



UnB
UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
INSTITUTO DE QUÍMICA

Atila Albuquerque Costa de Melo

**BIOLUMINESCÊNCIA, UMA TRANSPOSIÇÃO
DIDÁTICA**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Brasília – DF

1.º/2020



UnB
UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
INSTITUTO DE QUÍMICA

Atila Albuquerque Costa de Melo

**BIOLUMINESCÊNCIA, UMA TRANSPOSIÇÃO
DIDÁTICA**

Trabalho de Conclusão de Curso em Ensino de Química apresentado ao Instituto de Química da Universidade de Brasília, como requisito parcial para a obtenção do título de Licenciado em Química.

Orientador: Ricardo Gauche

1.º/2020

DEDICATÓRIA

A Deus, por tudo o que fez em minha vida, por me conceder a graça de ser tão abençoado. Dedico esse trabalho em especial aos meus pais, a o Sr. Francisco e a Sra. Zenaide, por toda a luta e por terem me dado força, vocês dois são o melhor presente que Deus poderia ter me dado nessa vida, quero agradecer por tudo o que já fizeram por mim.

Quero agradecer também a meus avós, em especial ao senhor Geovanni Dantas Melo, pessoa pela qual tenho profunda admiração e inspiração, dizer a esse senhor que todo seu difícil trabalho durante a vida valeu a pena, dizer OBRIGADO por tudo. Gostaria de deixar uma frase que sempre carrego comigo, que me motiva a sempre buscar pelo melhor, de forma honesta e com muito esforço, do escritor Euclides da Cunha:

- O SERTANEJO É, ANTES DE TUDO, UM FORTE.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao professor Ricardo Gauche por ter me orientado nesse trabalho, por toda a paciência e dedicação, me ajudando bastante. Também agradeço ao professor Roberto Ribeiro da Silva, o Bob, por toda a ajuda e ideias.

Agradeço em especial ao professor Marcelo Oliveira Rodrigues, por todo apoio dado a mim durante esse difícil período de graduação, por ter acreditado em mim quando nem eu mesmo acreditava, por ter me dado tantas oportunidades e sempre ter me ajudado. Quero dizer ao querido professor Marcelo, vulgo *Zohio*, que esse é somente o início de uma longa jornada, que estou com disposição para enfrentar inúmeros desafios, que tenho infinito ânimo para contribuir com o avanço das ciências.

Quero agradecer a Deus também por ter colocado tantas adversidades em meu caminho, pois através delas cresci bastante, em todos os sentidos.

Quero agradecer a todos os meus amigos, por tudo. Quero dizer que amo cada um de vocês, do meu jeito esquisito, mas que amo cada um de vocês! Agradeço também a todos do melhor laboratório do Instituto de Química, o LIMA. Agradeço em especial a professora Ingrid Weber e a todos amigos do laboratório, por toda a paciência e disposição.

Agradeço também a todos os funcionários da Universidade de Brasília, em especial aos colaboradores do Restaurante Universitário por todo serviço de excelente qualidade prestado.

SUMÁRIO

Introdução.....	7
Transposição Didática e Ensino de Química.....	9
Bioluminescência, um tema relevante, um pouco da História	14
Bioluminescência, Conceitos Associados	17
Bioluminescência, uma Proposta de Transposição Didática	19
Considerações Finais.....	21
Referência.....	22
Apêndice.....	24

RESUMO

A sociedade contemporânea está inserida em um ambiente com diversos problemas naturais, em grande parte provocados por ações antrópicas. O ensino de química mostra-se uma importante ferramenta na compreensão desses fenômenos, pois através dos conceitos colocados para os alunos em sala de aula é possível pensar em soluções para problemas que afetam a todos. A transposição didática é um importante aliada nesse sentido, pois pode proporcionar, através de etapas, a transposição do conhecimento científico para a sala de aula de maneira simples e didática, fornecendo ao professor ferramentas que podem auxiliá-lo no processo de ensino, como é o caso de hipertextos, quadrinhos etc. Prender a atenção dos alunos, de forma a despertar neles uma curiosidade a respeito dos fatos é essencial quando se tem por objetivo a resoluções de problemas, auxiliando não somente na formação acadêmica, mas também contribuindo para a criação de posicionamento crítico por parte do discente no convívio em sociedade. O contato do jovem com a ciência, principalmente no ensino médio, é de extrema importância para seu futuro, e o ensino de química tem papel crucial, podendo inspirar e auxiliar os jovens. A bioluminescência é um fenômeno de rara beleza, e nesse contexto pode contribuir no desenvolvimento da aprendizagem.

Palavras-chaves: Ensino de Química, Transposição Didática, Bioluminescência.

INTRODUÇÃO

O surgimento da vida no planeta Terra data de milhões de anos e uma de suas principais características é a evolução dos mais diversos organismos, tais como: fungos, insetos e bactérias. Com o intuito da sobrevivência, a adaptação desses organismos ao meio ambiente teve como uma de suas principais características o fenômeno da Bioluminescência, que é descrita, como o “processo de emissão de luz fria e visível por organismos vivos com função de comunicação biológica” (VIVIANI e BECHARA, 2008, p. 24).

Conhecer as diferentes estruturas dos organismos e o processo pelo qual a emissão de luz ocorre é fundamental para o entendimento do fenômeno da bioluminescência e de sua importância para a manutenção para a vida. O uso de uma linguagem simples e direcionada para o ensino de química com o tema bioluminescência é um desafio interessante, uma vez que a utilização de conceitos científicos como os de oxidação e redução, pH e emissão de luz podem ser explorados sob essa perspectiva. Para isso, o emprego de um instrumento chamado “transposição didática” mostra-se promissor. Pois segundo Chevallard:

Um conteúdo de saber que tenha sido definido como saber a ensinar, sofre, a partir de então, um conjunto de transformações adaptativas que irão torna-lo apto a ocupar um lugar entre os objetos de ensino. O trabalho que faz um objeto de saber a ensinar, um objeto de ensino, é chamado de **transposição didática**. (CHEVALLARD, 1991, p. 39).

