

UTILIZAÇÃO DE MEDIDORES DE DENSIDADE NÃO NUCLEARES (DENSITY GAUGE) EM AUDITORIAS DE TERRAPLENAGEM E PAVIMENTAÇÃO



Esp. Daniel Menezes Brandão

TIPOS DE MEDIDORES DE DENSIDADE

- SOIL DENSITY GAUGE

Terraplenagem e Pavimentação

- ASPHALT DENSITY GAUGE

Misturas Asfálticas Usinadas



- Modelo: SDG 200 TransTech
- Tecnologia: Espectroscopia de impedância elétrica (EIS)



- Modelo: EDG Humboldt
- Tecnologia: Rigidez dielétrica



- Modelo: PQI 380 TransTech
- Tecnologia: Espectroscopia de impedância elétrica (EIS)

NORMAS DISPONÍVEIS – MÉTODO DO DENSÍMETRO



ASTM D7830/D7830M-14(2021)e1 Standard Test Method for In-Place Density (Unit Weight) and Water Content of Soil Using an Electromagnetic Soil Density Gauge



ASTM D7698-21 Standard Test Method for In-Place Estimation of Density and Water Content of Soil and Aggregate by Correlation with Complex Impedance Method



ASTM D7113/D7113M-10(2016) Standard Test Method for Density of Bituminous Paving Mixtures in Place by the Electromagnetic Surface Contact Methods



AASHTO T 343-12 (2020) Standard Method of Test for Density of In-Place Hot Mix Asphalt (HMA) Pavement by Electronic Surface Contact Devices



NORMA DNIT 417/2019 - ME – Solos – Controle de Compactação com Equipamento Densímetro Eletromagnético – Método de Ensaio



DNIT 431/2020 – ME Pavimentação – Misturas asfálticas – Densidade *in situ* usando densímetro não nuclear – Método de ensaio

NORMAS DISPONÍVEIS – MÉTODOS CONVENCIONAIS



- ABNT NBR 7185 Solo – Determinação da massa específica aparente, *in situ*, com emprego do frasco de areia



- ABNT NBR 9813 Solo – Determinação da massa específica aparente, *in situ*, com emprego de cilindro de cravação



- ABNT NBR 15575 Misturas asfálticas – Determinação da densidade aparente e da massa específica aparente de corpos de prova compactados

DNIT



- DNER-ME 092/94 Solo- determinação da massa específica aparente “in situ”, com emprego do frasco de areia,



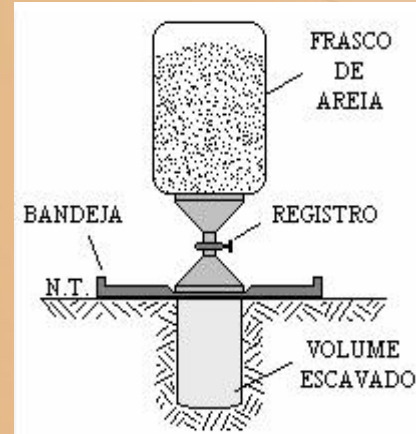
- NORMA DNIT 428/2022 – ME Pavimentação – Misturas asfálticas – Determinação da densidade relativa aparente e da massa específica aparente de corpos de prova compactados – Método de ensaio



- PROC-IBR-ROD 103/2021 – Análise das Densidades Aparentes de Camadas de Concretos Asfálticos para Fins de Auditoria

REALIZAÇÃO DOS ENSAIOS – SOLOS – MÉTODOS CONVENCIONAIS

Determinação da massa específica aparente, *in situ*, com emprego do frasco de areia



Tempo estimado do ensaio: ± 40 min. (nivelamento ou limpeza da superfície + ensaio) [DNER-ME 092/94](#)

Ensaio complementar: [DNER-ME 052/94](#) Solos e agregados miúdos - determinação da umidade com emprego do “Speedy” ou pelo método empírico da frigideira ou pelo método da estufa.

