

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA - UNB  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS – IB

CÁSSIO MOREIRA SANTOS

**Abordagem para o Ensino de Biologia: Introdução ao fenômeno  
do Preparo para o Estresse Oxidativo em Vertebrados**

BRASÍLIA - DF

2019

CÁSSIO MOREIRA SANTOS

**Abordagem para o Ensino de Biologia: Introdução ao fenômeno  
do Preparo para o Estresse Oxidativo em Vertebrados**

Trabalho de Conclusão de Mestrado - TCM apresentado ao Mestrado Profissional em Ensino de Biologia em Rede Nacional- PROFBIO, do Instituto de Ciências Biológicas- IB, da Universidade de Brasília - UnB, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ensino de Biologia.

Área de concentração: Ensino de Biologia

Orientadora: Dra. Élide Geralda Campos

Coorientador: Dr. Marcelo Hermes-Lima

BRASÍLIA - DF

2019

# **FOLHA DE APROVAÇÃO**

**CÁSSIO MOREIRA SANTOS**

Dissertação apresentada ao curso de Mestrado Profissional em Ensino de Biologia em Rede Nacional (PROFBIO), na Universidade de Brasília, Instituto de Ciências Biológicas, para obtenção do título de Mestre em Ensino de Biologia.

## **COMISSÃO EXAMINADORA**

---

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Élide Geralda Campos (Orientadora)

---

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Andreza Fabro de Bem (Membro Titular)

---

Prof.<sup>o</sup> Dr.<sup>o</sup> Remi Castioni (Membro Titular)

## **APOIO CAPES**

---

“O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001”

"This study was financed in part by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Finance Code 001"

## DEDICATÓRIA

---

Dedico este trabalho especialmente a minha família que constitui o alicerce de meu sucesso, minha esposa Keitiane que sempre me apoiou nas minhas decisões e sempre esteve ao meu lado me incentivando e encorajando sempre que algum obstáculo desafiava-me. Dedico também aos meus filhos Davi Luiz e Heitor que por muitas vezes me cobraram maior tempo de atenção, de brincadeiras, mas que sinceramente aceitavam meu distanciamento temporário durante esse mestrado. Impossível também não dedicar o presente trabalho a meu pai Nilton e minha mãe Paula que sempre me apoiaram em todas as situações. Dedico também ao meu irmão André que também sempre me motivou e ao meu outro irmão (In Memoriam) Paulo Vitor que não pode me acompanhar nessa jornada, mas que com certeza está feliz por esse projeto concluído. Obrigado a todos!

## AGRADECIMENTOS

---

A minha esposa Keitiane Monteiro da Silva Santos e aos meus filhos Davi Luiz Monteiro Santos e Heitor Monteiro Santos, pela compreensão por minha ausência nas reuniões familiares. Agradeço, em suma, a essa família maravilhosa, unida em prol das causas comuns; que enxerga as metas individuais de seus membros como etapas de uma vitória coletiva, construída gradativamente, de forma honesta, árdua, respeitosa e verdadeira. Não há como descrever em palavras todo o apoio e companheirismo que me destinaram nessa fase tão difícil.

Aos meus pais Nilton Santos de Deus e Paula Moreira Santos por todo carinho, incentivo, compreensão e amor que dedicaram à minha pessoa. Tudo o que me propiciaram deu-me a capacidade de sonhar e lutar por um mundo melhor. Aos meus irmãos Paulo Vitor Moreira Santos (In Memoriam), André Moreira Santos e Benedito Barbosa Bragança que sempre estiveram ao meu lado me apoiando e incentivando nas situações mais desafiadoras.

Agradeço em especial, a minha excepcional orientadora, Dra. Élide Geralda Campos, por todo carinho, atenção e dedicação que me foi destinado. Ela, como ser iluminado que é jamais se furtou em me advertir nos momentos necessários, de me estimular a adentrar com cautela, humildade e crítica no campo de estudo na construção deste trabalho. Sem a sua orientação, jamais teria chegado aonde cheguei, jamais teria produzido o que eu produzi. A sua atuação representou um novo divisor de águas em minha vida; afinal, agora posso dizer que me entendo como um verdadeiro professor pesquisador e não como um estudioso amador.

À Universidade de Brasília (UnB) por ofertar um mestrado de alta qualidade aos discentes. Ao professor Marcelo Hermes-Lima que me apresentou o POS e sempre me apoiou em minhas pesquisas. Aos docentes do Curso do Mestrado Profissional em Ensino de Biologia (PROFBIO). À direção e aos alunos do 1ª Série da Escola SESI Crixás, que foram muito importantes para a realização desta pesquisa. A todos aqueles que de alguma forma estiveram presentes na realização deste trabalho. A Deus, que criou as circunstâncias de meu positivo e honrado amadurecimento e, mesmo diante de adversidades quase que intransponíveis, a força moral para a preservação de meus princípios e crenças (amor, amizade, companheirismo, respeito e fé acima de tudo). Mesmo não tendo vivido apenas alegrias, foram elas que ficaram. Por isso, só tenho que agradecer a Deus.

## RESUMO

---

Os animais em seu ambiente natural são muitas vezes submetidos a condições extremas, e algumas espécies se mostram adaptadas para situações de baixa concentração de oxigênio. Quando se analisa a resposta metabólica de algumas espécies expostas a hipóxia, anóxia ou estivação, dentre outras situações extremas, constata-se a produção de antioxidantes em resposta a um possível aumento na concentração de espécies reativas de oxigênio (EROs), como mecanismo de auto preservação. Esse fenômeno de elevada produção de alguns antioxidantes sob condição de oxigênio limitante, foi denominado de Preparo para o Estresse Oxidativo (POS), sendo observado em vários organismos de oito filos diferentes. O presente trabalho teve como objetivo a criação de uma ferramenta pedagógica e o desenvolvimento de uma sequência didática que permita a apresentação da Teoria do POS para os estudantes do Ensino Médio. O processo de ensino está atrelado, entre outros fatores, a escolha adequada da metodologia e das ferramentas didáticas, assim, as possibilidades são inúmeras e bem diversificadas. Como ferramenta efetiva de ensino optamos pela construção de um *blog* científico sobre os animais vertebrados que realizam o fenômeno do POS e como alternativa para explorar todos os recursos disponíveis no *blog*, idealizamos uma sequência didática constituída de seis aulas na 1ª Série do Ensino Médio. Após a aplicação da sequência didática e tendo o *blog* como ferramenta principal de pesquisa, percebemos que a utilização do *blog* associado a uma sequência didática que favoreça o ensino investigativo contribuiu para melhorar o índice de aprendizagem dos estudantes, fato comprovado pela análise dos resultados da avaliação realizada via aplicativo Plickers. A melhoria da qualidade de ensino observada no presente trabalho pode ser atribuída à combinação entre a utilização do *blog*, a sequência didática e a realização de metodologias de ensino investigativo.

**PALAVRAS-CHAVES:** Preparo para o Estresse Oxidativo (POS); *Blog*; Ensino Médio; Divulgação Científica; Ensino de Biologia.

## ABSTRACT

---

Animals in their natural environment are often subjected to extreme conditions, and some species are adapted to situations of low oxygen concentration. When analyzing the metabolic response of some species exposed to hypoxia, anoxia or aestivation, among other extreme situations, we find the production of antioxidants in response to a possible increase in the concentration of reactive oxygen species (ROS) as a mechanism of self preservation. This phenomenon of high production of some antioxidants under limiting oxygen condition was called "Preparation for Oxidative Stress" (POS), and it is observed in several organisms of eight different phyla. The present work had as objective the development of a pedagogical tool and the development of a didactic sequence that will make possible the presentation of the POS Theory to the high school students. The teaching process is linked, among other factors, to the appropriate choice of methodology and teaching tools, thus, the possibilities are numerous and well diversified. As an effective teaching tool we chose to build a scientific blog about vertebrate animals that perform the POS phenomenon, and as an alternative to explore all the resources available on the blog, we designed a didactic sequence consisting of six classroom lessons for 10th grade students. After the application of the didactic sequence and using the blog as the student's main research tool, we concluded that the use of the blog associated with a didactic sequence that favors the investigative teaching contributed to improve the students learning index, a fact indicated by the analysis of the evaluation results performed via the Plickers app. The improvement of the teaching quality observed in the present work can be attributed to the combination between the use of the blog about the POS theory, the didactic sequence and the accomplishment of investigative teaching methodologies.

**KEYWORDS:** Oxidative Stress Preparation (POS); Blog; High school; Scientific divulgation; Biology Teaching.

## ÍNDICE DE FIGURAS

---

### CAPÍTULO 1

Fig. 1 - Panorama geral dos principais sistemas antioxidantes.....	17
Fig. 2 – Imagem da serpente <i>Thamnophis sirtalis parietalis</i> .....	22
Fig. 3 – Imagem da espécie de rã <i>Xenopus laevis</i> .....	23
Fig. 4 – Imagem da espécie de lagarto <i>Lacerta vivipara</i> .....	25
Fig. 5 – Imagem da espécie de rã <i>Rana pipiens</i> .....	26
Fig. 6 – Imagem da espécie de rã <i>Nanorana parkeri</i> .....	28
Fig. 7 – Imagem da espécie de peixe <i>Leporinus elongatus</i> .....	30
Fig. 8 – Imagem da espécie de salamandra <i>Proteus anguinus</i> .....	31
Fig. 9 - Imagem da espécie de salamandra <i>Calotriton asper</i> .....	32
Fig. 10 - Imagem da utilização do aplicativo Plickers.....	40
Fig. 11 - Imagem de um cartão resposta do aplicativo Plickers.....	40
Fig. 12 - “Print screen da página principal do <i>blog</i> científico da UNICAM”.....	43

### CAPÍTULO 2

Fig. 1 - Panorama geral dos principais sistemas antioxidantes.....	49
Fig. 2 - Imagem da espécie de rã <i>Rana sylvatica</i> .....	50
Fig. 3 - Imagem da espécie de peixe <i>Gadus morhua</i> .....	51
Fig. 4 - Imagem da espécie de serpente <i>Thamnophis sirtalis parietalis</i> .....	53
Fig. 5 - Print screen da página inicial do programa videoscribe.....	56
Fig. 6 - Imagem da tabela com a relação das espécies POS-Positivas.....	57
Fig. 7 - Imagem do blog demonstrando a postagem sobre o estresse oxidativo.....	59
Fig. 8 - Imagem do blog com a postagem sobre as principais enzimas antioxidantes.....	59
Fig. 9 - Imagem da espécie de peixe <i>Carassius auratus</i> .....	60
Fig. 10 - Imagem do <i>blog</i> com a tabela das espécies de vertebrados POS-Positivas.....	61
Fig. 11 - Imagem do <i>blog</i> apresentando a espécie de rã <i>Xenopus laevis</i> .....	62
Fig. 12 - “Print Screen” da página do <i>Blog</i> que contém o vídeo animado.....	63

### CAPÍTULO 3

Fig. 1 - Imagem do lagarto <i>Phrynocephalus vlangualii</i> .....	75
---	----

Fig. 2 - “ <i>Print screen</i> do <i>blog</i> com o vídeo sobre a importância do oxigênio.....	78
Fig. 3 - Imagem do peixinho dourado <i>Carassius auratus</i> .....	79
Fig. 4 - Questões relacionadas ao metabolismo energético e a teoria do POS.....	83
Fig. 5 - Apresentação da porcentagem geral de acertos dos estudantes em cada uma das 20 perguntas avaliadas via aplicativo Plickers.....	84

## ÍNDICE DE TABELAS

---

### **CAPÍTULO 1**

<b>TABELA 1.</b> Relação de todas as espécies de animais vertebrados classificados como POS-positivos presente no estudo de Moreira et al. (2016).....	21
<b>TABELA 2.</b> Quadro ilustrativo sobre as etapas de uma aula investigativa.....	38

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

---

<b>POS</b>	Preparo para o Estresse Oxidativo
<b>EROs</b>	Espécies Reativas de Oxigênio
<b>TCM</b>	Trabalho de Conclusão de Mestrado
<b>UnB</b>	Universidade de Brasília
<b>IB</b>	Instituto de Biologia
<b>SOD</b>	Enzima superóxido dismutase
<b>CAT</b>	Enzima catalase
<b>GPX</b>	Enzima glutaciona peroxidase
<b>GST</b>	Enzima glutaciona
<b>GSSG</b>	Glutaciona oxidada
<b>GSH</b>	Glutaciona reduzida
<b>GR</b>	Enzima glutaciona redutase
<b>ENEM</b>	Exame do ensino médio
<b>SESI</b>	Serviço Social da Indústria
<b>NADPH</b>	Fosfato de dinucleótido de nicotinamida e adenina
<b>TDIC</b>	Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação
<b>PCNs</b>	Parâmetros Curriculares Nacionais
<b>CN</b>	Ciências da Natureza
<b>DNA</b>	Ácido desoxirribonucleico
<b>TBARS</b>	Ácido tiobarbitúrico
<b>CS</b>	Enzima Citrato sintase
<b>UCP</b>	Proteínas desacopladoras
<b>TDIC</b>	Tecnologias digitais de informação e comunicação

## SUMÁRIO

---

<b>CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO</b> .....	14
1.1 Perspectiva histórica profissional.....	14
1.2 Espécies reativas de oxigênio, antioxidantes e estresse oxidativo.....	15
1.3 Preparo para o Estresse Oxidativo (POS).....	18
1.4 Bioquímica no Ensino Médio.....	33
1.5 Ensino Investigativo.....	36
1.6 Aplicativo Plickers.....	39
1.7 Blogs na educação.....	41
1.8 Blogs científicos e blogs não científicos.....	42
1.9 Objetivo geral.....	44
1.9.1 Objetivos específicos.....	44
<b>CAPÍTULO 2 - CONSTRUÇÃO DE UM <i>BLOG</i> CIENTÍFICO SOBRE A TEORIA DO “PREPARO PARA O ESTRESSE OXIDATIVO – POS” A SER UTILIZADO EM AULAS DO ENSINO MÉDIO</b>	
1.1 Introdução.....	45
1.2 Blogs científicos e blogs não científicos.....	46
1.3 Estresse oxidativo, espécies reativas de oxigênio (EROs) e antioxidantes.....	47
1.4 Preparo para o Estresse Oxidativo – POS.....	49
2. Materiais e Métodos.....	55
3. Resultados e Discussão.....	57
4. Conclusão.....	65
5. Referências.....	66
<b>CAPÍTULO 3 - SEQUÊNCIA DIDÁTICA REFERENTE AO USO DO <i>BLOG</i> SOBRE A TEORIA DO “PREPARO PARA O ESTRESSE OXIDATIVO-POS” COMO FERRAMENTA DE ENSINO</b>	
1. Introdução.....	69
1.1 Sequência Didática.....	69
1.2 Ensino Investigativo.....	71
1.3 Espécies Reativas de Oxigênio, Estresse Oxidativo e Antioxidantes.....	72

1.4 Preparo para o Estresse Oxidativo.....	73
1.5 Aplicativo Plickers.....	76
1.6 Blog científico sobre o Preparo para o Estresse Oxidativo.....	77
2. Materiais e Métodos.....	79
3. Resultados.....	80
3.1. Sequência Didática.....	80
3.2. Resultado da Avaliação com o uso do aplicativo Plickers.....	82
4. Discussão.....	86
4.1. Outras possibilidades de utilização da sequência didática e do blog.....	92
5. Conclusão.....	94
6. Referências.....	95

#### **CAPÍTULO 4 – DISCUSSÃO E CONCLUSÃO**

1. Discussão e conclusão.....	99
2. Perspectivas futuras.....	112
3. Referências.....	114

<b>Anexo A</b> - Sequência Didática.....	120
--	-----

<b>Anexo B</b> - Termo de autorização institucional.....	123
--	-----

<b>Anexo C</b> - Resultado das 20 perguntas fornecido pelo aplicativo plickers.....	124
---	-----

# CAPÍTULO 1

## 1. INTRODUÇÃO

### 1.1 PERSPECTIVA HISTÓRICA PROFISSIONAL

A educação no contexto atual apresenta muitos desafios aos educadores, há falta de qualificação adequada para os professores, falta de infraestrutura em muitas escolas e principalmente a concorrência com as novas tecnologias voltadas para o entretenimento que invadem as salas de aula. A qualidade de nossa educação é baixa, principalmente na rede pública, que atende a praticamente 90% de todas as matrículas do ensino básico e a três quartos no ensino médio (IPEA, 2006). Resultados do Programa Internacional de Avaliação de Alunos (Pisa) de 2012 indicam que 89% dos países que participam desse exame têm desempenho em matemática superior ao brasileiro (CASTRO, 2017). Enquanto apenas um terço dos estudantes brasileiros tiveram desempenho pelo menos adequado, essa porcentagem atinge mais de 90% para os estudantes coreanos, do conjunto total de países, pelo menos vinte atingem 80% e pelo menos quarenta estão acima de 70% (CASTRO, 2017). Encontramo-nos, portanto, entre os 11% com pior desempenho.

Percebe-se que muitos alunos se encontram desmotivados e cabe ao professor se esforçar para tornar suas aulas mais atrativas e significativas. Nessa perspectiva, destaco minha experiência profissional, como uma coletânea de bons e maus momentos. Situações em que tive a possibilidade de contribuir ativamente com a aprendizagem de meus alunos e outros momentos em que fui um mero repetidor de conteúdos sem significado concreto para os alunos. Por esses motivos, resolvi buscar novos conhecimentos e me capacitar cada vez mais, para atender bem as demandas educacionais de meus alunos.

A minha experiência na educação básica iniciou-se em 2003, quando entrei pela primeira vez em uma sala de aula. Naquele momento percebi que os desafios eram imensos e que a educação não permitia uma abordagem empírica, sem planejamento e descontextualizada. Havia muitos conhecimentos e técnicas que necessitavam ser adquiridos para que eu pudesse executar um eficaz processo de construção do conhecimento com meus alunos, e assim despertar o interesse pelas ciências biológicas.

A partir do ano de 2010 e após mudar de cidade, tive a oportunidade de trabalhar em duas escolas estaduais, nas turmas de ensino médio, sempre com as mesmas metodologias e com os mesmos resultados que me deixavam descontente. Meus alunos não desenvolviam novas habilidades e competências que podiam ser notadas durante as aulas, parecia que apenas repetiam os conteúdos, em situações que pouco contribuem para o crescimento cognitivo dos estudantes. No ano de 2014, assumi as aulas de ciências e biologia em uma unidade do SESI. Posso tranquilamente afirmar, que minha entrada no SESI, abriu diversas oportunidades de capacitação. São várias formações continuadas e cursos de qualificação que a entidade proporciona aos seus colaboradores, a fim de melhorar a qualidade das aulas e como consequência aumentar o rendimento dos alunos em vestibulares e no ENEM.

No meu processo de amadurecimento como educador, percebi que muitas aulas minhas não atraíam os alunos como deveria acontecer em um processo eficiente de ensino. Minhas práticas educacionais não eram inovadoras e na maioria das vezes não desafiavam os alunos, pelo contrário, ministrava aulas tradicionais, com ênfase na repetição dos conteúdos encontrados nos livros didáticos. As respostas eram transmitidas mecanicamente e os alunos não questionavam. A necessidade de desenvolver habilidades e competências nos alunos, fez com que eu confrontasse meu lado acomodado. Foi oportuno poder participar do PROFBIO, essa inesperada, mas tão desejada oportunidade de novos aprendizados para poder mudar minha realidade profissional.

Hoje percebo o crescimento profissional que obtive após o ingresso no PROFBIO, juntamente com as capacitações contínuas proporcionadas pelo SESI. As aulas bem planejadas, as abordagens pedagógicas adequadas e a utilização consciente e eficaz dos recursos tecnológicos permitem que as aulas se tornem mais atraentes para os alunos e os resultados podem ser notados pelo entusiasmo dos alunos que despertam seu lado protagonista no desenvolvimento de novos conceitos e consequentemente de um aprendizado significativo.

## **1.2 ERO, ANTIOXIDANTES E ESTRESSE OXIDATIVO**

Os animais ocupam os mais variados ambientes e apresentam diferenças morfológicas marcantes, principalmente quando pertencentes a filos diferentes. Quando se faz a análise da fisiologia geral, dos processos de síntese proteica, da expressão gênica e do metabolismo

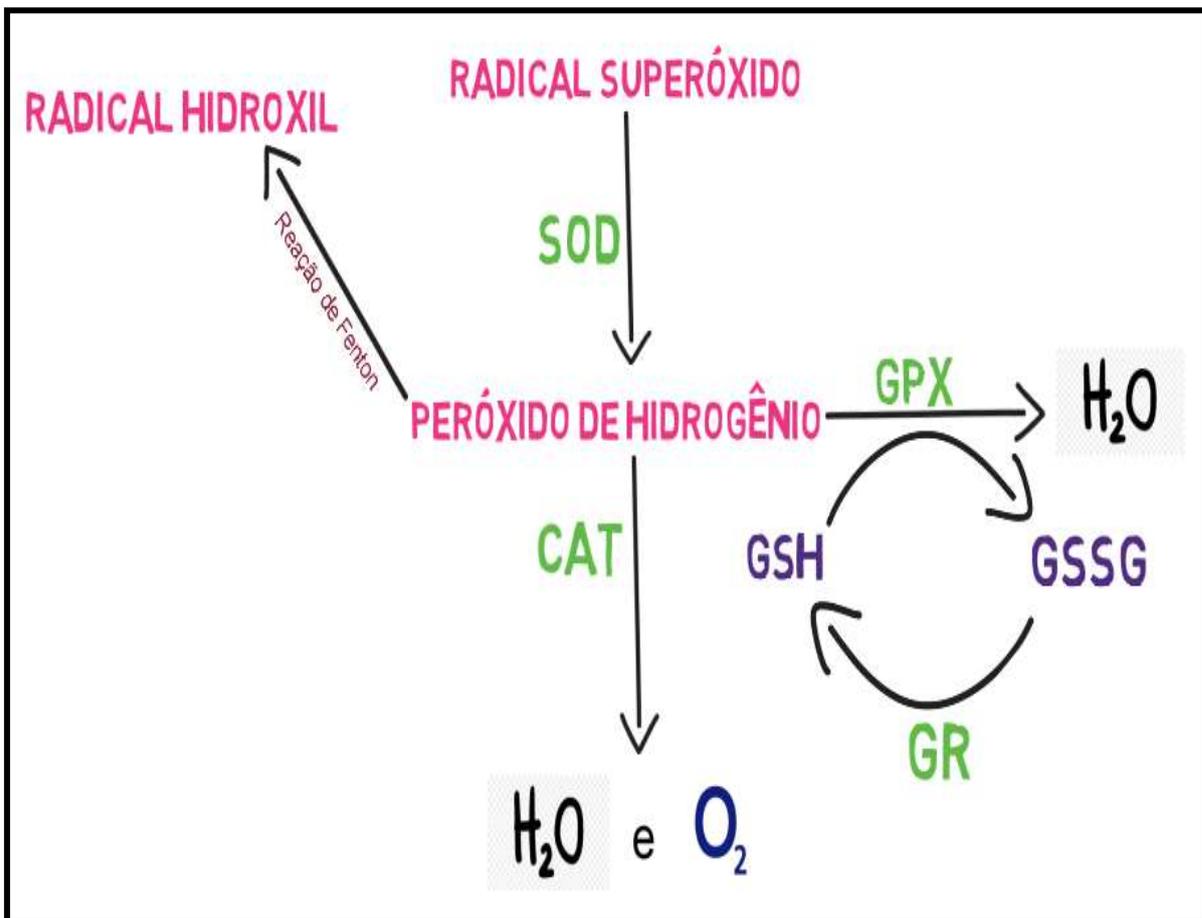
energético, percebe-se que há muita coisa em comum, mesmo em animais de filos muito distintos. Entre as similaridades encontradas no metabolismo energético pode-se destacar a dependência do gás oxigênio ( $O_2$ ) para a oxidação de moléculas orgânicas e, conseqüentemente, produção de energia. O oxigênio é essencial para a maioria das formas de vida, mas também é inerentemente tóxico devido à sua biotransformação em espécies reativas de oxigênio (EROs), (THOMAS et al., 1999).

Nos eucariotos, a principal fonte geradora de EROs é a mitocôndria, por meio da fuga prematura de elétrons de sua cadeia transportadora antes de serem usados para a redução do  $O_2$  a  $H_2O$  a nível do complexo IV. Quando um único elétron reage com o  $O_2$ , é formado o radical superóxido ( $O_2^{\bullet-}$ ) e, quando ocorre o processo de dismutação desse radical superóxido há a formação do peróxido de hidrogênio ( $H_2O_2$ ) (HALLIWELL AND GUTTERIDGE, 1999). Os (EROs) também podem ser produzidos pelas enzimas NADPH oxidases que utilizam o  $O_2$  como substrato acarretando na formação do radical superóxido que pode então levar a formação de  $H_2O_2$  (NAUSEEF, 2014). O NADPH, além de ser substrato da enzima NADPH oxidase, atua como equivalente redutor para a manutenção dos antioxidantes tioredoxina e glutatona, principais responsáveis pela regulação do ambiente redox celular.

As espécies reativas de oxigênio podem ser divididas em dois grupos, as espécies radicalares: hidroxila ( $HO\bullet$ ), superóxido ( $O_2^{\bullet-}$ ), peroxila ( $ROO\bullet$ ) e alcoxila ( $RO\bullet$ ); e os não-radicalares: oxigênio singlete ( $^1O_2$ ), peróxido de hidrogênio ( $H_2O_2$ ) e o ácido hipocloroso (HClO). Esses compostos desempenham importantes funções celulares, pois participam de processos de fagocitose, regulação do crescimento celular, sinalização intercelular, além da síntese de diversas substâncias biológicas (MOREIRA, 2017). O excesso de (EROs) pode provocar a oxidação de muitas moléculas biológicas, como os carboidratos, lipídeos, proteínas e ácidos nucleicos acarretando em perda da função biológica (BARRIONUEVO AND FERNANDES, 2010). Dessa forma a produção de EROs tem relação direta com a produção endógena de antioxidantes, para estabelecer um equilíbrio dinâmico no ambiente redox da célula, que contribui para a manutenção da homeostase (MOREIRA, 2017).

Os antioxidantes constituem um grupo diversificado de moléculas endógenas e exógenas que atuam na manutenção da homeostase, pois neutralizam a ação das EROS. Entre os principais antioxidantes de origem endógena, pode-se destacar as enzimas antioxidantes superóxido dismutase (SOD), glutatona peroxidase (GPX) e catalase. Além desse sistema enzimático endógeno, existe o sistema exógeno (em animais), constituído por diversas

moléculas, como a vitamina E, beta caroteno, licopeno, flavonoides, vitamina A e a vitamina C (NILSSON, 2004).

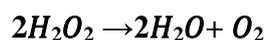


**Figura 1-** Panorama geral dos principais sistemas antioxidantes. O radical superóxido gerado pelas mitocôndrias é dismutado a Peróxido de hidrogênio pela ação de superóxido dismutase (SOD). O Peróxido de Hidrogênio é decomposto pela ação da catalase (CAT) e glutatona peroxidases (GPX). O GPX reduz o Peróxido de Hidrogênio ao oxidar outro substrato, glutatona (GSH). O substrato oxidado, glutatona (GSSG) é reciclado pela enzima glutatona redutase (GR) para retornar a forma reduzida (GSH). O Peróxido de hidrogênio pode reagir com íons de ferro e gerar o radical hidroxil altamente reativo (Reação de Fenton). **Fonte:** Autor

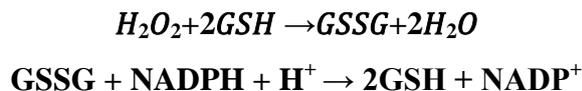
A enzima SOD é considerada uma das principais defesas antioxidantes, pois catalisa a dismutação do radical superóxido, acarretando na formação do peróxido de hidrogênio e oxigênio molecular, como representado abaixo (HALLIWELL AND GUTTERIDGE, 1999).



A enzima CAT catalisa a decomposição de duas moléculas de peróxido de hidrogênio, formando duas moléculas de água e uma molécula de oxigênio, como representado na reação a seguir (ZHANG et al., 2010).



Com relação à enzima glutathiona peroxidase (GPX) pode-se destacar sua capacidade de reagir com o tripeptídeo glutathiona (GSH), antioxidante não enzimático endógeno de baixa massa molecular (formado pelos aminoácidos glicina, cisteína e glutamato). Nessa situação, a glutathiona peroxidase (GPX) utiliza a glutathiona reduzida (GSH) como substrato redutor, produzindo glutathiona oxidada (GSSG). A enzima glutathiona redutase (GR) catalisa a reação que regenera GSH usando NADPH como redutor. As reações catalisadas pelas enzimas GPX e GR estão mostradas a seguir (HALLIWELL AND GUTTERIDGE, 1999).



Nos animais o desequilíbrio entre a produção de EROs e os mecanismos biológicos antioxidantes, constitui uma situação de prejuízo para muitas funções biológicas. Esse desequilíbrio pode ser decorrente da elevada produção de EROs, da diminuição da produção de antioxidantes ou mesmo da ineficiência dos sistemas de reparo, dessa forma, temos o conceito de estresse oxidativo, (HERMES-LIMA et al., 1995; HERMES-LIMA et al., 1998; MOREIRA, 2017).

### **1.3 PREPARO PARA O ESTRESSE OXIDATIVO (POS)**

Algumas espécies animais toleram situações extremas tais como seca, frio intenso, falta de alimento, e exposição aérea (no caso de animais aquáticos). Para sobreviver a tais situações essas espécies apresentam uma resposta denominada “Preparo para o Estresse Oxidativo – POS” (HERMES-LIMA et al., 2015). Nos animais que apresentam a resposta POS é observado um aumento na produção de alguns antioxidantes quando expostos a situações em que a concentração de oxigênio se torna limitante, tais como hipóxia, anóxia, estivação, respiração aérea de organismos aquáticos, congelamento e desidratação severa, representando um preparo para o momento de normalização da disponibilidade de oxigênio (normóxia). Em geral, as espécies que realizam o POS não apresentam elevados níveis de danos oxidativos durante a exposição à anóxia e hipóxia (MOREIRA, 2017).