A linguagem utilizada por cientistas e pesquisadores é, muitas vezes, complexa e de difícil compreensão por parte dos estudantes do ensino médio. Nesse sentido, a produção de um texto didático, que aborde o tema Bioluminescência se faz necessária. A transposição didática engloba ainda as características das escolas e dos alunos, onde o conhecimento científico sofre processos de transformação de seu conteúdo com o objetivo de tornar seu objeto de ensino compreensível em seus variados níveis, uma vez que o tema em destaque a ser ensinado não perca a sua essência e principais características, e que não distorça o que de fato está sendo ensinado.

Um outro aspecto muito importante que também pode ser discutido em sala de aula é o potencial de interdisciplinaridade com outras disciplinas, principalmente a biologia.

A principal característica de uma transposição didática é utilizar o saber científico, que é aquele usado em centros de pesquisas, principalmente em universidade e adaptá-lo em um saber a ser ensinado, onde as pessoas possam entender o que está sendo posto. Diante desse olhar, o papel do professor é fundamental.

A produção do texto também auxilia o professor a desenvolver uma aula mais dinâmica, com uma abordagem simples sobre o tema. Muitos livros do ensino médio não têm uma base teórica sólida sobre bioluminescência, de forma que, a escassez em livros didáticos sobre o tema se torna algo relevante, pois é possível abrir novas possibilidades para os alunos expandirem seu conhecimento.

A velocidade na qual o mundo globalizado, caracterizado pela troca constante de informações, avança no sentido de desenvolvimento de tecnologias em seus diferentes âmbitos, é marcada pelo avanço do conhecimento e pela troca de ideias, aliadas a pesquisas e experimentações. Nesse sentido, Pais (2011, p. 17) afirma que “a transposição didática pode ser entendida como um caso especial de transposição dos saberes, sendo esta entendida no sentido da evolução das ideias, no plano histórico da produção intelectual da humanidade”.

A produção de textos e artigos científicos a respeito de transposições didáticas sobre muitas áreas do conhecimento não se limitam somente a essas produções citadas. Com o objetivo de atrair cada vez mais a atenção dos alunos e de pessoas interessadas no tema, outras formas de transposições podem ser feitas. Um exemplo de ferramenta usada em transposições didáticas bastante difundida é a produção de textos em formas de quadrinhos animados e a produção de hipertextos. O presente trabalho traz, além do texto informativo, um hipertexto em seu apêndice, construído de maneira clara e concisa, cujo principal objetivo é atrair a curiosidade do aluno e servir de suporte para explicar da melhor maneira possível o assunto.

TRANSPOSIÇÃO DIDÁTICA E ENSINO DE QUÍMICA

Os diversos ramos dos conhecimentos científico produzidos em inúmeros polos de pesquisas, tais como institutos federais, universidades e centros de estudos, sofrem mudanças significativas até serem transpostos para alunos em um ambiente escolar. Nessa perspectiva, a transposição didática possui papel essencial, uma vez que a análise de como esse processo ocorre e todas as suas características são fundamentais para uma compreensão abrangente de sua importância na sociedade. Nesse sentido, Nehring (2002, p. 3) afirma que “as transformações sofridas por determinado elemento do conhecimento, ao sair do ambiente científico até se tornar objeto de ensino, são denominadas de transposições didáticas”.

Uma vez que o conhecimento científico possui uma base concreta, realizada em centros de pesquisa, a linha de raciocínio comum de que o que está sendo posto em sala de aula nada mais é do que uma simplificação do conteúdo científico em si, não se faz eficiente, pois segundo Chavelard,

Os objetos designados a ensinar não poderiam ser analisados como uma simplificação dos objetos mais complexos, originados na comunidade dos cientistas. Eles são o resultado de uma construção qualitativamente diferente. Um objeto a ensinar é consequência de uma história particular, sendo o resultado de um tratamento didático que obedece a restrições específicas. (DUPIN; JOSHUA, 1993, p. 194, citado por NEHRING *et al.*, 2002, p. 3).

Em uma perspectiva de ensino de Ciências, é possível observar que já existem muitas concepções por parte dos alunos a respeito de diversos temas, e o papel de transformar essas concepções já existentes junto a conceitos científicos em ideias fundamentadas em dados concretos fica ainda mais evidente, pois serve como padrão para a produção de conhecimento. Segundo Marlene,

A observação da natureza permite ao cientista criar modelos e teorias que devem ser testados, por meio de experimentos ou simulações, para conhecer a extensão da aplicabilidade da teoria desenvolvida. Portanto, a ciência não é algo neutro e acabado, mas construída socialmente e em constante evolução, já que alguns modelos teóricos se apresentam com determinadas limitações na explicação do observado macroscopicamente, exigindo que novos modelos e

leis sejam elaborados para explicar além das limitações. (MELO; NETO, 2013, p. 112).

Partindo do ponto de que o futuro é construído pelas gerações que se sucedem ao longo do tempo, a importância de produções com base científica fica ainda mais clara, pois já é possível observar casos diversos, em todo o planeta, de informações que são disseminadas sem nenhum conhecimento científico, as chamadas *fake news* (notícias mentirosas, falsas). O papel do professor é bastante valioso nesse processo, pois ele pode ser o intermediador dessa gama de informações, e é possível mudar concepções e ideias errôneas que podem ter severas consequências a longo, médio e curto prazo.

A convivência cotidiana dos cidadãos em sociedade acrescenta a eles, informações que podem ser frutos de dezenas de anos de vivência, que são repassadas de maneira oral. Essas informações que são transmitidas, em muitas situações são valiosas e são representações concretas e significativas no mundo real. Porém, em muitos casos podem conter erros, e a escola é determinante para a solução desse problema. Pois, “o processo de ensino-aprendizagem é problematizado, visando a construção de metodologias que permitam a apropriação de conceitos científicos por parte dos alunos, a partir de diferentes enfoques construtivistas” (LOPES, 1999, p. 201).

A transposição didática tem um papel essencial nesse sentido, pois seguindo a lógica de construção de um conhecimento a ser ensinado em um ambiente de aprendizagem, segundo Forquin,

A compreensão de que a educação escolar não se limita a fazer uma seleção entre o que há disponível da cultura num dado momento histórico, mas tem por função tornar os saberes selecionados efetivamente transmissíveis e assimiláveis. Para isso exige-se um exaustivo trabalho de organização, de reestruturação ou de transposição didática, propriamente dita. (FORQUIN, 1993, p. 16, citado por LOPES, 1999, p. 206).

