

Nome da autora: Milena Adorno

Série em 2026: (X)3ª; ()2ª ou anterior

Colaboradoras do experimento e do texto: Livia Frasseto, Beatriz Veregue, Ana Carolina Vaz e Lindsay Terssariol.

Título da redação: Fotocatálise: a luz alternativa para limpeza de águas de irrigação.

No século hodierno, os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) que foram elaborados pela ONU em 2015 auxiliam o mundo a pensar e desenvolver ações para manter o equilíbrio entre paz e prosperidade, considerando como desafio a diminuição de atividades humanas que aumentam o aquecimento global (1). Porém, podemos observar que o Brasil vem sofrendo alguns problemas relacionados à efetiva execução de algumas das ODS, em especial com o Objetivo de Desenvolvimento Sustentável número 12 devido ao desmatamento de áreas florestais e uso hiperbólico dos recursos naturais (2).

O objetivo 12 aborda os padrões de produção e de consumo sustentáveis com foco na gestão e uso eficiente dos recursos naturais (3). Nesse contexto, podemos ver que a ausência de implementação de técnicas agrícolas sustentáveis no Brasil estão contaminando drasticamente os recursos naturais, principalmente a água e o solo, com o consumo exagerado de agrotóxicos e substâncias utilizadas nas agroindústrias (4) (5).

Pensando na participação na Olimpíada de Química, nós, estudantes de escola pública de ensino integral com habilitação no curso técnico de Agronegócio, escolhemos a ODS 12, cujo objetivo é assegurar padrões de consumo e produção sustentáveis para preservar recursos naturais, reduzir pela metade o desperdício global de alimentos e gerir resíduos de forma ambientalmente saudável até 2030 (6). Assim como decidimos explorar o ODS 5 - Igualdade de gênero, pois consideramos uma pesquisa realizada por mulheres que utilizam energia solar para descontaminação de água (7). Tal pesquisa, liderada por uma professora do Instituto Federal de Ipatinga (MG), inspirou nosso experimento para elaboração deste artigo. Ao pensarmos na igualdade de gênero, estamos também enaltecendo nosso estudo no curso técnico em Agronegócio, uma área de atuação que em sua maioria possui meninos e homens como engenheiros e agrônomos. Enquanto estudantes de escola pública nos empenhamos em ocupar esses espaços tanto como alunas de agronegócio como também fazendo ciência na participação da OQSP 2026.

Segundo o IBGE, as mulheres no Brasil já superam os homens em anos médios de estudo e esse avanço já reflete nas práticas do campo (8) (14). A presença feminina na agronomia e no agronegócio brasileiro vem crescendo de forma consistente e transformadora. Dados do Censo da Educação Superior de 2023 mostram que cerca de 55% dos estudantes na graduação de agronomia no país são mulheres, enquanto que na pós-graduação em ciências agrárias elas representam aproximadamente 50% dos pesquisadores. No mercado de trabalho, o IBGE aponta que as mulheres correspondem a 30% da força de trabalho em cargos técnicos e gerenciais no setor agropecuário, ocupando cada vez mais posições de liderança e inovação em fazendas, cooperativas e startups de agrotecnologia. Além de impulsionar a economia, a presença feminina contribui para diversidade, sustentabilidade e inclusão, mostrando que o agronegócio também floresce com o olhar feminino (9).

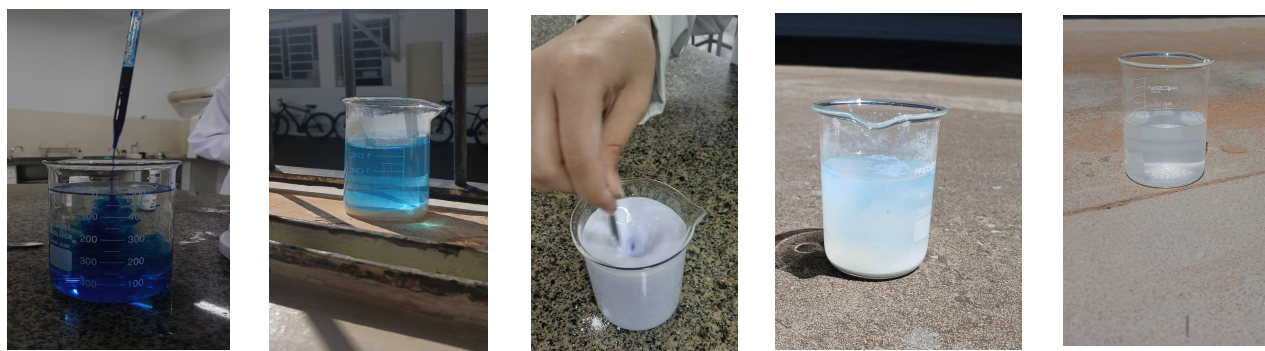
Diante disso, decidimos executar um experimento para verificarmos o mecanismo de ação da reação fotocatalítica na limpeza da água simulando a realização do tratamento de resíduos poluentes que são descartados nas águas. O objetivo é experimentar o método desenvolvido nas plantações para reúso da água de irrigação (10). Com auxílio da professora de química da nossa escola, fizemos uma pesquisa sobre experimentos que poderiam limpar a água de resíduos causados pela indústria de forma sustentável. Para estudarmos essa alternativa, executamos dois experimentos: no primeiro, utilizamos o reagente óxido de zinco (ZnO) como semicondutor e observamos sua ação na água com azul de metileno. O segundo experimento foi feito com dióxido de titânio (TiO₂) na mesma metodologia experimental, entretanto, não obtivemos resultados satisfatórios e por este motivo, não vamos discuti-lo nesse texto.

Os procedimentos metodológicos foram realizados utilizando 500 mL de água destilada com $\text{pH} = 6$. Para corrigir o pH da água utilizamos bicarbonato de sódio até alcançar $\text{pH} = 7$. O semicondutor foi pesado e 0,5 g de óxido de zinco foram dissolvidos em 500mL de água destilada.



Imagens 1 e 2. A esquerda o béquer com 500 mL de água destilada corrigida o pH . À direita a mistura com óxido de zinco. Autora e colaboradoras do experimento.

Transferimos a solução para dois recipientes - um béquer e um erlenmeyer de 250 mL cada. Foram pipetados nos dois recipientes 5 mL de azul de metileno a 3%. O béquer foi exposto ao sol durante as aulas do dia - entre 11h às 14h e de vez em quando nossas colaboradoras do experimento mexiam a solução exposta ao sol para acelerar a reação. O erlenmeyer foi deixado dentro do laboratório de Química para ser o controle. O procedimento teve como objetivo verificar a mudança de cor de uma solução contendo óxido de zinco e sua ação por fotocatalise, técnica que vem sendo utilizada como alternativa no tratamento de efluentes (10). Nas imagens a seguir, temos os procedimentos realizados nas dependências do Laboratório de Química da EE. Prof. Amílcare Mattei, Marília/SP com supervisão da professora de Química da nossa escola.



Imagens 3, 4, 5, e 7. À esquerda a solução com azul de metileno a 3% seguida da foto do béquer teste na janela do Laboratório a solução teste descolorando. Após a homogeneização e o béquer teste nos resultados finais. Autora e colaboradoras do experimento.

De acordo com Oliveira (2022) à medida que um semicondutor recebe fótons com energia igual ou superior à de seu *band gap*, os elétrons em sua banda de valência saltam para a sua banda de condução, gerando dois sítios, um sítio redutor, com excesso de carga negativa, e simultaneamente gera um sítio oxidante com sobra de elétrons. Nesses sítios, compostos adsorvidos na superfície do catalisador, água, hidroxilas superficiais, compostos orgânicos e inorgânicos, por exemplo, podem interagir por reações de redução e oxidação (10).

Nosso semicondutor foi o óxido de zinco (ZnO), um óxido iônico que ao reagir com água, forma soluções mais ácidas (11). Foi o que verificamos no nosso experimento, pois foram feitas medições de pH com fita indicadora universal.

Vamos discutir nossos resultados. Começamos compreendendo e explicando as reações químicas envolvidas, considerando:

1- Ativação: O fóton atinge o zinco

$\text{ZnO} + h\nu \rightarrow e^-$ (banda de condução) + h^+ (banda de valência)

2 - Formação de Radicais: ocorre a oxirredução

OXIDAÇÃO ganha elétrons: h^+ (banda de valência) + $\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{OH}^\cdot + \text{H}^+$ (Radical Hidroxila)

REDUÇÃO perde elétrons: $e^- + \text{O}_2 \rightarrow \text{O}_2^\cdot$ (Radical Superóxido)

3 - Degradação do Corante: os radicais formados atacam poluentes orgânicos como corantes (Azul de Metileno) assim como pesticidas ou fármacos até sua completa desmineralização, o que descolore a solução.

A reação ocorre começando pelo salto de energia que acontece quando a luz solar atinge o pó de ZnO, ela fornece energia para os elétrons saltar da banda de valência para a banda de condução. O resultado desse salto são os radicais livres ($\text{OH}^\cdot$ e $\text{O}_2^\cdot$). Eles agem como “tesouras químicas” extremamente agressivas. Eles não selecionam o que vão atacar, apenas quebram qualquer ligação de carbono que encontram pela frente. O azul de metileno só é azul porque possui uma cadeia longa de ligações duplas alternadas (10). Quando os radicais do ZnO quebram a primeira dessas ligações, a molécula perde a capacidade de interagir com a luz visível, e a cor desaparece em torno de dois a três dias, mesmo que a reação total ainda leve mais algumas horas. Com o ZnO, será possível notar que, após um ou duas horas de sol, a solução parece levemente mais “leitosa” do que no início. Isso acontece porque o próprio ZnO reage com os buracos (h^+) e se dissolve na água na forma de íons Zn^{2+} (10). A primeira tentativa o óxido de zinco decantou e a água ficou incolor, porém o pH da água estava 6, o que não é adequado para o uso na irrigação de uma plantação por exemplo pelo alto nível de acidez. Quando tentamos corrigir o pH da água com sulfato de alumínio $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ e hidróxido de sódio (soda cáustica NaOH), ela acabou ficando esbranquiçada e com pH 4. Descartamos pelo alto nível de acidez (11). Na segunda tentativa, obtivemos o mesmo resultado que na primeira vez, porém para corrigir usamos o bicarbonato de sódio (NaHCO_3), que resultou em um pH 7. Tal procedimento foi replicado seguindo roteiro elaborado por nossa professora de Química.

