

TURBIDEZ · VERBETE

Turbidez: nefelometria a 90° e por que NTU depende do método

Turbidez não é concentração, é um efeito óptico; e a unidade carrega a norma junto

Turbidez mede o quanto uma suspensão espalha luz, não quanto material ela contém. Duas amostras com a mesma massa de sólidos podem ler valores muito diferentes se o tamanho, a forma e o índice de refração das partículas forem diferentes. Por isso a unidade não é absoluta: NTU, FNU e FAU são definidas pela norma que fixa a fonte de luz e a geometria do detector, e o mesmo copo pode ler números diferentes em instrumentos igualmente corretos.

Quando um feixe atravessa água com partículas em suspensão, parte da luz segue em frente, parte é absorvida e parte é espalhada em todas as direções. A turbidimetria mede o que sobra do feixe transmitido; a nefelometria mede a luz espalhada, tradicionalmente a 90° do feixe. É a nefelometria que sustenta a unidade NTU.

O regime de espalhamento depende do tamanho da partícula

A física muda conforme o diâmetro da partícula comparado ao comprimento de onda da luz. Para partículas bem menores que o comprimento de onda vale o espalhamento de Rayleigh, cuja intensidade é fortemente dependente das duas grandezas:

$$I \propto d^6 / \lambda^4$$

d é o diâmetro da partícula e λ o comprimento de onda. Válido no regime de Rayleigh, ou seja d muito menor que λ .

Dois expoentes explicam quase toda a prática da turbidimetria. O d^6 diz que dobrar o diâmetro da partícula multiplica o sinal por 64, e é por isso que turbidez não converte para sólidos suspensos sem calibração da própria matriz. O λ^{-4} diz que luz azul espalha muito mais que vermelha, e é a razão de o céu ser azul e de a escolha do comprimento de onda mudar a leitura.

Quando a partícula chega ao tamanho do comprimento de onda ou passa dele, o regime vira o de Mie: o espalhamento deixa de ser simétrico, concentra-se para a frente, e a dependência com λ enfraquece muito. As partículas reais de água bruta, argila, algas e flocos estão quase todas nesse regime.

Por que 90 graus

No regime de Mie o lóbulo dianteiro é extremamente sensível à distribuição de tamanhos, então medir perto de 0° faz a leitura variar com o tipo de partícula mais do que com a quantidade. O sinal a 90° é comparativamente o menos sensível ao tamanho, além de ficar fora do caminho do feixe transmitido. Não é o ângulo de maior sinal; é o de menor dependência daquilo que não se quer medir.

A unidade não é absoluta, ela carrega a norma

Como o resultado depende da fonte de luz e da geometria, cada norma define a sua unidade. Elas não são intercambiáveis por fator de conversão:

Unidade	Norma	Fonte de luz	Deteção
NTU	EPA 180.1	lâmpada de tungstênio, faixa de 400 a 600 nm	90°
FNU	ISO 7027-1	LED infravermelho, 860 nm	90°
FAU	ISO 7027-1	LED infravermelho, 860 nm	atenuação do feixe transmitido
NTRU	Standard Methods 2130 B	branca ou infravermelha	90° com correção por razão

A diferença aparece com força em amostra colorida. Matéria orgânica dissolvida absorve na região azul e verde, então uma fonte branca perde parte da luz espalhada e o instrumento lê a menos. A fonte infravermelha de 860 nm é pouco absorvida por essa cor, e por isso a ISO 7027 a escolheu. Comparar um resultado em NTU com outro em FNU na mesma amostra colorida é comparar dois números legitimamente diferentes.

Não existe fator universal entre NTU, FNU e FAU. Qualquer tabela de conversão só vale para a matriz específica em que foi levantada, e deixa de valer quando o tipo de partícula muda. Registre sempre a unidade junto com o método.

Formazina, o padrão que define a escala

A escala é ancorada na formazina, uma suspensão sintetizada a partir de sulfato de hidrazina e hexametileno tetramina. A escolha não é por semelhança com água natural, que ela não tem: é por reprodutibilidade. A síntese gera uma distribuição de tamanhos de partícula que se repete de lote para lote e de laboratório para laboratório, o que nenhum material natural garante. Por definição, a suspensão preparada segundo a norma tem 4000 unidades, e as diluições dela dão os demais pontos.

Sulfato de hidrazina é tóxico e classificado como cancerígeno suspeito. Preparar formazina do zero exige capela, controle e descarte adequados. Comprar o padrão pronto, com valor atribuído e validade, é mais seguro e normalmente mais barato do que sintetizar.

O que faz a leitura mentir

- Bolhas de ar: espalham luz como se fossem partículas e sempre aumentam a leitura. É o erro mais comum e o mais fácil de cometer, porque agitar a amostra para homogeneizar é justamente o que as cria.
- Cor da amostra: absorve parte da luz espalhada e faz o valor cair. O efeito é grande com fonte branca e pequeno com 860 nm.
- Sedimentação: partículas grandes decantam em segundos. Esperar demais entre homogeneizar e ler subestima a amostra.
- Luz espúria: reflexos internos do próprio instrumento somam sinal onde não há partícula e limitam o menor valor confiável. É o que define o fundo de escala baixo, não a eletrônica.
- Contaminação da superfície óptica: película, arranhão ou digital na janela do sensor entram como turbidez fixa em toda medição.