Seguindo a linha de raciocínio de que a problematização do processo de ensino-aprendizagem segue uma lógica temporal, em que novos conceitos são introduzidos de acordo com o avanço da tecnologia e das pesquisas, o corpo de um determinado texto, de um assunto que é abordado, não sofre alterações significativas em suas características principais, sendo o principal papel da transposição didática o de colocar o conteúdo de maneira clara e direta para que esse mesmo possa ser analisado. O que ocorre na maioria das vezes é que um processo em que a transposição de determinado tema para o contexto escolar tem os elementos do

conhecimento suprimidos e outros colocados, mas sempre mantendo suas características principais, de modo a não deturpar nenhuma linha de raciocínio.

O conhecimento transposto em sala de aula sofre diversas influências pelos mais variados grupos que cercam o ambiente escolar, desde o ambiente familiar, até a comunidade em que a escola está situada. Segundo Nehring *et al.* (2002, p. 3), “esse grupo é chamado de *noosfera* e é composto principalmente por pesquisadores ou cientistas, autores de livros didáticos, o poder político, os especialistas e os professores”.

O círculo no qual se insere essa comunidade possui influência direta no sistema didático, fazem parte do ambiente no qual são trocadas experiências sobre ensino, de modo que a construção de um pensamento crítico a respeito da realidade dos alunos, e a maneira pela qual são afetados, se faz presente. O desenvolvimento de um julgamento crítico em relação ao mundo atual por parte dos discentes é muito importante, e o potencial que esse sistema apresenta em relação ao desenvolvimento de soluções relacionados a problemas enfrentados pelas pessoas em comunidade sobre inúmeras situações é essencial.

Dessa forma, o processo educacional não cabe exclusivamente a escola, uma vez que o ambiente no qual o aluno está inserido não se restringe exclusivamente ao escolar. O papel da família e da comunidade é fundamental nesse sentido. A importância que cada um desses segmentos possui é muito relevante, de modo que a independência que pode ser adquirida pelo estudante em relação ao conhecimento e como ele é construído faz com que o pensamento crítico e a formação de opiniões sejam cada vez mais significativas.

Os conflitos de ideias postos em sala de aula e vividos diariamente em uma comunidade servem como uma espécie de ligação entre o mundo real e o que é colocado como objeto de aprendizagem. A maioria dos livros didáticos traz em seu escopo ilustrações e situações problemas que englobam conflitos vivenciados pela sociedade, como por exemplo poluição, desmatamento e outros, nas quais são postos para os estudantes de modo a despertar sua curiosidade sobre o que realmente ocorre no mundo exterior ao da sala de aula. A maioria dos problemas que estão em volta dos alunos possui um potencial de aplicação e de exploração quando se tem em mente a questão do debate de soluções com base em conceitos científicos, e o papel do professor nesse meio é fundamental, pois além de intermediador, esse pode apresentar soluções antes nunca vistas e que tenha base concreta.

“A transposição didática permite a distinção de três estatutos ou patamares de saber: o saber sábio, o saber a ensinar e o saber ensinado” (NEHRING *et al.*, 2002, p. 4). Uma vez que

a transposição didática possui essa espécie de divisão, é possível caracterizar cada uma delas e relacioná-las com o processo de aprendizagem, uma vez que, segundo Nehring,

O saber sábio é constituído pelo produto da atividade científica. Os cientistas pertencem ao grupo que produz e determina o saber sábio. Para que um conteúdo do saber sábio se torne um conteúdo do saber a ensinar, ou seja, um conteúdo de ensino, ele passa por alterações nada simples, que são determinadas inicialmente por uma lógica conceitual originada no interior do saber sábio. (NEHRING *et al.*, 2002, p. 4).

O saber a ensinar é, dentre essas 3 divisões, aquele que tem uma maior relevância, uma vez que a complexidade de como determinado assunto é posto em sala de aula para os discentes, torna-se um objeto de estudo que necessita ser explorado. “O fato de um saber a ensinar estar presente ou definido nos manuais e livros didáticos, nas propostas curriculares ou nos planos de ensino não é garantia de que ele chegue, necessariamente, até o aluno” (NEHRING *et al.*, 2002, p. 4). A complexidade de como a relação professor – aluno é dada varia de acordo com cada situação, sendo necessária a ação conjunta de todo o ambiente que cerca o aluno, desde o ambiente escolar até o familiar.

Nesse panorama, o saber ensinado compreende toda a *noosfera* que cerca o aprendiz, e todas as suas características, de modo que para fazer um levantamento e posteriormente apresentar soluções que contribuam para o aperfeiçoamento do processo de aprendizagem, se faz necessário levar em consideração todos os seus detalhes. Esse “é definido pela possibilidade de um controle social e legal da aprendizagem” (NEHRING *et al.*, 2002, p. 4). Dessa forma, o conteúdo posto pelo mesmo precisa,

Ser potencialmente ensinável, ou seja, pelo menos teoricamente, pode ser aprendido pelo aluno a que se destina. Para o entendimento deste requisito são levadas em consideração a faixa etária dos alunos, a especificidade do curso e da disciplina escolar dos quais fará parte. (NEHRING *et al.*, 2002, p. 4).

O saber ensinado também é altamente influenciado pelas decisões pessoais tomadas pelo professor. “A maneira pela qual o conteúdo é abordado, além das ferramentas utilizadas, tais como: listas de exercícios, avaliações, entre outras, depende exclusivamente do professor” (NEHRING *et al.*, 2002, p. 4). Nessa etapa, em que entra a formação do profissional de educação e seu relacionamento com os alunos, é possível observar também a evolução da turma em relação ao que está sendo abordado.

Para relacionar o mundo real com conteúdo a ser transposto, do berço científico, para a sala de aula, podem ser utilizadas idealizações. Segundo Bunge,

A conquista conceitual da realidade começa com as idealizações. Esta conquista ocorre quando, pela classificação de traços comuns, estabelece-se o objeto-modelo, ou modelo conceitual de uma coisa ou de um fato e se atribui a ele propriedades possíveis de serem tratadas por teorias. A construção de uma teoria do objeto-modelo implica na construção de um modelo teórico. (BUNGE, 1974, p. 13, citado por NEHRING, 2002, p. 5).

