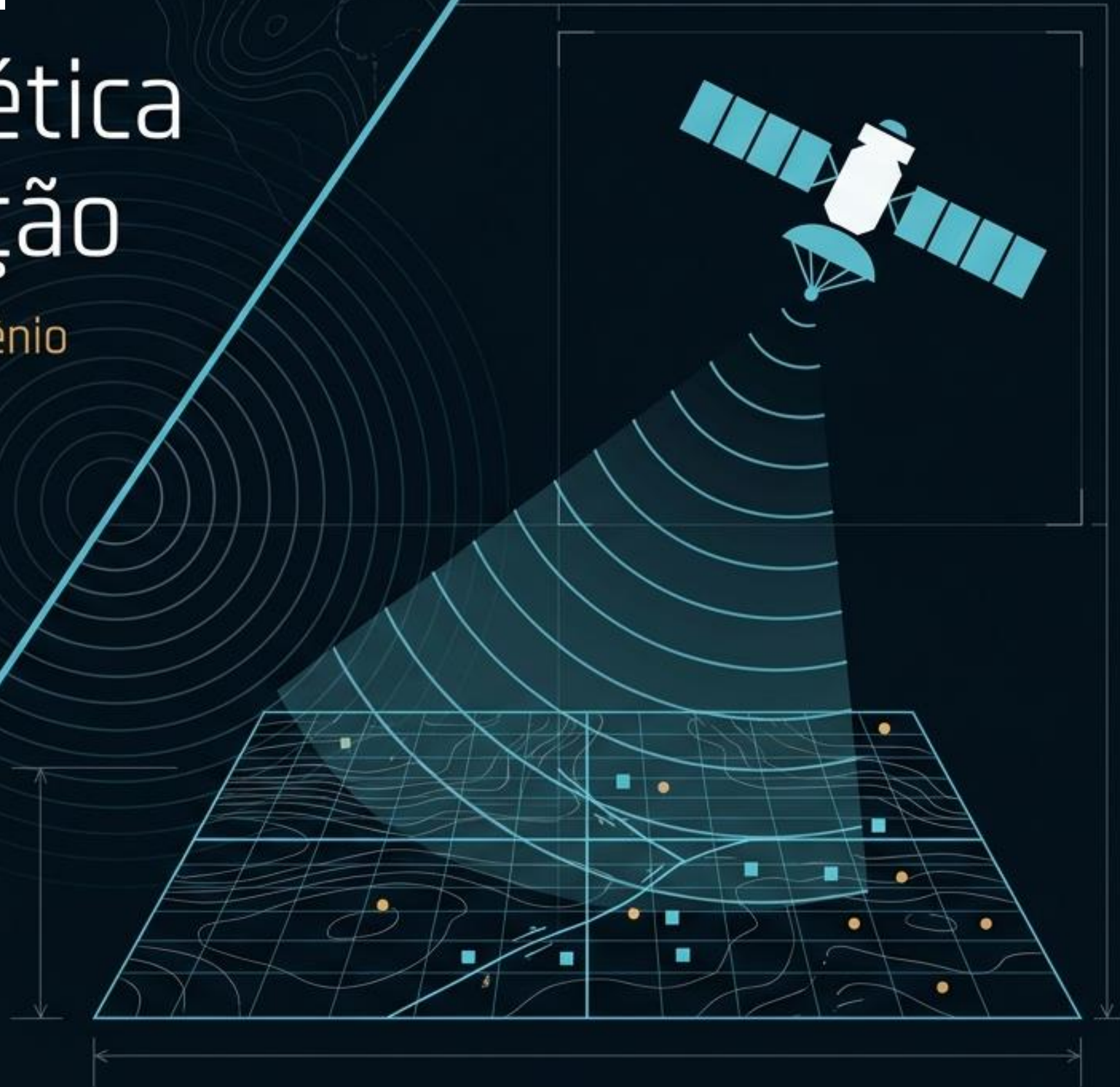
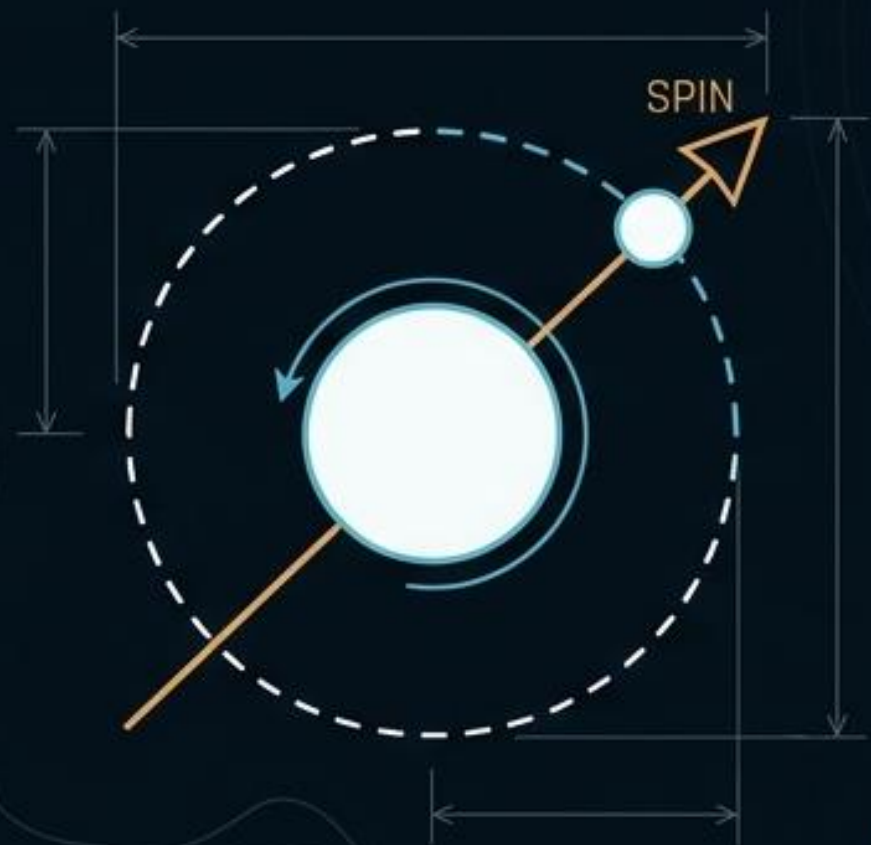


