WHITEPAPER

GEORRADAR (GPR): COMO FUNCIONA O MAPEAMENTO DE REDES SUBTERRÂNEAS

Entenda como o georradar (GPR) mapeia redes subterrâneas, suas aplicações e limitações, as normas de referência e os critérios técnicos de contratação.

A3A® Engenharia de Sistemas

SUMÁRIO

1. O QUE É GEORRADAR (GPR)? 5

1.1. UM MÉTODO GEOFÍSICO DE INVESTIGAÇÃO INDIRETA 5

1.2. DETECTAR, LOCALIZAR, IDENTIFICAR E CONFIRMAR SÃO TAREFAS DIFERENTES 5

1.3. A RELAÇÃO COM SUBSURFACE UTILITY ENGINEERING (SUE) 6

2. COMO FUNCIONA O GROUND PENETRATING RADAR? 6

2.1. TRANSMISSÃO, REFLEXÃO E RECEPÇÃO DE ONDAS ELETROMAGNÉTICAS 6

2.2. PERMISSIVIDADE DIELÉTRICA E CONDUTIVIDADE ELÉTRICA 6

2.3. COMO A PROFUNDIDADE É ESTIMADA 6

2.4. FREQUÊNCIA DA ANTENA: RESOLUÇÃO E PENETRAÇÃO 7

3. O QUE O GPR CONSEGUE DETECTAR NO SUBSOLO? 7

3.1. TUBULAÇÕES METÁLICAS E NÃO METÁLICAS 7

3.2. ELETRODUTOS, REDES ELÉTRICAS E TELECOMUNICAÇÕES 7

3.3. GALERIAS, DRENAGEM, CAIXAS E VAZIOS 8

4. COMO É REALIZADO UM LEVANTAMENTO DE REDES SUBTERRÂNEAS COM GPR? . 8

4.1. PESQUISA DOCUMENTAL E OBJETIVO DE ENGENHARIA 8

4.2. RECONHECIMENTO E VIABILIDADE TÉCNICA 9

4.3. SELEÇÃO DO EQUIPAMENTO E MALHA DE AQUISIÇÃO 9

4.4. AQUISIÇÃO E REGISTRO DOS RADARGRAMAS 9

4.5. PROCESSAMENTO, INTERPRETAÇÃO E CORRELAÇÃO 9

4.6. MÉTODOS COMPLEMENTARES E VERIFICAÇÃO 10

4.7. CONSOLIDAÇÃO, REVISÃO E EMISSÃO 10

5. COMO INTERPRETAR OS RADARGRAMAS E OS RESULTADOS? 10

5.1. A-SCAN, B-SCAN E REPRESENTAÇÕES EM PLANTA 10

5.2. POR QUE OBJETOS ENTERRADOS PODEM GERAR HIPÉRBOLES? 10

5.3. CORRELAÇÃO ESPACIAL E CONTINUIDADE 10

5.4. INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NA INTERPRETAÇÃO DO GPR 11

6. QUAL É A PROFUNDIDADE E A PRECISÃO DE UM LEVANTAMENTO COM GPR? . . . 11

6.1. PROFUNDIDADE INVESTIGÁVEL NÃO É PROFUNDIDADE GARANTIDA DE DETECÇÃO 11

6.2. RESOLUÇÃO E SEPARAÇÃO ENTRE OBJETOS PRÓXIMOS 11

6.3. PRECISÃO DE POSICIONAMENTO, INTERPRETAÇÃO E PROFUNDIDADE 11

6.4. EVIDÊNCIA DE APLICAÇÃO BRASILEIRA 12

7. QUAIS SÃO AS PRINCIPAIS LIMITAÇÕES DO GEORRADAR? 12

7.1. SOLO ARGILOSO, UMIDADE E SALINIDADE 12

7.2. DIMENSÃO, PROFUNDIDADE E ORIENTAÇÃO DO ALVO 12
7.3. MATERIAIS HETEROGÊNEOS E INTERFERÊNCIAS 12
7.4. FALSOS POSITIVOS E FALSOS NEGATIVOS 12
7.5. ESCAVAÇÕES E PROCEDIMENTOS DE SEGURANÇA 13
8. GPR, LOCALIZAÇÃO ELETROMAGNÉTICA E EXPOSIÇÃO DIRETA: QUAIS SÃO AS DIFERENÇAS? 13
9. NORMAS TÉCNICAS E NÍVEIS DE QUALIDADE DA INFORMAÇÃO SUBTERRÂNEA . . 13
9.1. ASTM D6432-19: GUIA TÉCNICO PARA APLICAÇÃO DO GPR 13
9.2. ASCE/UESI/CI 38-22 E NÍVEIS DE QUALIDADE SUE 14
9.3. PAS 128:2022 E LEVANTAMENTO DE UTILIDADES 14
9.4. ASCE/UESI/CI 75-22 E OS DADOS DIGITAIS DE UTILIDADES 14
9.5. APLICABILIDADE NO BRASIL 15
10. QUAIS DOCUMENTOS E INFORMAÇÕES DEVEM RESULTAR DE UM LEVANTAMENTO GPR? 15
10.1. RELATÓRIO TÉCNICO E CONDIÇÕES DE AQUISIÇÃO 15
10.2. PLANTA DE INTERFERÊNCIAS E INFORMAÇÕES GEOESPACIAIS 15
10.3. EVIDÊNCIAS, RASTREABILIDADE E INCERTEZAS 15
11. APLICAÇÕES DO GPR EM PROJETOS DE ENGENHARIA 16
11.1. REDES ELÉTRICAS SUBTERRÂNEAS E BANCOS DE DUTOS 16
11.2. TELECOMUNICAÇÕES E INFRAESTRUTURA DE FIBRA ÓPTICA 16
11.3. DRENAGEM, ÁGUA, ESGOTO E GÁS 16
11.4. ÁREAS INDUSTRIAIS E PROJETOS BROWNFIELD 16
11.5. GESTÃO DE ATIVOS E AS-BUILT 16
12. COMO ESPECIFICAR E CONTRATAR UM LEVANTAMENTO COM GPR? 17
12.1. DEFINIR FINALIDADE, ÁREA E RISCO 17
12.2. DEFINIR MÉTODO E COBERTURA 17
12.3. EXIGIR CRITÉRIOS EXPLÍCITOS DE QUALIDADE 17
12.4. EXIGIR DOCUMENTAÇÃO DE RESULTADOS INCONCLUSIVOS 17
12.5. FORMALIZAR ENTREGÁVEIS E ACEITE 17
12.6. COMPETÊNCIA E SEGURANÇA 18
13. EXEMPLO APLICADO: INVESTIGAÇÃO ANTES DE UMA NOVA ROTA DE MÉDIA TENSÃO 18
13.1. ETAPA 1 — PESQUISA E INCONSISTÊNCIAS DOCUMENTAIS 18
13.2. ETAPA 2 — PLANEJAMENTO DO CORREDOR 18
13.3. ETAPA 3 — AQUISIÇÃO E INTERPRETAÇÃO 18