As inúmeras situações enfrentadas pelas pessoas têm um potencial de contextualização grande e que pode ser abordado em sala de aula. Associar problemas reais com conceitos científicos, desde o momento da concepção desses conteúdos em um ambiente científico, até a transposição para a sala de aula pode ser benéfico. Por outro lado, é necessário ter uma atenção especial de como esse processo é posto, pois, segundo Mortimer, “Na maior parte das vezes, os processos de mediação didática têm distorcido o conhecimento científico, veiculando erros conceituais e visões de ciência conservadoras e equivocadas” Mortimer (1998, p. 13, citado por LOPES, 1999, p. 216).

BIOLUMINESCÊNCIA, UM TEMA RELEVANTE, UM POUCO DA HISTÓRIA

O avanço da tecnologia proporciona a humanidade uma fonte de conforto que aumenta com o passar dos anos, e nessa perspectiva a ciência tem um papel preponderante, pois o conhecimento produzido e organizado é disperso para várias partes do mundo. A compreensão das origens e futuras perspectivas do conhecimento acumulado é essencial para o entendimento do atual convívio entre as pessoas, de maneira que é possível prever o futuro, de forma a tornar mais benéfico a convivência em sociedade.

O equilíbrio ecológico é fundamental para a vida, e a compreensão dos processos naturais é muito importante para a ciência, pois os modelos naturais podem servir de inspiração para um convívio equilibrado e harmônico. Nesse aspecto, é possível destacar os papéis que a luminescência possui, pois ela “é definida como a emissão de radiação eletromagnética, por moléculas, de comprimento de onda que vão do ultravioleta ao infravermelho, e a depender da excitação, é subdividida em: quimiluminescência, bioluminescência, fotoluminescência e etc” (BECK, 1990, p. 62, citado por SOUZA, 1992, p. 200).

O processo de luminescência é observado há muito tempo pelos seres humanos, e muitos séculos atrás, ainda de acordo com Souza (1992, p. 200), “Aristóteles (384-322 a.C.) descreveu de Anima, a bioluminescência de fungos e bactérias em peixes mortos”. O fenômeno da bioluminescência também era observado por outros povos ao redor do mundo, e na China, por volta de 1000 a.C. de acordo com Roda (2011, p. 5), “um imperador Chinês tinha uma pintura de um boi que achava ser mágica, pois brilhava ao pôr do sol. Era uma gravura que tinha como base uma substância desconhecida a época que emitia uma forte radiação”. No continente americano também existem relatos de substâncias naturais que emitiam uma luz de cor brilhante, como é o caso dos povos Maia. De acordo com o folclore, o vagalume tinha um papel especial na religião e o reconhecimento a esse animal era estampado em vasos de cerâmicas, onde ficavam evidente todo o trabalho realizado. Essa é antiga lenda do “Popol Vuh”.



Figura 1. Popool Vuh. Fonte: Roda (2011, p. 5).

Ainda de acordo com o passar dos anos e avanço das ciências, na Europa do século 17, segundo Roda (2011), o cientista e professor Vincenzo Cascariolo (Bologna, 1571 – 1624) também fez contribuições significantes com o princípio da bioluminescência, ao estudar a emissão persistente de um mineral que emitia uma luz que durava um período superior a 3 horas.



Figura 2. Fonte: Roda (2011, p. 11).

Na medida em que o tempo avançava, a curiosidade das pessoas seguia a mesma proporção, e o papel da ciência despontava. Diversas explicações para os mais diferentes

acontecimentos naturais eram propostas, em todos os campos, e as discussões sobre esses assuntos ganhavam cada vez mais adeptos mundo a fora, o que resultou em avanços.

Na atualidade, inúmeras pesquisas relacionadas a bioluminescência ganham destaque no cenário internacional. Dentro disso, é possível destacar o brilhante trabalho do professor e pesquisador Osamu Shimomura que,

Descobriu a Proteína Fluorescente Verde, e que possui inúmeras aplicações nos mais variados campos de pesquisa, tais como marcadores de expressão gênica em células, tecidos e organismos vivos. “Pode-se marcar, por exemplo, células cancerígenas com a proteína e posteriormente pela fluorescência o processo de metastização do câncer em modelos animais”. (VIVIANI V.; BECHARA, E.J. Um Prêmio Nobel por uma Proteína Brilhante; Química Nova, v. 30, p. 24-26, 2008).

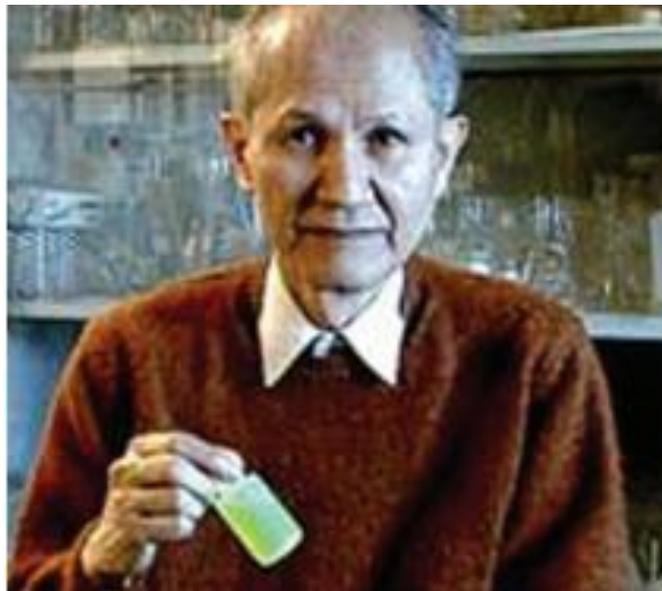


Figura 3. Viviani e Bechara (2008, p. 24).

A relevância de trabalhos como os do professor Shimomura, indicam o alto grau de importância de pesquisas e trabalhos desenvolvidos com a bioluminescência. No atual contexto em que se insere a sociedade, onde o futuro parece ser uma incógnita com perspectivas desagradáveis, a importância de se incentivar estudos e discussões a respeito do tema despontam como uma ferramenta promissora na busca de soluções de problemas e demonstração do organismo sustentável que é a natureza, onde a engrenagem pode servir de exemplos para adaptações na melhoria da vida da população.

