

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL (SGB-CPRM)

PROGRAMA MINERAÇÃO SEGURA E SUSTENTÁVEL

GEOLOGIA PARA MINERAÇÃO E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

AVALIAÇÃO TÉCNICA DE ÁREA DESTINADA À IMPLANTAÇÃO DE ATERRO SANITÁRIO

Paragominas, PA

REALIZAÇÃO

DEPARTAMENTO DE GESTÃO TERRITORIAL

DIVISÃO DE GESTÃO TERRITORIAL

2025

PROGRAMA MINERAÇÃO SEGURA E SUSTENTÁVEL

GEOLOGIA, MEIO AMBIENTE E SAÚDE
**AVALIAÇÃO TÉCNICA DE ÁREA
DESTINADA À IMPLANTAÇÃO
DE ATERRO SANITÁRIO**

Paragominas, PA

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA

Ministro de Estado

Alexandre Silveira de Oliveira

Secretaria Nacional de Geologia, Mineração e Transformação Mineral

Ana Paula Lima Vieira Bittencourt

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL (SGB-CPRM)

DIRETORIA EXECUTIVA

Diretor-Presidente

Inácio Cavalcante Melo Neto

Diretor de Geologia e Recursos Minerais

Francisco Valdir da Silveira

Diretora de Hidrologia e Gestão Territorial

Alice Silva de Castilho

Diretora de Infraestrutura Geocientífica

Sabrina Soares de Araújo Góis

Diretor de Administração e Finanças

Inácio Cavalcante Melo Neto - Interino

DEPARTAMENTO DE GESTÃO TERRITORIAL

Chefe do Departamento de Gestão Territorial

Diogo Rodrigues A. da Silva

Chefe da Divisão de Gestão Territorial

Maria Adelaide Mansini Maia

Chefe da Divisão de Geologia Aplicada

Tiago Antonelli

SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL DE MANAUS

Superintendente

Jussara Socorro Cury Maciel

Gerente de Hidrologia e Gestão Territorial

André Luís Martinelli Real dos Santos

Supervisor de Hidrologia e Gestão Territorial

Elton Rodrigo Andretta

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
SECRETARIA NACIONAL DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL
SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL (SGB-CPRM)
DIRETORIA DE HIDROLOGIA E GESTÃO TERRITORIAL
I PROGRAMA MINERAÇÃO SEGURA E SUSTENTÁVEL I

GEOLOGIA PARA MINERAÇÃO E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

AVALIAÇÃO TÉCNICA DE ÁREA DESTINADA À IMPLANTAÇÃO DE ATERRO SANITÁRIO

Paragominas, PA

AUTOR

José Luiz Marmos



Manaus
2025

**AVALIAÇÃO TÉCNICA DE ÁREA DESTINADA
À IMPLANTAÇÃO DE ATERRO SANITÁRIO - PARAGOMINAS, PA**

EXECUÇÃO TÉCNICA

COORDENAÇÃO

Marcelo de Queiroz Jorge

EQUIPE EXECUTORA

José Luiz Marmos

Édson Souza

COLABORAÇÃO

Laboratório de Análises Minerais – LAMIN
SUREG/MA

REVISÃO TÉCNICA

José Luiz Marmos

APOIO TÉCNICO

Projeto Gráfico / Editoração

Divisão de Editoração Geral – DIEDIG

Andréia Continentino

Agmar Alves Lopes

Diagramação (DIEDIG)

Andrea Machado de Souza

AGRADECIMENTO

Prefeitura Municipal de Paragominas - PA

Serviço Geológico do Brasil (SGB-CPRM)

www.sgb.gov.br

seus@sgb.gov.br

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

Serviço Geológico do Brasil (SGB-CPRM) – DIDOTE - Processamento Técnico

M352a Marmos, José Luiz.
Avaliação técnica de área destinada à implantação de aterro
sanitário : Paragominas,PA / Autor José Luiz Marmos. – Manaus, CPRM,
2025.
1 recurso eletrônico : PDF

Geologia para mineração e desenvolvimento sustentável.
ISBN 978-65-5664-644-2

1.Aterro sanitário. I. Título.

CDD 628.445

Ficha Catalográfica elaborada pela bibliotecária Teresa Rosenhayme CRB-7/5662

Direitos desta edição: Serviço Geológico do Brasil (SGB-CPRM)

Permitida a reprodução desta publicação desde que mencionada a fonte.

APRESENTAÇÃO

Em 2010 foi criada a Política Nacional de Resíduos Sólidos – PNRS (Lei nº 12.305, atualizada pela lei nº 14.026, de 15 de julho 2020) para decidir sobre o correto gerenciamento dos resíduos, sendo uma obrigação dos municípios destinarem corretamente esse material. Essa política previa acabar com os locais de descarte irregular em quatro anos, o que não aconteceu.

Atualmente, há cerca de 3 mil unidades de lixão no país, concentradas principalmente nas regiões Norte e Nordeste. Nessas regiões, apenas 11% dos municípios possuem aterros sanitários, valor bem abaixo da região Sudeste, com cerca de 50%, e da região Sul, onde 90% dos municípios são atendidos.

O Serviço Geológico do Brasil (SGB-CPRM), em apoio ao PNRS, vem atuando ao longo das duas últimas décadas em atendimento às demandas das prefeituras municipais para a seleção de áreas adequadas para a instalação de aterros sanitários municipais, em consonância com a Norma NBR 13.896, estabelecida pela Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT.

O presente relatório faz parte de uma série de estudos que visam a seleção apropriada de áreas para a instalação de aterros sanitários em atendimento às demandas municipais em todo território nacional.

Inácio Cavalcante Melo Neto

Diretor-Presidente

Alice Silva de Castilho

Diretora de Hidrologia e Gestão Territorial

RESUMO

O presente relatório apresenta a avaliação técnica de área selecionada para implantação do aterro sanitário do município de Paragominas (PA), realizada por técnicos do Serviço Geológico do Brasil (SGB-CPRM) em atenção à demanda da Secretaria Municipal de Urbanismo (SEMUR). A necessidade de novo local para descarte dos resíduos sólidos gerados na zona urbana foi motivada por problemas no aterro controlado existente, como a falta de tratamento de chorume e a proximidade com áreas residenciais e com o aeroporto municipal. O estudo, embasado nas normas técnicas pertinentes ao tema, avaliou uma área pré-selecionada de 50 hectares, indicada pela prefeitura, localizada em terrenos da Fazenda Diana, nas proximidades da Rodovia Estadual PA-125, a cerca de 15 km do centro urbano. A metodologia envolveu quatro etapas: estudos indiretos (escritório), estudos diretos (coleta de dados em campo), análises laboratoriais e a avaliação final da área. A parte de campo (estudos diretos) incluiu, além de um reconhecimento inicial da área por meio de caminhadas, a execução de três furos de trado mecanizado, para coleta de amostras de solo e eventual definição do nível das águas subterrâneas, e de testes de infiltração pelo método "open end hole". As amostras coletadas foram conduzidas para análises granulométricas pelo método do "Espalhamento a Laser". As estimativas consideraram uma vida útil mínima de 20 anos para o novo aterro, calculando a área necessária com base na produção de resíduos sólidos da população urbana, projetada para crescer de 101.700 habitantes em 2025 para 148.200 em 2045. Foi definido, por exemplo, que para a utilização de valas de resíduos com três metros de profundidade média, será preciso uma área mínima de 37 hectares para a citada vida útil de 20 anos. Os trabalhos de campo mostraram que a área avaliada é plana, não possui cursos d'água em suas proximidades, e está assentada sobre solos essencialmente silto-argilosos. Apesar dos ensaios de infiltração indicarem permeabilidade superior ao recomendado pelas normas, o que provavelmente resultou de problemas ocorridos durante esses ensaios, que revelaram valores de condutividade hidráulica incompatíveis com a descrição de campo das amostras e com as análises granulométricas, as quais comprovam a textura silto-argilosa dos solos da área, pouco permeáveis portanto, o relatório ressalta que o nível das águas subterrâneas é profundo (>45m), o que torna remoto o risco de contaminação do aquífero. A avaliação final atribuiu à área uma pontuação de 93 de 100 possíveis, considerando-a favorável, com boa aptidão técnica para servir de substrato ao aterro sanitário de Paragominas, destacando-se a recomendação de instalação obrigatória de mantas de polietileno de alta densidade (PEAD) em toda a base do futuro aterro como medida adicional de proteção da qualidade das águas subterrâneas no local.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
2. METODOLOGIA	15
3. RESULTADOS DOS CÁLCULOS PRÉ-CAMPO	16
3.1. DEFINIÇÃO DO CENTRO PRODUTOR DE LIXO	16
3.2. ESTIMATIVAS DA POPULAÇÃO MUNICIPAL E DA PRODUÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS EM 20 ANOS	17
3.3. CÁLCULO DA ÁREA MÍNIMA NECESSÁRIA AO ATERRO	19
4. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA SELECIONADA	21
4.1. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS DE CAMPO E LABORATÓRIO	23
4.2. CLASSIFICAÇÃO DA ÁREA FRENTE AOS CRITÉRIOS ESTABELECIDOS	30
5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	33
REFERÊNCIAS	34

1. INTRODUÇÃO

Paragominas é um município localizado na região nordeste do Estado do Pará, na divisa com o Estado do Maranhão, entre as bacias hidrográficas dos rios Capim e Gurupi. Tem área de 19.340 km² e fica situado, por via rodoviária, a 290 km da cidade de Belém, capital do estado (Figura 1). No ano de 2022, segundo os dados do último censo demográfico, a população total do município era de 105.550 habitantes, sendo 91% deles moradores da zona urbana (IBGE, 2022).

Os resíduos sólidos coletados na cidade vêm sendo depositados há cerca de 20 anos no local onde hoje funciona o Aterro Sanitário Controlado Municipal, gerenciado e operado pela SEMUR- Secretaria Municipal de Urbanismo. O aterro está instalado no bairro Juparanã, às margens da rodovia Clodomiro Bicalho, no extremo noroeste da zona urbana. A área ocupada pelo mesmo, com aproximadamente 25 hectares, é toda cercada e dispõe de controle de acesso ao seu interior, com os caminhões coletores de lixo, da concessionária Preserve, sendo pesados antes do descarte de suas cargas nas células de disposição de resíduos (Figura 2).

Numa visita ao local, durante a realização deste estudo, foi observado que o aterro opera com boas práticas ambientais: há cobertura diária, com solos argilosos retirados do próprio terreno, dos resíduos domésticos depositados nas valas abertas para esse fim; há separação dos resíduos domésticos, dos resíduos de varrição de ruas e de entulhos; existe coleta seletiva, com galpão de uma cooperativa de catadores, onde se faz a triagem dessa coleta, logo na entrada do aterro; há dispositivo para queima do gás metano gerado pelos resíduos, e poço de monitoramento da contaminação das águas subterrâneas do entorno (Figura 3).



Figura 1 - Localização do município de Paragominas no Estado do Pará, na divisa com o Maranhão. Fonte: Wikipédia.



Figura 2 - Imagem de satélite onde se observa a cidade de Paragominas e seu entorno norte, com a localização do Aterro Controlado Municipal e da área avaliada neste estudo. Fonte: Imagem do *Google Earth* de agosto de 2024. Acessado em 16/07/2025.



Figura 3 - Aspectos positivos do Aterro Sanitário Controlado de Paragominas: (A) Entrada do terreno, com controle de acesso; (B) Galpão da cooperativa de catadores, onde é feita a triagem da coleta seletiva; (C) Recobrimento diário dos resíduos domésticos com solos argilosos retirados do próprio local.

Não obstante os aspectos positivos observados na operação do Aterro Controlado de Paragominas, há que se destacar também alguns pontos negativos: a presença de grande quantidade de urubus, que representam um constante perigo aviário para as aeronaves que pousam e decolam no aeroporto municipal, situado a apenas 8 km do local; a ausência de coleta e tratamento do chorume gerado; a presença de catadores independentes, não associados à cooperativa, que invadem o terreno e remexem os resíduos domésticos; o recebimento de resíduos da construção civil (RCC), que deveriam ser descartados em outros locais; e, principalmente, a proximidade com as moradias existentes no limite oeste do aterro, dado que a expansão urbana se estendeu, nos últimos anos, naquela direção (Figuras 4 e 5). Nesse sentido, a Prefeitura Municipal foi acionada, por pressão popular, pelo Ministério Público Estadual e firmou um TAC – Termo de Ajustamento de Conduta, o qual orienta que se encontre uma nova área para o descarte dos resíduos sólidos coletados na cidade.



Figura 4 - Aspectos negativos do Aterro Sanitário Controlado de Paragominas: (A) Grande quantidade de urubus nos resíduos ainda não cobertos; (B) Presença de catadores independentes, que invadem o terreno e remexem os resíduos domésticos; (C) Pilhas expostas de entulhos e material de varrição de rua.



Figura 5 - Imagem de satélite onde se visualiza o Aterro Sanitário Controlado, no extremo noroeste da zona urbana de Paragominas, e o aeroporto municipal, no limite sudeste, a 8 km do Aterro. Fonte: Imagem do *Google Earth* de agosto de 2024. Acessado em 16/07/2025.

De fato, a atual administração municipal, levando em conta a Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei 12.305/10 e Decreto Federal 10.936) e a Lei 14.026/2020, que atualiza o Marco Legal do Saneamento Básico (BRASIL, 2010; 2020; 2022), se conscientizou da necessidade da construção de um novo aterro sanitário, que atenda às normas técnicas e à legislação vigente, com vistas a minimizar os riscos ambientais e preservar a saúde da população mais próxima.

Em busca de solução que culmine com o encerramento das atividades do atual aterro controlado, os gestores de Paragominas tomaram iniciativa de selecionar locais com potencial técnico-legal para implantação do Aterro Sanitário Municipal, de modo a coletar, transportar e dar disposição final aos resíduos sólidos de maneira ambientalmente correta. Assim, com esse objetivo, foi pré-selecionada pelos técnicos da SEMUR uma área, a norte da zona urbana, numa vicinal da rodovia estadual PA-125, com cerca de 50 hectares, a ser submetida à avaliação técnica (Figura 2).

Na sequência, a Prefeitura Municipal de Paragominas, por meio do Ofício no. 030/2025 - SEMUR, solicitou apoio ao Serviço Geológico do Brasil (SGB-CPRM) para avaliar a aptidão técnica da área selecionada em dar suporte a tal tipo de empreendimento no que diz respeito aos atributos geológicos, geomorfológicos e hidrológicos. Com esse fim, o geólogo José Luiz Marmos e o sondador Édson Souza foram destacados para a realização dos estudos, cujas atividades de campo (coleta de dados *in situ*) se desenvolveram no período de 01 a 09 de julho de 2025.

2. METODOLOGIA

Os procedimentos metodológicos utilizados neste estudo têm por base a Norma NBR 13.896 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 1997), o Manual de Gerenciamento Integrado do IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT, 2018), o Manual de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos (MONTEIRO *et al.*, 2001) e o estudo denominado “Alternativas Locacionais para a Disposição de Resíduos Sólidos Urbanos na Área de Porto Velho” (KREBS *et al.*, 1999).

As atividades compreendem trabalhos em escritório, campo e laboratório, cujo fluxo de desenvolvimento está resumido na Tabela 1. A descrição detalhada dos materiais e métodos adotados para este tipo de estudo encontra-se disponível no “Guia de Procedimentos Técnicos do Departamento de Gestão Territorial”, em seu volume 6, que aborda o tema “Seleção e caracterização de áreas adequadas para instalação de aterros sanitários”, do SGB - CPRM (MELO JUNIOR *et al.*, 2022).

Os critérios de seleção de áreas para implantação de um aterro sanitário são muito severos, sendo necessário estabelecer uma cuidadosa priorização dos mesmos. O local selecionado para a implantação deve ser aquele que atenda ao maior número de parâmetros estabelecidos pela Norma NBR 13.896 da ABNT (1997), a qual institui critérios técnicos, ambientais, econômico-financeiros e político-sociais, enfatizando os de maior prioridade. A seleção deve ser precedida de uma análise individual da área selecionada com relação a cada um dos diversos elementos apresentados, fornecendo a justificativa que permita considerar cada critério como “totalmente atendido”, “parcialmente atendido” ou “não atendido”.

Quando os atributos naturais do terreno selecionado não forem suficientes para atender integralmente a determinado critério, as deficiências observadas deverão ser sanadas com a implantação de soluções de engenharia.

Tabela 1 - Fluxo de trabalho adotado pelo SGB-CPRM para a seleção e caracterização adequada de áreas para aterros sanitários municipais com base na Norma NBR 13.896 da ABNT (1997).

Fonte: (MELO JUNIOR *et al.*, 2022).

ETAPA 1	ATIVIDADES
ESTUDOS INDIRETOS (ESCRITÓRIO – PRÉ-CAMPO)	Definição dos critérios de seleção de áreas para implantação de um aterro sanitário.
	Definição do centro produtor de lixo.
	Estimativa da população urbana em 20 anos.
	Estimativa da produção de resíduos domiciliares (RDO) em 20 anos.
	Cálculo da área mínima necessária para o aterro.
	Análise das áreas indicadas com o mapa de aptidão de áreas feito por modelagem computacional.
ETAPA 2	ATIVIDADES
ESTUDOS DIRETOS (COLETA DE PARÂMETROS EM CAMPO)	Avaliação in loco da profundidade do nível estático (nível das águas subterrâneas) por meio de poços do tipo cacimba e tubulares e/ou furos de trado.
	Execução de furos de trado para coleta de amostras de solo e testes de infiltração.
	Teste de infiltração pelo método “open end hole”.
ETAPA 3	ATIVIDADES
ANÁLISES LABORATORIAIS	Análises granulométricas das amostras de solos pelo método do “Espalhamento a Laser”
	Análises mineralógicas por DRX (se necessário)
ETAPA 4	ATIVIDADES
CARACTERIZAÇÃO E SELEÇÃO DAS ÁREAS PRIORITÁRIAS (ESCRITÓRIO – PÓS-CAMPO)	Análise comparativa e classificação das áreas ante os critérios estabelecidos.

3. RESULTADOS DOS CÁLCULOS PRÉ-CAMPO

3.1. Definição do centro produtor de lixo

O centro produtor de lixo do município de Paragominas compreende a zona urbana, região onde ocorre coleta regular de resíduos sólidos. De acordo com as características fisiográficas e sociais de municípios de pequeno a médio porte, como a disponibilidade de terrenos livres no entorno da zona urbana e a falta de infraestrutura a distâncias maiores dos centros urbanos, o raio de 20 km geralmente é definido como a distância máxima viável economicamente do centro produtor para o aterro sanitário, sendo esta a distância máxima considerada no presente estudo para a indicação de áreas para a implantação do empreendimento.

3.2. Estimativas da população municipal e da produção de resíduos sólidos em 20 anos

Para estas estimativas, inicialmente, é necessário conhecer a quantidade de resíduos sólidos (RS) coletados diariamente em Paragominas e descartados no Aterro Controlado Municipal, número que, dividido pela população atendida, irá fornecer o valor da geração per capita média de RS na cidade. Como há uma balança na entrada do Aterro, tem-se o controle do peso dos resíduos que chegam para serem descartados no local. A SEMUR disponibilizou um gráfico com esse controle, contemplando o período de janeiro a junho deste ano, que contabiliza um total de 17.091 toneladas de resíduos diversos (Figura 6). Ocorre que mais de 34% desse total corresponde a resíduos da construção civil (RCC), que deveriam ter outro destino que não o aterro sanitário. Desse modo, para as estimativas em questão, esse tipo de material será desconsiderado nos cálculos, o que resulta num valor restante de 11.250 toneladas que, dividido pelos 181 dias de janeiro a junho, fornece uma média de 62,2 toneladas/dia de resíduos depositados no Aterro.

O parâmetro em questão é essencial para o cálculo da área superficial necessária para instalação de aterro sanitário com vida útil mínima de 10 anos, conforme recomendado nas normas técnicas pertinentes (NBR 10157/87 e NBR 13896/97 da Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT) e nos manuais de gerenciamento de resíduos sólidos (IPT, 2018). Neste laudo, no entanto, levando-se em conta a Política Nacional de Resíduos Sólidos e a Lei 14.026/2020 (BRASIL, 2020), para efeitos de cálculo irá se considerar um aterro sanitário com vida útil mínima de 20 anos. Outros dois parâmetros a serem considerados são a população urbana de Paragominas (96.150 habitantes, de acordo com o censo IBGE de 2022) e a taxa média de crescimento anual dessa população, calculada em 1,91% quando se comparam os dados dos censos de 2010 e de 2022 (IBGE, 2011; 2022).

Portanto, utilizando-se os dados fornecidos pela SEMUR, desprezando-se os RCC, a quantidade média de resíduos sólidos produzidos atualmente na zona urbana de Paragominas (população urbana estimada de 101.735 habitantes em 2025) é de aproximadamente 0,61 kg/habitante/dia. Caso se considere na somatória o valor dos RCC, esse número se eleva para 0,93 kg/habitante/dia.

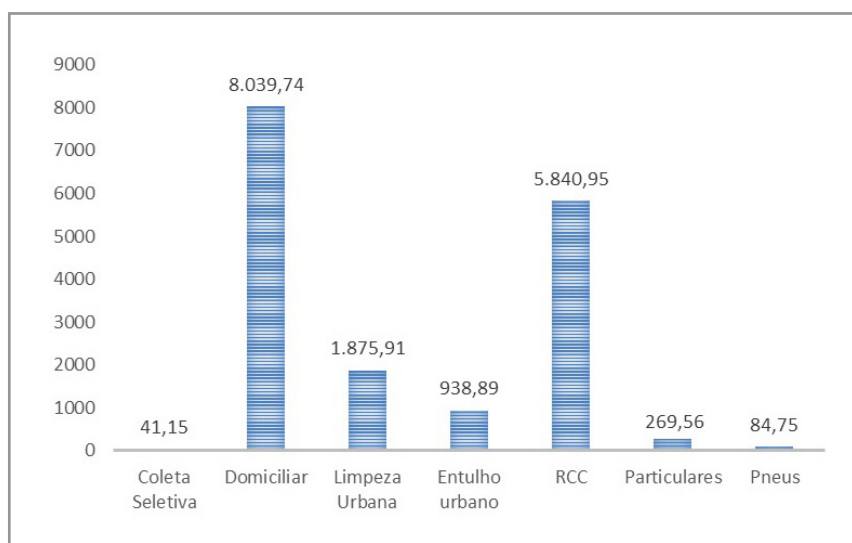


Figura 6 - Gráfico com a quantidade total (toneladas) de resíduos descartados no Aterro Controlado de Paragominas no período de janeiro a junho de 2025. Fonte: SEMUR

A fórmula utilizada para o cálculo da população urbana de 2025 é a seguinte:

População atual (2025) = População (2022) x (1+d)^t (**Equação 1**), sendo:

d = taxa de crescimento anual (em fração de centésimo) = 0,019 e

t = tempo em anos (3 anos, no caso)

Desse modo, com base nos números disponíveis, adotados e informados, e mantendo-se a situação observada, é possível estimar em 555.252 toneladas a quantidade total de RS coletada em Paragominas ao longo dos próximos 20 anos (Tabela 2). Caso se considere nos cálculos o valor dos RCC, esse número se eleva para 846.532 toneladas. A tabela se inicia no ano de 2026 pois o processo de implantação e início de operação de um aterro sanitário não leva menos do que um ano.

Considerando-se que a densidade do lixo compactado e aterrado varia em torno de 0,75 ton/m³ (IPT, 2018), ao se aplicar essa relação à massa de resíduos produzida, o volume final deve atingir a grandeza de 740.336 m³ (ou 1.128.709 m³ se for considerado nos cálculos o valor dos RCC).

Tabela 2 - População urbana estimada e produção de resíduos sólidos domiciliares estimado para os anos de 2026 a 2045 na cidade de Paragominas.

Ano	População Estimada	Total de lixo por dia (kg)	Total de lixo por dia (t)	Total de lixo por ano (t)
2026	103.667	63.237	63,24	23.081
2027	105.636	64.438	64,44	23.520
2028	107.643	65.662	65,66	23.967
2029	109.688	66.910	66,91	24.422
2030	111.772	68.181	68,18	24.886
2031	113.895	69.476	69,48	25.359
2032	116.059	70.796	70,80	25.841
2033	118.264	72.141	72,14	26.331
2034	120.511	73.512	73,51	26.832
2035	122.800	74.908	74,91	27.341
2036	125.133	76.331	76,33	27.861
2037	127.510	77.781	77,78	28.390
2038	129.932	79.259	79,26	28.929
2039	132.400	80.764	80,76	29.479
2040	134.915	82.298	82,30	30.039
2041	137.478	83.862	83,86	30.609
2042	140.090	85.455	85,45	31.191
2043	142.751	87.078	87,08	31.784
2044	145.463	88.732	88,73	32.387
2045	148.227	90.418	90,42	33.003
Total de lixo recolhido em 20 anos				555.252

Fonte: elaborada pelo autor, com base nos dados fornecidos pela SEMUR e dados do SIDRA/IBGE dos anos de 2010 e 2022 (<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/censo-demografico/demografico-2022/universo-populacao-e-domicilios-situacao-urbana-ou-rural>). Acessados em 16 de julho de 2025.

3.3. Cálculo da área mínima necessária ao aterro

Para se determinar a área necessária ao aterro sanitário, há que se ter em conta também o volume do material de cobertura (solos argilosos a argilo-arenosos) sobre as camadas de resíduos, ponderando-se uma relação de 1:0,25 entre resíduos e cobertura (IPT, 2018). Assim, o volume acumulado do material de cobertura, ao final de 20 anos, no aterro de Paragominas, deverá atingir 185.084 m³ (correspondente a 740.336 x 0,25 m³). Logo, o volume total de material aterrado, ao longo desse período, deve ser da ordem de 925.420 m³ (740.336 + 185.084 m³), ou 1.410.887 m³ se for considerado nos cálculos o valor dos RCC.

Atualmente, são utilizados dois métodos principais para desenvolver e gerenciar aterros sanitários. O primeiro, mais aplicado para grandes volumes de material, em cidades de médio a grande porte, corresponde ao empilhamento dos resíduos em rampas, a partir da superfície do terreno, com projeção de taludes com altura máxima de 20 metros e relação 1:3; o segundo se constitui simplesmente na construção de trincheiras ou valas para deposição dos resíduos. Em ambos os casos, é indispensável a instalação da manta sintética impermeabilizante na base das camadas de resíduos.

Considerando-se o método de empilhamento, para determinar a área necessária para a construção do aterro municipal de Paragominas em metros quadrados, de acordo com Monteiro *et al.* (2001), basta multiplicar a quantidade de RS coletada diariamente, em toneladas/dia, pelo fator 560. Esse fator está baseado nos seguintes parâmetros, usualmente utilizados em projetos de aterros:

Vida útil = 20 anos

Altura do aterro = 20 m

Taludes = 1:3

Ocupação = 80% do terreno com a área operacional

Dessa forma, estima-se que, com crescimento médio de 1,9% ao ano, a população de Paragominas atendida pela coleta de RS atinja a marca de 148.227 habitantes em 2045, e que cada um deles produza uma quantidade de resíduos, de acordo com os dados da SEMUR, de 0,61 kg/dia, conforme apresentado na Tabela 2. Para se calcular a área necessária para o referido aterro, ao longo de 20 anos de vida útil, se utilizou, no fator produção diária de RS (ton/dia), a mediana desse valor, que é 75,60 ton/dia (Tabela 2). Assim, para fins de cálculo da área total do aterro em 20 anos, pelo método do empilhamento, se considera o valor de 75,60 ton/dia acrescido de 25%, correspondente à quantidade do material de cobertura, ou seja 94,50 ton/dia.