# Ressonância Magnética Nuclear na Exploração

Do comportamento subatômico do hidrogênio à telemetria orbital de reservatórios.



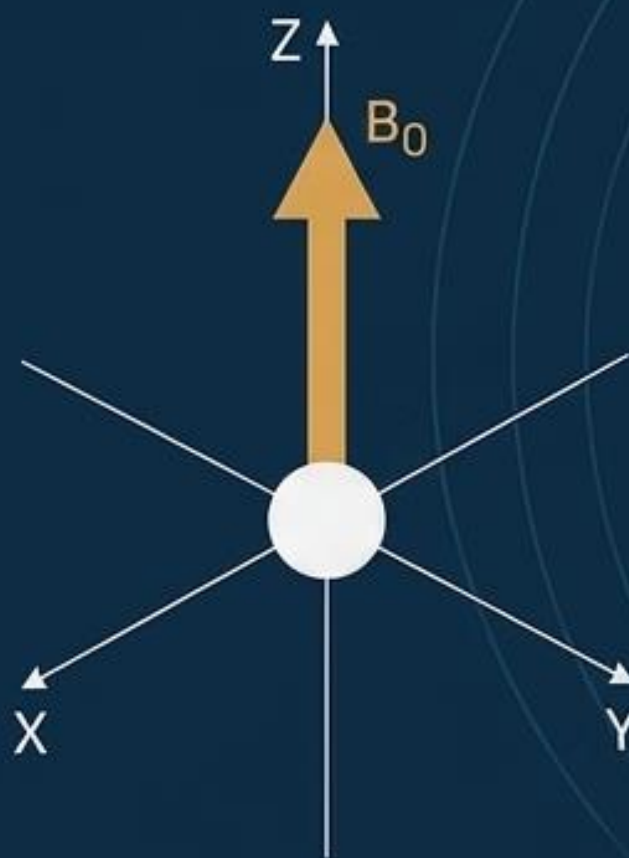
# A Jornada da Escala Exploratória



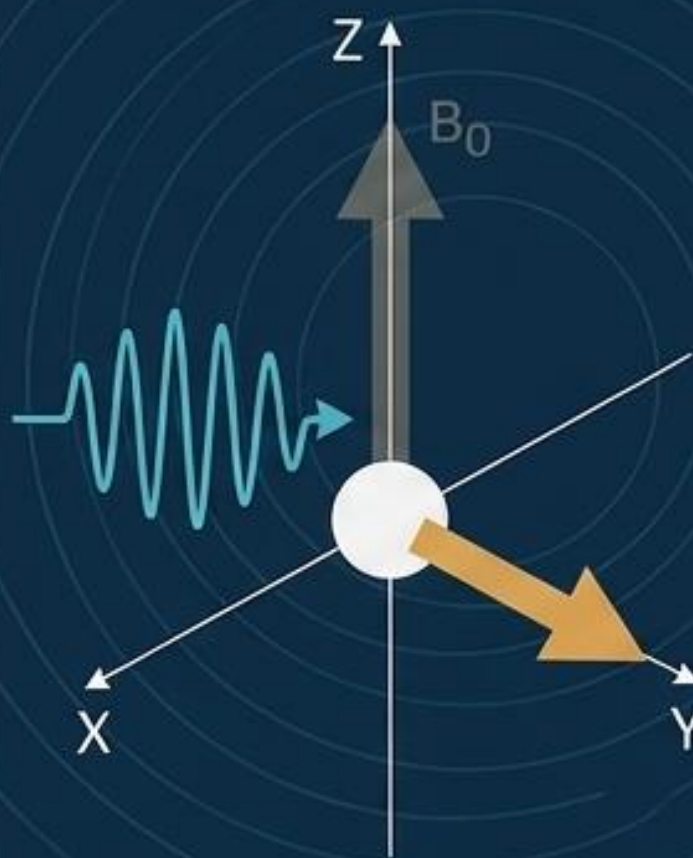
O domínio da exploração moderna não depende mais de perfurações às cegas, mas da capacidade de ouvir o eco magnético da água e do óleo a quilômetros de distância.

# O Alicerce Físico: O Eco do Hidrogênio

Fase 1: Equilíbrio



Fase 2: Excitação



Fase 3: Relaxação



A constante de tempo necessária para que o núcleo do hidrogênio recupere seu estado de equilíbrio é a assinatura digital que nos permite mapear e quantificar os fluidos subterrâneos.

# Matriz Diagnóstica: Relaxação Longitudinal vs. Transversal

## T1 (Relaxação Longitudinal)

### Conceito



Recuperação de 63% da magnetização no eixo principal.

### Mecanismo



Transferência de energia para o ambiente/rede molecular.

