IVES Technical Reviews
vinha & vinho

https://doi.org/10.20870/IVES-TR.2026.10500

O que estamos realmente a medir quando medimos o oxigénio dissolvido no vinho?

Ignacio Nevares[1]✉, **Maria del Alamo-Sanza**[1]✉

[1] UVaMOX Group, Universidad de Valladolid, Palencia, Spain

Os medidores de oxigénio não medem o oxigénio em mg/L. Os seus sensores respondem à pressão parcial de oxigénio (pO_2) ou ao fluxo, e o instrumento converte esse sinal utilizando um modelo de solubilidade. No vinho, a matriz pode afetar tanto a solubilidade como a resposta do sensor. Os valores em mg/L são úteis em condições controladas, mas nem sempre são comparáveis entre vinhos ou instrumentos. O registo do sinal nativo, da temperatura, da pressão e do contexto permite uma interpretação mais fiável do resultado e da sua cinética de consumo[1].

Um número familiar que esconde uma conversão

O procedimento habitual é simples: inserir a sonda, aguardar uma leitura estável e registar, por exemplo, 0,42 mg/L. Parece direto, mas o resultado do vinho para o ecrã envolve uma conversão.

Um sensor de oxigénio não pesa o oxigénio presente num litro de vinho. Num elétrodo de Clark, a corrente depende do fluxo através da membrana; num sensor ótico, o oxigénio extingue a luminescência de um indicador. A resposta primária reflete a disponibilidade de oxigénio na interface do sensor—pO_2 ou fluxo. Para a expressar em mg/L, o instrumento aplica uma relação de solubilidade.

O resultado não é necessariamente errado, mas é derivado: a sua precisão depende tanto do sensor como do modelo. Um instrumento pode ser preciso e repetível, mas mesmo assim indicar apenas uma concentração aproximada se o modelo não representar o vinho.

O vinho não se comporta como a água

Muitos medidores de oxigénio são calibrados em água saturada com ar ou utilizam relações de solubilidade baseadas em água. Estas são referências adequadas para verificar o sensor, mas não para assumir que o pO_2 e os mg/L estão relacionados da mesma forma no vinho.

O vinho é uma matriz hidroalcoólica complexa e reativa. O etanol, os açúcares e o extrato afetam a solubilidade; a temperatura e a pressão afetam tanto a solubilidade como o transporte. O espaço livre e o CO_2 afastam-nos ainda mais de um copo de água em equilíbrio.

Por conseguinte, não existe um único coeficiente aplicável a todos os vinhos. Com o mesmo pO_2, vinhos diferentes podem conter quantidades diferentes de oxigénio fisicamente dissolvido; uma conversão genérica pode ocultar essa diferença em vez de a resolver.

Dois efeitos da matriz devem ser mantidos separados. O efeito físico-químico altera a solubilidade e a relação pO_2-mg/L. O efeito instrumental altera a resposta do sensor e pode depender do luminóforo e do seu suporte ou, em instrumentos polarográficos, da difusão da membrana. Em del Alamo-Sanza *et al.* (2014)[2], os desvios já eram evidentes em hPa e variavam entre os instrumentos. Em oito vinhos reais, os erros diretos de 11–19 % baixaram para 0–5 % após a compensação específica do dispositivo para o etanol e o açúcar, e ficaram abaixo de 0,5 % com um sistema ótico. Isto corrigiu a resposta do sensor; não determinou a verdadeira solubilidade do vinho.

Surpreendentemente, já sabíamos isto há meio século

Entre 1970 e 1979, vários grupos soviéticos estudaram a solubilidade e a medição do oxigénio em vinhos reais. As barreiras linguísticas e o acesso limitado a revistas científicas fizeram com que o trabalho fosse pouco conhecido, mas as suas conclusões continuam a ser notavelmente atuais.

Manuilova descobriu que o aumento da temperatura reduzia a solubilidade do oxigénio, enquanto a resposta polarográfica podia aumentar. Fal'kovich concluiu que os sensores de membrana respondiam à pO_2, e não diretamente à massa de oxigénio. Moditis destacou o papel do extrato, e Datunashvili propôs equações específicas para a composição do vinho.