Medição por imersão, que é o caso da Série M

Turbidímetro de bancada mede em cubeta, com geometria fechada e controlada. O sensor da Série M é de imersão: o elemento óptico entra no copo com a amostra. A vantagem é medir no próprio recipiente, sem transferir; a contrapartida é que a geometria passa a depender de onde o sensor está.

- Mantenha o sensor afastado da parede e do fundo do copo. Superfície próxima devolve luz para o detector e levanta a leitura.
- Use sempre o mesmo copo e a mesma posição na calibração e na medição, pelo mesmo motivo.
- Proteja da luz ambiente direta. Sol ou lâmpada forte incidindo no copo entra como sinal.
- Confira se não há bolha aderida à janela óptica depois de mergulhar o sensor.

O que a Hydrocore mede

Os medidores M7B e M7i leem de 0 a 1000 NTU com resolução de 1 NTU, e calibram com formazina nos pontos 0, 20, 200, 500 e 800 NTU. Essa resolução atende bem água bruta, captação e efluente. Para controle de água filtrada, em que o valor de interesse fica abaixo de 1 NTU, a resolução de 1 NTU não resolve a leitura: o instrumento indicado nesse caso é um turbidímetro de baixa faixa, de bancada.

Perguntas frequentes

Turbidez e sólidos suspensos são a mesma coisa?

Não. Turbidez é efeito óptico e depende do tamanho, da forma e do índice de refração das partículas; sólidos suspensos é massa por volume. Existe correlação dentro de uma mesma matriz estável, levantada experimentalmente, e ela deixa de valer quando o tipo de partícula muda.

Posso converter NTU em FNU?

Não de forma geral. As duas unidades usam fontes de luz diferentes e respondem de forma diferente à cor e ao tamanho da partícula. Só existe fator para uma matriz específica, determinado por comparação, e ele não se transporta.

Por que a leitura cai enquanto observo o display?

Provavelmente sedimentação. As partículas maiores decantam em poucos segundos e saem do caminho óptico. Homogeneíze por inversão suave e leia logo em seguida, sempre com o mesmo intervalo.

Amostra escura pode ler menos do que realmente é?

Sim. A cor absorve parte da luz espalhada antes de ela chegar ao detector, e o resultado sai para baixo. O efeito é maior com fonte branca; por isso a ISO 7027 usa 860 nm, onde a absorção pela cor é bem menor.

Preciso compensar temperatura na turbidez?

Não. O espalhamento não depende sensivelmente da temperatura, e por isso o instrumento não aplica compensação. O que a temperatura faz de verdade é indireto: água fria aquecendo libera gás dissolvido, e a bolha resultante levanta a leitura.

Serve para medir a turbidez de líquido colorido, como cerveja ou suco?

Serve, com a ressalva de que o valor absoluto depende muito da fonte de luz por causa da absorção pela cor. Para acompanhar processo, o que importa é manter o mesmo instrumento e o mesmo procedimento, e comparar consigo mesmo.

Referências

1. SKOOG, D. A.; HOLLER, F. J.; CROUCH, S. R. *Principles of Instrumental Analysis*. 7. ed. Cengage Learning, 2018. espalhamento de luz, turbidimetria e nefelometria.
2. BAIRD, R. B.; EATON, A. D.; RICE, E. W. (ed.) *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 23. ed. APHA/AWWA/WEF, 2017. Método 2130 B, Nephelometric Method.
3. INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION *ISO 7027-1: Water quality. Determination of turbidity. Part 1: Quantitative methods*. 2016. define a fonte de 860 nm e as unidades FNU e FAU.
4. UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY *Method 180.1: Determination of Turbidity by Nephelometry*. rev. 2.0 1993. define a unidade NTU com fonte de tungstênio.
5. MENDHAM, J.; DENNEY, R. C.; BARNES, J. D.; THOMAS, M. J. K. *Vogel's Textbook of Quantitative Chemical Analysis*. 6. ed. Prentice Hall, 2000.

Hydrocore Analítica Ltda. · CNPJ 37.683.010/0001-89 · Rua Alice Alem Saadi, 111 - Sala 03, Ribeirão Preto/SP - CEP 14096-570

Revisado por Marcos Daniel Bueno Rosa, CRQ IV 04167649 em 2026-07-31. Emitido em 31/07/2026.

Documento **BIB-DF3B5878B8**, conferível em www.hydrocore.com.br/biblioteca/turbidez-nefelometria-e-por-que-ntu-depender-do-metodo
Conteúdo sob licença Creative Commons BY-NC 4.0: uso livre para estudo e ensino, com citação da fonte. Uso comercial não autorizado.