REVISTA CONTRIBUCIONES A LAS CIENCIAS SOCIALES

Gestão de sondagens em ambientes industriais: padronização de dados geotécnicos com AutoCAD Civil 3D

Management of borehole data in industrial environments: standardization of geotechnical data using AutoCAD Civil 3D

Gestión de sondeos en entornos industriales: estandarización de datos geotécnicos con AutoCAD Civil 3D

DOI: 10.55905/revconv.XXn.X-

Originals received:
Acceptance for publication:

Leticia Iohanna Coelho Lima
Bacharel em Ciência e Tecnologia
Instituição: Universidade Federal do Maranhão (UFMA)
Endereço: São Luís – Maranhão, Brasil
E-mail: leticia.iohannac@gmail.com

George Fernandes Azevedo
Doutor em Geotecnia pela Universidade de Brasília (UnB)
Instituição: Universidade Federal do Maranhão (UFMA)
Endereço: São Luís – Maranhão, Brasil
E-mail: gf.azevedo@ufma.br

RESUMO
A gestão das informações provenientes de campanhas de sondagens geotécnicas representa um desafio recorrente em ambientes industriais, especialmente em contextos caracterizados por ampliações sucessivas, múltiplas intervenções e acervos técnicos extensos e não padronizados. A fragmentação desses registros dificulta o acesso, a rastreabilidade e a reutilização dos dados, podendo resultar em análises inconsistentes e na repetição desnecessária de investigações geotécnicas. Diante desse cenário, o presente trabalho tem como objetivo apresentar uma metodologia para a sistematização e gestão de dados de sondagens geotécnicas em ambientes industriais, fundamentada na padronização das informações técnicas e na sua integração em um banco de dados espacial desenvolvido no software AutoCAD Civil 3D. A metodologia foi aplicada de forma hipotética, considerando um acervo documental representativo da realidade de organizações industriais, abrangendo etapas de diagnóstico das práticas de gestão documental, levantamento e padronização das informações, validação espacial das coordenadas, georreferenciamento e modelagem dos dados. Os resultados evidenciaram que a integração espacial dos dados permite uma visualização consolidada do histórico de investigações geotécnicas, favorecendo a identificação de padrões espaciais, a melhoria da rastreabilidade das informações e o suporte à tomada de decisão técnica. Os resultados indicam que a metodologia proposta constitui uma estratégia eficaz para aprimorar a gestão de dados geotécnicos,

contribuindo para maior eficiência, confiabilidade e otimização de recursos em ambientes industriais.

Palavras-chave: sondagens geotécnicas, gestão de dados, georreferenciamento, AutoCAD Civil 3D, ambiente industrial.

ABSTRACT
The management of information derived from geotechnical investigation campaigns represents a recurring challenge in industrial environments, especially in contexts characterized by successive expansions, multiple interventions, and extensive non-standardized technical archives. The fragmentation of these records hinders data access, traceability, and reuse, potentially leading to inconsistent analyses and unnecessary duplication of geotechnical investigations. In this context, this study aims to present a methodology for the systematization and management of geotechnical boring data in industrial environments, based on the standardization of technical information and its integration into a spatial database developed using AutoCAD Civil 3D software. The methodology was applied hypothetically, considering a documentary archive representative of industrial organizational contexts, encompassing stages such as the diagnosis of document management practices, data collection and standardization, spatial validation of coordinates, georeferencing, and data modeling. The results demonstrated that spatial data integration enables a consolidated visualization of the geotechnical investigation history, facilitating the identification of spatial patterns, improving information traceability, and supporting technical decision-making. The results indicate that the proposed methodology represents an effective strategy to enhance geotechnical data management, promoting greater efficiency, reliability, and resource optimization in industrial environments.

Keywords: geotechnical investigations, data management, georeferencing, AutoCAD Civil 3D, industrial environment.

RESUMEN
La gestión de la información proveniente de campañas de investigaciones geotécnicas constituye un desafío recurrente en entornos industriales, especialmente en contextos caracterizados por ampliaciones sucesivas, múltiples intervenciones y acervos técnicos extensos y no estandarizados. La fragmentación de estos registros dificulta el acceso, la trazabilidad y la reutilización de los datos, lo que puede generar análisis inconsistentes y la repetición innecesaria de investigaciones geotécnicas. En este contexto, el presente trabajo tiene como objetivo presentar una metodología para la sistematización y gestión de datos de sondeos geotécnicos en entornos industriales, basada en la estandarización de la información técnica y su integración en una base de datos espacial desarrollada en el software AutoCAD Civil 3D. La metodología fue aplicada de manera hipotética, considerando un acervo documental representativo de la realidad de organizaciones industriales, abarcando etapas de diagnóstico de las prácticas de gestión documental, levantamiento y estandarización de la información, validación espacial de las coordenadas, georreferenciación y modelado de los datos. Los resultados evidenciaron que la integración espacial de los datos permite una visualización consolidada del historial de investigaciones geotécnicas, favoreciendo la identificación de patrones espaciales, mejorando la trazabilidad de la información y apoyando la toma de decisiones técnicas. Los resultados indican que la metodología propuesta constituye una estrategia eficaz para optimizar la gestión de datos geotécnicos en entornos industriales.

Palabras clave: investigaciones geotécnicas, gestión de datos, georreferenciación, AutoCAD Civil 3D, entorno industrial.

1 INTRODUÇÃO

A realização de campanhas de sondagens geotécnicas é uma etapa indispensável para o conhecimento das condições do subsolo em projetos de engenharia, tanto na construção civil quanto em ambientes industriais, conforme orientações técnicas previstas na ABNT NBR 6484:2020 (ABNT, 2020). Complexos industriais reúnem diversas estruturas operacionais, como pátios de armazenagem, prédios administrativos e técnicos, linhas de produção, oficinas de manutenção, vias internas pavimentadas, bases para equipamentos, sistemas de drenagem e contenção. Nesse tipo de ambiente, é comum a ocorrência de ampliações, adequações e novas implantações ao longo do tempo, o que exige avaliações frequentes do solo nas áreas de intervenção. A caracterização geotécnica prévia é fundamental para garantir a estabilidade das estruturas, a escolha adequada das fundações e a segurança operacional das atividades.

Esse processo de investigação geotécnica tem como objetivo principal caracterizar o subsolo por meio da coleta de dados técnicos que subsidiam decisões em projetos de fundação, terraplenagem, drenagem e contenção. Dentre os métodos mais utilizados para esse fim, destaca-se a sondagem à percussão com ensaio de penetração padrão Standard Penetration Test (SPT), que, de acordo com os critérios estabelecidos na ABNT NBR 6484:2020 (ABNT, 2020), fornece dados relevantes como a estratigrafia do solo, o nível do lençol freático e a resistência dinâmica dos materiais, favorecendo uma interpretação mais segura das condições geotécnicas do terreno e contribuindo para a definição adequada dos parâmetros de projeto.

A ausência de uma investigação geotécnica adequada compromete a segurança e a viabilidade técnica e econômica de um projeto, sendo reconhecida como uma das causas de mau desempenho das fundações (Gotlieb, 2019). Entre os principais riscos estão a definição incorreta da tensão admissível do solo, a escolha inadequada do tipo de fundação e a subestimação da profundidade das camadas resistentes. Segundo Chini e Leal (2020), a inexistência de estudos prévios ou interpretações equivocadas da capacidade de carga pode ocasionar patologias, prejuízos financeiros, alterações no projeto e no cronograma, além de atrasos na entrega da obra.