13.4. ETAPA 4 — AVALIAÇÃO DAS HIPÓTESES 18
13.5. ETAPA 5 — VERIFICAÇÃO DAS INTERFERÊNCIAS CRÍTICAS 19
13.6. ETAPA 6 — ATUALIZAÇÃO DE PROJETO E CADASTRO 19
14. CONSIDERAÇÕES FINAIS 19
14.0.1. Conteúdos principais sobre o tema 21
14.0.2. Conteúdos técnicos correlatos 21
14.0.3. Serviços relacionados 21

O **georradar (GPR, do inglês Ground Penetrating Radar)** é um método geofísico não destrutivo que utiliza pulsos eletromagnéticos para investigar o subsolo. Em projetos de engenharia, pode auxiliar a detecção e o mapeamento de tubulações, bancos de dutos, galerias, estruturas enterradas e possíveis interferências sem exigir escavação contínua da área.

O GPR não produz uma fotografia direta do que está enterrado. Ele registra reflexões que precisam ser interpretadas à luz das características do terreno, da geometria dos alvos e de outras evidências. Por isso, **detectar uma anomalia não equivale a identificar uma rede com certeza**, e um trecho sem resposta interpretável não pode ser declarado livre de utilidades apenas com base no radar.

Seu valor está em reduzir incertezas antes de obras, apoiar o levantamento de instalações existentes e fundamentar decisões de projeto. A confiabilidade depende do planejamento, da aquisição, do processamento, da interpretação, do georreferenciamento e da verificação proporcional ao risco.

1. O QUE É GEORRADAR (GPR)?

1.1. UM MÉTODO GEOFÍSICO DE INVESTIGAÇÃO INDIRETA

O equipamento transmite energia eletromagnética para o terreno e recebe parte dessa energia quando ela encontra interfaces com propriedades diferentes. Os registros resultantes permitem identificar refletores e estimar, sob hipóteses técnicas, sua posição. O método é empregado em investigações de solo, concreto, pavimentos, estruturas e infraestrutura enterrada.

Neste artigo, o recorte é a investigação de **utilidades subterrâneas**: instalações de energia, telecomunicações, água, gás, drenagem, esgoto e infraestrutura seca. Uma introdução institucional aos princípios do método está disponível na US EPA.

1.2. DETECTAR, LOCALIZAR, IDENTIFICAR E CONFIRMAR SÃO TAREFAS DIFERENTES

O uso rigoroso desses termos evita conclusões precipitadas:

Uma assinatura semelhante à de uma tubulação não determina automaticamente seu material, diâmetro, titularidade ou condição operacional. Esses dados podem depender de cadastro, inspeções e confirmação.

1.3. A RELAÇÃO COM SUBSURFACE UTILITY ENGINEERING (SUE)

O SUE combina investigação documental, reconhecimento, técnicas geofísicas, topografia, exposição seletiva e documentação de níveis de qualidade. O GPR é uma ferramenta desse processo, não um substituto de todas as demais. A Federal Highway Administration (FHWA) relaciona a melhoria dos dados de utilidades à gestão dos riscos de projeto e obra.

2. COMO FUNCIONA O GROUND PENETRATING RADAR?

2.1. TRANSMISSÃO, REFLEXÃO E RECEPÇÃO DE ONDAS ELETROMAGNÉTICAS

Uma configuração típica possui antena transmissora, antena receptora, unidade de controle, armazenamento e mecanismo de registro do deslocamento. A cada posição, a antena envia pulsos e registra amplitude e tempo dos sinais recebidos. Reflexões ocorrem quando a onda atravessa interfaces entre materiais com propriedades eletromagnéticas diferentes; parte da energia continua seu percurso ou é dissipada.

Quando as leituras sucessivas são posicionadas lado a lado, formam um perfil de radar. Esse perfil não deve ser confundido com uma imagem fotográfica: é uma representação das respostas do campo eletromagnético.