### Escala



Medido em **SEGUNDOS**.

### Diagnóstico



Água possui T1 longo;  
Gorduras/Óleos possuem T1 curto.

## T2 (Relaxação Transversal)

### Conceito



Desaparição de 63% da magnetização transversal (perda de coerência).

### Mecanismo



Interações Spin-Spin (choques e desfasamento entre prótons).

### Escala



Medido em **MILISSEGUNDOS**.

### Diagnóstico



Fluídos móveis brilham; separa água ligada de hidrocarbonetos.

# A Realidade Operacional: Relaxação Efetiva ( $T2^*$ )

$$\frac{1}{T2^*} = \frac{1}{T2} + \frac{1}{T2_{\text{inomegêneo}}}$$

**T2 Medido:** O declínio rápido e combinado observado no mundo real do poço.

**Irreversível:** O verdadeiro tempo de relaxação Spin-Spin governado por colisões moleculares.

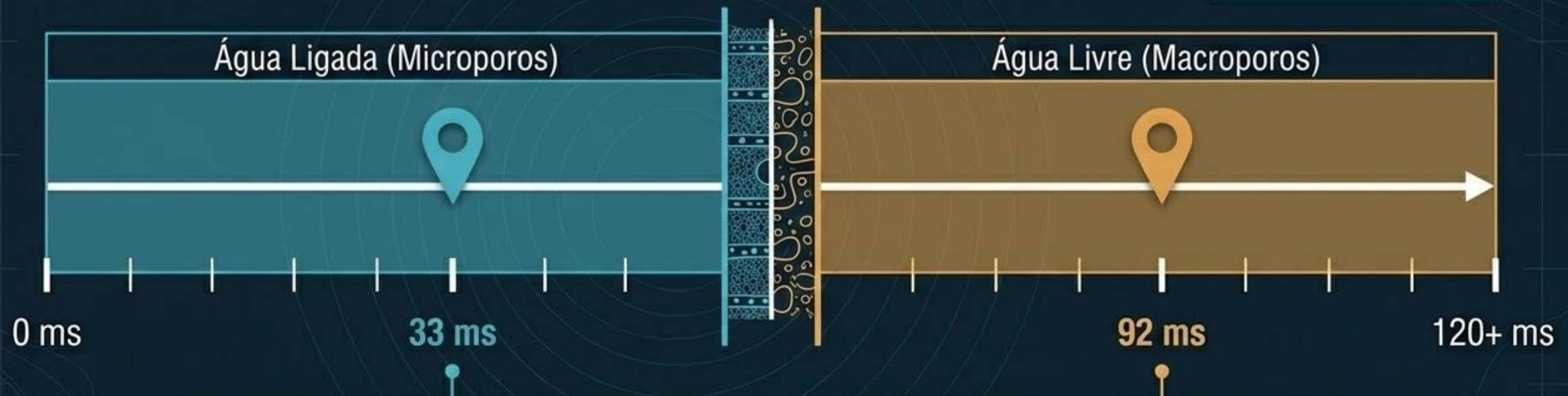
**Estático/Reversível:** Aceleração da perda de coerência devido a falhas no campo magnético e diferenças de susceptibilidade entre rocha e fluido.