Embora as investigações geotécnicas desempenhem papel essencial para a segurança e o desempenho das estruturas, a gestão dos dados produzidos nessas campanhas ainda constitui um desafio em ambientes industriais. Segundo Bastos e Zuquette (2008), registros geotécnicos tendem a permanecer armazenados de forma dispersa, em documentos físicos ou arquivos digitais não padronizados, o que dificulta o acesso, a rastreabilidade e a reutilização desses dados nas diferentes etapas de desenvolvimento e operação das intervenções. Essa fragmentação pode comprometer o planejamento de novas ações de engenharia e favorecer a repetição desnecessária de sondagens.

Diante desse cenário, o objetivo deste trabalho é apresentar uma metodologia para sistematizar o registro e a gestão de dados de sondagens em ambientes industriais, com base na padronização das informações técnicas e sua inserção em um banco de dados espacial desenvolvido por meio do software AutoCAD Civil 3D. A metodologia desenvolvida é passível de reprodução em diferentes contextos da engenharia que demandem a gestão de informações geotécnicas, sendo, neste trabalho, aplicada de forma hipotética em um contexto organizacional do setor de mineração, localizado na cidade de São Luís, no estado do Maranhão, caracterizado pela existência de um arquivo técnico estruturado e de rotinas consolidadas de suporte ao setor de engenharia. A proposta visa atender à crescente demanda por soluções digitais na engenharia, promovendo maior controle, rastreabilidade e eficiência na gestão técnica das informações geotécnicas.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 MÉTODO SPT: CARACTERÍSTICAS, EXECUÇÃO E APLICAÇÕES

Segundo De Sousa e Lobo (2018), o ensaio SPT, também conhecido como sondagem à percussão, é um dos métodos mais consolidados e frequentemente empregados na investigação do subsolo. Esse método é amplamente utilizado na investigação geotécnica no Brasil, especialmente por sua simplicidade de execução, baixo custo relativo e pela extensa base de dados já acumulada, o que favorece interpretações confiáveis dos resultados. Conforme estabelecido pela NBR 6484:2020 (ABNT, 2020), o ensaio consiste na cravação de um

amostrador padrão no solo por meio de golpes de um martelo padronizado, visando determinar a resistência à penetração e obter amostras para caracterização do subsolo.

Durante o ensaio, mede-se o número de golpes necessários para cravar o amostrador em três etapas consecutivas de 15 cm, desconsiderando-se os primeiros 15 cm (chamados de assentamento). O somatório dos golpes nos 30 cm subsequentes é o valor denominado de "N", ou índice de resistência à penetração (N_{spt}). Esse índice é utilizado como parâmetro para estimar a compacidade de solos arenosos, a consistência de solos argilosos e a resistência de solos residuais (Pinto, 2006). Os furos de sondagem também permitem a identificação do nível do lençol freático e a coleta de amostras deformadas, utilizadas em análises laboratoriais complementares. A execução do ensaio SPT em campo é apresentada na Figura 1.

Figura 1 – Execução do ensaio SPT em campo.



Fonte: Elaboração própria (2025)

A aplicação do método SPT é fundamental para o dimensionamento de fundações rasas e profundas, projetos de contenção e estabilidade de taludes, além de subsidiar análises de recalque e investigações ambientais preliminares (Folle, 2002). Sua utilização é ampla tanto em empreendimentos da construção civil quanto em instalações industriais, sendo especialmente importante em áreas com uso intensivo do solo, como pátios, vias internas, fundações de estruturas e bases para equipamentos. A consistência do método SPT e a extensa literatura de correlações empíricas associadas o consolidam como uma ferramenta essencial na definição de parâmetros geotécnicos, sendo amplamente empregado como suporte inicial em análises complementares.

2.2 MAPEAMENTO GEOTÉCNICO

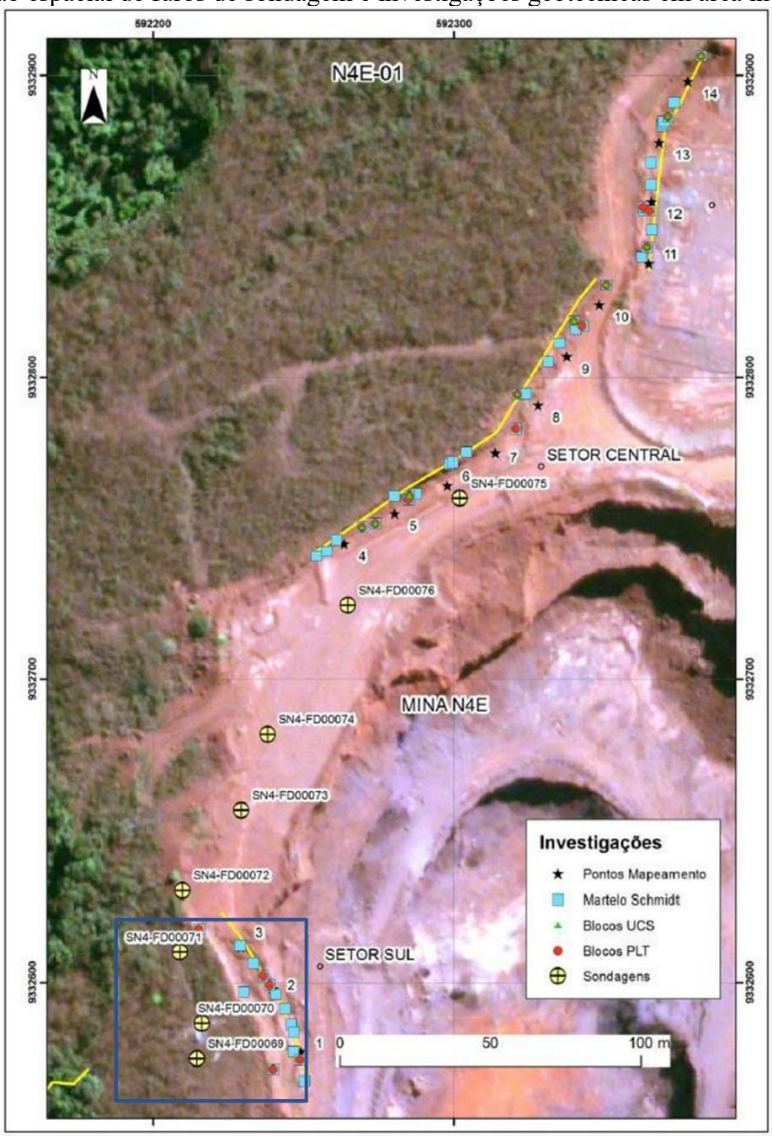
O mapeamento geotécnico é uma ferramenta fundamental para a caracterização e análise prévia das condições do terreno, sendo utilizado para representar cartograficamente informações sobre os aspectos geológicos, geotécnicos e geomorfológicos de uma determinada área (IPT, 2015). Esse tipo de mapeamento integra dados obtidos em campo, ensaios laboratoriais e interpretação de sondagens com o objetivo de subsidiar projetos de engenharia, obras de infraestrutura, planejamento territorial e análise de riscos geotécnicos.