Em muitas situações, como na realização de um transplante de órgãos, ou mesmo, em um acidente vascular cerebral (AVC), o fluxo sanguíneo é interrompido momentaneamente, o

que impede o suprimento adequado de oxigênio caracterizando a isquemia. Na reperfusão, o fluxo sanguíneo é reestabelecido, situação em que o suprimento de oxigênio nos tecidos retorna à normalidade. Esses processos de isquemia são similares aos processos de hipóxia e anóxia, caracterizados por baixa disponibilidade de oxigênio e ausência de oxigênio respectivamente (LEWIS, 2002).

As espécies que se enquadram na teoria do POS apresentam a capacidade de aumentar a produção de suas enzimas antioxidantes nas situações de estresse oxidativo e assim minimizar os danos oxidativos em seus tecidos. A elevação na produção das enzimas antioxidantes está relacionada ao aumento inicial da produção das EROs nas situações de estresse oxidativo. Nesse sentido a explosão na produção de EROs no início da situação que gera o estresse oxidativo ativa alguns genes, como o fator de transcrição indutível por hipóxia (HIF-1 $\alpha$ ) e o fator de transcrição Nrf2 por meio de diversas substâncias com potencial antioxidante (MOREIRA, 2017). Esses fatores de transcrição ativam os genes responsáveis por controlar a produção das enzimas antioxidantes e dessa forma promovem o aumento de sua concentração.

A pesquisa sobre o Preparo para o Estresse Oxidativo (POS) tem quase 30 anos desde sua origem. A crescente produção de novas pesquisas sobre a resposta do sistema de defesa antioxidante e os danos oxidativos em diferentes espécies animais expostas a condições ambientais extremas, possibilitou a realização de um inventário dessas espécies (MOREIRA et al., 2016). Para comparar e classificar as diferentes espécies listadas no inventário como POS-positiva, POS-negativa e POS-neutra, os autores definiram três critérios. Esses critérios são importantes, pois as pesquisas variam quanto aos protocolos experimentais, tipo de estresse estudado, tempo de exposição ao estresse e, principalmente, quanto às enzimas antioxidantes analisadas. Tais critérios estão descritos a seguir.

O critério 1 estabelece que a espécie seja classificada como POS-positiva, se pelo menos uma enzima antioxidante tiver sua atividade aumentada, independentemente do período de tempo de exposição à condição de estresse, do tecido estudado e da atividade das outras enzimas. Esse critério é o mais acolhedor para o POS-positivo e inclui muitas espécies, pois basta a observação da atividade aumentada (estatisticamente significativa) de apenas uma enzima. Se não houver alteração da atividade das enzimas antioxidantes, a espécie é marcada como POS-neutra e se houver a diminuição de alguma enzima antioxidante a espécie é marcada como POS-negativa.

O critério 2 é mais rígido em relação ao critério 1 para classificar uma espécie como POS-positiva, pois, é necessário que ocorra aumento de uma enzima antioxidante superior a

50% (no caso das espécies POS-positivas), e diminuição de 25% na atividade de uma enzima antioxidante (no caso de espécies POS-negativas). Se o aumento na atividade de uma enzima não alcançar 50% e a diminuição da atividade de outra enzima for superior a 25%, essa espécie é marcada como POS-negativa.

Para que uma espécie se enquadre no critério 3 é necessário que o aumento de enzimas antioxidantes seja maior do que a diminuição dentro de um tecido e em qualquer tempo de exposição à condição de estresse, independentemente do que aconteceu nos outros tecidos. Por exemplo, se em um animal as enzimas Catalase e SOD muscular aumentam (2 eventos de aumento no tecido muscular), e a GPX diminuiu (um evento) a espécie ainda é marcada como POS positiva, pois  $2 > 1$ , mesmo que no fígado 3 enzimas tenham a atividade enzimática diminuída. Ou seja, no tecido muscular, o animal apresenta uma resposta POS-positiva, portanto é marcado como POS-positivo.

A elaboração dos critérios foi importante para conhecer as espécies que apresentam a resposta POS e como elas respondem a situações de estresse oxidativo. Contudo, os autores que definiram esses critérios (MOREIRA et al., 2016) destacaram que uma dificuldade encontrada foi à própria definição do que é o POS em vários artigos estudados, além da diversidade de metodologias e parâmetros usados. Dentre as 102 espécies estudadas em relação ao POS, pertencentes a 8 filos diferentes, 53 foram classificadas como POS-Positivas, incluindo vertebrados e invertebrados. Além disso, das 102 espécies que tiveram estudos relacionados ao POS, 43 pertencem ao Filo Chordata. Destas espécies, temos 1 espécie da subclasse Elasmobranchii, 2 da subclasse Sarcopterygii, 26 espécies da classe Actinopterygii, 7 espécies da classe Amphibia, 5 espécies da classe Reptilia e 2 da classe Mammalia. Das 43 espécies de animais vertebrados que foram estudadas em relação ao POS, 21 foram classificadas como POS-positivas considerando os três critérios definidos (Tabela 1). Devido às muitas espécies POS-positivas (53) descritas no trabalho de Moreira et al. (2016) e para explorar todas as potencialidades e curiosidades de cada espécie, limitamos o presente estudo às pesquisas sobre vertebrados.

Os estudos sobre o POS apresentaram grande avanços nos últimos anos, o que favoreceu a descoberta de novas espécies que se enquadram na teoria do POS, com ênfase para o esclarecimento das adaptações moleculares e comportamentais. Nesse sentido, a construção de uma tabela sobre as espécies POS positivas ampliou o conhecimento sobre novas estratégias adaptativas das espécies que realizam o POS.

CLASSE	ESPÉCIE	NOME COMUM
Sarcopterygii	<i>Protopterus dolloi</i>	Pulmão africano manchado
Actinopterygii	<i>Carassius auratus</i>	Peixinho-dourado
Actinopterygii	<i>Clarias batrachus</i>	Peixe-gato ambulante
Actinopterygii	<i>Cyprinus carpio</i>	Carpa-comum
Actinopterygii	<i>Gymnocephalus cernua</i>	Ruffe
Actinopterygii	<i>Hyphessobrycon callistus</i>	Menor vermelho
Actinopterygii	<i>Leiostomus xanthurus</i>	Spot Croaker
Actinopterygii	<i>Leporinus elongatus</i>	Piapara
Actinopterygii	<i>Perccottus glenii</i>	Dorminhoco chinês
Actinopterygii	<i>Triphoturus mexicanus</i>	Lâmpada mexicana
Amphibia	<i>Cyclorana alboguttata</i>	Rã de Burrowing Striped
Amphibia	<i>Rana pipiens</i>	Rã comum
Amphibia	<i>Rana sylvatica</i>	Sapo de madeira
Amphibia	<i>Scaphiopus couchii</i>	Sapo-pé-de-pá
Amphibia	<i>Xenopus laevis</i>	Rã-de-unhas-africana
Reptilia	<i>Chrysemys picta</i>	Tartaruga pintada
Reptilia	<i>Lacerta vivipara</i>	Lagarto comum europeu
Reptilia	<i>Phrynocephalus vlangualii</i>	Pylzowi
Reptilia	<i>Thamnophis sirtalis</i>	Serpente de liga
Reptilia	<i>Trachemys scripta</i>	Tartaruga de orelha vermelha
Mammalia	<i>Spalax judaei</i>	Ratazana cega da Judéia

**TABELA 1.** Relação de todas as espécies de animais vertebrados classificados como POS-positivos presente no estudo de Moreira et al. (2016). **Fonte:** Autor.

Dentre as espécies de vertebrados que realizam o POS, destaca-se a *Thamnophis sirtalis parietalis* (Figura 2), uma espécie de serpente típica da América do Norte, especificamente do Canadá. Esses animais estão adaptados para tolerar, naturalmente, variações bruscas de temperatura, podem sofrer congelamento, além de tolerar baixas pressões de oxigênio. Um estudo pioneiro realizado em 1995 (HERMES-LIMA et al., 1995) investigou como as defesas antioxidantes poderiam contribuir para a sobrevivência dessa serpente. Para isso foram analisadas as atividades de cinco enzimas antioxidantes CAT, SOD, GPX, GR e Glutathione S transferase – (GST) de três órgãos (músculo, fígado e pulmão).

Os resultados demonstraram que a enzima CAT aumentou 183% no músculo e 63% no tecido pulmonar, a enzima glutathione peroxidase (GPX) teve aumento de 52%, a enzima SOD, teve aumento de 118% no fígado e 59% no músculo. Em relação ao tripeptídeo glutathione (GSH) observou-se um aumento de 57% no tecido muscular. Esses resultados indicaram que as defesas antioxidantes são importantes adaptações do metabolismo redox. Importante destacar que essa pesquisa foi realizada em um momento histórico em que se

acreditava que a produção das EROs seria menor em situações de baixa disponibilidade de O<sub>2</sub> (anóxia) ou (hipóxia). Atualmente sabe-se que justamente nas situações de baixa disponibilidade de oxigênio ocorre o oposto, ou seja, uma elevada produção de EROs, que resulta num aumento das defesas antioxidantes como mecanismo de defesa durante a hipóxia. Esse processo de produção de antioxidantes em resposta a elevada produção de EROs, durante situações de hipóxia corresponde ao fenômeno POS, (HERMES-LIMA et al.,1995; PARRILLA AND ZENTENO, 2011).



**Figura 2** – Imagem da espécie de serpente *Thamnophis sirtalis parietalis*, cobra não-peçonhenta endêmica da América do Norte. A maioria destas cobras possui um padrão de riscas amarelas ou vermelhas num fundo preto e o seu comprimento médio é cerca de 1m a 1,5m. **Fonte:** <https://br.pinterest.com/pin/356277020503181922>

Outros exemplos de vertebrados já estudados em relação ao POS são as espécies de anuros que vivem na caatinga, *Pleurodema diplolistris* e *Proceratophrys cristiceps*. Essas espécies enterram-se no solo e entram em estivação no período de seca, quando deprimem o consumo de oxigênio em repouso em aproximadamente 50% quando comparados aos animais ativos durante o período das chuvas. Esses animais ficam enterrados em profundidades variáveis durante os meses mais secos e quentes, e só retornam seu metabolismo normal em condições ambientais mais favoráveis. Em ambas espécies, ocorre queda de 36% da atividade de citrato sintase (CS, uma enzima que indica o metabolismo aeróbico) muscular em animais que estavam estivando e que foram coletados durante a estação seca comparados com animais ativos. As atividades de CAT, GPX (total) e GPX aumentaram em ambas as espécies durante

a estivação, o que indica que essas duas espécies realizam o fenômeno do POS (MOREIRA, 2017).

Diversas situações que geram estresse oxidativo estão relacionadas ao estudo do POS, nesse sentido, pode-se destacar o estudo realizado com a espécie de rã *Xenopus laevis* (Figura 3). O estudo teve como objetivo analisar as respostas ao estresse por desidratação das enzimas superóxido dismutase dependente de manganês (MnSOD) e catalase (CAT), além de esclarecer o papel do fator de transcrição FoxO1 nos tecidos do músculo e do fígado (MALIK, 2011).

Para a realização dos experimentos com *X. laevis* foram utilizados animais doados pelo departamento de zoologia da Universidade de Toronto (University of Toronto). Fêmeas com 80 a 128g de massa corporal foram mantidas em tanques com água desclorada a 22° C. A desidratação foi realizada com a utilização de recipientes fechados com camada de sílica gel dessecante. A perda total média de água foi de 28,8% da massa corporal inicial.



**Figura 3** – Imagem da espécie de rã *Xenopus laevis*, conhecida pelo nome comum de rã-de-unhas-africana, é uma espécie de anfíbio anuro de origem africana, estritamente aquático. **Fonte:** <http://www.californiaherps.com/frogs/images/xenopuslatbattey706.jpg>

Os resultados indicaram o aumento de 1,8 vezes na proteína FoxO1 em extratos nucleares no fígado dos animais em desidratação, contudo essa proteína diminuiu 60% no citoplasma. A SOD apresentou aumento de 1,5 vezes em animais em desidratação em relação ao grupo controle. O RNAm transcrito da SOD também teve aumento de 1,5 vezes. A CAT teve aumento de 1,4 vezes em desidratação, enquanto que o RNAm transcrito da CAT teve aumento de 2,2 vezes. No músculo a proteína FoxO1 diminuiu 40% em extratos nucleares, não

apresentando alteração no citoplasma. A SOD e o RNAm transcrito da SOD não alteraram no músculo nos dois grupos. A CAT aumentou de 1,8 vezes, no músculo, enquanto o RNAm transcrito da CAT não apresentou alterações.

O fator transcricional FoxO1 controla a expressão gênica, localização subcelular, modificação pós traducional e degradação, sendo que a fosforilação inibe sua capacidade de ativar a expressão gênica. Nos experimentos não houveram alterações significativas na resposta à desidratação nos músculos e fígados. Os resultados sugerem que a atividade transcricional é melhorada durante a desidratação no fígado. O fator de transcrição desempenha papéis importantes na expressão gênica em resposta a uma ampla gama de processos celulares como morte célula, diferenciação, progresso do ciclo e resistência ao estresse (MALIK, 2011). Dessa forma pode-se concluir que *X. laevis* apresenta resposta positiva em relação ao POS, pois tanto a SOD, quanto a CAT apresentaram aumento de concentração em situação de desidratação.

Em outro estudo realizado em 2006 os pesquisadores investigaram os danos oxidativos ao DNA e as defesas antioxidantes no lagarto comum europeu *Lacerta vivipara* (Figura 4) em situação de super-resfriamento e em estado de congelamento (VOITURON, 2006). Os espécimes foram obtidos nas montanhas de Cévennes na França no final de setembro com massa corporal em torno de 2,94g. Foram mantidos em caixas com areia e musgo molhado a 4 °C por 6 a 7 semanas no escuro e sem alimentação, período de aclimatação. Para a realização dos experimentos foram considerados quatro grupos, sendo um grupo controle mantido a 4 °C, um grupo super-resfriamento mantidos a -2,5°C por 20 horas, um grupo congelados mantidos a -2,5°C por 20 horas e um grupo descongelados mantidos a 5 °C por 24 horas.



**Figura 4** – Imagem da espécie de lagarto *Lacerta vivipara*. Vive mais ao norte do que qualquer outra espécie de réptil não marinho, e a maioria das populações é vivípara, em vez de botar ovos, como faz a maioria dos outros lagartos. É a única espécie no gênero monotípico Zootoca. **Fonte:** [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Common\\_Lizard\\_Lacerta\\_vivipara\\_\(39418397552\).jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Common_Lizard_Lacerta_vivipara_(39418397552).jpg)

Foram analisadas as enzimas SOD, GPX, CAT, o conteúdo de 8-Oxo-2'-deoxyguanosine (8-oxo-dG) e adutos de DNA por peroxidação lipídica presentes no músculo e no fígado. Os resultados demonstraram que a SOD total teve aumento de 67% no super-resfriamento no músculo, SOD citosólico aumentou 68% no super-resfriamento, SOD mitocondrial aumentou 66% no super-resfriamento, SOD citosólico aumentou 56% no congelamento em fígado, GPX aumentou 157% no músculo em super-resfriamento, GPX aumentou 133% no músculo em descongelados 24h e CAT diminuiu 47% no fígado de descongelamento.

A análise dos resultados permite concluir que a espécie está adaptada para tolerar super-resfriamento e congelamento. O aumento de GPX foi importante para desintoxicar os hidroperóxidos (produto da peroxidação lipídica) e o H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. Em *L. vivipara* pelo menos duas enzimas aumentam sua atividade em temperaturas baixas (subzero). Esse aumento da atividade das enzimas antioxidantes pode ser considerado um traço comum entre animais de diversos filos. Esse estudo foi o primeiro trabalho a medir (8-oxo-dG) e adutos de DNA em ectotérmicos, uma importante contribuição para compreender os mecanismos de resposta molecular associada ao POS. No estudo o congelamento, super-resfriamento e o descongelamento não induziram danos ao DNA aparentemente, uma vez que as células de *L. vivipara* se prepararam para a elevada produção de radicais livres durante a reperfusão que ocorrerá durante o descongelamento ou no final do super-resfriamento. O estudo fornece comparação única entre super-resfriamento e congelamento na mesma espécie. Nesse sentido, esse conhecimento pode ser usado na criopreservação de danos em órgão durante transplantes (VOITURON, 2006).

Com o objetivo de estudar o papel das defesas antioxidantes endógenas contra os radicais de oxigênio na tolerância à desidratação severa em rãs leopardo, *Rana pipiens*, (Figura 5) foi realizado um estudo em 1998. Esses animais toleram grandes perdas de água 50 a 60% do volume total em relação à massa corporal. Além disso, o estudo avaliou a extensão do dano da peroxidação lipídica durante a desidratação / reidratação (HERMES-LIMA et al., 1998).



**Figura 5** – Imagem da espécie de rã *Rana pipiens*, uma espécie de rã da família Ranidae nativa de partes do Canadá e dos Estados Unidos da América. **Fonte:** <https://www.enasco.com/p/Northern-Grass-Frogs-%28Rana-pipiens%29---2-to-2-1-2-%285-cm-6-5-cm%29%2C-Live-Specimen%2C-Live-Specimen%2BLM00662M>

No estudo com *R. pipiens* foram analisadas as enzimas CAT, SOD, GPX, GSSG, GSH, GR e GST. Rãs leopardo macho adulto, *R. pipiens*, foram coletados localmente perto de Ottawa, Canadá, no outono; a massa corporal média foi de  $21,7 \pm 3,8$  g ( $n = 24$ ). Os animais foram mantidos em caixas por 2 a 3 semanas no escuro sem alimentação. Um grupo de rãs experimentais foram desidratadas a  $5\text{ }^{\circ}\text{C}$  sobre dessecante (sílica gel). A perda de água foi calculada como a percentual de água corporal total perdida, de acordo com o tempo médio para atingir 50% da perda total de água do corpo foi de  $91,5 \pm 5,1$  h ( $n = 8$ ). As câmaras experimentais eram dessecadores contendo uma camada de gel de sílica coberto por um pedaço de esponja de 1-2 cm de espessura para evitar o contato das rãs com o dessecante. Um grupo de rãs controle foram desidratadas até 50% e em seguida foram reidratadas utilizando-se água destilada em média 2cm no fundo recipiente. Importante destacar que o tempo de reidratação foi muito menor que o tempo de desidratação. Para estudar as defesas antioxidantes das rãs foram analisados 4 grupos: grupo controle, grupo desidratado até 50% volume total de água, grupo reidratado de 50 a 65% volume total de água (30%), grupo totalmente reidratado.

Os resultados indicaram que houve aumento de 52% na CAT no musculo em animais desidratados, 35% de diminuição na GR no musculo e 34% de diminuição da SOD no musculo também em animais desidratados. A GPX apresentou aumento de 74%, a GSSG aumentou 137% enquanto que a relação GSSG/GSH eq. apresentou aumento de 82% no

fígado de animais desidratados. A GST e o TBARS não apresentaram alterações em qualquer tecido. A GST foi 13 vezes maior no fígado do grupo controle em relação o musculo do mesmo grupo, GSH eq. teve aumento de 81% no fígado e GSSG teve aumento de 91% no grupo 30% reidratado (HERMES-LIMA et al., 1998).

A análise dos resultados permite sugerir que a espécie está adaptada para tolerar grandes perdas de água, com valores superiores a 50% do volume total, tendo em vista, que os animais desidratados apresentaram aumento significativo em grande parte das enzimas avaliadas. A desidratação é uma situação crítica que gera estresse oxidativo, pois o volume sanguíneo diminui e sua viscosidade aumenta o que dificulta a circulação do sangue e impede a distribuição de oxigênio para os tecidos (MOREIRA, 2017).

Outro estudo foi realizado com o objetivo de identificar os efeitos da hibernação no processo de estresse oxidativo e no sistema de defesa antioxidante da espécie de sapo *Nanorana parkeri* (Figura 6) que habita elevadas altitudes no Tibet (YOUNG, 2017). Essa espécie é encontrada em lugares com altitudes variando de 2.850 a 5.100m acima do nível do mar. Foram analisados os índices de estresse oxidativo (GSSG / GSH), o grau de dano oxidativo (conteúdo de proteínas carbonil e produtos de peroxidação lipídica), e as atividades das enzimas antioxidantes (SOD, CAT, GPX, GST e GR) no fígado, cérebro, coração e músculo de *N. Parkeri* durante o verão e o inverno.



**Figura 6** – Imagem da espécie de rã *Nanorana parkeri*, uma espécie de anfíbio da família Ranidae. Pode ser encontrada na China, Nepal, Butão, Índia e possivelmente no Paquistão. **Fonte:** <https://ru.wikipedia.org/wiki/Dicroglossidae>.

*N. parkeri* hiberna nas cavernas (cerca de 10-20 cm de profundidade) em torno de pequenas lagoas em locais com altitude de cerca de 4820m. A média mensal da temperatura do ar em dezembro, período de (meia-hibernação) foi de -7,8 °C (de 1981 a 2010), enquanto era 11,2 °C em julho, período ativo do animal (Dados de <http://data.cma.cn/>). Os animais foram coletados durante os meses de julho e dezembro de 2016, apresentando massa corporal variando de 4 a 5g.

Os resultados demonstraram que os níveis de GSH-eq e GSH eram obviamente mais baixos no fígado de rãs em hibernação média do que em rãs ativas no verão. Em comparação com o verão, a proporção de GSSG / GSH aumentou notavelmente em 76,19% no coração durante o inverno. No cérebro, as concentrações de GSH-eq e GSH não alteraram significativamente durante inverno. No entanto, a proporção de GSSG / GSH aumentou acentuadamente em sapos hibernantes. Além disso, os níveis de GSH-eq e GSH diminuíram 32% e 39%, respectivamente, enquanto a proporção de GSSG / GSH aumentou 56% no fígado durante inverno. A hibernação induziu uma redução significativa na concentração de GSH-eq e GSH no músculo, mas não foram observadas diferenças significativas na proporção de GSSG / GSH.

Em comparação com o verão, o nível de peroxidação lipídica aumentou 95%, 65% e 249% no coração, cérebro e músculo durante o inverno, respectivamente, mas não houve alteração significativa no fígado de rãs em hibernação. Os níveis de TBARS obviamente aumentaram em 86%, 85%, 76% e 93% no coração, no cérebro, no fígado e no músculo de sapos em hibernação, respectivamente. Além disso, o nível de proteína carbonil no fígado aumentou 47% durante o inverno e no cérebro foi 58% maior do que o dos sapos ativos no verão. No entanto, o nível de proteína carbonil não mudou significativamente em coração e músculo em resposta a hibernação.

Os resultados mostraram que a hibernação induziu uma redução dramática da atividade total de superóxido dismutase em todos os tecidos examinados. Comparado com rãs coletadas no verão, as atividades de SOD diminuíram 34% no coração, 45% no cérebro, 40% no fígado e 27% no músculo de sapos de hibernação média, respectivamente. No fígado e no músculo de *N. parkeri*, em hibernação, a atividade da catalase reduziu 47% e 71%, respectivamente, enquanto que não houve diferenças no coração e no cérebro entre as duas épocas. Além disso, a hibernação inibiu significativamente a atividade GPX em 57% no fígado. A atividade da GPX não mostrou diferenças estatisticamente significativas em outros tecidos examinados nas duas estações.

A atividade de GST foi significativamente reduzida em 36% no fígado de rãs em hibernação média, em relação aos sapos ativos no verão, mas a atividade de GST foi inalterada em outros órgãos. Da mesma forma, a atividade de GR diminuiu 63% no fígado, mas não mudou em outros tecidos durante o inverno. Além disso, o T-AOC no meio de hibernação *N. parkeri* diminuiu acentuadamente em 22% no fígado, 23% em cérebro, 43% no coração e 75% no músculo, respectivamente. Em resumo, a hibernação induziu uma redução significativa da capacidade antioxidante total em todos os tecidos examinados (YOUNG, 2017).

Os estudos sobre o POS envolvem diversas espécies de vertebrados, algumas com grande importância econômica. Em 2005 foi realizado, por exemplo, o estudo com a espécie de peixe *Leporinus elongatus* (Figura 7) com o objetivo de investigar a contribuição de diferentes tensões de oxigênio para o ganho de peso, conversão alimentar e o estado das defesas antioxidantes. Foram usados peixes juvenis (28 a 51g) em tanques de 150 litros (n = 6), a tensão de oxigênio foi medida manualmente duas vezes por dia, os peixes foram alimentados até a saciedade. No estudo foram avaliados a conversão alimentar (alimento consumido/ganho de peso), o ganho de peso e o índice somático do fígado (peso fígado/peso total do corpo).



**Figura 7** – Imagem da espécie de peixe *Leporinus elongatus*, um peixe com escamas; corpo alongado, um pouco alto e fusiforme. Tem coloração prateada, com três manchas pretas nas laterais do corpo, e nadadeiras amareladas. **Fonte:** <http://www.aquarismopaulista.com/piau-leporinus-friderici/>

Para a realização dos experimentos foram considerados 4 grupos: grupo controle normóxia permanente (Cpn) 4 semanas (6,84 mg de O<sub>2</sub> por litro), grupo normóxia 7 dias (6,94

mg de O<sub>2</sub> por litro) após as hipóxias, grupo hipóxia severa 14 dias (1,92 mg de O<sub>2</sub> por litro), grupo hipóxia moderada 7 dias (3,91 mg de O<sub>2</sub> por litro). No estudo foram analisadas as enzimas SOD, CAT, GPX, GST, GR, o tripeptídeo GSH e sua forma oxidada GSSG, além do TBARS presentes no fígado e no sangue.

Os resultados indicaram que a conversão alimentar foi menor em hipóxia grave (1,58) em relação aos outros grupos normóxia (1,74) e hipóxia moderada (2,91). O ganho de peso foi maior em normóxia em relação às hipóxias. O índice hepatossomático foi menor em hipóxia grave em relação aos outros grupos. A lipoperoxidação foi maior no fígado/sangue de hipóxia moderada e normóxia em relação à hipóxia grave. A GSH não apresentou alterações no fígado, enquanto que GSSG e GT foram maiores nas situações de hipóxia no fígado. A GSH no sangue aumentou durante a hipóxia grave em relação aos grupos controles. CAT e GR não alteraram no fígado e no sangue.

A SOD aumentou em hipóxia grave no fígado e no sangue. A GPX aumentou no fígado em situações de hipóxia e não alterou no sangue. A GST não apresentou alterações no sangue, mas diminuiu no fígado com o aumento de disponibilidade de O<sub>2</sub>. A análise dos resultados permite classificar *L. elongatus* como uma espécie POS-Positiva no três critério do POS. Conclui-se que as situações de hipóxia inibem o crescimento dos espécimes, uma vez que a conversão de alimento em massa corporal diminui, nesse sentido os peixes diminuem sua alimentação e conseqüentemente o ganho de peso, além disso, observa-se um maior gasto energético para a produção das enzimas antioxidantes.



**Figura 8** – Imagem da espécie de salamandra *Proteus anguinus*, um anfíbio cego endêmico às águas subterrâneas das cavernas do sul da Europa. **Fonte:** <http://gotrebinje.com/en/destinations/covjecija-ribica/trebinje-proteus-anguinus-11-09-09/>

As defesas antioxidantes são importantes adaptações das espécies POS-Positivas para permitir que possam sobreviver a eventos naturais de anóxia. Conhecer a resposta de algumas espécies submetidas a situações de anóxia ajuda na compreensão da teoria do POS. Dessa forma foi realizado um estudo com a salamandra subterrânea *Proteus anguinus* (Figura 8) submetida a situações de anóxia e reoxigenação (ISSARTEL, 2009).

O estudo teve como objetivo avaliar as defesas antioxidantes e as adaptações de urodelos quando expostos a situações extremas geram estresse oxidativo, de anóxia e reoxigenação. *P. anguinus* sobreviveu 12h sob anóxia a 12°C, sem apresentar estado oxidativo e nem alteração enzimática significativa. Para isso comparou-se o comportamento enzimático com a espécie de salamandra *Calotriton asper* (Figura 9) que apresentou 30% de dano oxidativo durante a recuperação aeróbica, após 1h sob anóxia, devido aos baixos níveis das enzimas CAT e SOD em relação ao grupo controle durante a reoxigenação (ISSARTEL, 2009).



**Figura 9** – Imagem da espécie de salamandra *Calotriton asper*, também conhecido como tritão-dos-pireneus é uma espécie de anfíbio caudado pertencente à família Salamandridae. Pode ser encontrada na Espanha, Andorra e França. **Fonte:** [https://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Calotriton\\_asper\\_1\\_MHNT.jpg](https://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Calotriton_asper_1_MHNT.jpg)

A espécie *Proteus anguinus* pertence à família Proteidae, sendo o único vertebrado europeu que vive exclusivamente em cavernas e que sobreviveu às 12h em anóxia a 12°C. A espécie *Calotriton asper* pertence à família samamdridae e se caracterizam por viver em terrenos de montanhas, sendo que a espécie sobreviveu a 1,5h em anóxia a 12°C.

Esses animais resistem a situações de estresse oxidativo com a utilização de estratégia como a diminuição da taxa metabólica durante anóxia, a fim de reduzir a demanda de ATP, a tolerância de níveis aumentados de subprodutos metabólicos e a maximização da produção de ATP na ausência de oxigênio pela fermentação de múltiplos substratos. Nesse sentido as espécies atuam na prevenção da formação de EROs, na eliminação de EROs com a utilização

de enzimas antioxidantes e o reparo de componentes celulares danificados. No estudo foram analisadas as enzimas SOD, GPX e CAT, além de avaliar o conteúdo de TBARS e de UCP (proteína desacopladora) regulação da produção de EROs presentes no fígado e nos músculos da cauda.