## Mecanismo de Correção: O Eco de Spin

Pulsos magnéticos de recentragem revertem o desfasamento inomegêneo, isolando o comportamento real do fluido.

# Dinâmica de Corte (Cut-off): Diferenciando a Matriz da Rocha

$$\frac{1}{T2} \approx \rho2 \cdot \frac{S}{V}$$



**Arenitos (~33 ms):** Grãos com alta relaxividade de superfície ( $\rho2$ ) devido a argilas e minerais paramagnéticos.

**Carbonatos (~92 ms):** Matriz pura (calcita/dolomita). Extrema ausência de centros paramagnéticos desacelera a relaxação.

# O Risco Mineralógico: A “Cegueira” da Pirita



## 1. A Causa

Presença de Sulfeto de Ferro (FeS<sub>2</sub>, Pirita), minério altamente paramagnético.

## 3. O Efeito RMN

A despolarização por difusão molecular é acelerada drasticamente.

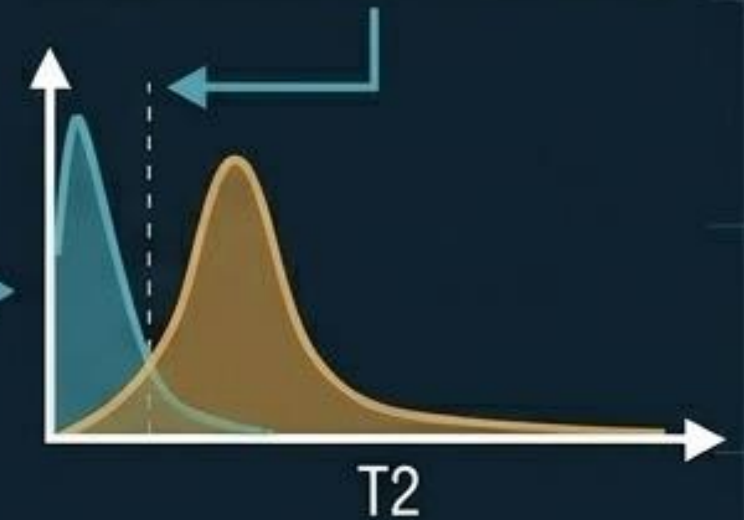
## 2. O Gatilho Físico

Fortes disparidades magnéticas geram maciços micro-gradientes internos ( $G_{\text{interne}}$ ).

## 4. A Consequência

O sinal sofre um shift irreal para tempos curtos.

Macroporos gigantes de óleo diagnosticados erroneamente como água microporosa inútil (Superestimativa de BVI).



# De Sinais Físicos a Fluxo: Os Modelos de Permeabilidade

## Modelo de Coates (Free Fluid)

$$K_{\text{Coates}} = \left( \frac{\Phi}{C} \right)^4 \cdot \left( \frac{FFI}{BVI} \right)^2$$

### Lógica

Focado na proporção direta entre os fluidos (Fluidos Livres vs. Fluidos Ligados).

### Cenário Ideal

Arenitos e sistemas porosos homogêneos/simples.

## Modelo SDR (Schlumberger Doll)

$$K_{\text{SDR}} = a \cdot \Phi^4 \cdot (T2_{\log})^2$$

### Lógica

Fundamentado na média geométrica e no deslocamento logarítmico do espectro completo.