De acordo com Lagacherie e McBratney (2007), o mapeamento geotécnico permite identificar zonas homogêneas quanto ao comportamento geomecânico dos materiais do subsolo, definindo suas propriedades físicas, índices de resistência, tipo de material predominante, presença de lençol freático e possíveis restrições para construção. Essas informações são fundamentais para orientar decisões técnicas como a escolha do tipo de fundação, a viabilidade de escavações, o uso de estruturas de contenção ou a necessidade de estabilização do terreno.

A representação cartográfica dos dados geotécnicos pode ser realizada por meio de plantas, cortes geológicos, perfis estratigráficos e mapas temáticos (Paula, 2006). A escala de trabalho e o nível de detalhamento variam conforme o objetivo do estudo, sendo que, em áreas industriais, o mapeamento deve considerar a densidade de intervenções no solo e a sobreposição de estruturas com diferentes funções técnicas (Zuquette, 1993).

Em ambientes industriais complexos, áreas de grande porte com múltiplas instalações técnicas, o mapeamento geotécnico facilita a gestão territorial ao permitir o registro histórico das sondagens realizadas, a identificação de áreas já investigadas e o planejamento de novas campanhas de forma mais eficiente. Além disso, promove a integração entre as áreas de engenharia civil, geotecnia, meio ambiente e planejamento, contribuindo para a minimização de riscos e a racionalização de custos nas decisões relacionadas ao uso e ocupação do solo (Maciel Filho, 1997). A Figura 2 exemplifica a aplicação desse tipo de mapeamento em um contexto industrial de mineração, a partir da organização espacial de investigações geotécnicas realizadas em campo.

Figura 2 – Distribuição espacial de furos de sondagem e investigações geotécnicas em área industrial de mineração



Fonte: Ferreira (2019)

2.3 FORMAS DE GEORREFERENCIAMENTO DE DADOS ESPACIAIS: SIGS E AUTOCAD CIVIL 3D

O georreferenciamento de dados espaciais consiste em associar informações técnicas a uma localização geográfica específica por meio de sistemas de coordenadas. Essa prática é essencial para a construção de bancos de dados integrados que permitem a análise espacial, a visualização cartográfica e o cruzamento de diferentes camadas de informação. Na engenharia, o georreferenciamento é amplamente utilizado para organizar dados geotécnicos, topográficos, ambientais e estruturais, contribuindo para um planejamento técnico mais preciso (Burrough; McDonnell, 1998).

Entre as principais ferramentas empregadas nesse processo destacam-se os Sistemas de Informações Geográficas (SIGs), que possibilitam o armazenamento, o processamento e a representação gráfica de informações associadas a coordenadas espaciais (Paredes, 1994). Nesse contexto, softwares amplamente difundidos, como o QGIS, desenvolvido pelo Projeto QGIS, e o ArcGIS, desenvolvido pela empresa Esri, são frequentemente citados na literatura por oferecerem recursos voltados à análise espacial, tais como a sobreposição de camadas temáticas, a consulta e o gerenciamento de atributos, a modelagem do terreno, a geração de seções transversais e a extração de perfis aplicados a estudos de engenharia (QGIS DEVELOPMENT TEAM; ESRI). De modo complementar, segundo Longley et al. (2005), os SIGs são fundamentais para a gestão territorial e a tomada de decisões técnicas, ao permitirem a integração de múltiplas fontes de informação baseadas na localização.

Além dos sistemas de informação geográfica, destaca-se o AutoCAD Civil 3D, software desenvolvido pela Autodesk com recursos voltados à elaboração de projetos de infraestrutura. Esse programa permite a inserção de dados georreferenciados e a representação espacial de informações técnicas, agregando funcionalidades de modelagem tridimensional e análise topográfica (Autodesk, 2024). Assim, o AutoCAD Civil 3D contribui para a padronização e integração dos dados geotécnicos, facilitando a análise e o gerenciamento das informações em projetos de engenharia.

3 METODOLOGIA

A metodologia adotada nesta pesquisa foi estruturada de modo a permitir a organização, padronização e integração espacial de dados de sondagens geotécnicas em ambientes industriais. Para isso, foram desenvolvidas etapas que compreendem desde o diagnóstico das práticas de gestão documental até a construção de um banco de dados espacial no AutoCAD Civil 3D.

Para fins de aplicação metodológica, considerou-se um acervo documental hipotético composto por relatórios de sondagens geotécnicas, disponibilizados em meio digital, provenientes de um arquivo técnico típico de ambientes industriais. Esse acervo é representativo de diferentes períodos de execução das sondagens e contempla documentos originalmente produzidos em meio físico e posteriormente digitalizados, possibilitando a análise da aplicabilidade do procedimento proposto em um cenário compatível com a realidade prática da engenharia. As etapas da metodologia encontram-se detalhadas a seguir.

3.1 DIAGNÓSTICO DAS PRÁTICAS DE GESTÃO DE DOCUMENTOS GEOTÉCNICOS

A primeira etapa consiste na compreensão do fluxo de informações adotado pela organização para localizar, acessar e compilar informações de sondagens geotécnicas. Esse diagnóstico tem como propósito caracterizar o processo vigente no contexto analisado, descrevendo suas etapas constituintes e as interações estabelecidas entre os setores ou agentes responsáveis pela gestão e pelo uso dessas informações.

No contexto hipotético adotado neste trabalho, o método empregado envolve sucessivas solicitações e trocas de informações entre o setor de Arquivo Técnico e a Engenharia, contemplando atividades como:

a) consulta às listas de documentos disponíveis;

b) filtragem manual dos materiais relevantes;

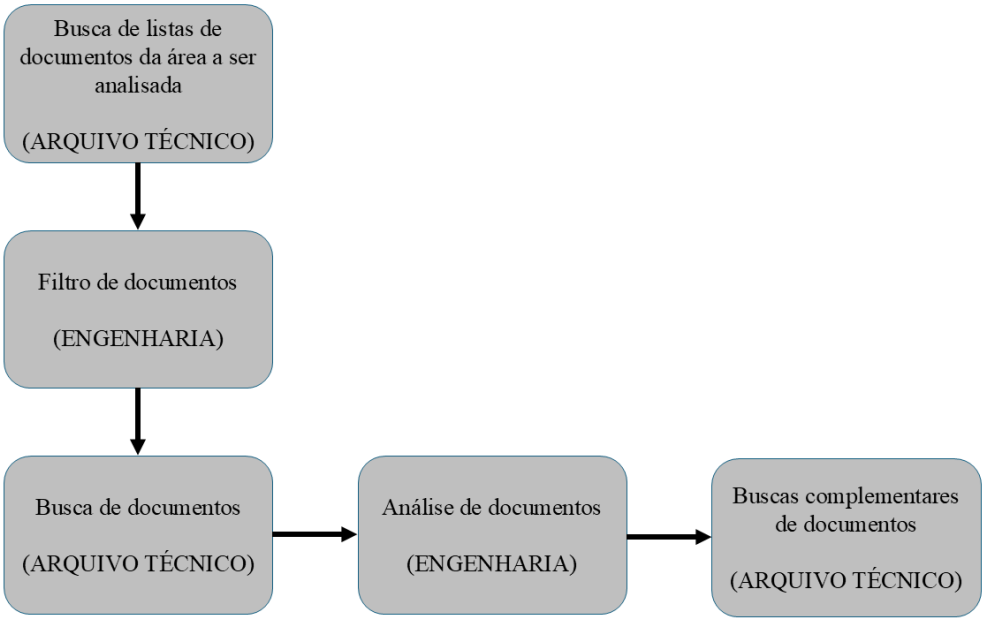
c) solicitação individual de relatórios;

d) análise técnica dos arquivos recebidos;

e) realização de buscas complementares quando constatadas lacunas ou inconsistências.