Dessa forma, a área necessária para o aterro municipal de Paragominas, para um período de 20 anos, seria de 52.920 m² ou 5,29 hectares, conforme apresentado na **Equação 2** abaixo:

Área do Aterro = [Mediana da produção diária de RS + material de cobertura (ton/dia)] x
Fator de construção dos taludes (560) (**Equação 2**)

Área = 94,50 x 560 = 52.920 m² = 5,29 hectares.

Ressalta-se, porém, que, além da área destinada à disposição dos RS há que se acrescentar no cálculo o espaço para as áreas de servidão (cinturão de vegetação, estradas internas, galpões, instalações de escritório e balança, etc), que não serão utilizadas para descarte de resíduos. Estima-se que as áreas de servidão ocupem cerca de 20% do terreno total do aterro.

Desse modo, como as celas de disposição devem corresponder a 80% da área do aterro, a superfície total necessária para a instalação do aterro sanitário de Paragominas, pelo método de empilhamento, será de 6,35 hectares ($5,29 + 0,2 \times 5,29$), ou 9,7 hectares se for utilizado nos cálculos o valor dos RCC.

Caso o aterro venha a operar pelo método de valas, o mais adequado para municípios de pequeno a médio porte, que consiste na escavação de pequenos canais, com posterior preenchimento dos mesmos com resíduos e material de cobertura até a superfície do terreno, se deve considerar que os resíduos sejam enterrados em uma forma de paralelepípedo, com as valas sendo preenchidas por etapas, com dimensões de 25 m² de área por até 3m de profundidade. O Guia de Procedimentos Técnicos para Seleção e Caracterização de Áreas Adequadas para Instalação de Aterros Sanitários (MELO JUNIOR *et al.*, 2022) detalha as formas e dimensões das valas. Para se determinar a área total necessária para o acondicionamento de resíduos mais o material de cobertura, é necessário dividir o volume total produzido em 20 anos pela altura das valas.

Nesse caso, o cálculo da área das trincheiras (A) obedece à **Equação 3**:

$$A = \frac{V_{RD}}{H_t} \text{ (Equação 3)}$$

Sendo:

V_{RD} = Volume de resíduos + material de cobertura gerado ao final da vida útil do aterro;

H_t = Altura das trincheiras.

Considerando que a área de disposição dos RS represente no máximo 80% do terreno do aterro e as áreas de servidão correspondam aos 20% restantes das instalações, como já comentado, a Tabela 3 apresenta as dimensões necessárias para o aterro sanitário municipal de Paragominas, caso se utilize o método de valas ou trincheiras, o mais recomendado para o porte do município.

Dessa forma, como exemplo, a área total necessária para a instalação do aterro sanitário municipal de Paragominas, pelo método das valas ou trincheiras, corresponde a 37,02 hectares caso se opte por abrir valas com 3 m de profundidade média. Se for utilizado nos cálculos o valor dos RCC recolhidos em 20 anos, a área total do aterro necessária para valas de 1m, 2m e 3m de profundidade será respectivamente de 169,3 hectares, 84,7 hectares e 56,4 hectares.

Tabela 3 - Área total das valas e área total do aterro estimado de acordo com as profundidades e volumes das valas.

Profundidade das valas (m)	Volume das valas (m ³)	Área das Valas (m ²)	Área das Valas (ha)	Área Total do Aterro (m ²)*	Área Total do Aterro (ha)*
1	25	925.420	92,54	1.110.504	111,05
2	50	462.710	46,27	555.252	55,53
3	75	308.473	30,85	370.168	37,02

*Acrescidos os 20% das áreas de servidão.

4. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA SELECIONADA

A área avaliada possui 50 hectares e faz parte dos terrenos pertencentes à Fazenda Diana. Sua frente situa-se em um ramal não pavimentado que se inicia no km 05 da rodovia estadual PA-125 e segue margeando uma extensa plantação de eucaliptos, que tem mais de 900 hectares. Fica a 16 km a norte, por via rodoviária, do centro urbano e a 13 km em linha reta do aeroporto local. Está inserida em um baixo platô que representa o divisor de águas entre o igarapé Vitória, tributário do rio Uraim, e o igarapé Bambu, afluente do igarapé Maritaca. (Figuras 2, 7 e 8). As coordenadas dos vértices desse polígono de 50 hectares, visualizados na Figura 8, são apresentadas na Tabela 4.

Trata-se de terreno com topografia plana, com altitudes variando de 128 a 135 m e caimento muito suave para noroeste. Está assentado sobre solos classificados pela EMBRAPA (2022) como “LATOSSOLO AMARELO Distrófico, muito argiloso”, derivados do intemperismo da unidade geológica do Cenozoico denominada “Cobertura Laterítica Matura”, representada por coberturas residuais superficiais e concrecionárias do tipo aluminosa, bauxítica, caulínica, argilosa e ferruginosa (VASQUEZ *et al.*, 2008). Tais solos sustentam uma floresta secundária, de regeneração (capoeira), que sucedeu à floresta primária que foi explorada por intensa e extensa atividade madeireira (Figuras 9 e 10).



Figura 7 - Imagem de satélite de alta resolução (Google Earth, agosto/2024) com a localização da área investigada, no terreno da Fazenda Diana, às margens da rodovia estadual PA-125, das drenagens mais próximas, e do poço desativado que possibilitou a medição do NA local.

Fonte: Imagem obtida do Google Earth. Acessado em 17/07/2025



Figura 8 - Imagem de satélite de alta resolução (*Google Earth*, agosto/2024) com a área investigada em maior detalhe e os vértices que a delimitam (P1 a P4), com a localização dos três furos de trado executados (PGM-01, 02 e 03). Fonte: Imagem obtida do *Google Earth*. Acessado em 17/07/2025.

Tabela 4 - Coordenadas dos quatro vértices da área avaliada (vide Figura 8).

Vértices	Coordenadas UTM E (ZONA 23S)	Coordenadas UTM S (ZONA 23S)
P1	238975	9678721
P2	238208	9678080
P3	237888	9678465
P4	238664	9679096



Figura 9 - Vista da entrada do terreno avaliado, com superfície coberta por floresta secundária, adjacente a um milharal.



Figura 10 - Abertura de picada na floresta para acesso ao interior do terreno e reconhecimento topográfico do mesmo

4.1. Discussão dos resultados de campo e laboratório

Os trabalhos de campo se iniciaram com o reconhecimento preliminar do terreno e suas adjacências, por meio de trilhas abertas na mata (Figura 10) e deslocamento veicular, o que permitiu avaliar a topografia local e verificar que não há nenhum curso d'água no interior ou no entorno imediato (<200 m) da área de estudo. Segundo as normas NBR 10157/87 e 13896/97 da ABNT (ABNT, 1987; 1997), que tratam dos critérios para projeto, construção e operação de aterro de resíduos perigosos e não perigosos, o empreendimento deve estar localizado a uma distância mínima de 200 m de qualquer curso d'água.

Foram selecionados três pontos nesta área (denominados PGM-01, PGM-02 e PGM-03), espacializados na Figura 8, onde foram realizados ensaios de infiltração e furos estratigráficos. Em cada ponto, foram feitos inicialmente três furos de trado mecanizado com profundidades de 0,5, 1,0 e 1,5 m, equidistantes de 1 m e formando um triângulo equilátero, para a realização dos ensaios de infiltração (Figura 11). Após a conclusão de cada ensaio, os furos de 1,5 m foram aprofundados para que se avaliasse a variação do perfil do solo, coleta de amostras para análises granulométricas e possível definição do nível local das águas subterrâneas (NA ou nível do lençol freático). As coordenadas e altitude aproximada desses locais, assim como a profundidade final de cada furo estratigráfico e o quantitativo de amostras coletadas, estão dispostos na Tabela 5.

Os ensaios de infiltração resultaram em medidas de rebaixamento do nível da água nas três sondagens realizadas. Essas medidas, assim como os valores da condutividade hidráulica vertical (K_v) em cada profundidade avaliada, e as respectivas médias e medianas agrupadas, são apresentados nas Tabelas 6 a 11. Ressalta-se que no ponto PGM-02 o ensaio na profundidade de 1,5 m não forneceu resultados confiáveis, quando comparados com a textura observada dos solos, e tais resultados foram desprezados no cálculo da condutividade hidráulica vertical deste local.



Figura 11 - (A) e (B) Início das perfurações para a realização dos ensaios de infiltração nos pontos PGM-01 e PGM-02; (C) e (D) Posição dos três furos feitos para o ensaio e medição do rebaixamento do nível da água no PGM-02.

Tabela 5 - Coordenadas, altitude aproximada e profundidade final dos três furos de trado executados na área avaliada

Ponto/Furo	Coordenadas UTM (Zona 23S)	Altitude Aprox. (m)	Profundidade Final (m)	Número de Amostras
PGM-01	9678770 S 238623 E	134	7,5	6
PGM-02	9678471 S238196 E	135	7,0	7
PGM-03	9678602 S238408 E	130	3,0	2

Tabela 6 - Dados de rebaixamento do nível da água em cada sondagem executada no furo PGM-01.

Furo PGM-01 - Data de Execução: 04/07/2025 – Tubo de PVC com 75mm de diâmetro					
Tempo (min.)	Sondagem 0,5 m (rebaixamento em cm)	Tempo (min.)	Sondagem 1,0 m (rebaixamento em cm)	Tempo (min.)	Sondagem 1,5 m (rebaixamento em cm)
1	4,0	1	11,5	1	0,1
2	7,5	2	15,0	2	0,2
3	10,0	3	16,5	3	0,3
4	12,0	4	17,5	4	1,0
5	13,5	5	18,5	5	1,3

(Continua)

Tabela 6 - Dados de rebaixamento do nível da água em cada sondagem executada no furo PGM-01 (continuação).

Furo PGM-01 - Data de Execução: 04/07/2025 – Tubo de PVC com 75mm de diâmetro					
Tempo (min.)	Sondagem 0,5 m (rebaixamento em cm)	Tempo (min.)	Sondagem 1,0 m (rebaixamento em cm)	Tempo (min.)	Sondagem 1,5 m (rebaixamento em cm)
6	15,0	6	19,0	6	1,5
7	16,0	7	21,0	7	1,6
8	17,0	8	21,5	8	1,8
9	18,5	9	23,0	9	2,0
10	19,0	10	23,0	10	2,0
15	22,0	15	25,5	15	2,0
21	24,0	21	26,5	21	2,0

Tabela 7 - Valores da condutividade hidráulica vertical (K_v) obtidos nas três profundidades investigadas no furo PGM-01.

	Sondagem 0,5 m	Sondagem 1,0 m	Sondagem 1,5 m	Mediana	Média
Kv (cm/seg)	0,00140006	0,00065230	0,002340838	0,00140006	0,00146440
Kv (m/seg)	0,00001400	0,00000652	0,0000234	0,00001400	0,00001464
Kv (m/dia)	1,209655573	0,563589982	2,022483654	1,20965557	1,26524307

Tabela 8 - Dados de rebaixamento do nível da água em cada sondagem executada no furo PGM-02.

Furo PGM-02 - Data de Execução: 07/07/2025 – Tubo de PVC com 50mm de diâmetro					
Tempo (min.)	Sondagem 0,5 m (rebaixamento em cm)	Tempo (min.)	Sondagem 1,0 m (rebaixamento em cm)	Tempo (min.)	Sondagem 1,5 m (rebaixamento em cm)
1	1,0	1	0,1	1	-
2	1,8	2	0,2	2	-
3	2,5	3	0,8	3	-
4	2,8	4	1,0	4	-
5	3,0	5	1,6	5	-
6	3,6	6	2,0	6	-
7	4,0	7	2,0	7	-
8	4,8	8	2,2	8	-
9	4,8	9	2,5	9	-
10	5,0	10	2,5	10	-
15	6,0	15	3,8	15	-
21	6,0	21	5,0	21	-

*Os dados obtidos na profundidade de 1,5m, tendo em vista a textura dos solos, não foram confiáveis e foram descartados.

Tabela 9 - Valores da condutividade hidráulica vertical (K_v) obtidos nas profundidades investigadas no furo PGM-02.

	Sondagem 0,5 m	Sondagem 1,0 m	Sondagem 1,5 m	Mediana	Média
Kv (cm/seg)	0,00093338	0,00203788	-	0,00148563	0,00148563
Kv (m/seg)	0,00000933	0,00002038	-	0,00001486	0,00001486
Kv (m/dia)	0,80643705	1,76072756	-	1,28358231	1,28358231

Tabela 10 - Dados de rebaixamento do nível da água em cada sondagem executada no furo PGM-03.

Furo PGM-03 - Data de Execução: 09/07/2025 – Tubo de PVC com 50mm de diâmetro					
Tempo (min.)	Sondagem 0,5 m (rebaixamento em cm)	Tempo (min.)	Sondagem 1,0 m (rebaixamento em cm)	Tempo (min.)	Sondagem 1,5 m (rebaixamento em cm)
1	0,1	1	0,2	1	0,2
2	0,2	2	0,3	2	0,3
3	0,3	3	1,5	3	1,0
4	0,3	4	2,0	4	1,4
5	0,4	5	2,5	5	1,5
6	0,5	6	3,0	6	1,5
7	0,6	7	3,2	7	2,0
8	0,7	8	3,8	8	2,0
9	1,0	9	4,0	9	2,5
10	1,0	10	4,5	10	2,5
15	1,1	15	6,0	15	3,5
21	1,5	21	9,0	21	4,5

Tabela 11 - Valores da condutividade hidráulica vertical (K_v) obtidos nas três profundidades investigadas no furo PGM-03.

	Sondagem 0,5 m	Sondagem 1,0 m	Sondagem 1,5 m	Mediana	Média
Kv (cm/seg)	0,00141070	0,00198299	0,001621915	0,00162191	0,00167187
Kv (m/seg)	0,00001411	0,00001983	0,000016219	0,00001622	0,00001672
Kv (m/dia)	1,21884218	1,71330679	1,401334353	1,40133435	1,44449444

Os valores de K_v médio e K_v mediano calculados para os ensaios de infiltração dos pontos PGM-01 ($1,46 \times 10^{-3}$ cm/seg; $1,40 \times 10^{-3}$ cm/seg), PGM-02 ($1,49 \times 10^{-3}$ cm/seg de média e de mediana) e PGM-03 ($1,62 \times 10^{-3}$ cm/seg; $1,67 \times 10^{-3}$ cm/seg) indicam para os solos da área avaliada valores típicos de silte arenoso e/ou areia fina (FETTER, 1988), o que é inconsistente com as descrições de campo e com os resultados das análises granulométricas, que caracterizaram os solos investigados como essencialmente silto-argilosos, com porcentagem insignificante de areia fina-média (Tabela 12). Tal inconsistência pode ser devida aos tubos utilizados nos ensaios de infiltração não terem sido perfeitamente cravados no fundo dos furos, o que provavelmente permitiu a fuga da água dos ensaios pelas laterais (movimento horizontal), quando a infiltração deveria ocorrer somente na vertical, fator que conduziu a valores mais elevados no cálculo das condutividades hidráulicas. De qualquer modo, tais valores não serão desprezados e servirão como um dos parâmetros na avaliação da favorabilidade da área em dar suporte ao aterro sanitário de Paragominas, explicitada no item 4.2 a seguir.

A respeito da permeabilidade dos solos nas áreas indicadas para a implantação de aterros sanitários, a Norma NBR 13.896/1997 da ABNT afirma: *“É desejável que o solo do terreno selecionado tenha uma boa impermeabilidade natural, com vistas a reduzir as possibilidades de contaminação do aquífero. As áreas selecionadas devem ter características argilosas ou silto-argilosas, onde haja predominância no subsolo de material com coeficiente de permeabilidade inferior a 5×10^{-5} cm/s”*. Portanto, as condutividades hidráulicas (ou permeabilidade) calculadas nos três pontos desta área, com as ressalvas feitas acima, excedem o valor recomendado pela citada Norma.

Como mencionado anteriormente, em cada ponto de análise, os furos de 1, 5m executados para os testes de infiltração foram posteriormente aprofundados para que fosse possível avaliar, em detalhe, a variação dos horizontes do solo nesses locais e coletar amostras. O furo estratigráfico PGM-01 foi o mais profundo, atingindo 7,5 m, e não encontrou o nível das águas subterrâneas (NA), a exemplo dos demais (Tabela 5).

O desenvolvimento das três perfurações foi acompanhado pelo geólogo responsável, com descrição detalhada dos perfis de solo/subsolo atravessados e seleção de amostras para ensaios de granulometria (métodos de espalhamento a laser) no Laboratório de Análises Minerais-LAMIN do SGB- CPRM, em Manaus, cujos resultados completos se encontram em boletins anexos a este relatório e são resumidamente apresentados na Tabela 12.

As observações “ao pé das sondagens” e os resultados dos ensaios granulométricos promovidos pelo LAMIN definiram os seguintes perfis de solo em cada ponto:

FURO PGM-01 (Figura 12)

- 0,00-0,15 m: solo orgânico, cinza-escuro, argiloso, com muitos restos de raízes e de folhas;
- 0,15-7,50 m: solo silto-argiloso (55-87% de silte, 10-45% de argila e menos de 6% de areia), compacto, alaranjado-claro a amarronzado (cor de tijolo), muito homogêneo, de difícil perfuração ao trado, sendo que a quantidade de argila diminui e a de silte aumenta com a profundidade. Abaixo de 2,70m ocorrem manchas avermelhadas e róseas.

FURO PGM-02 (Figura 13)

- 0,00-0,10 m: solo orgânico, marrom-escuro, argiloso, com muitos restos de raízes;
- 0,10-2,30 m: solo silto-argiloso (70% de silte e 30% de argila), muito compacto, alaranjado a marrom-claro (cor de tijolo), de difícil perfuração ao trado;
- 2,30-3,10 m: solo silto-argiloso (77% de silte e 23% de argila), compacto, róseo a alaranjado;

- 3,10-7,00 m: solo silto-argiloso (83-86% de silte, 13-17% de argila e menos de 3% de areia fina a média), muito compacto, alaranjado a róseo, homogêneo, de difícil perfuração ao trado. Ao longo do perfil deste furo, como ocorre no PGM-01, observa-se que a quantidade de argila diminui e a de silte aumenta com a profundidade.

FURO PGM-03 (Figura 14)

- 0,00-0,10 m: solo orgânico, marrom-escuro, argiloso, com muitos restos de raízes;
- 0,10-3,00 m: solo silto-argiloso (66-68% de silte e 32-34% de argila), compacto, alaranjado, amarelado a amarelado, de difícil perfuração ao trado.

No que se refere ao nível local das águas subterrâneas (NA ou nível do lençol freático), este foi obtido a partir da medição em um poço tubular desativado existente no terreno da Fazenda Diana, situado a 4,5 km a sudoeste do centro da área de estudo, numa cota altimétrica pouco mais rebaixada (cerca de 10-15 m) em relação à dessa área (Figura 7). O NA do referido poço é de 36 metros e, pela proximidade e considerando a diferença topográfica, pode ser estendido para a área avaliada; portanto, pode-se afirmar que o mesmo é profundo no local, estando abaixo de 45-50 m da superfície, que é aproximadamente o desnível topográfico entre a área e o leito do igarapé Bambu, 3,5 km ao norte, e do igarapé Vitória, 3 km ao sul (Figura 7).

Nesse aspecto destaca-se que os trabalhos de campo foram realizados entre os dias 02 e 09 de julho de 2025, período correspondente ao final da época chuvosa na região. Faz-se importante que os estudos de campo sejam realizados ao fim da estação chuvosa, justamente para determinar o NA local máximo (mais elevado), dado esse que vai influenciar na avaliação da aptidão técnica de uma área em dar suporte ao aterro sanitário.

Tabela 12 - Resumo dos resultados das análises granulométricas das 15 amostras coletadas nos três furos de trado executados na área avaliada em Paragominas.

Furo/nível amostrado	% Argila fração < 0,002mm	% Silte 0,002-0,06mm	% Areia Fina e Média 0,06-0,6mm	% Areia grossa
				> 0,6mm
PGM-01 / 0,5-1,5m	45,4	54,6	0,0	0,0
PGM-01 / 1,5-2,5m	21,9	71,9	1,4	4,8
PGM-01 / 2,5-3,5m	24,8	74,3	0,9	0,0
PGM-01 / 3,5-5,0m	12,9	85,9	1,2	0,0
PGM-01 / 5,0-6,0m	11,1	87,0	1,9	0,0
PGM-01 / 6,0-7,0m	10,3	86,7	3,0	0,0
PGM-02 / 1,0-2,0m	29,8	70,1	0,1	0,0
PGM-02 / 2,0-2,5m	30,1	69,9	0,0	0,0
PGM-02 / 2,5-3,0m	22,7	76,9	0,4	0,0
PGM-02 / 3,0-4,0m	16,6	82,7	0,7	0,0
PGM-02 / 4,0-5,0m	13,8	83,9	2,3	0,0
PGM-02 / 5,0-6,0m	12,6	85,7	1,7	0,0
PGM-02 / 6,0-7,0m	13,9	84,9	1,2	0,0
PGM-03 / 1,0-2,0m	33,5	66,3	0,2	0,0
PGM-03 / 2,0-3,0m	31,8	67,8	0,4	0,0

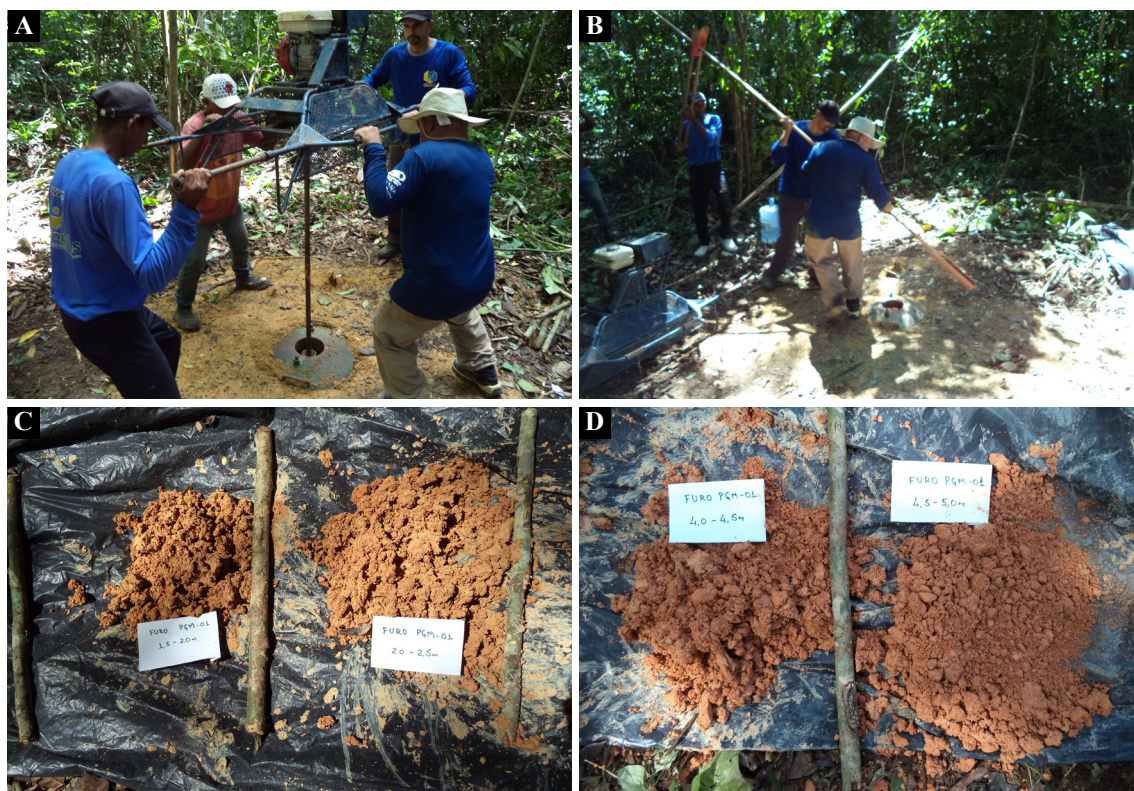


Figura 12 - Aspectos da perfuração e de dois intervalos de solo atravessados pelo furo PGM-01.



Figura 13 - Aspectos da perfuração, da retirada de amostras e de todo o perfil de solo/subsolo atravessado pelo furo PGM-02.

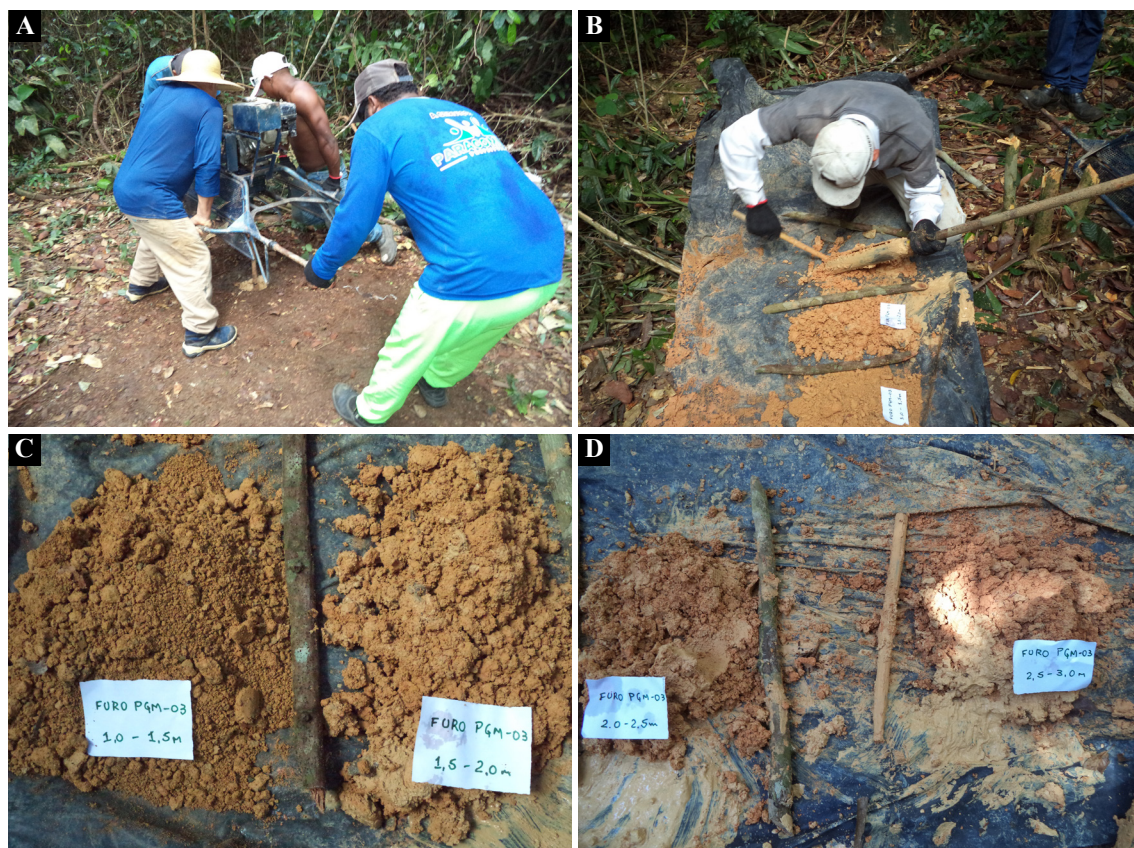


Figura 14 - Aspectos da perfuração, da retirada de amostras e de dois intervalos de solo atravessados pelo furo PGM-03.

