



Educação Ambiental em Diálogo com
Ensino de Química na Terra do Basalto
44º EDEQ - 4º Profquisul
NOVA PRATA/RS

Terapia fotodinâmica: as reações fotoquímicas como possibilidade para o Ensino de Química

*Muriel Belo Pereira (PG), Gerson Geraldo Homrich Cavalheiro (PQ), Bruna Adriane Fary-Hidai (PQ)

muriel.belo@hotmail.com.

Palavras-Chave: Fotoquímica; Química; Câncer

Área Temática: Alfabetização Científica

Resumo: O presente estudo busca dissertar acerca da Terapia Fotodinâmica, a fim de explorar a reação fotodinâmica como possibilidade de abordagem no Ensino de Química, com a finalidade de promover a Alfabetização Científica, a Educação em Saúde e a interdisciplinaridade. Nesse contexto, o texto tem cunho descritivo e qualitativo ao se aprofundar na Terapia Fotodinâmica, enquanto um tratamento menos invasivo quando comparado com a radioterapia, quimioterapia e procedimentos cirúrgicos. Com isso, a temática possibilita criar espaços que fomentem o senso crítico em relação a assuntos que impactam a sociedade e a Educação em Saúde.

INTRODUÇÃO

O câncer é um problema de saúde pública, tanto nacional quanto global, uma vez que a tendência é que uma parte da população tenha ou venha a ter algum tipo de câncer (Inca, 2022). Deste modo, além de discutir políticas públicas, há um compromisso social e educacional para compreender os possíveis tratamentos, proporcionando melhor entendimento e conhecimento sobre o assunto, formando indivíduos mais críticos em relação ao meio em que vivem.

O termo “câncer” se refere a um grande número de doenças relacionadas a algum tipo de mutação genética no ácido desoxirribonucleico (DNA) das células. A partir do DNA é possível obter informações, passadas pelos cromossomos, quanto ao funcionamento da célula. O DNA é um polímero que apresenta dupla hélice formada por fosfato, açúcar (desoxirribose) e bases nitrogenadas, sendo estas a adenina, guanina, citosina e timina.

O processo de formação do câncer, denominado carcinogênese ou oncogênese, ocorre como uma sequência de três estágios: estágio de iniciação, estágio de promoção e estágio de progressão. No primeiro estágio, o DNA sofre a ação dos agentes cancerígenos, que provocam modificações, deixando as células “iniciadas”. No segundo estágio, com a exposição contínua aos agentes cancerígenos, a célula é transformada em célula maligna. No último estágio, ocorre a multiplicação descontrolada e irreversível das células alteradas.

Os agentes cancerígenos, que podem afetar os tecidos do corpo humano e desencadear o processo de formação do câncer, são substâncias de diversas

APOIO

Sociedade Brasileira de
Ensino de Química





Educação Ambiental em Diálogo com
Ensino de Química na Terra do Basalto
44º EDEQ - 4º Profquisul
NOVA PRATA/RS

naturezas. Exemplos desses agentes incluem os elementos químicos arsênio (As) e o radônio (Rn) e as substâncias orto-toluidina e benzeno.

Além destes exemplos, há o fumo, que segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS), é responsável por 71% das mortes por câncer de pulmão e 42% das doenças respiratórias crônicas (Inca, 2022). O cigarro (tabaco) libera na fumaça aproximadamente 4.700 substâncias tóxicas, incluindo monóxido de carbono, amônia, cetonas e formaldeído. Contudo, ele contém também nicotina, um alcalóide do grupo orgânico das aminas, que é uma substância responsável pelo vício em fumo. Quando se fuma, a nicotina é absorvida pelos pulmões e entra na corrente sanguínea, alcançando o cérebro na região responsável pelo prazer e recompensa, devido à ação dos neurotransmissores chamados dopamina.