2.2. PERMISSIVIDADE DIELÉTRICA E CONDUTIVIDADE ELÉTRICA

A **permissividade relativa (ε)** influencia a velocidade de propagação da onda. O contraste de permissividade é importante para a formação das reflexões. A **condutividade elétrica (σ)** está entre os fatores que determinam as perdas de energia, afetando a profundidade útil de investigação.

Umidade, sais, mineralogia, compactação e heterogeneidade do solo podem alterar a resposta. Um material altamente condutivo pode atenuar o sinal antes que ele alcance o alvo. A US EPA apresenta os mecanismos físicos e as limitações correspondentes.

2.3. COMO A PROFUNDIDADE É ESTIMADA

Em uma aproximação de meio homogêneo, pouco dissipativo e não magnético, a velocidade é $v \approx c/\sqrt{\varepsilon}$, sendo c a velocidade da luz no vácuo. Para um tempo de ida e volta corrigido t, a estimativa é $d \approx v \cdot t/2$, equivalente a $d \approx c \cdot t/(2\sqrt{\varepsilon})$.

Considere um exemplo estritamente didático: para tempo de 20 ns, ε = 9 produz profundidade aproximada de 1,0 m. Se o meio tiver ε = 16, o mesmo tempo corresponde

a aproximadamente 0,75 m. A diferença evidencia por que a velocidade não deve ser adotada sem justificativa.

A velocidade pode ser estimada por referências de profundidade conhecida, procedimentos de aquisição apropriados ou ajustes de resposta. Se houver variação relevante das propriedades do terreno, uma estimativa única pode introduzir erro na conversão de tempo para profundidade.

2.4. FREQUÊNCIA DA ANTENA: RESOLUÇÃO E PENETRAÇÃO

Frequências maiores tendem a favorecer resolução de alvos menores, frequentemente à custa de menor profundidade de investigação. Frequências menores podem favorecer alcance em determinadas condições, com perda de resolução. O compromisso depende do tipo de solo, da atenuação, da dimensão do objeto, de sua geometria e da finalidade do levantamento.

A profundidade máxima não pode ser especificada somente pela frequência anunciada pelo fabricante. O desempenho real depende do sítio, do alvo e do processamento adotado.

3. O QUE O GPR CONSEGUE DETECTAR NO SUBSOLO?

3.1. TUBULAÇÕES METÁLICAS E NÃO METÁLICAS

Objetos metálicos podem produzir reflexões fortes, mas também dificultar a observação de alvos abaixo deles. Tubulações de PVC e PEAD podem ser detectáveis quando há contraste suficiente entre seu material ou conteúdo e o solo; em outras condições, podem produzir resposta fraca ou ambígua. Diâmetro, profundidade e cobertura da aquisição fazem diferença.

A FHWA discute especificamente as dificuldades de detecção de PVC, salientando que não há garantia universal de resultado por tipo de material.

3.2. ELETRODUTOS, REDES ELÉTRICAS E TELECOMUNICAÇÕES

Bancos de dutos e canalizações podem apresentar respostas mais robustas do que cabos individuais pequenos. Fibras ópticas em si, especialmente sem elementos metálicos, não devem ser tratadas como alvos automaticamente detectáveis. A identificação de um duto não comprova quais cabos ele contém.

Na infraestrutura elétrica, o GPR pode apoiar análise de interferências e definição de rotas; entretanto, tampouco revela diretamente tensão de operação, condição de isolamento ou energização. A FHWA detalha a investigação de linhas elétricas.

3.3. GALERIAS, DRENAGEM, CAIXAS E VAZIOS

Descontinuidades relacionadas a galerias, estruturas de concreto, caixas, fundações, cavidades e outros elementos podem produzir reflexões. O método detecta o contraste, não uma etiqueta que informa a natureza do objeto. Pedras, raízes e heterogeneidades do aterro também podem gerar eventos que exigem discriminação técnica.

Tipo de alvo	Contribuição possível	Limitação essencial
Tubulação metálica	Reflexão e posição inferida	Mascaramento de objetos mais profundos
Tubulação de PVC/PEAD	Anomalia compatível com tubulação	Contraste insuficiente ou pequeno diâmetro
Banco de dutos	Interpretação de traçado ou conjunto enterrado	Não informa automaticamente ocupação dos dutos
Cabo elétrico isolado	Detecção eventual do cabo ou de sua canalização	Diâmetro, ruído e condições de solo
Fibra óptica	Detecção eventual do duto associado	Fibra individual pode não ser identificável
Galeria ou estrutura	Indícios de descontinuidade geométrica	Reflexões semelhantes podem ter origens distintas

A resposta varia de local para local. O panorama de aplicações da FHWA reúne condicionantes de materiais e de aquisição.

4. COMO É REALIZADO UM LEVANTAMENTO DE REDES SUBTERRÂNEAS COM GPR?

4.1. PESQUISA DOCUMENTAL E OBJETIVO DE ENGENHARIA

Antes de iniciar a varredura, é necessário definir a decisão que o levantamento apoiará: estudo de rota, projeto executivo, atualização cadastral, investigação de interferências ou preparação de obra. São consultados projetos, cadastros de concessionárias, registros de manutenção e desenhos As-Built.

O planejamento deve separar utilidades documentadas, instalações suspeitas e trechos sem informação suficiente. Consulte também o artigo da A3A Engenharia sobre As-Built de Redes Subterrâneas, que aborda o registro e a rastreabilidade da infraestrutura executada.

4.2. RECONHECIMENTO E VIABILIDADE TÉCNICA

A equipe avalia pavimento, topografia, acesso, obstáculos, presença de metais, redes superficiais, características presumidas do solo e profundidade de interesse. Terrenos muito condutivos, áreas inacessíveis e interferências intensas podem exigir outro arranjo de investigação.