Para a realização dos experimentos foram considerados três grupos: grupo controle com animais mantidos em recipientes com temperatura de 12°C, grupo anóxia (8h *P. anguinus*) e (1h *C. asper*) e o grupo reoxigenação (24h). Foram utilizados 31 animais de cada espécie. Os animais foram mantidos em ambiente escuro com temperatura de 12°C e alimentados com larvas de vermes sanguíneos (chironomidae). Para determinar a sobrevivência foram usadas 10 exemplares de cada espécie em ambiente isolado em frascos de 500 ml. Esses animais eram observados a cada 15 min para confirmar a morte. Na situação de anóxia foram utilizados 7 indivíduos de cada espécie, sendo que *P. anguinus* foi exposto por 8h e *C. asper* por 1h.

A SOD no fígado de *P. anguinus* foi significativamente menor na reoxigenação em comparação com a anóxia, enquanto que o músculo apresentou diminuição em 8h de anóxia e em 24h de reoxigenação normal. Para a espécie *C. asper* a SOD no fígado diminuiu em 1h de anóxia e em 24h de reoxigenação, no músculo a espécie não apresentou alteração em anóxia e reoxigenação. A GPX diminuiu em anóxia nas duas espécies, enquanto que no músculo a espécie *P. anguinus* apresentou aumento de 50% na reoxigenação, A espécie *C. asper* não apresentou alterações significativas no músculo. A CAT não apresentou alterações tanto no músculo quanto no fígado em *P. anguinus*. A espécie *C. asper* apresentou diminuição significativa em anóxia e reoxigenação no fígado, enquanto que no músculo houve aumento na reoxigenação (ISSARTEL, 2009).

Em relação ao TBARS, apenas *C. asper* em reoxigenação observou-se valores significativamente superiores em relação aos outros dois grupos estudados. A UCP em *P. anguinus* apresentou diminuição em anóxia e na reoxigenação com redução de cerca de 64%, sendo que no músculo o aumento foi de cerca de 170%. A espécie *C. asper* apresentou aumento de 174% e 84% respectivamente no fígado e músculo na reoxigenação em relação aos outros dois grupos estudados.

Conclui-se que a espécie *P. anguinus* não apresenta respostas antioxidantes comuns, podendo apresentar peroxirredoxinas como elemento responsável por evitar o aumento de TBARS, uma vez que suas enzimas “clássicas” diminuíram na maioria dos tecidos avaliados. (ISSARTEL, 2009).

## 1.4 BIOQUÍMICA NO ENSINO MÉDIO

A pesquisa sobre o POS envolve o conhecimento sobre diferentes áreas do saber, dentre elas a ecologia, a zoologia, a fisiologia e anatomia animal, a evolução, a genética e a bioquímica. Nesse sentido pode-se trabalhar temas relacionados às adaptações dos animais que suportam situações que geram estresse oxidativo. Outra possibilidade é trabalhar os conhecimentos relativos à ecologia, considerar as espécies estudadas e suas relações ecológicas. Em zoologia pode-se destacar a classificação biológica das espécies estudadas e suas relações de parentesco. Ainda em relação ao POS pode-se trabalhar aulas sobre a fisiologia e anatomia animal, com destaque para o sistema circulatório. Em genética pode-se trabalhar os processos de ativação de genes relacionados ao estresse oxidativo.

Nessa perspectiva a bioquímica apresenta-se também como uma possibilidade importante de enriquecer o processo de ensino, pois permite relacionar a teoria do POS ao estudo das biomoléculas, em especial das características químicas de carboidratos, lipídeos, proteínas e ácidos nucleicos. Pode-se trabalhar os mecanismos das reações enzimáticas, os processos de transcrição e tradução, bem como a regulação e ativação gênica. Dessa forma escolhemos destacar o estudo da bioquímica e relacioná-la a teoria do POS, como possibilidade de apresentar aos estudantes do Ensino Médio uma pesquisa brasileira de grande impacto e que permite uma contextualização importante para o processo de ensino.

O estudo da bioquímica no Ensino Médio assume papel relevante na compreensão do fenômeno do POS. Nos estudos que envolvem as espécies que realizam o POS, rotineiramente ocorre a análise da ação das enzimas, danos oxidativos e sistemas de reparo. Em muitas situações é necessária a compreensão dos mecanismos de ação das enzimas e dos processos de medição. Todos esses conhecimentos estão intimamente relacionados aos fundamentos da bioquímica básica trabalhada no Ensino Médio.

O ensino de Biologia no Ensino Médio está atrelado às demais disciplinas que constituem a área das Ciências da Natureza (CN), como a Química e a Física. Apesar das especificidades de cada componente curricular, todas as disciplinas objetivam fornecer ao estudante a capacidade de observar situações complexas em seu cotidiano, questionar fenômenos naturais e propor explicações lógicas e coerentes. Devem também demonstrar a importância de se conhecer as ciências naturais e suas aplicações práticas na vida contemporânea.

Para os Parâmetros Curriculares Nacionais – (PCNs), as ciências naturais devem fornecer aos estudantes meios de realizar investigações científicas, de compreender o desenvolvimento tecnológico e uma linguagem técnica que facilite a comunicação e a compreensão dos fenômenos naturais, sejam eles em escala local ou global. A biologia é considerada uma disciplina científica de importância ímpar para a melhoria de qualidade de vida das pessoas. A organização de cada componente curricular deve permitir que os tópicos de estudo sejam trabalhados individualmente no contexto de cada aula, além de poder ser trabalhados interdisciplinarmente.

A Biologia no ensino médio pode ser dividida de acordo com as características de cada sistema de ensino. Em alguns casos, tem-se a divisão dos conteúdos básicos em apenas dois anos do Ensino Médio, sendo a terceira série um momento de revisão geral dos conceitos, com a finalidade de preparar os estudantes para os exames de acesso às universidades e para o exame do ENEM (Exame Nacional do Ensino Médio). Em outros casos ocorre a divisão dos assuntos de biologia nos três anos do Ensino Médio.

Embora variações possam ocorrer, o ensino de Biologia Celular, Bioquímica básica, Histologia animal e Reprodução geral ocorre na primeira série do Ensino Médio. Na segunda série do Ensino Médio são trabalhados a classificação biológica, os vírus, os cinco reinos de seres vivos e a Fisiologia animal, considerados os sistemas isolados, enquanto que na terceira série são trabalhados os assuntos relacionados à Ecologia, Evolução e Genética.

Sendo assim, pode-se destacar que o ensino de Bioquímica básica ocorre na primeira série do Ensino Médio, quando os alunos apresentam em média 16 anos, uma série de transição, quando é considerado que este estudante acabara de sair do Ensino Fundamental, tendo cursado no ano anterior o 9º ano do ensino fundamental segunda fase. Essa transição justifica as dificuldades apresentadas por grande parte dos estudantes frente ao estudo da bioquímica no Ensino Médio.

Para (RANGEL, 2006) a Bioquímica é uma ciência que interliga duas áreas importantes do conhecimento, utiliza-se os fundamentos gerais da Química para estudar os seres vivos, com destaque para os aspectos fisiológicos e de morfologia por meio da estrutura e funcionamento das moléculas biológicas. Em livros didáticos, a Bioquímica aparece como a Química dos seres vivos. Essa relação com os sistemas biológicos faz com que a Bioquímica seja trabalhada prioritariamente na disciplina de Biologia.

O estudo da Bioquímica, como assunto importante do Ensino Médio pode ocorrer com diversos enfoques, seja pela visão biológica, quando aborda a qualidade dos fenômenos vitais

inerentes aos seres vivos, seja pela visão química, que considera as características atômicas das moléculas biológicas. O professor pode enfatizar a organização estrutural, os grupos funcionais e os tipos de átomos que se combinam para formar as diversas biomoléculas.

A dificuldade de compreensão da Bioquímica pode ser minimizada pela escolha de metodologias mais adequadas. Segundo (MELO, 2010) a utilização de experimentos pode melhorar a participação e o rendimento dos estudantes. Para (CALIL, 2009) o professor é responsável por buscar novas metodologias e estratégias de ensino que possam contribuir para despertar o interesse e a participação dos estudantes, e dessa forma facilitar a aprendizagem.

### **1.5 ENSINO INVESTIGATIVO**

O ensino de Biologia pode ser conduzido por diversas metodologias, algumas mais tradicionais e outras mais irreverentes e desafiadoras. Ao contrário do que acontece em aulas expositivas tradicionais em que o professor explica o assunto e os estudantes simplesmente acompanham, nas aulas com metodologia investigativa, o estudante assume papel de protagonista na construção de novos conhecimentos.

Na abordagem tradicional, o professor tem a função de ser o mero expositor de conhecimento, com um viés conteudista. O aluno assume posição passiva em sala de aula e espera que o professor traga respostas prontas. Na metodologia investigativa, o aluno deve pensar no problema, buscar as respostas e construir o conhecimento. Nessa situação o professor assume a função de mediador do processo.

A Biologia é uma das matérias mais significantes do ensino médio (ROSSASI et al., 2011), e é de interesse dos alunos terem um professor motivado. Porém, se o docente estiver desmotivado, os alunos podem perder o interesse facilmente. Nessas situações, os alunos tendem a ter apenas o aprendizado funcional, decorando termos, sem ter a holística com certo grau de significância (ROSSASI et al., 2011). O ato de pesquisar já é intrínseco do homem, mas uma pesquisa de qualidade necessita de estímulo onde o professor possa exemplificar o conteúdo com a finalidade de aproximar da realidade do aluno.

O conceito de ensino por investigação apresenta uma grande diversidade de definições, em que cada autor descreve um parâmetro e uma aplicação. Para alguns pesquisadores (FERNANDES, 2007), o ensino por investigação está relacionado com a atividade científica, com destaque para cada etapa do processo de pesquisa científica. Outros

pesquisadores (MARANDINO, 2009) associam o ensino por investigação à resolução de problemas ou ensino por descoberta.

O ensino de uma forma geral pode ser conduzido por diversos caminhos, sendo alguns mais indicados para cada componente curricular. A Biologia, nesse sentido, pode ser trabalhada em sala de forma a privilegiar a contextualização e explorar atividades investigativas diversas a depender dos recursos didáticos disponíveis e a capacidade de planejamento do professor. As atividades consideradas como investigativas devem exigir dos alunos diversas habilidades ligadas ao desenvolvimento da ciência, assim, os alunos devem observar, refletir, discutir, explicar e por fim propor hipóteses (CARVALHO et al., 2013). O ensino investigativo deve permitir ao aluno o desenvolvimento do pensamento científico, conhecer o pensamento de um pesquisador. Dessa forma, o aluno pode identificar um problema, pensar nas possíveis hipóteses, discutir experimentos, analisar dados estatísticos, refletir sobre os resultados e possivelmente criar um modelo que explique bem o problema observado

O ensino investigativo contribui para despertar e desenvolver a autonomia dos alunos frente a diversas situações observadas em seu cotidiano. Logicamente esse ensino deve ser pautado na apresentação de situações desafiadoras aos alunos e nesse sentido o professor deve promover uma rica problematização, seguida da disposição de materiais e técnicas adequadas para cada situação a ser investigada. Aqui não trata-se de aulas apenas lúdicas com a execução de experimentos previamente determinados com protocolos prontos e estáticos. Os alunos devem ter liberdade para tomar decisões e escolher as melhores estratégias de investigação, e ter o professor como o mediador de todo o processo investigativo.

Ao realizarem atividades investigativas os alunos adquirem maior autonomia, desenvolvem seu senso crítico e participam ativamente das decisões relacionadas ao seu aprendizado (FIORO, 2014). O professor deve atuar como o mediador da atividade investigativa, e ser um agente motivador das atividades que desafiam os alunos. O método investigativo tem papel central no ensino das ciências naturais, pois contribui para o desenvolvimento de habilidades importantes dos alunos, que dispõem de vasta quantidade de informação no contexto educacional presente (AZEVEDO, 2006).

No ensino investigativo, o professor conduz o processo de ensino, faz perguntas que desafiam os estudantes e ao final sistematiza as respostas dos estudantes. Permite que o estudante desenvolva habilidades de argumentação e pensamento, e a capacidade de refutar ideias e testar seus conceitos. Nesse sentido, o ensino por investigação contribui para a

alfabetização científica, faz com que os estudantes reconheçam termos específicos da ciência e exercitem a liberdade intelectual.

PRÁTICAS EPISTÊMICAS	EXEMPLOS ILUSTRATIVOS DE PRÁTICAS NO ENSINO POR INVESTIGAÇÃO
<b>PROPOSIÇÃO</b>	Elaborar questões científicas Planejar investigações científicas para responder as questões Fazer Observações Visualizar evidências relevantes na investigação Construir dados
<b>COMUNICAÇÃO</b>	Desenvolver linha de raciocínio científico Escrever um relatório científico Comunicar verbalmente uma explicação científica Construir uma explicação científica baseada em evidências Construir inscrições literárias
<b>AVALIAÇÃO</b>	Avaliar os méritos de uma afirmação, evidência ou modelo científico Avaliar uma linha de raciocínio científico Avaliar uma explicação científica Considerar explicações alternativas
<b>LEGITIMAÇÃO</b>	Construir consenso de grupo para explicações científicas Reconhecer os conhecimentos relevantes para um a comunidade Construir consenso de grupo para procedimentos de investigação

**TABELA 2.** Quadro ilustrativo sobre as etapas de uma aula investigativa. **Fonte:** KELLY, G. J.; LICONA, P. (in press). Epistemic practices and science education, In Matthews, M. (Ed.), HPS&ST anthology

Segundo (CARVALHO et al., 2013) o ensino por investigação consiste na criação de um ambiente educacional que desafie os estudantes e apresente o processo investigativo típico da ciência em geral, mas de forma simplificada, assim contribui para a alfabetização científica dos estudantes. Para (OSBORNE, 2016) a prática de ensino investigativo como metodologia de ensino aplicada ao Ensino Médio contribui para aproximar o estudante do pensamento científico e facilita a compreensão dos conceitos biológicos. Nesse sentido, o ensino por investigação pode ser dividido nas etapas apresentadas na (Tabela 2).

## 1.6. APLICATIVO PLICKERS

O Plickers é uma ferramenta disponível na versão web e aplicativo para dispositivos móveis, de administração de testes rápidos, que permite o professor escanear as respostas e conhecer em tempo real o nível da turma quanto ao entendimento de conceitos e pontos-chaves de uma aula. O Aplicativo gera e salva automaticamente o desempenho individual dos alunos, criando gráficos e dados (KRAUSE, 2017).

Esses dados são úteis para identificar dificuldades, tendências, estratégias de personalização do ensino, para adotar como critérios de avaliação dentre outros. Além disso, os alunos têm participação ativa no processo, pois informam suas respostas sabendo instantaneamente como foi o seu desempenho. Isso faz com que os mesmos interajam com os colegas, argumentando suas respostas com os colegas e com o professor.

O aplicativo é gratuito e permite ao professor a criação de suas perguntas personalizadas de acordo com seu planejamento educacional e seus objetivos de aprendizagem. Essas perguntas ficam salvas *on line* no aplicativo para serem acessadas quando necessário.

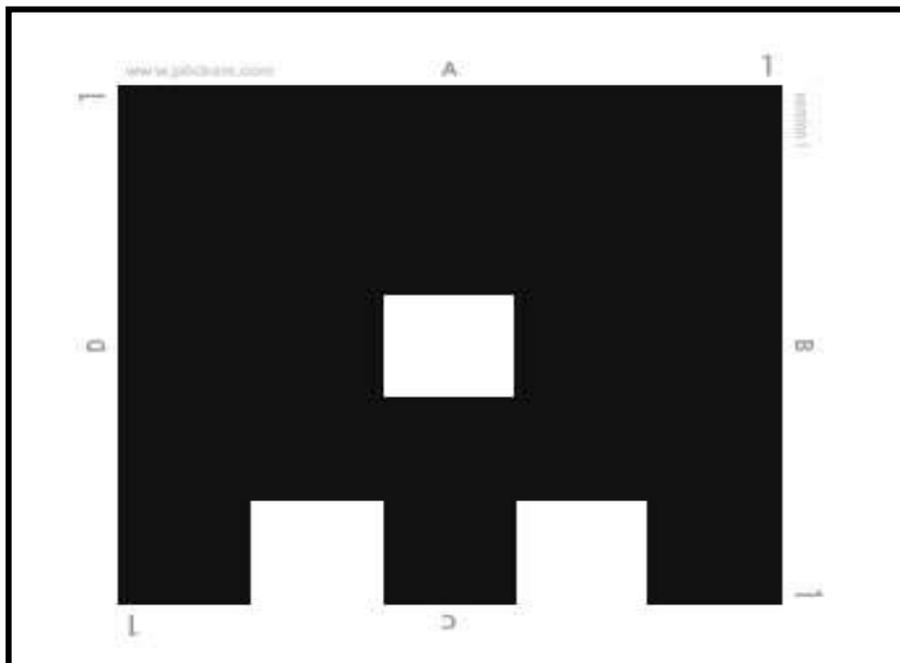
Para a utilização do aplicativo é necessário que o professor após realizar seu cadastro no site [www.plickers.com](http://www.plickers.com), crie a turma que vai ser avaliada, adicionando o nome dos estudantes que participarão, imprima os cartões de respostas individuais, crie as perguntas diretamente no aplicativo e por fim, utilizando seu celular, escolha as perguntas que serão projetadas no quadro branco (KRAUSE, 2017).

Os alunos ao visualizarem as perguntas projetadas, escolhem a alternativa que julgam ser a mais correta, levantando seus cartões respostas que serão escaneados pela câmera do celular do professor. Pronto, assim ocorre a avaliação que gera instantaneamente e automaticamente o resultado que demonstra as escolhas de cada estudante. Ao final da avaliação, o professor tem acesso ao gráfico com os resultados por pergunta e por estudante, identificando qual alternativa foi mais escolhida em cada questão. Esse resultado pode ser utilizado para melhorar o planejamento educacional, permitindo que o professor possa testar a eficiência de sua metodologia escolhida e se necessário fazer alterações durante o processo de ensino. A (figura 10) apresenta o processo avaliativo conduzido utilizando-se o aplicativo Plickers. Nela permite observar que o professor com seu celular filma as respostas dos estudantes que depois serão transformadas em arquivos. Na (figura 11) observamos dois cartões de respostas do aplicativo Plickers. Em cada cartão de respostas temos a possibilidade

de escolher entre quatro possíveis respostas (A, B, C ou D). Cada cartão de resposta é único e identifica um estudante diferente.



**Figura 10** - Imagem da utilização do aplicativo Plickers. Durante a aplicação da avaliação o professor com seu celular escaneia os cartões respostas dos alunos levantados. Cada aluno recebe um cartão resposta diferente, tendo a possibilidade de escolher entre quatro alternativas (A, B, C ou D). Através da câmera do celular o aplicativo capta as respostas dos estudantes e converte em um arquivo com as porcentagens de acertos. **Fonte:** <https://edu.glogster.com/glog/review-on-plickers/2dvjfgeps02>



**Figura 11** - Imagem de um cartão resposta do aplicativo Plickers. A imagem representa o cartão resposta do aluno 1, nele é possível perceber que ao girar o cartão pode-se escolher entre quatro possibilidades de respostas (A, B, C ou D). A resposta escolhida pelo estudante corresponde à letra que aparece na face superior. Na imagem o aluno está indicando a letra A como resposta escolhida. **Fonte:** <http://learnwith.tech/ed587wpms-s16/mr/wp-content/uploads/sites/16/2016/04/Plickers-Codes.jpg>

## 1.7. BLOGS NA EDUCAÇÃO

As Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDIC) fazem parte do cotidiano das pessoas e suas aplicações podem ser observadas em diversas áreas de conhecimento. Dessa forma, não é possível ignorar os desafios enfrentados pelos educadores que querem se inserir nesse mundo tecnológico e conseqüentemente melhorar suas práticas pedagógicas. No meio virtual pode-se obter todo tipo de informação, desde a informação mais fidedigna referenciada até informações sem nenhuma credibilidade.

Ambientes virtuais novos como os *blogs* são espaços que podem levar o aluno a um aprendizado significativo maior. Os *blogs* dão espaço para criação, edição e publicação de dados na estrutura da *web*. Os “eblogs”, popularmente conhecido como *blogs*, possibilitam uma cooperação entre links na rede e proporcionam uma *web* mais viva e interligada (MANTOVANI, 2006). As escolas estão inseridas em uma sociedade tecnológica, onde os *blogs* podem ser utilizados como uma nova tecnologia de informação e comunicação. Uma reflexão sobre as possibilidades dessa ferramenta se faz necessária. Nessa nova tecnologia há espaço para escrita, comentários, gravações de informações, discussões, compartilhamento de ideias e conhecimentos de forma colaborativa (BOEIRA, 2009).

O *blog* é um ambiente virtual de construção de conteúdos diversos, muitos alinhados ao processo de aprendizagem, em que há um rompimento da construção do conhecimento de uma forma tradicional. Na utilização de *blogs* o aluno sai da passividade e constrói seu conhecimento através de uma cultura informatizada e de cooperação com o professor. O aluno é agente ativo da busca de informações para um aprendizado mais significativo (GOMES, 2005).

Os “posts”, que são as atualizações, podem ser feitos de forma diária e é o que alimenta a quantidade de informação dessas páginas. Logo se observa uma ordem cronológica de informação que traz a ideia de corrida por atualização da informação. Na internet se encontram milhares de *blogs*, com diversos temas e elaborados por pessoas que procuram a notoriedade e espaço para divulgação de suas ideias (PINTO et al., 2017).

É importante destacar as possibilidades de utilização dos *blogs* na educação. Nesse sentido, podem ser usados tanto como ferramenta didática, como um repositório de conteúdos, quanto como uma metodologia colaborativa de ensino (QUEIROZ, 2004). Nesta perspectiva, observa-se que quando o professor aproveita ao máximo esse recurso e as diversas

possibilidades por ele oferecidas aumenta o interesse dos alunos pela construção do conhecimento.

A utilização dos *blogs* como metodologia de ensino tem uma função importante de promover o acompanhamento das atividades realizadas na sala de aula, além de permitir que o estudante seja agente ativo no processo de construção de conhecimento, num processo de despertar a autonomia dos estudantes.

O uso dos *blogs* em sala de aula é muito variado e depende proposta de ensino escolhida, bem como da disponibilidade de internet e de dispositivos para acessar as páginas. Nesse sentido, destaca-se a necessidade de um planejamento que oportunize aos estudantes a inserção de metodologias ativas de pesquisa fundamentadas na utilização da internet. O *Blog* pode despertar o interesse dos estudantes, tendo em vista, sua característica típica dos ambientes virtuais (BOEIRA, 2009).

## **1.8 BLOGS CIENTÍFICOS E BLOGS NÃO CIENTÍFICOS**

Os *Blogs* servem para divulgar algo, como um produto ou serviço. Além disso, é uma boa ferramenta de comunicação entre uma família, amigos, um grupo de trabalho ou empresas. Os conteúdos e temas de um *blog* podem abranger inúmeros assuntos, como diários pessoais, piadas, links, poesia, e até ideias e notícias. Nesses casos, os *blogs* não possibilitam uma relação direta com a ciência, não apresentam a função principal de divulgação científica. Esses *blogs* que se destinam a divulgação dos mais variados assuntos, mas que não apresentam compromisso com alguma área científica são classificados como *blogs* não científicos, correspondem à grande maioria dos *blogs* em atividade atualmente (SAUNDERS, 2018).

Entre as diversas classes de *blogs* encontradas atualmente na internet, destacam-se os *blogs* classificados como *blogs* científicos. Muitos deles mantidos por instituições acadêmicas e periódicos renomados, porém também inúmeros deles escritos por estudantes de pós-graduação, pós-doutores, professores universitários, professores de ciências e jornalistas profissionais (BONETTA, 2007). Um fator que explica a grande quantidade de *blogs* científicos (cerca de 60.000 em 2017) é a possibilidade de construção de redes de colaboração e o fortalecimento de comunidades científicas. *Blogs* científicos também são usados para a comunicação entre os cientistas, possibilitam a troca de informações, pois, a partir do *blog*, é

possível tomar posição e defender ideias como o ensino de ciências, a participação de mulheres nas pesquisas e outros temas que dificilmente são debatidos em artigos de periódicos (SAUNDERS, 2018).

Ainda de acordo com (BONETTA, 2007) os *blogs* científicos (Figura 12) apresentam importante função na disseminação científica, contribuem para a democratização do conhecimento científico. Apesar de existir muitos meios de comunicação e divulgação da ciência, os *blogs* científicos continuam a se destacar por inúmeros motivos, entre eles, o prazer pessoal de escrever sobre algo que se tem interesse até tornar a ciência acessível a várias audiências, corrigir conceitos disseminados erroneamente e inspirar jovens a se interessar por carreiras científicas. Os *Blogs* científicos são caracterizados também por seu compromisso com o rigor científico, e seus autores devem buscar atualizar-se sempre que necessário.



**Figura 12** – “Print screen da página principal do *blog* científico da Universidade de Campinas – UNICAMP”.  
**Fonte:** <https://www.blogs.unicamp.br/>

No presente projeto propomos apresentar o fenômeno POS para os alunos do Ensino Médio por meio de um *blog* científico. O estudo do POS será um conhecimento novo para os alunos. Aliado à rede mundial de computadores, com a construção de um *blog*, a informação acadêmica pode chegar mais próxima do aluno, e trazer um contexto transversal no estudo da bioquímica, e de outros ramos associados à Biologia. A ferramenta *blog* junto com o estudo do POS traz uma contextualização para as aulas de biologia no Ensino Médio.

Visando contribuir para a melhoria da qualidade do processo de ensino praticado no Ensino Médio, este projeto objetiva a criação de um *blog* sobre as espécies que se enquadram no fenômeno do POS, pesquisa desenvolvida em vários países, e também no Departamento de Biologia Celular da Universidade de Brasília-UnB, coordenada pelo professor Dr<sup>o</sup> Marcelo Hermes Lima e pela professora Dr<sup>a</sup> Élide G. Campos. Nessa perspectiva, a ideia é a que se trabalhe a pesquisa, a metodologia, os resultados e as curiosidades do POS no Ensino Médio, por meio da realização de uma sequência didática tendo o *Blog* <http://estresseoxidativo-pos.blogspot.com> sobre os animais vertebrados que realizam o fenômeno do POS.

## 1.9 OBJETIVO GERAL

O objetivo geral do trabalho foi construir um *blog* sobre animais vertebrados que realizam o “Preparo para o Estresse Oxidativo” e desenvolver uma sequência didática investigativa que possa ser usada no Ensino Médio para aproximar os estudantes das descobertas científicas.

### 1.9.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Construir um *blog* sobre animais vertebrados que realizam o POS.
- Criar uma sequência didática para aplicação de aulas utilizando o *blog*.
- Realizar um processo avaliativo sobre conceitos relacionados ao metabolismo energético e teoria do POS com a utilização do aplicativo Plickers.
- Realizar uma entrevista com perguntas abertas sobre a percepção dos alunos a respeito da utilização do *blog* nas aulas de Ensino Médio.
- Investigar a utilização de *blogs* nas aulas de Ensino Médio.

## CAPÍTULO 2

### CONSTRUÇÃO DE UM *BLOG* CIENTÍFICO SOBRE A TEORIA DO “PREPARO PARA O ESTRESSE OXIDATIVO – POS” A SER UTILIZADO EM AULAS DO ENSINO MÉDIO

#### 1. INTRODUÇÃO

Os avanços das tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC) são inúmeros. As TDIC facilitam a comunicação em tempo real, contribuem para aumentar o intercâmbio de informações e favorecem a aprendizagem. A tecnologia está presente na vida das pessoas nos diferentes ambientes, e faz parte dos processos de comunicação e construção de conhecimentos (LEITE, 2009). O processo de comunicação sofreu profundas mudanças nas últimas décadas, e as pessoas estão cada vez mais conectadas umas às outras. Nessa perspectiva, a tecnologia assume importante papel nos estudos, na comunicação, no trabalho e no entretenimento, além de aproximar diferentes realidades.

Entre os diversos recursos de TDIC, destacam-se as ferramentas que utilizam a internet para desenvolver diferentes atividades, como a comunicação, o comércio, a diversão, os estudos, as transações bancárias, entre tantas outras possibilidades (KENSKI, 2007). Na internet, há diferentes formatos de páginas, cada uma construída com uma finalidade específica, dentre elas, destacam-se os *blogs*, uma ferramenta que permite o intercâmbio de informações. São muitos os assuntos explorados pelos diferentes segmentos da sociedade que utilizam os *blogs*, e seu uso preenche diferentes lacunas (RIBEIRO, 2008). Nesse sentido, a utilização dos *blogs* na educação pode contribuir significativamente para a melhoria da qualidade de ensino (COTES, 2007). O *blog*, além de ser uma ferramenta que permite diversas formas de utilização, também pode ser facilmente construído, pois não requer conhecimento técnico para a sua criação (OLIVEIRA, 2008).

O *blog* é uma ferramenta da *Web 2.0* que se caracterizou inicialmente como um diário virtual, que pode ser editado e publicado por seus autores, em qualquer espaço e tempo (MARINHO, 2007). O conceito de *Web 2.0* foi criado em 2003 e caracteriza uma situação em que as pessoas passam a contribuir com informações na internet ao invés de apenas usufruir

de seus serviços (LEITE, 2009). A grande característica da *Web 2.0* é a capacidade de contribuição dos usuários, como, por exemplo, acontece com a Wikipédia, em que os leitores podem acrescentar informações. Dessa forma fala-se em aproveitamento da inteligência coletiva.