4.2. Classificação da área frente aos critérios estabelecidos

Após a avaliação da área selecionada, feita por levantamentos de campo e análises laboratoriais, foi possível pontuar os critérios técnicos, econômico-financeiros e político-sociais recomendados pela NBR 13.896 (ABNT, 1997) e, dessa forma, definir sua favorabilidade para instalação do aterro sanitário de Paragominas. Em estudo desenvolvido na cidade de Porto Velho (RO), para ilustrar a classificação das áreas avaliadas de forma didática, Krebs *et al.* (1999) as dividiram em três categorias de aptidão para a implantação de aterros sanitários: favoráveis, medianamente favoráveis e desfavoráveis, classificação essa aqui replicada.

Vale destacar que, de acordo com os critérios estabelecidos por Krebs *et al.* (op. cit.), as áreas medianamente favoráveis são aquelas cujas eventuais medidas mitigadoras são suficientes para atender aos critérios técnicos, enquanto as áreas favoráveis são naturalmente adequadas no atendimento a esses critérios. Já as áreas desfavoráveis têm características negativas de tal ordem que não podem ser corrigidas por meio de medidas mitigadoras, como obras estruturantes. De acordo com os autores, quando um critério técnico/físico não for atendido, a área deve ser descartada.

Com o enfoque acima descrito, foi feita uma análise criteriosa da área de estudo, a partir dos graus de atendimento para cada parâmetro recomendado pela norma NBR 13.896 (ABNT, 1997), de acordo com Monteiro *et al.* (2001), os quais são apresentados na Tabela 13, que serve de base para se inferir os respectivos percentuais de atendimento aos critérios técnicos, econômico-financeiros e político-sociais da citada Norma, visualizados na Tabela 14. Por último, na Tabela 15 pode-se observar, em valor absoluto, a pontuação de favorabilidade obtida para a área em dar suporte ao aterro sanitário de Paragominas.

Tabela 13 - Critérios de seleção de áreas para implantação de aterros sanitários, conforme a NBR 13.896 da ABNT (1997), com os índices de atendimento da área avaliada em Paragominas.

Fonte: (Modificado de MONTEIRO *et al.*, 2001).

CRITÉRIOS	PRIORIDADE	ATENDIMENTO
Proximidade a cursos d'água	10	T
Proximidade a núcleos residenciais	10	T
Proximidade a aeroportos	10	T
Distância do lençol freático	10	T
Permeabilidade natural do solo	10	P
Vias de acesso com baixa ocupação	6	T
Problemas com a comunidade local	6	T
Vida útil mínima	6	T
Distância para o centro de coleta	6	T
Distância de núcleos de baixa renda	4	T
Aquisição do terreno	4	T
Investimento em infraestrutura	4	P
Uso do solo	3	T
Extensão da bacia de drenagem	3	T
Acesso a veículos pesados	3	T
Material de cobertura	3	T
Manutenção do sistema de drenagem	2	T

Legenda: T – atende integralmente; P – atende parcialmente.

Tabela 14 - Porcentagem de atendimento da área dos critérios para implantação do aterro sanitário municipal de Paragominas, de acordo com a Norma NBR. 13.896 da ABNT (1997).

Fonte: (Modificado de MONTEIRO *et al.*, 2001)

CRITÉRIOS	PRIORIDADE	ATENDIMENTO(%)
Proximidade a cursos d'água	10	100
Proximidade a núcleos residenciais	10	100
Proximidade a aeroportos	10	100
Distância do lençol freático	10	100
Permeabilidade natural do solo	10	50
Vias de acesso com baixa ocupação	6	100
Problemas com a comunidade local	6	100
Vida útil mínima	6	100
Distância para o centro de coleta	6	100

(Continua)

Tabela 14 - Porcentagem de atendimento da área dos critérios para implantação do aterro sanitário municipal de Paragominas, de acordo com a Norma NBR. 13.896 da ABNT (1997).

Fonte: (Modificado de MONTEIRO *et al.*, 2001) (continuação).

CRITÉRIOS	PRIORIDADE	ATENDIMENTO(%)
Distância de núcleos de baixa renda	4	100
Aquisição do terreno	4	100
Investimento em infraestrutura	4	50
Uso do solo	3	100
Extensão da bacia de drenagem	3	100
Acesso a veículos pesados	3	100
Material de cobertura	3	100
Manutenção do sistema de drenagem	2	100

Tabela 15 - Pontuação final da área avaliada para implantação do aterro sanitário do município de Paragominas, de acordo com a Norma NBR 13.896 da ABNT (1997).

Fonte: (Modificado de MONTEIRO *et al.*, 2001)

CRITÉRIOS	PRIORIDADE	ATENDIMENTO PONTUAÇÃO
Proximidade a cursos d'água	10	10
Proximidade a núcleos residenciais	10	10
Proximidade a aeroportos	10	10
Distância do lençol freático	10	10
Permeabilidade natural do solo	10	5
Vias de acesso com baixa ocupação	6	6
Problemas com a comunidade local	6	6
Vida útil mínima	6	6
Distância para o centro de coleta	6	6
Distância de núcleos de baixa renda	4	4
Aquisição do terreno	4	4
Investimento em infraestrutura	4	2
Uso do solo	3	3
Extensão da bacia de drenagem	3	3
Acesso a veículos pesados	3	3
Material de cobertura	3	3
Manutenção do sistema de drenagem	2	2
Pontuação Final da Área		93

Portanto, a área avaliada obteve uma pontuação de 93 de um total possível de 100 e é considerada favorável (boa aptidão técnica, econômica e político-social) para a implantação do aterro sanitário de Paragominas, tendo atendido integralmente a 15 dos 17 critérios de avaliação.

No que se refere à permeabilidade natural do solo, correspondente à condutividade hidráulica vertical (K_v) da zona não saturada, a Norma NBR 13.896 (ABNT, 1997) recomenda, como já destacado, que os solos do local devem apresentar valores de K_v na ordem de 5×10^{-5} cm/s. No entanto, foram identificados na área valores para esse parâmetro na ordem de $1,5 \times 10^{-3}$ cm/s (Tabelas 7, 9 e 11), o que excede o valor recomendado. Por esse motivo, mesmo levando-se em conta as ressalvas já expostas no item anterior a respeito dos valores obtidos nos ensaios de infiltração, tal parâmetro foi considerado parcialmente atendido e irá requerer medida mitigadora: a instalação de mantas de polietileno de alta densidade (PEAD) na base do futuro aterro. A esse respeito, destaca-se, todavia, que, como o nível das águas subterrâneas é profundo na região (> 45 m), a probabilidade de a eventual pluma de contaminação (chorume gerado no aterro) atingir o aquífero é remota, pois a mesma seria lentamente depurada ao longo de seu percurso descendente pelo substrato silto-argiloso.

O grau de atendimento parcial também foi aplicado para um critério econômico-financeiro, o investimento em infraestrutura, pois sabe-se que será necessário alto investimento inicial, incluindo abertura e pavimentação de vias de acesso, para a implantação do aterro (Tabela 13).

5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Pelo exposto nos itens anteriores, os estudos desenvolvidos com objetivo de avaliar a área selecionada para implantação do aterro sanitário de Paragominas permitiram, ao final, que fossem elaboradas as seguintes conclusões e recomendações aos gestores:

1. Para dimensionar a área necessária ao futuro aterro sanitário de Paragominas, considerou-se o modelo de operação em valas ou trincheiras, o mais adequado para municípios de pequeno a médio porte, devido ao volume de resíduos sólidos produzidos e à facilidade operacional. Como exemplo, para a utilização de valas com três metros de profundidade média, será preciso uma área mínima de 37 hectares para uma vida útil de 20 anos.
2. A área avaliada, com 50 hectares de dimensão, nos terrenos da Fazenda Diana, próxima à Rodovia PA-125, de acordo com os métodos aqui utilizados, foi considerada plenamente favorável no que diz respeito aos critérios técnicos, econômico-financeiros e político-sociais recomendados pela norma legal referente ao tema, e revela, portanto, boa aptidão técnica para dar suporte ao aterro sanitário em questão.
3. Deve-se ressaltar, porém, que os valores de condutividade hidráulica vertical obtidos nos ensaios de infiltração na área, superiores aos recomendados pelas normas técnicas, são inconsistentes com as descrições de campo e com os resultados das análises granulométricas, que definiram os solos como essencialmente silto-argilosos, portanto de baixa permeabilidade. Tal inconsistência pode ser devida aos tubos utilizados nos ensaios não terem sido perfeitamente cravados no fundo dos furos, o que provavelmente permitiu a fuga da água dos ensaios pelas laterais (movimento horizontal), fator que resultou em valores mais elevados no cálculo das condutividades hidráulicas.

4. De qualquer modo, em relação ao tópico anterior, enfatiza-se um aspecto fortemente atenuante ao não cumprimento da norma técnica – apesar de os solos superficiais da área não possuírem, de acordo com os cálculos dos ensaios, a baixa permeabilidade requerida, como o nível das águas subterrâneas é bem profundo na região (> 45 m), a probabilidade de qualquer pluma de contaminação atingir o aquífero é remota.
5. Assim, tendo em vista o contexto geológico do município, dominado por rochas sedimentares, aliado ao aspecto atenuante às possibilidades de contaminação do aquífero local, citado no item anterior, entende-se que a área avaliada atende perfeitamente às condições técnicas necessárias para servir como substrato do aterro sanitário de Paragominas que, se operar de maneira correta, deverá ter vida útil de mais de 20 anos.
6. Em etapa anterior à elaboração do projeto executivo do aterro sanitário, recomenda-se a realização de estudo hidrogeológico local a fim de determinar o sentido do fluxo subterrâneo no aquífero livre, para orientar a instalação dos futuros poços de monitoramento.
7. O projeto executivo deve considerar também um estudo de direção dos ventos, para que seja evitado que qualquer tipo de poeira e poluição do ar atinjam estradas ou localidades próximas ao empreendimento.
8. Por último, mas não menos importante, recomenda-se que no projeto de concepção e implantação do aterro seja obrigatória a instalação de mantas impermeabilizantes espessas e resistentes na base de toda a área a ser utilizada para despejo dos resíduos sólidos, de modo a garantir que os contaminantes fiquem isolados. Do mesmo modo, é fundamental a instalação de drenos verticais e horizontais para captação de gás e chorume, o qual deverá ser conduzido para tanques de tratamento, além de um sistema de drenagem de águas pluviais, para evitar a erosão do terreno. Em outras palavras, o depósito de resíduos sólidos de Paragominas deverá ser construído e operado conforme as normas de engenharia preconizadas para um aterro sanitário e não como uma lixeira.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 10.157**: aterros de resíduos perigosos – critérios para projeto, construção e operação. Rio de Janeiro: ABNT, 1987, 13 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 13.896**: aterros de resíduos não perigosos – critérios para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro: ABNT, 1997. 12p.

BRASIL. Lei 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 3 ago. 2010. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm. Acesso em: 15 jul. 2025.

BRASIL. Lei n. 14.026, de 15 de julho de 2020. Atualiza o marco legal do saneamento básico e altera a Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000, para atribuir à Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) competência para editar normas de referência sobre o serviço de saneamento, a Lei nº 10.768, de 19 de novembro de 2003, para alterar o nome e as atribuições do cargo de Especialista em Recursos Hídricos, a Lei nº 11.107, de 6 de abril de 2005, para vedar a prestação por contrato de programa dos serviços públicos de que trata o art. 175 da Constituição Federal, a Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, para aprimorar as condições estruturais do saneamento básico no País, a Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, para tratar dos prazos para a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, a Lei nº 13.089, de

12 de janeiro de 2015 (Estatuto da Metrópole), para estender seu âmbito de aplicação às microrregiões, e a Lei nº 13.529, de 4 de dezembro de 2017, para autorizar a União a participar de fundo com a finalidade exclusiva de financiar serviços técnicos especializados. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 16 jul. 2020. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/lei/l14026.htm.

Acesso em: 15 jul. 2025.

BRASIL. Decreto nº 10.936, de 12 de janeiro de 2022. Regulamenta a Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 12 já. 2022. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2019-2022/2022/Decreto/D10936.htm.

Acesso em: 15 jul. 2025.

EMBRAPA. **Programa Nacional de Solos do Brasil - PronaSolos**. Brasília, 2022. Disponível em: <https://geoportal.sgb.gov.br/pronasolos/>. Acesso em: 17 jul. 2025.

FETTER, C. W. *Applied Hydrogeology*. 2. ed. Macmillan Publishing Company. New York. 592p. 1988.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Sinopse do Censo demográfico 2010**.

Rio de Janeiro, 2011. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv49230.pdf>.

Acesso em: 17 jul. 2025.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE Sinopse do Censo demográfico 2022.

Disponível em <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/censo-demografico/demografico-2022/universo-populacao-e-domicilios-situacao-urbana-ou-rural>. Acessado em: 17 jul. 2025

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS – IPT. Lixo municipal: manual de gerenciamento integrado. 4ª ed. – São Paulo (SP): CEMPRE, 316 págs. il. 2018.

KREBS, A. S. J.; ADAMY, A. REIS, M. R. Alternativas locais para a disposição de resíduos sólidos urbanos na área de Porto Velho. Porto Velho: CPRM, 1999.

MELO JUNIOR *et al.* Guia de Procedimentos Técnicos do Departamento de Gestão Territorial – Volume 6: “Seleção e caracterização de áreas adequadas para Instalação de aterros sanitários”. Brasília: CPRM, 2022.

MONTEIRO, J. H. P *et al.* Manual de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos.

Rio de Janeiro. IBAM. 193p. 2001.

VASQUEZ, M.L.; SOUSA, C.S.; CARVALHO, J.M.A. (Orgs). Mapa Geológico e de Recursos Minerais do Estado do Pará, escala 1:1.000.000. Programa Geologia do Brasil, Integração, Atualização e Difusão de Dados da Geologia do Brasil, Mapas Geológicos Estaduais. CPRM-Serviço Geológico do Brasil, Superintendência Regional de Belém, 2008.

APÊNDICE

**BOLETINS DAS ANÁLISES GRANULOMÉTRICAS REALIZADAS NO LAMIN - LABORATÓRIO
DE ANÁLISES MINERAIS DO SGB-CPRM DE MANAUS**

Resultado de Análise Sedimentométrica
Granulometria - Método por Espalhamento a laser

ID: PGM-01 0,5 - 1,5m

Análise Granulométrica: N° 439/25

Solicitante: José Luiz Marmos (SUREG-MA)

Solicitação: GLPI 6567

Data de recebimento: 08/09/2025

Data de envio: 15/09/2025

Resultados*

Nome da Partícula	Solos e Sedimentos
Índice de refração da partícula	1,52
Índice de absorção da partícula	0,1
Dispersante	Water
Índice de refração do dispersante	1,33
Dispensor da amostra	Hydro 2000MU (A)
Modelo de análise	General purpose
Obscuração (%)	8,88
Resíduo (%)	6,281
Concentração (%volume)	0,0027
Span	7,741
Tipo de transformação de resultado	Volume
Volume médio ponderado D [4, 3] (µm)	7,585
Uniformidade	2,29
Área de superfície específica (m²/g)	5,09
Superfície média ponderada D [3, 2] (µm)	1,179
d (0,1) (µm)	0,427
d (0,5) (µm)	2,907
d (0,9) (µm)	22,926
d (0,6) (µm)	5,251

Dados Fornecidos pelo cliente

Data de Coleta: ---
Código/Local de coleta: ---

Coletor: ----
Método de coleta: ---

Metodologia de Análise

Procedimento analítico: IT-03-09-01 - Análise Granulométrica por Espalhamento a Laser

Referências: Malvern Instruments, Mastersizer 2000 user manual, in: MAN0384 Issue 1.0, 2007.

Método de análise: Espalhamento a laser (Granulômetro a laser: Malvern Mastersizer 2000)

Analizado por: Ruan dos Santos

Peneiramento prévio em 2 mm: Não.

Peneiramento a 1 mm*: Não.

Fração não retida a 1 mm*: Não.

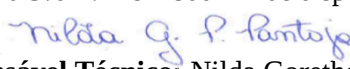
Tipo de amostra: Solo Argiloso

Uso de Ultrassom: 60 segundos, com posicionamento do ultrassom de 10,00 µm

Velocidade de Agitação: 2000 rpm

Aditivo: 15 mL de Hexametáfosfato de sódio a 5% m/m em 800 mL de dispersante

Observações:


Responsável Técnico: Nilda Gorethe Palma Pantoja
Química - CRQ 14100875

***No caso de peneiramento a 1 mm os resultados refletem apenas a fração não retida (menor) em 1 mm**

Resultado de Análise Sedimentométrica

Granulometria - Método por Espalhamento a laser

Resultados* de distribuição de tamanho de partículas - Análise N°: 439/25
ID: PGM-01 0,5 - 1,5m

Diâmetro da partícula (µm)	Volume (%)	Volume abaixo (%)
0,010		0,00
0,011	0,00	0,00
0,013	0,00	0,00
0,015	0,00	0,00
0,017	0,00	0,00
0,020	0,00	0,00
0,023	0,00	0,00
0,026	0,00	0,00
0,030	0,00	0,00
0,035	0,00	0,00
0,040	0,00	0,00
0,046	0,00	0,00
0,052	0,00	0,00
0,060	0,00	0,00
0,069	0,00	0,00
0,079	0,00	0,00
0,091	0,00	0,00
0,105	0,00	0,00
0,120	0,00	0,00
0,138	0,00	0,00
0,158	0,00	0,00
0,182	0,00	0,00
0,209	0,00	0,00
0,240	0,13	0,13
0,275	1,08	1,21
0,316	1,91	3,12
0,363	2,75	5,86
0,417	3,44	9,31
0,479	3,98	13,29
0,550	4,31	17,60
0,631	4,41	22,01
0,724	4,28	26,29
0,832	3,94	30,23
0,955	3,45	33,67

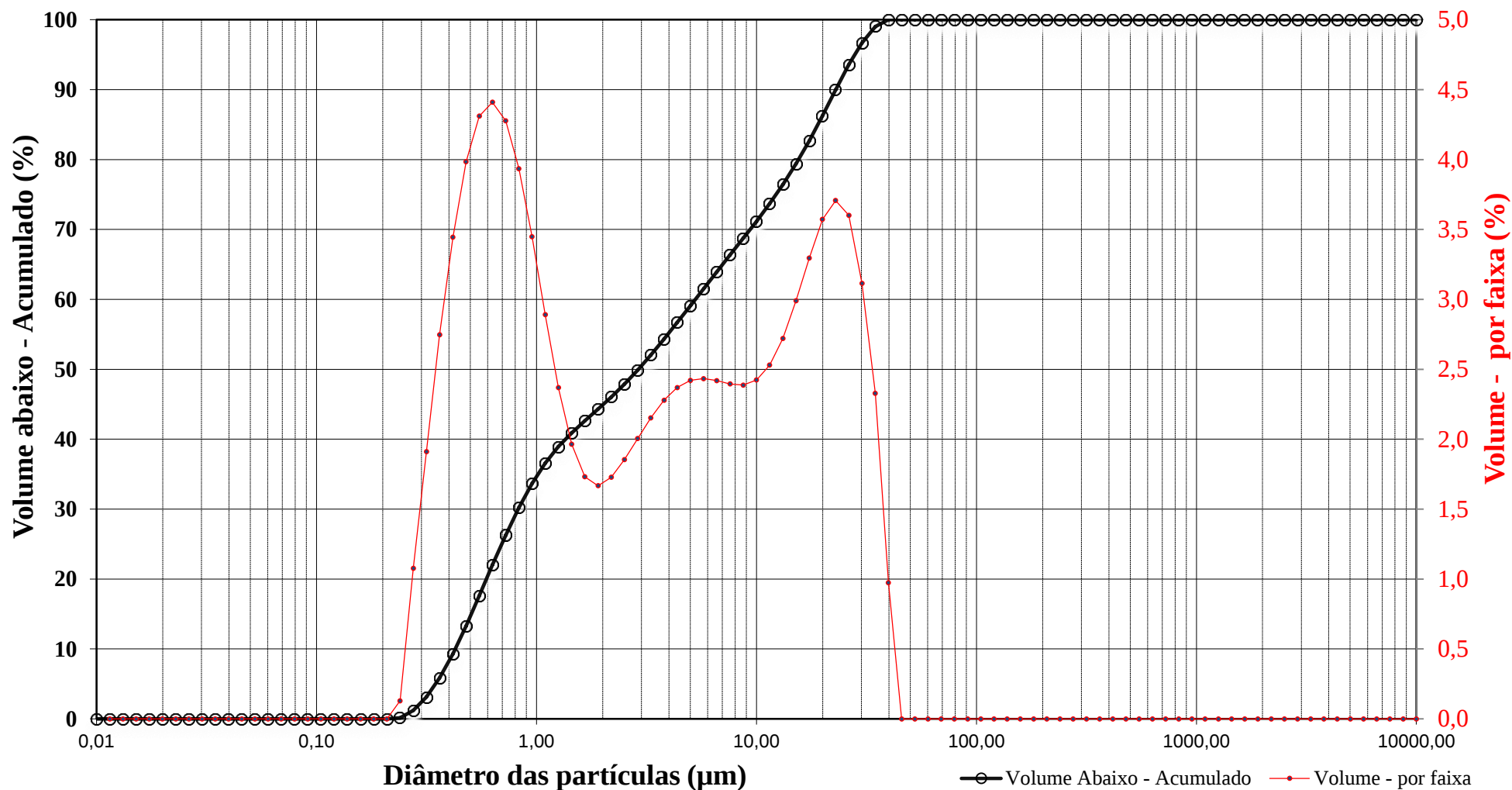
Diâmetro da partícula (µm)	Volume (%)	Volume abaixo (%)
1,10	2,89	36,56
1,26	2,37	38,93
1,45	1,96	40,90
1,66	1,73	42,63
1,91	1,67	44,30
2,19	1,73	46,02
2,51	1,85	47,88
2,88	2,00	49,88
3,31	2,15	52,04
3,80	2,28	54,32
4,37	2,37	56,68
5,01	2,42	59,11
5,75	2,43	61,54
6,61	2,42	63,96
7,59	2,40	66,35
8,71	2,39	68,74
10,00	2,42	71,16
11,48	2,53	73,70
13,18	2,72	76,42
15,14	2,99	79,41
17,38	3,30	82,70
19,95	3,57	86,27
22,91	3,71	89,98
26,30	3,60	93,58
30,20	3,11	96,70
34,67	2,33	99,03
39,81	0,97	100,00
45,71	0,00	100,00
52,48	0,00	100,00
60,26	0,00	100,00
69,18	0,00	100,00
79,43	0,00	100,00
91,20	0,00	100,00
104,71	0,00	100,00

Diâmetro da partícula (µm)	Volume (%)	Volume abaixo (%)
120,23	0,00	100,00
138,04	0,00	100,00
158,49	0,00	100,00
181,97	0,00	100,00
208,93	0,00	100,00
239,88	0,00	100,00
275,42	0,00	100,00
316,23	0,00	100,00
363,08	0,00	100,00
416,87	0,00	100,00
478,63	0,00	100,00
549,54	0,00	100,00
630,96	0,00	100,00
724,44	0,00	100,00
831,76	0,00	100,00
954,99	0,00	100,00
1096,48	0,00	100,00
1258,93	0,00	100,00
1445,44	0,00	100,00
1659,59	0,00	100,00
1905,46	0,00	100,00
2187,76	0,00	100,00
2511,89	0,00	100,00
2884,03	0,00	100,00
3311,31	0,00	100,00
3801,89	0,00	100,00
4365,16	0,00	100,00
5011,87	0,00	100,00
5754,40	0,00	100,00
6606,93	0,00	100,00
7585,78	0,00	100,00
8709,64	0,00	100,00
10000,00	0,00	100,00

Composição por faixa Granulométrica (v/v%)*		
<0,002 mm	De 0,002 mm a 0,063 mm	Acima de 0,063 mm
45,42	54,58	0,00

*No caso de peneiramento a 1 mm os resultados refletem apenas a fração não retida (menor) em 1 mm

Curva Granulométrica



Resultado de Análise Sedimentométrica

Granulometria - Método por Espalhamento a laser

ID: PGM-01 1,5 - 2,5m

Análise Granulométrica: N° 440/25

Solicitante: José Luiz Marmos (SUREG-MA)

Solicitação: GLPI 6567

Data de recebimento: 08/09/2025

Data de envio: 15/09/2025

Resultados*

Nome da Partícula	Solos e Sedimentos
Índice de refração da partícula	1,52
Índice de absorção da partícula	0,1
Dispersante	Water
Índice de refração do dispersante	1,33
Dispensor da amostra	Hydro 2000MU (A)
Modelo de análise	General purpose
Obscuração (%)	10,75
Resíduo (%)	1,52
Concentração (%volume)	0,0061
Span	3,333
Tipo de transformação de resultado	Volume
Volume médio ponderado D [4, 3] (µm)	80,61
Uniformidade	5,4
Área de superfície específica (m²/g)	2,23
Superfície média ponderada D [3, 2] (µm)	2,691
d (0,1) (µm)	0,756
d (0,5) (µm)	14,084
d (0,9) (µm)	47,702
d (0,6) (µm)	19,324

Dados Fornecidos pelo cliente

Data de Coleta: ---
Código/Local de coleta: ---

Coletor: ----
Método de coleta: ---

Metodologia de Análise

Procedimento analítico: IT-03-09-01 - Análise Granulométrica por Espalhamento a Laser

Referências: Malvern Instruments, Mastersizer 2000 user manual, in: MAN0384 Issue 1.0, 2007.

Método de análise: Espalhamento a laser (Granulômetro a laser: Malvern Mastersizer 2000)

Analizado por: Ruan dos Santos

Peneiramento prévio em 2 mm: Não.

Peneiramento a 1 mm*: Não.

Fração não retida a 1 mm*: Não.