O reconhecimento deve resultar na indicação das áreas nas quais o GPR é potencialmente aplicável e daquelas em que o desempenho poderá ser insuficiente.

4.3. SELEÇÃO DO EQUIPAMENTO E MALHA DE AQUISIÇÃO

A configuração das antenas, a frequência e o espaçamento entre perfis devem derivar dos objetivos e características previstas dos alvos. Percursos transversais e longitudinais, quando pertinentes, podem auxiliar a inferir orientação e continuidade. A simples passagem por uma linha não representa investigação completa de uma faixa ampla.

A geometria de levantamento deve permitir localizar cada leitura. Conforme o projeto, isso pode envolver malha local, GNSS, RTK, estação total ou técnicas combinadas.

4.4. AQUISIÇÃO E REGISTRO DOS RADARGRAMAS

Durante a aquisição, são documentados trajetos, parâmetros, condições de contato com o solo, obstáculos e interrupções. A coleta deve preservar a rastreabilidade dos perfis, sem omitir áreas não executadas ou regiões de resposta comprometida.

4.5. PROCESSAMENTO, INTERPRETAÇÃO E CORRELAÇÃO

Podem ser aplicadas correções de tempo zero, ajustes de ganho, filtros, remoção de componentes de fundo, estimativas de velocidade e, quando pertinente, migração. Nenhum processamento substitui evidência física inexistente.

Anomalias são correlacionadas entre perfis e confrontadas com documentos, caixas e demais elementos do terreno. Uma assinatura isolada não comprova a continuidade de uma rede.

4.6. MÉTODOS COMPLEMENTARES E VERIFICAÇÃO

Localização eletromagnética, inspeções em estruturas acessíveis e exposição física pontual podem ser necessárias. Essas etapas são especialmente relevantes em cruzamentos críticos, redes sobrepostas ou trechos de baixa detectabilidade. O objetivo é elevar a qualidade da informação de modo proporcional ao risco.

4.7. CONSOLIDAÇÃO, REVISÃO E EMISSÃO

A entrega deve indicar a área efetivamente coberta, as metodologias, os resultados, as profundidades estimadas, os pontos confirmados, as regiões inconclusivas e as fontes de evidência. O desenho final precisa distinguir informação documental de detecção interpretada.

5. COMO INTERPRETAR OS RADARGRAMAS E OS RESULTADOS?

5.1. A-SCAN, B-SCAN E REPRESENTAÇÕES EM PLANTA

Uma leitura individual registra a amplitude do sinal ao longo do tempo. O conjunto de leituras sucessivas ao longo de uma linha gera o perfil B-scan, também conhecido como radargrama. A correlação de múltiplos perfis georreferenciados permite construir plantas interpretativas e, com dados suficientes, visualizações tridimensionais.

O radargrama representa respostas eletromagnéticas, não a aparência visual das tubulações.

5.2. POR QUE OBJETOS ENTERRADOS PODEM GERAR HIPÉRBOLES?

Ao se aproximar e se afastar de um refletor localizado, a antena mede diferentes percursos da onda. Essa geometria pode produzir assinaturas aproximadamente hiperbólicas no perfil. Pedras e outras anomalias também podem gerar reflexões semelhantes, razão pela qual reconhecer uma hipérbole não é o mesmo que reconhecer uma tubulação.

5.3. CORRELAÇÃO ESPACIAL E CONTINUIDADE

A interpretação de uma rede exige avaliar alinhamento, repetição das assinaturas, profundidade estimada, continuidade entre perfis e concordância com registros de campo. A ausência de resposta em um segmento pode indicar redução de detectabilidade, não necessariamente término da instalação.

5.4. INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NA INTERPRETAÇÃO DO GPR

Algoritmos podem auxiliar a reconhecer eventos em grandes conjuntos de radargramas. Contudo, identificar automaticamente uma reflexão não basta para estabelecer a identidade de uma utilidade ou seu traçado contínuo. A revisão científica de Gao e Hu (2026) destaca o descompasso entre detecção de eventos e inferência de redes, além das dificuldades de transferir modelos treinados com simulações para ambientes urbanos reais.

6. QUAL É A PROFUNDIDADE E A PRECISÃO DE UM LEVANTAMENTO COM GPR?

6.1. PROFUNDIDADE INVESTIGÁVEL NÃO É PROFUNDIDADE GARANTIDA DE DETECÇÃO

O sinal pode alcançar uma região sem permitir reconhecer determinado objeto. A profundidade útil depende da atenuação, frequência, geometria, material e dimensões do alvo. Dois tubos na mesma cota podem produzir respostas diferentes. Por isso, não há valor único de alcance que se aplique a todas as situações.

6.2. RESOLUÇÃO E SEPARAÇÃO ENTRE OBJETOS PRÓXIMOS

A resolução é a capacidade de discriminar alvos próximos. Ela depende de frequência, largura de banda, propriedades do meio, geometria da aquisição e processamento. Um conjunto de dutos adjacentes pode produzir eventos sobrepostos e não permitir contagem individual.

6.3. PRECISÃO DE POSICIONAMENTO, INTERPRETAÇÃO E PROFUNDIDADE

O resultado final combina três componentes:

Um GNSS RTK preciso na superfície não garante a mesma precisão para a utilidade inferida abaixo dela. O posicionamento topográfico e a interpretação geofísica pertencem a cadeias metrológicas distintas.