BIOLUMINESCÊNCIA – CONCEITOS ASSOCIADOS

A observação dos vários comportamentos da natureza sempre despertou a curiosidade das pessoas, e com o passar dos anos, foram colocadas muitas ideias com o objetivo de explicar tais comportamentos. O procedimento de emissão da luz sempre foi um grande desafio, e ao longo do tempo, inúmeras teorias foram surgindo para explicar o fenômeno. Nesse contexto, ganham destaque os papéis dos modelos atômicos. A proposta do trabalho é apresentar uma complementação para a explicação do conceito de luz a partir dos modelos atômicos, utilizando o aspecto biológico.

Continuando com o conceito de luz, a “luminescência pode ser, a depender da forma de excitação, subdividida em Quimiluminescência e Bioluminescência” Beck (1990, p. 62). As diversas aplicações da quimiluminescência na sociedade evidenciam toda a importância de estudos realizados com esse material, como por exemplo o luminol, na área de investigação policial. A principal característica desse processo é “a dissipação de energia excedente de uma molécula em um estado eletronicamente excitado singlete ou tripleto, na forma de calor ou excitação rotacional ou vibracional” (SOUZA, 1992, p. 200).

O mecanismo, segundo Koo (1990, p. 62, citado por SOUZA, 1992, p. 201) é descrito como “O produto excitado ao retornar ao estado fundamental, emite fótons, caracterizando a quimiluminescência direta ou poderá transferir sua energia para uma outra molécula, sendo então quimiluminescência indireta”.



Figura 4. Santos e Santos (1993, p. 201).

A bioluminescência também possui aplicações importantes na solução de problemas que assolam a sociedade, tais como a marcação de células, aplicação industrial e efeitos decorativos, além de ter suas principais características associadas aos animais. De acordo com Souza,

Determinados organismos vivos, diante da necessidade de reprodução predação ou sobrevivência, proporcionam a natureza, espetáculos característicos que envolvem percepção dos sentidos, força e habilidade com extraordinária originalidade. Dentre esses espetáculos encontra-se a bioluminescência, definida como emissão luminosa decorrente de reações catalisadas por enzimas com auto rendimento quântico. Apresentando rara beleza e elevada sensibilidade, este fenômeno está presente desses seres unicelulares até seres superiores, porém é desconhecido em mamíferos, anfíbios répteis e plantas superiores. (SOUZA, 1992, p. 203).

O principal sistema bioluminescente estudado por cientistas e interessados no assunto é o vagalume. Tendo destaque também os crustáceos e bactérias marinhas. De acordo com Okada, De Luca, Sliger e Kirk-Othmer,

No vagalume, a produção de luz requer a presença da luciferase e tendo como cofator a luciferina, há a conversão desta em luciferil adenilato. Depois da emissão, o complexo dissocia-se para formar a enzima AMP (Monofosfato de Adenosina), dióxido carbono e oxiluciferina. O CO₂ é derivado do grupo carboxila na luciferina. A reação quando realizada em laboratório, apresenta atividade máxima em pH 7,8 a 25°C". Muitas espécies de vaga-lumes assemelham-se no uso da mesma luciferina, porém a cor da luz emitida pode ser diferente devido as variações na estrutura molecular das luciferases. O comprimento de onda máximo é também alterado pela mudança no pH, força iônica, temperatura e a presença de cloreto de zinco ou cádmio. A luz emitida, chamada de luz fria, pois praticamente não dissipa calor, é mais eficiente que o sol e muitas máquinas construídas pelo homem (Eficiência: energia/massa). O rendimento quântico desses sistemas é cerca de 88 a 92%. (1974, p. 2771; 1970, p. 40, 1964, p. 52; 1978, p. 416-450, citado por SOUZA, 1992, p. 204).

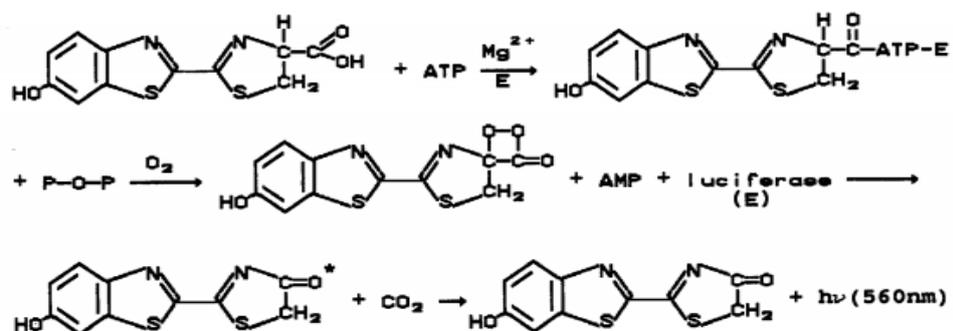


Figura 5. Santos e Santos (1993, p. 204).

BIOLUMINESCÊNCIA, UMA PROPOSTA DE TRANSPOSIÇÃO DIDÁTICA

Através de experiências vividas em sala de aula, foi possível observar uma espécie de apatia dos alunos em relação aos temas sobre luminescência. Tanto na forma como são abordados pelos livros didáticos, que são poucas, como na forma com a qual é abordada pelos professores. Acredito que uma das principais razões para isso se dá devido à apresentação desses modelos, exatamente como descrevem os livros. Não existe uma abordagem aprofundada sobre o tema. Segundo Melo e Neto,

Especificamente no ensino de química não há uma preocupação com a discussão de como os modelos científicos são construídos e sua importância na compreensão da construção do conhecimento. No máximo, percebe-se uma abordagem equivocada quando da apresentação. No entanto, tal discussão é fundamental, pois a química está baseada em modelos, não somente os atômicos, mas também os moleculares, os de reações, os matemáticos e essa ideia não é contemplada pelo professor, pela maioria dos livros e conseqüentemente, pelo aluno. (MELO; NETO, 2013, p. 112).

A principal proposta deste trabalho de conclusão de curso 2 é a produção de um texto educativo de ensino de química com o tema bioluminescência, que aborde o fenômeno da luz natural, como complementação dos modelos atômicos, esses que explicam desde a origem do átomo e conseqüentemente do elétron, até as suas aplicações na contemporaneidade. A possibilidade de exploração dessa temática com a aplicação da bioluminescência serve como uma maneira de despertar a curiosidade dos alunos, mostrando como os modelos teóricos podem explicar esse fenômeno natural.