Os radicais formados são extremamente reativos. Eles atacam as ligações químicas da molécula de Azul de Metileno. Ao quebrar essas ligações, a molécula perde a capacidade de refletir a cor azul, tornando-se água, gás carbônico e sais minerais inofensivos ideal para a irrigação em solos em recuperação (10). O desmatamento das áreas florestais é uma das oportunidades que esta técnica pode ser aplicada como proposta de solução. O bioma brasileiro Cerrado vem sendo principalmente alvo de agricultores para ampliar as áreas de pastagem e cultivo, porém essas práticas podem trazer impactos irreversíveis no meio ambiente, como a perda da biodiversidade e a degradação do solo que afetam gravemente o brotamento de novos recursos naturais (4). A técnica que experimentamos pode vir a ser uma alternativa para a irrigação de plantações e correção de pH para solos alcalinos (12).

Em suma, podemos observar a negligência e a inoperância da sociedade agrícola, do Governo Federal, do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente dos Recursos Naturais (IBAMA) e do ICMBio com o cenário que se encontra a ODS 12 no Brasil. Para que o número de desmatamento diminua, o uso irresponsável se torne consciente e a sustentabilidade continue ampliando, o governo federal deve implementar, juntamente com o IBAMA, medidas protetivas para aumentar o número de áreas protegidas legalmente de 8,21% para no mínimo 15,68% e a obrigação de todas as empresas agroindustriais nacionais terem hábitos de produção e consumo sustentáveis com os bens naturais (13).

Nós aprendemos que existem várias formas de limpar a água e que a falta de cuidado e preocupação com o planeta nos dias atuais vem impactando o meio ambiente. Inovar com técnicas

que utilizam recursos sustentáveis demonstra que a Química possui papel fundamental para nos auxiliar na recuperação e manutenção dos nossos recursos.

Também foi importante para nossa vivência participar da Olimpíada de Química de 2026 com experimento e inspiração de mulheres na Ciência. Os objetivos que escolhemos nos ajudaram a valorizar a presença feminina na Ciência.

REFERÊNCIAS

- (1) https://brazil.generation.org/news/afinal-o-que-sao-os-objetivos-de-desenvolvimento-sustentavel/?gad_source=1&gad_campaignid=22580778702&gbraid=0AAAAABKnmgA6tFD5rD5XBW0bg6JJySEpb&gclid=Cj0KCQjw7ljOBhDyARIsAFzrWQzniVVvVGfvPKAcYPtYEKUeDTBwLjVEYNnbe91Bs-FDn62N5k172d8aApR4EALw_wcB
- (2) <https://news.un.org/pt/story/2025/10/1851314>
- (3) <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs/12>
- (4) <https://brasilecola.uol.com.br/geografia/o-desmatamento.htm>
- (5) <https://www.terra.com.br/planeta/poluicao-da-agua-tipos-causas-e-consequencias,9cd6882170758c5a695b495f092fc6beiam2u4hi.html>
- (6) <https://brasil.un.org/pt-br/134649-reduzir-o-desperd%C3%ADcio-de-alimentos-%C3%A9-uma-das-maneiras-mais-f%C3%A1ceis-de-diminuir-o-impacto#:~:text=Reduzir%20o%20desperd%C3%ADcio%20de%20alimentos,As%20Na%C3%A7%C3%B5es%20Unidas%20no%20Brasil>
- (7) [Pesquisa do IFMG Ipatinga utiliza energia solar para descontaminação da água | Portal Diário do Aço](#)
- (8) <https://aprotagonista.canalrural.com.br/curiosidades/mulheres-do-agro-tem-maior-escolaridade-que-homens/>
- (9) https://www.unirv.edu.br/ver_noticias.php?codabr=19756
- (10) <https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/34629/1/Fotodegrada%C3%A7%C3%A3oCoranteAzul.pdf>
- (11) https://repositorio.ufpb.br/jspui/bitstream/123456789/25024/1/TCC_FINAL_MARIA_EDUARDA2022.pdf
- (12) https://repositorio.ufpb.br/jspui/bitstream/123456789/25024/1/TCC_FINAL_MARIA_EDUARDA2022.pdf
- (13) [Desmatamento, garimpo e mais: veja os principais desafios do governo Lula no meio ambiente | G1](#)
- (14) <https://www.terra.com.br/planeta/poluicao-do-solo-tipos-causas-e-consequencias-para-o-meio-ambiente,965ae75ae82057b013410808c56f1ab3hbblm59p.html>