O estudo de Karsznia, Onyszko e Borkowska (2021) avalia diferentes procedimentos e condições de localização de utilidades por GPR. Seus resultados devem ser entendidos no contexto experimental, não como tolerância genérica.

6.4. EVIDÊNCIA DE APLICAÇÃO BRASILEIRA

Farina e colaboradores (2025) estudaram GPR associado a GNSS de alta precisão no campus da Unicamp, com comparação frente a informações levantadas anteriormente. O estudo registra diferenças e limitações em campo, evidenciando potencial para o cadastro, mas sem estabelecer uma precisão universal para qualquer solo ou equipamento.

7. QUAIS SÃO AS PRINCIPAIS LIMITAÇÕES DO GEORRADAR?

7.1. SOLO ARGILOSO, UMIDADE E SALINIDADE

Solos com alta condutividade podem atenuar intensamente o sinal. Umidade não inviabiliza automaticamente o levantamento, pois o comportamento depende também da composição mineralógica e da presença de íons. A viabilidade deve ser avaliada no local.

7.2. DIMENSÃO, PROFUNDIDADE E ORIENTAÇÃO DO ALVO

Cabos pequenos, objetos profundos e estruturas com baixo contraste podem não se destacar do ruído. A orientação do percurso em relação à utilidade e a presença de várias redes próximas também influenciam a resposta.

7.3. MATERIAIS HETEROGÊNEOS E INTERFERÊNCIAS

Aterros com entulho, pedras, raízes, armaduras metálicas, equipamentos próximos e variações de superfície podem gerar respostas sobrepostas. Elementos metálicos podem impedir a observação de objetos sob eles.

7.4. FALSOS POSITIVOS E FALSOS NEGATIVOS

Um falso positivo ocorre quando uma anomalia é interpretada como uma utilidade inexistente. Um falso negativo ocorre quando uma rede real não é reconhecida. Ambos afetam a qualidade do cadastro; os falsos negativos são particularmente preocupantes quando há risco de danificar redes energizadas, pressurizadas ou essenciais.

Uma área sem detecção interpretável **não deve ser declarada livre de instalações**. O relatório deve indicar limitações, trechos não investigados e investigações adicionais necessárias.

7.5. ESCAVAÇÕES E PROCEDIMENTOS DE SEGURANÇA

Mapas obtidos por GPR são evidências para planejamento, não autorizações automáticas de escavação. Devem ser respeitados os procedimentos de segurança, as consultas aos responsáveis pelas redes e as verificações de campo proporcionais à criticidade. A FHWA apresenta restrições e condições que afetam a detecção.

8. GPR, LOCALIZAÇÃO ELETROMAGNÉTICA E EXPOSIÇÃO DIRETA: QUAIS SÃO AS DIFERENÇAS?

Não existe instrumento único que identifique todas as redes e determine todos os seus atributos.

Método	Informação principal	Limitação típica
GPR	Anomalias e geometria inferida do subsolo	Atenuação, contraste, resolução e interpretação
Localização eletromagnética (EML)	Traçado de condutores ou sondas detectáveis	Necessidade de resposta elétrica rastreável
Registros existentes	Traçado e atributos históricos	Possível desatualização ou incompletude
Inspeção em caixas acessíveis	Evidência direta restrita aos pontos de acesso	Não confirma todos os trechos intermediários
Exposição física seletiva	Posição e atributos observados em pontos específicos	Intervenção localizada, custo e risco

O GPR pode complementar a EML quando existirem dutos não metálicos ou redes de características desconhecidas; a EML pode ser particularmente útil em condutores rastreáveis e infraestruturas com fio-guia. A investigação deve registrar a concordância entre métodos e as divergências que permanecem.

Combinar tecnologias é uma prática de engenharia: o resultado não deve apenas somar marcas de instrumentos, mas transformar evidências em informação classificada.

9. NORMAS TÉCNICAS E NÍVEIS DE QUALIDADE DA INFORMAÇÃO SUBTERRÂNEA

9.1. ASTM D6432-19: GUIA TÉCNICO PARA APLICAÇÃO DO GPR

A ASTM D6432-19 orienta o uso do método georradar em investigações de subsuperfície. A referência cobre conceitos, equipamentos e procedimentos do método. Não deve ser confundida com uma especificação completa para cadastro e classificação de qualidade de utilidades enterradas.

9.2. ASCE/UESI/CI 38-22 E NÍVEIS DE QUALIDADE SUE

A ASCE/UESI/CI 38-22 aborda investigação e documentação de utilidades existentes. Uma síntese dos níveis de qualidade historicamente utilizados no SUE, apresentados pela FHWA, é:

Nível	Origem predominante da informação
QL-D	Cadastros ou relatos existentes
QL-C	Levantamento de elementos superficiais correlacionados aos registros
QL-B	Investigação geofísica apropriada e representação documentada da utilidade
QL-A	Exposição física e medição da utilidade em ponto determinado

A tabela é explicativa. O enquadramento formal depende dos procedimentos completos da norma aplicável, não da simples utilização de um equipamento. Uma linha desenhada após varredura GPR não recebe automaticamente o nível QL-B.

9.3. PAS 128:2022 E LEVANTAMENTO DE UTILIDADES

A PAS 128:2022, da BSI, estrutura a detecção, verificação, localização e documentação de utilidades. Seu modelo distingue pesquisa documental, reconhecimento, detecção e verificação, com classificações de qualidade próprias.

O guia da CICES para contratantes descreve, para levantamentos de detecção correspondentes ao seu escopo, a utilização conjunta de EML e GPR e a comunicação de resultados não detectados, limitações e condições de campo.