No que se refere aos tratamentos para o câncer, os principais métodos empregam: quimioterapia, radioterapia e cirurgia. A quimioterapia consiste no tratamento de algumas doenças por meio de substâncias químicas que afetam o funcionamento celular. Na quimioterapia, são utilizadas substâncias antineoplásicas, que são fármacos capazes de inibir e destruir células malignas. Nesse tratamento, é comum o uso de complexos metálicos, como a cisplatina e a carboplatina, que são quimioterápicos, derivados da platina (Pt).

A radioterapia, por sua vez, consiste em um tratamento em que radiações ionizantes são utilizadas como fonte de energia para destruir células tumorais ou impedir sua multiplicação. A operação cirúrgica é um tratamento que envolve a remoção do tumor por meio de intervenção cirúrgica. Além desses tratamentos, existe a Terapia Fotodinâmica (TFD), utilizada para o tratamento de câncer de pele, oncológicos e microbiológicos. Este procedimento terapêutico é menos invasivo e clinicamente aprovado, destacando-se pela diminuição e/ou ausência de efeitos colaterais, como a queda de cabelo decorrente da quimioterapia, e por seu custo relativamente baixo, tornando-o acessível a segmentos menos favorecidos.

As questões socioculturais envolvendo o câncer podem ser exploradas no Ensino de Química ao trabalhar os aspectos químicos da Terapia Fotodinâmica, que se revela como uma ferramenta poderosa para o desenvolvimento crítico dos cidadãos diante da ciência e sociedade. Compreender a ciência como uma linguagem para interpretar o mundo natural é essencial, conforme destacado por Chassot (1993).

O presente trabalho tem como objetivo dissertar acerca da Terapia Fotodinâmica, enquanto um exemplo de reação fotodinâmica e explorar a temática no Ensino de Química, com a finalidade de promover a Alfabetização Científica, a Educação em Saúde e a interdisciplinaridade.

METODOLOGIA

APOIO

Sociedade Brasileira de
Ensino de Química





Educação Ambiental em Diálogo com
Ensino de Química na Terra do Basalto
44^º EDEQ - 4^º Profquisul
NOVA PRATA/RS

Este trabalho foi pensado e elaborado durante uma disciplina dentro da Pós-Graduação, na qual o intuito da disciplina consiste na realização de seminários por parte dos Mestrandos e Doutorandos sobre temas relacionados à Química, desta forma, foi pensado em articular Terapia Fotodinâmica com o Ensino de Química.

Assim, este trabalho adota uma abordagem descritiva e qualitativa, com foco na análise da Terapia Fotodinâmica a partir de uma perspectiva Química. Para isso, são discutidos seus principais componentes, o funcionamento da reação fotodinâmica e sua relevância no ensino de Química, com o objetivo de facilitar a compreensão do fenômeno e promover sua contextualização em sala de aula.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Terapia fotodinâmica (TFD), também conhecida pelo seu nome em inglês, Photodynamic Therapy (PDT), é um procedimento que funciona por meio de uma reação fotoquímica. Nesse método, uma substância fotossensibilizadora (Fs) é ativada pela luz visível (Lago, 2021). Esta reação produz radicais livres, que causam danos severos às células cancerígenas, levando à morte celular.

Este tratamento foi aprovado pela Food and Drug Administration (FDA), a agência reguladora de medicamentos e alimentos dos Estados Unidos, que é equivalente à Anvisa no Brasil. No Brasil foi aprovado desde 2006 para cânceres de pele não melanoma, como o carcinoma basocelular e o carcinoma espinocelular.

No início do século XX relatou-se a primeira descrição científica de tratamento fotodinâmico. Este evento ocorreu em Munique, quando Oscar Raab, um estudante de medicina orientado pelo professor Herman Von Tappeiner, observou que certos comprimentos de onda de luz eram letais para paramécios expostos à acridina e a alguns outros corantes (Sellera; Gargano; Pogliani, 2014). Em 1901 o doutor alemão Hereon Henrian Von Tappeiner descobriu que o oxigênio era necessário para o desenvolvimento da resposta das reações mediadas pela luz, assim criando o termo "terapia fotodinâmica", conhecido até os dias atuais, para descrever esse procedimento (Peng; Moan; Nesland, 1996; Allison *et al.*, 2004; Babilas *et al.*, 2005).

As primeiras experiências externas para a aplicação do efeito fotodinâmico no tratamento de tumores em humanos foram realizadas utilizando corantes de eosina como fotossensibilizadores e uma fonte de luz branca. Este método ainda é aplicado principalmente no tratamento de cânceres superficiais e não agressivos, como câncer de pele, câncer de boca e câncer do colo do útero.

APOIO

Sociedade Brasileira de
Ensino de Química





Educação Ambiental em Diálogo com
Ensino de Química na Terra do Basalto
44^º EDEQ - 4^º Profquisul
NOVA PRATA/RS

Este tratamento é projetado para ser seletivo, visando principalmente células cancerígenas devido à maior absorção do fotossensibilizador por essas células e ao ambiente tumoral frequentemente hipóxico, o que favorece a geração de Reactive Oxygen Species (ROS). O mecanismo envolvido trata-se de uma reação Química fotodinâmica, que inicia com a absorção da luz pelas moléculas do fotossensibilizador no tecido alvo, desencadeando então uma série de reações fotoquímicas que levam à geração dos ROS, espécies reativas de oxigênio (Rocha, 2015).

Existem elementos essenciais para realizar a Terapia Fotodinâmica, sendo os Agentes fotossensibilizadores, a qual o Fotossensibilizador (Fs) é uma substância não tóxica capaz de absorver luz, desempenhando um papel fundamental na TFD. Esses fotossensibilizadores são compostos orgânicos que atuam como fármacos fotoativos. O mecanismo subjacente do Fs na TFD envolve a interação da luz com o fotossensibilizador e o oxigênio, o que resulta na formação de radicais livres. Esses radicais livres causam danos severos às células cancerígenas.

Algumas das características ideais do Fs consistem: no alto rendimento quântico para produzir o oxidante melhor do que o oxigênio singleto e uma forte absorção na região do vermelho do espectro visível ou infravermelho (600-1000 nm); baixa toxicidade; ser estável e solúvel nos fluidos corporais e entrega fácil no alvo por injeção ou aplicação tópica; ser excretado ou eliminado do corpo após a conclusão do tratamento (Lago, 2021).

Dentre os grupos de fotossensibilizadores os mais utilizados na literatura são as fenotiazinas, que são compostos químicos que pertencem ao grupo dos derivados de fenotiazina, uma estrutura tricíclica com dois átomos de enxofre. As principais fenotiazinas utilizadas como fotossensibilizadores na TFD são os corantes de Azul de Toluidina e Azul de Metileno. Os principais grupos de Fs constam na Tabela 1.

Tabela 1: Principais grupos de fotossensibilizadores para Terapia fotodinâmica

Fotossensibilizador
Fenotiazinas: Azul de Metileno e Azul de Toluidina
Clorinas e Bacterioclorinas
Ftalocianinas
Porfirinas
Corantes: Rosa Bengala, Eosina, Eritrosina, Carcumina, Verde Malaquita

Fontes de energia também são essenciais, a escolha das fontes de luz depende do Fs que será utilizado na Terapia Fotodinâmica, e vice-versa. Essas fontes podem ser categorizadas em três grupos: as lâmpadas de amplo espectro, lâmpadas de diodo e lasers, em contrapartida, “A ação destes aparelhos

APOIO

Sociedade Brasileira de
Ensino de Química





Educação Ambiental em Diálogo com
Ensino de Química na Terra do Basalto
44º EDEQ - 4º Profquisul
NOVA PRATA/RS

depende fundamentalmente do espectro de emissão, da irradiância, da distribuição espacial da luz e da potência do aparelho” (Torezan; Niwa; Festa Neto, 2009, p. 448).

Dentre essas fontes de luz, os lasers são os mais utilizados, principalmente para as lesões mais espessas, a luz vermelha, que inclui o comprimento de onda de 635 nm, é frequentemente usada (Rkein; Ozog, 2014, p. 417). Com isso, este comprimento de onda tem como alvo a última banda-Q. Somando-se a isso, o Fs tem que estar presente na área alvo e a luz também deve iluminar toda a área (Lago, 2021).

No campo do Ensino de Química, as discussões sobre o câncer e seus tratamentos podem estar relacionadas às questões sociocientíficas (QSC), uma vez que elas, “(...) incluem discussões, controvérsias e temas que impactam a sociedade” (Bordinhon; Rozentalski, 2023, p. 314). As questões sociocientíficas visam a aprendizagem da ciência (conteúdo, processos e natureza), desta forma, o desenvolvimento cognitivo, social, político, moral e ético dos cidadãos são competências essenciais para promover uma cidadania ativa e responsável.

A temática proporciona ainda trabalhar com a Alfabetização Científica (AC), visto que este tema permite a compreensão dos conhecimentos científicos gerados por pesquisadores e químicos em laboratórios, sendo essenciais para promover a Educação em Saúde. Nesta perspectiva, a AC emerge como um aspecto relevante para promover abordagens educacionais mais engajadas (Chassot, 2003, p. 91) e comprometidas com a sociedade atual, pensando em uma educação que se responsabilize por abordar conhecimentos produzidos pela Química. Segundo Miller (1996), a AC deveria ser vista como um nível de compreensão da ciência e tecnologia necessário ao indivíduo para atuar como cidadão na sociedade. Desta forma, ser alfabetizado cientificamente significa entender “a Ciência como uma linguagem para facilitar nossa leitura do mundo” (Chassot, 2010, p. 61).

Em suma, a AC tem por objetivos aprender ciências, aprender a fazer ciências e aprender sobre ciências. Portanto, essas discussões favorecem a interdisciplinaridade, que vai além de incluir conhecimentos de duas ou mais disciplinas, mas em abordar saberes que se complementam para discutir um mesmo tema, como por exemplo, os tratamentos contra os cânceres, a qual para se compreender como funciona, requer entender aspectos da Biologia, Bioquímica, Farmácia e da Química.

Há décadas que autores como (Santos; Schnetzler (1996) apontam que temáticas que envolvem o estudo sobre o campo da saúde contribuem para os processos de ensino e aprendizado no Ensino de Química, uma vez que “A função do Ensino de Química deve ser a de desenvolver a capacidade de tomada de decisão, o que implica a necessidade de vinculação do conteúdo



Educação Ambiental em Diálogo com
Ensino de Química na Terra do Basalto
44^º EDEQ - 4^º Profquisul
NOVA PRATA/RS

trabalhado com o contexto social em que o aluno está inserido” (Santos; Schnetzler, 1996, p. 28).

Desta forma, a TFD e a reação fotodinâmica, possibilita trabalhar com uma perspectiva de Educação em Saúde (ES). A Base Nacional Comum Curricular (BNCC), um documento normativo das redes dos currículos escolares de ensino de Educação Infantil, Ensino Fundamental e Ensino Médio, contém habilidades que abordam questões relacionadas à Educação em Saúde, em que os objetivos estão relacionados com a conscientização dos alunos para com o direito à saúde, além de promover a busca pela compreensão de seus condicionantes e capacitá-los para possíveis medidas de proteção e recuperação da saúde.

Uma das habilidades abordadas no campo da saúde na BNCC envolve o Ensino Médio de primeiro e terceiro ano da Ciências da Natureza, com a habilidade 104 (EM13CNT104), que menciona (Brasil, 2018, p. 555).

“Avaliar os benefícios e os riscos à saúde e ao ambiente, considerando a composição, a toxicidade e a reatividade de diferentes materiais e produtos, como também o nível de exposição a eles, posicionando-se criticamente e propondo soluções individuais e/ou coletivas para seus usos e descartes responsáveis”. (Brasil, 2018, p. 555).