A sequência dessas etapas está representada no fluxograma da Figura 3, que ilustra o processo hipotético adotado neste trabalho. A figura permite visualizar, de forma clara, o percurso para obtenção das informações, evidenciando a sequência rígida das etapas, as dependências entre os setores envolvidos e o caráter fragmentado do processo.

Figura 3 – Fluxograma do processo hipotético de obtenção de documentos de sondagens geotécnicas



Fonte: Elaboração própria (2025)

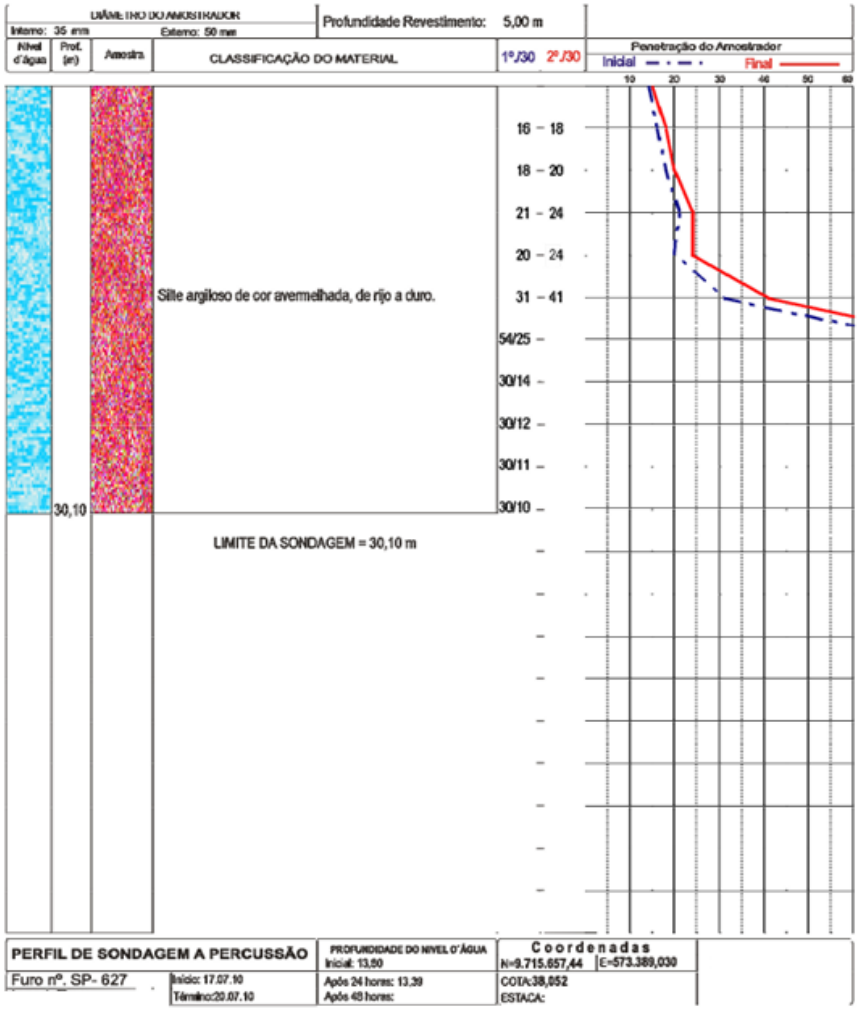
As informações obtidas nesta etapa servem de base para as fases subsequentes de levantamento, padronização e integração espacial dos dados, constituindo o ponto de partida para o desenvolvimento da metodologia proposta.

3.2 LEVANTAMENTO E EXTRAÇÃO DAS INFORMAÇÕES DE SONDAGENS

Após o diagnóstico inicial, a metodologia determina que deve-se realizar o levantamento dos relatórios de sondagens disponíveis no acervo técnico da instituição, a partir de um processo de filtragem manual dos documentos previamente selecionados com base na presença do termo “sondagem” em seus títulos. Cada documento deve ser analisado individualmente, com o objetivo de identificar e extrair os elementos essenciais necessários para a etapa de padronização e posterior modelagem no ambiente do AutoCAD Civil 3D.

As informações consideradas nesta etapa metodológica são obtidas diretamente dos boletins de sondagem, documentos técnicos que concentram os principais dados relacionados à execução e aos resultados das investigações geotécnicas. A Figura 4 apresenta um exemplo de boletim de sondagem à percussão (SPT), utilizado exclusivamente para fins ilustrativos, como referência para a identificação dos tipos de dados passíveis de extração nesta etapa, permitindo a compreensão da organização das informações e do conteúdo normalmente disponível nesses relatórios técnicos.

Figura 4 – Exemplo de boletim de sondagem utilizado para fins ilustrativos na identificação dos dados



Fonte: Acervo técnico, dados adaptados

Os principais dados extraídos dos relatórios correspondem aos seguintes itens:

a) identificação do furo de sondagem;

b) método empregado (sondagem SPT, rotativa etc.);

c) coordenadas geográficas associadas;

d) profundidade investigada;

e) numeração do relatório técnico de origem.

Essa sistematização possibilita reunir informações originalmente dispersas em diferentes pastas, formatos e documentos, consolidando-as em um conjunto estruturado que serve de insumo para as etapas subsequentes.

3.3 PADRONIZAÇÃO DAS INFORMAÇÕES TÉCNICAS

Com as informações extraídas dos boletins de sondagem, inicia-se o processo de padronização das informações técnicas, cujo objetivo é garantir a consistência, a rastreabilidade e a compatibilidade dos dados geotécnicos para posterior integração ao banco de dados espacial. Esse processo é desenvolvido de forma sequencial, conforme descrito a seguir.

3.3.1 Verificação e validação das coordenadas geográficas

Nesta etapa, realiza-se a verificação preliminar das coordenadas geográficas associadas aos furos de sondagem, por meio de sua inserção temporária no ambiente do AutoCAD Civil 3D, com o objetivo de permitir a visualização inicial da distribuição espacial dos pontos.

Em seguida, procede-se à validação das coordenadas, a partir da análise da localização dos furos de sondagem em relação ao contexto físico da instituição, considerando as referências espaciais descritas nos boletins de sondagem e nos relatórios técnicos, tais como estruturas existentes, vias internas e áreas específicas do projeto. Essa etapa possibilita confirmar a coerência locacional das informações e identificar eventuais inconsistências.

Caso sejam identificadas inconsistências durante a validação, realiza-se a correção das coordenadas com base na conferência das informações que constam nos boletins de sondagem e nos relatórios técnicos, bem como em dados complementares do projeto, quando disponíveis. As coordenadas corrigidas são consideradas aptas para prosseguimento da metodologia.