A classificação da PAS 128 não deve ser confundida ou equiparada automaticamente às categorias ASCE/FHWA. As referências apresentam estruturas próprias, com detalhes que precisam ser consultados na edição contratualmente adotada.

9.4. ASCE/UESI/CI 75-22 E OS DADOS DIGITAIS DE UTILIDADES

A ASCE/UESI/CI 75-22 trata do registro e do intercâmbio de informações sobre localização, geometria e atributos de infraestrutura. É complementar à governança de CAD, GIS, BIM e modelos de utilidades, não uma substituição da metodologia de investigação geofísica.

9.5. APLICABILIDADE NO BRASIL

Normas internacionais são referências técnicas relevantes, mas não são automaticamente obrigatórias em todas as obras brasileiras. O empreendimento deve identificar as exigências legais, setoriais e contratuais pertinentes. Quando ASCE ou PAS forem adotadas, a especificação deve declarar versão, alcance, qualidade requerida e forma de comprovação, evitando misturar terminologias de documentos diferentes.

10. QUAIS DOCUMENTOS E INFORMAÇÕES DEVEM RESULTAR DE UM LEVANTAMENTO GPR?

10.1. RELATÓRIO TÉCNICO E CONDIÇÕES DE AQUISIÇÃO

Documentar objetivo, área, períodos de campo, equipe, instrumentos, parâmetros, sistema de coordenadas, condições de superfície, restrições de acesso, velocidade eletromagnética adotada e limitações. O relatório precisa apresentar a extensão efetivamente investigada, não apenas o perímetro planejado.

10.2. PLANTA DE INTERFERÊNCIAS E INFORMAÇÕES GEOESPACIAIS

As plantas devem separar informações documentais, anomalias detectadas e posições verificadas, indicando sistema de referência, escala, unidades e origem da informação vertical. Uma profundidade estimada não deve aparecer com a mesma natureza de uma profundidade medida fisicamente.

10.3. EVIDÊNCIAS, RASTREABILIDADE E INCERTEZAS

Podem integrar a entrega radargramas selecionados, registros de perfis, fotografias, detecções complementares, notas de interpretação, pontos verificados e arquivos CAD/GIS. Dados 3D e modelos BIM devem preservar o nível de evidência de cada trecho.

Campo	Informação mínima recomendável
Identificação	Código do alvo ou segmento
Método	GPR, EML, cadastro, inspeção ou exposição
Posição	Coordenadas e referência espacial
Profundidade	Valor, referência e condição estimada ou medida
Evidência	Perfil, foto, registro ou documento vinculado
Interpretação	Objeto provável e justificativa
Confiabilidade	Categoria, critério e limitações
Cobertura	Área examinada e eventuais lacunas
Validação	Verificações realizadas

Campo	Informação mínima recomendável
Rastreabilidade	Data, equipe e revisão

Este quadro é uma proposta editorial para organização de entregáveis; não reproduz literalmente uma norma. O guia CICES recomenda que o contratante solicite documentação sobre áreas não detectadas, calibração e condições de levantamento.

11. APLICAÇÕES DO GPR EM PROJETOS DE ENGENHARIA

11.1. REDES ELÉTRICAS SUBTERRÂNEAS E BANCOS DE DUTOS

A investigação pode apoiar a seleção de novas rotas, travessias e intervenções em pátios industriais, subestações e instalações existentes. O objetivo é identificar interferências potenciais e definir pontos onde a posição das instalações deverá ser confirmada.

11.2. TELECOMUNICAÇÕES E INFRAESTRUTURA DE FIBRA ÓPTICA

O método pode auxiliar a investigar dutos, canalizações e elementos enterrados. Entretanto, detectar um banco de dutos não informa o número de cabos ocupantes e tampouco substitui consulta aos registros de rede.

11.3. DRENAGEM, ÁGUA, ESGOTO E GÁS

A resposta depende do material, conteúdo, diâmetro e meio circundante. Levantamentos podem subsidiar cadastro e planejamento, mas não informam automaticamente pressão, estado operacional ou segurança de intervenção.

11.4. ÁREAS INDUSTRIAIS E PROJETOS BROWNFIELD

Instalações ampliadas ao longo de décadas frequentemente apresentam diferentes padrões de documentação. O GPR, combinado com investigação cadastral e métodos complementares, pode ajudar a localizar interferências antes de novos eletrodutos, redes e fundações. Consulte o conteúdo A3A Engenharia sobre projetos brownfield.

11.5. GESTÃO DE ATIVOS E AS-BUILT

Traçados inferidos podem apoiar a atualização de GIS e modelos de informação, desde que mantenham seus atributos de origem, data e confiabilidade. O levantamento cadastral de engenharia organiza dados sobre a infraestrutura existente; não se confunde com a execução de varredura GPR nem com o registro As-Built obtido durante a construção.

12. COMO ESPECIFICAR E CONTRATAR UM LEVANTAMENTO COM GPR?

12.1. DEFINIR FINALIDADE, ÁREA E RISCO

A especificação deve explicar qual decisão será suportada, delimitar a área de interesse e informar redes suspeitas, profundidades relevantes e pontos de conflito. Uma investigação preliminar tem exigências distintas da confirmação de interferências antes de escavação em área crítica.

12.2. DEFINIR MÉTODO E COBERTURA

Solicitar proposta de malha, configurações adequadas ao alvo, técnica de posicionamento e métodos complementares. Equipamento e frequência devem ser escolhas técnicas fundamentadas, não substitutos do escopo.