### Cenário Ideal

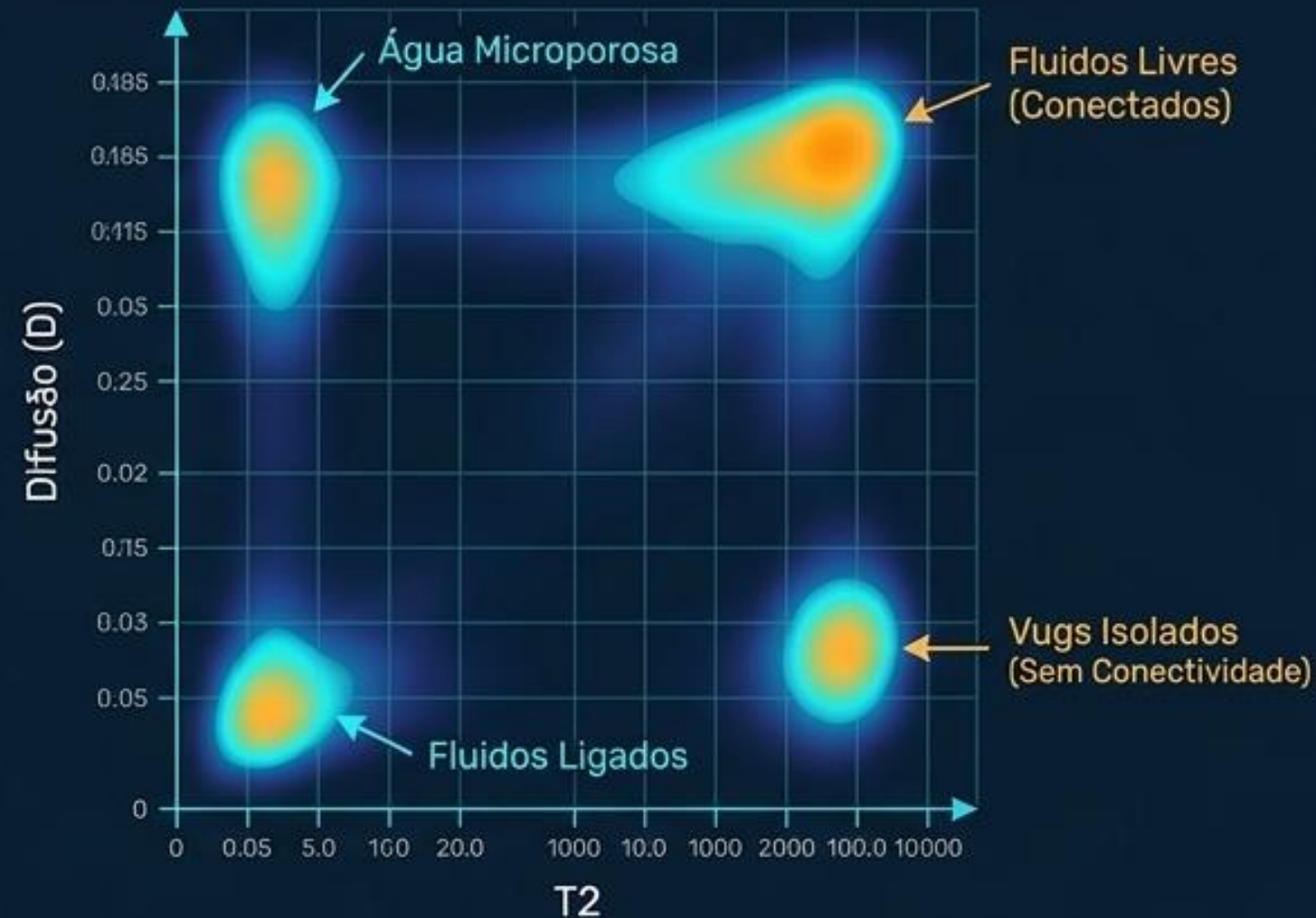
Espectros contínuos de tamanho de poros sem compartimentação severa.