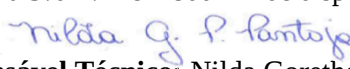
Tipo de amostra: Solo Argiloso

Uso de Ultrassom: 60 segundos, com posicionamento do ultrassom de 10,00 µm

Velocidade de Agitação: 2000 rpm

Aditivo: 15 mL de Hexametáfosfato de sódio a 5% m/m em 800 mL de dispersante

Observações:


Responsável Técnico: Nilda Gorethe Palma Pantoja
Química - CRQ 14100875

***No caso de peneiramento a 1 mm os resultados refletem apenas a fração não retida (menor) em 1 mm**

Resultado de Análise Sedimentométrica

Granulometria - Método por Espalhamento a laser

Resultados* de distribuição de tamanho de partículas - Análise N°: 440/25
ID: PGM-01 1,5 - 2,5m

Diâmetro da partícula (µm)	Volume (%)	Volume abaixo (%)
0,010		0,00
0,011	0,00	0,00
0,013	0,00	0,00
0,015	0,00	0,00
0,017	0,00	0,00
0,020	0,00	0,00
0,023	0,00	0,00
0,026	0,00	0,00
0,030	0,00	0,00
0,035	0,00	0,00
0,040	0,00	0,00
0,046	0,00	0,00
0,052	0,00	0,00
0,060	0,00	0,00
0,069	0,00	0,00
0,079	0,00	0,00
0,091	0,00	0,00
0,105	0,00	0,00
0,120	0,00	0,00
0,138	0,00	0,00
0,158	0,00	0,00
0,182	0,00	0,00
0,209	0,00	0,00
0,240	0,00	0,00
0,275	0,02	0,02
0,316	0,30	0,32
0,363	0,70	1,02
0,417	1,10	2,11
0,479	1,47	3,58
0,550	1,76	5,34
0,631	1,97	7,31
0,724	2,06	9,37
0,832	2,04	11,41
0,955	1,94	13,35

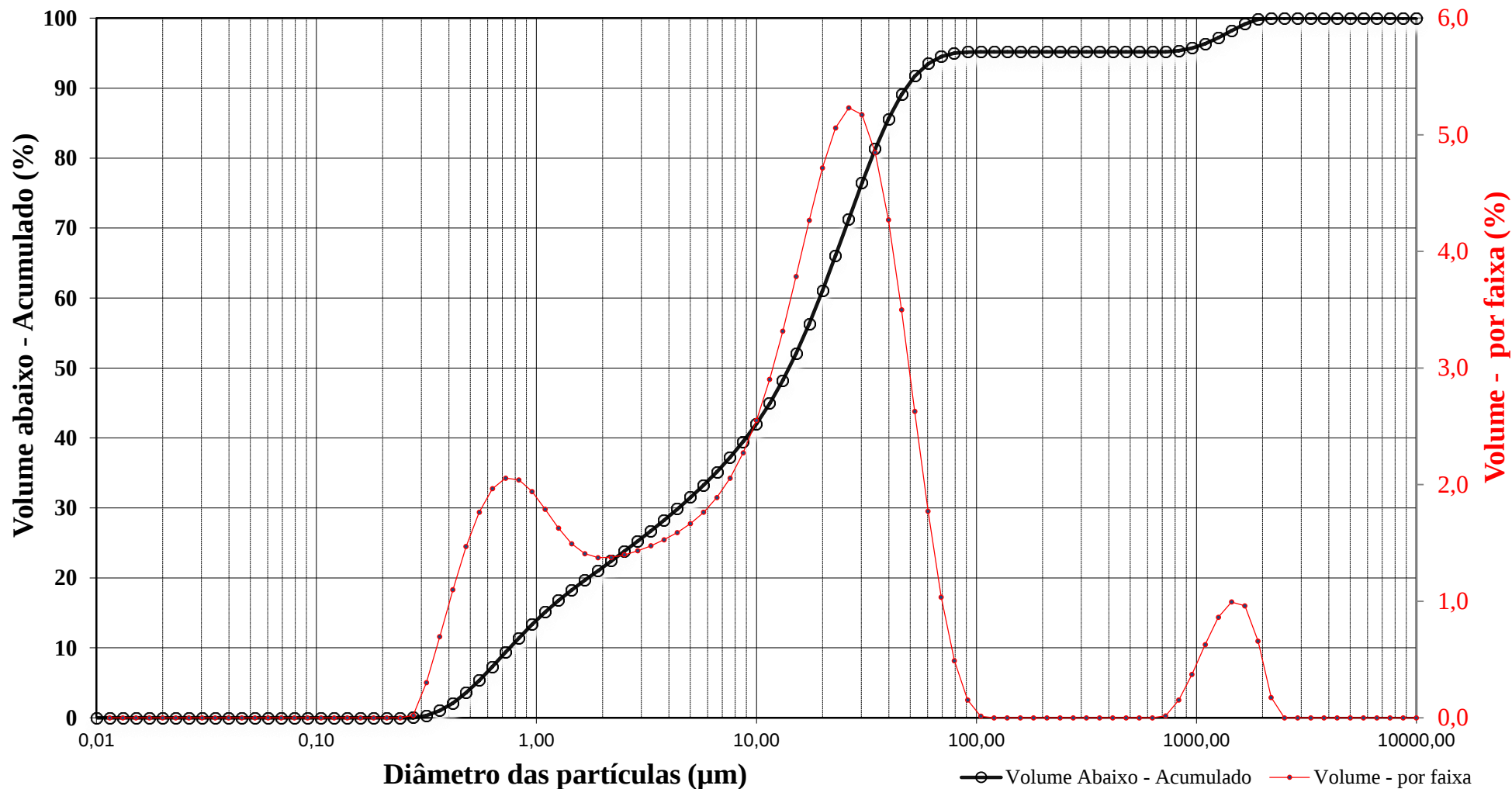
Diâmetro da partícula (µm)	Volume (%)	Volume abaixo (%)
1,10	1,79	15,13
1,26	1,63	16,76
1,45	1,49	18,25
1,66	1,41	19,66
1,91	1,37	21,04
2,19	1,38	22,41
2,51	1,40	23,81
2,88	1,43	25,24
3,31	1,48	26,72
3,80	1,53	28,24
4,37	1,59	29,83
5,01	1,67	31,50
5,75	1,76	33,26
6,61	1,89	35,15
7,59	2,05	37,20
8,71	2,27	39,48
10,00	2,55	42,03
11,48	2,90	44,93
13,18	3,32	48,25
15,14	3,79	52,03
17,38	4,27	56,30
19,95	4,71	61,01
22,91	5,06	66,07
26,30	5,23	71,30
30,20	5,17	76,48
34,67	4,85	81,32
39,81	4,27	85,59
45,71	3,50	89,09
52,48	2,63	91,72
60,26	1,77	93,49
69,18	1,03	94,53
79,43	0,49	95,02
91,20	0,15	95,17
104,71	0,01	95,18

Diâmetro da partícula (µm)	Volume (%)	Volume abaixo (%)
120,23	0,00	95,18
138,04	0,00	95,18
158,49	0,00	95,18
181,97	0,00	95,18
208,93	0,00	95,18
239,88	0,00	95,18
275,42	0,00	95,18
316,23	0,00	95,18
363,08	0,00	95,18
416,87	0,00	95,18
478,63	0,00	95,18
549,54	0,00	95,18
630,96	0,00	95,18
724,44	0,02	95,20
831,76	0,15	95,35
954,99	0,37	95,72
1096,48	0,63	96,35
1258,93	0,86	97,21
1445,44	0,99	98,21
1659,59	0,96	99,17
1905,46	0,66	99,83
2187,76	0,17	100,00
2511,89	0,00	100,00
2884,03	0,00	100,00
3311,31	0,00	100,00
3801,89	0,00	100,00
4365,16	0,00	100,00
5011,87	0,00	100,00
5754,40	0,00	100,00
6606,93	0,00	100,00
7585,78	0,00	100,00
8709,64	0,00	100,00
10000,00	0,00	100,00

Composição por faixa Granulométrica (v/v%)*		
<0,002 mm	De 0,002 mm a 0,063 mm	Acima de 0,063 mm
21,93	71,90	6,18

*No caso de peneiramento a 1 mm os resultados refletem apenas a fração não retida (menor) em 1 mm

Curva Granulométrica



Resultado de Análise Sedimentométrica
Granulometria - Método por Espalhamento a laser

ID: PGM-01 2,5 - 3,5m

Análise Granulométrica: N° 441/25

Solicitante: José Luiz Marmos (SUREG-MA)

Solicitação: GLPI 6567

Data de recebimento: 08/09/2025

Data de envio: 15/09/2025

Resultados*

Nome da Partícula	Solos e Sedimentos
Índice de refração da partícula	1,52
Índice de absorção da partícula	0,1
Dispersante	Water
Índice de refração do dispersante	1,33
Dispensor da amostra	Hydro 2000MU (A)
Modelo de análise	General purpose
Obscuração (%)	12,57
Resíduo (%)	1,17
Concentração (%volume)	0,0064
Span	3,097
Tipo de transformação de resultado	Volume
Volume médio ponderado D [4, 3] (µm)	15,732
Uniformidade	1,02
Área de superfície específica (m²/g)	2,43
Superfície média ponderada D [3, 2] (µm)	2,466
d (0,1) (µm)	0,726
d (0,5) (µm)	11,882
d (0,9) (µm)	37,524
d (0,6) (µm)	16,647

Dados Fornecidos pelo cliente

Data de Coleta: ---
Código/Local de coleta: ---

Coletor: ----
Método de coleta: ---

Metodologia de Análise

Procedimento analítico: IT-03-09-01 - Análise Granulométrica por Espalhamento a Laser

Referências: Malvern Instruments, Mastersizer 2000 user manual, in: MAN0384 Issue 1.0, 2007.

Método de análise: Espalhamento a laser (Granulômetro a laser: Malvern Mastersizer 2000)

Analizado por: Ruan dos Santos

Peneiramento prévio em 2 mm: Não.

Peneiramento a 1 mm*: Não.

Fração não retida a 1 mm*: Não.

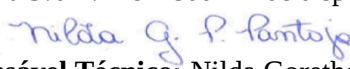
Tipo de amostra: Solo Argiloso

Uso de Ultrassom: 60 segundos, com posicionamento do ultrassom de 10,00 µm

Velocidade de Agitação: 2000 rpm

Aditivo: 15 mL de Hexametáfosfato de sódio a 5% m/m em 800 mL de dispersante

Observações:


Responsável Técnico: Nilda Gorethe Palma Pantoja
Química - CRQ 14100875

***No caso de peneiramento a 1 mm os resultados refletem apenas a fração não retida (menor) em 1 mm**

Resultado de Análise Sedimentométrica

Granulometria - Método por Espalhamento a laser

Resultados* de distribuição de tamanho de partículas - Análise N°: 441/25
ID: PGM-01 2,5 - 3,5m

Diâmetro da partícula (µm)	Volume (%)	Volume abaixo (%)
0,010		0,00
0,011	0,00	0,00
0,013	0,00	0,00
0,015	0,00	0,00
0,017	0,00	0,00
0,020	0,00	0,00
0,023	0,00	0,00
0,026	0,00	0,00
0,030	0,00	0,00
0,035	0,00	0,00
0,040	0,00	0,00
0,046	0,00	0,00
0,052	0,00	0,00
0,060	0,00	0,00
0,069	0,00	0,00
0,079	0,00	0,00
0,091	0,00	0,00
0,105	0,00	0,00
0,120	0,00	0,00
0,138	0,00	0,00
0,158	0,00	0,00
0,182	0,00	0,00
0,209	0,00	0,00
0,240	0,00	0,00
0,275	0,03	0,03
0,316	0,23	0,26
0,363	0,71	0,98
0,417	1,13	2,11
0,479	1,55	3,66
0,550	1,89	5,55
0,631	2,14	7,69
0,724	2,28	9,97
0,832	2,31	12,28
0,955	2,24	14,53

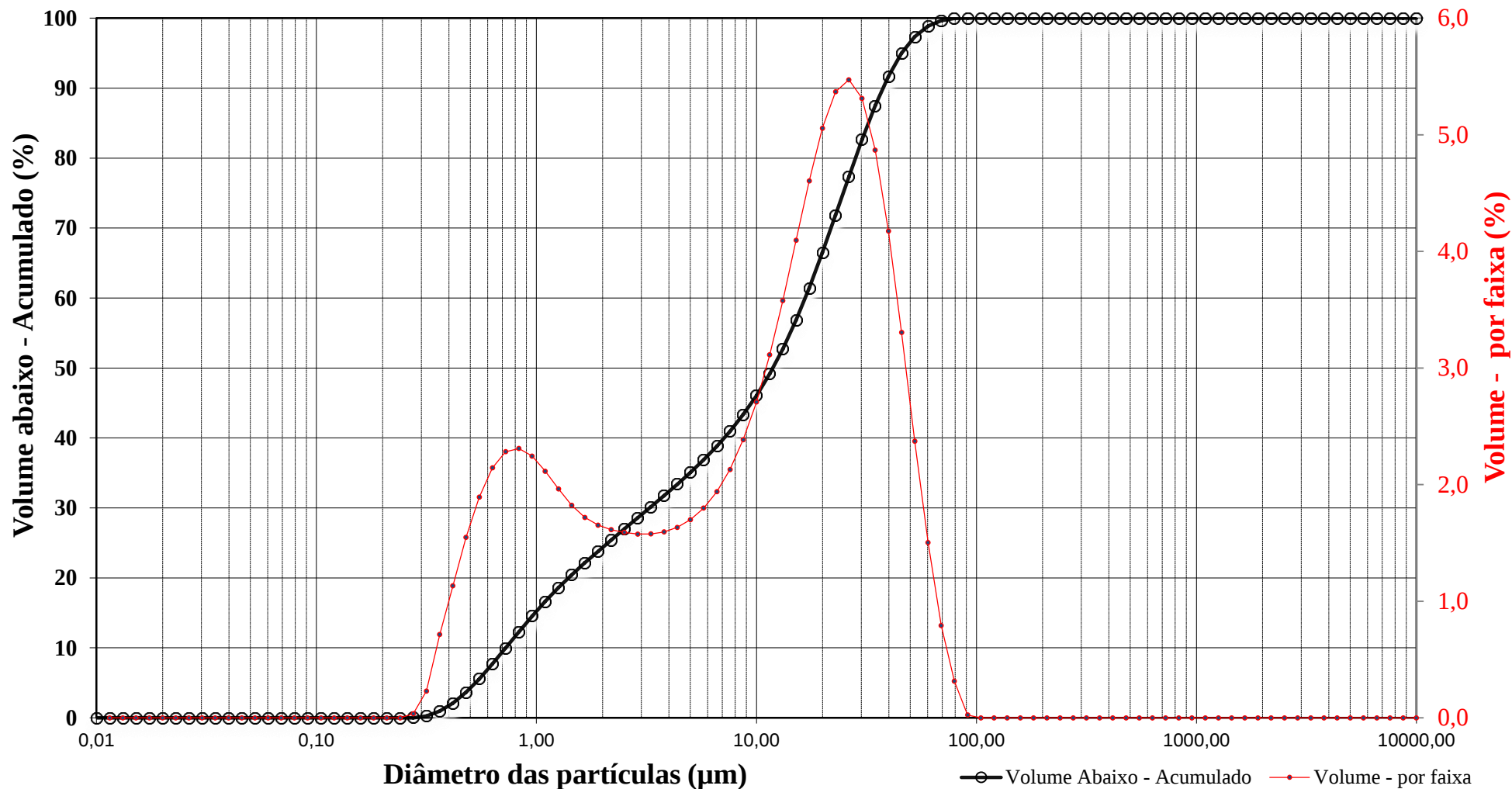
Diâmetro da partícula (µm)	Volume (%)	Volume abaixo (%)
1,10	2,12	16,64
1,26	1,96	18,61
1,45	1,82	20,43
1,66	1,72	22,15
1,91	1,65	23,80
2,19	1,61	25,42
2,51	1,59	27,01
2,88	1,58	28,58
3,31	1,58	30,16
3,80	1,59	31,75
4,37	1,63	33,39
5,01	1,70	35,08
5,75	1,80	36,88
6,61	1,94	38,82
7,59	2,13	40,95
8,71	2,39	43,34
10,00	2,71	46,05
11,48	3,11	49,16
13,18	3,58	52,74
15,14	4,09	56,83
17,38	4,60	61,44
19,95	5,06	66,49
22,91	5,37	71,86
26,30	5,47	77,33
30,20	5,31	82,65
34,67	4,87	87,51
39,81	4,17	91,69
45,71	3,30	94,99
52,48	2,37	97,37
60,26	1,50	98,87
69,18	0,79	99,66
79,43	0,31	99,98
91,20	0,02	100,00
104,71	0,00	100,00

Diâmetro da partícula (µm)	Volume (%)	Volume abaixo (%)
120,23	0,00	100,00
138,04	0,00	100,00
158,49	0,00	100,00
181,97	0,00	100,00
208,93	0,00	100,00
239,88	0,00	100,00
275,42	0,00	100,00
316,23	0,00	100,00
363,08	0,00	100,00
416,87	0,00	100,00
478,63	0,00	100,00
549,54	0,00	100,00
630,96	0,00	100,00
724,44	0,00	100,00
831,76	0,00	100,00
954,99	0,00	100,00
1096,48	0,00	100,00
1258,93	0,00	100,00
1445,44	0,00	100,00
1659,59	0,00	100,00
1905,46	0,00	100,00
2187,76	0,00	100,00
2511,89	0,00	100,00
2884,03	0,00	100,00
3311,31	0,00	100,00
3801,89	0,00	100,00
4365,16	0,00	100,00
5011,87	0,00	100,00
5754,40	0,00	100,00
6606,93	0,00	100,00
7585,78	0,00	100,00
8709,64	0,00	100,00
10000,00	0,00	100,00

Composição por faixa Granulométrica (v/v%)*		
<0,002 mm	De 0,002 mm a 0,063 mm	Acima de 0,063 mm
24,85	74,28	0,87

*No caso de peneiramento a 1 mm os resultados refletem apenas a fração não retida (menor) em 1 mm

Curva Granulométrica



Resultado de Análise Sedimentométrica
Granulometria - Método por Espalhamento a laser

ID: PGM-01 3,5 - 5,0m

Análise Granulométrica: N° 442/25

Solicitante: José Luiz Marmos (SUREG-MA)

Solicitação: GLPI 6567

Data de recebimento: 08/09/2025

Data de envio: 15/09/2025

Resultados*

Nome da Partícula	Solos e Sedimentos
Índice de refração da partícula	1,52
Índice de absorção da partícula	0,1
Dispersante	Water
Índice de refração do dispersante	1,33
Dispensor da amostra	Hydro 2000MU (A)
Modelo de análise	General purpose
Obscuração (%)	9,81
Resíduo (%)	0,992
Concentração (%volume)	0,008
Span	2,237
Tipo de transformação de resultado	Volume
Volume médio ponderado D [4, 3] (µm)	20,954
Uniformidade	0,684
Área de superfície específica (m²/g)	1,43
Superfície média ponderada D [3, 2] (µm)	4,19
d (0,1) (µm)	1,37
d (0,5) (µm)	18,842
d (0,9) (µm)	43,517
d (0,6) (µm)	23,175

Dados Fornecidos pelo cliente

Data de Coleta: ---
Código/Local de coleta: ---

Coletor: ----
Método de coleta: ---

Metodologia de Análise

Procedimento analítico: IT-03-09-01 - Análise Granulométrica por Espalhamento a Laser

Referências: Malvern Instruments, Mastersizer 2000 user manual, in: MAN0384 Issue 1.0, 2007.

Método de análise: Espalhamento a laser (Granulômetro a laser: Malvern Mastersizer 2000)

Analizado por: Ruan dos Santos

Peneiramento prévio em 2 mm: Não.

Peneiramento a 1 mm*: Não.

Fração não retida a 1 mm*: Não.

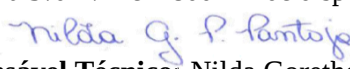
Tipo de amostra: Solo Argiloso

Uso de Ultrassom: 60 segundos, com posicionamento do ultrassom de 10,00 µm

Velocidade de Agitação: 2000 rpm

Aditivo: 15 mL de Hexametáfosfato de sódio a 5% m/m em 800 mL de dispersante

Observações:


Responsável Técnico: Nilda Gorethe Palma Pantoja
Química - CRQ 14100875

***No caso de peneiramento a 1 mm os resultados refletem apenas a fração não retida (menor) em 1 mm**

Resultado de Análise Sedimentométrica

Granulometria - Método por Espalhamento a laser

Resultados* de distribuição de tamanho de partículas - Análise N°: 442/25
ID: PGM-01 3,5 - 5,0m

Diâmetro da partícula (µm)	Volume (%)	Volume abaixo (%)
0,010		0,00
0,011	0,00	0,00
0,013	0,00	0,00
0,015	0,00	0,00
0,017	0,00	0,00
0,020	0,00	0,00
0,023	0,00	0,00
0,026	0,00	0,00
0,030	0,00	0,00
0,035	0,00	0,00
0,040	0,00	0,00
0,046	0,00	0,00
0,052	0,00	0,00
0,060	0,00	0,00
0,069	0,00	0,00
0,079	0,00	0,00
0,091	0,00	0,00
0,105	0,00	0,00
0,120	0,00	0,00
0,138	0,00	0,00
0,158	0,00	0,00
0,182	0,00	0,00
0,209	0,00	0,00
0,240	0,00	0,00
0,275	0,02	0,02
0,316	0,12	0,14
0,363	0,40	0,54
0,417	0,61	1,15
0,479	0,81	1,96
0,550	0,97	2,93
0,631	1,08	4,01
0,724	1,13	5,14
0,832	1,14	6,28
0,955	1,10	7,38

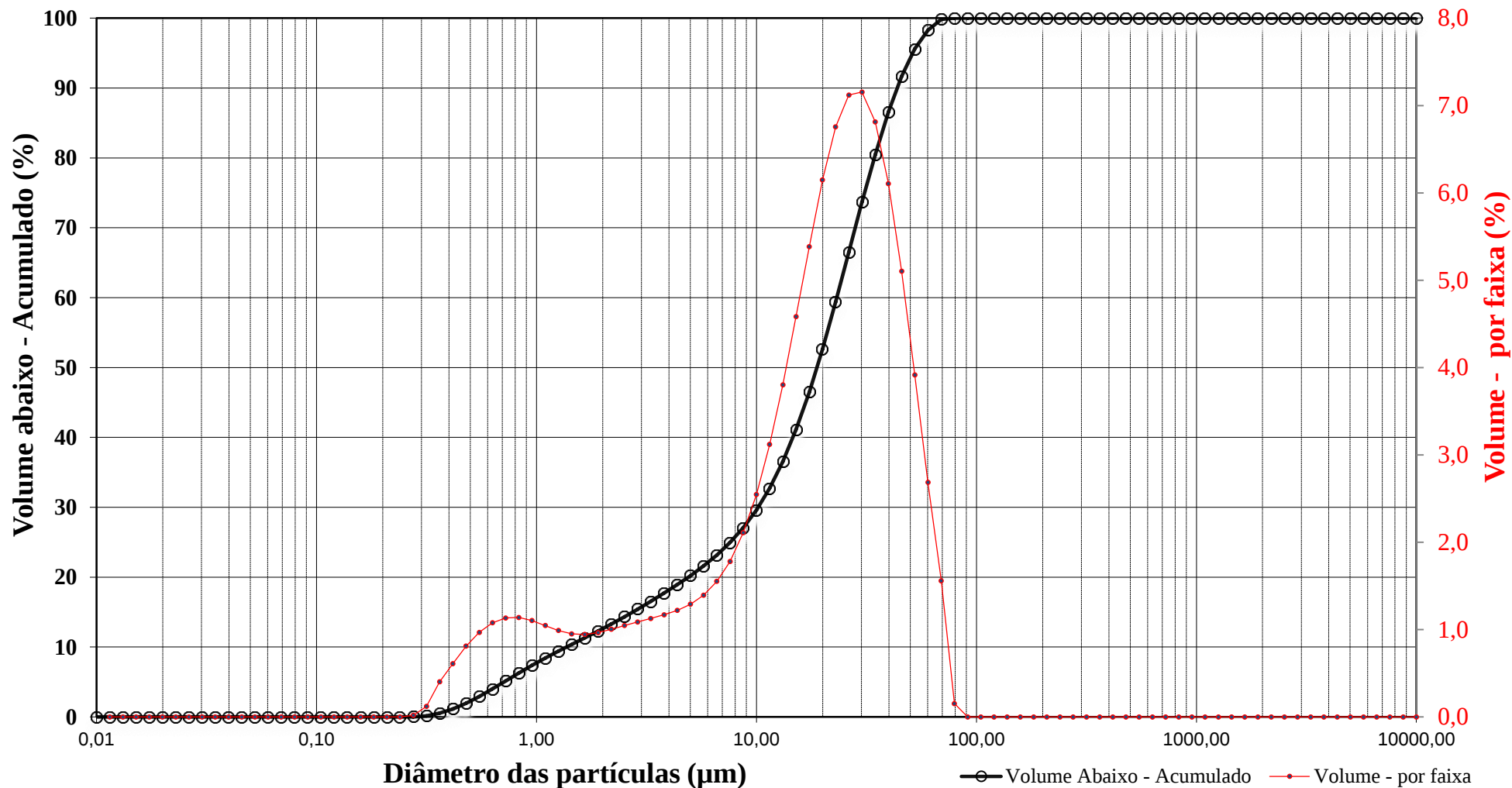
Diâmetro da partícula (µm)	Volume (%)	Volume abaixo (%)
1,10	1,05	8,43
1,26	0,99	9,42
1,45	0,95	10,37
1,66	0,94	11,31
1,91	0,97	12,28
2,19	1,00	13,28
2,51	1,05	14,33
2,88	1,09	15,41
3,31	1,13	16,54
3,80	1,17	17,71
4,37	1,22	18,93
5,01	1,29	20,22
5,75	1,39	21,61
6,61	1,55	23,17
7,59	1,78	24,95
8,71	2,11	27,05
10,00	2,55	29,60
11,48	3,12	32,72
13,18	3,80	36,52
15,14	4,58	41,10
17,38	5,39	46,49
19,95	6,15	52,64
22,91	6,76	59,39
26,30	7,12	66,51
30,20	7,15	73,66
34,67	6,81	80,48
39,81	6,11	86,58
45,71	5,10	91,69
52,48	3,92	95,60
60,26	2,69	98,29
69,18	1,56	99,85
79,43	0,15	100,00
91,20	0,00	100,00
104,71	0,00	100,00

Diâmetro da partícula (µm)	Volume (%)	Volume abaixo (%)
120,23	0,00	100,00
138,04	0,00	100,00
158,49	0,00	100,00
181,97	0,00	100,00
208,93	0,00	100,00
239,88	0,00	100,00
275,42	0,00	100,00
316,23	0,00	100,00
363,08	0,00	100,00
416,87	0,00	100,00
478,63	0,00	100,00
549,54	0,00	100,00
630,96	0,00	100,00
724,44	0,00	100,00
831,76	0,00	100,00
954,99	0,00	100,00
1096,48	0,00	100,00
1258,93	0,00	100,00
1445,44	0,00	100,00
1659,59	0,00	100,00
1905,46	0,00	100,00
2187,76	0,00	100,00
2511,89	0,00	100,00
2884,03	0,00	100,00
3311,31	0,00	100,00
3801,89	0,00	100,00
4365,16	0,00	100,00
5011,87	0,00	100,00
5754,40	0,00	100,00
6606,93	0,00	100,00
7585,78	0,00	100,00
8709,64	0,00	100,00
10000,00	0,00	100,00

Composição por faixa Granulométrica (v/v%)*		
<0,002 mm	De 0,002 mm a 0,063 mm	Acima de 0,063 mm
12,93	85,86	1,21

***No caso de peneiramento a 1 mm os resultados refletem apenas a fração não retida (menor) em 1 mm**

Curva Granulométrica



Resultado de Análise Sedimentométrica
Granulometria - Método por Espalhamento a laser

ID: PGM-01 5,0 - 6,0m

Análise Granulométrica: N° 443/25

Solicitante: José Luiz Marmos (SUREG-MA)

Solicitação: GLPI 6567

Data de recebimento: 08/09/2025

Data de envio: 15/09/2025

Resultados*

Nome da Partícula	Solos e Sedimentos
Índice de refração da partícula	1,52
Índice de absorção da partícula	0,1
Dispersante	Water
Índice de refração do dispersante	1,33
Dispensor da amostra	Hydro 2000MU (A)
Modelo de análise	General purpose
Obscuração (%)	8,84
Resíduo (%)	0,943
Concentração (%volume)	0,0081
Span	2,129
Tipo de transformação de resultado	Volume
Volume médio ponderado D [4, 3] (µm)	23,036
Uniformidade	0,641
Área de superfície específica (m²/g)	1,31
Superfície média ponderada D [3, 2] (µm)	4,589
d (0,1) (µm)	1,703
d (0,5) (µm)	21,047
d (0,9) (µm)	46,516
d (0,6) (µm)	25,419

Dados Fornecidos pelo cliente

Data de Coleta: ---
Código/Local de coleta: ---

Coletor: ----
Método de coleta: ---

Metodologia de Análise

Procedimento analítico: IT-03-09-01 - Análise Granulométrica por Espalhamento a Laser

Referências: Malvern Instruments, Mastersizer 2000 user manual, in: MAN0384 Issue 1.0, 2007.

Método de análise: Espalhamento a laser (Granulômetro a laser: Malvern Mastersizer 2000)

Analizado por: Ruan dos Santos

Peneiramento prévio em 2 mm: Não.

Peneiramento a 1 mm*: Não.

Fração não retida a 1 mm*: Não.

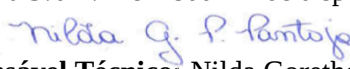
Tipo de amostra: Solo Argiloso

Uso de Ultrassom: 60 segundos, com posicionamento do ultrassom de 10,00 µm

Velocidade de Agitação: 2000 rpm

Aditivo: 15 mL de Hexametáfosfato de sódio a 5% m/m em 800 mL de dispersante

Observações:


Responsável Técnico: Nilda Gorethe Palma Pantoja
Química - CRQ 14100875

***No caso de peneiramento a 1 mm os resultados refletem apenas a fração não retida (menor) em 1 mm**

Resultado de Análise Sedimentométrica

Granulometria - Método por Espalhamento a laser

Resultados* de distribuição de tamanho de partículas - Análise N°: 443/25
ID: PGM-01 5,0 - 6,0m

Diâmetro da partícula (µm)	Volume (%)	Volume abaixo (%)
0,010		0,00
0,011	0,00	0,00
0,013	0,00	0,00
0,015	0,00	0,00
0,017	0,00	0,00
0,020	0,00	0,00
0,023	0,00	0,00
0,026	0,00	0,00
0,030	0,00	0,00
0,035	0,00	0,00
0,040	0,00	0,00
0,046	0,00	0,00
0,052	0,00	0,00
0,060	0,00	0,00
0,069	0,00	0,00
0,079	0,00	0,00
0,091	0,00	0,00
0,105	0,00	0,00
0,120	0,00	0,00
0,138	0,00	0,00
0,158	0,00	0,00
0,182	0,00	0,00
0,209	0,00	0,00
0,240	0,00	0,00
0,275	0,03	0,03
0,316	0,16	0,19
0,363	0,42	0,60
0,417	0,61	1,21
0,479	0,79	2,00
0,550	0,92	2,92
0,631	1,00	3,92
0,724	1,02	4,94
0,832	1,00	5,94
0,955	0,93	6,87

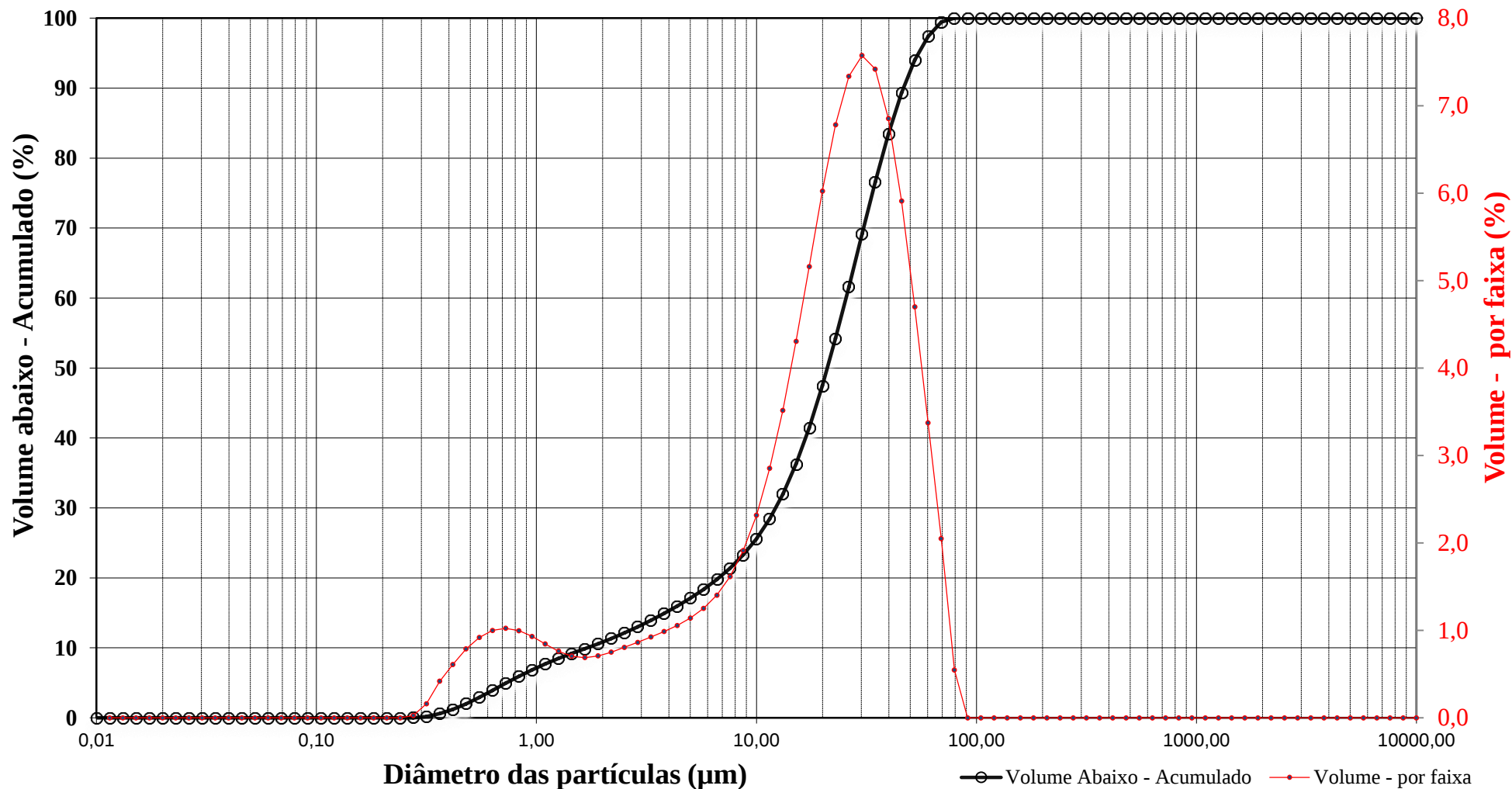
Diâmetro da partícula (µm)	Volume (%)	Volume abaixo (%)
1,10	0,84	7,71
1,26	0,76	8,48
1,45	0,71	9,18
1,66	0,69	9,87
1,91	0,71	10,58
2,19	0,75	11,33
2,51	0,81	12,13
2,88	0,86	13,00
3,31	0,92	13,92
3,80	0,99	14,91
4,37	1,06	15,96
5,01	1,14	17,11
5,75	1,25	18,36
6,61	1,40	19,76
7,59	1,61	21,37
8,71	1,91	23,29
10,00	2,32	25,60
11,48	2,85	28,46
13,18	3,52	31,97
15,14	4,31	36,28
17,38	5,16	41,44
19,95	6,02	47,46
22,91	6,78	54,24
26,30	7,34	61,58
30,20	7,57	69,15
34,67	7,42	76,57
39,81	6,85	83,42
45,71	5,91	89,33
52,48	4,70	94,03
60,26	3,37	97,40
69,18	2,05	99,45
79,43	0,55	100,00
91,20	0,00	100,00
104,71	0,00	100,00

Diâmetro da partícula (µm)	Volume (%)	Volume abaixo (%)
120,23	0,00	100,00
138,04	0,00	100,00
158,49	0,00	100,00
181,97	0,00	100,00
208,93	0,00	100,00
239,88	0,00	100,00
275,42	0,00	100,00
316,23	0,00	100,00
363,08	0,00	100,00
416,87	0,00	100,00
478,63	0,00	100,00
549,54	0,00	100,00
630,96	0,00	100,00
724,44	0,00	100,00
831,76	0,00	100,00
954,99	0,00	100,00
1096,48	0,00	100,00
1258,93	0,00	100,00
1445,44	0,00	100,00
1659,59	0,00	100,00
1905,46	0,00	100,00
2187,76	0,00	100,00
2511,89	0,00	100,00
2884,03	0,00	100,00
3311,31	0,00	100,00
3801,89	0,00	100,00
4365,16	0,00	100,00
5011,87	0,00	100,00
5754,40	0,00	100,00
6606,93	0,00	100,00
7585,78	0,00	100,00
8709,64	0,00	100,00
10000,00	0,00	100,00

Composição por faixa Granulométrica (v/v%)*		
<0,002 mm	De 0,002 mm a 0,063 mm	Acima de 0,063 mm
11,07	87,00	1,94

*No caso de peneiramento a 1 mm os resultados refletem apenas a fração não retida (menor) em 1 mm

Curva Granulométrica



Resultado de Análise Sedimentométrica
Granulometria - Método por Espalhamento a laser

ID: PGM-01 6,0 - 7,0m

Análise Granulométrica: N° 444/25

Solicitante: José Luiz Marmos (SUREG-MA)

Solicitação: GLPI 6567

Data de recebimento: 08/09/2025

Data de envio: 15/09/2025

Resultados*

Nome da Partícula	Solos e Sedimentos
Índice de refração da partícula	1,52
Índice de absorção da partícula	0,1
Dispersante	Water
Índice de refração do dispersante	1,33
Dispensor da amostra	Hydro 2000MU (A)
Modelo de análise	General purpose
Obscuração (%)	8,65
Resíduo (%)	1
Concentração (%volume)	0,0086
Span	2,034
Tipo de transformação de resultado	Volume
Volume médio ponderado D [4, 3] (µm)	25,267
Uniformidade	0,602
Área de superfície específica (m²/g)	1,23
Superfície média ponderada D [3, 2] (µm)	4,878
d (0,1) (µm)	1,956
d (0,5) (µm)	23,473
d (0,9) (µm)	49,692
d (0,6) (µm)	27,999

Dados Fornecidos pelo cliente

Data de Coleta: ---
Código/Local de coleta: ---

Coletor: ----
Método de coleta: ---

Metodologia de Análise

Procedimento analítico: IT-03-09-01 - Análise Granulométrica por Espalhamento a Laser

Referências: Malvern Instruments, Mastersizer 2000 user manual, in: MAN0384 Issue 1.0, 2007.

Método de análise: Espalhamento a laser (Granulômetro a laser: Malvern Mastersizer 2000)

Analizado por: Ruan dos Santos

Peneiramento prévio em 2 mm: Não.

Peneiramento a 1 mm*: Não.

Fração não retida a 1 mm*: Não.

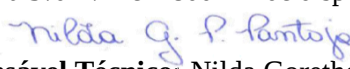
Tipo de amostra: Solo Argiloso

Uso de Ultrassom: 60 segundos, com posicionamento do ultrassom de 10,00 µm

Velocidade de Agitação: 2000 rpm

Aditivo: 15 mL de Hexametáfosfato de sódio a 5% m/m em 800 mL de dispersante

Observações:


Responsável Técnico: Nilda Gorethe Palma Pantoja
Química - CRQ 14100875

***No caso de peneiramento a 1 mm os resultados refletem apenas a fração não retida (menor) em 1 mm**

Resultado de Análise Sedimentométrica

Granulometria - Método por Espalhamento a laser

Resultados* de distribuição de tamanho de partículas - Análise N°: 444/25
ID: PGM-01 6,0 - 7,0m

Diâmetro da partícula (µm)	Volume (%)	Volume abaixo (%)
0,010		0,00
0,011	0,00	0,00
0,013	0,00	0,00
0,015	0,00	0,00
0,017	0,00	0,00
0,020	0,00	0,00
0,023	0,00	0,00
0,026	0,00	0,00
0,030	0,00	0,00
0,035	0,00	0,00
0,040	0,00	0,00
0,046	0,00	0,00
0,052	0,00	0,00
0,060	0,00	0,00
0,069	0,00	0,00
0,079	0,00	0,00
0,091	0,00	0,00
0,105	0,00	0,00
0,120	0,00	0,00
0,138	0,00	0,00
0,158	0,00	0,00
0,182	0,00	0,00
0,209	0,00	0,00
0,240	0,00	0,00
0,275	0,03	0,03
0,316	0,18	0,21
0,363	0,42	0,62
0,417	0,60	1,23
0,479	0,77	1,99
0,550	0,89	2,88
0,631	0,96	3,85
0,724	0,98	4,82
0,832	0,94	5,77
0,955	0,87	6,64

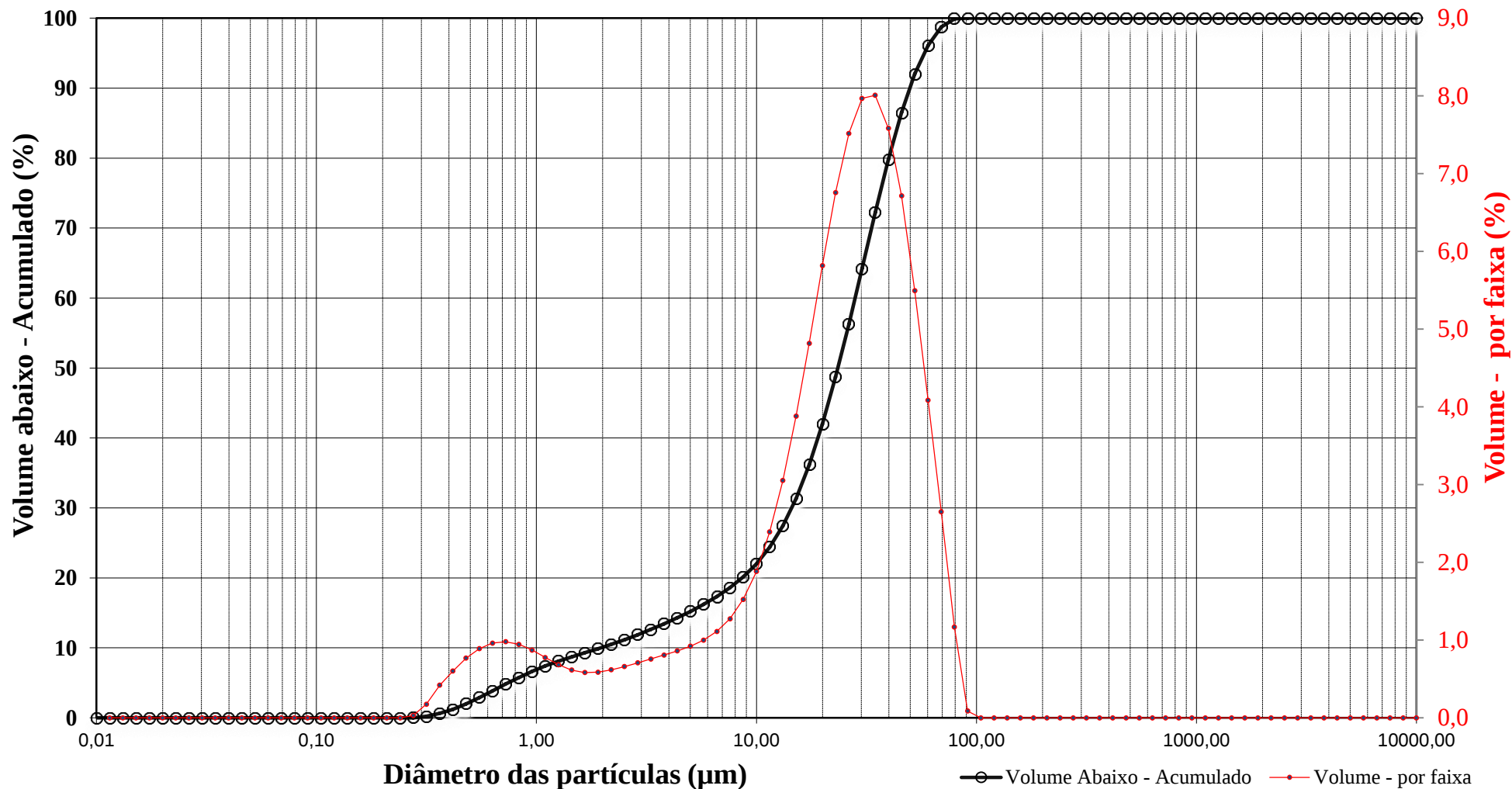
Diâmetro da partícula (µm)	Volume (%)	Volume abaixo (%)
1,10	0,78	7,42
1,26	0,68	8,10
1,45	0,61	8,71
1,66	0,58	9,30
1,91	0,59	9,88
2,19	0,62	10,50
2,51	0,66	11,16
2,88	0,71	11,87
3,31	0,76	12,62
3,80	0,81	13,43
4,37	0,86	14,29
5,01	0,92	15,21
5,75	1,00	16,21
6,61	1,11	17,33
7,59	1,27	18,60
8,71	1,52	20,12
10,00	1,88	22,01
11,48	2,39	24,40
13,18	3,05	27,45
15,14	3,88	31,33
17,38	4,82	36,15
19,95	5,82	41,97
22,91	6,76	48,72
26,30	7,52	56,24
30,20	7,97	64,21
34,67	8,01	72,22
39,81	7,58	79,80
45,71	6,71	86,52
52,48	5,49	92,01
60,26	4,08	96,10
69,18	2,65	98,75
79,43	1,17	99,91
91,20	0,09	100,00
104,71	0,00	100,00

Diâmetro da partícula (µm)	Volume (%)	Volume abaixo (%)
120,23	0,00	100,00
138,04	0,00	100,00
158,49	0,00	100,00
181,97	0,00	100,00
208,93	0,00	100,00
239,88	0,00	100,00
275,42	0,00	100,00
316,23	0,00	100,00
363,08	0,00	100,00
416,87	0,00	100,00
478,63	0,00	100,00
549,54	0,00	100,00
630,96	0,00	100,00
724,44	0,00	100,00
831,76	0,00	100,00
954,99	0,00	100,00
1096,48	0,00	100,00
1258,93	0,00	100,00
1445,44	0,00	100,00
1659,59	0,00	100,00
1905,46	0,00	100,00
2187,76	0,00	100,00
2511,89	0,00	100,00
2884,03	0,00	100,00
3311,31	0,00	100,00
3801,89	0,00	100,00
4365,16	0,00	100,00
5011,87	0,00	100,00
5754,40	0,00	100,00
6606,93	0,00	100,00
7585,78	0,00	100,00
8709,64	0,00	100,00
10000,00	0,00	100,00

Composição por faixa Granulométrica (v/v%)*		
<0,002 mm	De 0,002 mm a 0,063 mm	Acima de 0,063 mm
10,29	86,66	3,05

***No caso de peneiramento a 1 mm os resultados refletem apenas a fração não retida (menor) em 1 mm**

Curva Granulométrica



Resultado de Análise Sedimentométrica
Granulometria - Método por Espalhamento a laser

ID: PGM-02 1,0 - 2,0m

Análise Granulométrica: N° 445/25

Solicitante: José Luiz Marmos (SUREG-MA)

Solicitação: GLPI 6567

Data de recebimento: 08/09/2025

Data de envio: 15/09/2025

Resultados*

Nome da Partícula	Solos e Sedimentos
Índice de refração da partícula	1,52
Índice de absorção da partícula	0,1
Dispersante	Water
Índice de refração do dispersante	1,33
Dispensor da amostra	Hydro 2000MU (A)
Modelo de análise	General purpose
Obscuração (%)	10,26
Resíduo (%)	1,381
Concentração (%volume)	0,0043
Span	4,08
Tipo de transformação de resultado	Volume
Volume médio ponderado D [4, 3] (µm)	10,595
Uniformidade	1,31
Área de superfície específica (m²/g)	2,99
Superfície média ponderada D [3, 2] (µm)	2,004
d (0,1) (µm)	0,636
d (0,5) (µm)	6,428
d (0,9) (µm)	26,864
d (0,6) (µm)	9,851

Dados Fornecidos pelo cliente

Data de Coleta: ---
Código/Local de coleta: ---

Coletor: ----
Método de coleta: ---

Metodologia de Análise

Procedimento analítico: IT-03-09-01 - Análise Granulométrica por Espalhamento a Laser

Referências: Malvern Instruments, Mastersizer 2000 user manual, in: MAN0384 Issue 1.0, 2007.

Método de análise: Espalhamento a laser (Granulômetro a laser: Malvern Mastersizer 2000)

Analizado por: Ruan dos Santos

Peneiramento prévio em 2 mm: Não.

Peneiramento a 1 mm*: Não.

Fração não retida a 1 mm*: Não.

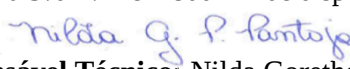
Tipo de amostra: Solo Argiloso

Uso de Ultrassom: 60 segundos, com posicionamento do ultrassom de 10,00 µm

Velocidade de Agitação: 2000 rpm

Aditivo: 15 mL de Hexametáfosfato de sódio a 5% m/m em 800 mL de dispersante

Observações:


Responsável Técnico: Nilda Gorethe Palma Pantoja
Química - CRQ 14100875

***No caso de peneiramento a 1 mm os resultados refletem apenas a fração não retida (menor) em 1 mm**

Resultado de Análise Sedimentométrica

Granulometria - Método por Espalhamento a laser

Resultados* de distribuição de tamanho de partículas - Análise N°: 445/25
ID: PGM-02 1,0 - 2,0m

Diâmetro da partícula (µm)	Volume (%)	Volume abaixo (%)
0,010		0,00
0,011	0,00	0,00
0,013	0,00	0,00
0,015	0,00	0,00
0,017	0,00	0,00
0,020	0,00	0,00
0,023	0,00	0,00
0,026	0,00	0,00
0,030	0,00	0,00
0,035	0,00	0,00
0,040	0,00	0,00
0,046	0,00	0,00
0,052	0,00	0,00
0,060	0,00	0,00
0,069	0,00	0,00
0,079	0,00	0,00
0,091	0,00	0,00
0,105	0,00	0,00
0,120	0,00	0,00
0,138	0,00	0,00
0,158	0,00	0,00
0,182	0,00	0,00
0,209	0,00	0,00
0,240	0,00	0,00
0,275	0,03	0,03
0,316	0,43	0,46
0,363	0,92	1,38
0,417	1,46	2,84
0,479	1,97	4,82
0,550	2,38	7,20
0,631	2,65	9,85
0,724	2,76	12,61
0,832	2,72	15,32
0,955	2,56	17,88

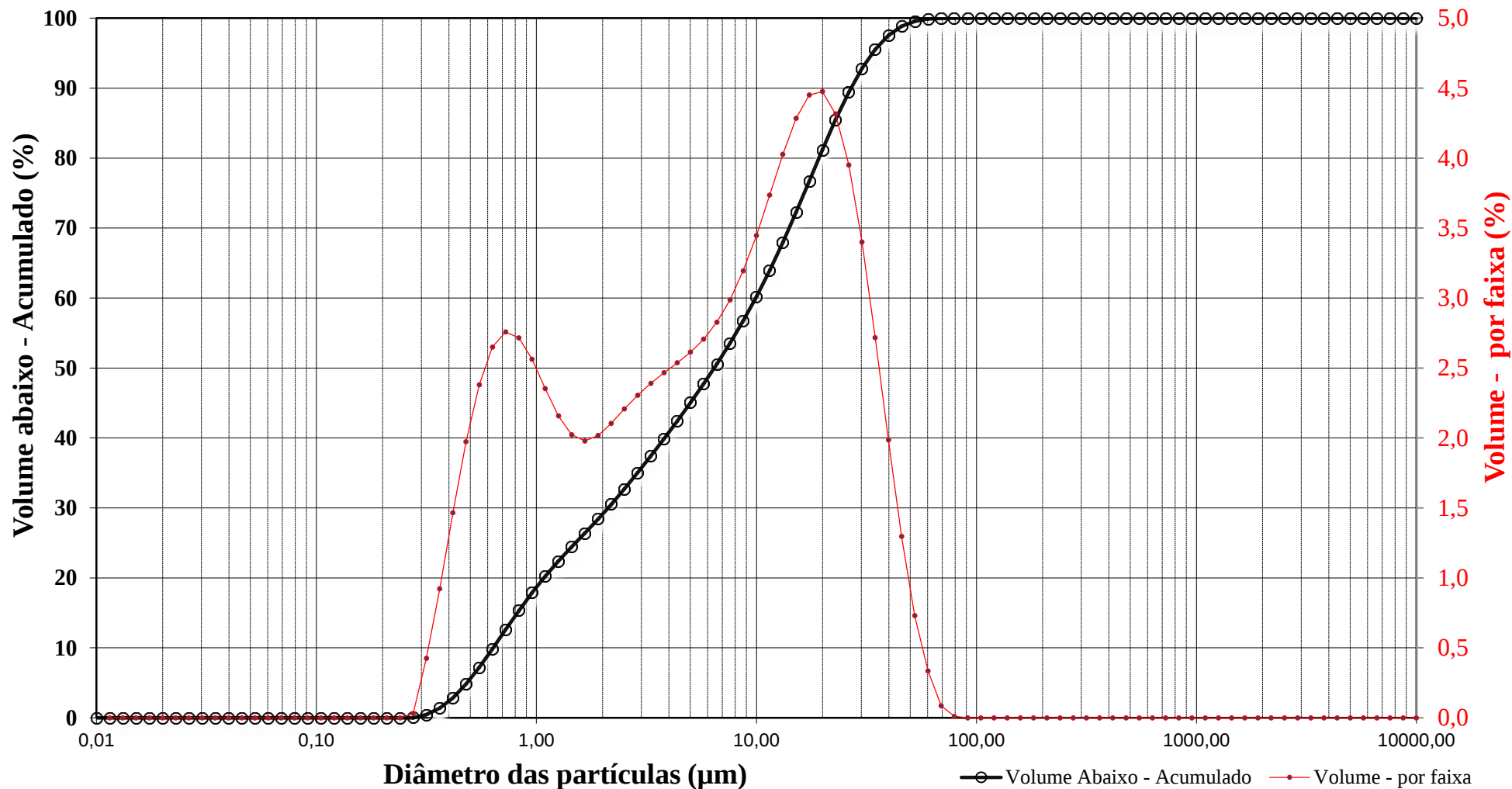
Diâmetro da partícula (µm)	Volume (%)	Volume abaixo (%)
1,10	2,35	20,24
1,26	2,16	22,39
1,45	2,02	24,42
1,66	1,98	26,40
1,91	2,02	28,41
2,19	2,10	30,52
2,51	2,21	32,73
2,88	2,31	35,03
3,31	2,39	37,42
3,80	2,47	39,89
4,37	2,54	42,43
5,01	2,61	45,04
5,75	2,71	47,74
6,61	2,83	50,57
7,59	2,99	53,56
8,71	3,20	56,75
10,00	3,45	60,20
11,48	3,74	63,94
13,18	4,03	67,96
15,14	4,28	72,25
17,38	4,45	76,70
19,95	4,48	81,17
22,91	4,32	85,49
26,30	3,95	89,44
30,20	3,40	92,84
34,67	2,72	95,56
39,81	1,99	97,54
45,71	1,30	98,84
52,48	0,73	99,57
60,26	0,33	99,90
69,18	0,09	99,99
79,43	0,01	100,00
91,20	0,00	100,00
104,71	0,00	100,00

Diâmetro da partícula (µm)	Volume (%)	Volume abaixo (%)
120,23	0,00	100,00
138,04	0,00	100,00
158,49	0,00	100,00
181,97	0,00	100,00
208,93	0,00	100,00
239,88	0,00	100,00
275,42	0,00	100,00
316,23	0,00	100,00
363,08	0,00	100,00
416,87	0,00	100,00
478,63	0,00	100,00
549,54	0,00	100,00
630,96	0,00	100,00
724,44	0,00	100,00
831,76	0,00	100,00
954,99	0,00	100,00
1096,48	0,00	100,00
1258,93	0,00	100,00
1445,44	0,00	100,00
1659,59	0,00	100,00
1905,46	0,00	100,00
2187,76	0,00	100,00
2511,89	0,00	100,00
2884,03	0,00	100,00
3311,31	0,00	100,00
3801,89	0,00	100,00
4365,16	0,00	100,00
5011,87	0,00	100,00
5754,40	0,00	100,00
6606,93	0,00	100,00
7585,78	0,00	100,00
8709,64	0,00	100,00
10000,00	0,00	100,00

Composição por faixa Granulométrica (v/v%)*		
<0,002 mm	De 0,002 mm a 0,063 mm	Acima de 0,063 mm
29,78	70,15	0,07

*No caso de peneiramento a 1 mm os resultados refletem apenas a fração não retida (menor) em 1 mm

Curva Granulométrica



Resultado de Análise Sedimentométrica
Granulometria - Método por Espalhamento a laser

ID: PGM-02 2,0 - 2,5m

Análise Granulométrica: N° 446/25

Solicitante: José Luiz Marmos (SUREG-MA)

Solicitação: GLPI 6567

Data de recebimento: 08/09/2025

Data de envio: 15/09/2025

Resultados*

Nome da Partícula	Solos e Sedimentos
Índice de refração da partícula	1,52
Índice de absorção da partícula	0,1
Dispersante	Water
Índice de refração do dispersante	1,33
Dispensor da amostra	Hydro 2000MU (A)
Modelo de análise	General purpose
Obscuração (%)	9,63
Resíduo (%)	2,015
Concentração (%volume)	0,0041
Span	3,811
Tipo de transformação de resultado	Volume
Volume médio ponderado D [4, 3] (µm)	11,505
Uniformidade	1,24
Área de superfície específica (m²/g)	3
Superfície média ponderada D [3, 2] (µm)	1,998
d (0,1) (µm)	0,626
d (0,5) (µm)	7,41
d (0,9) (µm)	28,862
d (0,6) (µm)	11,350

Dados Fornecidos pelo cliente

Data de Coleta: ---
Código/Local de coleta: ---

Coletor: ----
Método de coleta: ---

Metodologia de Análise

Procedimento analítico: IT-03-09-01 - Análise Granulométrica por Espalhamento a Laser

Referências: Malvern Instruments, Mastersizer 2000 user manual, in: MAN0384 Issue 1.0, 2007.