12.3. EXIGIR CRITÉRIOS EXPLÍCITOS DE QUALIDADE

Precisão horizontal, incerteza de profundidade, calibração, evidências e classificação da informação precisam estar discriminadas. Não é apropriado aceitar apenas a alegação genérica de “alta precisão” baseada no GNSS ou na ficha do radar.

12.4. EXIGIR DOCUMENTAÇÃO DE RESULTADOS INCONCLUSIVOS

O contrato deve prever o registro de áreas sem cobertura e de respostas não interpretáveis, divergências entre métodos e redes presentes nos cadastros mas não detectadas. A ausência de detecção deve aparecer como limitação ou hipótese a investigar, não como confirmação de terreno livre.

12.5. FORMALIZAR ENTREGÁVEIS E ACEITE

Os entregáveis podem incluir relatório, planta CAD/GIS, arquivos georreferenciados, registros de campo, exemplos de radargramas, evidências de calibração, matriz de interferências e recomendações de verificações adicionais. Os critérios de aceite devem testar consistência, cobertura, rastreabilidade e adequação ao objetivo.

12.6. COMPETÊNCIA E SEGURANÇA

A equipe precisa ter capacidade para aquisição, interpretação geofísica, levantamento espacial e gestão dos dados. Exigências de responsabilidade profissional devem ser definidas conforme o escopo e a legislação pertinente. A investigação não substitui procedimentos de segurança, autorizações, consulta aos responsáveis pelas redes e verificações antes da escavação.

13. EXEMPLO APLICADO: INVESTIGAÇÃO ANTES DE UMA NOVA ROTA DE MÉDIA TENSÃO

Exemplo hipotético e exclusivamente didático. Imagine a implantação de uma nova rota subterrânea em um pátio industrial existente. O trajeto preliminar passa por registros incompletos de drenagem, telecomunicações e alimentação elétrica antiga.

13.1. ETAPA 1 — PESQUISA E INCONSISTÊNCIAS DOCUMENTAIS

São reunidos desenhos, relatos de operação e registros de manutenção. Identificam-se divergências de traçado e trechos sem informação vertical.

13.2. ETAPA 2 — PLANEJAMENTO DO CORREDOR

A faixa de investigação é definida conforme o traçado e sua zona de influência. Estabelecem-se métodos de detecção, cobertura, referências espaciais e critérios para priorizar interferências.

13.3. ETAPA 3 — AQUISIÇÃO E INTERPRETAÇÃO

Perfis GPR são obtidos; elementos passíveis de rastreamento são investigados complementarmente por localização eletromagnética. Eventos interpretados recebem códigos e vínculos às evidências.

13.4. ETAPA 4 — AVALIAÇÃO DAS HIPÓTESES

Possíveis redes são comparadas a caixas e traçados conhecidos. Áreas em que não foi possível obter resposta conclusiva permanecem explicitamente classificadas como incertas.

13.5. ETAPA 5 — VERIFICAÇÃO DAS INTERFERÊNCIAS CRÍTICAS

Nos cruzamentos onde uma localização equivocada afetaria a segurança ou a execução, podem ser determinadas inspeções adicionais e exposição física controlada, conforme os procedimentos aplicáveis.

13.6. ETAPA 6 — ATUALIZAÇÃO DE PROJETO E CADASTRO

A rota é mantida ou alterada com base nas evidências. O produto final distingue o que veio de documentos, o que foi interpretado por geofísica e o que foi verificado fisicamente.

O exemplo representa um processo de gestão de incertezas. Não corresponde a obra executada pela A3A Engenharia nem estabelece valores universais de alcance ou precisão do GPR.

14. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O georradar é uma ferramenta consolidada para investigação não destrutiva e pode agregar informações importantes ao mapeamento de redes enterradas. Seu potencial está na redução de incertezas, na identificação de possíveis interferências e na orientação de verificações, projetos e intervenções.

A qualidade do resultado depende do objetivo, das condições do meio, da cobertura, da competência de interpretação e da integração com outras fontes de evidência. **Anomalias e traçados inferidos não devem ser apresentados como infraestrutura fisicamente confirmada**, e resultados negativos não dispensam cuidados antes de escavações.

Para a engenharia, o valor não está somente em usar um radar, mas em produzir informação rastreável, com limitações explícitas e confiabilidade adequada às decisões de projeto, implantação e gestão de ativos.

[1] ASTM INTERNATIONAL. ASTM D6432-19: Standard Guide for Using the Surface Ground Penetrating Radar Method for Subsurface Investigation. West Conshohocken, 2019. DOI: 10.1520/D6432-19. Disponível em: https://store.astm.org/d6432-19.html

[2] AMERICAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEERS (ASCE). ASCE/UESI/CI 38-22: Standard Guideline for Investigating and Documenting Existing Utilities. Reston, 2022. DOI: 10.1061/9780784415870. Disponível em: https://ascelibrary.org/doi/book/10.1061/9780784415870

[3] BRITISH STANDARDS INSTITUTION (BSI). PAS 128:2022: Underground utility detection, verification and location — Specification. Londres, 2022. DOI: 10.3403/30451272.