# Limites Analíticos em Estruturas Complexas

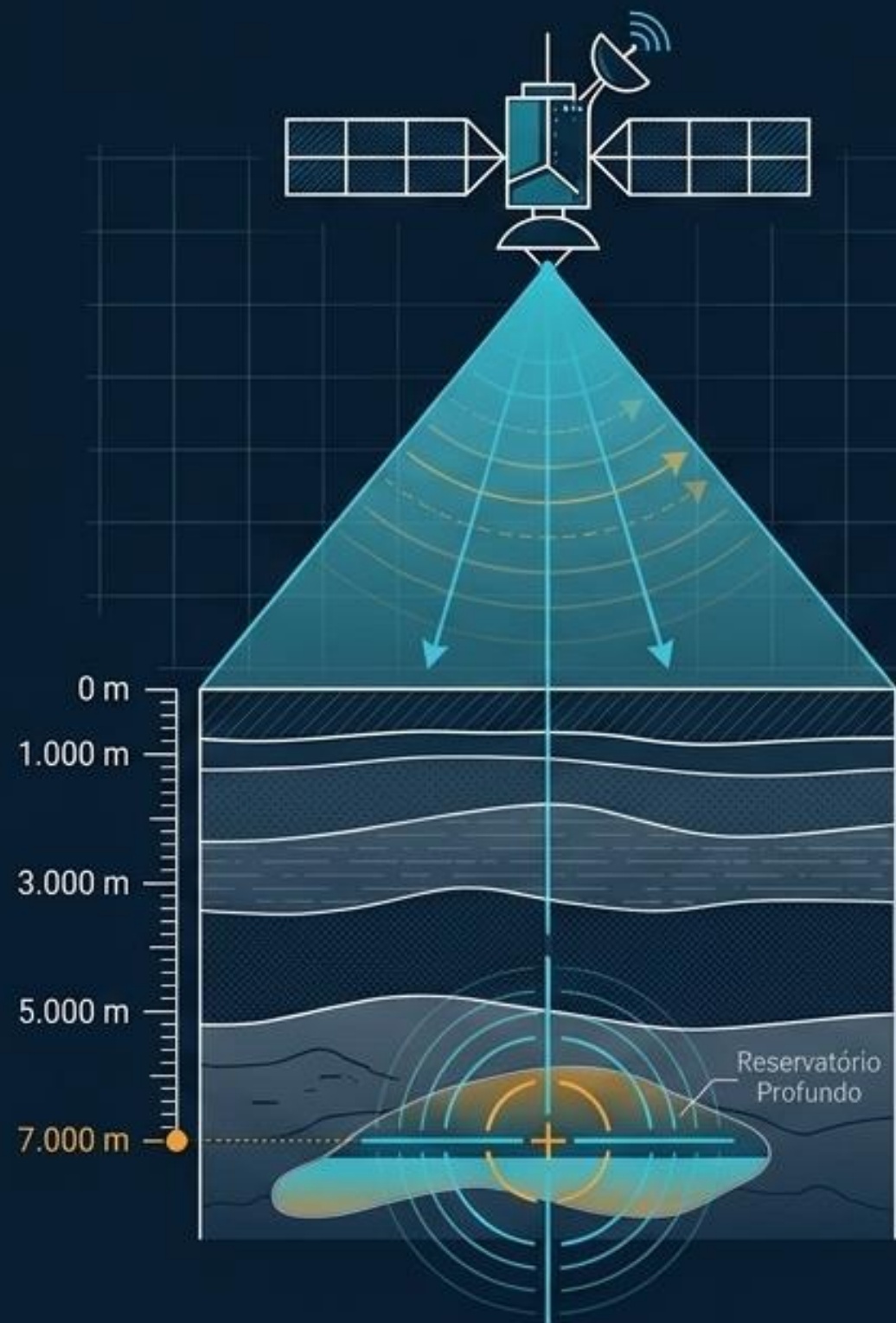
**O Problema: Carbonatos Heterogêneos**  
Vugs (poros gigantes isolados) geram tempos T2 imensos que não contribuem para o fluxo real. Modelos clássicos calculam permeabilidades absurdas.



**A Solução Moderna: Mapeamento 2D**  
Abandono de cortes fixos. A cartografia NMR de duas variáveis cruza difusão com relaxação para revelar a conectividade estrutural verdadeira.



# O Salto Macro: Sensoriamento Orbital Passivo (RSS-NMR)



## O Princípio de Larmor

A teledetecção mergulha frequências até 7 km de profundidade. O calibramento profundo exato ocorre através do ajuste da Frequência de Larmor ( $\omega_0 = \gamma \cdot B_0$ ).

## O Retorno do Eco

Quando o pulso cessa, a assinatura espectral de rádio (RF) reflete do reservatório profundo, agindo como um descritor físico direto dos fluidos mapeados a nível microscópico.

# Operacionalizando a Órbita: A "Etapa Zero"



1. **Balayage Global:** Cartografia satelital passiva de massivas áreas exploratórias, sem presença física no solo ou mar.



2. **Filtragem de Matriz:** Remoção automática de blocos com T2 curto (matrizes densas e argilosas inúteis).



3. **Marcação (Tagging):** Isolamento de T2 longo. Diferenciação ativa entre Petróleo ( $T1/T2 \approx 1-2$ ) e Gás (via difusão de T1 longo / T2 curto).



4. **Foco Cirúrgico:** Entrega de coordenadas (Sweet Spots). Perfuração pesada focada apenas onde há mobilidade garantida.

# Impacto Estratégico da Exploração Remota (RSS-NMR)



## Fim da Exploração às Cegas

Eliminação do modelo insustentável de adquirir sísmica extensiva sobre bacias inteiras. Drástica redução de Capex de exploração.



## Sustentabilidade Absoluta

Rastreamento profundo 100% passivo. Impacto ambiental zero, substituindo navios sísmicos ruidosos e clareiras geográficas.



## Reavaliação Contínua

Capacidade de escanear campos maduros (brownfields) buscando bolsões não drenados, sem paralisar a produção ativa.

# Síntese: A Engenharia Invisível



O segredo de reservatórios globais abrigando bilhões de barris está inteiramente codificado no comportamento rotacional de um único próton de hidrogênio.

**Física Dominada:** Decodificamos o tempo e o eco (T1/T2).

**Matriz Decifrada:** Superamos os falsos positivos e a pirita.

**Escala Orbital:** Do laboratório para a telemetria satelital.

O futuro da exploração não é perfurar mais, é escutar melhor.



Made  
in Russia

Voluntary certification system «Made in Russia»  
Registered in the Unified Register of registered voluntary certification systems  
Reg. № РОСС RU.31685.047029 from the 26th of May 2017

Система добровольной сертификации «Сделано в России»  
Зарегистрирована в Едином реестре зарегистрированных систем  
добровольной сертификации  
Reg. № РОСС RU.31685.047029 от 26 мая 2017 г.

## CERTIFICATE OF CONFORMITY СЕРТИФИКАТ СООТВЕТСТВИЯ

№ CC.002647

Valid from 20.10.2025 to 05.10.2028

Срок действия с по

Applicant/Manufacturer: Poisk Group LLC, 295640, Russia, Sevastopol,  
st. Kristalina, 143

Заявитель/Производитель: ООО «ГРУППА ПОИСК», 295640, Россия, г. Севастополь,  
ул. Христалла, д. 143

Products: Methodology for calculating predicted ore reserves in deep-type deposits, using  
the parameters of ore bodies obtained using remote geospace methods of geological exploration  
and field geophysical equipment of the Poisk complex (FEACH of the OJ 901809100)

Продукция: Методика расчета прогнозные запасы руд в глубоководных залежах, с  
использованием параметров рудных тел, полученных с помощью дистанционных  
геоспациальных методов геологического и полевого геофизического аппаратуры комплекса  
«Поиск» (код ТН ВЭД, ЕАЭС 901809100)

Comply with the voluntary certification system "Made in Russia" requirements.

Соответствует требованиям Системы добровольной сертификации «Сделано в России».

Certificate is issued on the basis of: Declaration of conformity company Poisk Group LLC  
on the Reliability of the voluntary certification system "Made in Russia" dated 07.10.2015 № 105.

Сертификат выдан на основании: Декларации о соответствии компании  
ООО «ГРУППА ПОИСК» № 105 от 07.10.2015 по направлению «Надежность» системы  
добровольной сертификации «Сделано в России».

Made in Russia VES Holder Russia Export Center (SC)  
125050, Moscow Primenitskiy market building  
Контрагентская организация (С) Векс Экспорт Центр  
email: [madeinrussia@exportcenter.ru](mailto:madeinrussia@exportcenter.ru)  
tel: +7(495)007-4242

Держатель ВЕС в России Россия-Юг (Федеральный центр)  
ул. Дзержинский, 1 Москва-Юг (Федеральный центр)  
Применительный Центр «Векс Экспорт Центр»  
ул. Дзержинский, 1 Москва-Юг (Федеральный центр)  
тел: +7(495)007-4242

Vice President  
Вице-президент



A.V. Solodov  
А.В. Солодов

002645

СИСТЕМА ДОБРОВОЛЬНОЙ СЕРТИФИКАЦИИ «СДЕЛАНО В РОССИИ»  
Reg. № РОСС RU.31685.047029 от 26.05.2017 г.



## СЕРТИФИКАТ СООТВЕТСТВИЯ

№ РОСС RU.31685.047029

Срок действия с 20.10.2025 по 05.10.2028

№ 0057630

ОБЪЕКТ ПО СЕРТИФИКАЦИИ: ПОИСК ГРУППА ПОИСК

Сфера применения: методика расчета прогнозные запасы руд в глубоководных залежах, с использованием параметров рудных тел, полученных с помощью дистанционных геоспациальных методов геологического и полевого геофизического аппаратуры комплекса «Поиск» (код ТН ВЭД, ЕАЭС 901809100)

ПРОДУКЦИЯ: Методика расчета прогнозные запасы руд в глубоководных залежах, с использованием параметров рудных тел, полученных с помощью дистанционных геоспациальных методов геологического и полевого геофизического аппаратуры комплекса «Поиск» (код ТН ВЭД, ЕАЭС 901809100)

код ТН ВЭД  
90.11.11

СООТВЕТСТВИЕ ТРЕБОВАНИЯМ НОРМАТИВНЫХ ДОКУМЕНТОВ

код ТН ВЭД

ИЗГОТОВИТЕЛЬ: Общество с ограниченной ответственностью «Группа Поиск», ОГРН 1150600000000, ИНН 0606000000, адрес: 295640, Россия, г. Севастополь, ул. Христалла, д. 143, телефон: +7(978)1111111, сайт: [www.poiskgroup.ru](http://www.poiskgroup.ru)