Acredito que a melhora na associação do aluno em relação ao mundo macroscópico com o microscópico pode ser melhor explorada com exemplos que os cercam diariamente, com aquilo o que o aluno possa ter algum contato. No caso dos modelos atômicos, pode ser realizada uma associação dos elétrons nos átomos com ligações químicas, por meio da explicação do funcionamento do mecanismo de luminescência do vagalume. A abordagem realizada no texto ao fim do trabalho, nos anexos, com a construção de um texto educativo não terá uma

abordagem aprofundada sobre o mecanismo, e sim a associação dos modelos atômicos com a luz.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O atual contexto da sociedade, principalmente relacionado a pandemia da COVID-19 que assola o mundo inteiro, fazendo milhares de vítimas fatais, faz com que o comportamento das pessoas mude radicalmente, deixando de lado a interação que existia antes, o convívio social, principalmente as relacionadas ao contexto escolar.

O fato da interação que ocorria diariamente em sala de aula estar limitado, faz com que ferramentas de ensino despontem como soluções para esse problema. Dentro disso, é apresentado durante o trabalho realizado um hipertexto, cujo principal conteúdo é o fenômeno da biolumescência, e como é produzida a luz do meio natural, uma vez que esse texto traz uma abordagem não aprofundada sobre o tema, e pode oferecer ao professor uma alternativa para ser utilizada dentro da sala de aula, principalmente por meio digital, como estão ocorrendo as aulas on-line. É muito complexo falar sobre o processo de criação de luz natural sem de fato usar conceitos científicos usados em artigos e produções científicas, e o texto traz uma alternativa principalmente com a utilização de vídeos e organogramas, deixando de lado o aspecto formal e disponibilizando esquemas e figuras cujo principal objetivo prender a atenção dos alunos.

A forma com a qual o conhecimento científico é transposto pelo professor em aula é fundamental para despertar a curiosidade do aluno e posteriormente ensinar os conceitos científicos. A linguagem utilizada é fundamental, uma vez que pegar um assunto científico e leva-lo para as salas de aula não é tarefa fácil, fazendo-se dessa maneira, essencial a produção de alternativas com o objetivo de auxiliar no processo de aprendizagem. A utilização de recursos tecnológicos como datashow e slides pode ajudar bastante no processo, mas o principal objetivo do trabalho realizado é a disponibilização e utilização em um ambiente virtual, principalmente colocando a atual conjuntura em que estamos inseridos, de pandemia.

REFERÊNCIAS

- BIOLUMINESCÊNCIA NA INDÚSTRIA, BRQuality Consultoria e Laboratório, 10 de Outubro de 2019. Disponível em <<https://www.youtube.com/watch?v=gTIPLXuiPFY>> Acesso em 23 de Setembro de 2019.
- BIOLUMINESCÊNCIA PARA BIOSENSORES, Agência de Inovação UFSCar. 18 de Setembro de 2014. Disponível em <<https://www.youtube.com/watch?v=4MxtBHfbV1o>>. Acesso de 22 de Setembro de 2020.
- BIOLUMINESCENCIA, Química a Ciência Global – Arilson Martino. 12 de Março de 2019. Disponível em <<https://www.youtube.com/watch?v=C5k4Eas2oqg>>. Acesso em 24 de Setembro de 2020.
- CHAVES, Lígia; SANTOS, Wildson Luiz Pereira dos; CARNEIRO, Maria Helena. História da Ciência no Estudo de Modelos Atômicos em Livros Didáticos de Química e Concepções de Ciência. **Química Nova na Escola**. Volume 36, Número 04, p. 269-279, Novembro, 2014
- ELIAS, Juliano; CARVALHO, Andréa; MÓL, Gérson. O escorpião fluorescente: Uma proposta interdisciplinar para o Ensino Médio. **Química Nova na Escola**, Volume 39, Número 03, p. 286-290, Agosto, 2017.
- EU AMO CERRADO, Catarse. Brasília. Disponível em <<https://www.catarse.me/euamocerrado>>. Acesso em 08 de Outubro de 2020.
- GARDNER, George. Wikipedia. 23 de Abril de 2019. Disponível em <https://pt.wikipedia.org/wiki/George_Gardner>. Acesso em 15 de Outubro de 2020.
- GUIMARÃES, Maria. Pesquisa Fapesp: Verde, Vermelho ou Amarelo. São Paulo, 13 de Março de 2019. Disponível em <<https://revistapesquisa.fapesp.br/verde-amarelo-ou-vermelho/>> Acesso em 02 de Agosto de 2020.
- LOPES, Alice. **Conhecimento Escolar: Ciência e Cotidiano**. Rio de Janeiro: Editora da Universidade do Estado do Rio de Janeiro, 1999.
- MELO, Mariene; NETO, Edmilson. Dificuldades de Ensino e Aprendizagem dos Modelos Atômicos em Química. **Química Nova na Escola**, Volume 35, Número 02, p. 112-122, Maio, 2013.
- NEHRING, Cátia; SILVA, Cibele; TRINDADE, José; PIETROCOLA, Maurício; LEITE, Raquel; PINEHIRO, Terezinha. As ilhas de racionalidade e o saber significativo: o ensino de ciências através de projetos. **ENSAIO – Pesquisa em Educação em Ciências**, Universidade Federal de Santa Catarina, Volume 02, Número 01; p. 88-93; Março de 2002.
- O INCRÍVEL FENÔMENO DA BIOLUMINESCÊNCIA NO CERRADO – PARQUE NACIONAL DAS EMAS, Guardiões do Cerrado, Brasília. 07 de Abril de 2020. Disponível em <<https://www.youtube.com/watch?v=K-K8Ji2TCQY>>. Acesso em 20 de Outubro de 2020.
- PAULY, Johnny. The Mingau. **A beleza da bioluminescência**, Brasil, 08 de Maio, 2019. Disponível em <<https://www.youtube.com/watch?v=X13VQ5yltag>>. Acesso em 04 de Novembro de 2020.