A mensagem comum era clara: converter um sinal em mg/L requer o conhecimento da solubilidade do oxigénio nesse líquido específico. Meio século depois, os nossos sensores são melhores, mas a conversão continua frequentemente a ser genérica[3,4,5,6].

Um sensor melhor não resolve o problema do modelo

Os sensores óticos representaram um grande avanço: são estáveis, requerem menos manutenção, não consomem oxigénio durante a medição e permitem medições com perturbações mínimas.

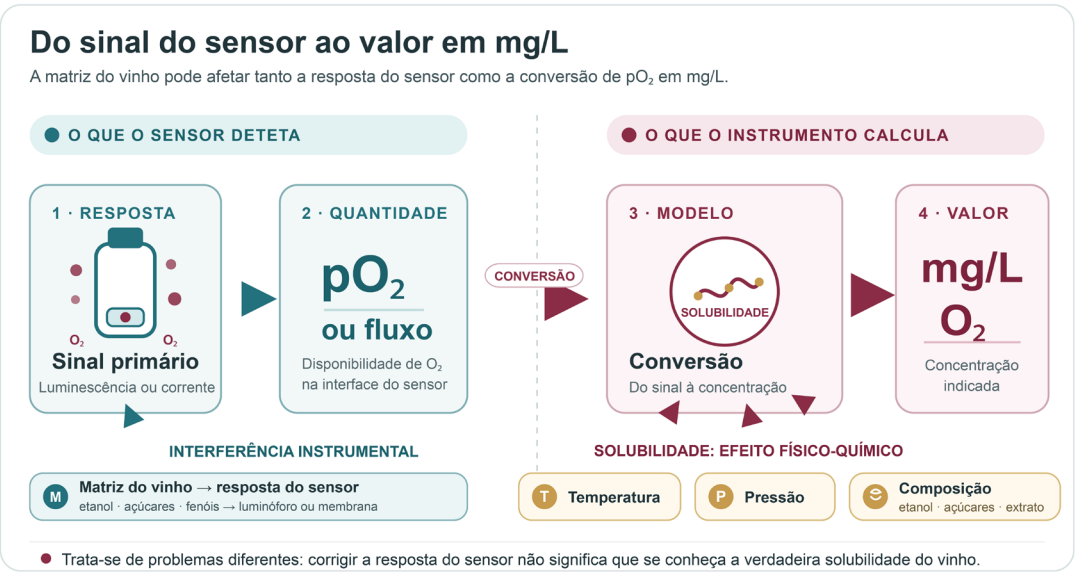


FIGURA 1. A matriz pode afetar tanto a resposta do sensor como a conversão de pO_2 em mg/L.



FIGURA 2. Os valores em mg/L são úteis num contexto controlado; fora desse contexto, requerem informação adicional.

No entanto, o luminóforo continua a responder ao oxigénio no seu ambiente imediato, e o software necessita de um modelo para expressar essa resposta como uma concentração em massa. Uma maior precisão e repetibilidade não corrigem a solubilidade desconhecida do vinho.

Podemos obter um valor mais estável sem o tornar mais universal. A precisão e a validade interpretativa são questões diferentes.

Então, devemos deixar de utilizar mg/L?

Não. Os valores em mg/L são úteis para acompanhar um vinho em condições fixas e alterações relativas.

Utilize-os com precaução ao comparar matrizes, instrumentos ou laboratórios; em cálculos estequiométricos ou estimativas das necessidades de SO_2; e ao interpretar uma única leitura como se o vinho estivesse em equilíbrio.

