

**Nº 179194**

**Detecção de interfaces e anomalias em estruturas de concreto usando radar (GPR) e Transformada Wavelet Contínua (CWT)**

**Vicente Luiz Galli**

*Painel e Resumo apresentada no  
SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOFÍSICA, 10.,  
2024, Salvador. Palestra... 2 p.*

*A série "Comunicação Técnica" compreende trabalhos elaborados por técnicos do IPT, apresentados em eventos, publicados em revistas especializadas ou quando seu conteúdo apresentar relevância pública.*

**PROIBIDO REPRODUÇÃO**



## Detecção de Interfaces e Anomalias em Estruturas de Concreto Usando Radar (GPR) e Transformada Wavelet Contínua (CWT)

Vicente Luiz Galli, IPT

Copyright 2024, SBGf - Sociedade Brasileira de Geofísica

Este texto foi preparado para a apresentação no X Simpósio Brasileiro de Geofísica, Salvador, 8 a 10 de outubro de 2024. Seu conteúdo foi revisado pelo Comitê Técnico do X SimBGf, mas não necessariamente representa a opinião da SBGf ou de seus associados. É proibida a reprodução total ou parcial deste material para propósitos comerciais sem prévia autorização da SBGf.

### Resumo

Este estudo foi desenvolvido com o objetivo específico de determinar com precisão a posição de interfaces e artefatos inseridos em estruturas de concreto utilizando o método de radar (GPR). Nem sempre a identificação de anomalias é fácil nos dados de GPR, mesmo após o processamento. Isso ocorre devido a diversos fatores, como a presença de ruídos, interferências do meio externo (cabos elétricos, trilhos e guias metálicas, fontes de emissão de ondas) e, apesar de as antenas serem blindadas, a blindagem nem sempre é totalmente eficiente. Os registros obtidos podem conter feições que não refletem o subsolo ou o interior do concreto, como no caso aqui investigado.

Para extrair as informações e interpretar os resultados, faz-se uso de recursos matemáticos, como os utilizados neste estudo, onde foi aplicada a Transformada Wavelet Contínua (CWT).

A pesquisa foi realizada em um ambiente controlado, onde foi construída uma placa de concreto com três furos circulares revestidos em PVC e uma caixa retangular de vazio, utilizando concreto fck 35 MPa, com dimensões de 70 cm x 40 cm x 30 cm, apoiada sobre uma manta termoplástica de PVC em contato com um piso de concreto. A inspeção foi realizada com um sistema GPR equipado com uma antena de 1,6 GHz, estabelecendo uma malha com 16 linhas (5 longitudinais e 11 transversais), com espaçamento de 5 cm entre linhas e registro a cada 2,5 mm. As leituras foram feitas ao longo das linhas, com uma janela de tempo de 12 ns.

Para destacar as características dos alvos, como a interface entre o concreto e a manta de PVC, os tubos de PVC e a caixa vazia, foram aplicados filtros durante o processamento do sinal do GPR, incluindo correção estática, ganho de energia, remoção de background, filtragem passa-banda e migração F-K. A migração F-K eliminou e suprimiu o efeito hiperbólico, resultando em uma representação mais precisa da posição do objeto/interface, embora não corresponda exatamente à sua posição.

Foi aplicada a Transformada Wavelet Contínua (CWT) aos dados de GPR pré-processados para realçar as feições anômalas. A CWT permitiu a decomposição do sinal em diferentes componentes de frequência ao longo do tempo, facilitando a análise detalhada das variações temporais e espaciais das reflexões. A utilização de wavelets, como a wavelet Morlet, proporcionou boa localização no tempo e na frequência, essencial para a identificação precisa das anomalias. Os coeficientes de wavelet visualizados em uma representação tempo-frequência ajudaram na identificação de padrões característicos, melhorando a clareza das feições detectadas e auxiliando na interpretação e na localização de objetos internos.

### Referências

Sandmeier, K.J. (2022). Reflexw – Program for processing of electromagnetic reflection, refraction and transmission data – version 10.0. Germany.

Ghazzi, R., Lahouar, S., Souani C., & Besbes, K. (2017). Peak detection of GPR data with Lifting Wavelet Transform (LWT). International Conference on Advanced Systems and Electric Technologies (IC\_ASET).

Qiuqin Yu, Youxin Li, Tingyi Luo, Jun Zhang, Liang Tao, Xin Zhu, Yun Zhang, Liufen Luo, & Xinxin Xu. (2023). Cement pavement void detection algorithm based on GPR signal and continuous wavelet transform method. ScientificReports.<https://doi.org/10.1038/s41598-023-46752-2>

# Detecção de Interfaces e Anomalias em Estruturas de Concreto Usando Radar (GPR) e Transformada Wavelet Contínua (CWT)

Vicente Luiz Galli

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO - IPT

### Introdução

**Objetivo:** Determinar com precisão a posição de interfaces e artefatos inseridos em estruturas de concreto utilizando o radar (GPR).

**Desafios:** Identificação de anomalias complexas devido a ruídos, interferências externas, e limitações de blindagem das antenas GPR.

### Metodologia

**Ambiente de Estudo:** Placa de concreto (dimensões: 70 cm x 40 cm x 30 cm) construída com um furo circular revestido em PVC e uma caixa retangular de vazio.

**Sistema GPR:** Equipamento GSSI SIR-3000 com antena de 1,6 GHz.

**Parâmetros de Inspeção:** Malha com 16 linhas, espaçamento de 5 cm e registro a cada 2,5 mm, janela de tempo de 12 ns, leituras ao longo das linhas longitudinais e transversais.

### Processamento dos Dados GPR

**Aplicados:** Correção estática, ganho de energia, filtragem passa-banda e migração F-K.

**Objetivo:** Destacar características dos alvos, como interfaces (concreto-PVC) e artefatos internos (tubo de PVC, caixa vazia).

### Transformada Wavelet Contínua (CWT)

**CWT Aplicada:** Para decompor o sinal em componentes de frequência ao longo do tempo.

**Vantagem da CWT:** Facilita a análise detalhada das variações temporais e espaciais das reflexões.

### Resultados

**Identificação de Anomalias:** A CWT realçou feições anômalas, permitindo melhor clareza na identificação de interfaces e artefatos.

### Conclusão

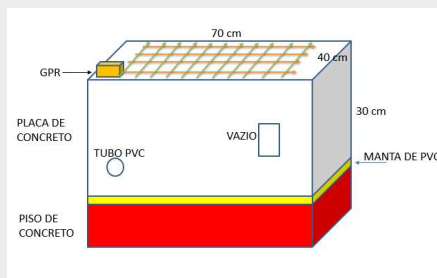
A Transformada Wavelet Contínua (CWT) provou ser uma ferramenta eficaz na detecção de interfaces e anomalias em estruturas de concreto.

**Resultados:** Melhoraram a precisão na identificação e localização de objetos internos, ajudando na interpretação dos dados de GPR.

### Referências

Sandmeier, K.J. (2022). Reflexw – Program for processing of electromagnetic reflection, refraction and transmission data.  
Ghozzi et al. (2017). Peak detection of GPR data with Lifting Wavelet Transform (LWT).  
Qiuqin Yu et al. (2023). Cement pavement void detection algorithm using GPR signal and continuous wavelet transform method.

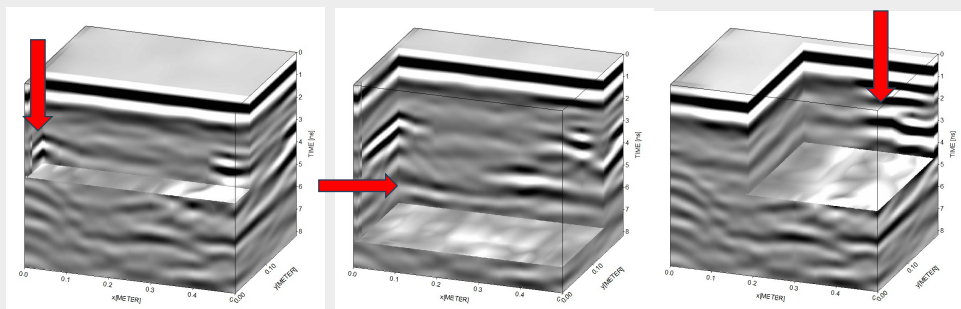
**Figura 1:** Esquema do protótipo de concreto com malha de aquisição GPR.



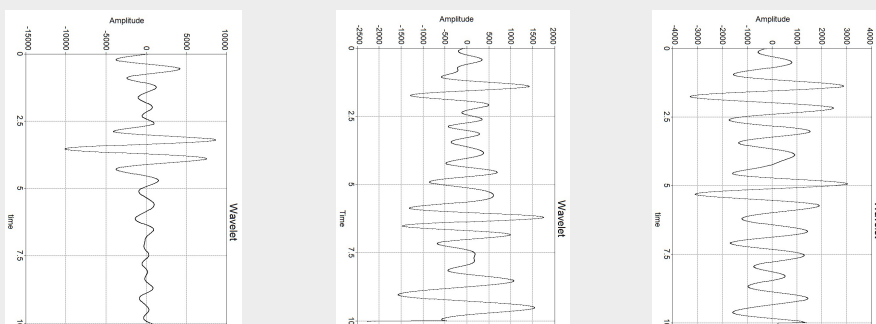
**Figura 2:** Equipamento de Radar (GPR) utilizado para a detecção de anomalias em estruturas de concreto.



**Figura 3:** Processamento dos dados GPR mostrando os resultados em visualização 3D.



**Figura 4:** Representação das três wavelets extraídas das seções de radar.



**Figura 5:** Resultados da análise com CWT mostrando as anomalias identificadas.