3.3.2 Organização das informações em planilha estruturada

Após a validação das coordenadas, as informações técnicas extraídas dos boletins de sondagem são organizadas em uma planilha estruturada, que passa a constituir a base consolidada de dados do trabalho. A planilha reúne, de forma padronizada, os dados essenciais de cada furo, previamente definidos na etapa de extração, tais como a identificação da sondagem, as coordenadas geográficas, a profundidade investigada e a numeração do relatório.

A Figura 5 apresenta um exemplo de planilha estruturada, evidenciando a organização e a sistematização das informações, o que facilita o acesso aos dados e sua posterior integração ao ambiente de modelagem espacial.

Figura 5 – Modelo de planilha para sistematização das informações

RELATÓRIO XYZ			
TIPO/NUMERAÇÃO DA SONDAGEM	COORDENADAS		PROFUNDIDADE EXECUTADA
	NORTE	ESTE	

Fonte: Elaboração própria (2025)

3.3.3 Padronização da identificação dos furos de sondagem

Com os dados já validados e consolidados, executa-se o desenvolvimento da padronização da identificação dos furos de sondagem no ambiente do AutoCAD Civil 3D. Essa etapa assegura que todos os furos sejam representados com nomenclatura única e consistente, garantindo uniformidade na leitura técnica e facilitando a rastreabilidade das informações. A Figura 6 exemplifica a padronização para inserção dos furos no modelo.

Figura 6 – Modelo de padronização para inserção de dados no ambiente do AutoCAD Civil 3D



Fonte: Elaboração própria (2025)

A padronização das informações técnicas assegura que dados provenientes de diferentes campanhas de sondagem, empresas contratadas ou períodos de execução possam ser compatibilizados entre si.

3.4 GEORREFERENCIAMENTO DOS PONTOS DE SONDAGEM

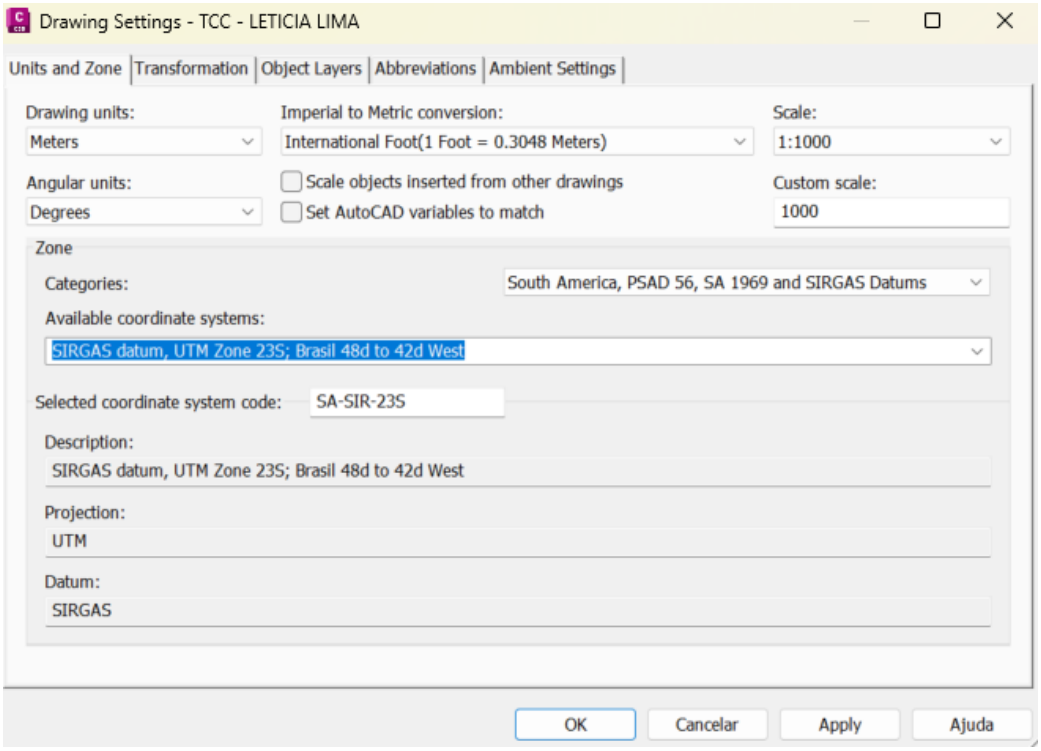
Nesta etapa da metodologia, realiza-se a inserção de imagens de satélite no ambiente do AutoCAD Civil 3D, com o objetivo de permitir a visualização espacial dos pontos de sondagem sobre uma base cartográfica de referência. Para que essa visualização seja possível, é necessária a configuração prévia do sistema de coordenadas do desenho, a qual viabiliza a exibição da imagem no ambiente de trabalho.

Adotou-se, em caráter hipotético, o datum SIRGAS 2000, sistema oficialmente adotado e amplamente utilizado no Brasil em trabalhos de engenharia e georreferenciamento. Para fins de exemplificação metodológica, considerou-se a projeção UTM, fuso Zona 23S, correspondente ao estado do Maranhão. Após a definição do sistema de coordenadas, a imagem de satélite disponibilizada pela plataforma da Autodesk no AutoCAD Civil 3D é exibida por meio do recurso de mapas geográficos do software (GEOMAP), mantendo coerência com as coordenadas dos pontos de sondagem.

A utilização de imagens externas ao software, como ortofotos ou arquivos em formato GeoTIFF, pode demandar ajustes adicionais, incluindo o alinhamento da imagem a pontos de controle conhecidos, de modo a assegurar a coerência espacial entre a base cartográfica e os dados geotécnicos.

A definição adequada do sistema de referência espacial é fundamental para assegurar a correta visualização das imagens de satélite e a coerência do posicionamento dos pontos de sondagem no ambiente de desenho. A Figura 7 apresenta a interface de configuração das unidades e do sistema de coordenadas no AutoCAD Civil 3D, evidenciando os parâmetros adotados neste trabalho.

Figura 7 – Configuração do sistema de coordenadas (Datum SIRGAS 2000 / UTM Zona 23S) no AutoCAD Civil 3D



Fonte: Interface do software AutoCAD Civil 3D

3.5 INSERÇÃO E MODELAGEM DOS DADOS NO AUTOCAD CIVIL 3D

Após a configuração da imagem de satélite, os dados de sondagem são inseridos e modelados no ambiente do AutoCAD Civil 3D, de acordo com o formato definido para a representação dos furos. Cada ponto mantém vinculação com os atributos técnicos previamente organizados, garantindo a integridade e a consistência das informações geotécnicas.

A modelagem espacial permite a organização consolidada dos dados, facilitando consultas, análises e a integração das informações em etapas subsequentes de projetos de engenharia e gestão geotécnica.

3.6 GESTÃO E ATUALIZAÇÃO DO REPOSITÓRIO GEORREFERENCIADO

A última etapa da metodologia consiste em manter o modelo espacial sempre atualizado à medida que novas sondagens forem realizadas, seguindo o mesmo procedimento adotado para

a inserção dos dados iniciais. Esse processo de atualização contínua é fundamental para garantir a confiabilidade e a rastreabilidade do repositório georreferenciado.