Determinação da massa específica aparente, *in situ*, com emprego de cilindro de cravação



Tempo estimado do ensaio: ± 20 min. (limpeza do local + ensaio) [ABNT NBR 9813](#)

REALIZAÇÃO DOS ENSAIOS – MISTURAS ASFÁLTICAS – MÉTODOS CONVENCIONAIS



– Determinação da densidade relativa aparente e da massa específica compactados – Método de ensaio



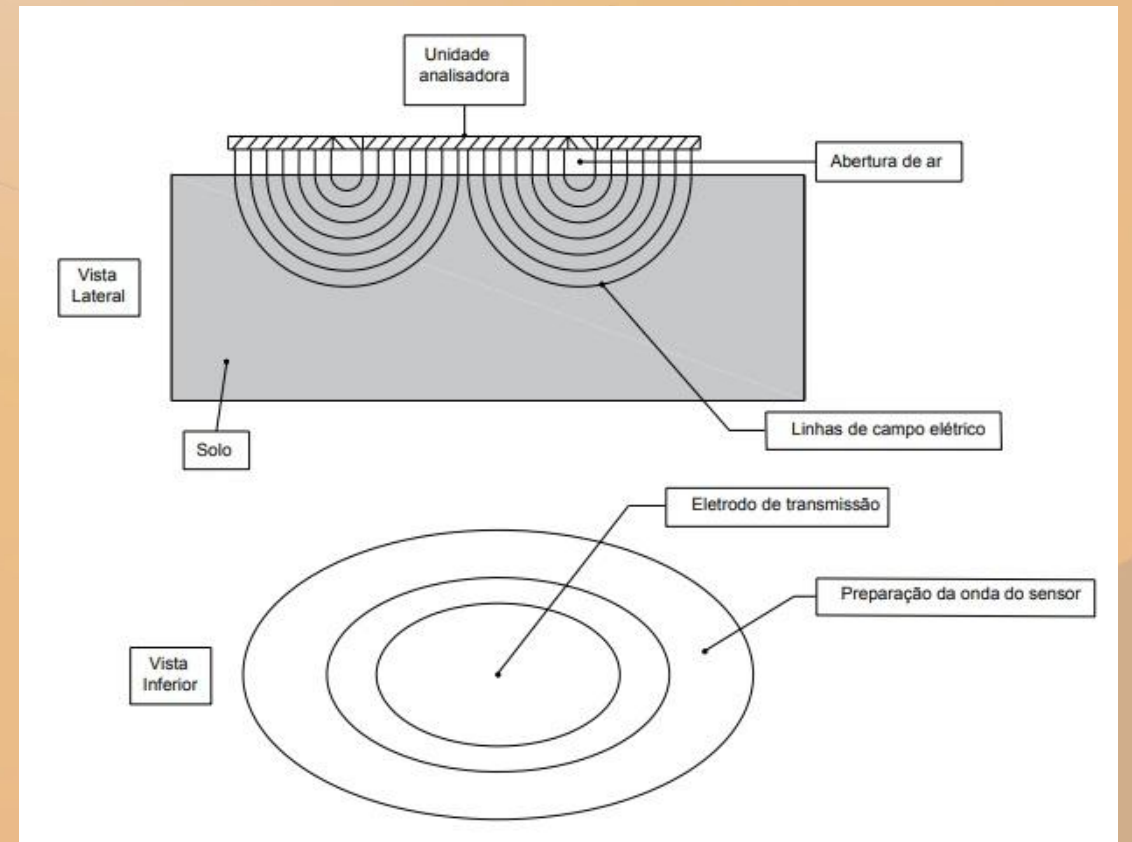
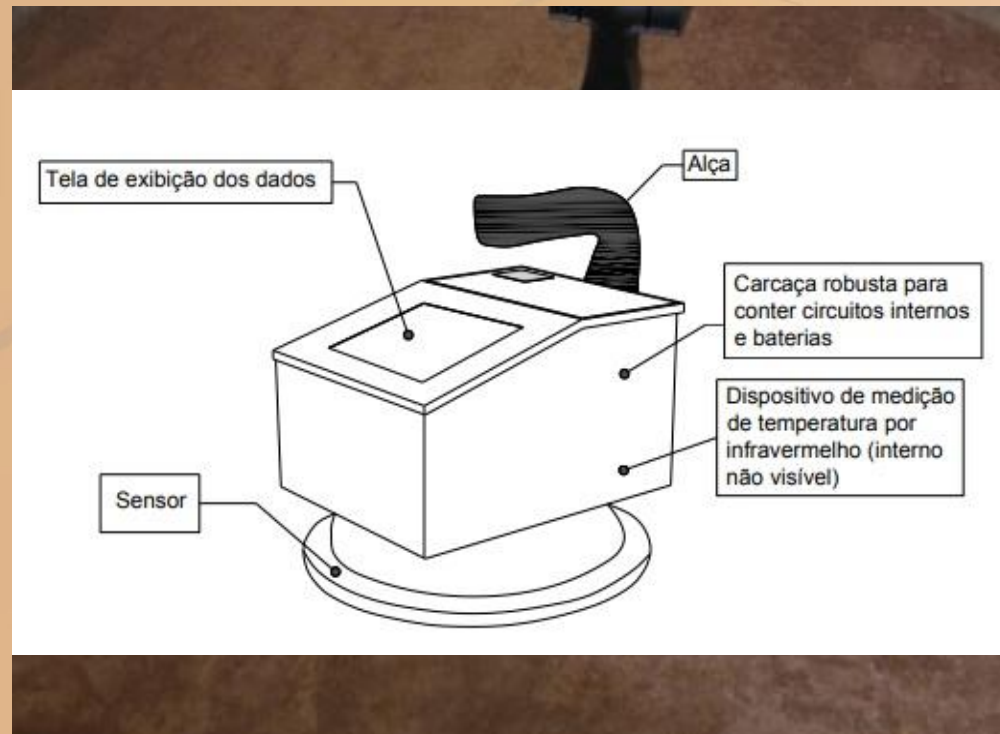
OPERAÇÃO COMPLEMENTAR