PESQUISA FAPESP, Verde, Amarelo e Vermelho. São Paulo, 18 de Fevereiro de 2019. Disponível em <<https://www.youtube.com/watch?v=Gby2k3ttNt4>>. Acesso em 15 de Outubro de 2020.

RODA, Aldo. Chemiluminescence and Bioluminescence: Past, Present and Future. Departamento de Ciências Farmacêuticas ,Universidade de Bologna-Alma Mater Studiorum, Bolonha, Itália. Editora Royal Society of Chemistry, 2011.

SANTOS, Roberto; SANTOS, Maiza. Quimioluminescência e Bioluminescência. **Química Nova**. Volume 16, Número 03, p. 200-209, 1993.

VIVIANI, Vadim; BECHARA, Etelvino. Um prêmio Nobel por uma Proteína Brilhante. **Química Nova na Escola**. Número 30, p. 24 -26, Novembro, 2008.

BIOLUMINESCÊNCIA

Proposta de Hipertexto voltado para
Estudantes de Ensino Médio

O que é, história, como
ocorre e principais
aplicações.

Proposição desenvolvida no âmbito do Trabalho de
Conclusão do Curso de Licenciatura em Química da UnB –
TCC 1/2020

ATILA ALBQUERQUE

Bioluminescência: o que é?

Determinados organismos vivos, diante da necessidade de reprodução, predação ou sobrevivência, proporcionam a natureza espetáculos característicos que envolvem a percepção dos sentidos, força e habilidade com extraordinária originalidade. Dentro desses espetáculos encontra-se a **BIOLUMINESCÊNCIA**, definida como emissão luminosa. Apresentando rara beleza e elevada sensibilidade, esse fenômeno está presente desde seres unicelulares até seres superiores.



A **BIOLUMINESCÊNCIA** é o processo de emissão de luz fria e visível por organismos com função de comunicação biológica. Ela ocorre principalmente no ambiente marinho, em organismos como bactérias, algas, celenteradas (entre os quais está a água viva) e peixes, embora também ocorra no ambiente terrestre como em vagalumes e fungos.

Em alguns organismos, a energia das moléculas orgânicas, conhecida como luciferina, é transformada em energia luminosa por meio de uma reação exotérmica que tem como catalisadora a luciferase, substância que varia entre os diversos grupos taxonômicos.

O **cerrado** é o segundo maior bioma brasileiro, cobrindo aproximadamente 1/4 do território brasileiro e abrigando cerca de 1/3 da nossa biodiversidade, sendo que muitas dessas espécies são endêmicas, ou seja, só são encontradas aqui. Exemplo na fauna são as larvas da espécie de vagalume *Pyrearinus Termitilluminans*, que emitem uma **luz verde**, como mostrado na imagem abaixo.

Quer saber mais sobre a bioluminescência? Acesse o [LINK](#)

O vagalume é o sistema bioluminescente mais estudado. Muitas espécies assemelham-se no uso da mesma luciferina, porém a cor emitida pode ser diferente devido as variações na estrutura molecular. A cor também é alterada pela mudança no pH, força iônica, temperatura e etc.



Primeiros Registros

O fenômeno da [luminescência](#) é conhecido pela ciência há muito tempo. Aristóteles (384-322 a.C.) descreveu de “Anima” a bioluminescência de fungos e bactérias, em peixes mortos. Depois, Robert Boyle, na Alemanha, descobriu que o oxigênio estava envolvido no processo bioluminescente. Dubois também contribuiu com seu trabalho de bioluminescência de vaga lumes no século XIX.

Charles Darwin (1809-1882) relatou durante uma de suas viagens quando o navio passava através de uma tempestade, após algumas águas vivas serem capturadas, que o mar foi iluminado por detritos deixados por elas. Ele buscou uma explicação para esses animais na teoria da seleção natural, mas não se encaixava facilmente na explicação.

Quer saber mais sobre a história da Bioluminescência? [LINK](#)

A agricultura é uma área que apresenta um bom potencial para a aplicação da bioluminescência. Em 1986 o laboratório da Dra. Marlene DeLuca em colaboração com K. Wood sintetizou a luciferase *in vitro* de RNA dos vagalumes da espécie *E. Coli*. Seu laboratório obteve a expressão do gene da luciferase e implantou em células de plantas transgênicas. Ao lado uma planta de tabaco com o gene da luciferase. A imagem é um [ícone](#) da engenharia genética. (RODA, Aldo. *Chemiluminescence and Bioluminescence*, 2011, Royal Society of Chemistry, pág. 37).



A bioluminescência está presente na história da humanidade desde os [primórdios](#), sendo encontrados registros principalmente relacionados ao folclore, seja em poemas ou pinturas, dos povos do Japão, Índia, África e também na América central. O registro mais antigo é encontrado na China datando de 1500 a 1000 a.C., onde uma pintura foi produzida a base de vaga lumes e águas vivas. De acordo com as lendas, um imperador Chinês tinha uma tela mágica onde a figura de um boi aparecia ao pôr do sol, esse foi o primeiro caso relatado de substância que era capaz de emitir luz. Atualmente o fenômeno da bioluminescência é bastante estudado e a compreensão de seu funcionamento tem levado a inúmeras aplicações, principalmente em áreas de [pesquisa](#) como medicina, biotecnologia, saúde, [agricultura](#) e alimentos.

No Brasil, um dos primeiros relatos envolvendo a bioluminescência se deu em 1840, do naturalista inglês [George Gardner](#). Ele andava pelo território do atual estado do Tocantins quando avistou crianças brincando, no período noturno, com cogumelos que emitiam uma luz brilhante. Hoje se sabe que eram fungos bioluminescentes da espécie *Neonothopanus Gardneri*, conhecidos como flor de coco.

George Gardner esteve no Brasil de 1836 a 1841, colecionando cerca de 60000 plantas para museus da Inglaterra, tendo passado dois anos no Rio de Janeiro e arredores, viajando depois para Bahia e Pernambuco, onde começou uma viagem pelos sertões do Ceará, Piauí, Goiás e Minas Gerais, regiões pouco conhecidas pelos viajantes europeus.
Fonte: https://pt.wikipedia.org/wiki/George_Gardner

Para saber mais sobre George Gardner acesse: [link](#)

Como acontece o fenômeno?