Com essa abordagem, o banco de dados espacial permanece uma fonte dinâmica e estratégica, ampliando o suporte à elaboração de estudos técnicos, à avaliação de riscos e ao planejamento de intervenções em ambientes industriais.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A aplicação da metodologia proposta possibilitou analisar os efeitos da padronização e da integração espacial dos dados de sondagens geotécnicas no contexto de ambientes industriais. Os resultados obtidos evidenciam limitações associadas à gestão tradicional desses registros e demonstram o potencial da abordagem adotada para organizar, integrar e facilitar o acesso às informações técnicas, mesmo considerando o caráter hipotético da aplicação. Na sequência, discutem-se os principais resultados evidenciados pela abordagem adotada, com ênfase em suas contribuições para a gestão das informações geotécnicas.

4.1 ANÁLISE DO PROCESSO INICIAL DE GESTÃO E LEVANTAMENTO DAS INFORMAÇÕES DE SONDAGENS GEOTÉCNICAS

A análise do processo inicial de gestão documental e de levantamento das informações de sondagens geotécnicas permitiu caracterizar o cenário de organização e acesso aos dados no contexto hipotético considerado. Observou-se que os registros de sondagens estavam distribuídos por diversos relatórios técnicos armazenados em pastas digitais de forma não integrada, o que exigia sucessivas consultas e solicitações entre os setores de Arquivo Técnico e Engenharia para a localização das informações necessárias. Como representado anteriormente no fluxograma da Figura 3, essa sequência rígida de etapas reforça a dependência entre os setores e evidencia o caráter fragmentado do processo, aspecto confirmado nos resultados obtidos.

Verificou-se que o reconhecimento das sondagens existentes em uma determinada área dependia, predominantemente, da análise individual dos documentos disponíveis, sem o apoio de uma referência espacial ou de um sistema consolidado de informações. Esse modelo de gestão fragmentado tornava o processo mais suscetível a inconsistências, sobretudo quanto à

identificação e à localização das sondagens, bem como à ausência ou dispersão de dados nos registros, condição recorrente em ambientes industriais submetidos a intervenções contínuas ao longo do tempo.

O levantamento e a extração das informações a partir dos boletins de sondagem possibilitaram a sistematização dos principais elementos técnicos associados a cada investigação geotécnica, conforme previamente definidos, assegurando uniformidade na seleção das informações relevantes. Nessa etapa, os dados foram reunidos de forma preliminar, por meio da análise direta dos documentos, permanecendo em estado bruto, sem validação espacial ou estruturação definitiva.

Embora essa etapa não resulte, por si só, em um banco de dados estruturado, a sistematização realizada representa um avanço qualitativo na organização das informações, ao possibilitar a consolidação preliminar de elementos antes dispersos em diferentes relatórios técnicos – como identificação das sondagens, localização, profundidade registrada e referência ao documento de origem. Mesmo considerando o caráter hipotético da aplicação, a análise dessa etapa inicial evidencia a relevância da sistematização prévia para reduzir a dependência de consultas fragmentadas e favorecer uma gestão mais organizada e coerente das sondagens geotécnicas em ambientes industriais.

4.2 CONSOLIDAÇÃO DAS INFORMAÇÕES TÉCNICAS PADRONIZADAS

Os resultados desta etapa permitiram confirmar a coerência locacional dos furos de sondagem em relação às referências espaciais descritas nos relatórios técnicos, como edificações, vias internas e áreas operacionais. Embora se trate de uma aplicação hipotética, essa conferência evidencia a importância da validação prévia da localização dos furos, uma vez que eventuais inconsistências espaciais – caso existissem – poderiam comprometer análises posteriores e a correta interpretação do histórico geotécnico da área.

A organização das informações previamente levantadas e conferidas resultou em uma planilha de apoio estruturada, concentrando em um único ambiente os principais atributos de cada investigação. Essa estrutura viabilizou a consolidação dos registros técnicos e o apoio ao tratamento uniforme das informações, constituindo um suporte adequado para etapas futuras.

A Figura 8 apresenta um exemplo de planilha parcialmente preenchida, na qual os registros de sondagem encontram-se dispostos de maneira consistente, contemplando informações como identificação do furo, coordenadas geográficas, profundidade investigada e referência ao relatório técnico de origem. Esse arranjo contribuiu para a visualização integrada dos dados e assegurou maior clareza e rastreabilidade dos registros.

Figura 8 – Organização preliminar dos dados técnicos de sondagens geotécnicas em planilha padronizada

RL-000KP-X-00000			
TIPO/NUMERAÇÃO DA SONDAGEM	COORDENADAS		PROFUNDIDADE EXECUTADA
	NORTE	ESTE	
SP-N-02	573045,80	9715772,30	16,92m
SP-N-03	573102,45	9715718,60	9,74m
SP-N-04	573168,90	9715665,40	24,19m
SP-N-05	573235,60	9715609,20	11,06m
SP-N-06-A	573301,15	9715554,80	20,12m
SP-N-06	573362,90	9715498,50	8,95m
SP-N-07	573428,40	9715446,30	18,36m
SP-N-09	573495,75	9715393,90	14,02m
SP-N-17	573561,30	9715339,60	26,03m
SP-N-18	573628,80	9715287,40	12,47m
SP-N-22	573082,60	9715650,20	21,46m
SP-N-23	573149,25	9715596,10	10,38m
SP-N-25	573216,70	9715541,90	28,57m
SP-N-26	573283,40	9715487,60	15,31m
SP-N-27-A	573350,95	9715432,80	8,12m
SP-N-29	573417,60	9715378,40	22,84m
SP-N-30	573484,10	9715323,90	17,58m
SP-N-33	573600,45	9715705,30	19,07m
SP-N-38	573668,90	9715651,10	13,15m
SP-N-39	573735,30	9715597,00	11,89m
SP-N-49	573803,75	9715542,60	16,04m
SP-N-50	573872,10	9715488,20	14,68m

Fonte: Elaboração própria (2025)