Tempo estimado do ensaio : ± 30 min. (Retirada da amostra + limpeza + ensaio)

NORMA DNIT 428/2022

MÉTODO DO DENSÍMETRO - SOLOS

SDG 200



MÉTODO DO DENSÍMETRO – SOLOS

Calibração: necessidade da realização de ensaios complementares.

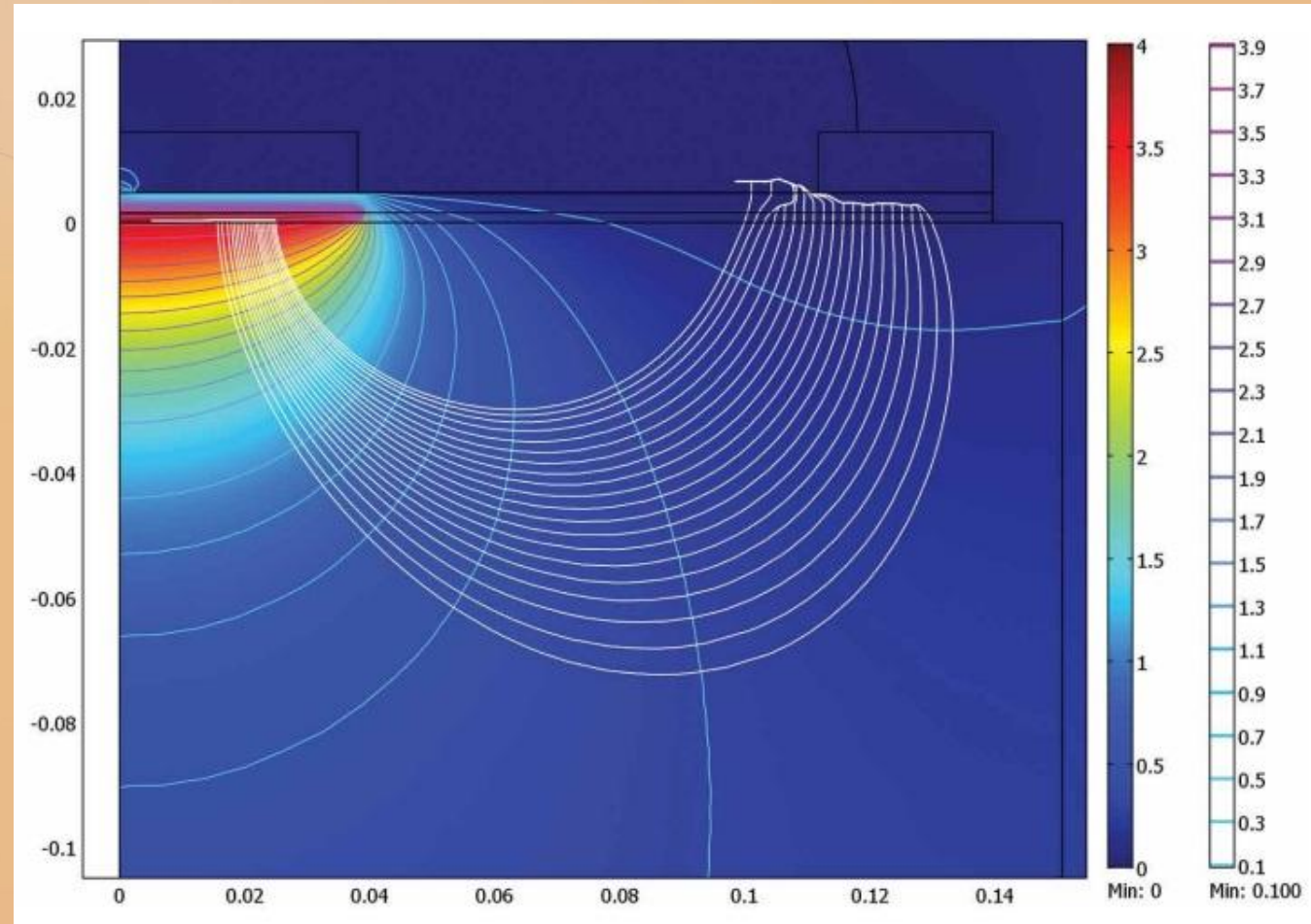
“Informações exigidas pelo densímetro para associar o solo ao modelo de calibração correto incluem: densidade; teor de umidade ótimo; granulometria da amostra, coeficiente de uniformidade e coeficiente de curvatura, além de outros índices de classificação, etc.” **NORMA DNIT 417/2019**