Os *Blogs* podem permitir aos estudantes maior possibilidade de conhecer e explorar qualquer assunto, e é uma ferramenta que alia o trabalho pedagógico e formativo dos professores aos interesses dos alunos. Além disso, introduz a aula no mundo virtual, o que possibilita diversificar estratégias de ensino e favorecer o desenvolvimento de metodologias dinâmicas (MARINHO, 2007). De uma forma geral, os *blogs* educativos podem assumir duas possibilidades principais no processo de ensino. Na finalidade de recurso pedagógico, os *blogs* se destacam como espaços de acesso a informação especializada, disponibilizada pelo professor, assim, funcionam como um repositório de conteúdos. Outra perspectiva é a utilização dos *blogs* como estratégia educativa, nesse sentido, pode servir como um portfólio digital, como espaço de intercâmbio, colaboração, debate, e ainda como um espaço de integração (LEITE, 2009). Nesse sentido, é fundamental que o professor tenha clareza de seus objetivos educacionais, para escolher a melhor estratégia de utilização dos *blogs* em sua proposta de ensino.

No Brasil, os *blogs* começaram a ser usados na educação após os anos 2000 (ARAUJO, 2009) quando alguns professores começaram a criar os primeiros *blogs* com o objetivo de colocar informações importantes para os alunos. Nesses casos, os *blogs* funcionavam como um repositório de recursos didáticos como textos, vídeos e lembretes. Professores têm explorado essa ferramenta e o seu potencial pedagógico que permite uma importante troca de conhecimento entre estudantes e professores, além de contribuir para que ambos possam se atualizar e partilhar conhecimento.

## **1.2 BLOGS CIENTÍFICOS E BLOGS NÃO CIENTÍFICOS**

Os *Blogs* servem para divulgar algo, como um produto ou serviço. Além disso, é uma boa ferramenta de comunicação entre uma família, amigos, um grupo de trabalho ou empresas. Os conteúdos e temas de um *blog* podem abranger inúmeros assuntos, como diários pessoais, piadas, links, poesia, e até ideias e notícias. Nesses casos, os *blogs* não possibilitam uma relação direta com a ciência, não apresentam a função principal de divulgação científica. Esses *blogs* que se destinam a divulgação dos mais variados assuntos, mas que não

apresentam compromisso com alguma área científica são classificados como *blogs* não científicos, correspondem à grande maioria dos *blogs* em atividade atualmente (SAUNDERS, 2018).

Entre as diversas classes de *blogs* encontradas na internet, destacam-se os *blogs* científicos. Muitos deles mantidos por instituições acadêmicas e periódicos renomados, porém também inúmeros deles escritos por estudantes de pós-graduação, pós-doutores, professores universitários, professores de ciências e jornalistas profissionais (BONETTA, 2007). Um fator que explica a grande quantidade de *blogs* científicos, cerca de 60.000 em 2017 (SAUNDERS, 2018) é a possibilidade de construção de redes de colaboração e o fortalecimento de comunidades científicas. *Blogs* científicos também são usados para a comunicação entre os cientistas, possibilitam a troca de informações, pois, a partir do *blog*, é possível tomar posição e defender ideias como o ensino de ciências, a participação de mulheres nas pesquisas e outros temas que dificilmente são debatidos em artigos de periódicos (SAUNDERS, 2018).

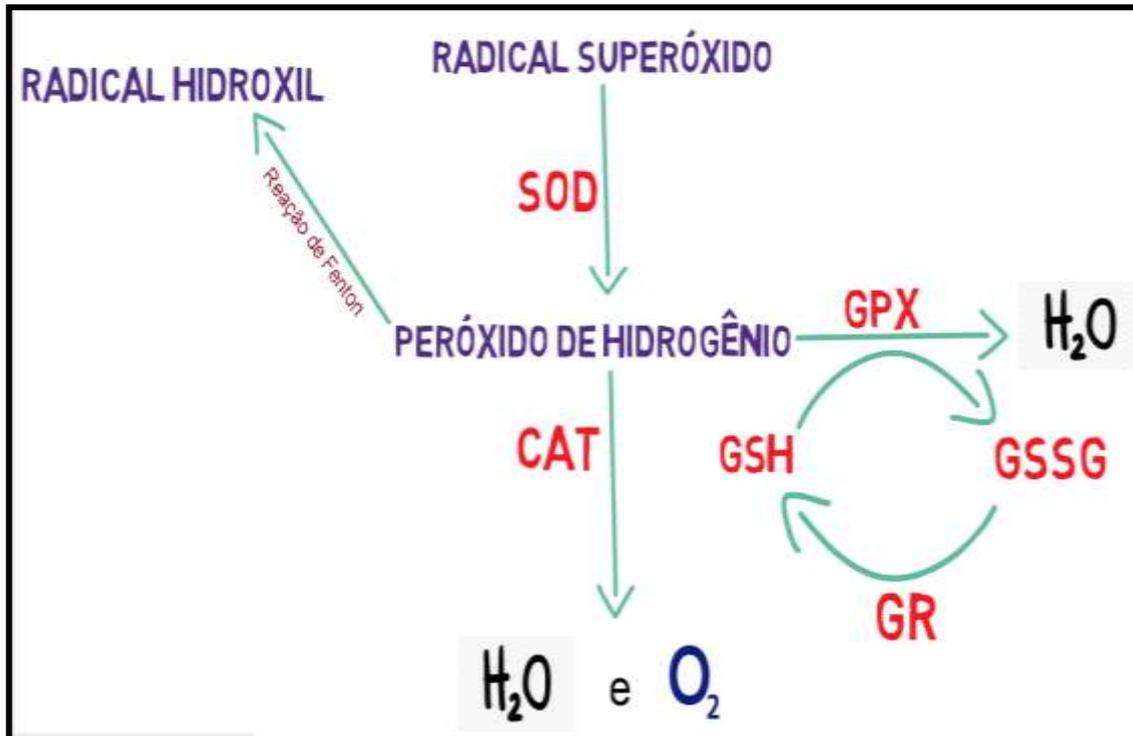
De acordo com (BONETTA, 2007) os *blogs* científicos apresentam importante função na disseminação científica, e contribuem para a democratização do conhecimento científico. Apesar de existir muitos meios de comunicação e divulgação da ciência, os *blogs* científicos continuam a se destacar por inúmeros motivos, entre eles, o prazer pessoal de escrever sobre um assunto de interesse para o autor, o fato de que tornam a ciência acessível a várias audiências e de que podem servir para corrigir conceitos disseminados erroneamente e inspirar jovens a se interessar por carreiras científicas. Os *Blogs* científicos são caracterizados também por seu compromisso com o rigor científico, e seus autores devem buscar atualizar-se sempre que necessário.

### **1.3 ESTRESSE OXIDATIVO, (EROS) E ANTIOXIDANTES**

Os animais muitas vezes enfrentam condições naturais que provocam estresse oxidativo, caracterizado por um desequilíbrio entre a quantidade de espécies reativas de oxigênio (EROs) e o sistema de defesa antioxidante. Na condição de estresse oxidativo pode ocorrer a destruição de biomoléculas importantes, como por exemplo, proteínas, lipídeos e ácidos nucleicos. As EROs (Figura 1) compreende um grupo de compostos químicos que apresenta grande capacidade de reagir com diversas biomoléculas, podem danificar suas

estruturas químicas, provocar a perda da função biológica e em muitos casos ocasionar a morte celular. Entre as principais EROs destacam-se o radical superóxido ( $O_2^{\bullet-}$ ), o peróxido de hidrogênio ( $H_2O_2$ ) e o radical hidroxil ( $HO\cdot$ ) (MOREIRA, 2017). Esses compostos apresentam grande instabilidade química, por isso reagem com outras moléculas biológicas para adquirir a estabilidade química (NAUSEEF, 2014).

Os antioxidantes (Figura 1) são moléculas que apresentam a função de neutralizar as EROs, e são caracterizados por sua especificidade, por exemplo, cada enzima antioxidante catalisa uma reação química que neutraliza uma ERO diferente (HALLIWELL AND GUTTERIDGE, 1999). Entre as principais enzimas antioxidantes, podemos destacar a Superóxido dismutase – SOD, a Catalase – CAT e a Glutaciona peroxidase – GPX. A SOD é o antioxidante que catalisa a dismutação do radical superóxido gerado pelas mitocôndrias (isoforma contendo Mn) e no citoplasma (isoforma contendo Cu e ZN). O processo de dismutação provoca a formação de peróxido de hidrogênio ( $H_2O_2$ ). O Peróxido de hidrogênio é decomposto pela ação das enzimas catalase (CAT) e glutaciona peroxidase (GPX). A GPX reduz o peróxido de hidrogênio ao oxidar outro substrato, a glutaciona (GSH), um tripeptídeo constituído de cisteína, ácido glutâmico, glicina (HALLIWELL AND GUTTERIDGE, 1999). O tripeptídeo glutaciona (GSH) em sua forma oxidada (GSSG) é reciclado pela enzima glutaciona redutase (GR) para retornar a forma reduzida (GSH). Outra enzima importante que participa do ciclo da glutaciona é a glutaciona S-transferase (GST), enzima que pertence a uma família multifuncional de enzimas que catalisam a conjugação da molécula de glutaciona a várias outras moléculas, e possui um papel fundamental em mecanismos de detoxificação intracelular de compostos xenobióticos. Na presença de íons de ferro  $Fe^{2+}$  e  $Fe^{3+}$ , o peróxido de hidrogênio ( $H_2O_2$ ) pode sofrer a reação química, conhecida como Reação de Fenton, o que ocasiona a formação do radical hidroxil ( $HO\cdot$ ), muito reativo (HALLIWELL AND GUTTERIDGE, 1999). Assim, há uma correlação entre as situações que geram o estresse oxidativo, a produção das EROs e a síntese das enzimas antioxidantes. O equilíbrio entre a produção de EROs e a produção de enzimas antioxidantes é fundamental para manter o equilíbrio redox do ambiente interno das células e assim evitar danos oxidativos às biomoléculas e conseqüentemente aos tecidos biológicos (HERMES-LIMA et al., 2015).



**Figura 1** - Esquema geral dos principais sistemas antioxidantes. O radical superóxido ( $O_2^{\bullet-}$ ), gerado principalmente pelas mitocôndrias, é dismutado a peróxido de hidrogênio ( $H_2O_2$ ) pela ação da enzima superóxido dismutase (SOD). O peróxido de hidrogênio é decomposto pela ação da catalase (CAT) e glutatona peroxidase (GPX). A enzima GPX catalisa a redução do peróxido de hidrogênio e a oxidação do outro substrato, a glutatona (GSH), com formação de água e glutatona oxidada (GSSG). A GSSG é reciclada pela enzima glutatona redutase (GR) para retornar a forma reduzida (GSH). O peróxido de hidrogênio pode reagir com íons de ferro ( $Fe^{2+}$ ) e gerar o radical hidroxil ( $HO\cdot$ ) altamente reativo (Reação de Fenton). **Fonte:** Autor.

#### 1.4 “PREPARO PARA O ESTRESSE OXIDATIVO – POS”

Algumas espécies de vertebrados são adaptadas para enfrentar os desafios do estresse oxidativo (MOREIRA, 2017). A teoria do “Preparo para o Estresse Oxidativo – POS” se desenvolveu a partir de estudos realizados em 1995 e refere-se a situações em que determinada espécie animal apresenta um aumento na produção das enzimas antioxidantes quando está submetida a uma condição natural de baixa disponibilidade de oxigênio (HERMES-LIMA et al., 1995). As principais condições naturais que contribuem para gerar estresse oxidativo são a hipóxia, anóxia, estivação, congelamento, desidratação severa e exposição aérea de organismos com respiração aquática (MOREIRA et al., 2016). Em todas essas situações há um decréscimo momentâneo na quantidade de oxigênio disponível. De acordo com a teoria do POS, esses animais aumentam a produção de antioxidantes nessas situações para que no momento em que a disponibilidade de oxigênio retornar ao normal não ocorra dano celular provocado pela grande produção de EROs (LEVEELAHTI, 2014).

O momento de retorno da quantidade normal de oxigênio é conhecido como reperfusão e tem como característica a elevada produção das espécies reativas de oxigênio, por isso, fala-se em preparo para o estresse oxidativo, pois algumas espécies apresentam a capacidade aumentar a atividade das enzimas antioxidantes com a finalidade de neutralizar o excesso de EROs durante a reperfusão (HERMES-LIMA et al., 2015).

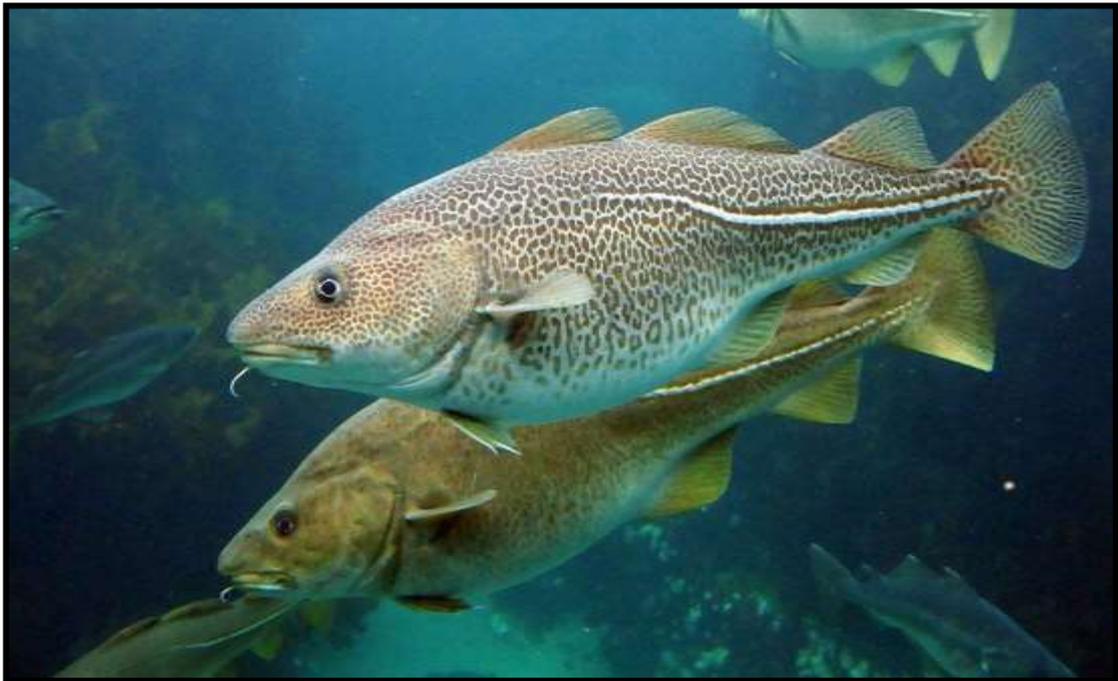
Dessa forma algumas espécies de vertebrados se destacam por apresentar a capacidade de sobrevivência em ambientes naturais extremos, como por exemplo, a espécie de rã *Rana Sylvatica* (Figura 2) encontrada no Alaska e que no inverno pode apresentar cerca de 60% do líquido corporal congelado e ainda sim retornar a suas atividades normais após o descongelamento. As espécies que realizam o POS se caracterizam por aumentar a produção de suas enzimas antioxidantes em situações de baixa disponibilidade de oxigênio (HERMES-LIMA et al., 2015).

Muitas pesquisas investigam as adaptações animais que sobrevivem em condições que geram estresse oxidativo. As respostas dessas pesquisas podem ser empregadas em situações importantes da medicina, como por exemplo, o transplante de órgãos, nesse sentido a pesquisa apresenta uma perspectiva de melhoria dos processos de transporte e conservação de órgãos para transplante (MOREIRA, 2017).



**Figura 2** – Imagem da espécie de rã *Rana Sylvatica* encontrada no Alaska e que pode sofrer o congelamento de cerca de 60% do líquido corporal. **Fonte:**<https://www.art.com/products/p14441298858-sa-i6715915/david-wrobel-wood-frog-rana-sylvatica-eastern-and-northern-north-america.htm>

Desde a formulação da teoria do POS na década de 90, vários estudos foram realizados, nesse sentido pode-se destacar o estudo realizado em 2006 com a espécie de bacalhau do Atlântico *Gadus morhua* (Figura 3). O objetivo do estudo foi analisar os níveis de transcritos de três enzimas antioxidantes e duas proteínas de resposta ao estresse oxidativo. Foi avaliado também o índice de estresse oxidativo (OSI) e a Taxa de crescimento específico (SGR) (OLSVIK, 2006).



**Figura 3** – Imagem da espécie de peixe conhecida como bacalhau do Atlântico *Gadus morhua*, é um peixe pertencente à família Gadidae. **Fonte:** <https://www.sciencenews.org/blog/wild-things/warming-arctic-will-let-atlantic-and-pacificfishmix>

Para a realização da pesquisa foram utilizados 18 peixes da espécie *Gadus morhua* com 36,1 cm de comprimento e 7,9g de massa corporal no início do experimento (8 de maio 2003), e 47,0 cm e 17,5g no final do experimento (18 de junho de 2003). Os peixes foram expostos a três níveis de saturação de oxigênio dissolvido na água, medidos na entrada / saída do tanque como porcentagem de saturação, 80/46, 100/76 (controle) e 160/145, respectivamente. Entre as proteínas avaliadas estavam as enzimas antioxidantes SOD, CAT e GPX, além das proteínas relacionadas ao estresse oxidativo metalotioneína (MT) e citocromo P4501A (CYP1A). A metalotioneína tem um papel importante no metabolismo intracelular de Cu e Zn e na proteção contra danos oxidativos resultantes da exposição excessiva a metais. O citocromo P4501A é uma superfamília ampla e diversificada de proteínas responsáveis por oxidar grande número de substâncias para torná-las

mais polares e hidrossolúveis. São proteínas importantes para facilitar a excreção de substâncias indesejáveis, mas também são responsáveis pela ativação ou desativação de muitos fármacos, toxinas e pela síntese de hormônios esteroides e ácidos graxos (OLSVIK, 2006).

Os peixes foram expostos à normóxia (76% de saturação de oxigênio dissolvido na água), e a alta (145%) e baixa (46%) concentração de oxigênio dissolvido, que correspondem à condição de hiperóxia e hipóxia, respectivamente. Os resultados demonstraram que a taxa de crescimento específico (SGR) foi significativamente menor nos peixes expostos à hipóxia em comparação com peixes expostos à normóxia ou hiperóxia. O nível de transcrição da enzima GPX foi significativamente menor também no grupo em hipóxia em comparação com ambos os grupos (normóxia e hiperóxia). O nível de transcrição do MT não mudou no fígado como resultado de exposição às condições de hipóxia ou hiperóxia. A transcrição do CYP1A foi significativamente regulada negativamente no grupo em hipóxia em comparação com o grupo hiperóxia. Pode-se concluir que a hipóxia afetou os níveis de transcrição de genes antioxidantes. A taxa de crescimento apresentou correlação positiva com SOD (22%), o que significa que a espécie apresenta aumento na produção da SOD e também apresenta crescimento. A GPX apresentou correlação negativa com o índice de estresse oxidativo OSI (15%), ou seja, os peixes em situação de hipóxia aumentam a produção das enzimas SOD e GPX e conseqüentemente diminuem o estresse oxidativo, além de aumentar o seu crescimento.

Os efeitos do congelamento ou exposição à anóxia no metabolismo foram estudados em uma espécie de serpente, *Thamnophis sirtalis parietalis* (Figura 4) endêmica na região de Interlake, no Canadá (HERMES-LIMA et al.,1993). O objetivo era descobrir se as defesas antioxidantes faziam parte da maquinaria bioquímica dessa espécie para que ela pudesse tolerar as situações naturais de estresse oxidativo como o congelamento ou exposição à anóxia, considerando-se que esses animais toleram situações extremas de variação quanto à disponibilidade de oxigênio e que o processo de reoxigenação é mais deletério para os tecidos que o próprio período anóxico. Para comprovar essa situação foi analisada a atividade de cinco enzimas antioxidantes (CAT, SOD, GPX, GR e GST) presentes em três órgãos animais (músculo, fígado e pulmão).

Essas serpentes foram coletadas no início do outono e levadas para a Universidade de Carleton, onde passaram por um processo de aclimatação, sendo mantidas a 5° C por duas a três semanas. Os animais foram submetidos a 5 h de congelamento a uma temperatura de -

2,5°C, logo após os animais foram decapitados e os órgãos rapidamente dissecados e congelados em nitrogênio líquido à -80° C. Para a exposição à anóxia, os animais foram colocados em recipientes contendo 97,5% gás nitrogênio e 2,5% de gás carbônico por um período de 10h à 5°C (HERMES-LIMA et al.,1993).



**Figura 4** – Imagem da espécie de serpente *Thamnophis sirtalis parietalis*, conhecida cobra de liga é típica do Canadá. **Fonte:** <http://reptile-database.reptarium.cz/species?genus=Thamnophis&species=sirtalis>

Os ensaios enzimáticos relacionados à situação de congelamento demonstraram que a enzima (CAT), apresentou aumentos significativos de 183% no músculo e 63% no tecido pulmonar. Também foi observado que a enzima glutaciona peroxidase (GPX) muscular teve um aumento de 52% no congelamento. Outra enzima que teve sua atividade medida foi a (GR) glutaciona redutase, importante para permitir que a (GPX) utilize o tripeptídeo (GSH) como substrato, participa da conversão de (GSSG) em (GSH), apenas no tecido pulmonar em situação de exposição à anóxica houve aumento da glutaciona redutase. Para a situação de exposição à anóxia a atividade da enzima (SOD) teve aumento de 118% no fígado e 59% no músculo, mas não no pulmão. Em relação ao tripeptídeo (GSH) observou-se um aumento de 57% no tecido muscular. Em relação à enzima glutaciona S-transferase (GST), apenas no fígado tem-se alteração estatisticamente significativa, pois ocorre a redução em torno de 26% dessa enzima em comparação ao grupo controle.

A conclusão da análise do ensaio enzimático foi a de que as defesas antioxidantes constituem-se importantes adaptações do metabolismo redox para essa serpente. Destaca-se

que essa pesquisa foi realizada em um momento histórico em que se acreditava que a produção das espécies reativas de oxigênio (EROs) seria menor em situações de baixa disponibilidade de gás oxigênio (anóxia) ou (hipóxia), mas atualmente sabe-se que justamente nas situações de baixa disponibilidade de oxigênio observa-se o oposto, ou seja, uma elevada produção de antioxidantes como mecanismo de defesa durante a hipóxia. Esse processo de produção de antioxidantes em resposta a elevada produção de EROs, durante situações de hipóxia foi posteriormente denominado de Preparo para o Estresse Oxidativo - POS (HERMES-LIMA et al.,1993).

O estudo da biologia no Ensino Médio pode acontecer de diferentes formas a depender da técnica adotada pelo professor, que escolhe a melhor estratégia que se enquadra ao perfil de sua turma (BNCC, 2017). São muitas as possibilidades de ensino de biologia, nesse sentido destaca-se o ensino investigativo, caracterizado pela promoção de situações que desafiam os estudantes (ROSSASI et al., 2011). No ensino investigativo os estudantes tem liberdade para criar hipóteses, elaborar experimentos e chegar a conclusões fundamentadas no conhecimento científico (FERRAZ, 2017). Nesse sentido é fundamental que os professores invistam em estratégias de ensino investigativo para que os estudantes possam despertar o interesse pela ciência e a capacidade de argumentação em linguagem científica.

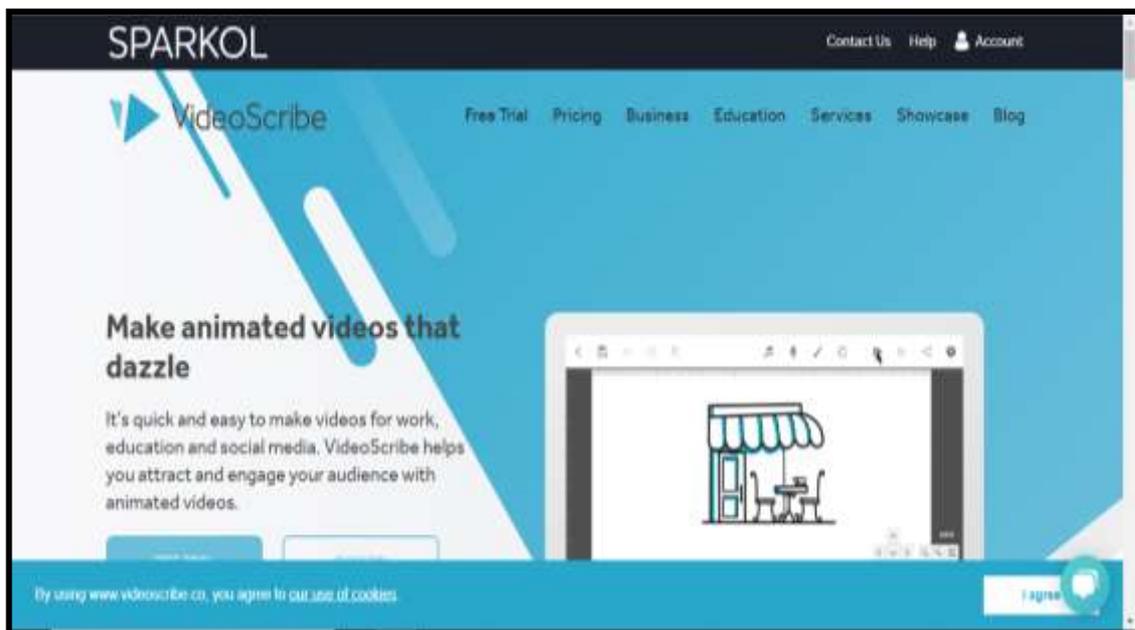
Na perspectiva de ampliar e desenvolver novas práticas de ensino e dessa forma contribuir com a melhoria da qualidade das aulas de Biologia no Ensino Médio optou-se por construir um *blog* científico sobre as espécies que fazem o POS, usando vídeos, textos, reportagens e imagens sobre as espécies de vertebrados que se enquadram na Teoria do POS. No *blog* são destacados conceitos importantes relacionados ao metabolismo energético e a teoria do POS. Nesse sentido o *blog* tem importante função na divulgação científica, pois permite que os estudantes de Ensino Médio conheçam os detalhes da pesquisa sobre o POS. O *blog* representa uma ferramenta de comunicação que permite grande interação entre as pessoas, dessa forma pode ser usado também como ferramenta e estratégia de ensino.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

Existem diversas plataformas gratuitas que fornecem *layouts* prontos com inúmeras possibilidades de configuração, e assim facilitam a customização de *blogs*. No presente trabalho foi utilizado o Blogger como plataforma para a criação do *blog* científico sobre a

teoria do “Preparo para o Estresse Oxidativo – POS”. O Blogger é um serviço gratuito do Google que permite a criação de *blogs* com templates prontos e com diversos recursos para rápida configuração. Para a criação do *blog* no Blogger é necessário à realização do cadastro gratuito na plataforma [www.blogger.com](http://www.blogger.com). Durante a realização do cadastro é exigido o fornecimento de alguns dados pessoais, como endereço de e-mail, criação de uma senha e a escolha de um endereço eletrônico que esteja disponível para permitir o acesso às páginas do *blog*. Nesse sentido escolhemos o endereço <http://estresseoxidativo-pos.blogspot.com> por entender que facilitaria a identificação do assunto principal do *blog*. Os recursos e layouts prontos oferecidos pela plataforma Blogger foram usados para a construção do *blog*, sem a ajuda de mão de obra especializada, como programadores.

Um vídeo de curta duração também foi construído e inserido no *blog*. Para a produção do vídeo animado no formato *whiteboard animation* foi utilizado o programa *videoscribe* (Figura 5) que permite a criação de vídeos em diversos formatos e com muitos recursos que enriquecem a apresentação de um assunto. A utilização de vídeos na educação é um recurso que cresceu muito na última década, sendo observados a criação de muitos canais no Youtube que disponibilizam gratuitamente um grande acervo de vídeo-aulas, documentários, paródias e tutoriais (KRAUSE, 2017).



**Figura 5** – “Print screen da página inicial do programa videoscribe, utilizado para a construção de vídeos animados no formato *whiteboard animation*”. **Fonte:** <https://www.videoscribe.co/>

O *videoscribe* é uma plataforma de criação de vídeos, que oferece uma licença gratuita de teste por um período de 7 dias. Durante esse período de teste, todos os recursos são disponibilizados gratuitamente, sendo necessário à compra de uma licença anual de uso após o período de teste. Para iniciar o período de teste é obrigatório acessar o site [www.videoscribe.co/](http://www.videoscribe.co/) realizar o cadastro e informar primeiro nome, sobrenome, e-mail e senha.

Para a construção de um vídeo usando o *videoscribe* é aconselhável que primeiro seja construído um roteiro com os detalhes das imagens e organização das ideias, em seguida pode-se gravar o áudio no próprio programa. Após a gravação do áudio é realizada a inserção das imagens e textos. Ao final dessa etapa é fundamental sincronizar o áudio às imagens antes de concluir o vídeo.

Na construção do *blog* científico sobre o “Preparo para o Estresse Oxidativo – POS”, utilizamos artigos científicos sobre as espécies que se enquadram na teoria do POS. Os artigos que serviram de base para o *blog* estão mostrados na (Figura 6) abaixo e foram retirados do artigo de revisão “*How widespread is preparation for oxidative stress in the kingdom?*” (MOREIRA et al., 2016). Nesse artigo foi feita uma análise detalhada de estudos sobre animais submetidos a situações de estresse oxidativo. Os animais são listados em uma tabela que detalha a situação de estresse oxidativo e sua classificação frente a três critérios que estabelece se o animal é POS-Positivo, POS-Neutro ou POS-Negativo.

A escolha do artigo “*How widespread is preparation for oxidative stress in the kingdom?*” foi importante para permitir o meu contato inicial com a teoria do POS. Para facilitar a compreensão e a aprendizagem sobre os principais conceitos relacionados à teoria do POS optei pela leitura e tradução dos artigos e posterior construção de resenhas sobre cada uma das espécies de vertebrados listadas na (Tabela1).