СЕРТИФИКАТ ВЫДАН: Общество с ограниченной ответственностью «Группа Поиск», ОГРН 1150600000000, ИНН 0606000000, адрес: 295640, Россия, г. Севастополь, ул. Христалла, д. 143, телефон: +7(978)1111111, сайт: [www.poiskgroup.ru](http://www.poiskgroup.ru)

НА ОСНОВАНИИ

Протокола заседания № 001/15-047029 от 20.10.2025 года, проведенного Нами в качестве экспертной (Технической) комиссии РОСС RU.31685.047029

ПОДПИСАНИЕ НА СЕРТИФИКАТЕ  
(Сфера применения: ПЭ)



Руководитель центра

Подпись

В.И. Фокина  
руководитель центра  
А.В. Солодов  
руководитель центра



## Isenção de responsabilidade

As opiniões, análises e explicações expressas neste texto são exclusivamente do autor, Michel Louis Friedman. Elas não representam a visão de nenhuma instituição, empresa, empregador ou outra entidade. O autor se exime de toda responsabilidade pelo uso ou interpretação destas informações.

- Legislação de Direitos Autorais © 11 de março de 1957 Lei nº 57-298 relativa à propriedade de obras literárias e artísticas.
- Copyright © 2009-2026 Funds-LLC div. Proactive Economic Intelligence
- Todos os direitos reservados aos EUA e marcas registradas em conformidade com a legislação aplicável.
- Copyright © 2005-2026 Funds-LLC
- Todos os direitos autorais e marcas registradas estão em conformidade com a Lei dos EUA de 1976 (Title 17 of the United States Code).
- Patentes e Marcas Registradas (12 de dezembro de 1980) <https://www.copyright.gov/>

Direitos autorais © Michel Louis Friedman, 01/2026. É proibida a reprodução sem autorização.

### Michel L. Friedman-Matarese

*(Destom LH 67/11)*

-  Mobile: +591-71696657
-  WhatsApp: +591-71696657
-  Email: [michel@geo-nmr.net](mailto:michel@geo-nmr.net)
-  In Charge: Africa & Américas
-  Speaker: FR-UK-ES-BR/PT
-  GMT: -04h
-  Base: Bolívia, Santa Cruz

### Kotelianets Igor

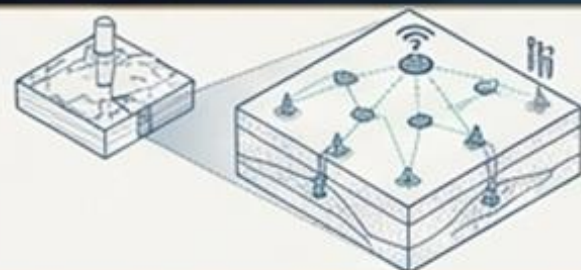
*Director of LLC "Poisk Group"*

-  Tel: +78692456491
-  WhatsApp: +79787155212
-  Email: [igor@geo-nmr.net](mailto:igor@geo-nmr.net)
-  In Charge: World
-  Speaker: RU-UK
-  GMT: +03h
-  Base: Sevastopol, Rusia

# Versatilidade Estratégica: Habilitando a Nova Energia

## Hidrocarbonetos e CCUS

Otimização de perfuração infill e monitoramento contínuo (4D) e passivo da expansão espacial da pluma de CO<sub>2</sub> armazenado.



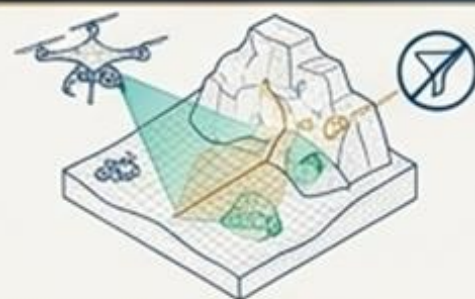
## Energia Geotérmica

Mapeamento ultrapreciso e de forma silenciosa de anomalias térmicas profundas e redes de fraturas críticas entre 500m e 3.000m.



## Minerais Críticos e Bases Preciosas

Localização cirúrgica de Ouro, Cobre e Lítio através da identificação direta do tipo de mineral e eliminação de falsos positivos estatísticos.



## Hidrogênio Natural e Aquíferos

Exploração de levantamento não-invasivo para delinear rapidamente a geografia escondida de acúmulos de hidrogênio natural e grandes recursos hídricos.