Somando-se a isso, junto com a Educação em Saúde pode-se atrelar o objetivo 3 “boa saúde e bem-estar” dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), o qual tem o intuito de assegurar uma vida saudável e promover o bem-estar para todas e todos, em todas as idades. Um dos seus vários objetivos específicos é o 3.9 que refere-se que até 2030 pode-se reduzir substancialmente o número de mortes e doenças por produtos químicos perigosos, contaminação e poluição do ar e água do solo. Um exemplo de substâncias que se pode reduzir, para diminuir enfermidades e até mesmo mortes, é o fumo, seja em cigarros convencionais ou eletrônicos, este último cada vez mais consumido por jovens.

Nesta perspectiva, há possibilidade de trabalhar no Ensino Médio, junto ao conteúdo de Cinética Química, as reações fotodinâmicas por meio de experimentos práticos. Um exemplo é o uso de corantes como o Azul de Metileno, disponível em farmácias, combinado com LEDs e análises quantitativas, conforme sugerido por (Silva, *et al.*, 2018), no qual mostra uma atividade experimental para demonstrar os princípios da atividade fotodinâmica, explorando como agentes fotossensibilizadores e luz podem ser usados para induzir reações químicas específicas, especialmente em contextos biológicos e terapêuticos. Este exemplo apresenta uma metodologia detalhada para um experimento demonstrativo sobre atividade fotodinâmica.

APOIO

Sociedade Brasileira de
Ensino de Química





Educação Ambiental em Diálogo com
Ensino de Química na Terra do Basalto
44º EDEQ - 4º Profquisul
NOVA PRATA/RS

No contexto do Ensino Superior, é possível abordar as reações fotoquímicas na disciplina de Físico-Química, uma vez que, essas reações fotoquímicas são mencionadas em um capítulo de Cinética Química do livro “Físico - Química” (Atkins; Paula, 2018) onde consta que “[...] as reações fotoquímicas levam as leis de velocidade, que geram constantes de velocidade e medidas quantitativas da eficiência com a qual a energia radiante induz as reações” (Atkins; Paula, 2018, p. 435). Com isso, na reação fotodinâmica, a cinética Química é relevante para compreender como a luz interage com os reagentes para formar determinado produto.

Há exemplos de trabalhos que abordaram a compreensão da fotoquímica (Tran *et al.*, 2020), em que apresentam uma configuração fotoquímica simples, eficaz e acessível para realizar espectroscopia de absorção transitória em tempo real após excitação eletrônica *in situ*. A proposta foi desenvolvida por uma equipe composta por quatro estudantes de graduação em Química da Universidade de Louisiana em Lafayette.

Esta configuração consiste de um espectrofotômetro UV-vis; uma fonte de luz LED; uma cubeta de quartzo de 1,00 mm e um cartão branco para alinhamento de luz, para se realizar uma radiação ideal, e o espectrofotômetro está interligado a um computador, que gerava os espectros de absorvância coletados em função do tempo e usados para construir curvas cinéticas.

Nesta proposta a equipe de quatro estudantes de graduação trabalharam no projeto, na montagem da configuração experimental e na coleta de dados experimentais e teóricos. No experimento foram preparadas as soluções de fenol (PhOH) e oxi-benzona (2-hidroxi-4- metoxibenzofenona) (OB), foram preparadas em hexano em concentrações de 5,03 mM e 66 mM, respectivamente, com essas concentrações molares, além de uma cubeta com comprimento de percurso de 1,00 mm. Os espectros de absorção à temperatura ambiente foram registrados para ambas as soluções usando um espectrofotômetro UV-vis com uma cubeta de quartzo. Esse trabalho obteve vários resultados, um deles são as ótimas concentrações para as quais a absorvância da amostra foi abaixo de 1,0.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conclui-se que os professores de Química e Biologia podem utilizar dessas discussões para abordar as técnicas de tratamento de câncer, conceitos de espectroscopia e fotoquímica ou demais assuntos que envolvem a área da Biologia.