Todos os artigos foram reunidos em arquivo local e posteriormente armazenados na nuvem para facilitar o acesso da informação quando necessário. Cada artigo estudado faz referência a um tipo de situação que gera estresse oxidativo. Nos artigos são apresentadas as características gerais das espécies e os detalhes da pesquisa, com ênfase para as análises bioquímicas, como por exemplo, as principais enzimas antioxidantes, sua produção, mecanismo de ação e ativação, além de descrever aspectos importantes da ecofisiologia da espécie estudada.

Species	Stress	Criteria			Reference
		1	2	3	
<b>Gastropoda (snails and limpets)</b>					
<i>Nuccella deaurata</i>	R	(+)	(+)	(+)	Pöhlmann et al. (2011)
<i>Nuccella magellanica</i>	R	(+)	(+)	(+)	Pöhlmann et al. (2011)
<i>Otala lactea</i>	E	(+)	(+)	(+)	Hermes-Lima and Storey (1995)
<i>Pomacea canaliculata</i>	E	(+)	(+)	(+)	Giraud-Billoud et al. (2013), Sun et al. (2013)
<b>Bivalvia (clams, oysters and mussels)</b>					
<i>Arctica islandica</i>	A	(+)	(+)	(+)	Multiple references
<i>Arctica islandica</i>	H	0	0	0	Philipp et al. (2012), Strahl et al. (2011a)
<i>Astarte borealis</i>	H	[-]	[-]	[-]	Abele-Oeschger and Oeschger (1995)
<i>Chamelea gallina</i>	A	[-]	[-]	[-]	Monari et al. (2005)
<i>Chlamys farreni</i>	H	(+)	(+)	na	Chen et al. (2007a)
<i>Chlamys farreni</i>	R	(+)	0	na	Chen et al. (2007b)
<i>Corbicula fluminea</i>	H	(+)	0	0	Vidal et al. (2002)
<i>Crassostrea gigas</i>	H	(+)	(+)	(+)	David et al. (2005), Sussarellu et al. (2010)
<i>Crassostrea gigas</i>	R	(+)	(+)	na	Zhang et al. (2012)
<i>Mercenaria mercenaria</i>	H	0	0	0	Joyner-Matos et al. (2009)
<i>Mytilus edulis</i>	H	0	0	0	Rivera-Ingraham et al. (2013)
<i>Mytilus edulis</i>	R	[-]	[-]	na	Letendre et al. (2008)
<i>Mytilus galloprovincialis</i>	H	(+)	(+)	0	Woo et al. (2011, 2013)
<i>Perna perna</i>	R	(+)	(+)	(+)	Almeida et al. (2005), Almeida and Bainy (2006)
<i>Pinctada fucata</i>	R	[-]	[-]	[-]	Kuchel et al. (2012)
<b>Cephalopoda (squids)</b>					
<i>Dosidicus gigas</i>	H	[-]	[-]	[-]	Trübenbach et al. (2013)
<b>Echinodermata</b>					
<b>Holothuroidea (sea cucumbers)</b>					
<i>Isostichopus badionotus</i>	E	(+)	(+)	(+)	Klanian (2013)

**Figura 6** – Imagem da tabela com a relação das espécies, o tipo de situação que gera estresse oxidativo, a marcação da espécie frente os três critérios de classificação do POS e seus respectivos artigos listados no artigo “How widespread is preparation for oxidative stress in the kingdom?”. **Fonte:** Artigo “How widespread is preparation for oxidative stress in the kingdom?” (MOREIRA et al., 2016).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O *blog* sobre o POS construído no presente estudo contém diversos recursos para facilitar a navegação e a localização dos assuntos. Dentre os principais recursos, destaca-se a barra com links para diversas redes sociais, como *Facebook*, *Instagram*, *LinkedIn*, *Twitter*, *Youtube*, *Pinterest*, *Vimeo* e outras, que podem ser usadas pelos estudantes para compartilhar as postagens. Ele contém também a barra de pesquisa, tanto para os assuntos do próprio *blog*, quanto uma barra de direcionamento para a Wikipedia. Na lateral direita há a relação das postagens, organizadas por assunto e por data de publicação. Por se tratar de um *blog* científico e considerando-se que, para a maioria dos estudantes do Ensino Médio, essa poderá ser a única fonte de pesquisa sobre a teoria do POS, escolhemos construir postagens que abrangessem os principais conhecimentos necessários para a compreensão do POS.

A maioria dos artigos que tratam sobre o POS estão em língua Inglesa, e muitos não estão disponíveis para o público em geral, pois encontram-se indexados em revistas pagas.

Dessa forma, o presente *blog* tem papel central na divulgação científica do POS e nesse sentido é necessário que apresente as principais ideias e conceitos relativos ao POS, para facilitar a pesquisa por parte dos estudantes. Dentre os principais assuntos disponíveis no *blog*, pode-se destacar a postagem sobre o estresse oxidativo, que descreve conceitos e apresenta as situações na natureza que podem gerar estresse oxidativo nos seres vivos (Figura 7). Outra postagem principal fala sobre a formação das espécies reativas de oxigênio (EROs), pois apresenta todas as informações importantes sobre as principais EROs, sua formação e as consequências para os seres vivos.

As postagens estão relacionadas entre si, para permitir que os alunos possam encontrar informações que servirão para a compreensão da postagem em questão e das postagens seguintes. Essa organização das ideias é importante para facilitar a compreensão de muitos conceitos biológicos, uma vez que a disposição objetiva dos assuntos auxilia na pesquisa e facilita sua localização. No *blog* as postagens estão organizadas em diferentes formatos de recursos didáticos, como por exemplo, texto, imagem, tabela, reportagem ou vídeo, dessa forma a utilização do *blog* oferece diferentes impressões ao leitor, representado principalmente por estudantes de Ensino Médio.



**Figura 7** – Imagem do *blog* “Preparo para o Estresse Oxidativo” demonstrando a postagem sobre o estresse oxidativo. **Fonte:** Blog <https://estresseoxidativo-pos.blogspot.com/>



**Figura 8** – Imagem do *blog* com destaque para a postagem sobre as principais enzimas antioxidantes endógenas.  
**Fonte:** *Blog* <https://estresseoxidativo-pos.blogspot.com/>

Cada postagem destaca especificamente um assunto importante, descreve os conceitos biológicos e apresenta situações concretas observadas na natureza. Nesse sentido, há postagens que falam sobre os antioxidantes, destacando os principais antioxidantes endógenos, seu mecanismo de ação e as principais EROs que são neutralizadas pelos antioxidantes (Figura 8). Em outra postagem, há a relação das espécies de vertebrados POS-Positivas, identificando o nome comum e a classe a que pertence (Figura 10). Nessas postagens os estudantes passam a conhecer conceitos importantes que favorecem a compreensão do POS, podem perceber que muitas espécies estudadas em relação ao POS são bem conhecidas e podem estar presentes em seu cotidiano, como o peixinho dourado *Carassius auratus* (Figura 9), muito comum em aquários.

No *Blog* há também uma reportagem sobre o POS, divulgada pelo jornal Gazeta do Povo. Nessa reportagem, são apresentados os detalhes da pesquisa, os avanços até o momento e as perspectivas futuras. Essa reportagem contém um texto bem informativo e com linguagem bem acessível para o público em geral, o que facilita a compreensão, diferente dos artigos científicos, voltados para um público especializado.



**Figura 9** – Imagem da espécie de peixe *Carassius auratus*, é um peixe de água doce da família Cyprinidae da ordem Cypriniformes. É um dos peixes de aquário mais comumente mantidos. Um membro relativamente pequeno da família das carpas, o peixe dourado é nativo do leste da Ásia. **Fonte:** <https://www.aquaticlog.com/aquariums/cornados/1/species/62934>

A construção de um *blog* científico para o Ensino Médio requer um planejamento que leve em consideração as expectativas de aprendizagem, o nível de conhecimento dos alunos e principalmente uma linguagem que apresente os detalhes mais relevantes das pesquisas científicas, sem ser muito técnica. Os alunos devem ter facilidade em compreender os conceitos biológicos, sem perder a clareza das etapas do pensamento científico. O desafio é aproximar os estudantes de nível médio das pesquisas científicas desenvolvidas nas universidades.

A escolha das postagens deve refletir os objetivos educacionais, e os alunos precisam ter acesso fácil às ideias básicas que explicam o fenômeno do POS. Contudo, o *blog* não pode ser apenas informativo, e é importante que os assuntos despertem o interesse nos alunos. Nesse sentido, a visualização de postagens com imagens das espécies que realizam o POS (Figura 11) pode contribuir para melhorar a fixação de conceitos e processos.

# ESPÉCIES POS - POSITIVAS - 2016

📅 11:13 / 🧑 estresseoxidativo-pos / 📌 Espécies POS - Positivas / 💬 No comments / ✎ Edit

CLASSE	ESPÉCIE	NOME COMUM
Sarcopterygii	<i>Protopterus dolloi</i>	Pulmão africano manchado
Actinopterygii	<i>Carassius auratus</i>	Peixinho-dourado
Actinopterygii	<i>Clarias batrachus</i>	Peixe-gato ambulante
Actinopterygii	<i>Cyprinus carpio</i>	Carpa-comum
Actinopterygii	<i>Gymnocephalus cernua</i>	Ruffe
Actinopterygii	<i>Hypheosobrycon callistus</i>	Menor vermelho
Actinopterygii	<i>Leiostomus xanthurus</i>	Spot Croaker
Actinopterygii	<i>Leporinus elongatus</i>	Piapara
Actinopterygii	<i>Perccottus glenii</i>	Dorminhoco chinês
Actinopterygii	<i>Triphoturus mexicanus</i>	Lâmpada mexicana
Amphibia	<i>Cyclorana alboguttata</i>	Rã de Burrowing Striped
Amphibia	<i>Rana pipiens</i>	Rã comum
Amphibia	<i>Rana sylvatica</i>	Sapo de madeira
Amphibia	<i>Scaphiopus couchii</i>	Sapo-pé-de-pá
Amphibia	<i>Xenopus laevis</i>	Rã-de-unhas-africana
Reptilia	<i>Chrysemys picta</i>	Tartaruga pintada
Reptilia	<i>Lacerta vivipara</i>	Lagarto comum europeu
Reptilia	<i>Phrynocephalus vlangalii</i>	Pylzowi
Reptilia	<i>Thamnophis sirtalis</i>	Serpente de liga
Reptilia	<i>Trachemys scripta</i>	Tartaruga de orelha vermelha
Mammalia	<i>Spalax judaei</i>	Ratazana cega da Judéia

**Figura 10** – Imagem do *blog* com detalhe para a postagem da tabela com as espécies de vertebrados classificadas como POS-Positivas. **Fonte:** *Blog* <https://estresseoxidativo-pos.blogspot.com/>

Outro recurso importante é o vídeo disponível no *blog* onde são apresentados alguns conceitos importantes sobre o metabolismo energético, com destaque para o detalhamento das etapas da respiração celular, da participação do gás oxigênio dentro das células, da formação e liberação do gás carbônico e da síntese de ATP (Figura 12).

No vídeo “Importância do Oxigênio” são apresentados alguns conceitos específicos sobre a respiração celular, como por exemplo, as etapas da respiração celular, as enzimas que participam do metabolismo, a função do gás oxigênio, a formação de moléculas de águas e a participação dos compostos orgânico, conhecimentos importantes para compreender a teoria do POS.

O *blog* é uma ferramenta digital passível de ser utilizada na educação e que permite a realização de atividades investigativas. *Blogs* são instrumentos ampliadores do processo de comunicação, assim, sua utilização oportuniza aos estudantes não somente a apropriação de

conceitos, mas, sobretudo de atitudes voltadas a uma perspectiva global e ainda contribui para desenvolver uma educação científica.



**Figura 11** – Imagem do *blog* apresentando uma postagem de um animal que se enquadra na teoria do POS, a espécie *Xenopus laevis*. **Fonte:** <https://www.aquainfo.org/xenopus-laevis-whats-that/>

Nesse sentido, o *blog* pode ser desenvolvido sob a perspectiva de um ensino investigativo que contribui com o desenvolvimento do pensamento crítico e reflexivo dos alunos. No *blog*, os estudantes podem ter acesso a uma grande quantidade de informações disponibilizadas em diferentes formatos e linguagens. Essa informações associadas a uma sequência didática adequada pode favorecer a construção do pensamento científico.

A escolha da estratégia de ensino depende de vários fatores, como por exemplo, dos objetivos de aprendizagem, do perfil participativo da turma, da quantidade de alunos, da disponibilidade de recursos didáticos e da segurança do professor para executar tal estratégia de ensino. Nesse sentido, o ensino investigativo se destaca como uma possibilidade interessante para ensinar Biologia. O ensino investigativo pode contribuir para o desenvolvimento de habilidades e competências importantes para a resolução de problemas no cotidiano dos estudantes.

**Figura 12** - “Print Screen” da página do *Blog* que contém o vídeo animado de curta duração “Importância do Oxigênio”. O programa usado para a produção do vídeo foi o Videoscribe. O tempo duração do vídeo é de aproximadamente 3 minutos. Os seguintes conceitos são explorados no vídeo: etapas da respiração celular e fermentação, síntese de ATP e a descrição da cadeia transportadora de elétrons (CTE). **Fonte:** *Blog* <https://estresseoxidativo-pos.blogspot.com/>

O ensino investigativo se caracteriza por apresentar módulos bem definidos e que favorecem a aquisição de conhecimentos à medida que o estudante sistematiza os conceitos apresentados e discutidos em cada etapa da pesquisa científica (CARVALHO et al., 2013). As etapas do método científico devem permitir que o estudante traga seus conhecimentos prévios para iniciar novos, além de apresentar ideias próprias e discuti-las com seus colegas e com o professor. A construção do conhecimento pode acontecer de forma mais consistente e desafiadora quando o professor propõe uma metodologia investigativa de ensino. O estudante não recebe respostas prontas, dessa forma, justifica-se a função mediadora do professor. Nessa perspectiva, os estudantes devem ser incentivados a observar os problemas a sua volta, sempre com um olhar crítico sobre sua realidade (AZEVEDO, 2004).

De acordo com (CARVALHO et al., 2013) o ensino investigativo encontra amparo dentro da própria natureza da Biologia, uma ciência que se caracteriza pela construção de conhecimento por intermédio do método científico. O raciocínio científico apresenta caráter lógico, criativo e objetivo, dessa forma, pode permitir ao estudante o desenvolvimento de habilidades de observação, planejamento e comunicação.

No ensino investigativo, o professor assume a função de promotor de novas possibilidades de interação entre os estudantes e os conhecimentos. Essa função de mediador do processo de construção do conhecimento requer criatividade, pois deve promover situações em que o estudante seja desafiado a buscar novas respostas. A atividade investigativa em si, já é responsável por despertar parte do interesse dos estudantes, para isso, o professor precisa conhecer a realidade da turma e as características das atividades investigativas que serão empregada durante as aulas (MARANDINO, 2009).

O *blog* nesse sentido enquadra-se como uma ferramenta que permite a realização de atividades com ênfase no ensino investigativo. Os alunos podem utilizá-lo para explorar inicialmente as características dos animais que realizam o POS. Em outro momento os estudantes podem utilizar o *blog* para investigar as adaptações das espécies que se enquadram na teoria do POS e dessa forma formular hipóteses que expliquem a importância do POS para o reino animal (FERRAZ, 2017).

O *blog* representa uma ótima opção para estudar a teoria do POS, realizar a divulgação científica e permitir que estudantes do Ensino Médio tenham acesso aos detalhes de pesquisas científicas realizadas nas universidades brasileiras. Na utilização do *blog* aqui apresentado, destaque para o estudo da bioquímica, contudo também é possível utilizar o *blog* para trabalhar outras áreas do conhecimento, como por exemplo, a ecologia, genética, anatomia, morfologia, evolução e a zoologia.

O professor pode utilizar as postagens do *blog* para apresentar as espécies de vertebrados que realizam o POS com enfoque nas relações ecológicas estabelecidas por essas espécies em seu ambiente natural, pode demonstrar as adaptações suas comportamentais e estudar a morfologia básica dessas espécies, dessa forma o *blog* atua como uma alternativa de pesquisa com a vantagem de se obter informações científicas atualizadas. Outra possibilidade é trabalhar noções gerais de evolução e genética, com ênfase para os genes que participam da síntese de enzimas antioxidantes e dos principais conceitos de evolução biológica (BNCC, 2017).

A utilização do *blog* para estudar outras áreas do conhecimento é ampla e por isso depende do planejamento. O professor pode optar pela criação de grupos de estudantes que serão responsáveis pela construção de mapas mentais sobre as espécies estudadas em relação o POS, nesses mapas mentais pode-se explorar aspectos relacionados a ecofisiologia da espécie, a classificação biológica, a genética e a evolução.

O ensino de bioquímica tendo o *blog* como ferramenta pode ocorrer de forma individual ou em grupo de estudantes. O professor tem a possibilidade de explorar a função biológica desempenhada pelas enzimas, sua estrutura química e os mecanismos de síntese, com destaque para os processos de transcrição e tradução (CALIL, 2009). Nesse sentido o *blog* é a ferramenta de pesquisa, o repositório de conteúdos e o portfólio da turma, onde o professor coloca todas as pesquisas e construções realizadas por seus estudantes. Além disso, é possível o professor utilizar o *blog* na etapa inicial da metodologia investigativa de ensino, assim o professor pode postar desafios, etapas da construção do conhecimento científico, detalhes das pesquisas científicas, enfim uma grande quantidade de informações que podem contribuir para despertar o interesse pela ciência e a motivação para responder situações problemas encontradas no cotidiano dos estudantes (FERRAZ, 2017).

As oportunidades de utilização do *blog* no processo de ensino, são inúmeras, assim como o *hall* de conteúdos de diferentes áreas do conhecimento que podem ser trabalhados. Cada assunto pode ser abordado sob uma perspectiva específica que depende das características do que se pretende estudar, da participação da turma, dos objetivos educacionais do professor, da sequência didática escolhida e do tempo disponível, enfim, a utilização do *blog* sobre o POS no Ensino Médio é sim uma alternativa viável, de baixo custo, interessante e que pode contribuir para a implementação de metodologias que enfatizem o ensino investigativo (NUNES, 2015).

#### 4. CONCLUSÃO

Em conclusão, é possível construir um *blog* científico com boa organização de ideias, bons recursos de pesquisa e principalmente bem atrativo para ser usado em aulas do Ensino Médio. O uso de *Blogs* na educação pode ser uma ótima opção de recurso didático, facilita a comunicação e a aproximação entre o professor e seus alunos. Outra vantagem da utilização dos *blogs* na educação, reside na facilidade de sua construção, uma vez que não é necessário ter conhecimentos técnicos para sua elaboração. A atualização de seu conteúdo é fácil, além de permitir a participação ativa dos estudantes nesse processo. Conclui-se ainda que a utilização dos *blogs* científicos contribua também para despertar o interesse e a motivação dos alunos, que a depender da estratégia de ensino adotada, assumem papel de destaque na construção de seus conhecimentos. Entre as possíveis dificuldades da utilização de *blogs* na

educação, pode-se destacar a falta de planejamento adequado do professor, a falta de infraestrutura da escola, a falta de internet em algumas escolas e o desinteresse de alguns alunos. Entretanto, o *blog* apresenta-se como uma importante tecnologia que pode ser usada na educação com a finalidade de auxiliar na construção do conhecimento científico.

Em resumo destacam-se as inúmeras possibilidades de utilização dos *blogs* no ensino. Como ferramenta de ensino, o *blog* científico assume a função de facilitador do processo de comunicação e disponibilização de recursos didáticos diversos, como imagens, vídeos, textos, *podcasts*. Como estratégia de ensino, o *blog* científico contribui para o desenvolvimento de habilidades importantes, como por exemplo, a comunicação, a apropriação do pensamento científico, a argumentação, o intercâmbio de informações e principalmente o fortalecimento da autonomia no processo de construção do conhecimento. Nessa perspectiva a utilização do *blog* científico como ferramenta ou como estratégia de ensino pode contribuir para o desenvolvimento de aulas investigativas que despertam o protagonismo do estudantes.

## 5. REFERÊNCIAS

ARAÚJO, M. C. M. U. (2009) **Potencialidades do uso do blog em educação**. 207 p. Dissertação (Mestrado em Educação) – Centro de Ciências Sociais Aplicadas, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.

AZEVEDO, M. C. P. S. (2004) **Ensino por Investigação: Problematizando as Atividades em Sala de Aula**. In: CARVALHO, A.M. P. (Org). Ensino de Ciências – Unindo a Pesquisa e a Prática. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2004, p.19-33.

BNCC, (2017). Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular – BNCC 3ª versão. Brasília, DF.

BONETTA, L. (2007) **Scientists Enter the Blogosphere**. *Cell* [online], vol. 129, no. 3, pp. 443-445.

CALIL, P. O. (2009) **professor-pesquisador no Ensino de Ciências**. Coleção Metodologia do ensino de biologia e química, v. 2. Curitiba: Editora IBPEX, 2009.

CARVALHO, A. M. P. (2013) **O ensino de ciências e a proposição de sequências de ensino investigativas**. In: CARVALHO, A. M. P. (Org.) Ensino de ciências por investigação - Condições para implementação em sala de aula. São Paulo: Cengage Learning, 2013. cap.1.

COTES, P. (2007) **Quer aprender? Crie um blog**. São Paulo: Revista Época, ed. 456, 12 fev.

FERNANDES, J. A. B. (2007) **Você vê essa adaptação? A aula de campo em ciências entre o retórico e o empírico**. 326 f. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo.

FERRAZ, A. T., & Sasseron, L. H. (2017). **Espaço interativo de argumentação colaborativa: condições criadas pelo professor para promover argumentação em aulas investigativas**. Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências, 19, p. 1–25.

HALLIWELL, B., Gutteridge, J.M.C., (1999). **Free Radicals in Biology and Medicine**, 3rd ed. Clarendon Press, Oxford, UK.

HERMES-LIMA, M., and Storey K. B. (1993) **Antioxidant defenses in the tolerance of freezing and anoxia by garter snakes**. Am. J. Physiol. 265:646–652.

HERMES-LIMA, M., and Storey K. B. (1995) **Antioxidant defenses and metabolic depression in a pulmonate land snail**. Am. J. Physiol. 268:1386–1393.

HERMES-LIMA, M., Moreira D.C, Rivera-Ingraham G.A, Giraud-Billoud M, Genaro-Matos T.C, Campos É. G. (2015) **“Preparation for Oxidative Stress under Hypoxia and Metabolic Depression: Revisiting the Proposal Two Decades Later”**. Free Radical Biol. & Med. 89:1122–1143.

KENSKI, V. M. (2007) **Educação e tecnologias: o novo ritmo da informação**. 7. ed. Campinas, SP: Papirus.

KRAUSE, J. N., O’Neil, K., & Dauenhauer, B. (2017). **Plickers: A formative assessment tool for K–12 and PETE professionals**. Strategies, 30 (3), 30–36.

LEITE, B. S.; CARNEIRO, M. B. (2009) **A Web 2.0 como ferramenta de aprendizagem no ensino de Ciências**. In: J. Sánchez: Nuevas Ideas en Informática Educativa. Santiago do Chile.

LEVEELAHTI, L., Rytönen, K.T., Renshaw, G.M.C., Nikinmaa, M., (2014). Revisiting redoxactive antioxidant defenses in response to hypoxic challenge in both hypoxiatolerant and hypoxia-sensitive fish species. Fish Physiol. Biochem. 40.

MARANDINO, M. (2009) **Ensino de biologia: histórias e práticas em diferentes espaços educativos**. São Paulo, SP: Cortez.

MARINHO, S. P. (2007) **Blog na Educação: manual básico do blogger**. Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais. Instituto de Ciências Humanas, Belo Horizonte.

MOREIRA, D.C., L.P.R. Venancio, M.A.C.T. Sabino, e M. Hermes-Lima. (2016) **“How Widespread Is Preparation for Oxidative Stress in the Animal Kingdom?”** Comp. Biochem. Physiol. A 200:64–78.

MOREIRA, D.C. (2017) **Adaptações do metabolismo redox aos extremos ambientais: mecanismo, distribuição e ocorrência do fenômeno de “Preparo para o Estresse Oxidativo”**. 181 f. Tese (Doutorado) – Dep. de Biol. Cel. Univ. de Brasília 181.

NAUSEEF, WM, (2014) **Detection of superoxide anion and hydrogen peroxide production by cellular NADPH oxidases.** Biochem. et Biophy. Acta Inflamm. Prog. and Depart. of Int. Med. 1840:757-767.

NUNES, T. S., Motokane, M. T. (2015). **Características das hipóteses em sequências didáticas investigativas.** Trabalho apresentado no X Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – Águas de Lindóia, SP, pp.1–8.

OLIVEIRA, R. M. C. de, (2008) **Interfaces colaborativas e Educação: o uso do blog como potencializador do processo de avaliação.** In: Dias, Paulo; Osório, António José. (Org.). Ambientes educativos emergentes. 1 ed. Braga: Universidade do Minho - Centro de Competência.

OLSVIK, P.A., Kristensen, T., Waagbø, R., Tollefsen, K.E., Rosseland, B.O. (2006). **Effects of hypo- and hyperoxia on transcription levels of five stress genes and the glutathione system in liver of Atlantic cod *Gadus morhua*.** J. Exp. Biol.

RIBEIRO, A. C.; SCHONS, C. H. (2008) **A contribuição da Web 2.0 nos sistemas de educação online.** In: 4º Congresso Brasileiro de Sistemas, Uni=FACEF, Franca. São Paulo.

ROSSASI, L. B.; POLINARSKI, C. A.(2011) **Reflexões sobre metodologias para o ensino de biologia: uma perspectiva a partir da prática docente.** Porto Alegre: Lume.

SAUNDERS, M. (2018) **Blogs de comunidade científica: reconhecendo o valor e mensurando o alcance (Artigo).** Tradução de Ana Paula Tavares Teixeira e Bruno Leal Pastor de Carvalho. In: **Café História – história feita com cliques.** Disponível em: <https://www.cafehistoria.com.br/blogs-comunidade-cientifica/>. Publicado em: 26 Fev. 2018. Acesso: [05/08/2019].

## CAPÍTULO 3

### SEQUÊNCIA DIDÁTICA REFERENTE AO USO DO *BLOG* SOBRE A TEORIA DO “PREPARO PARA O ESTRESSE OXIDATIVO-POS” COMO FERRAMENTA DE ENSINO

#### 1. INTRODUÇÃO

##### 1.1 SEQUÊNCIA DIDÁTICA

O sucesso do processo de ensino depende de vários fatores que se relacionam para permitir a aprendizagem do estudante. Entre esses fatores, destaca-se a escolha da metodologia correta, nesse sentido, uma sequência didática (SD) bem planejada possibilita alcançar os objetivos de aprendizagem propostos (BNCC, 2017). Após a construção do *blog* sobre os animais que realizam o POS, o próximo passo foi desenvolver uma sequência didática que permita ao máximo a utilização de todos os recursos didáticos disponíveis no *blog*, e assim contribuir com a aprendizagem dos estudantes.

Uma sequência didática (SD) pode ser definida como um conjunto de atividades organizadas e articuladas para alcançar os objetivos educacionais, com princípio e fim determinados e conhecidos tanto pelo professor, quanto pelo estudante (ZABALA, 1998). As sequências didáticas ajudam o professor a problematizar conhecimentos científicos em poucas aulas, nelas o estudante estudará e discutirá um determinado tema de forma aprofundada. Segundo (MAROQUIO, 2015) a sequência didática permite que o estudante possa observar e confrontar seus conhecimentos, comparando-os em situações propostas pelo professor. Esse recurso didático é importante para organizar o trabalho pedagógico, e favorecer a aprendizagem dos estudantes (BNCC, 2017).

As sequências didáticas caracterizam-se por apresentar algumas peculiaridades, como a estreita relação entre suas etapas e os objetivos educacionais, a capacidade de organizar e controlar as variáveis do processo de ensino, a diversidade de atividades que se articulam em cada tipo de sequência didática escolhida e a facilidade de se promover a avaliação das etapas do processo de ensino (ZABALA, 1998). Uma sequência didática bem planejada, pode

despertar o interesse e a participação dos estudantes. De acordo com (SACRISTAN, 2000), a sequência didática ao ser planejada, deve considerar o presente e o futuro dos estudantes, dessa forma pode ter uma ação transformadora na trajetória educacional, e assim melhorar a autoestima e a confiança. Nesse sentido, a SD assume um papel importante na emancipação dos estudantes, pois contribui para desenvolver sua autonomia.

Em uma sequência didática, os conhecimentos prévios dos estudantes devem ser levados em consideração. Os estudantes carregam saberes próprios construídos durante sua jornada escolar e suas experiências pessoais. Ao compreender os conhecimentos prévios dos estudantes, o professor pode elaborar aulas com desafios, problemas, jogos e textos, e pode aumentar gradativamente a complexidade das atividades, para permitir assim, um maior aprofundamento do assunto abordado (MOTOKANE, 2015).

Ainda de acordo com (MOTOKANE, 2015) a sequência didática apresenta-se, como um ótimo caminho para melhorar o rendimento dos estudantes, pois oferece uma possibilidade concreta de ultrapassar obstáculos comuns, observados em aulas tradicionais, repletas de conceitos abstratos, fórmulas e teorias que tornam a aprendizagem pouca atrativa (MACHADO, 2012). Uma sequência didática coerente deve apresentar caráter objetivo e desafiador, deve permitir que o estudante possa ser impelido na busca de respostas, que satisfaçam o desafio proposto pelo professor (BNCC, 2017).