Método de análise: Espalhamento a laser (Granulômetro a laser: Malvern Mastersizer 2000)

Analizado por: Ruan dos Santos

Peneiramento prévio em 2 mm: Não.

Peneiramento a 1 mm*: Não.

Fração não retida a 1 mm*: Não.

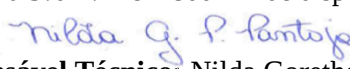
Tipo de amostra: Solo Argiloso

Uso de Ultrassom: 60 segundos, com posicionamento do ultrassom de 10,00 µm

Velocidade de Agitação: 2000 rpm

Aditivo: 15 mL de Hexametáfosfato de sódio a 5% m/m em 800 mL de dispersante

Observações:


Responsável Técnico: Nilda Gorethe Palma Pantoja
Química - CRQ 14100875

***No caso de peneiramento a 1 mm os resultados refletem apenas a fração não retida (menor) em 1 mm**

Resultado de Análise Sedimentométrica

Granulometria - Método por Espalhamento a laser

Resultados* de distribuição de tamanho de partículas - Análise N°: 446/25
ID: PGM-02 2,0 - 2,5m

Diâmetro da partícula (µm)	Volume (%)	Volume abaixo (%)
0,010		0,00
0,011	0,00	0,00
0,013	0,00	0,00
0,015	0,00	0,00
0,017	0,00	0,00
0,020	0,00	0,00
0,023	0,00	0,00
0,026	0,00	0,00
0,030	0,00	0,00
0,035	0,00	0,00
0,040	0,00	0,00
0,046	0,00	0,00
0,052	0,00	0,00
0,060	0,00	0,00
0,069	0,00	0,00
0,079	0,00	0,00
0,091	0,00	0,00
0,105	0,00	0,00
0,120	0,00	0,00
0,138	0,00	0,00
0,158	0,00	0,00
0,182	0,00	0,00
0,209	0,00	0,00
0,240	0,00	0,00
0,275	0,03	0,03
0,316	0,42	0,46
0,363	0,95	1,40
0,417	1,51	2,92
0,479	2,04	4,96
0,550	2,46	7,42
0,631	2,75	10,16
0,724	2,87	13,03
0,832	2,83	15,86
0,955	2,67	18,53

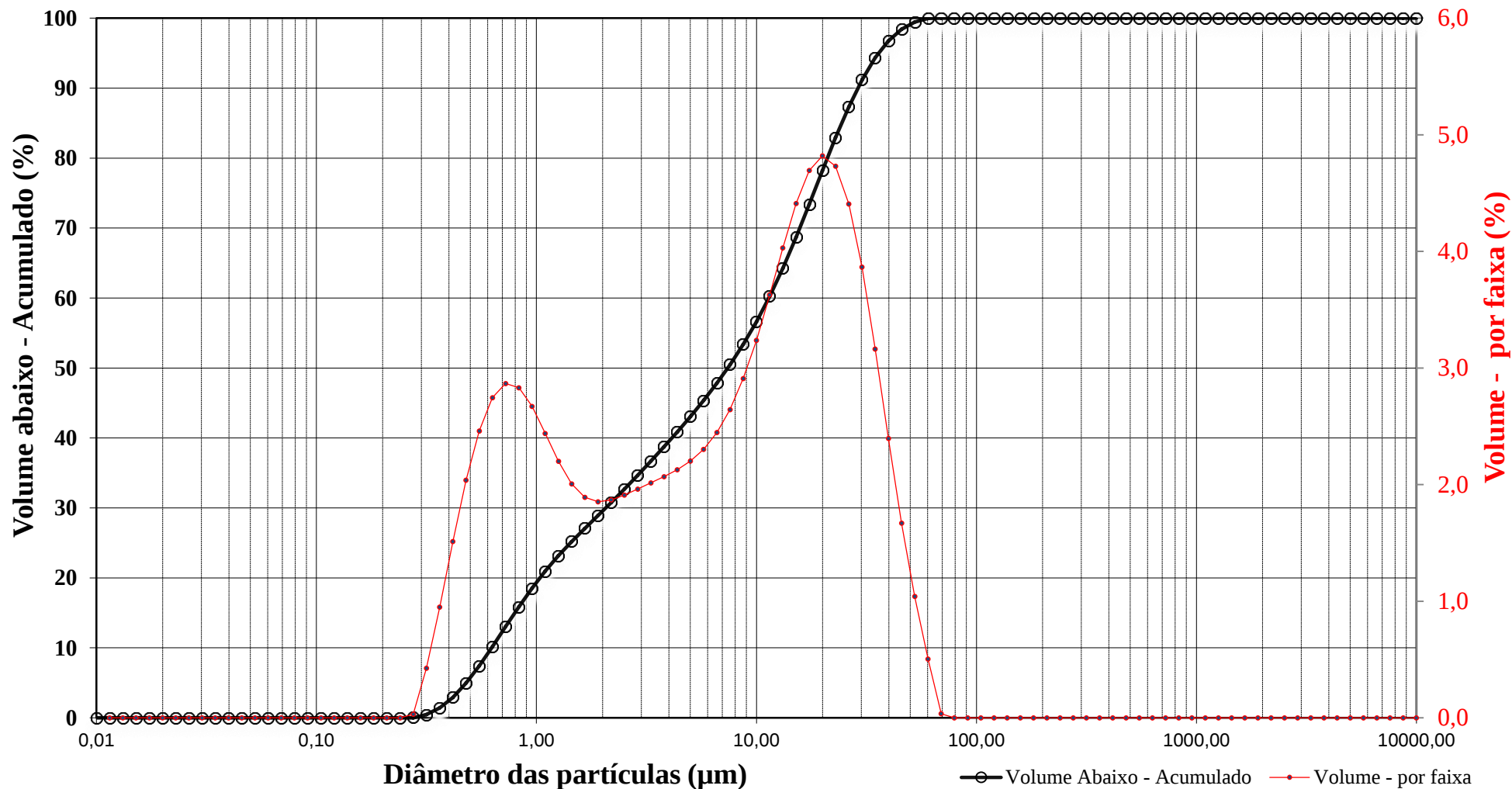
Diâmetro da partícula (µm)	Volume (%)	Volume abaixo (%)
1,10	2,44	20,97
1,26	2,20	23,17
1,45	2,01	25,18
1,66	1,89	27,07
1,91	1,85	28,92
2,19	1,87	30,79
2,51	1,91	32,70
2,88	1,96	34,66
3,31	2,01	36,68
3,80	2,07	38,74
4,37	2,13	40,87
5,01	2,20	43,07
5,75	2,30	45,38
6,61	2,45	47,82
7,59	2,64	50,47
8,71	2,91	53,38
10,00	3,24	56,61
11,48	3,63	60,24
13,18	4,03	64,27
15,14	4,41	68,68
17,38	4,69	73,37
19,95	4,82	78,19
22,91	4,73	82,92
26,30	4,41	87,33
30,20	3,87	91,19
34,67	3,16	94,36
39,81	2,40	96,75
45,71	1,67	98,42
52,48	1,04	99,46
60,26	0,50	99,97
69,18	0,03	100,00
79,43	0,00	100,00
91,20	0,00	100,00
104,71	0,00	100,00

Diâmetro da partícula (µm)	Volume (%)	Volume abaixo (%)
120,23	0,00	100,00
138,04	0,00	100,00
158,49	0,00	100,00
181,97	0,00	100,00
208,93	0,00	100,00
239,88	0,00	100,00
275,42	0,00	100,00
316,23	0,00	100,00
363,08	0,00	100,00
416,87	0,00	100,00
478,63	0,00	100,00
549,54	0,00	100,00
630,96	0,00	100,00
724,44	0,00	100,00
831,76	0,00	100,00
954,99	0,00	100,00
1096,48	0,00	100,00
1258,93	0,00	100,00
1445,44	0,00	100,00
1659,59	0,00	100,00
1905,46	0,00	100,00
2187,76	0,00	100,00
2511,89	0,00	100,00
2884,03	0,00	100,00
3311,31	0,00	100,00
3801,89	0,00	100,00
4365,16	0,00	100,00
5011,87	0,00	100,00
5754,40	0,00	100,00
6606,93	0,00	100,00
7585,78	0,00	100,00
8709,64	0,00	100,00
10000,00	0,00	100,00

Composição por faixa Granulométrica (v/v%)*		
<0,002 mm	De 0,002 mm a 0,063 mm	Acima de 0,063 mm
30,13	69,84	0,02

***No caso de peneiramento a 1 mm os resultados refletem apenas a fração não retida (menor) em 1 mm**

Curva Granulométrica



Resultado de Análise Sedimentométrica
Granulometria - Método por Espalhamento a laser

ID: PGM-02 2,5 - 3,0m

Análise Granulométrica: N° 447/25

Solicitante: José Luiz Marmos (SUREG-MA)

Solicitação: GLPI 6567

Data de recebimento: 08/09/2025

Data de envio: 15/09/2025

Resultados*

Nome da Partícula	Solos e Sedimentos
Índice de refração da partícula	1,52
Índice de absorção da partícula	0,1
Dispersante	Water
Índice de refração do dispersante	1,33
Dispensor da amostra	Hydro 2000MU (A)
Modelo de análise	General purpose
Obscuração (%)	9,33
Resíduo (%)	1,001
Concentração (%volume)	0,0048
Span	3,111
Tipo de transformação de resultado	Volume
Volume médio ponderado D [4, 3] (µm)	13,975
Uniformidade	1,01
Área de superfície específica (m²/g)	2,32
Superfície média ponderada D [3, 2] (µm)	2,581
d (0,1) (µm)	0,772
d (0,5) (µm)	10,387
d (0,9) (µm)	33,088
d (0,6) (µm)	14,399

Dados Fornecidos pelo cliente

Data de Coleta: ---
Código/Local de coleta: ---

Coletor: ----
Método de coleta: ---

Metodologia de Análise

Procedimento analítico: IT-03-09-01 - Análise Granulométrica por Espalhamento a Laser

Referências: Malvern Instruments, Mastersizer 2000 user manual, in: MAN0384 Issue 1.0, 2007.

Método de análise: Espalhamento a laser (Granulômetro a laser: Malvern Mastersizer 2000)

Analizado por: Ruan dos Santos

Peneiramento prévio em 2 mm: Não.

Peneiramento a 1 mm*: Não.

Fração não retida a 1 mm*: Não.

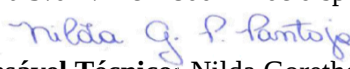
Tipo de amostra: Solo Argiloso

Uso de Ultrassom: 60 segundos, com posicionamento do ultrassom de 10,00 µm

Velocidade de Agitação: 2000 rpm

Aditivo: 15 mL de Hexametáfosfato de sódio a 5% m/m em 800 mL de dispersante

Observações:


Responsável Técnico: Nilda Gorethe Palma Pantoja
Química - CRQ 14100875

***No caso de peneiramento a 1 mm os resultados refletem apenas a fração não retida (menor) em 1 mm**

Resultado de Análise Sedimentométrica

Granulometria - Método por Espalhamento a laser

Resultados* de distribuição de tamanho de partículas - Análise N°: 447/25
ID: PGM-02 2,5 - 3,0m

Diâmetro da partícula (µm)	Volume (%)	Volume abaixo (%)
0,010		0,00
0,011	0,00	0,00
0,013	0,00	0,00
0,015	0,00	0,00
0,017	0,00	0,00
0,020	0,00	0,00
0,023	0,00	0,00
0,026	0,00	0,00
0,030	0,00	0,00
0,035	0,00	0,00
0,040	0,00	0,00
0,046	0,00	0,00
0,052	0,00	0,00
0,060	0,00	0,00
0,069	0,00	0,00
0,079	0,00	0,00
0,091	0,00	0,00
0,105	0,00	0,00
0,120	0,00	0,00
0,138	0,00	0,00
0,158	0,00	0,00
0,182	0,00	0,00
0,209	0,00	0,00
0,240	0,00	0,00
0,275	0,03	0,03
0,316	0,23	0,26
0,363	0,68	0,94
0,417	1,06	2,00
0,479	1,43	3,43
0,550	1,72	5,15
0,631	1,92	7,07
0,724	2,01	9,08
0,832	2,01	11,09
0,955	1,93	13,02

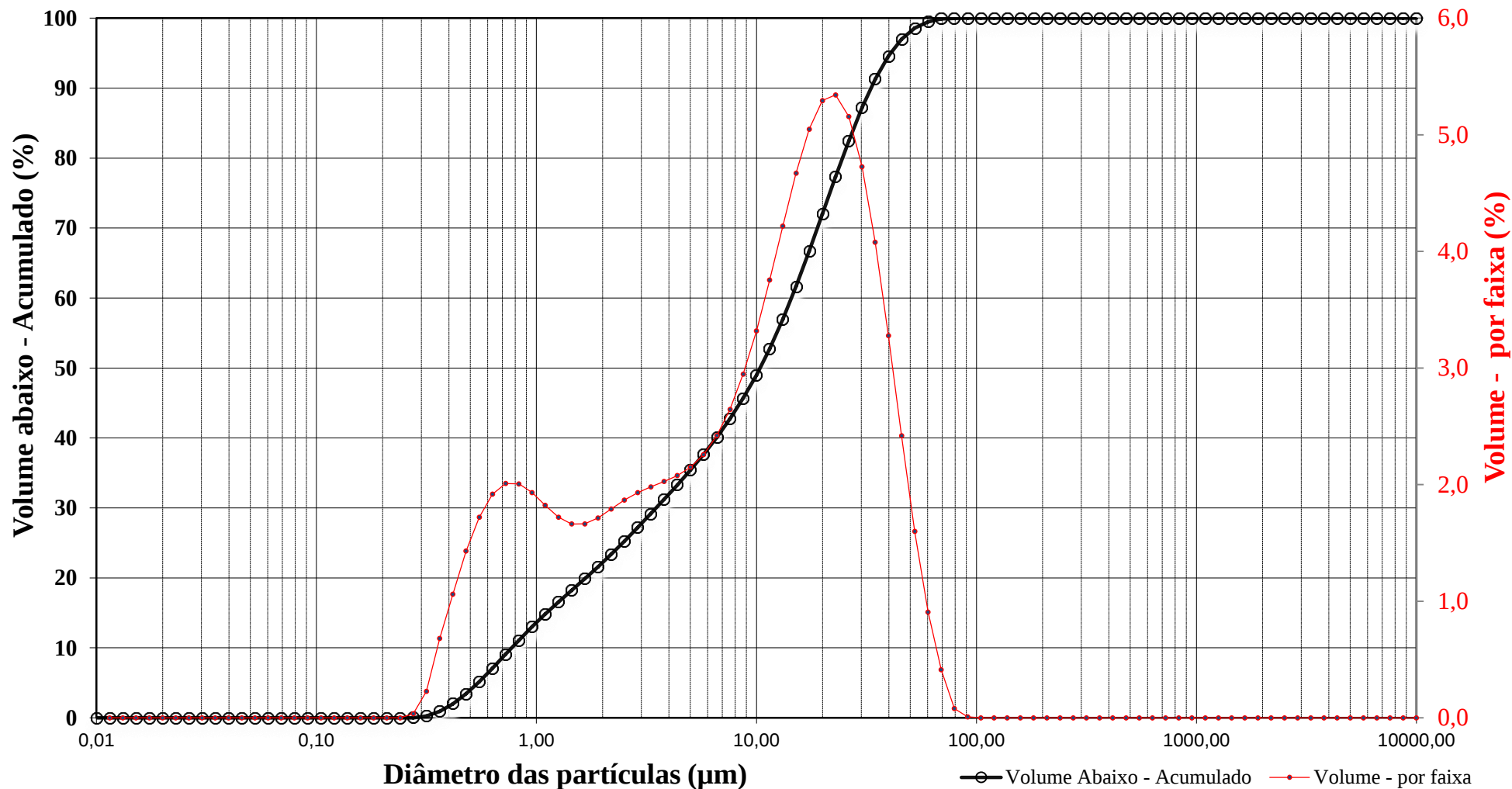
Diâmetro da partícula (µm)	Volume (%)	Volume abaixo (%)
1,10	1,82	14,84
1,26	1,72	16,56
1,45	1,66	18,22
1,66	1,66	19,88
1,91	1,71	21,60
2,19	1,79	23,39
2,51	1,87	25,26
2,88	1,93	27,19
3,31	1,98	29,17
3,80	2,03	31,20
4,37	2,08	33,27
5,01	2,15	35,42
5,75	2,26	37,68
6,61	2,42	40,10
7,59	2,65	42,75
8,71	2,95	45,69
10,00	3,32	49,01
11,48	3,76	52,77
13,18	4,22	56,98
15,14	4,67	61,66
17,38	5,05	66,70
19,95	5,29	72,00
22,91	5,34	77,34
26,30	5,16	82,49
30,20	4,73	87,22
34,67	4,08	91,30
39,81	3,28	94,58
45,71	2,42	96,99
52,48	1,60	98,59
60,26	0,91	99,50
69,18	0,41	99,91
79,43	0,08	99,99
91,20	0,01	100,00
104,71	0,00	100,00

Diâmetro da partícula (µm)	Volume (%)	Volume abaixo (%)
120,23	0,00	100,00
138,04	0,00	100,00
158,49	0,00	100,00
181,97	0,00	100,00
208,93	0,00	100,00
239,88	0,00	100,00
275,42	0,00	100,00
316,23	0,00	100,00
363,08	0,00	100,00
416,87	0,00	100,00
478,63	0,00	100,00
549,54	0,00	100,00
630,96	0,00	100,00
724,44	0,00	100,00
831,76	0,00	100,00
954,99	0,00	100,00
1096,48	0,00	100,00
1258,93	0,00	100,00
1445,44	0,00	100,00
1659,59	0,00	100,00
1905,46	0,00	100,00
2187,76	0,00	100,00
2511,89	0,00	100,00
2884,03	0,00	100,00
3311,31	0,00	100,00
3801,89	0,00	100,00
4365,16	0,00	100,00
5011,87	0,00	100,00
5754,40	0,00	100,00
6606,93	0,00	100,00
7585,78	0,00	100,00
8709,64	0,00	100,00
10000,00	0,00	100,00

Composição por faixa Granulométrica (v/v%)*		
<0,002 mm	De 0,002 mm a 0,063 mm	Acima de 0,063 mm
22,76	76,87	0,37

*No caso de peneiramento a 1 mm os resultados refletem apenas a fração não retida (menor) em 1 mm

Curva Granulométrica



Resultado de Análise Sedimentométrica
Granulometria - Método por Espalhamento a laser

ID: PGM-02 3,0 - 4,0m

Análise Granulométrica: N° 448/25

Solicitante: José Luiz Marmos (SUREG-MA)

Solicitação: GLPI 6567

Data de recebimento: 08/09/2025

Data de envio: 15/09/2025

Resultados*

Nome da Partícula	Solos e Sedimentos
Índice de refração da partícula	1,52
Índice de absorção da partícula	0,1
Dispersante	Water
Índice de refração do dispersante	1,33
Dispensor da amostra	Hydro 2000MU (A)
Modelo de análise	General purpose
Obscuração (%)	9,31
Resíduo (%)	2,129
Concentração (%volume)	0,0061
Span	2,596
Tipo de transformação de resultado	Volume
Volume médio ponderado D [4, 3] (µm)	17,38
Uniformidade	0,81
Área de superfície específica (m²/g)	1,83
Superfície média ponderada D [3, 2] (µm)	3,285
d (0,1) (µm)	0,961
d (0,5) (µm)	14,466
d (0,9) (µm)	38,521
d (0,6) (µm)	18,510

Dados Fornecidos pelo cliente

Data de Coleta: ---
Código/Local de coleta: ---

Coletor: ----
Método de coleta: ---

Metodologia de Análise

Procedimento analítico: IT-03-09-01 - Análise Granulométrica por Espalhamento a Laser

Referências: Malvern Instruments, Mastersizer 2000 user manual, in: MAN0384 Issue 1.0, 2007.

Método de análise: Espalhamento a laser (Granulômetro a laser: Malvern Mastersizer 2000)

Analizado por: Ruan dos Santos

Peneiramento prévio em 2 mm: Não.

Peneiramento a 1 mm*: Não.

Fração não retida a 1 mm*: Não.

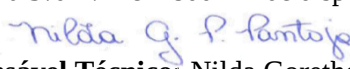
Tipo de amostra: Solo Argiloso

Uso de Ultrassom: 60 segundos, com posicionamento do ultrassom de 10,00 µm

Velocidade de Agitação: 2000 rpm

Aditivo: 15 mL de Hexametáfosfato de sódio a 5% m/m em 800 mL de dispersante

Observações:


Responsável Técnico: Nilda Gorethe Palma Pantoja
Química - CRQ 14100875

***No caso de peneiramento a 1 mm os resultados refletem apenas a fração não retida (menor) em 1 mm**

Resultado de Análise Sedimentométrica

Granulometria - Método por Espalhamento a laser

Resultados* de distribuição de tamanho de partículas - Análise N°: 448/25

ID: PGM-02 3,0 - 4,0m

Diâmetro da partícula (µm)	Volume (%)	Volume abaixo (%)
0,010		0,00
0,011	0,00	0,00
0,013	0,00	0,00
0,015	0,00	0,00
0,017	0,00	0,00
0,020	0,00	0,00
0,023	0,00	0,00
0,026	0,00	0,00
0,030	0,00	0,00
0,035	0,00	0,00
0,040	0,00	0,00
0,046	0,00	0,00
0,052	0,00	0,00
0,060	0,00	0,00
0,069	0,00	0,00
0,079	0,00	0,00
0,091	0,00	0,00
0,105	0,00	0,00
0,120	0,00	0,00
0,138	0,00	0,00
0,158	0,00	0,00
0,182	0,00	0,00
0,209	0,00	0,00
0,240	0,00	0,00
0,275	0,03	0,03
0,316	0,21	0,24
0,363	0,58	0,82
0,417	0,86	1,68
0,479	1,13	2,81
0,550	1,33	4,14
0,631	1,46	5,60
0,724	1,50	7,10
0,832	1,47	8,56
0,955	1,38	9,94

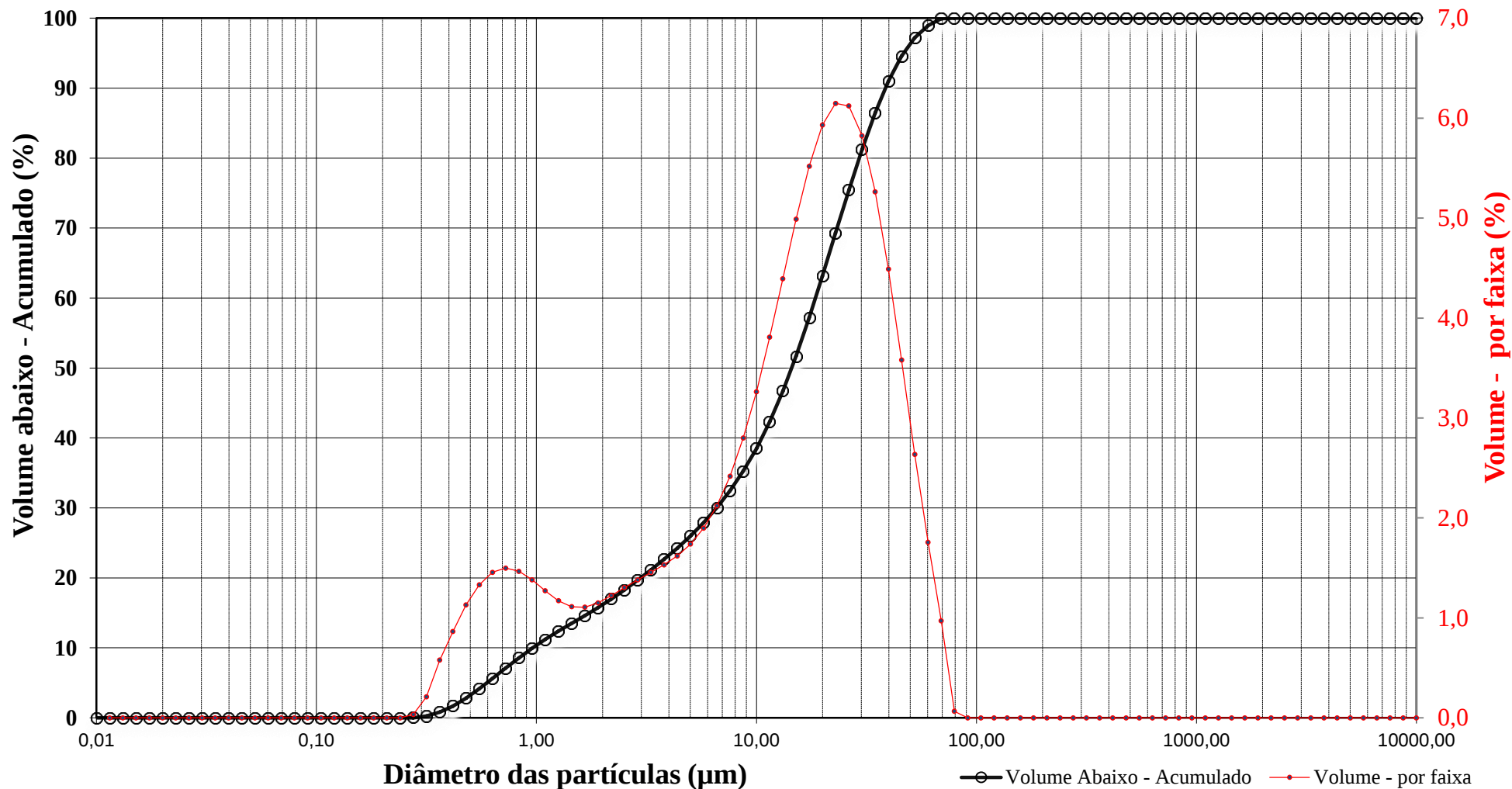
Diâmetro da partícula (µm)	Volume (%)	Volume abaixo (%)
1,10	1,27	11,21
1,26	1,17	12,39
1,45	1,11	13,50
1,66	1,11	14,60
1,91	1,15	15,75
2,19	1,22	16,98
2,51	1,30	18,28
2,88	1,38	19,66
3,31	1,45	21,12
3,80	1,53	22,65
4,37	1,62	24,27
5,01	1,74	26,01
5,75	1,90	27,90
6,61	2,12	30,03
7,59	2,42	32,44
8,71	2,80	35,24
10,00	3,26	38,50
11,48	3,81	42,31
13,18	4,39	46,71
15,14	4,99	51,70
17,38	5,52	57,21
19,95	5,93	63,15
22,91	6,15	69,29
26,30	6,12	75,41
30,20	5,82	81,24
34,67	5,26	86,50
39,81	4,49	90,99
45,71	3,58	94,57
52,48	2,64	97,21
60,26	1,76	98,97
69,18	0,97	99,93
79,43	0,07	100,00
91,20	0,00	100,00
104,71	0,00	100,00

Diâmetro da partícula (µm)	Volume (%)	Volume abaixo (%)
120,23	0,00	100,00
138,04	0,00	100,00
158,49	0,00	100,00
181,97	0,00	100,00
208,93	0,00	100,00
239,88	0,00	100,00
275,42	0,00	100,00
316,23	0,00	100,00
363,08	0,00	100,00
416,87	0,00	100,00
478,63	0,00	100,00
549,54	0,00	100,00
630,96	0,00	100,00
724,44	0,00	100,00
831,76	0,00	100,00
954,99	0,00	100,00
1096,48	0,00	100,00
1258,93	0,00	100,00
1445,44	0,00	100,00
1659,59	0,00	100,00
1905,46	0,00	100,00
2187,76	0,00	100,00
2511,89	0,00	100,00
2884,03	0,00	100,00
3311,31	0,00	100,00
3801,89	0,00	100,00
4365,16	0,00	100,00
5011,87	0,00	100,00
5754,40	0,00	100,00
6606,93	0,00	100,00
7585,78	0,00	100,00
8709,64	0,00	100,00
10000,00	0,00	100,00

Composição por faixa Granulométrica (v/v%)*		
<0,002 mm	De 0,002 mm a 0,063 mm	Acima de 0,063 mm
16,55	82,73	0,72

***No caso de peneiramento a 1 mm os resultados refletem apenas a fração não retida (menor) em 1 mm**

Curva Granulométrica



Resultado de Análise Sedimentométrica
Granulometria - Método por Espalhamento a laser

ID: PGM-02 4,0 - 5,0M

Análise Granulométrica: N° R449/25

Solicitante: José Luiz Marmos (SUREG-MA)

Solicitação: GLPI 6567

Data de recebimento: 08/09/2025

Data de envio: 16/09/2025

Resultados*

Nome da Partícula	Solos e Sedimentos
Índice de refração da partícula	1,52
Índice de absorção da partícula	0,1
Dispersante	Water
Índice de refração do dispersante	1,33
Dispensor da amostra	Hydro 2000MU (A)
Modelo de análise	General purpose
Obscuração (%)	8,61
Resíduo (%)	1,834
Concentração (%volume)	0,0067
Span	2,387
Tipo de transformação de resultado	Volume
Volume médio ponderado D [4, 3] (µm)	21,705
Uniformidade	0,733
Área de superfície específica (m²/g)	1,59
Superfície média ponderada D [3, 2] (µm)	3,781
d (0,1) (µm)	1,131
d (0,5) (µm)	18,915
d (0,9) (µm)	46,287
d (0,6) (µm)	23,686

Dados Fornecidos pelo cliente

Data de Coleta: ---
Código/Local de coleta: ---

Coletor: ----
Método de coleta: ---

Metodologia de Análise

Procedimento analítico: IT-03-09-01 - Análise Granulométrica por Espalhamento a Laser

Referências: Malvern Instruments, Mastersizer 2000 user manual, in: MAN0384 Issue 1.0, 2007.

Método de análise: Espalhamento a laser (Granulômetro a laser: Malvern Mastersizer 2000)

Analizado por: Ruan dos Santos

Peneiramento prévio em 2 mm: Não.

Peneiramento a 1 mm*: Não.

Fração não retida a 1 mm*: Não.

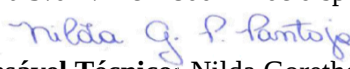
Tipo de amostra: Solo Argiloso

Uso de Ultrassom: 60 segundos, com posicionamento do ultrassom de 10,00 µm

Velocidade de Agitação: 2000 rpm

Aditivo: 15 mL de Hexametáfosfato de sódio a 5% m/m em 800 mL de dispersante

Observações:


Responsável Técnico: Nilda Gorethe Palma Pantoja
Química - CRQ 14100875

***No caso de peneiramento a 1 mm os resultados refletem apenas a fração não retida (menor) em 1 mm**

Resultado de Análise Sedimentométrica

Granulometria - Método por Espalhamento a laser

Resultados* de distribuição de tamanho de partículas - Análise N°: R449/25

ID: PGM-02 4,0 - 5,0M

Diâmetro da partícula (µm)	Volume (%)	Volume abaixo (%)
0,010	0,00	0,00
0,011	0,00	0,00
0,013	0,00	0,00
0,015	0,00	0,00
0,017	0,00	0,00
0,020	0,00	0,00
0,023	0,00	0,00
0,026	0,00	0,00
0,030	0,00	0,00
0,035	0,00	0,00
0,040	0,00	0,00
0,046	0,00	0,00
0,052	0,00	0,00
0,060	0,00	0,00
0,069	0,00	0,00
0,079	0,00	0,00
0,091	0,00	0,00
0,105	0,00	0,00
0,120	0,00	0,00
0,138	0,00	0,00
0,158	0,00	0,00
0,182	0,00	0,00
0,209	0,00	0,00
0,240	0,00	0,00
0,275	0,02	0,02
0,316	0,30	0,32
0,363	0,57	0,89
0,417	0,82	1,71
0,479	1,02	2,73
0,550	1,17	3,90
0,631	1,25	5,15
0,724	1,27	6,42
0,832	1,22	7,64
0,955	1,13	8,77

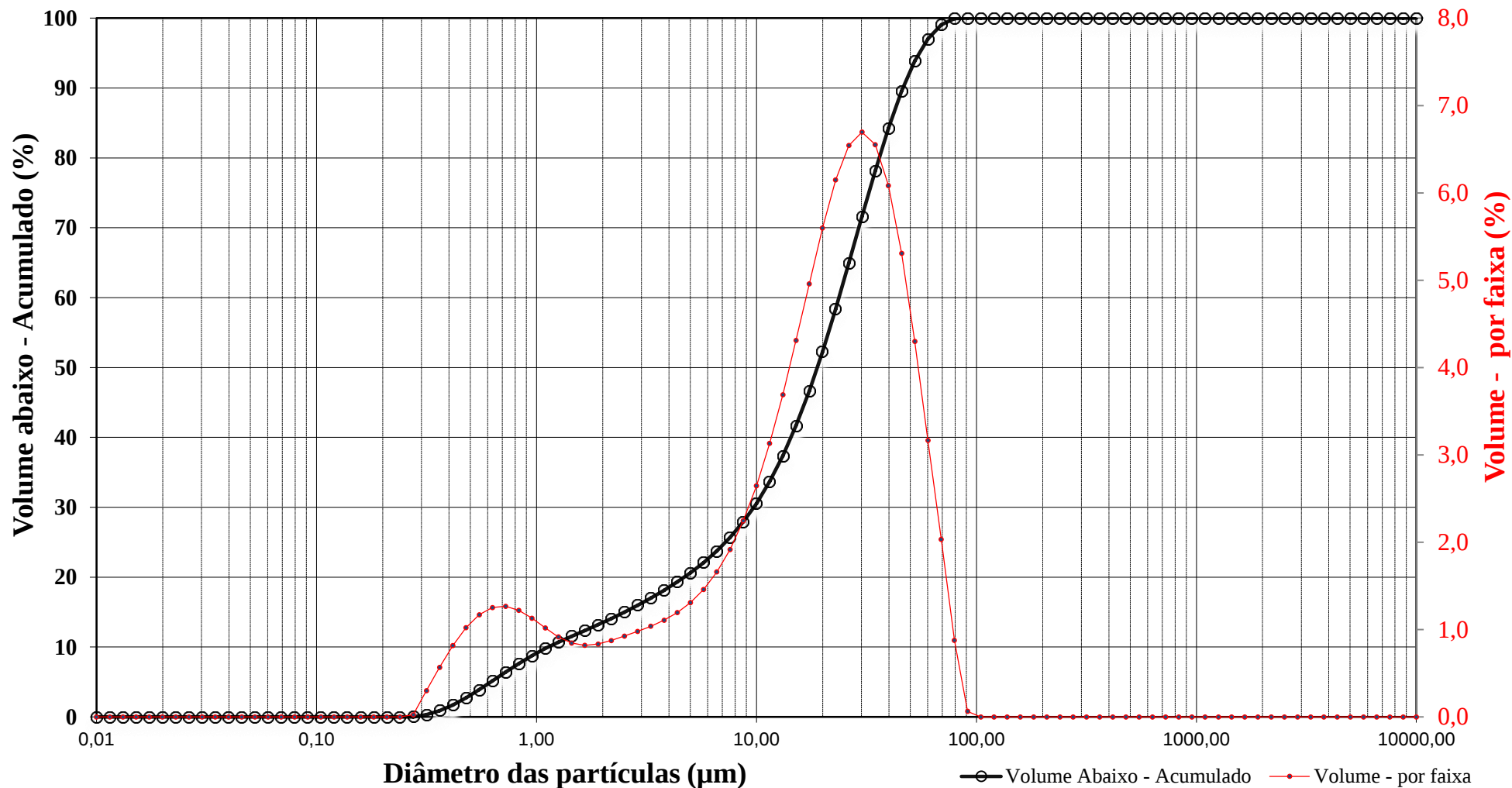
Diâmetro da partícula (µm)	Volume (%)	Volume abaixo (%)
1,10	1,02	9,79
1,26	0,92	10,70
1,45	0,85	11,55
1,66	0,82	12,37
1,91	0,83	13,20
2,19	0,87	14,08
2,51	0,93	15,00
2,88	0,98	15,98
3,31	1,04	17,02
3,80	1,11	18,12
4,37	1,19	19,32
5,01	1,31	20,63
5,75	1,46	22,09
6,61	1,66	23,75
7,59	1,92	25,66
8,71	2,24	27,90
10,00	2,64	30,55
11,48	3,13	33,68
13,18	3,69	37,37
15,14	4,31	41,68
17,38	4,96	46,64
19,95	5,60	52,24
22,91	6,15	58,38
26,30	6,54	64,92
30,20	6,70	71,62
34,67	6,55	78,17
39,81	6,08	84,26
45,71	5,31	89,56
52,48	4,30	93,86
60,26	3,17	97,03
69,18	2,03	99,06
79,43	0,88	99,94
91,20	0,06	100,00
104,71	0,00	100,00

Diâmetro da partícula (µm)	Volume (%)	Volume abaixo (%)
120,23	0,00	100,00
138,04	0,00	100,00
158,49	0,00	100,00
181,97	0,00	100,00
208,93	0,00	100,00
239,88	0,00	100,00
275,42	0,00	100,00
316,23	0,00	100,00
363,08	0,00	100,00
416,87	0,00	100,00
478,63	0,00	100,00
549,54	0,00	100,00
630,96	0,00	100,00
724,44	0,00	100,00
831,76	0,00	100,00
954,99	0,00	100,00
1096,48	0,00	100,00
1258,93	0,00	100,00
1445,44	0,00	100,00
1659,59	0,00	100,00
1905,46	0,00	100,00
2187,76	0,00	100,00
2511,89	0,00	100,00
2884,03	0,00	100,00
3311,31	0,00	100,00
3801,89	0,00	100,00
4365,16	0,00	100,00
5011,87	0,00	100,00
5754,40	0,00	100,00
6606,93	0,00	100,00
7585,78	0,00	100,00
8709,64	0,00	100,00
10000,00	0,00	100,00

Composição por faixa Granulométrica (v/v%)*		
<0,002 mm	De 0,002 mm a 0,063 mm	Acima de 0,063 mm
13,77	83,91	2,32

*No caso de peneiramento a 1 mm os resultados refletem apenas a fração não retida (menor) em 1 mm

Curva Granulométrica



Resultado de Análise Sedimentométrica
Granulometria - Método por Espalhamento a laser

ID: PGM-02 5,0 - 6,0m

Análise Granulométrica: N° 450/25

Solicitante: José Luiz Marmos (SUREG-MA)

Solicitação: GLPI 6567

Data de recebimento: 08/09/2025

Data de envio: 15/09/2025

Resultados*

Nome da Partícula	Solos e Sedimentos
Índice de refração da partícula	1,52
Índice de absorção da partícula	0,1
Dispersante	Water
Índice de refração do dispersante	1,33
Dispensor da amostra	Hydro 2000MU (A)
Modelo de análise	General purpose
Obscuração (%)	8,88
Resíduo (%)	1,847
Concentração (%volume)	0,0073
Span	2,264
Tipo de transformação de resultado	Volume
Volume médio ponderado D [4, 3] (µm)	21,626
Uniformidade	0,687
Área de superfície específica (m²/g)	1,48
Superfície média ponderada D [3, 2] (µm)	4,053
d (0,1) (µm)	1,307
d (0,5) (µm)	19,295
d (0,9) (µm)	44,986
d (0,6) (µm)	23,736

Dados Fornecidos pelo cliente

Data de Coleta: ---
Código/Local de coleta: ---

Coletor: ----
Método de coleta: ---

Metodologia de Análise

Procedimento analítico: IT-03-09-01 - Análise Granulométrica por Espalhamento a Laser

Referências: Malvern Instruments, Mastersizer 2000 user manual, in: MAN0384 Issue 1.0, 2007.

Método de análise: Espalhamento a laser (Granulômetro a laser: Malvern Mastersizer 2000)

Analizado por: Ruan dos Santos

Peneiramento prévio em 2 mm: Não.

Peneiramento a 1 mm*: Não.

Fração não retida a 1 mm*: Não.

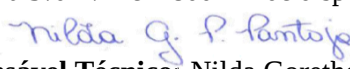
Tipo de amostra: Solo Argiloso

Uso de Ultrassom: 60 segundos, com posicionamento do ultrassom de 10,00 µm

Velocidade de Agitação: 2000 rpm

Aditivo: 15 mL de Hexametáfosfato de sódio a 5% m/m em 800 mL de dispersante

Observações:


Responsável Técnico: Nilda Gorethe Palma Pantoja
Química - CRQ 14100875

***No caso de peneiramento a 1 mm os resultados refletem apenas a fração não retida (menor) em 1 mm**

Resultado de Análise Sedimentométrica

Granulometria - Método por Espalhamento a laser

Resultados* de distribuição de tamanho de partículas - Análise N°: 450/25
ID: PGM-02 5,0 - 6,0m

Diâmetro da partícula (µm)	Volume (%)	Volume abaixo (%)
0,010		0,00
0,011	0,00	0,00
0,013	0,00	0,00
0,015	0,00	0,00
0,017	0,00	0,00
0,020	0,00	0,00
0,023	0,00	0,00
0,026	0,00	0,00
0,030	0,00	0,00
0,035	0,00	0,00
0,040	0,00	0,00
0,046	0,00	0,00
0,052	0,00	0,00
0,060	0,00	0,00
0,069	0,00	0,00
0,079	0,00	0,00
0,091	0,00	0,00
0,105	0,00	0,00
0,120	0,00	0,00
0,138	0,00	0,00
0,158	0,00	0,00
0,182	0,00	0,00
0,209	0,00	0,00
0,240	0,00	0,00
0,275	0,04	0,04
0,316	0,22	0,26
0,363	0,52	0,78
0,417	0,74	1,52
0,479	0,94	2,46
0,550	1,08	3,54
0,631	1,16	4,70
0,724	1,17	5,87
0,832	1,13	7,00
0,955	1,04	8,03

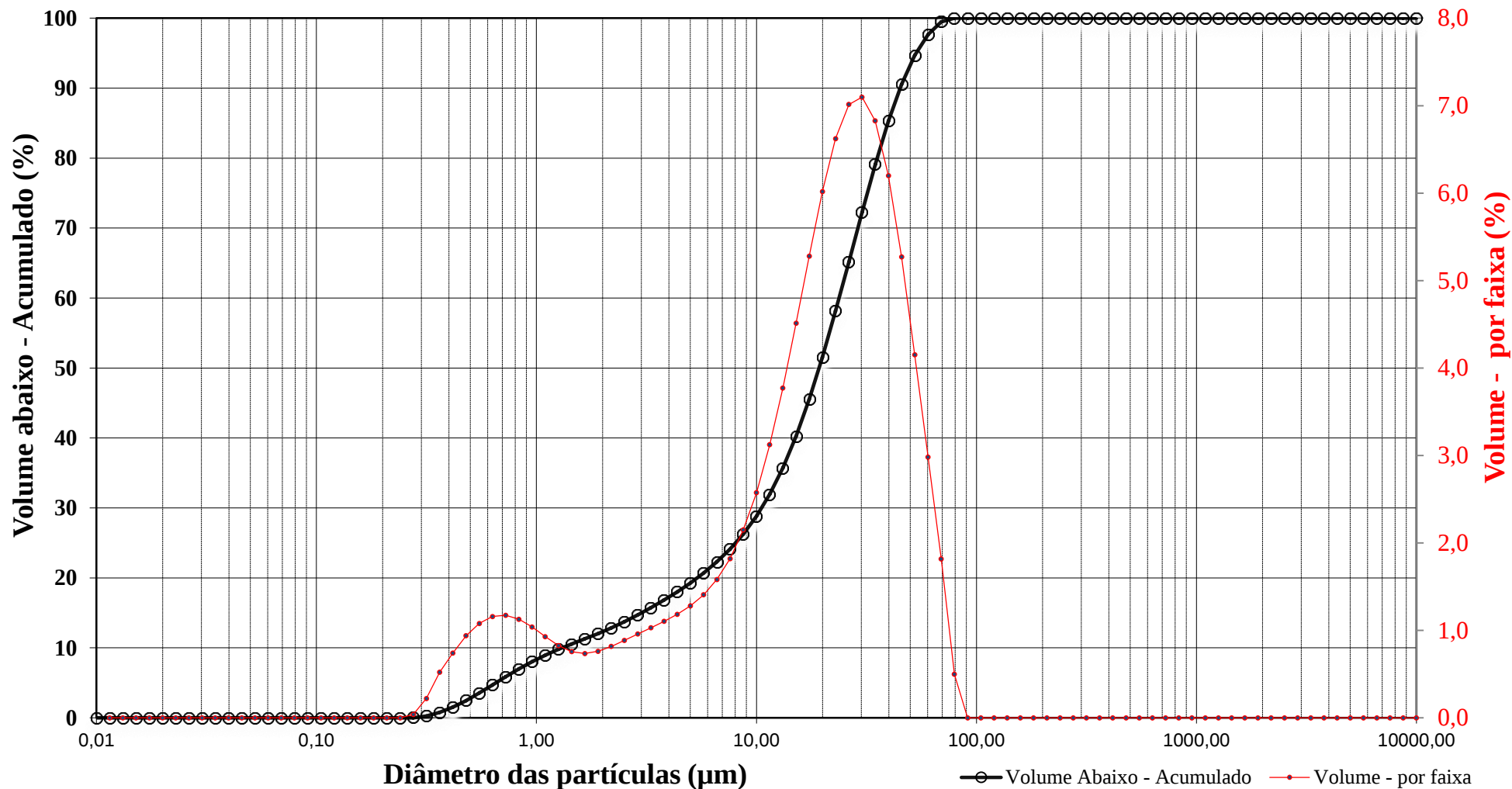
Diâmetro da partícula (µm)	Volume (%)	Volume abaixo (%)
1,10	0,93	8,96
1,26	0,83	9,79
1,45	0,76	10,54
1,66	0,73	11,28
1,91	0,76	12,04
2,19	0,82	12,86
2,51	0,89	13,74
2,88	0,96	14,70
3,31	1,03	15,73
3,80	1,10	16,83
4,37	1,18	18,01
5,01	1,28	19,30
5,75	1,41	20,70
6,61	1,58	22,28
7,59	1,82	24,10
8,71	2,15	26,25
10,00	2,57	28,82
11,48	3,12	31,95
13,18	3,77	35,72
15,14	4,51	40,23
17,38	5,28	45,51
19,95	6,02	51,52
22,91	6,62	58,15
26,30	7,01	65,16
30,20	7,10	72,26
34,67	6,83	79,08
39,81	6,20	85,28
45,71	5,27	90,55
52,48	4,15	94,70
60,26	2,98	97,69
69,18	1,82	99,50
79,43	0,50	100,00
91,20	0,00	100,00
104,71	0,00	100,00

Diâmetro da partícula (µm)	Volume (%)	Volume abaixo (%)
120,23	0,00	100,00
138,04	0,00	100,00
158,49	0,00	100,00
181,97	0,00	100,00
208,93	0,00	100,00
239,88	0,00	100,00
275,42	0,00	100,00
316,23	0,00	100,00
363,08	0,00	100,00
416,87	0,00	100,00
478,63	0,00	100,00
549,54	0,00	100,00
630,96	0,00	100,00
724,44	0,00	100,00
831,76	0,00	100,00
954,99	0,00	100,00
1096,48	0,00	100,00
1258,93	0,00	100,00
1445,44	0,00	100,00
1659,59	0,00	100,00
1905,46	0,00	100,00
2187,76	0,00	100,00
2511,89	0,00	100,00
2884,03	0,00	100,00
3311,31	0,00	100,00
3801,89	0,00	100,00
4365,16	0,00	100,00
5011,87	0,00	100,00
5754,40	0,00	100,00
6606,93	0,00	100,00
7585,78	0,00	100,00
8709,64	0,00	100,00
10000,00	0,00	100,00

Composição por faixa Granulométrica (v/v%)*		
<0,002 mm	De 0,002 mm a 0,063 mm	Acima de 0,063 mm
12,57	85,70	1,73

***No caso de peneiramento a 1 mm os resultados refletem apenas a fração não retida (menor) em 1 mm**

Curva Granulométrica



Resultado de Análise Sedimentométrica
Granulometria - Método por Espalhamento a laser

ID: PGM-02 6,0 - 7,0m

Análise Granulométrica: N° 451/25

Solicitante: José Luiz Marmos (SUREG-MA)

Solicitação: GLPI 6567

Data de recebimento: 08/09/2025

Data de envio: 15/09/2025

Resultados*

Nome da Partícula	Solos e Sedimentos
Índice de refração da partícula	1,52
Índice de absorção da partícula	0,1
Dispersante	Water
Índice de refração do dispersante	1,33
Dispensor da amostra	Hydro 2000MU (A)
Modelo de análise	General purpose
Obscuração (%)	9,52
Resíduo (%)	1,08
Concentração (%volume)	0,0074
Span	2,246
Tipo de transformação de resultado	Volume
Volume médio ponderado D [4, 3] (µm)	20,834
Uniformidade	0,687
Área de superfície específica (m²/g)	1,58
Superfície média ponderada D [3, 2] (µm)	3,796
d (0,1) (µm)	1,135
d (0,5) (µm)	18,806
d (0,9) (µm)	43,375
d (0,6) (µm)	23,140

Dados Fornecidos pelo cliente

Data de Coleta: ---
Código/Local de coleta: ---

Coletor: ----
Método de coleta: ---

Metodologia de Análise

Procedimento analítico: IT-03-09-01 - Análise Granulométrica por Espalhamento a Laser

Referências: Malvern Instruments, Mastersizer 2000 user manual, in: MAN0384 Issue 1.0, 2007.

Método de análise: Espalhamento a laser (Granulômetro a laser: Malvern Mastersizer 2000)

Analizado por: Ruan dos Santos

Peneiramento prévio em 2 mm: Não.

Peneiramento a 1 mm*: Não.

Fração não retida a 1 mm*: Não.

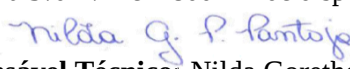
Tipo de amostra: Solo Argiloso

Uso de Ultrassom: 60 segundos, com posicionamento do ultrassom de 10,00 µm

Velocidade de Agitação: 2000 rpm

Aditivo: 15 mL de Hexametáfosfato de sódio a 5% m/m em 800 mL de dispersante

Observações:


Responsável Técnico: Nilda Gorethe Palma Pantoja
Química - CRQ 14100875

***No caso de peneiramento a 1 mm os resultados refletem apenas a fração não retida (menor) em 1 mm**

Resultado de Análise Sedimentométrica

Granulometria - Método por Espalhamento a laser

Resultados* de distribuição de tamanho de partículas - Análise N°: 451/25
ID: PGM-02 6,0 - 7,0m

Diâmetro da partícula (µm)	Volume (%)	Volume abaixo (%)
0,010		0,00
0,011	0,00	0,00
0,013	0,00	0,00
0,015	0,00	0,00
0,017	0,00	0,00
0,020	0,00	0,00
0,023	0,00	0,00
0,026	0,00	0,00
0,030	0,00	0,00
0,035	0,00	0,00
0,040	0,00	0,00
0,046	0,00	0,00
0,052	0,00	0,00
0,060	0,00	0,00
0,069	0,00	0,00
0,079	0,00	0,00
0,091	0,00	0,00
0,105	0,00	0,00
0,120	0,00	0,00
0,138	0,00	0,00
0,158	0,00	0,00
0,182	0,00	0,00
0,209	0,00	0,00
0,240	0,00	0,00
0,275	0,02	0,02
0,316	0,28	0,30
0,363	0,54	0,84
0,417	0,79	1,62
0,479	1,00	2,62
0,550	1,15	3,77
0,631	1,25	5,02
0,724	1,28	6,30
0,832	1,24	7,54
0,955	1,16	8,70

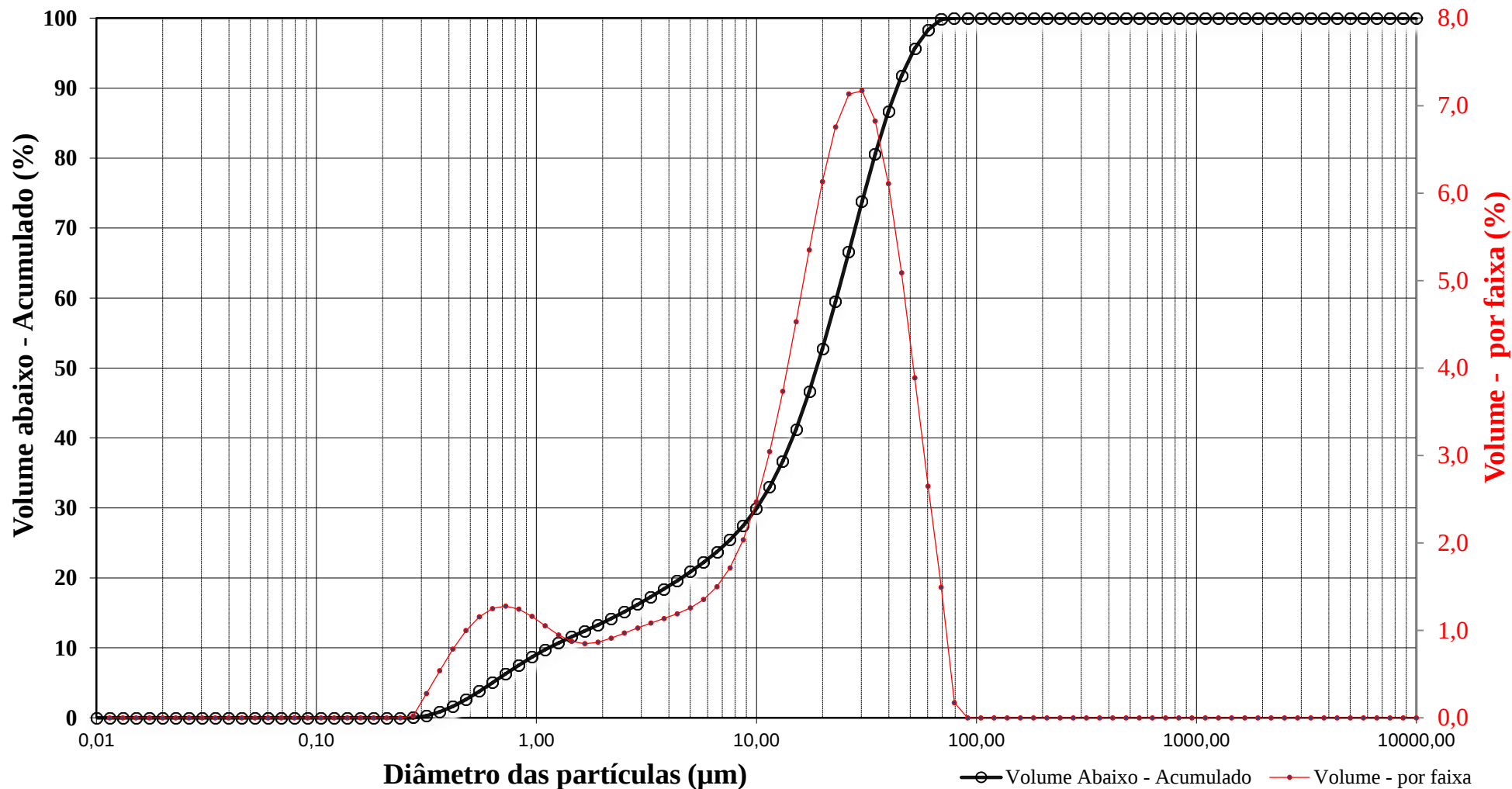
Diâmetro da partícula (µm)	Volume (%)	Volume abaixo (%)
1,10	1,05	9,75
1,26	0,95	10,70
1,45	0,87	11,58
1,66	0,85	12,42
1,91	0,86	13,29
2,19	0,91	14,20
2,51	0,97	15,17
2,88	1,03	16,20
3,31	1,08	17,28
3,80	1,14	18,41
4,37	1,19	19,60
5,01	1,26	20,86
5,75	1,35	22,21
6,61	1,50	23,71
7,59	1,72	25,43
8,71	2,03	27,46
10,00	2,47	29,93
11,48	3,04	32,97
13,18	3,73	36,71
15,14	4,53	41,24
17,38	5,35	46,58
19,95	6,13	52,72
22,91	6,76	59,47
26,30	7,13	66,60
30,20	7,17	73,77
34,67	6,82	80,60
39,81	6,11	86,71
45,71	5,09	91,80
52,48	3,89	95,69
60,26	2,65	98,33
69,18	1,49	99,83
79,43	0,17	100,00
91,20	0,00	100,00
104,71	0,00	100,00

Diâmetro da partícula (µm)	Volume (%)	Volume abaixo (%)
120,23	0,00	100,00
138,04	0,00	100,00
158,49	0,00	100,00
181,97	0,00	100,00
208,93	0,00	100,00
239,88	0,00	100,00
275,42	0,00	100,00
316,23	0,00	100,00
363,08	0,00	100,00
416,87	0,00	100,00
478,63	0,00	100,00
549,54	0,00	100,00
630,96	0,00	100,00
724,44	0,00	100,00
831,76	0,00	100,00
954,99	0,00	100,00
1096,48	0,00	100,00
1258,93	0,00	100,00
1445,44	0,00	100,00
1659,59	0,00	100,00
1905,46	0,00	100,00
2187,76	0,00	100,00
2511,89	0,00	100,00
2884,03	0,00	100,00
3311,31	0,00	100,00
3801,89	0,00	100,00
4365,16	0,00	100,00
5011,87	0,00	100,00
5754,40	0,00	100,00
6606,93	0,00	100,00
7585,78	0,00	100,00
8709,64	0,00	100,00
10000,00	0,00	100,00

Composição por faixa Granulométrica (v/v%)*		
<0,002 mm	De 0,002 mm a 0,063 mm	Acima de 0,063 mm
13,88	84,94	1,18

*No caso de peneiramento a 1 mm os resultados refletem apenas a fração não retida (menor) em 1 mm

Curva Granulométrica



Resultado de Análise Sedimentométrica
Granulometria - Método por Espalhamento a laser

ID: PGM-03 1,0 - 2,0m

Análise Granulométrica: N° 452/25

Solicitante: José Luiz Marmos (SUREG-MA)

Solicitação: GLPI 6567

Data de recebimento: 08/09/2025

Data de envio: 15/09/2025

Resultados*

Nome da Partícula	Solos e Sedimentos
Índice de refração da partícula	1,52
Índice de absorção da partícula	0,1
Dispersante	Water
Índice de refração do dispersante	1,33
Dispensor da amostra	Hydro 2000MU (A)
Modelo de análise	General purpose
Obscuração (%)	9,81
Resíduo (%)	1,186
Concentração (%volume)	0,0039
Span	4,178
Tipo de transformação de resultado	Volume
Volume médio ponderado D [4, 3] (µm)	11,596
Uniformidade	1,38
Área de superfície específica (m²/g)	3,45
Superfície média ponderada D [3, 2] (µm)	1,737
d (0,1) (µm)	0,551
d (0,5) (µm)	7,002
d (0,9) (µm)	29,806
d (0,6) (µm)	11,277

Dados Fornecidos pelo cliente

Data de Coleta: ---
Código/Local de coleta: ---

Coletor: ----
Método de coleta: ---

Metodologia de Análise

Procedimento analítico: IT-03-09-01 - Análise Granulométrica por Espalhamento a Laser

Referências: Malvern Instruments, Mastersizer 2000 user manual, in: MAN0384 Issue 1.0, 2007.

Método de análise: Espalhamento a laser (Granulômetro a laser: Malvern Mastersizer 2000)

Analizado por: Ruan dos Santos

Peneiramento prévio em 2 mm: Não.

Peneiramento a 1 mm*: Não.

Fração não retida a 1 mm*: Não.

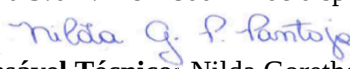
Tipo de amostra: Solo Argiloso

Uso de Ultrassom: 60 segundos, com posicionamento do ultrassom de 10,00 µm

Velocidade de Agitação: 2000 rpm

Aditivo: 15 mL de Hexametáfosfato de sódio a 5% m/m em 800 mL de dispersante

Observações:


Responsável Técnico: Nilda Gorethe Palma Pantoja
Química - CRQ 14100875

***No caso de peneiramento a 1 mm os resultados refletem apenas a fração não retida (menor) em 1 mm**

Resultado de Análise Sedimentométrica

Granulometria - Método por Espalhamento a laser

Resultados* de distribuição de tamanho de partículas - Análise N°: 452/25

ID: PGM-03 1,0 - 2,0m

Diâmetro da partícula (µm)	Volume (%)	Volume abaixo (%)
0,010		0,00
0,011	0,00	0,00
0,013	0,00	0,00
0,015	0,00	0,00
0,017	0,00	0,00
0,020	0,00	0,00
0,023	0,00	0,00
0,026	0,00	0,00
0,030	0,00	0,00
0,035	0,00	0,00
0,040	0,00	0,00
0,046	0,00	0,00
0,052	0,00	0,00
0,060	0,00	0,00
0,069	0,00	0,00
0,079	0,00	0,00
0,091	0,00	0,00
0,105	0,00	0,00
0,120	0,00	0,00
0,138	0,00	0,00
0,158	0,00	0,00
0,182	0,00	0,00
0,209	0,00	0,00
0,240	0,00	0,00
0,275	0,11	0,11
0,316	0,79	0,90
0,363	1,41	2,31
0,417	2,04	4,35
0,479	2,59	6,94
0,550	3,00	9,94
0,631	3,23	13,17
0,724	3,28	16,45
0,832	3,14	19,59
0,955	2,87	22,46

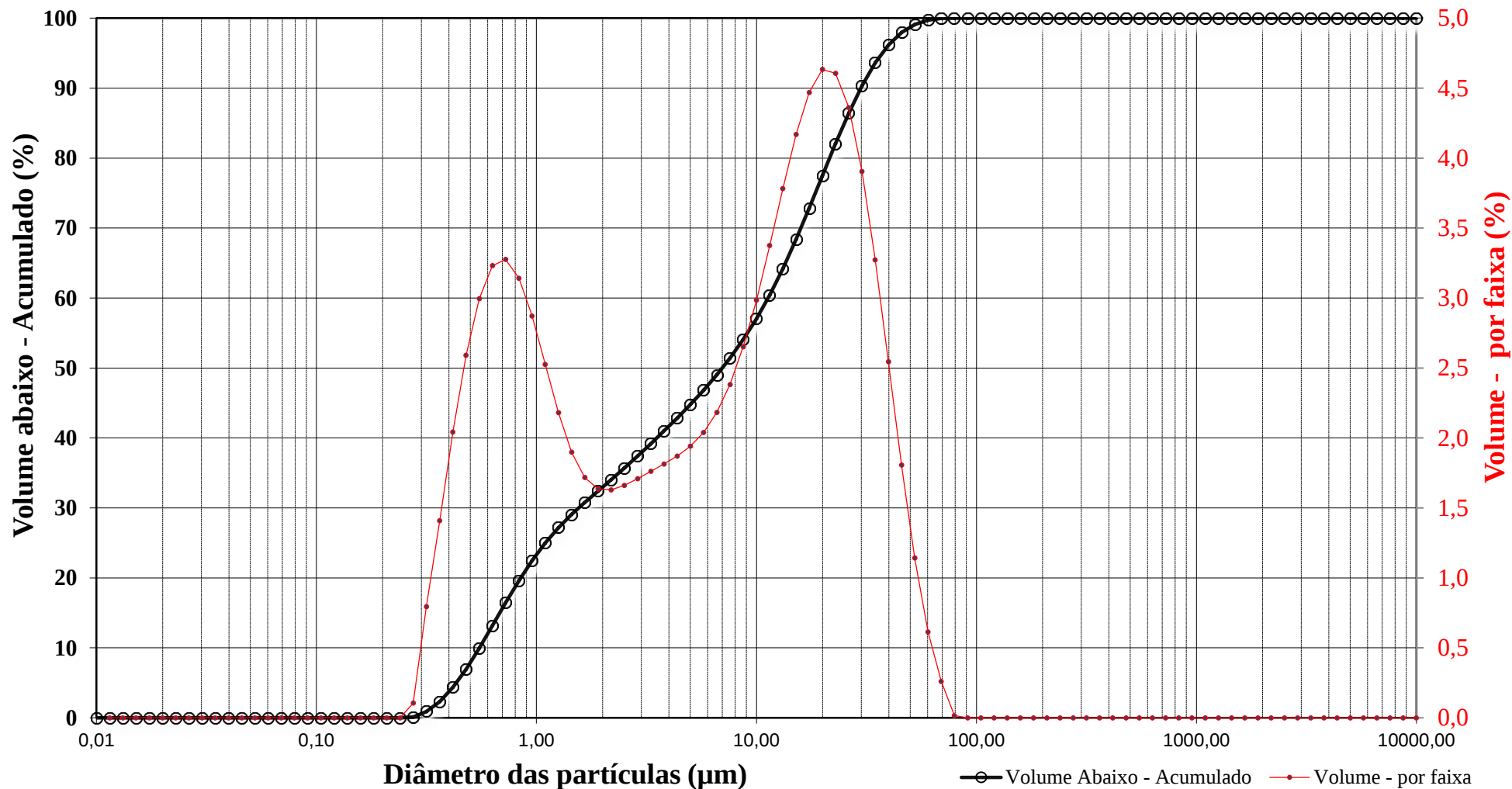
Diâmetro da partícula (µm)	Volume (%)	Volume abaixo (%)
1,10	2,53	24,98
1,26	2,18	27,17
1,45	1,90	29,06
1,66	1,72	30,78
1,91	1,64	32,42
2,19	1,63	34,05
2,51	1,66	35,71
2,88	1,71	37,42
3,31	1,76	39,18
3,80	1,81	40,99
4,37	1,87	42,86
5,01	1,94	44,80
5,75	2,04	46,84
6,61	2,18	49,03
7,59	2,38	51,41
8,71	2,65	54,06
10,00	2,98	57,05
11,48	3,38	60,42
13,18	3,78	64,20
15,14	4,17	68,37
17,38	4,47	72,84
19,95	4,63	77,48
22,91	4,61	82,08
26,30	4,36	86,44
30,20	3,90	90,35
34,67	3,27	93,62
39,81	2,54	96,16
45,71	1,81	97,97
52,48	1,14	99,11
60,26	0,61	99,72
69,18	0,26	99,98
79,43	0,02	100,00
91,20	0,00	100,00
104,71	0,00	100,00

Diâmetro da partícula (µm)	Volume (%)	Volume abaixo (%)
120,23	0,00	100,00
138,04	0,00	100,00
158,49	0,00	100,00
181,97	0,00	100,00
208,93	0,00	100,00
239,88	0,00	100,00
275,42	0,00	100,00
316,23	0,00	100,00
363,08	0,00	100,00
416,87	0,00	100,00
478,63	0,00	100,00
549,54	0,00	100,00
630,96	0,00	100,00
724,44	0,00	100,00
831,76	0,00	100,00
954,99	0,00	100,00
1096,48	0,00	100,00
1258,93	0,00	100,00
1445,44	0,00	100,00
1659,59	0,00	100,00
1905,46	0,00	100,00
2187,76	0,00	100,00
2511,89	0,00	100,00
2884,03	0,00	100,00
3311,31	0,00	100,00
3801,89	0,00	100,00
4365,16	0,00	100,00
5011,87	0,00	100,00
5754,40	0,00	100,00
6606,93	0,00	100,00
7585,78	0,00	100,00
8709,64	0,00	100,00
10000,00	0,00	100,00

Composição por faixa Granulométrica (v/v%)*		
<0,002 mm	De 0,002 mm a 0,063 mm	Acima de 0,063 mm
33,48	66,33	0,19

***No caso de peneiramento a 1 mm os resultados refletem apenas a fração não retida (menor) em 1 mm**

Curva Granulométrica



Resultado de Análise Sedimentométrica
Granulometria - Método por Espalhamento a laser

ID: PGM-03 2,0 - 3,0m

Análise Granulométrica: N° 453/25

Solicitante: José Luiz Marmos (SUREG-MA)

Solicitação: GLPI 6567

Data de recebimento: 08/09/2025

Data de envio: 15/09/2025

Resultados*

Nome da Partícula	Solos e Sedimentos
Índice de refração da partícula	1,52
Índice de absorção da partícula	0,1
Dispersante	Water
Índice de refração do dispersante	1,33
Dispensor da amostra	Hydro 2000MU (A)
Modelo de análise	General purpose
Obscuração (%)	9,83
Resíduo (%)	1,056
Concentração (%volume)	0,004
Span	4,372
Tipo de transformação de resultado	Volume
Volume médio ponderado D [4, 3] (µm)	13,017
Uniformidade	1,43
Área de superfície específica (m²/g)	3,35
Superfície média ponderada D [3, 2] (µm)	1,79
d (0,1) (µm)	0,552
d (0,5) (µm)	7,591
d (0,9) (µm)	33,74
d (0,6) (µm)	12,606

Dados Fornecidos pelo cliente

Data de Coleta: ---
Código/Local de coleta: ---

Coletor: ----
Método de coleta: ---

Metodologia de Análise

Procedimento analítico: IT-03-09-01 - Análise Granulométrica por Espalhamento a Laser

Referências: Malvern Instruments, Mastersizer 2000 user manual, in: MAN0384 Issue 1.0, 2007.

Método de análise: Espalhamento a laser (Granulômetro a laser: Malvern Mastersizer 2000)

Analizado por: Ruan dos Santos

Peneiramento prévio em 2 mm: Não.

Peneiramento a 1 mm*: Não.

Fração não retida a 1 mm*: Não.

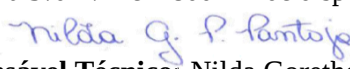
Tipo de amostra: Solo Argiloso

Uso de Ultrassom: 60 segundos, com posicionamento do ultrassom de 10,00 µm

Velocidade de Agitação: 2000 rpm

Aditivo: 15 mL de Hexametáfosfato de sódio a 5% m/m em 800 mL de dispersante

Observações:


Responsável Técnico: Nilda Gorethe Palma Pantoja
Química - CRQ 14100875

***No caso de peneiramento a 1 mm os resultados refletem apenas a fração não retida (menor) em 1 mm**

Resultado de Análise Sedimentométrica

Granulometria - Método por Espalhamento a laser

Resultados* de distribuição de tamanho de partículas - Análise N°: 453/25
ID: PGM-03 2,0 - 3,0m

Diâmetro da partícula (µm)	Volume (%)	Volume abaixo (%)
0,010		0,00
0,011	0,00	0,00
0,013	0,00	0,00
0,015	0,00	0,00
0,017	0,00	0,00
0,020	0,00	0,00
0,023	0,00	0,00
0,026	0,00	0,00
0,030	0,00	0,00
0,035	0,00	0,00
0,040	0,00	0,00
0,046	0,00	0,00
0,052	0,00	0,00
0,060	0,00	0,00
0,069	0,00	0,00
0,079	0,00	0,00
0,091	0,00	0,00
0,105	0,00	0,00
0,120	0,00	0,00
0,138	0,00	0,00
0,158	0,00	0,00
0,182	0,00	0,00
0,209	0,00	0,00
0,240	0,01	0,01
0,275	0,14	0,14
0,316	0,83	0,97
0,363	1,43	2,40
0,417	2,04	4,44
0,479	2,56	6,99
0,550	2,92	9,91
0,631	3,11	13,02
0,724	3,11	16,13
0,832	2,93	19,06
0,955	2,64	21,70

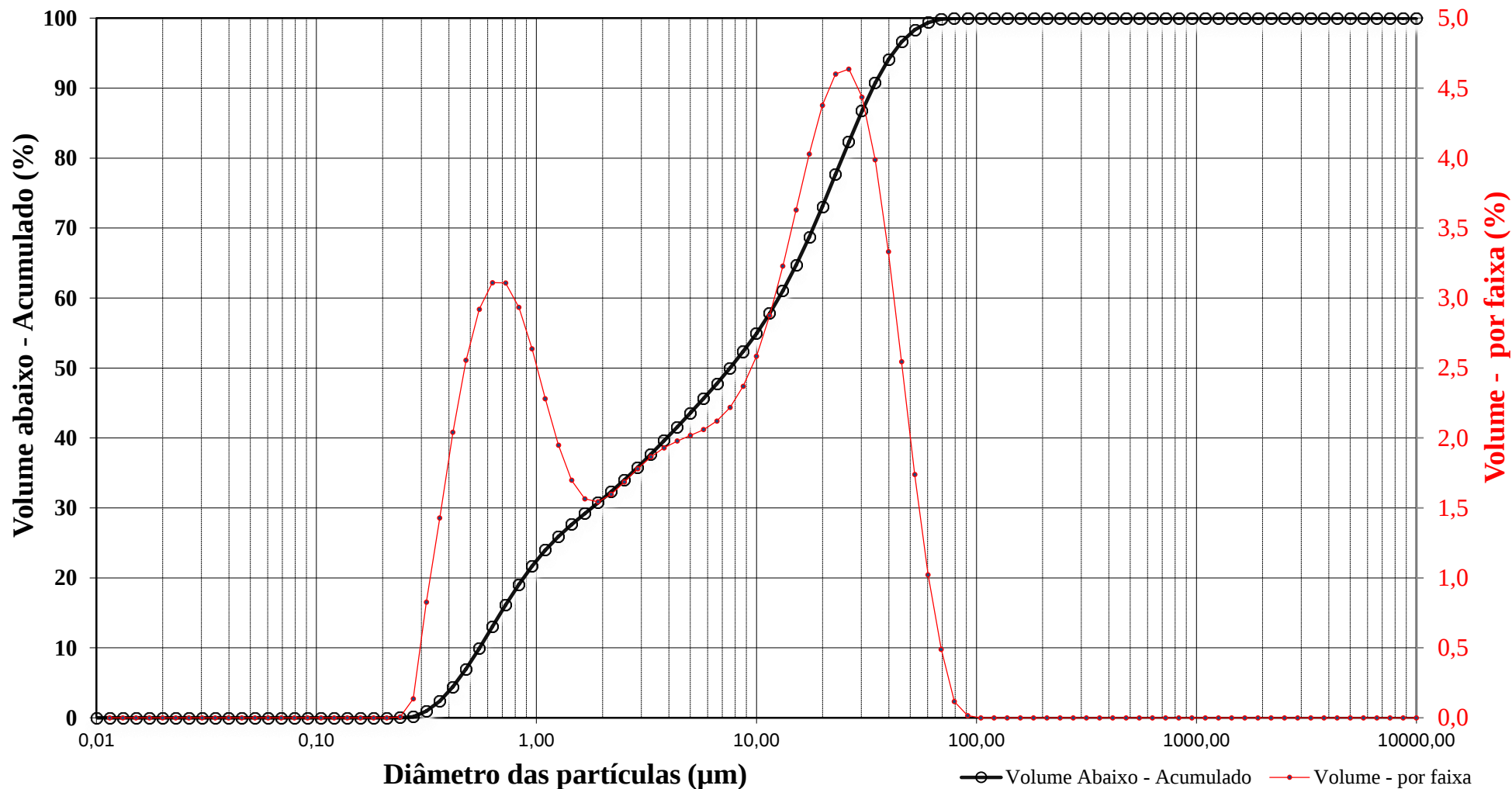
Diâmetro da partícula (µm)	Volume (%)	Volume abaixo (%)
1,10	2,28	23,98
1,26	1,95	25,93
1,45	1,70	27,63
1,66	1,57	29,19
1,91	1,54	30,74
2,19	1,60	32,33
2,51	1,69	34,02
2,88	1,78	35,80
3,31	1,86	37,66
3,80	1,93	39,59
4,37	1,98	41,57
5,01	2,02	43,59
5,75	2,06	45,65
6,61	2,12	47,77
7,59	2,22	49,99
8,71	2,37	52,36
10,00	2,58	54,94
11,48	2,88	57,82
13,18	3,23	61,05
15,14	3,63	64,67
17,38	4,03	68,70
19,95	4,38	73,08
22,91	4,60	77,68
26,30	4,64	82,32
30,20	4,44	86,75
34,67	3,99	90,74
39,81	3,33	94,07
45,71	2,54	96,62
52,48	1,74	98,36
60,26	1,02	99,38
69,18	0,49	99,87
79,43	0,12	99,98
91,20	0,02	100,00
104,71	0,00	100,00

Diâmetro da partícula (µm)	Volume (%)	Volume abaixo (%)
120,23	0,00	100,00
138,04	0,00	100,00
158,49	0,00	100,00
181,97	0,00	100,00
208,93	0,00	100,00
239,88	0,00	100,00
275,42	0,00	100,00
316,23	0,00	100,00
363,08	0,00	100,00
416,87	0,00	100,00
478,63	0,00	100,00
549,54	0,00	100,00
630,96	0,00	100,00
724,44	0,00	100,00
831,76	0,00	100,00
954,99	0,00	100,00
1096,48	0,00	100,00
1258,93	0,00	100,00
1445,44	0,00	100,00
1659,59	0,00	100,00
1905,46	0,00	100,00
2187,76	0,00	100,00
2511,89	0,00	100,00
2884,03	0,00	100,00
3311,31	0,00	100,00
3801,89	0,00	100,00
4365,16	0,00	100,00
5011,87	0,00	100,00
5754,40	0,00	100,00
6606,93	0,00	100,00
7585,78	0,00	100,00
8709,64	0,00	100,00
10000,00	0,00	100,00

Composição por faixa Granulométrica (v/v%)*		
<0,002 mm	De 0,002 mm a 0,063 mm	Acima de 0,063 mm
31,77	67,76	0,46

*No caso de peneiramento a 1 mm os resultados refletem apenas a fração não retida (menor) em 1 mm

Curva Granulométrica



O SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL (SGB-CPRM) E OS OBJETIVOS PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL - ODS

Em setembro de 2015 líderes mundiais reuniram-se na sede da ONU, em Nova York, e formularam um conjunto de objetivos e metas universais com intuito de garantir o desenvolvimento sustentável nas dimensões econômica, social e ambiental. Esta ação resultou na *Agenda 2030*, a qual contém um conjunto de *17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável - ODS*.

A Agenda 2030 é um plano de ação para as pessoas, para o planeta e para a prosperidade. Busca fortalecer a paz universal, e considera que a erradicação da pobreza em todas as suas formas e dimensões é o maior desafio global, e um requisito indispensável para o desenvolvimento sustentável.

Os 17 ODS incluem uma ambiciosa lista de 169 metas para todos os países e todas as partes interessadas, atuando em parceria colaborativa, a serem cumpridas até 2030.



O **Serviço Geológico do Brasil (SGB-CPRM)** atua em diversas áreas intrínsecas às Geociências, que podem ser agrupadas em quatro grandes linhas de atuação:

- Geologia;
- Recursos Minerais;
- Hidrologia; e
- Gestão Territorial.

Todas as áreas de atuação do SGB-CPRM, sejam nas áreas das Geociências ou nos serviços compartilhados, ou ainda em seus programas internos, devem ter conexão com os ODS, evidenciando o comprometimento de nossa instituição com a sustentabilidade, com a humanidade e com o futuro do planeta.

A tabela a seguir relaciona as áreas de atuação do SGB-CPRM com os ODS.

Áreas de atuação do Serviço Geológico do Brasil (SGB-CPRM) e os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável - ODS

ÁREA DE ATUAÇÃO **GEOCIÊNCIAS**

LEVANTAMENTOS GEOLÓGICOS



LEVANTAMENTOS AEROGEOFÍSICOS



AValiação DOS RECURSOS MINERAIS DO BRASIL



LEVANTAMENTOS GEOLÓGICOS MARINHOS



LEVANTAMENTOS GEOQUÍMICOS



LEVANTAMENTOS BÁSICOS DE RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIAIS



SISTEMAS DE ALERTA HIDROLÓGICO



AGROGEOLOGIA



LEVANTAMENTOS BÁSICOS DE RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS



RISCO GEOLÓGICO



GEODIVERSIDADE



PATRIMÔNIO GEOLÓGICO E GEOPARQUES



ZONEAMENTO ECOLÓGICO-ECONÔMICO



GEOLOGIA MÉDICA



RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS PELA MINERAÇÃO



ÁREA DE ATUAÇÃO **SERVIÇOS COMPARTILHADOS**

GEOPROCESSAMENTO E SENSORIAMENTO REMOTO



TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO



LABORATÓRIO DE ANÁLISE MINERAIS



MUSEU DE CIÊNCIAS DA TERRA



PALEONTOLOGIA



PARCERIAS NACIONAIS E INTERNACIONAIS



REDE DE BIBLIOTECAS



REDE DE LITOTECAS



GOVERNANÇA



ÁREA DE ATUAÇÃO **PROGRAMAS INTERNOS**

SUSTENTABILIDADE



PRÓ-EQUIDADE



COMITÊ DE ÉTICA