Disponível em: https://landingpage.bsigroup.com/LandingPage/Standard?UPI=000000000030451272

[4] UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (US EPA). Ground Penetrating Radar (GPR). Environmental Geophysics. Washington, [s.d.]. Disponível em: https://www.epa.gov/environmental-geophysics/ground-penetrating-radar-gpr

[5] FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION (FHWA). Subsurface Utility Engineering. Washington, [s.d.]. Disponível em: https://www.fhwa.dot.gov/programadmin/sueindex.cfm

[6] FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION (FHWA). Underground Utilities — Ground-Penetrating Radar (GPR). InfoTechnology. Washington, [s.d.]. Disponível em: https://infotechnology.fhwa.dot.gov/gpr-ground-penetrating-radar-utility-general/

[7] FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION (FHWA). Ground-Penetrating Radar (GPR): Plastic/PVC Utilities. InfoTechnology. Washington, [s.d.]. Disponível em: https://infotechnology.fhwa.dot.gov/ground-penetrating-radar-gpr-plastic-pvc/

[8] FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION (FHWA). Ground-Penetrating Radar (GPR): Electrical Line. InfoTechnology. Washington, [s.d.]. Disponível em: https://infotechnology.fhwa.dot.gov/ground-penetrating-radar-gpr-electrical-line/

[9] CHARTERED INSTITUTION OF CIVIL ENGINEERING SURVEYORS (CICES). PAS 128:2022 Client Specification Guide: What to ask for when commissioning a PAS 128 utility survey. Londres, 2022. Disponível em: https://www.cices.org/hawkfile/386/original/PAS128%20Client%20Specification%20Guide%20Sep%2022%20final.pdf

[10] AMERICAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEERS (ASCE). ASCE/UESI/CI 75-22: Standard Guideline for Recording and Exchanging Utility Infrastructure Data. Reston, 2022. DOI: 10.1061/9780784415924. Disponível em: https://ascelibrary.org/doi/book/10.1061/9780784415924

[11] KARSZNIA, K. R.; ONYSZKO, K.; BORKOWSKA, S. Accuracy Tests and Precision Assessment of Localizing Underground Utilities Using GPR Detection. Sensors, v. 21, n. 20, art. 6765, 2021. DOI: 10.3390/s21206765. Disponível em: https://doi.org/10.3390/s21206765

[12] GAO, S.; HU, D. Ground Penetrating Radar for Subsurface Utility Detection: Methods, Challenges, and Future Directions. Sensors, v. 26, n. 9, art. 2708, 2026. DOI: 10.3390/s26092708. Disponível em: https://doi.org/10.3390/s26092708

[13] FARINA, F.; COSTA, D. C.; BRESSAGLIA, P.; TREIBER, H. M. Aplicação do radar de penetração no solo (GPR) integrado ao GNSS de alta precisão no mapeamento de redes subterrâneas urbanas: estudo de caso na Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). Revista Políticas Públicas & Cidades, v. 14, n. 2, art. e1829, 2025. DOI: 10.23900/2359-1552v14n2-82-2025. Disponível em: https://doi.org/10.23900/2359-1552v14n2-82-2025

O que é GPR e para que serve? GPR (Ground Penetrating Radar), ou georradar, é um método geofísico não destrutivo que utiliza sinais eletromagnéticos para investigar o subsolo. Auxilia a identificar possíveis tubulações, dutos, estruturas e interferências enterradas.**O georradar detecta tubulações de PVC e PEAD?** Pode detectar, mas não há garantia. O resultado depende do contraste eletromagnético, do conteúdo interno, diâmetro, profundidade, solo e método de aquisição.**O GPR consegue detectar cabos elétricos e fibra óptica?** Pode produzir respostas associadas a alguns cabos, dutos e bancos de dutos. Cabos pequenos e fibras individuais podem ser difíceis de detectar; a detecção do duto não revela todos os cabos que ele contém.**Qual é a profundidade máxima do georradar?** Não há valor universal. O alcance útil depende da frequência, condutividade do terreno, características do alvo e condições do levantamento.**Qual é a precisão de um levantamento com GPR?** Devem ser separadas a precisão da trajetória do equipamento, a incerteza de interpretação e a estimativa vertical. A precisão não é fixa e precisa ser avaliada para cada projeto.**O georradar funciona em solos argilosos e úmidos?** O desempenho pode ser reduzido, especialmente em meios de alta condutividade elétrica. A viabilidade depende da mineralogia, umidade, salinidade e características locais.**O GPR substitui valas ou poços de verificação?** Não necessariamente. Em pontos críticos pode ser indispensável a confirmação física seletiva. A ausência de sinal não comprova inexistência de infraestrutura.**Como contratar um mapeamento de redes subterrâneas com GPR?** Defina objetivo, área, profundidade de interesse, alvos, métodos complementares, cobertura, critérios de qualidade, calibração, incertezas, arquivos de entrega e verificações em pontos críticos. ASCE 38-22 e PAS 128:2022 são referências úteis.

14.0.1. Conteúdos principais sobre o tema

14.0.2. Conteúdos técnicos correlatos

14.0.3. Serviços relacionados

Sobre a A3A Engenharia de Sistemas

Com 30 anos de história, a A3A Engenharia de Sistemas se consolidou como referência em serviços de Engenharia, oferecendo soluções integradas de Telecomunicações, Segurança Eletrônica, Segurança Digital e Instalações Elétricas.

A empresa atua em todas as etapas do ciclo de Engenharia, desde a elaboração de projetos e consultoria técnica até a implantação, manutenção e retrofit de sistemas, sempre em conformidade com as normas técnicas e melhores práticas do setor.

© 2026 - A3A Engenharia de Sistemas.

Este documento é de propriedade da A3A Engenharia de Sistemas e seu conteúdo tem caráter exclusivamente informativo. Reservamo-nos o direito de inserir modificações sem aviso prévio.

A3A® Engenharia de Sistemas