Na sequência didática todas as etapas do processo de aprendizagem devem estar alinhadas com a disponibilidade de recursos didáticos e com os objetivos de aprendizagem (NUNES, 2015). Cada etapa da SD deve proporcionar ao professor a realização de uma reflexão sobre sua prática pedagógica, deve contribuir para o processo de crescimento profissional e conseqüente amadurecimento do professor, ou seja, a SD tem importante função no processo de ensino, pois além de promover a construção de conhecimentos dos estudantes permite que o professor desenvolva novas habilidades aplicáveis na educação (MOTOKANE, 2015).

## **1.2 ENSINO INVESTIGATIVO**

O processo de ensino é uma tarefa complexa, envolve muitas variáveis que podem determinar ou não o sucesso de uma estratégia pedagógica. Entre as variáveis que podem contribuir com o sucesso de uma aula ou mesmo de um processo de ensino, destaca-se a

disponibilidade de recursos pedagógicos, o tempo, o interesse e a motivação dos estudantes, a clareza dos objetivos de aprendizagem e a capacitação adequada do professor, enfim, uma grande quantidade de entraves que podem resultar em baixa aprendizagem (ROSSASI et al., 2011).

Dentre as muitas possibilidades de estratégias de ensino conhecidas, pode-se enfatizar a escolha de metodologias que envolva e desafie os estudantes, como por exemplo, as metodologias de ensino investigativo (BNCC, 2017). Nesse sentido, o ensino investigativo pode assumir importante função no processo de construção do conhecimento, possibilita que os estudantes exerçam sua autonomia e despertem sua criatividade (FERRAZ, 2017).

O ensino da Biologia apresenta todas as características básicas necessárias para a elaboração e desenvolvimento de atividades investigativas. A biologia é a ciência que estuda a vida em toda a sua plenitude, busca compreender seus detalhes, seus desafios e suas conquistas (NUNES, 2015). Os estudantes podem visualizar fenômenos e processos em seu cotidiano, fazer questionamentos, propor hipóteses, realizar experimentos, testar e avaliar suas hipóteses e por fim construir conclusões embasadas no pensamento científico (DEBOER, 2006).

Nesse sentido destaca-se a importância do professor conhecer as características gerais do ensino investigativo, suas etapas de construção do conhecimento, os obstáculos, a organização das ideias, o planejamento e principalmente a prática mediadora em cada etapa do ensino investigativo, dessa forma o professor deve alertar os estudantes e contextualizar os objetivos de aprendizagem (ROSSASI et al., 2011).

O ensino investigativo quebra o paradigma do professor como foco do processo de ensino, o estudante sai da passividade, com a possibilidade de protagonizar seu próprio processo de aprendizagem, criar hipóteses e buscar soluções para problemas reais (NUNES, 2015). Contudo, uma grande dificuldade é a conscientização dos estudantes que muitas vezes estranham quando o professor inova, assim é importante mudar a cultura escolar de que se o professor não der aula expositiva não estará ministrando aula (CARVALHO et al., 2013).

A primeira ação necessária para colocar em prática o ensino investigativo é conhecer os estudantes, seu nível de conhecimento, sua realidade e suas expectativas. Cada estudante pode apresentar uma habilidade específica que se enquadra no contexto do ensino investigativo. Alguns estudantes se destacam por sua liderança, podem estimular o desenvolvimento dos colegas, propor atividades de experimentos, ou apenas incentivar os colegas na busca de respostas (BARROW, 2006).

No ensino investigativo o estudante deve ter contato com atividades científicas, que proporcionam o conhecimento dos processos da ciência (SASSERON, 2015). A observação de evidências, a sistematização de experimentos, a realização das pesquisas bibliográficas e a capacidade de propor hipóteses são requisitos importantes para desenvolver uma metodologia investigativa (WATSON, 2004).

O ensino investigativo no Brasil ainda não está totalmente estabelecido. Muitos professores ainda demonstram insegurança em trabalhar a teoria e a prática durante as aulas de biologia, a realização de experimentos, o gerenciamento das turmas e a clareza sobre as etapas de construção do conhecimento impedem que o professor invista tempo e energia em metodologias de ensino investigativo (FERRAZ, 2017).

Com o objetivo de estudar as espécies que se enquadram na teoria do POS, construímos um *blog* científico com destaque para os conceitos gerais envolvidos no metabolismo energético e na teoria do POS. No *blog* são disponibilizados diversos recursos, como por exemplo, textos, vídeos e imagens das espécies que realizam o POS. Nesse sentido, o *blog* constitui uma ferramenta de pesquisa e divulgação científica sobre a teoria do POS, pois permite que os estudantes do Ensino Médio possam conhecer os detalhes das pesquisas relacionadas ao POS.

### **1.3 EROs, ESTRESSE OXIDATIVO E ANTIOXIDANTES**

Os animais são encontrados em grande variedade de ambientes, muitas vezes com condições naturais extremas como, por exemplo, elevadas temperaturas, grande teor de sais, baixa quantidade de água e até com baixa disponibilidade de oxigênio. Nesse sentido é fundamental que os animais apresentem um conjunto de adaptações que permita a sobrevivência e o sucesso reprodutivo nesses ambientes inóspitos (ZHANG et al., 2015).

O metabolismo energético em eucariotos depende do conjunto de reações químicas que ocorrem no interior das mitocôndrias. Essas reações químicas podem originar espécies reativas de oxigênio – EROs (NAUSEEF, 2014). Esses compostos de natureza química instável são importantes para as células, participam de muitos processos, como por exemplo, da sinalização celular e da resposta imunológica. Contudo o excesso de EROs também destaca-se por seu aspecto negativo, pois, podem reagir com moléculas biológicas importantes, podem danificá-las e como consequência interferir negativamente no

metabolismo celular, provoca a morte das células (HALLIWELL AND GUTTERIDGE, 1999).

Com a finalidade de eliminar o excesso de EROs produzidas pelas mitocôndrias, os animais sintetizam compostos químicos denominados enzimas antioxidantes. Esses compostos são importantes em situações de estresse oxidativo, pois atuam na neutralização das EROs (MOREIRA, 2017). Entre as principais enzimas antioxidantes pode-se destacar a superóxido dismutase – SOD, responsável por realizar a dismutação do radical superóxido ( $O_2^{\bullet-}$ ), o processo de dismutação produz o peróxido de hidrogênio ( $H_2O_2$ ) que poderá sofrer a ação das enzimas catalase (CAT) e glutathione peroxidase (GPX). Na presença de íons de ferro,  $Fe^{2+}$  e  $Fe^{3+}$  o peróxido de hidrogênio ( $H_2O_2$ ) reage, processo conhecido como reação de Fenton, situação que ocasiona a formação do radical hidroxil ( $HO\cdot$ ) altamente reativo (HERMES-LIMA et al., 2015).

A condição biológica em que ocorre desequilíbrio entre a produção de espécies reativas de oxigênio (EROs) e a sua remoção através de sistemas (enzimáticos ou não enzimáticos) é denominada estresse oxidativo. Nesse sentido tem-se uma correlação entre as situações que geram estresse oxidativo, a produção de (EROs) e a síntese das enzimas antioxidantes (ISSARTEL, 2009).

#### **1.4 PREPARO PARA O ESTRESSE OXIDATIVO - POS**

Muitas espécies de animais podem viver em ambientes que favorecem a ocorrência de estresse oxidativo, como por exemplo, situações de hipóxia, anóxia, desidratação severa, congelamento e exposição aérea de organismos com respiração aquática (HERMES-LIMA et al., 1995). Nessas situações ocorre uma elevada produção de EROs que como consequência poderá provocar danos celulares, muitas vezes irreversíveis. Para evitar essa situação de estresse oxidativo muitas espécies de animais apresentam estratégias bioquímicas, moleculares e comportamentais que impedem os danos oxidativos (YOUNG, 2017).

Após muitas pesquisas e estudos com diversas espécies animais em muitas situações de estresse oxidativo, descobriu-se que algumas espécies que vivem em ambientes extremos podem evitar os danos oxidativos com o aumento na produção das enzimas antioxidantes em um momento anterior a produção das EROs, e dessa forma proteger suas biomoléculas

(MOREIRA, 2017). Essa estratégia de modulação positiva das defesas antioxidantes foi denominada de Preparo para o Estresse Oxidativo – POS (HERMES-LIMA et al., 2015).

O estudo da teoria do POS apoia-se na avaliação das estratégias moleculares, bioquímicas e comportamentais que explicam como e quando inicia-se a produção das enzimas antioxidantes (MOREIRA et al., 2016). Nesse sentido pode-se destacar o estudo realizado com a espécie de lagarto *Phrynocephalus vlangalii* (Figura 1) submetida a diferentes altitudes e aclimatados em situação hipóxica (ZHANG et al., 2015).

O objetivo do estudo foi comparar o estresse oxidativo e o status antioxidante entre baixa altitude (LA, 2900 m) e populações de alta altitude (HA, 4200 m) de *Phrynocephalus vlangalii*. Os lagartos foram aclimatados em câmara hipóxica simulada com (15% O<sub>2</sub>) e (8% de O<sub>2</sub>) durante 6 semanas. *Phrynocephalus vlangalii* é um lagarto abundante no planalto tibetano habitando amplo gradiente de altitude de 2000 a 4600 m. Lagartos machos adultos *P. vlangalii* foram coletados entre o final de julho e agosto de 2014, na província de Qinghai, na China. Dois locais de coleta foram situado a baixas altitudes (Gonghe, 2900 m acima do nível do mar) e altitudes elevadas (Maduo, 4200 m acima do nível do mar). Além disso, vinte lagartos machos adultos capturados da coleção local de Los Angeles foram divididos aleatoriamente em dois grupos (n = 10). Os lagartos foram alojados em câmara hipóxica experimental, a concentração de oxigênio foi mantida a 15% (aproximadamente equivalentes à altitude do seu habitat, o grupo de controle) e 8% (correspondente a uma altitude simulada de 7.900 m, o grupo de hipóxia grave), respectivamente. Os grupos estudados foram: Baixa altitude (LA, 2900 m) Gonghe (30 animais); Alta altitude (HA, 4200 m) Maduo (30 animais); Hipóxia 8% oxigênio (10 animais) e Hipóxia 15% oxigênio (10 animais) (ZHANG et al., 2015).



**Figura 1** - Imagem do lagarto *Phrynocephalus vlangalii* encontrado em grande gradiente de altitudes na China.  
**Fonte:**<http://reptile-database.reptarium.cz/species?genus=Phrynocephalus&species=vlangalii>

Para a realização do estudo foram analisadas as enzimas Superóxido dismutase (SOD), Catalase (CAT), Glutathione redutase (GR), Glutathione peroxidase (GPX), Capacidade antioxidante total (T-AOC), peroxidação lipídica medida em malondialdeído, (MDA), presentes no cérebro, fígado e músculo esquelético (ZHANG et al., 2015).

Os resultados foram analisados sob a perspectiva da altitude e em relação à hipóxia. Ao considerar a altitude o MDA e CAT apresentaram aumentos em elevadas altitudes no cérebro. As demais enzimas não alteraram suas atividades. No fígado, os resultados dos níveis específicos de diferentes antioxidantes (SOD, CAT, GPX) e MDA foram semelhantes entre as duas altitudes. Os níveis de T-AOC e GR para lagartos em LA foram 2 vezes maiores que lagartos no HA. Os níveis de SOD, GPX, GR, T-AOC foram significativamente diminuídos, enquanto o conteúdo de MDA foi aumentado nos músculos ao longo de um gradiente de elevação. CAT não alterou no músculo nas duas altitudes (ZHANG et al., 2015).

Em relação à hipóxia, nos tecidos do cérebro e do fígado, os níveis de MDA no grupo com 8% de O<sub>2</sub> foram de 1,33 e 1,27 vezes maior do que no grupo 15% de O<sub>2</sub>. No cérebro, valores para níveis de CAT, T-AOC e GSH no grupo 8% O<sub>2</sub> foi muito maior que o grupo com 15% de O<sub>2</sub>, especialmente o nível de T-AOC. A SOD não apresentou alteração no cérebro nos grupos 8 e 15% oxigênio. No fígado, as atividades de SOD e CAT no grupo 8% O<sub>2</sub> aumentou 1,82 e 1,7 vezes em comparação com no grupo 15% O<sub>2</sub>. O nível de GSH foi semelhante entre os dois grupos. O nível de T-AOC no grupo de 15% de O<sub>2</sub> foi significativamente maior do que no grupo 8% O<sub>2</sub>.

Pode-se concluir que ao longo da vida em exposição a HA resulta em certas características adaptativas, o que faz com que espécies resistam a extremos ambientais. Os níveis desses biomarcadores de *P. vlangalii* sob condições naturais em diferentes altitudes são específicos do tecido. O cérebro foi mais sensível ao estresse oxidativo devido a: (i) maior taxa de utilização de O<sub>2</sub>; (ii) presença abundante de poliinsaturados ácido graxo, (iii) níveis relativamente baixos de antioxidantes como o GSH e enzimas antioxidantes, e (iv) alto conteúdo de enzimas metais em diversas regiões, o que poderia levar à geração de hidroxila radical (ZHANG et al., 2015). A exposição à hipóxia no grupo 8% de O<sub>2</sub> demonstrou que os danos oxidativos foram mais significativos, pois houve aumento de MDA no fígado e no cérebro.

## 1.5 APLICATIVO PLICKERS

O Plickers é uma ferramenta disponível na versão web e na forma de aplicativo para dispositivos móveis, de administração de testes rápidos, que permite o professor escanear as respostas e conhecer em tempo real o nível da turma quanto ao entendimento de conceitos e pontos-chaves de uma aula. O Aplicativo gera e salva automaticamente o desempenho individual dos alunos, criando gráficos e dados (KRAUSE, 2017).

Esses dados são úteis para identificar dificuldades, tendências, estratégias de personalização do ensino, para adotar como critérios de avaliação dentre outros. Além disso, os alunos têm participação ativa no processo, pois informam suas respostas sabendo instantaneamente como foi o seu desempenho. Isso faz com que os mesmos interajam com os colegas, argumentando suas respostas com os colegas e com o professor.

O aplicativo é gratuito e permite ao professor a criação de suas perguntas personalizadas de acordo com seu planejamento educacional e seus objetivos de aprendizagem. Essas perguntas ficam salvas *on line* no aplicativo para serem acessadas quando necessário (KRAUSE, 2017).

No presente estudo optamos pela utilização do Plickers como ferramenta de avaliação rápida. Os estudantes foram cadastrados na plataforma *on line* do aplicativos que gera automaticamente os cartões respostas personalizados para cada estudante. No dia da avaliação os estudantes receberam os cartões respostas, as perguntas foram projetadas no quadro branco, os estudantes após a análise de cada pergunta escolheram as respostas. O aplicativo faz a leitura da resposta escolhida por cada estudante, a câmara do celular do professor visualiza os cartões respostas levantados por cada estudante. Os cartões respostas permitem a escolha entre quatro alternativas (A, B, C e D)

## 1.6 BLOG CIENTÍFICO SOBRE O PREPARO PARA O ESTRESSE OXIDATIVO

O ensino investigativo constitui uma modalidade de ensino que se caracteriza por permitir que o estudante assuma o papel central na construção de seu conhecimento. O professor conduz o processo de ensino ao apresentar e discutir as possibilidades e nesse sentido tem-se uma variedade de estratégias e situações que se enquadram na metodologia de

ensino investigativo. Em nosso trabalho escolhemos o blog como ferramenta auxiliar no desenvolvimento da proposta investigativa de ensino sobre a teoria do POS.

Com o objetivo de apresentar as pesquisas científicas relacionadas à teoria do POS, construímos um *blog* científico com ênfase para as espécies de vertebrados que já foram estudadas e que apresentaram compatibilidade com o POS. No *blog* são apresentados os principais conceitos relacionados ao metabolismo energético, os principais detalhes da respiração celular, da produção de EROs, de enzimas antioxidantes, das adaptações bioquímicas e moleculares, enfim todas as informações importantes para que o estudante compreenda a teoria do POS.

No *blog* estão disponível diversos recursos didáticos que contribuem para o enriquecimento do processo de ensino. São apresentados textos curtos e objetivos sobre os conceitos mais importantes, imagens sobre os vertebrados que fazem o POS e vídeos animados de curta duração com linguagem científica, porém acessível a alunos do Ensino Médio (Figura 2).

The image shows a screenshot of a blog post. The main content area features a video player with the following text:

**Importância do Oxigênio**

21:13 / estresseoxidativo-pos / No comments / Edit

**METABOLISMO ENERGÉTICO**

Qual a função do oxigênio no interior das células?  
Como extraímos a energia dos alimentos?

compostos orgânicos

oxidar

O<sub>2</sub> aeróbico

Video produzido sobre a importância do oxigênio para os seres aeróbicos. Foi proposta uma linguagem mais simples e resumida da respiração celular, permitindo que os alunos de ensino médio tenham uma visão geral do processo de extração de energia.

The sidebar on the right contains the following sections:

**POPULAR POSTS**

- ESTRESSE OXIDATIVO
  - Importância do Oxigênio
- ANTIOXIDANTES
- POR QUE PRECISAMOS DE OXIGÊNIO?
  - Rede Ciência UnB - Estresse Oxidativo

**CATEGORIES**

- > Antioxidantes
- > ATP
- > Catalase
- > Critérios de Classificação
- > EROs

**Figura 2** - “Print screen da página do *blog* com o vídeo sobre a importância do oxigênio. O vídeo tem duração de aproximadamente 3 minutos e nele são apresentados conceitos relacionados às etapas da respiração celular, o papel do oxigênio e a síntese de ATP.” **Fonte:** <https://estresseoxidativo-pos.blogspot.com/2019/05/importancia-do-oxigenio.html>

O *blog* foi construído com a finalidade de ser a principal fonte de pesquisa para os estudantes do ensino médio sobre a teoria do POS. Nele são apresentados também artigos e curiosidades sobre as espécies que se enquadram na teoria do POS. Algumas espécies apresentadas no *blog* são bem conhecidas pela sociedade em geral, como por exemplo, o peixinho dourado *Carassius auratus* (Figura 3), muito comum em aquários domésticos.



**Figura 3** – Imagem do peixinho dourado *Carassius auratus*, espécie ornamental muito comum em aquários domésticos. **Fonte:** <https://dielwelttiere.fandom.com/de/wiki/Goldfische>

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

Devido à realidade da turma escolhida, à quantidade de alunos e o perfil participativo, uma sequência didática constituída de seis aulas com duração de 50 minutos cada foi desenvolvida. A sequência didática foi aplicada em uma turma da primeira série do Ensino Médio com 16 alunos regularmente matriculados no turno matutino. Havia 11 estudantes do sexo masculino e 5 estudantes do sexo feminino na turma escolhida. Após a definição da turma que participaria do projeto de pesquisa e o desenvolvimento da sequência didática que melhor atendia aos objetivos propostos, as aulas foram iniciadas, com a execução de todos os procedimentos pedagógicos, característicos de cada etapa da sequência didática.

Antes da realização da primeira aula da sequência didática foi necessária a construção de uma apresentação em PowerPoint com as principais informações referentes ao metabolismo energético e a teoria do POS. Nesse arquivo foram adicionados textos, imagens e vídeos retirados do *blog*, com ênfase para as imagens e vídeos das espécies que realizam o POS. Os conceitos básicos sobre o metabolismo energético foram retirados da apostila do Sistema de Ensino SER da editora Abril.

A avaliação da aprendizagem pode ser realizada com a utilização de diversos meios de coleta de dados. No presente trabalho, escolhemos o aplicativo Plickers. Os dados fornecidos pelo aplicativo Plickers, permitem conhecer o desempenho dos participantes, pode-se saber qual alternativa foi escolhida por cada estudante em cada questão avaliada, o nível de acerto individual no conjunto total de questões e o nível de acertos coletivos relativos a cada pergunta.

A utilização do aplicativo Plickers teve como objetivo principal fornecer uma visão geral sobre os conhecimentos dos estudantes frente aos assuntos abordados durante a realização da sequência didática. Além da avaliação realizada via aplicativo Plickers, optamos também pela realização de uma entrevista com cinco estudantes que se dispuseram a participar e responder a questões abertas. As perguntas tiveram como finalidade conhecer a percepção dos estudantes sobre a utilização do *blog* nas aulas da sequência didática.

Além da realização da avaliação via aplicativo Plickers, também optamos pela realização de uma entrevista com os estudantes. Foram elaboradas cinco perguntas abertas sobre a percepção dos estudantes a respeito da utilização do *blog* como ferramenta de ensino integrado à sequência didática aqui apresentada.

Nesse sentido, o presente trabalho considerou uma avaliação quantitativa e uma pesquisa qualitativa. Por se tratar de um estudo que envolve seres humanos, o mesmo foi enviado ao Comitê de Ética em Pesquisa em seres humanos e aprovado por Marie Togashi no dia 16 de Abril de 2019, sob o número de processo CAEE 07049218.0.0000.0030 e parecer número 3.268.680.

### **3. RESULTADOS**

#### **3.1 SEQUÊNCIA DIDÁTICA**

A primeira e segunda aulas da sequência didática foram destinadas a apresentação dos principais conceitos relativos ao metabolismo energético, como as etapas da respiração celular, a participação do gás oxigênio nesse processo, a produção de radicais livres, a síntese de ATP, além da apresentação da teoria do POS. Nessas duas aulas caracterizadas majoritariamente pelo seu aspecto expositivo e teórico, foi utilizada uma apresentação em Power point com imagens, textos e vídeos.

Nas aulas, os alunos demonstraram interesse, participaram ativamente das aulas, fizeram perguntas e deram suas contribuições, como explicações, mesmo que simples, para diversos processos biológicos. Duas aulas foram dedicadas à essa etapa da SD devido à complexidade dos fenômenos e processos biológicos envolvidos e que deveriam ser compreendidos pelos alunos. Embora a turma fosse pequena (16 alunos) quando comparada com outras realidades de ensino, foi importante que os estudantes tivessem as duas aulas iniciais, para contextualizar o assunto e prepará-los bem para conhecer e compreender o fenômeno do POS, uma pesquisa científica com conceitos complexos. Os alunos apresentaram muitas dúvidas sobre diversos conceitos biológicos, incluindo situações relacionadas ao fenômeno do POS.

Na terceira aula da sequência didática, ocorreu a pesquisa ativa no *blog* “*Preparo para o Estresse Oxidativo -POS*”. Com a utilização dos tablets da escola, os estudantes, organizados em duplas, foram direcionados ao endereço do *blog* e orientados a explorar todos os recursos contidos no *blog*, a ler as postagens, e a assistir aos vídeos e fazer comentários. Nessa aula, os estudantes ainda em duplas, foram orientados a elaborarem 10 perguntas sobre os conceitos biológicos mais relevantes encontrados no *blog*.

Porque apenas uma aula foi destinada para essa etapa da SD, os alunos foram então orientados a realizarem novas pesquisas no *blog* em suas casas, para terminarem a elaboração das perguntas iniciadas em sala de aula. Também foi orientado que após a elaboração das 10 perguntas os estudantes elaborassem respostas para as mesmas e preparassem uma apresentação em slides para as próximas aulas. Nessa etapa, o objetivo foi que o professor se certificasse que os estudantes haviam, de fato, estudado todas as postagens e vídeos do *blog*. Além disso, a elaboração das perguntas e a busca das respectivas respostas visava contribuir para o desenvolvimento do senso crítico nos estudantes, despertar seu protagonismo e tornar significativa a aprendizagem.

A escolha de orientar os estudantes a trabalharem em duplas objetivou promover a construção participativa e colaborativa da aprendizagem, uma vez que a troca de experiências

entre os pares configura-se como uma forma efetiva de aprendizagem. No presente trabalho, cada dupla de estudantes foi orientada a elaborar 10 perguntas. Contudo, esse número de perguntas pode ser adequado para cada realidade educacional, e pode ser maior ou menor que 10, e o número de alunos em cada grupo pode ser maior que 2. Acreditamos que o trabalho em duplas foi fundamental para o sucesso dessa sequência didática.

A quarta e a quinta aulas foram destinadas às apresentações das duplas de estudantes. Cada dupla apresentou 10 perguntas e suas respectivas respostas, utilizando slides, muitas vezes com imagens para contextualizar as perguntas e as respostas. Em nosso trabalho, tivemos 8 duplas, totalizando 80 perguntas e 80 respostas, e, por isso, duas aulas foram destinadas para essa etapa da sequência didática. Como os alunos tiveram total liberdade para pesquisar utilizando o *blog* como ferramenta principal de pesquisa, observou-se que algumas perguntas eram repetidas. Algumas respostas estavam incompletas, e não atenderam plenamente o comando da pergunta elaborada pela própria dupla.

Em todos os processos educativos, a avaliação é parte fundamental, para validar a metodologia escolhida, comprovar seu sucesso ou mesmo reorientar uma nova metodologia, mais eficaz para cada situação de aprendizagem. Na sexta aula da sequência didática os estudantes responderam 20 questões usando o aplicativo Plickers. O objetivo dessa etapa foi verificar o conhecimento dos alunos sobre metabolismo energético e a teoria do POS.

### **3.2 RESULTADO DA AVALIAÇÃO COM O USO DO APLICATIVO PLICKERS**

Com o objetivo de avaliar a eficiência da utilização do *blog*, como ferramenta de ensino, foi realizada uma avaliação contendo 20 perguntas no aplicativo Plickers. As perguntas previamente elaboradas foram projetadas no quadro branco por meio de data show. Cada aluno recebeu seu cartão resposta, que possibilita a escolha entre quatro alternativas. Os cartões respostas apresentam formato quadrado, em que se observa a presença de uma letra diferente em cada um dos lados, assim, basta que o aluno gire seu cartão resposta para escolher entre as alternativas (A, B, C ou D). Os alunos analisaram as perguntas e escolheram as respostas. Segurando seu cartão resposta com as duas mãos, eles indicavam a resposta desejada com a letra em destaque na parte superior do cartão. O professor aponta seu celular na direção dos cartões respostas e assim a câmera do celular identifica qual letra foi escolhida por cada estudante e em cada pergunta. As perguntas priorizaram temas relacionados ao

metabolismo energético e a teoria do POS. Esses temas já haviam sido trabalhados de acordo com a sequência didática apresentada anteriormente. As perguntas da avaliação estão listadas na (Figura 4) de acordo com a ordem em que foram apresentadas aos alunos.

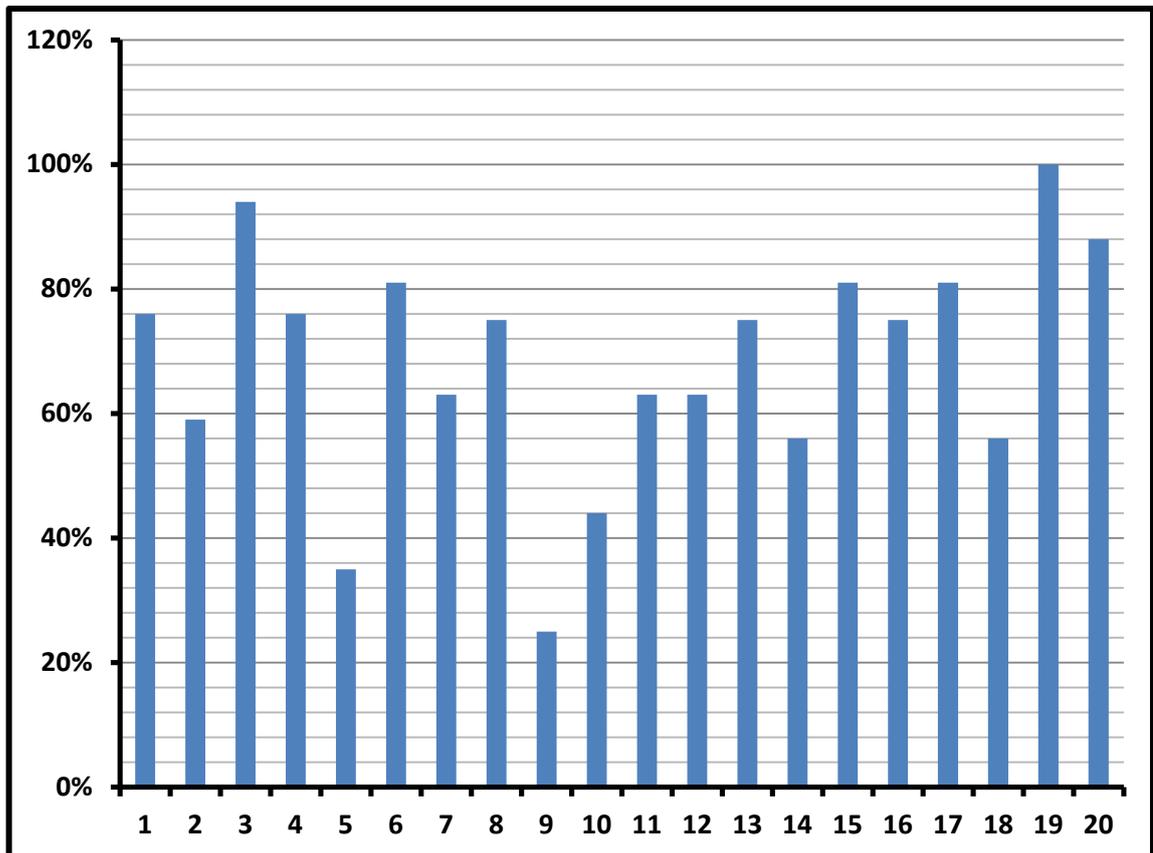
1. Qual organela celular é responsável pela realização da respiração celular?
2. Qual a função do gás oxigênio durante a respiração celular?
3. A hipóxia pode ser definida como...
4. Qual a função desempenhada pelas moléculas de adenosina trifosfato (ATP)?
5. Qual molécula é obtida durante a fase denominada glicólise?
6. Os radicais livres são tóxicos ao organismo e por isso devem ser eliminados totalmente?
7. O que acontece com o gás carbônico produzido durante a respiração celular?
8. O gás oxigênio participa diretamente de qual etapa da respiração celular?
9. A cadeia transportadora de elétrons (CTE) ocorre...
10. O NAD e o FAD são...
11. O que são espécies reativas de oxigênio?
12. Quais são as moléculas responsáveis por eliminar o excesso de EROs nos seres vivos?
13. O que é Preparo para o Estresse Oxidativo (POS)?
14. A maior produção de ATP ocorre...
15. A fermentação alcoólica é um processo mais vantajoso energeticamente em relação à respiração celular?
16. Em quais situações podemos observar o estresse oxidativo?
17. As espécies classificadas como POS-Positivas de acordo com o critério 2 devem apresenta...?
18. São condições naturais que provocam o estresse oxidativo, exceto?
19. A desidratação severa é uma situação que provoca o estresse oxidativo?
20. Alguns seres vivos podem obter energia (ATP), mesmo sem a participação do gás oxigênio, como acontece na fermentação?