Salienta-se que a Terapia Fotodinâmica como uma abordagem promissora para o ensino e aprendizagem de Química, pois possibilita trazer aos estudantes uma ciência que foque em questões sociocientíficas. Isso visa

APOIO

Sociedade Brasileira de
Ensino de Química





Educação Ambiental em Diálogo com
Ensino de Química na Terra do Basalto
44º EDEQ - 4º Profquisul
NOVA PRATA/RS

capacitar os estudantes a se tornarem cidadãos críticos em relação aos assuntos que impactam a sociedade e a Educação em Saúde.

REFERÊNCIAS

ALLISON, R. et al. Photosensitizers in clinical PDT. **Photodiagnosis and Photodynamic Therapy**, v. 1, p. 27-42, 2004.

ATKINS, P. W.; DE PAULA, J. **Físico-Química**, 10. ed. LTC Editora: São Paulo, 2018. v. 2.

BABILAS, P. et al. Photodynamic therapy in dermatology—an update. **Photodermatology, photoimmunology & photomedicine**, v. 21, n. 3, p. 142-149, 2005.

BRASIL. MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, 2018.

BORDINHON, E. V.; ROZENTALSKI, E. F.. Questões Sociocientíficas no Ensino de Química: O Episódio da Fosfoetanolamina. **Revista Debates em Ensino de Química**, v. 9, n. 4, p. 309-324, 2023.

CHASSOT, A. Alfabetização científica: uma possibilidade para a inclusão social. **Revista brasileira de educação**, p. 89-100, 2003.

CHASSOT, A. **Alfabetização científica**: questões e desafios para a educação. 5. ed. Ijuí: Editora UNIJUÍ, 2010.

CHASSOT, A. **Catalisando transformações na educação**. Ijuí: Editora Unijuí, 1993.

LAGO, A. D. N. **Laser na Odontologia**: conceitos e aplicações. São Luís: Edefma, 2021. 315 p. ISBN 978-65-86619-81-2. E-book.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. Secretaria Nacional de Assistência à Saúde. INCA. CONTAPP. **INCA estima 704 mil casos de câncer por ano no Brasil até 2025**. Rio de Janeiro: INCA, 2022.

APOIO

Sociedade Brasileira de
Ensino de Química





Educação Ambiental em Diálogo com
Ensino de Química na Terra do Basalto
44º EDEQ - 4º Profquisul
NOVA PRATA/RS

PENG, Q.; MOAN, J.; NESLAND, J. Correlation of subcellular and intratumoral photosensitizer localization with ultrastructural features after photodynamic therapy. **Ultrastructural pathology**, v. 20, n. 2, p. 109-129, 1996.

RKEIN, A.; OZOG, D. Terapia fotodinâmica. **Clínicas dermatológicas**, v. 32, n. 3, p. 415-425, 2014.

ROCHA, L. G. B. Development of a novel photosensitizer for photodynamic therapy of cancer. 2016. Tese de Doutorado. Universidade de Coimbra (Portugal).

SANTOS, W. L. P.; SCHNETZLER, R. P. Função social: o que significa ensino de química para formar o cidadão. **Química nova na escola**, v. 4, n. 4, p. 28-34, 1996.

SELLERA, F. P.; GARGANO, R. G.; POGLIANI, Fabio Celidonio. Terapia fotodinâmica: revisão de literatura. **Revista de Educação Continuada em Medicina Veterinária e Zootecnia do CRMV-SP**, v. 12, n. 1, p. 5-13, 2014.

SILVA, A. C. P. et al. Atividade fotodinâmica e conceitos: um experimento demonstrativo. **Química Nova**, v. 41, n. 6, p. 706-712, 2018.

TOREZAN, L.; NIWA, A. B. M.; FESTA NETO, C.. Terapia fotodinâmica em dermatologia: princípios básicos e aplicações. **Anais Brasileiros de Dermatologia**, v. 84, p. 445-459, 2009.

TRAN, J. B. et al. Affordable setup for studying photochemistry in action in undergraduate teaching laboratories: principles and applications. **Journal of Chemical Education**, v. 97, n. 8, p. 2203-2211, 2020.

APOIO

Sociedade Brasileira de
Ensino de Química