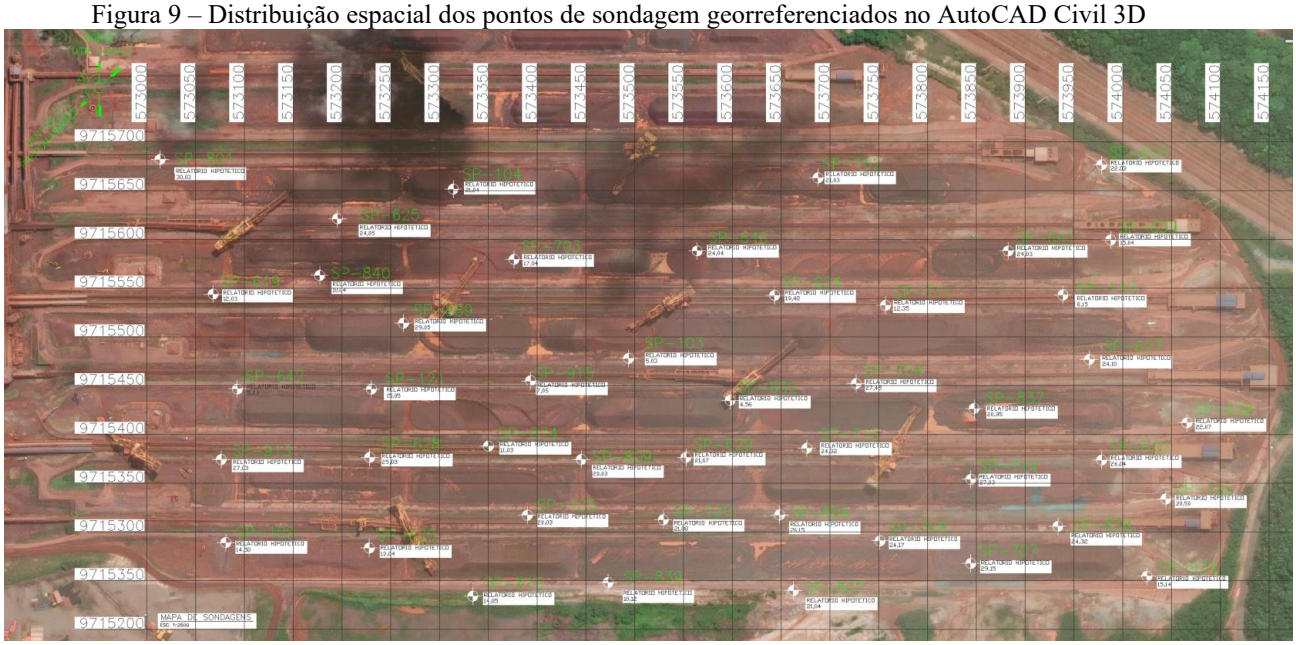
A partir da consolidação das informações técnicas na planilha estruturada, a aplicação de uma padronização na identificação dos furos de sondagem resultou na adoção de uma nomenclatura única e coerente para cada ponto investigado. Esse resultado fortaleceu a consistência dos registros técnicos, reduzindo ambiguidades decorrentes da coexistência de diferentes identificações em documentos distintos e assegurando maior confiabilidade ao conjunto de dados consolidado, o qual passou a servir como referência para a inserção e modelagem das informações geotécnicas no ambiente do AutoCAD Civil 3D.

4.3 INTEGRAÇÃO ESPACIAL E VISUALIZAÇÃO DOS DADOS DE SONDAGENS GEOTÉCNICAS

A configuração do sistema de coordenadas no AutoCAD Civil 3D assegurou a correta exibição da imagem de satélite disponibilizada pelo próprio software, utilizada como base cartográfica. Esse procedimento garantiu a coerência espacial entre o ambiente de trabalho e o sistema de referência definido, permitindo que a área de estudo fosse representada de forma consistente e alinhada ao padrão adotado na metodologia.

A integração dos pontos de sondagem ao ambiente CAD, vinculados a seus atributos técnicos, possibilitou uma representação georreferenciada capaz de evidenciar padrões de concentração, dispersão e proximidade entre os furos. Essa visualização conjunta favoreceu a clareza e a consistência da análise, como ilustrado na Figura 9.

Figura 9 – Distribuição espacial dos pontos de sondagem georreferenciados no AutoCAD Civil 3D



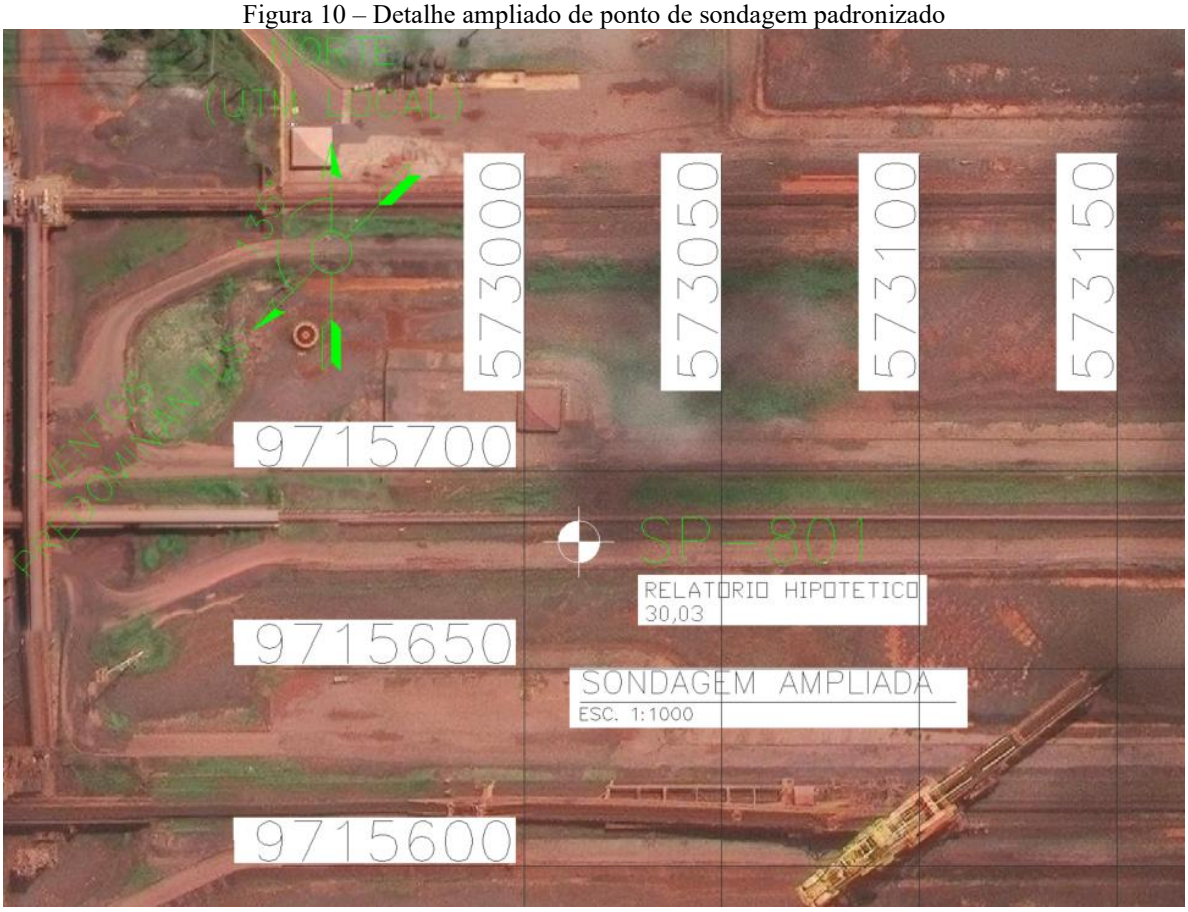
Fonte: Elaboração própria (2025)

A análise espacial mostrou-se relevante para compreender o histórico das investigações geotécnicas, ao relacionar a localização dos furos com estruturas, vias internas e áreas operacionais. Essa integração reduz a necessidade de consultas isoladas a relatórios técnicos, centralizando as informações em um único ambiente e favorecendo uma leitura mais ágil e

consistente. Além disso, a visualização georreferenciada permite identificar sobreposições ou proximidades entre sondagens, o que pode indicar redundância de investigações ou, ao contrário, reforçar a confiabilidade dos dados em áreas específicas.

A alternância entre visões gerais e locais acrescenta uma dimensão importante à análise. A Figura 10 apresenta a ampliação de um trecho específico da área, evidenciando a consistência da padronização adotada e permitindo a inspeção minuciosa dos pontos de sondagem conforme os critérios definidos na metodologia. Essa visualização detalhada amplia a capacidade de interpretação, tanto em nível estratégico quanto em nível operacional.