DNER-ME 092/94

MÉTODO DO DENSÍMETRO – MISTURAS ASFÁLTICAS

PQI 380



MÉTODO DO DENSÍMETRO – MISTURAS ASFÁLTICAS

Calibração: necessidade da realização de ensaios complementares.

- “Para calibrar o aparelho deve ser utilizado o método de correlação com medidas feitas com corpos de prova.”
- “Calcular a diferença entre a massa específica aparente do corpo de prova e a média registrada no densímetro em cada local de teste com resolução de 0,001 g/cm³.”

NORMA DNIT 431/2020 - ME



OPERAÇÃO COMPLEMENTAR

Anexo A (Informativo) – Ilustrações

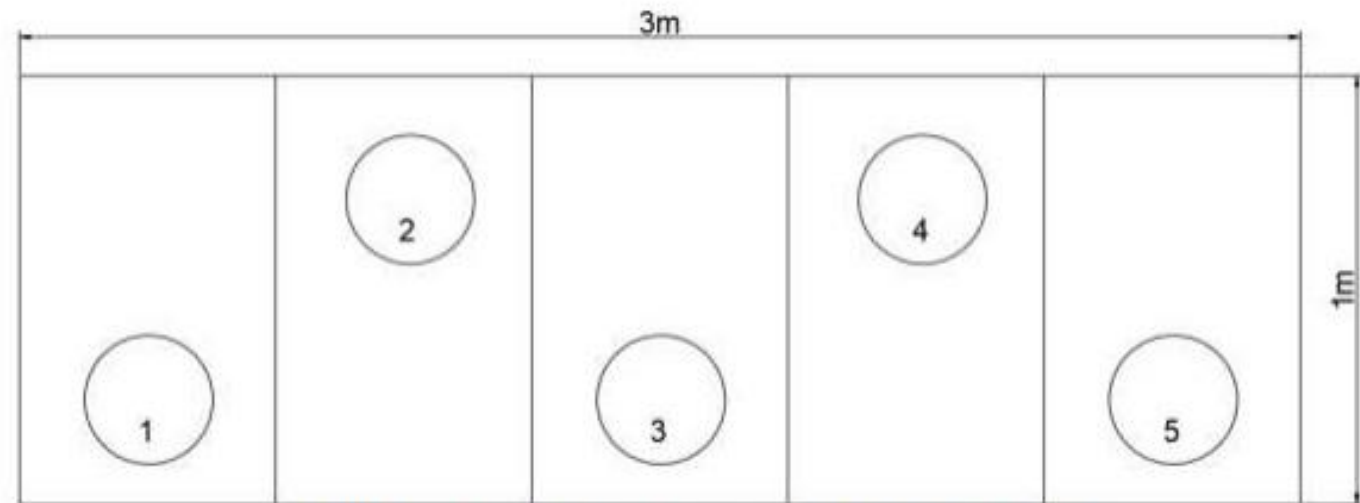
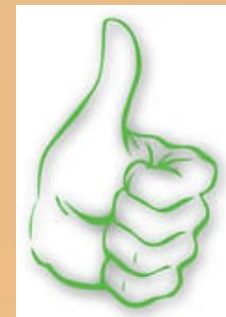


Figura A1 – Esquema para marcação dos locais de ensaio

VANTAGENS E DESVANTAGEM - DENSÍMETROS

VANTAGENS:

- Possibilidade de realizar amostragens maiores;
- Agilidade e eficiência : ± 5 min (preparação da local, leitura com o equipamentos);
- Método não destrutivo;
- Estrutura simples para ir a campo;
- Possibilidade de uso dos resultados do auditado para correlações e calibrações do equipamento.