Uma proposta simples para melhores medições na adega

Para compreender de onde provém o número e quando é válido, registe o seguinte sempre que o instrumento o permitir:

- **A leitura nativa.** pO_2, hPa ou percentagem de saturação, para além de mg/L.
- **Temperatura real e pressão absoluta.**
- **Calibração e modelo.** Registe os valores utilizados para converter pO_2 em mg/L, mantendo-os separados da compensação instrumental para os componentes da matriz.
- **A matriz.** Identifique o vinho, o teor alcoólico, os açúcares, o extrato e outros fatores relevantes.
- **Contexto da medição.** Registe onde e quando a medição foi efetuada, o tempo de estabilização, a agitação, o espaço de cabeça e se o vinho estava a absorver ou a consumir oxigénio.

Se o instrumento apresentar apenas o valor em mg/L, a medição continua a ser útil para controlo interno, desde que o instrumento e o protocolo se mantenham constantes. Não atribua ao resultado uma universalidade que o procedimento não possa garantir.

Uma única leitura reflete o equilíbrio momentâneo entre a entrada e o consumo de oxigénio. Em estudos de processo, a evolução da pO_2—a sua inclinação, tempo de esgotamento ou área sob a curva—diz-nos frequentemente mais do que um único valor. Os valores em mg/L continuam a ser úteis como expressão operacional dentro de um modelo conhecido e de um conjunto de condições[7].

Conclusão

A questão não é se os medidores de oxigénio modernos medem bem, mas sim o que significa o número no ecrã.

No vinho, os valores em mg/L resultam de uma conversão que depende da composição, da temperatura, da pressão e do modelo de solubilidade. A possível interferência da matriz com o sensor acrescenta um efeito distinto. Ambos devem ser avaliados de forma independente.

Registar o sinal nativo e o contexto da medição, bem como prestar atenção à cinética, torna o controlo do oxigénio mais transparente, comparável e útil para as decisões da adega. ■

Agradecimentos: Os autores agradecem sinceramente a Alex Schulkin, investigador do Australian Wine Research Institute, pela sua ajuda inestimável na tradução dos artigos em língua russa que constituem uma parte importante desta revisão.

Fonte: Extraído do artigo de investigação "Reassessing dissolved oxygen measurement in wines: Physicochemical and metrological limitations of mass-based reporting" (Food Chemistry, 2026).

1 Nevares, I., & del Alamo-Sanza, M. (2026). Reassessing dissolved oxygen measurement in wines: Physicochemical and metrological limitations of mass-based reporting. *Food Chemistry, 527*, 150953. Advance online publication. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2026.150953

2 del Alamo-Sanza, M., Pando, V., & Nevares, I. (2014). Investigation and correction of the interference of ethanol, sugar and phenols on dissolved oxygen measurement in wine. *Analytica Chimica Acta, 809*, 162–173. https://doi.org/10.1016/j.aca.2013.11.053

3 Manuilova, T. A., Lipits, B. V., & Sokolova, A. F. (1970). Determination of oxygen solubility in wine at various temperatures. *Sbornik Nauchno-Issledovatel'skikh Rabot, Moldavskii NII Pishchevoi Promyshlennosti, 10*, 64–71. (In Russian).

4 Fal'kovich, Y. E., Moditis, I. Z., & Gun'ko, G. P. (1976). Limit solubility of oxygen in wines. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii. Pishchevaya Tekhnologiya, 2*, 32–34. (In Russian).

5 Moditis, I. Z., Strukova, V. E., & Fal'kovich, Y. E. (1977). Maximum solubility of atmospheric oxygen in wine. *Vinodelie i Vinogradarstvo SSSR, 4*, 15–18. (In Russian).

6 Datunashvili, E. N., Ezhov, V. N., Ledenkova, T. P., Kozlovskii, Y. V., & Ananchenkova, G. M. (1979). Effect of basic constituents of wine on the solubility of atmospheric oxygen. *Vinodelie i Vinogradarstvo SSSR, 4*, 56–59. (In Russian).

7 del Alamo-Sanza, M., Sánchez-Gómez, R., Martínez-Martínez, V., Martínez-Gil, A., & Nevares, I. (2021). Air saturation methodology proposal for the analysis of wine oxygen consumption kinetics. *Food Research International, 147*, 110535. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110535

Este trabalho encontra-se publicado com a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional.