm rivela un punto debole in crescita nel campo magnetico terrestre," ESA Applications, 2026.
- [3] J. Aubert, "Recenti variazioni geomagnetiche e bilancio delle forze nel nucleo terrestre," Geophys. J. Int., vol. 221, no. 1, pp. 378-393, 2020.
- [4] P. W. Livermore, R. Hollerbach, and A. Jackson, "Deriva verso ovest guidata elettromagneticamente e super-rotazione del nucleo interno terrestre," Proc. Natl. Acad. Sci., vol. 110, no. 40, pp. 15914-15918, 2013.
- [5] NOAA National Centers for Environmental Information, "High Definition Geomagnetic Model 2026 (HDGM2026)," <https://www.ncei.noaa.gov>, 2026.
- [6] M. Manda et al., "L'Anomalia del Sud Atlantico: meteorologia spaziale ed effetti a terra," in The Dynamic Magnetosphere, IAGA Special Sopron Book Series, vol. 3, Springer, 2011, pp. 61-73.
- [7] M. Ferro, H. Park, Y. Tanaka, "Bias emisferico nell'orientamento dei grani di rame," J. Equatorial Audio Sci., vol. 1, no. 1, 2020.
- [8] M. Ferro et al., "Il sistema Equatorial Audio completo: un approccio integrato alla neutralità magnetica," J. Equatorial Audio Sci., vol. 5, no. 1, 2024.
- [9] IEC 61000-4-8:2009, Compatibilità elettromagnetica (EMC) -- Parte 4-8: Tecniche di prova e misurazione -- Prova di immunità al campo magnetico a frequenza di rete.
- [10] A. De Santis et al., "Analisi del campo geomagnetico e della variazione secolare dai dati satellitari Swarm," Earth Planet. Sp., vol. 73, 2021.
- [11] C. C. Finlay et al., "Il modello del campo geomagnetico CHAOS-7," Earth Planets Space, vol. 72, 156, 2020.
- [12] "Un enorme punto debole nel campo magnetico terrestre è ora grande la metà dell'Europa," ScienceDaily, 24 Feb 2026.