**Figura 4:** Questões relacionadas ao metabolismo energético e a teoria do POS que foram apresentadas aos estudantes usando o aplicativo Plickers durante a sexta aula da sequência didática. **Fonte:** Autor.

A porcentagem de acertos das vinte perguntas avaliadas via aplicativo Plickers é apresentada na (Figura 5). Das 20 perguntas avaliadas, apenas em duas, os estudantes tiveram resultado inferior a 40%. Em 14 perguntas, a porcentagem de acertos foi superior a 60%, índice considerado aceitável pela Secretaria de Estado da Educação de Goiás. Importante destacar que em 6 perguntas, a porcentagem de acertos foi superior a 80%, sendo que em uma dessas perguntas houve 100% de acertos.

O aplicativo Plickers, em sua versão gratuita, permite a construção de apenas cinco perguntas por bloco. Na (figura 5) tem-se a relação entre as 20 perguntas avaliadas no eixo X e o índice de acertos geral da turma para cada pergunta, apresentado no eixo Y. A primeira pergunta (Figura 4) buscou avaliar se os alunos sabem qual organela celular é responsável pela realização do processo de respiração celular. Esse conhecimento é fundamental para que os estudantes possam compreender com detalhes os eventos que ocorrem durante a respiração celular. Nesse sentido, 76% dos alunos escolheram a alternativa correta. A segunda pergunta

teve como objetivo avaliar se os estudantes sabem a função do gás oxigênio durante a respiração celular. Nessa pergunta, 59% dos estudantes escolheram a alternativa correta. Na terceira pergunta, o objetivo foi saber se os estudantes conhecem o conceito de hipóxia. Nessa questão, 94% dos estudantes acertaram.



**Figura 5** – Apresentação da porcentagem geral de acertos dos estudantes em cada uma das 20 perguntas avaliadas via aplicativo Plickers. No eixo X são apresentadas as vinte perguntas avaliadas e no eixo Y é apresentado o índice de acertos geral da turma relativo a cada pergunta. **Fonte:** Autor.

A quarta pergunta buscou avaliar se os estudantes sabem a função desempenhada pelas moléculas de ATP dentro dos seres vivos, sendo que 76% dos estudantes optaram pela alternativa correta. A quinta pergunta avaliou se estudantes sabem qual molécula é formada durante a primeira fase da respiração celular, denominada glicólise, sendo que apenas 35% dos estudantes acertaram essa pergunta, o menor percentual de acerto dentro do conjunto das cinco perguntas iniciais. Essas perguntas compuseram o primeiro bloco de 5 perguntas.

A sexta pergunta teve como objetivo conhecer a percepção dos estudantes sobre os radicais livres, se essas moléculas eram também importantes para os seres vivos em outros processos vitais ou deviam ser totalmente eliminadas. Nesse sentido, 81% dos estudantes afirmaram corretamente que os radicais livres não devem ser totalmente eliminados dos seres

vivos. A sétima pergunta, teve como objetivo saber o destino do gás carbônico produzido durante a respiração celular, sendo que a pergunta apresentou 63% de acerto. A oitava pergunta avaliou se os estudantes sabem em qual etapa da respiração celular o gás oxigênio participa, sendo que 75% dos estudantes responderam acertadamente. A nona pergunta buscou avaliar se estudantes sabem em qual parte da mitocôndria estava a cadeia transportadora de elétrons (CTE), sendo que apenas 25% dos estudantes acertaram essa pergunta. A décima pergunta teve como objetivo avaliar se os estudantes também conhecem a função desempenhada pelo NAD e o FAD durante a respiração celular e nesse sentido, apenas 44% dos estudantes acertou a pergunta. Nesse segundo bloco de questões, tivemos porcentagens de acertos que foram de apenas 25% até cerca de 81% dependendo da questão avaliada.

Na décima primeira pergunta 63% dos estudantes acertaram o questionamento sobre o que são espécies reativas de oxigênio. A décima segunda pergunta também apresentou 63% de acertos entre os estudantes. Nela, o objetivo foi saber se eles conhecem quais moléculas são responsáveis pela eliminação das espécies reativas de oxigênio. A décima terceira pergunta, teve como objetivo avaliar se os estudantes conhecem o conceito de Preparo para o Estresse Oxidativo – POS, sendo que 75% dos estudantes acertaram essa pergunta. A décima quarta pergunta, avaliou se os estudantes sabem em qual etapa da respiração celular acontece a maior produção de ATP e nesse sentido, 56% dos estudantes escolheram a alternativa correta. A décima quinta pergunta buscou avaliar se os estudantes consideravam o processo de fermentação alcoólica como sendo um processo energeticamente mais vantajoso em relação à respiração celular. Nessa pergunta de comparação entre os processos metabólicos, 81% dos estudantes escolheram acertadamente a alternativa que indicava que a fermentação não é mais vantajosa em relação à respiração celular. Esse bloco de perguntas apresentou rendimento superior ao bloco anterior, sendo que a menor porcentagem de acertos foi 56%, enquanto que a maior foi de 81% de acertos na décima quinta pergunta.

A décima sexta pergunta avaliou se os estudantes sabem quais situações geram estresse oxidativo, um conhecimento fundamental para a compreensão da teoria do POS e das adaptações que os animais podem apresentar, em virtude do processo evolutivo, que todas as espécies estão submetidas. Nesse quesito cerca de 75% dos alunos responderam corretamente. Na décima sétima pergunta, buscou-se avaliar se os estudantes conhecem os critérios de classificação dos animais quanto à teoria do POS. São três critérios que podem ser utilizados para caracterizar se a espécie é POS-Positiva, POS-Negativa ou POS-Neutra. Nesse sentido,

81% dos estudantes responderam corretamente, indicando quando a espécie é classificada como POS-Positiva considerando-se o critério 2.

Na décima oitava pergunta, 56% dos estudantes responderam corretamente quais condições naturais poderiam gerar estresse oxidativo nos seres vivos. Essa pergunta é muito parecida com a décima sexta pergunta, contudo, aqui o objetivo foi escolher a única condição que não ocasiona estresse oxidativo. A décima nona pergunta, avaliou se os estudantes consideravam a desidratação severa como uma situação que poderia gerar estresse oxidativo e nesse sentido todos os estudantes acertaram a questão, ou seja, 100% de acerto na pergunta. A vigésima e última pergunta avaliou se os estudantes sabem que os seres vivos podem obter energia (ATP), mesmo sem a participação do gás oxigênio, como acontece, por exemplo, na fermentação e nesse sentido, 88% dos estudantes acertaram. Muitos estudantes poderiam imaginar a total dependência do oxigênio para a produção de ATP. Esses resultados podem fornecer subsídios valiosos para avaliar a efetividade da utilização do *Blog* sobre o POS no ensino de Biologia. Importante ressaltar que outros aplicativos também permitem a realização de processos avaliativos com a obtenção fácil e rápida dos dados.

#### **4. DISCUSSÃO**

As seqüências didáticas são recursos importantes que contribuem para melhorar a qualidade dos processos educativos. São inúmeras as vantagens da utilização de uma SD bem planejada e em sintonia com a turma. De acordo com (BEJARANO, 2013) o uso da SD, como um novo mecanismo pedagógico, propicia a organização curricular e permite a utilização de situações reais do cotidiano que favorecem a aprendizagem.

Segundo (OLIVEIRA, 2013) uma seqüência didática pode ser entendida como um conjunto de atividades conectadas entre si e que permitem trabalhar diversos conteúdos de uma forma integrada, oportuniza maior sucesso no processo de aprendizagem dos estudantes.

Na seqüência didática aqui descrita, duas aulas foram suficientes para a apresentação das perguntas e suas respectivas respostas, construídas pelas 8 duplas de alunos sobre o conteúdo do *Blog* “Preparo para o estresse oxidativo – POS”. Durante o debate ao final da apresentação de cada dupla algumas respostas foram alteradas, outras foram complementadas, e isso favoreceu a ressignificação de alguns conceitos biológicos. Essa etapa foi importante pois permitiu que os estudantes assumissem uma função ativa na construção de seu

conhecimento. A etapa foi caracterizada por seu viés investigativo, uma vez que, os estudantes foram responsáveis por analisar as postagens do *blog*, investigar os fenômenos e processos biológicos, propor perguntas, e encontrar respostas cientificamente condizentes. A formulação de perguntas é inerente ao método investigativo (FERRAZ, 2017).

Durante as apresentações, algumas duplas se destacaram demonstrando muita desenvoltura na formulação das perguntas e suas respectivas respostas. Ao final de cada apresentação, os alunos participaram comentando as perguntas e as respostas, indicando se alterações deveriam ser feitas e oferecendo sugestões. Em alguns casos, as sugestões eram pertinentes, em outros não, indicando as diferenças de envolvimento e conhecimento entre as duplas. A apresentação das perguntas em duplas permitiu que todos os estudantes pudessem participar dessa etapa, pois muitos estudantes são tímidos. Se fossem obrigados a apresentar individualmente, provavelmente alguns estudantes não teriam a segurança necessária para se expressar frente à turma. Outros estudantes talvez nem apresentassem suas perguntas e respostas.

De acordo com a opinião de (ARAÚJO, 2012) a aprendizagem colaborativa assume um papel de destaque na educação, porque se considera que o trabalho colaborativo facilita a construção da aprendizagem. Importante destacar que a apresentação das perguntas não foi utilizada como critério de avaliação bimestral, assim, os estudantes não receberam pontuação específica para a realização dessa atividade. Segundo o projeto político pedagógico do SESI, os estudantes devem ser avaliados continuamente em todas as atividades pedagógicas.

Em qualquer processo de ensino, o contato inicial dos estudantes com o assunto de estudo é fundamental, pois tem o objetivo de despertar o interesse, e apresentar uma visão geral do tema a ser trabalhado (BNCC, 2017). Na sequência didática aqui detalhada, entendemos que duas aulas foi um tempo ideal, tendo em vista que não dispomos de muitas aulas para trabalhar cada assunto, e, que apenas uma aula seria pouco tempo para realizar a sensibilização e contextualização. Nesse sentido, cabe ao professor que conhece sua turma, avaliar quantas aulas são necessárias para essa etapa tão importante do processo de ensino (MOTOKANE, 2015).

Cada realidade de ensino tem suas particularidades, que devem ser consideradas. Dependendo do perfil participativo da turma, dos recursos tecnológicos que serão empregados e do planejamento escolar, aconselhamos aumentar o número de aulas para a primeira etapa de nossa sequência didática, momento em que se realiza a sensibilização dos estudantes, pois ocorre a apresentação dos assuntos por meio de aulas expositivas. Se considerarmos uma

turma com 30 ou mais alunos, uma realidade muito comum em grande parte das escolas no Brasil, é provável que mais dúvidas e mais interrupções possam acontecer. As dúvidas devem ser respondidas e por isso, talvez só as duas aulas não sejam suficientes para apresentar todos os slides e esclarecer todas as dúvidas.

Na terceira aula de nossa sequência didática, ocorreu a utilização do *blog* como ferramenta de pesquisa e divulgação científica. Em nossa realidade de escola privada com poucos alunos e boa infraestrutura, avaliamos que apenas uma aula foi suficiente para explorar todas as postagens do *blog*. No dia da aula, haviam 11 postagens ao todo no *blog*, entre textos e vídeos. Os alunos estavam organizados em duplas e com um tablet para cada estudante, por isso, optamos por utilizar apenas uma aula para essa etapa da SD. Uma importante limitação para a aplicação da SD é a necessidade de disponibilizar dispositivos com internet para os alunos, uma vez que a visualização do *blog* só possível de forma *on line*. Em outras realidades de ensino, é provável que o professor da turma tenha que lançar mão de outras estratégias, como aumentar o número de alunos por grupo, ou ainda, aumentar a quantidade de aulas para essa etapa. Essa etapa pode ser iniciada em sala de aula e concluída na casa dos estudantes, dessa forma, o professor pode destinar mais aulas para as etapas que requerem maior proximidade entre o professor e seus alunos (BNCC, 2017).

Durante a etapa de pesquisa no *blog*, o professor deve estar atento, se os alunos de fato estão nas páginas do *blog*. Se a escola disponibilizar tablets, é possível que as redes sociais estejam bloqueadas. Mas, se os estudantes utilizarem os próprios celulares, é provável que algum aluno possa desviar o foco da aula, indo para outros sites ou para suas redes sociais. Nessa etapa da sequência didática, é importante que o professor estabeleça alguns objetivos para a aula (BEJARANO, 2013). Em nossa SD, propusemos que os alunos em duplas elaborassem 10 perguntas sobre conceitos encontrados no *blog*. Os alunos devem ter alguma tarefa para ser executada enquanto navegam pelo *blog*, isso garante que estejam focados durante a leitura das postagens. Por se tratar de uma turma com poucos alunos, apenas 16 ao todo, optamos por incentivar a elaboração de 10 perguntas por dupla. Em outras realidades, o professor poderá sugerir um número diferente de perguntas a depender de seus objetivos de aprendizagem.

Para a etapa seguinte da sequência didática optamos por disponibilizar duas aulas, entendendo que todas as 80 perguntas deveriam ser apresentadas e discutidas. Consideramos que esse tempo foi satisfatório, pois, todas as duplas apresentaram todas as suas perguntas e ao final de cada apresentação foi possível realizar um pequeno debate. Essa quantidade de

perguntas também pode ser alterada, em turmas mais numerosas, o professor pode selecionar as perguntas que serão debatidas, enfim, nessa etapa temos muitas possibilidades de adaptações para adequar à realidade do professor que está conduzindo a sequência didática. Essa etapa foi muito importante para o sucesso da SD. Os alunos ao apresentar suas perguntas e respostas tiveram a oportunidade de exercitar sua criatividade e o senso investigativo. A criação das perguntas associada à elaboração das respostas impôs aos estudantes a obrigação de pesquisar e investigar situações, conceitos e processos biológicos. Dessa forma, é muito importante que os alunos sejam orientados a apresentar o resultado de suas pesquisas para toda a turma (SASSERON, 2015).

Para a apresentação das perguntas, o professor pode realizar um sorteio, para definir a ordem das apresentações. Os alunos devem ser orientados, quanto ao tempo disponível. Em algumas apresentações pode-se ter grupos que utilizem mais tempo prejudicando os próximos grupos. Uma orientação interessante, foi a de que as duplas deveriam trazer a apresentação em slides, dessa forma, teria um padrão para as apresentações. Em nosso trabalho, algumas duplas surpreenderam pela organização da apresentação, colocando também imagens relacionadas às perguntas e respostas. Outras duplas foram objetivas, apenas apresentando a pergunta, e em seguida a resposta correspondente.

A avaliação da aprendizagem ocorreu na sexta aula, quando os alunos foram convidados a responder as 20 perguntas projetadas no quadro branco. No momento da avaliação, é necessário que o professor tenha seu celular sincronizado ao notebook, acesso a internet, data show para projetar as perguntas e os cartões respostas de cada estudante. O professor por intermédio de seu celular escolhe a pergunta, que será projetada no quadro branco. Os alunos após analisarem a pergunta, levantam seu cartão resposta com uma das alternativas (A, B, C ou D). O professor então lê as respostas dos alunos, com a câmara de seu celular, que manda as informações para o aplicativo, originando os arquivos com as respostas de cada aluno e em cada pergunta (KRAUSE, 2017).

Existem várias maneiras de realizar a avaliação de um processo educativo, algumas podem ter a tecnologia como ferramenta básica, em outras situações, o professor poderá utilizar um processo mais simples, como, por exemplo, nas avaliações formais com folhas impressas. Cabe ao professor escolher a melhor estratégia, de acordo com sua realidade de ensino. Em nosso trabalho, optamos pela utilização do Plickers, que se mostrou muito interessante, pois aproxima os estudantes da tecnologia, além de fornecer dados de forma rápida e fácil de serem analisados.

As perguntas escolhidas retratavam temas específicos do metabolismo energético e da teoria do POS. Essas perguntas refletem os conceitos biológicos presentes no *Blog*, apresentando uma relação entre a utilização do *blog* e a aprendizagem pretendida. Durante a avaliação, os alunos apresentaram muito interesse e empenho, sendo um momento de descontração e competição entre eles, pois, o aplicativo permite a visualização das respostas corretas após a escolha dos alunos.

Nessa etapa da sequência didática, optamos por utilizar apenas uma aula. Mesmo sendo uma quantidade elevada de perguntas, 20 ao todo, a forma como os alunos respondem é bem prática e rápida, por isso, uma aula foi suficiente. Importante destacar que os alunos já conheciam o funcionamento do aplicativo Plickers, e isso, contribuiu para a rapidez do processo. Em uma turma mais numerosa, e com os alunos ainda conhecendo a ferramenta utilizada para a avaliação, é sugerido a utilização de duas ou mais aulas. Outra possibilidade também é a diminuição do número de questões a serem avaliadas. Em nossa experiência, 20 perguntas foi um número importante, por permitir uma visão geral de diversos assuntos abordados, durante toda a sequência didática. Se escolhêssemos menos perguntas, poderíamos deixar de avaliar algum conhecimento importante, sobre o metabolismo energético e a teoria do POS. Muitos alunos preferem um número menor de perguntas, contudo, se aumentamos o número de perguntas, permitimos que os estudantes tenham mais oportunidades de demonstrar sua aprendizagem.

A sequência didática escolhida se mostrou bastante eficiente para os objetivos propostos. Os alunos apresentaram bons índices de acertos na avaliação via Plickers, além da participação e interesse demonstrado, por grande parte dos alunos. Na nossa proposta, as seis aulas foram suficientes para obtermos bons resultados, mas, pode-se seguir uma sequência com apenas quatro aulas, a depender da quantidade de alunos e da complexidade do assunto a ser tratado. Aqui apresentamos apenas uma sugestão, que se enquadrou à nossa realidade educacional, uma turma pequena, com alunos interessados e participativos.

Quando se compara a SD com as aulas tradicionais, percebe-se que nas sequências didáticas, as aulas são mais dinâmicas, acarretando uma maior participação, motivação e interesse dos alunos e do professor. Os estudantes tornam-se mais participativos, demonstrando curiosidade, espírito investigativo e colaborativo. A proposta possibilita que os estudantes atuem como sujeitos ativos na construção de seus conhecimentos (BEJARANO, 2013).

Nesse sentido a sequência didática contribui para a construção de conhecimento dos estudantes, pois acreditamos que é importante os estudantes terem acesso a essa pesquisa em desenvolvimento, ou seja, o POS, que há mais de 20 anos estuda as respostas adaptativas dos animais quando expostos a situações que geram estresse oxidativo.

Grande parte dos estudantes do Ensino Médio não conhecem as pesquisas realizadas nas universidades brasileiras. Em minha realidade, os estudantes ficam presos aos conhecimentos básicos contidos nos livros didáticos. Pesquisas podem levar vários anos para aparecer nos livros didáticos, logo, destaca-se a importância de promover a aproximação dos estudantes do Ensino Médio das pesquisas atuais desenvolvidas nas universidades.

A pesquisa sobre o POS se destaca por seu caráter multidisciplinar e grande abrangência de conteúdos de trabalhados no Ensino Médio. Desse modo, a pesquisa pode ser apresentada aos estudantes quando estes forem estudar Evolução, Bioquímica, Fisiologia Animal, Ecologia, Taxonomia, Anatomia Comparada, enfim, uma grande quantidade de conteúdos do Ensino Médio que estão intimamente relacionados às descobertas da Teoria do POS.

#### **4.1 OUTRAS POSSIBILIDADES DE UTILIZAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA ASSOCIADA AO *BLOG***

A escolha dessa sequência didática aqui apresentada se mostrou muito eficiente para nossos objetivos de aprendizagem, a quantidade de estudantes na turma e a participação foram preponderantes para o sucesso no processo de ensino demonstrado pela análise do nível de acertos gerais em cada pergunta, acima de 60% na maioria das perguntas, 14 das 20 perguntas avaliadas.

Contudo acreditamos que outras estratégias possam ser utilizadas para melhorar a qualidade do ensino. O professor pode propor a construção de *blogs* em grupos de três a quatro alunos que ficam então responsáveis pela organização das páginas, das postagens e da inserção de outros recursos pedagógicos. Nessa situação os estudantes desenvolvem habilidades relacionadas à compreensão do processo de construção de conhecimentos. Essa estratégia pode ser muito desafiadora tanto para o professor, quanto para os estudantes, ao mesmo tempo, que, desperta a criatividade e o senso de responsabilidade.

Em uma atividade que realizei com meus alunos da 2ª série do Ensino Médio, os estudantes foram desafiados a apresentar novas estratégias de ensino sobre o estudo da zoologia. Os alunos organizados em grupos de quatro integrantes apresentaram situações que criavam novas oportunidades de aprendizagem, muitas ideias baseadas em metodologias ativas e no ensino investigativo. Na época da realização dessa atividade que usei como processo avaliativo ainda não utilizava o *blog* como ferramenta ou estratégia de ensino. Hoje acredito que seria uma ótima oportunidade para expor os trabalhos realizados pelos estudantes, além de permitir uma troca de experiência com outros professores.

Outra estratégia interessante envolve a realização de projetos de aprendizagem baseados em temas transversais. Nessa perspectiva pode-se escolher um tema de grande abrangência que permita a inserção de outras áreas do conhecimento, assim o trabalho interdisciplinar pode oportunizar a construção de inúmeras habilidades e competências, como o trabalho em equipe, o desenvolvimento da linguagem escrita e corporal e a aquisição do conhecimento científico.

Nesse sentido os professores podem se reunir para definir o melhor tema, a divisão do trabalho, os objetivos de aprendizagem, as formas de avaliação, a data da culminância do projeto com a apresentação do produto final que deve ser construído e apresentado pelos estudantes. Nessa situação é importante o trabalho colaborativo entre os estudantes e o professor que atua apenas como mediador. Cada professor pode executar uma etapa da SD definida no início, o professor de biologia, por exemplo, pode participar da SD com a utilização de estratégias do ensino investigativo e tendo o *blog* como suporte de pesquisa. Ao final do projeto de aprendizagem as atividades dos estudantes, suas construções e descobertas podem ser postadas no *blog*. A quantidade de aulas, o tipo de sequência didática, o produto final a ser entregue pelos estudantes depende da escolha do tema transversal, assim, pode-se prever a construção de modelos, maquetes, paródias, apresentações artísticas, experimentos e muitos outros produtos com finalidade pedagógica.

A utilização do *blog* inserido na SD aqui apresentada destaca-se pela sua versatilidade, pode-se utiliza-lo como ferramenta, nesse sentido a sequência didática deve apresentar outras etapas e ferramentas, sendo o *blog* apenas um complemento do processo de ensino. O professor pode construir o *blog* e inserir todo o conteúdo que julgar importante para a execução de sua SD, com a vantagem de poder colocar informações científicas claras e objetivas.

Em outra situação o *blog* pode ser utilizado como uma estratégia de aprendizagem pode ser construído pelo professor ou por grupos de estudantes. Nessa perspectiva os estudantes são responsáveis pela construção do *blog* e das postagens. O *blog* assume a função de um portfólio, onde os estudantes inserem seus trabalhos e construções. Essa estratégia destaca-se por sua capacidade de despertar a criatividade dos estudantes, o professor deve atuar na orientação e validação das postagens.

A sequência didática pode ser alterada para atender as necessidades de cada turma. Na mesma escola trabalhando com turma diferentes o professor poderá aumentar a quantidade de aulas no início da sequência quando se apresenta o conteúdo de forma expositiva, ou pode-se aumentar a quantidade de aulas durante a etapa de pesquisa no *blog*. Para a realização da avaliação o professor pode propor a organização dos estudantes em duplas, utilizar o formato de competição ou apenas avaliar as postagens dos estudantes na situação em que o *blog* foi utilizado como estratégia de ensino. Pode-se avaliar ainda as construções dos estudantes, como mapas mentais, modelos, maquetes, paródias e apresentações artísticas. Enfim tem-se uma grande variedade de adaptações que podem ser feitas na sequência didática e na forma como o *blog* pode ser utilizado no processo de ensino com a finalidade melhorar a qualidade das aulas de biologia.

## **5. CONCLUSÃO**

A pesquisa sobre o POS pode apresentar grande impacto sobre o processo de ensino, pode contribuir com o aumento da capacidade de argumentação científica dos estudantes. Quando os estudantes conhecem os caminhos percorridos pela ciência, podem valorizar as etapas do método científico e questionar os resultados de pesquisas apresentadas nas mídias em geral.

O POS destaca-se como uma pesquisa brasileira de grande relevância para a compreensão das adaptações dos animais frente aos desafios impostos por situações de estresse oxidativo. Sua utilização no Ensino Médio pode favorecer o desenvolvimento do método investigativo nas aulas de biologia. Uma proposta investigativa, permiti que o estudante observe um problema, elabore hipóteses, teste-as, analise os resultados e chegue a conclusões plausíveis do ponto de vista científico e por fim tenha condições de construir e reconstruir conceitos.

Nessa perspectiva, a sequência didática assume papel importante na implantação de uma proposta investigativa de ensino, pois sua organização permite que o estudante seja desafiado, além de favorecer uma gradação da complexidade das atividades. Assim o professor pode aumentar o nível das atividades propostas e os estudantes podem avançar etapas a partir de cada nível de conhecimento. Dessa forma o *blog* apresenta-se como uma ferramenta de ensino eficiente, que associada a uma sequência didática bem planejada e com objetivos de aprendizagem nítidos para o professor e para os estudantes, melhora a qualidade do ensino de biologia no Ensino Médio.

Concluimos que a sequência didática aqui apresentada foi importante para melhorar a qualidade de ensino nas aulas de biologia, pois permitiu aumentar a complexidade das atividades, a divisão em etapas dos objetivos de aprendizagem, além de contribuir para a implantação de um método de ensino investigativo com a utilização de metodologias ativas de ensino. Concluimos ainda que o *blog* foi uma ferramenta eficiente no processo de ensino, uma vez que, aproximou os estudantes de uma pesquisa científica brasileira de grande importância. O fato dos estudantes não conhecerem a pesquisa e seus principais conceitos, juntamente com a orientação para elaborarem perguntas e respostas com a utilização do blog como ferramenta de pesquisa também contribuiu para fortalecer o processo de ensino investigativo.

Dessa forma a aplicação da sequência didática aqui apresentada associada à utilização do blog mostrou-se eficaz no processo de ensino. Os estudantes ao final da sequência didática responderam 20 perguntas via aplicativo Plickers, o resultado desse processo avaliativo foi satisfatório, sendo que em 16 das 20 perguntas avaliadas os estudantes apresentaram nível de acerto igual ou superior a 60%, em 3 questões o nível foi superior a 50%, nesse sentido entendemos que nossa sequência didática atendeu aos objetivos de aprendizagem expressos nas 20 perguntas da avaliação.

Futuros trabalhos podem explorar a utilização do *blog* em uma sequência didática aplicada em turmas com maior quantidade de alunos, com menor quantidade de aulas disponíveis, com a participação dos estudantes na construção do *blog* e na escrita das postagens, bem como em situações multidisciplinares que envolva vários componentes curriculares, por exemplo, Biologia, Física e Química simultaneamente. Em situações que envolva diferentes recursos tecnológicos disponíveis e que na sequência didática possa ser cobrada a construção de algum produto final por parte dos estudantes.

## 6. REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, H. (2012). **Projetos de leitura e trabalho colaborativo: concepções e práticas de professores e professores bibliotecários.** (Dissertação de Mestrado em Gestão da Informação e Bibliotecas Escolares). Departamento de educação e ensino a distância, Lisboa, Portugal.
- BARROW, L. H. (2006) **A Brief History of Inquiry: From Dewey to Standards.** In: *Journal of Science Teacher Education*, 2006, 17:265–278, Springer.
- BEJARANO, N.R.R. (2013) **As tendências das sequências didáticas de ensino desenvolvidas por professores em formação nas disciplinas de estágio supervisionado das Universidades Federal de Sergipe e Federal da Bahia.** IX Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias, nº extra, p. 942- 1948, Girona.
- BNCC, (2017). Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular – BNCC 3ª versão. Brasília, DF.
- CARVALHO, A. M. P. (2013) **Ensino de Ciências e a proposição de sequências de ensino investigativas.** In Carvalho, A. M. P. (Org.). *Ensino de Ciências por Investigação: condições para implementação em sala de aula.* (pp. 1–20). São Paulo, SP: Cengage Learning.
- DEBOER, G. E. (2006) **Historical perspectives on inquiry teaching in schools.** In: **FLICK; LEDREMAN.** *Scientific inquiry and nature of science. Implications for teaching, learning, and teacher education.* Springer.
- FERRAZ, A. T., & Sasseron, L. H. (2017). **Espaço interativo de argumentação colaborativa: condições criadas pelo professor para promover argumentação em aulas investigativas.** *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências*, 19, p. 1–25.
- HALLIWELL, B., Gutteridge, J.M.C., (1999). **Free Radicals in Biology and Medicine**, 3rd ed. Clarendon Press, Oxford, UK.
- HERMES-LIMA, M., and Storey K. B. (1995) **Antioxidant defenses and metabolic depression in a pulmonate land snail.** *Am. J. Physiol.* 268:1386–1393.
- HERMES-LIMA, M., Moreira D.C, Rivera-Ingraham G.A, Giraud-Billoud M, Genaro-Matos T.C, Campos É. G. (2015) **“Preparation for Oxidative Stress under Hypoxia and Metabolic Depression: Revisiting the Proposal Two Decades Later”.** *Free Radical Biol. & Med.* 89:1122–1143.
- ISSARTEL, J. (2009). **High anoxia tolerance in the subterranean salamander *Proteus anguinus* without oxidative stress nor activation of antioxidant defenses during reoxygenation.** *J. Comp. Physiol. B.* 179, 543–551.
- KRAUSE, J. N., O’Neil, K., & Dauenhauer, B. (2017). **Plickers: A formative assessment tool for K–12 and PETE professionals.** *Strategies*, 30 (3), 30–36.