A produção da luminescência ocorre por meio de uma reação química altamente exotérmica em que a oxidação de uma molécula orgânica, genericamente chamada de luciferina, libera energia preferencialmente na forma de luz visível. Essa reação é catalisada por enzimas genericamente chamadas de luciferases. A natureza química das luciferinas, cofatores e a seqüência e estrutura destas variam de um grupo taxonômico a outro, levando a conclusão que a BIOLUMINESCÊNCIA se originou várias vezes e independentemente durante a evolução.

Reações exotérmicas são as que envolvem liberação de energia para o ambiente.

Para saber mais a respeito da coloração dos vaga-lumes acesse o [LINK](#)



A oxidação ocorre quando uma espécie química perde elétrons para outra, ficando com a carga mais positiva, isto é, seu número de oxidação aumenta.

A estrutura molecular da enzima Luciferase pode variar. Vagalumes da família *Lampyridae* podem ter variações na coloração a depender do pH. A estrutura da Luciferase possui partes que são carregadas e que podem influir na quantidade de água presente no meio. A cor verde está associada a pouca quantidade do solvente. Já fatores como a presença de metais pesados, pH ácido e alta temperatura, interferem na interação eletrostática e permitem a passagem de água e a cor muda para o vermelho.

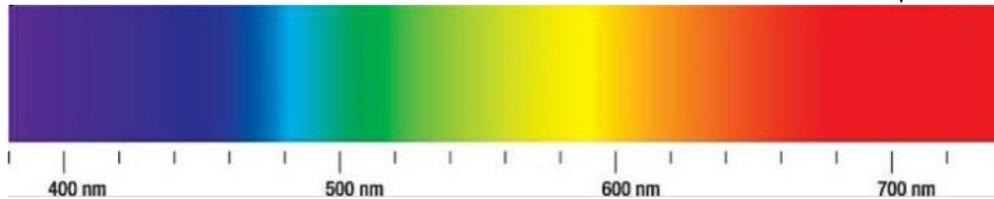
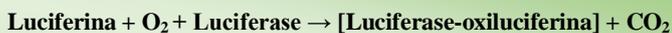


Figura 8 - <https://blog.microbiologics.com>



Nas águas vivas do gênero *Aequorea*, a bioluminescência é em geral verde. Os primeiros estudos mostravam que a ruptura da estrutura celular das lanternas resultava no isolamento de uma luciferase e luciferina que produziam uma coloração azul em vez de verde. Mas um terceiro componente, a proteína fluorescente verde, responsável pela emissão verde foi isolada por Shimomura em 1962. Essa estrutura quando irradiada na faixa do azul do espectro, produz uma luminescência verde intensa, um processo chamado fluorescência.



De onde vêm as cores

Vagalumes da família dos lampírideos só produzem luz verde, mas em tubo de ensaio sua química é versátil

Dentro das células da lanterna no abdonen, a enzima luciferase e a responsável pela bioluminescência, quando seu sítio ativo interage com a substância luciferina

Em condições normais, típicas do interior do corpo, o sítio ativo da luciferase se mantém fechado por pontes eletrostáticas. Quando a luciferina a uma reação de alta energia que resulta na luz verde

Condições com alto teor de cargas positivas, em tubo de ensaio, rompem as pontes, empurram o espaço do sítio ativo e permitem a entrada de água, o resultado é uma reação com energia moderada que produz luz vermelha

Engenharia Genética

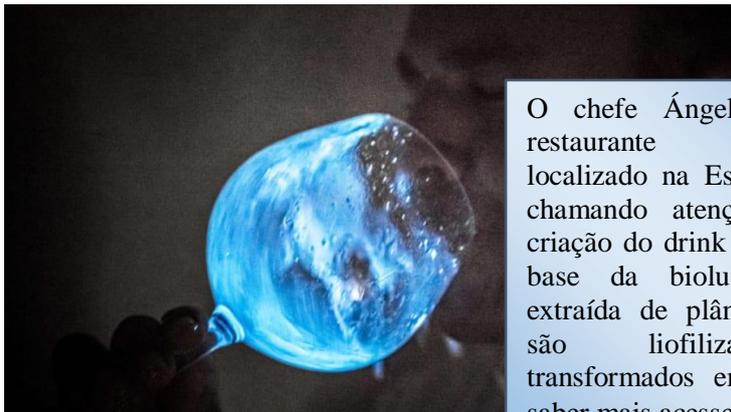
A [GFP](#) tem sido produzida em larga escala e vem sendo empregada como importante marcador de expressão gênica em células, tecidos e organismos inteiros. Genes que conferem uma marcação específica às células são chamados de gene repórter. Existem alguns tipos de genes repórter que conferem marcação como coloração, reação enzimática e luminescência.



Biossensores

A própria enzima, a luciferase, pode ser utilizada como reagente analítico. Essa enzima é capaz de detectar a presença de ATP – adenosina trifosfato, que está presente em quase todas as células, sendo bastante utilizadas em indústrias de alimento e bebidas. Também pode ser utilizada em detecção de toxicidade, como por exemplo, amostra de água poluída. A cor da luz muda de acordo com o pH do meio onde a enzima se encontra, certos metais também podem influenciar na cor da luz. Para saber mais sobre os biossensores e a bioluminescência acesse o [VÍDEO](#).

Principais Aplicações



Gastronomia

O chefe Ángel Leon do restaurante Aponiente, localizado na Espanha, vem chamando atenção com a criação do drink azul feito a base da bioluminescência extraída de plânctons. Eles são liofilizados e transformados em pó. Para saber mais acesse o [LINK](#)

Através da bioluminescência é possível identificar a presença de microorganismos em alimentos, e em superfícies que podem ser fonte de contaminação em alguns produtos. A utilização na bioluminescência na indústria já é utilizada há algum tempo e possui grande eficácia, além de rapidez na determinação de resultados. Como consequência do rápido resultado das análises é possível saber se é possível processar o alimento ou não naquelas condições, se é adequado ou não para o processo. Isso dá uma maior garantia em relação à utilização dos alimentos. São inúmeras vantagens, como a rapidez na determinação de resultados, o método é barato, trazendo um grande retorno financeiro para a indústria e etc.

Para saber mais sobre a bioluminescência na indústria, acesse o [LINK](#)

Indústria de Alimentos