Figura 10 – Detalhe ampliado de ponto de sondagem padronizado



Fonte: Elaboração própria (2025)

Os resultados referentes à etapa de gestão e atualização contínua do repositório georreferenciado evidenciaram que a manutenção do modelo espacial atualizado é fundamental para assegurar a confiabilidade e a rastreabilidade das informações. À medida que novas sondagens são incorporadas, o banco de dados se transforma em uma fonte dinâmica e

estratégica, ampliando o suporte à elaboração de estudos técnicos, à avaliação de riscos e ao planejamento de intervenções em ambientes industriais. Essa característica demonstra que os benefícios da metodologia não se restringem à visualização inicial, mas se estendem à capacidade de sustentar análises futuras de forma consistente e integrada, estabelecendo ainda uma premissa metodológica essencial: toda decisão sobre a necessidade de novas investigações deve ser precedida pela consulta ao repositório espacial consolidado, evitando redundâncias e assegurando o melhor aproveitamento dos recursos disponíveis.

A integração espacial dos dados de sondagens geotécnicas em ambiente CAD mostrou-se uma ferramenta estratégica para análise técnica e gestão de informações. A leitura imediata de padrões espaciais, a centralização de dados dispersos e a atualização contínua do repositório ampliam a capacidade de interpretação e fortalecem o processo decisório em contextos industriais, evidenciando o potencial de aplicação da metodologia em diferentes cenários de planejamento e operação.

5 CONCLUSÃO

A gestão eficiente das informações provenientes de campanhas de sondagens geotécnicas constitui um desafio recorrente em ambientes industriais, especialmente em contextos marcados por intervenções sucessivas ao longo do tempo e pela existência de acervos técnicos extensos e não padronizados. Nesse cenário, a fragmentação dos registros e a ausência de integração espacial dificultam a recuperação, a análise e a reutilização dos dados, impactando diretamente o planejamento e a tomada de decisão em projetos de engenharia.

Neste trabalho, foi apresentada uma metodologia para sistematizar o registro e a gestão de dados de sondagens geotécnicas, fundamentada na padronização das informações técnicas e na sua integração em um banco de dados espacial desenvolvido no AutoCAD Civil 3D. A aplicação hipotética da metodologia permitiu evidenciar que a organização estruturada dos dados, aliada à sua representação georreferenciada, contribui significativamente para a melhoria da rastreabilidade, da consistência e da acessibilidade das informações geotécnicas.

Os resultados obtidos demonstraram que a integração espacial dos dados possibilita uma leitura mais clara do histórico de investigações geotécnicas, reduzindo a dependência de consultas isoladas a relatórios técnicos e favorecendo a identificação de padrões espaciais

relevantes, como concentrações, lacunas ou proximidades entre sondagens. Essa abordagem amplia a capacidade de análise técnica e fortalece o processo decisório, ao oferecer uma visão consolidada e contextualizada das informações do subsolo.

Além disso, a metodologia proposta mostrou-se adequada para mitigar a duplicidade desnecessária de investigações geotécnicas, ao permitir a verificação prévia da existência de sondagens anteriores na área de interesse. Essa característica representa um ganho relevante em termos de eficiência técnica e otimização de recursos, aspectos particularmente importantes em ambientes industriais com demandas contínuas por novos estudos e intervenções.

Dessa forma, conclui-se que os principais ganhos obtidos foram: maior clareza na interpretação do histórico geotécnico, redução de redundâncias investigativas, otimização de recursos e suporte mais robusto às atividades de engenharia. Esses resultados demonstram o potencial da integração espacial dos dados para transformar a gestão do conhecimento geotécnico em ambientes industriais, tornando-a mais confiável, eficiente e estratégica.

REFERÊNCIAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6484: sondagens de simples reconhecimento com SPT – método de ensaio. Rio de Janeiro: ABNT, 2020.

AUTODESK. AutoCAD Civil 3D: recursos e aplicações. 2024. Disponível em: https://www.autodesk.com/products/autocad-civil-3d. Acesso em: 24 jul. 2025.

BASTOS, G.; ZUQUETTE, L. Estruturação de bancos de dados a partir do mapeamento geotécnico da região de Ribeirão Preto (SP). In: CONGRESSO LUSO-BRASILEIRO DE GEOTECNIA, 4.; CONGRESSO NACIONAL DE GEOTECNIA, 11., Coimbra, 2008. Anais.

BURROUGH, P. A.; MCDONNELL, R. A.; LLOYD, C. D. Princípios de sistemas de informação geográfica. Oxford: Oxford University Press, 1998.

CHINI, P.; LEAL, M. E. S. A importância do uso da sondagem em projetos de fundações. 2020. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade do Sul de Santa Catarina, Palhoça, 2020.

DE SOUSA, A. A.; LOBO, B. O. Discutindo o conceito de fundações. In: COLÓQUIO ESTADUAL DE PESQUISA MULTIDISCIPLINAR; CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA MULTIDISCIPLINAR, 2018. Anais. Disponível em: https://publicacoes.unifimes.edu.br/index.php/coloquio/article/view/398. Acesso em: 24 jul. 2025.

ESRI. ArcGIS. Redlands: Environmental Systems Research Institute, [s.d.]. Disponível em: https://www.esri.com. Acesso em: 30 dez. 2025.

FERREIRA, C. C. Perfilagem geofísica em furos de sonda no entorno de cavidades ferríferas, Carajás-PA. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geologia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2019.

FOLLE, D. O estudo geoestatístico de sondagens SPT para geração de mapas auxiliares em obras de engenharia. 2002. 199 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.

GOTLIEB, M. A. Reforço de fundações convencionais. In: FALCONI, F. et al. (org.). Fundações: teoria e prática. São Paulo: Oficina de Textos, 2019. cap. 12, p. 477–486.

IPT – INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. Guia cartas geotécnicas: orientações básicas aos municípios. São Paulo, 2015. Disponível em: https://www.ipt.br. Acesso em: 30 dez. 2025.

LAGACHERIE, P.; MCBRATNEY, A. B. Spatial soil information system and spatial soil inference system: perspectives for digital soil mapping. In: DIGITAL SOIL MAPPING: an introductory perspective. Amsterdam: Elsevier, 2007.

LONGLEY, P. A. et al. Geographic information systems and science. 2. ed. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, 2005.

MACIEL FILHO, C. L. Introdução à geologia de engenharia. 2. ed. Santa Maria: Editora da UFSM; Brasília: Companhia de Pesquisas de Recursos Minerais, 1997.

PAULA, B. L. de. Proposta de uma representação cartográfica para cartas geotécnicas. 2006. Dissertação (Mestrado em Geotecnia) – Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2006.

PAREDES, E. A. Sistema de informação geográfica: geoprocessamento, princípios e aplicações. São Paulo: Érica, 1994.

PINTO, C. S. Curso básico de mecânica dos solos em projetos de fundações. 5. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2006.

QGIS DEVELOPMENT TEAM. QGIS geographic information system. Open Source Geospatial Foundation Project, [s.d.]. Disponível em: https://www.qgis.org. Acesso em: 30 dez. 2025.

ZUQUETTE, L. V. Importância do mapeamento geotécnico no uso e ocupação do meio físico: fundamentos e guia para elaboração. 1993. 368 p. Tese (Livre-docência) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1993.