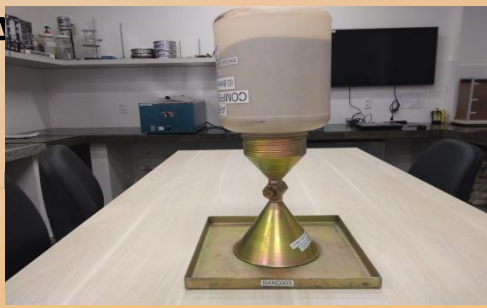


DESVANTAGENS:

- Alto custo (importação) cotação em dólar;
- Manutenção e calibração – fora do Brasil (País do fabricante);
- Necessidade de adaptar os modelos de solos da memória do equipamento para os modelos de solos brasileiros (solos tropicais);
- Necessidade de mão de obra qualificada.



ESTUDO DE CASO



"INFRAESTRUTURA E SUSTENTABILIDADE"



ESTUDO DE CASO - RESULTADOS

Tabela 3.2 - Resultados dos ensaios com o frasco de areia

RESULT. FRASCO DE AREIA	Nº	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Massa específica aparente úmida (g/cm ³)		1,548	1,645	1,515	1,563	1,537	1,530	1,780	1,781	1,632
Teor de Umidade (%)		16,67	16,10	15,13	15,63	14,66	15,53	14,24	13,28	14,00	13,64
Massa específica aparente seca (g/cm ³)		1,327	1,417	1,316	1,352	1,341	1,324	1,558	1,572	1,432	1,529

Para a massa específica aparente seca o valor médio **1,417 g/cm³**.

Tabela 3.3 - Resultados dos ensaios com o *Soil Density Gauge* SDG-200

RESULT. SOIL DENSITY GAUGE	Nº	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Massa específica aparente úmida (g/cm ³)		1,768	1,772	1,825	1,785	1,803	1,816	1,810	1,828	1,855
Teor de Umidade		20,40	20,40	20,90	20,60	20,80	20,90	20,80	20,90	21,10	20,70
Massa específica aparente seca (g/cm ³)		1,468	1,472	1,510	1,480	1,493	1,503	1,498	1,512	1,531	1,484

Para a massa específica aparente seca o valor médio **1,495 g/cm³**.

Considerando a diferença entre os dois métodos, ressalta-se que ambos são passíveis de erros durante o processo de obtenção dos resultados. Segundo o manual do fabricante do SDG-200 o equipamento possui uma função para compensação da medição realizada com o equipamento. Quando o operador notar que o equipamento não está comparando os resultados “favoravelmente” com as medidas co-instaladas, poderá ser feito o ajuste manual adicionando ou subtraindo da massa específica aparente seca e do teor de umidade uma variação para correção dos resultados.

ESTUDO DE CASO – CONSIDERAÇÕES

- Ressalta-se o direcionamento do trabalho para atender uma demanda prática do serviço de fiscalização de engenharia e serviços de infraestrutura, que por meio do seu laboratório de análise de solos e misturas asfálticas busca encontrar ferramentas que permitam o ganho de eficiência na auditoria das obras.
- A comparação dos resultados da massa específica aparente seca mostrou a necessidade de entender melhor o funcionamento do equipamento SDG-200. Um estudo mais detalhado do manual do fabricante permitiu analisar qual o modelo de cálculo do equipamento. Esse modelo se baseia num estudo dos solos do país onde o equipamento foi desenvolvido, que pode não corresponder com a realidade dos nossos solos, que possuem características de intemperismo de clima tropical.
- O equipamento SDG-200 permite inserir **fatores de compensação** da massa específica e do teor de umidade, para fornecer resultados mais “favoráveis” com a realidade em que se encontra o solo analisado. A realização de alguns ensaios com o frasco de areia no local onde o *Soil Density Gauge* for utilizado, irá permitir a determinação correta dos fatores de compensação, conforme demonstrado no presente estudo, no caso em torno de 6% a maior da média encontrada com o uso do frasco de areia.

“FALTA DE TEMPO É DESCULPA DAQUELES QUE PERDEM TEMPO POR
FALTA DE MÉTODOS.”

Albert Einstein

**GERÊNCIA DE FISCALIZAÇÃO DE OBRAS E SERVIÇOS DE ENGENHARIA
LABORATÓRIO DE ANÁLISE DE SOLOS E MISTURAS ASFÁLTICAS**

labtcego@tce.go.gov.br

CONTATO: (62) 3228-2674 / 3228-2811



Obrigado!