MACHADO, V. F., & SASSERON, L. H. (2012). As perguntas em aulas investigativas de ciências: a construção teórica de categorias. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 12(2), 29–44.

MAROQUIO, V.S.; PAIVA, M.A.V.; FONSECA, C.O. (2015) **Sequências Didáticas como Recurso Pedagógico na Formação Continuada de Professores**. ENCONTRO CAPIXABA DE EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, Anais. Sociedade Brasileira de Educação Matemática – Regional Espírito Santo, Vitória, ES.

MOREIRA, D.C., L.P.R. Venancio, M.A.C.T. Sabino, e M. Hermes-Lima. (2016) **“How Widespread Is Preparation for Oxidative Stress in the Animal Kingdom?”** *Comp. Biochem. Physiol. A* 200:64–78.

MOREIRA, D.C. (2017) **Adaptações do metabolismo redox aos extremos ambientais: mecanismo, distribuição e ocorrência do fenômeno de “Preparo para o Estresse Oxidativo”**. 181 f. Tese (Doutorado) – Dep. de Biol. Cel. Univ. de Brasília 181.

MOTOKANE, M.T. (2015) **Sequências didáticas investigativas e argumentação no ensino de ecologia**. *Revista Ensaio*, Vol.17, n° especial, novembro, 2015.

NAUSEEF, WM, (2014) **Detection of superoxide anion and hydrogen peroxide production by cellular NADPH oxidases**. *Biochem. et Biophys. Acta Inflamm. Prog. and Depart. of Int. Med.* 1840:757-767.

NUNES, T. S., Motokane, M. T. (2015). **Características das hipóteses em sequências didáticas investigativas**. Trabalho apresentado no X Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – Águas de Lindóia, SP, pp.1–8.

OLIVEIRA, M. M. (2013) **Sequência didática interativa no processo de formação de professores**. Petrópolis, RJ: Vozes.

OLIVEIRA, R. M. C. de, (2008) **Interfaces colaborativas e Educação: o uso do blog como potencializador do processo de avaliação**. *In: Dias, Paulo; Osório, Antônio José. (Org.). Ambientes educativos emergentes*. 1 ed. Braga: Universidade do Minho - Centro de Competência.

OLSVIK, P.A., Kristensen, T., Waagbø, R., Tollefsen, K.E., Rosseland, B.O. (2006). **Effects of hypo- and hyperoxia on transcription levels of five stress genes and the glutathione system in liver of Atlantic cod *Gadus morhua***. *J. Exp. Biol.*

RIBEIRO, A. C.; SCHONS, C. H. (2008) **A contribuição da Web 2.0 nos sistemas de educação online**. In: 4º Congresso Brasileiro de Sistemas, Uni=FACEF, Franca. São Paulo.

ROSSASI, L. B.; POLINARSKI, C. A.(2011) **Reflexões sobre metodologias para o ensino de biologia: uma perspectiva a partir da prática docente**. Porto Alegre: Lume.

SACRISTÁN, J.G.O. (2000) **Currículo: Uma reflexão sobre a prática**. 3ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2000.

SASSERON, L. H. (2015). **Alfabetização Científica, ensino por investigação e argumentação: relações entre ciências da natureza e escola, Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, 17(no. Especial), p.49–67.

WATSON, F. Road. (2004) **Student's discutions in practical scientific inquiries**. In: International Journal Science education. January, vol, 26. no 1, 25-45.

YOUNG, K.M., Cramp, R.L., Franklin, C.E., (2017). **Each to their own: skeletal muscles of different function use different biochemical strategies during aestivation at high temperature**. J. Exp. Biol. 216, 1012–1024.

ZABALA, A. (1998) **A Prática educativa: como ensinar**. Porto Alegre: Artes Médicas Sul, 1998.

ZHANG, Y., Liang, S., He, J., Bai, Y., Niu, Y., Tang, X., Li, D., Chen, Q., (2015). **Oxidative stress and antioxidant status in a lizard *Phrynocephalus vlangalii* at different altitudes or acclimated to hypoxia**. Comp. Biochem. Physiol. A 190, 9–14.

# CAPÍTULO 4

## 1. DISCUSSÃO E CONCLUSÃO

O processo de ensino é uma tarefa árdua, envolve muitos fatores que podem contribuir para a aprendizagem dos estudantes ou, se não favoráveis, podem impedir o sucesso do processo de ensino. Com o objetivo de contribuir significativamente com a melhoria da qualidade do ensino de biologia em turmas do Ensino Médio propusemos a construção de um *blog* científico sobre a teoria do Preparo para o Estresse Oxidativo – POS. No *blog* são apresentados os detalhes das pesquisas com as espécies que realizam o POS, informações como o metabolismo energético e adaptações moleculares e bioquímicas são destacadas no estudo de cada espécie.

Nesse sentido o *blog* de endereço <https://estresseoxidativo-pos.blogspot.com/> se apresenta como uma alternativa para melhorar as práticas docentes no ensino de biologia. Com intuito de favorecer a máxima utilização de todos os recursos disponíveis no *blog* idealizamos uma sequência didática constituída de seis aulas para ser aplicada em turmas da primeira série do Ensino Médio. A sequência didática teve como princípio básico permitir a utilização do *blog* sobre as espécies que fazem o POS, abordadas sob o viés do ensino investigativo.

Na perspectiva de desenvolver uma metodologia de ensino investigativo, a sequência didática aqui apresentada foi aplicada em uma turma da 1ª Série do Ensino Médio. Os estudantes tiveram a oportunidade de ao participar de todas as etapas da sequência didática, conhecer os detalhes da teoria do POS, um conhecimento novo para estudantes de Ensino Médio, mas que certamente pode contribuir para melhorar a compreensão da ciência e despertar o interesse pelo pensamento científico.

Acreditamos que apesar da complexidade dos conceitos envolvidos na compreensão da teoria do POS, nosso projeto constitui uma oportunidade ímpar de aproximação dos estudantes do Ensino Médio das pesquisas científicas realizadas nas universidades brasileiras, em especial, a pesquisa sobre a teoria do POS desenvolvida na UnB. Muitos conceitos biológicos relacionados à compreensão do POS são trabalhados no Ensino Médio, como por exemplo, noções básicas de bioquímica, fisiologia animal, ecologia, genética e evolução.

Com o objetivo de conhecer a realidade sobre a eficiência da utilização do *blog* científico sobre as espécies de se adequam a teoria do POS nas aulas de Biologia no Ensino Médio, realizou-se uma entrevista com perguntas abertas sobre a percepção dos estudantes sobre a utilização do *blog* e a sequência didática desenvolvida no presente estudo. A entrevista de cunho qualitativo foi realizada após a sexta aula da sequência didática, aula em os estudantes realizaram um processo de avaliação formal com utilização do aplicativo Plickers (KRAUSE, 2017). Ao final da sexta aula os alunos foram convidados a participar espontaneamente da entrevista. A entrevista aconteceu na unidade escolar no turno vespertino, dois dias após o término da sequência didática. Aqui o objetivo foi permitir que os estudantes tivessem todo o tempo necessário para analisar e responder as perguntas da entrevista. No dia da entrevista, apenas cinco alunos espontaneamente compareceram ao local destinado. Cada estudante individualmente na presença do professor respondeu a cinco perguntas abertas (Figura 1) totalizando 25 respostas ao todo.

Os alunos que se apresentaram para participar da entrevista foram informados da importância de sua contribuição com o presente projeto de pesquisa, bem como dos objetivos da pesquisa. Todos assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido- TCLE e em seguida individualmente foram entrevistados pelo professor pesquisador. As respostas foram simultaneamente transcritas pelo professor, sendo esclarecidas algumas dúvidas quando necessário. Ao final da entrevista, o professor pesquisador leu para o estudante participante da entrevista as perguntas e as suas respectivas respostas para comprovar se estava de acordo com as respostas transcritas. Todos os estudantes concordaram com a transcrição literal de suas respostas.

Por se tratar de um estudo que envolve seres humanos, o mesmo foi enviado ao Comitê de Ética em Pesquisa em seres humanos e aprovado por Marie Togashi no dia 16 de Abril de 2019, sob o número de processo CAEE 07049218.0.0000.0030 e parecer número 3.268.680.

As entrevistas ocorreram após a execução da última aula da sequência didática constituída de seis aulas com duração de 50 minutos cada. Os alunos foram convidados a participar da entrevista no turno vespertino, sendo que apenas cinco alunos se apresentaram para responder as perguntas. Importante destacar que destes, apenas um estudante do sexo feminino e quatro do sexo masculino, todos com faixa etária de 16 anos. Ao todo foram realizadas cinco perguntas abertas para cada aluno participante. As perguntas abordavam temas relacionados à utilização do *blog* como ferramenta de ensino investigativo. Visando

resguardar o anonimato dos alunos, todos menores de idade, optou-se por nomeá-los utilizando-se letras e números. Nesse sentido, os alunos participantes foram identificados com os códigos E1, E2, E3, E4 e E5.

Com o intuito de conhecer a opinião dos entrevistados sobre a utilização do *blog* durante as aulas de biologia, foi feita a seguinte pergunta: **O QUE VOCÊ ACHOU DA UTILIZAÇÃO DO BLOG COMO FERRAMENTA DE ENSINO E APRENDIZAGEM?** Todos os alunos prontamente responderam a pergunta, encaminhando seus pontos de vista.

De uma forma geral, os participantes afirmaram ter gostado bastante da experiência em utilizar uma metodologia diferente das aulas tradicionais expositivas. As falas dos participantes são apresentadas a seguir.

**Participante E1:** *“Eu gostei, pois é um novo método de aprendizagem. Estimulou meu pensamento e a minha vontade de aprender sobre o assunto. Foi uma maneira descontraída de aprender”.*

**Participante E2:** *“Eu acho que como sai do padrão de aula, obrigou os alunos a participarem mais. É mais dinâmica. Os alunos participaram e não dormiram durante a aula. Essa aula estimulou o pensamento e a utilização da lógica”.*

**Participante E3:** *“Como os alunos não tinham muito conhecimento sobre o assunto, o blog teve uma grande importância, pois adquirimos um pouco de conhecimento sobre a pesquisa. Ajudou a responder as perguntas feitas pelo aplicativo Plickers. Me deu mais vontade de aprender, pois eu poderia a qualquer hora que eu quisesse revisar o assunto”.*

**Participante E4:** *“Eu achei boa e importante para a aprendizagem, porque com ele você sai um pouco da rotina. Eu acho que o blog ajuda a aprender mais, porque tem vídeo aulas que melhoram o foco e aumenta os conhecimentos”.*

**Participante E5:** *“Eu achei eficaz. Se todos os professores utilizassem um blog eu aprenderia mais. Me ajudou a aprender porque lá tinha vídeo aulas, exemplos, explicações e tudo que é necessário sobre o assunto estudado”.*

De acordo com (BERBEL, 2011) a utilização de metodologias ativas favorecem a motivação e desenvolvimento da autonomia nos estudantes, despertam a curiosidade dos alunos e dessa forma, contribuem para melhorar a aprendizagem. Para (PINTO et al., 2012) deve-se envolver o aluno no processo de desenvolvimento de novos conhecimentos. Esse aluno protagonista desenvolve o senso crítico e constrói novas competências importantes para o sucesso profissional na vida adulta. Ainda de acordo com (MORAN, 2007) a utilização do *blog* pode contribuir para uma maior aproximação entre alunos e professores. Nesse sentido, percebe-se que a utilização da tecnologia em sala de aula, exemplificada aqui pelo uso do *blog*, contribui muito com a melhoria da qualidade da educação, promove maior autonomia dos estudantes, além de participar da alfabetização digital tão importante para o estudante contemporâneo (BEJARANO, 2013).

A utilização do blog nas aulas de biologia, associado a uma metodologia de ensino investigativo pode contribuir com o desenvolvimento de habilidades importantes, como a compreensão das etapas de construção do conhecimento científico, os desafios da ciência, além de melhorar a argumentação com fundamentos científicos (FERRAZ, 2017).

Além da análise das respostas da entrevista, pode-se confirmar a eficácia da utilização do *blog* científico sobre o POS, também pela avaliação do percentual de acertos dos estudantes durante a realização da avaliação na sexta aula da sequência didática. Percebe-se que das vinte perguntas avaliadas, em quatorze, o percentual de acertos foi igual ou superior a 60%, em outras três perguntas o índice de acertos foi superior a 50%. Importante destacar que os estudantes não tiveram acesso a outros materiais a respeito da teoria do POS. Esse assunto, mesmo sendo tão interessante, não apresenta uma literatura tão vasta na língua portuguesa, diferente do observado em outros assuntos de Biologia. Assim, tem-se que os conhecimentos dos estudantes sobre o POS é fruto da utilização do *blog* inserido na sequência didática aqui apresentada. Dessa forma, constata-se que a junção entre as respostas dos estudantes que participaram da entrevista e os níveis de acertos apresentados na avaliação realizada após a sexta aula da sequência didática corrobora a importância da utilização do *blog* nesse processo de ensino.

Durante a realização da entrevista os estudantes participantes destacaram também a importância da utilização de uma forma diferente de promover a avaliação. Nesse sentido a utilização do Plickers como ferramenta de avaliação rápida também contribuiu para despertar o interesse e a participação dos estudantes, dessa forma, destaca-se que a construção da sequência didática, associada à utilização do blog e do Plickers favoreceram o processo de ensino, como enfatizado nas respostas da entrevista e nos níveis de acertos durante a avaliação.

O *Blog* tem a vantagem de ir além da simples exposição de conteúdos, indicação de links e comentários dos alunos. Apresenta a possibilidade interessante de participação conjunta dos estudantes na construção de novos conhecimentos. Os estudantes podem atuar como autores do *blog* junto ao professor, dessa forma, valorizam-se a interação e a linguagem, para o desenvolvimento de habilidades e competências importantes para o estudante do contemporâneo (NUNES, 2015).

A utilização de recursos tecnológicos na educação é uma exigência cada vez mais crescente. Para que haja sucesso nessa utilização é fundamental que tanto educadores, quanto os próprios estudantes tenham domínio de tais ferramentas e tecnologias, principalmente as virtuais. Com o objetivo de conhecer as possíveis dificuldades da utilização do *blog* por parte dos estudantes foi feita a pergunta a seguir: **QUAIS AS PRINCIPAIS DIFICULDADES OBSERVADAS DURANTE A UTILIZAÇÃO DO BLOG?** Os participantes em sua maioria responderam não haver dificuldades para a utilização do *blog* como ferramenta de estudo e pesquisa. As falas de cada estudante participante da entrevista são apresentadas a seguir.

**Participante E1:** *“Não tive dificuldade, dava para compreender tudo que tinha nele”.*

**Participante E2:** *“Não achei dificuldade. Como era um resumo de cada tópico, todas as informações estavam lá. O texto era objetivo”.*

**Participante E3:** *“Tive dificuldade em localizar determinado assunto dentro blog, exemplo EROs, para depois procurar radicais livres. Também tive dificuldades para acessar o blog”.*

**Participante E4:** *“Não tive nenhuma dificuldade”.*

**Participante E5:** “A dificuldade foi só pra encontrar o endereço do blog e acessar”.

Segundo (SILVA, 2011) destaca, é possível a utilização do *blog* como ferramenta pedagógica em qualquer disciplina. Os professores devem investir tempo e planejamento na utilização de ferramentas digitais, como parte importante de complementação do processo tradicional de ensino, geralmente pautado em aulas expositivas. Ainda de acordo com (MARTINS, 2015) a vantagem da utilização do *blog* é demonstrada pela facilidade de promover atualização constante das informações, além da possibilidade de condução de pesquisas e atividades de ensino investigativo (NUNES, 2015).

Como afirmaram os estudantes em suas respostas, o *blog* é uma ferramenta de fácil utilização, pois, a estrutura é bem intuitiva e a organização das postagens indica uma ordem lógica dos conceitos. Contudo, é importante destacar que uma dificuldade foi observada. Os estudantes podem ter dificuldades de acesso, como por exemplo, encontrar o endereço do blog, por isso, é fundamental que a escolha do título seja objetiva e lógica. O professor pode utilizar um link que dê acesso direto ao *blog*, pode colocar link em alguma rede social ou mesmo escrever o endereço do blog no quadro branco, assim, os estudantes não perdem tempo para encontrar o endereço e começar sua utilização (FERRAZ, 2017). Nesse sentido, cabe ao professor planejar bem todas as etapas de sua aula, evitando o desperdício de tempo e de recursos didáticos. A organização dos assuntos e das postagens em blocos de acordo com o assunto e área do conhecimento pode facilitar a pesquisa dos estudantes, contribui para otimizar o tempo durante as aulas (BNCC, 2017).

A tecnologia facilita muito nossas atividades diárias, dessa forma, compras, entretenimento, transações bancárias, estudo e trabalho podem realizados por meio digital, contudo, alguns problemas que devem ser considerados. A utilização do *blog* em sala de aula, como um exemplo de tecnologia digital pode apresentar dificuldade de acesso em virtude da velocidade da internet, além disso, é fundamental que a escola disponha de rede de internet *WI FI*, isso facilita a conexão dos estudantes e do professor (FERRAZ, 2017).

Outra situação que deve ser considerada pelo professor ao planejar sua sequência didática com a inclusão do momento de utilização do blog é o fato de nem todos terem celular, ou mesmo levarem no dia da aula, dessa forma é interessante que a escola tenha

computadores, como um laboratório de informática ou então tenha tablets para as atividades que envolvem o acesso a internet (ROSSASI et al., 2011).

Com o objetivo de conhecer a percepção dos estudantes sobre a eficácia do *blog* em seu processo de aprendizagem, fez-se a seguinte pergunta: **“VOCÊ CONSIDERA QUE A UTILIZAÇÃO DO BLOG FOI EFICAZ EM SEU PROCESSO DE APRENDIZAGEM?”** As respostas são apresentadas a seguir.

**Participante E1:** *“Sim, porque tive maior aprendizagem no que foi apresentado. Como o blog foi utilizado em casa, fiquei mais a vontade para pesquisar e aprender”.*

**Participante E2:** *“Sim, porque no dia da apresentação do vídeo em sala e aula expositiva eu estava sono e tive algumas dúvidas. Pude achar as respostas no blog”.*

**Participante E3:** *“Sim, pois mesmo que você tenha visto isso com o professor, o blog reforçou o assunto mais fortemente. Facilitou a aprendizagem porque os assuntos estavam reunidos em mesmo lugar”.*

**Participante E4:** *“Sim, porque se fosse só para aprender através de aulas expositivas não aprenderia bem o assunto como aprendi com o blog”.*

**Participante E5:** *“Sim porque lá estavam organizados todos os assuntos. Estava preparado para mostrar os outros os assuntos”.*

Pela análise das respostas, percebe-se que para a maioria dos estudantes entrevistados, o *blog* teve papel central em sua aprendizagem, deve-se considerar que o *blog* foi a única forma de pesquisa sobre a teoria do POS. Os participantes E3 e E5 destacam ainda que uma das vantagens do *blog* é o fato de poderem encontrar todas as informações reunidas em um mesmo lugar. Outra importância apontada pelo participante E2 é a capacidade de manter a concentração durante a utilização do *blog*. Em uma aula expositiva, os estudantes podem estar sonolentos, o que certamente dificulta a aprendizagem.

Para (LEVY, 2007) o professor deve assumir o papel de agente mediador no processo de ensino, e assim, promover uma educação colaborativa. O planejamento do professor deve proporcionar meios de envolver os estudantes em situações desafiadoras e nesse sentido, o *blog* se apresenta como uma ferramenta útil. Segundo (VALENTE, 2005) a aprendizagem deve ser efetiva, relevante e deve ter o estudante como agente ativo no desenvolvimento de seu conhecimento.

De acordo com (RODRIGUES, 2006) o *blog* tem a vantagem de agrupar vários formatos de informação em um mesmo ambiente, nele podem-se ter recursos visuais, audiovisuais e verbais. Essa diversidade de formatos em um mesmo ambiente aumenta o interesse dos estudantes e contribui para melhorar a aprendizagem, como destacado pelo participante E1.

No *blog* científico sobre as espécies que realizam o POS, estão presentes postagens em diferentes formatos, como por exemplo, textos curtos, reportagens, imagens e vídeos animados de curta duração. Todos esses recursos didáticos contribuem para despertar o interesse e a motivação dos estudantes que dessa forma sentem liberdade para escolher o formato que mais lhe agrade (MAROQUIO, 2015).

A utilização do *blog* científico associado a uma sequência didática que favorece o desenvolvimento de uma metodologia de ensino investigativo permite que os estudantes desenvolvam conhecimentos importantes sobre o pensamento científico, o papel da ciência na resolução de problemas que impactam a vidas das pessoas, permite que os estudantes afluam sua criatividade e desenvolva p senso de responsabilidade e protagonismo (FERRAZ, 2017).

As novas metodologias ativas de aprendizagem, certamente contribuem para aumentar o interesse e a participação dos estudantes nos processos de construção do conhecimento. Com o objetivo conhecer a opinião dos estudantes frente a utilização de novas metodologias ativas de ensino, como acontece com a utilização do *blog*, assim foi perguntado aos estudantes como eles avaliavam a importância das novas metodologias ativas de ensino. **QUAL A IMPORTÂNCIA DA UTILIZAÇÃO DE NOVAS METODOLOGIAS ATIVAS DE ENSINO?** As respostas dos estudantes são listadas a seguir.

**Participante E1:** *“Estimula o conhecimento do aluno e vontade de aprender. Como a gente tinha que apresentar para a sala toda e saber que poderiam surgir dúvidas dos colegas, tivemos que saber bem o que estávamos apresentando”.*

**Participante E2:** *“Como é uma aula diferente, estimula o aluno a buscar o conhecimento de um jeito fácil de aprender. O que eu quero aprender vou lá e pesquiso. Todas as dúvidas que eu tive, tinha respostas no blog”.*

**Participante E3:** *“Acho que pelo fato de você ter que pesquisar mais profundamente o assunto para saber explicar por exemplo. Você aprende com mais clareza ao invés de apenas o professor estar explicando e você se distraindo com alguma coisa”.*

**Participante E4:** *“Acho que o aluno entende mais o assunto e tem mais foco”.*

**Participante E5:** *“É importante, mas não toda hora, deve haver aula expositiva também. A aprendizagem melhora, pois o aluno é levado a pesquisar mais sobre o assunto”.*

As respostas dos participantes da entrevista indicam que a utilização de metodologias ativas de ensino possibilita maior de aprendizagem. Os estudantes se sentem mais atraídos, mais motivados, uma metodologia diferente do tradicional, exemplificado por aulas expositivas, desperta o interesse dos estudantes, além de contribuir com o envolvimento no processo de ensino.

De acordo com (VALENTE, 2005) o estímulo ao processo de aprendizagem perpassa pela escolha adequada da metodologia de ensino, de forma que se desperte o interesse do estudante. Ainda de acordo com (MARTINS, 2015) o professor é o maior responsável por despertar o interesse de seus estudantes, por isso, não deve ater-se a metodologias apenas tradicionais de ensino. Os estudantes devem ser conquistados e para isso é fundamental que o professor envolva a tecnologia em suas aulas. Logicamente irá depender de um planejamento adequado que contemple os objetivos educacionais e as especificidades de cada contexto educativo (BNCC, 2017).

Constata-se que o sucesso educacional representado por melhores resultados em avaliações internas e externa depende intimamente da capacitação profissional dos professores e da escolha da melhor metodologia e estratégia de ensino. Infelizmente percebe-

se que muitos professores apenas repetem estratégias construídas no passado e que não condizem com a educação atual. Não dá para exigir atenção plena dos estudantes em todos os momentos da aula. É necessário envolver os estudantes no desenvolvimento de seus conhecimentos de forma colaborativa e ativa.

Não processo de ensino é importante conhecer os estudantes, saber dos objetivos gerais da turma, valorizar as opiniões dos estudantes. Cabe ao professor fazer a mediação entre o que os estudantes esperam durante as aulas e as reais possibilidades de aplicação segundo o planejamento educacional (ZABALA, 1998). O impacto da escolha de uma metodologia de ensino pode ser medido pelo envolvimento dos estudantes, não apenas pelos resultados apresentados nas avaliações.

Na sequência didática aqui apresentada defendemos a ideia de que é importante haver uma conexão entre o ensino tradicional, representado nas duas primeiras aulas da sequência didática, onde o professor apresenta os conteúdos em aulas expositivas e a inserção de metodologias mais modernas, representadas pela utilização do *blog* como ferramenta de pesquisa e do aplicativo Plickers utilizado no processo de avaliação.

Os estudantes são a parte principal do processo de ensino. Todas as atividades pedagógicas devem proporcionar a aquisição de novos conhecimentos, a elaboração de novas experiências, assim é muito importante conhecer as características dos estudantes e suas expectativas, nesse sentido foi perguntado aos estudantes quais sugestões dariam ao professor para melhorar o processo de ensino segundo a perspectiva de cada um. **QUAL SUGESTÃO VOCÊ DARIA A SEU PROFESSOR PARA MELHORAR O PROCESSO DE ENSINO E APRENDIZAGEM?** As respostas de participante da pesquisa são listadas a seguir.

**Participante E1:** *“Eu acho que a utilização de aula invertida e também de dinâmicas, como aulas em que os alunos tenham que fazer experiências. A gente traz o experimento faz e mostra pra sala como funciona”.*

**Participante E2:** *“Eu acho que, por exemplo, um aluno corrigir as respostas para que o aluno sempre queira acertar por que a maioria dos exercícios são feitos apenas por fazer. Como a gente fica o tempo todo no celular, o blog seria uma ferramenta útil, principalmente se tiver vídeo aulas”.*

**Participante E3:** *“Acho que um novo método, como por meio de um esquema de mapa mental, onde o professor inicia-se com uma ideia geral e vai descrevendo detalhes mais simples”.*

**Participante E4** *“Usar mais a internet. Usar animações durante as aulas assim, o aluno tem melhor compreensão”.*

**Participante E5:** *“Realizar aulas de campo e visitas a museus e parques”.*

Nesse sentido, percebe-se que são muitas as sugestões e que as mesmas fogem do modelo tradicional de ensino pautado em aulas expositivas. Para (GADOTTI, 2005) as tecnologias podem criar um novo espaço de conhecimento. O estudante pode acessar novas informações na escola, casa, empresa, na rua, enfim numa variedade de locais e situações. Muitas pessoas estudam durante o trajeto para casa ou trabalho. Segundo (MORAN, 2000) as mudanças na educação dependem também da disposição dos estudantes. Estudantes motivados e curiosos contribuem para despertar em muitos professores o desejo de aprimorarem e dessa forma contribuir para melhorar a qualidade de suas aulas. Ainda de acordo com (MARTINS, 2015) o professor não pode limitar-se a um mero repetidor de conteúdos, deve buscar formação continuada para dar significado aos processos educativos.

As metodologias ativas de ensino utilizam experiências reais ou simuladas, buscam proporcionar maior valoração na resolução de desafios observados no cotidiano e contribuem para a formação de um indivíduo crítico e reflexivo. Dentre as metodologias ativas pode-se destacar o método de aprendizagem que trabalha com situações-problemas, elaboradas previamente pelo professor, com o objetivo de estimular processos cognitivos em relação a um determinado assunto (BERBEL, 2011).

Outra possibilidade destacada pelo estudante E1 é a utilização de aulas invertidas, que contribuem para despertar o protagonismo dos estudantes. Para (MUNHOZ, 2015) a característica dessa metodologia é justamente a possibilidade de inversão do ciclo de aquisição de conteúdos e conseqüentemente de construção de conhecimentos. Os alunos com a mediação do professor tem acesso aos materiais didáticos para estudo em casa, dessa forma o ambiente de sala fica reservado para tirar dúvidas. Há um ganho de produtividade, pois o professor pode atacar diretamente as dúvidas dos alunos. Vários autores descrevem sobre sua experiência com a metodologia de aula invertida, sendo considerados positivos os resultados,

como destacam (SILVA, 2011) e (WILSON, 2013). Contudo, outros autores também apontam problemas negativos relativos à metodologia, como a dependência da tecnologia, não disponível para todos os estudantes.

Dessa forma, as respostas obtidas durante a avaliação formal via Plickers, juntamente com as respostas encontradas na entrevista apontam para uma relação positiva entre o nível de aprendizados dos estudantes e a utilização do *blog*, como metodologia de ensino. Outro ponto importante a ser destacado é o papel significativo do ensino por investigação observado na terceira aula da sequência didática. O estudante ao ser orientado a elaborar e responder 10 questões tendo o *blog* como única ferramenta de pesquisa, assume papel central na construção de seu conhecimento, pode investigar mais detalhes sobre o metabolismo energético e conseqüentemente sobre a teoria do POS (ROSSASI et al., 2011).

A escolha do tema desse trabalho reflete a importância de buscar metodologias ativas de ensino de Biologia, que contribuem para melhorar as práticas pedagógicas nas aulas do Ensino Médio, e assim permitir a abordagem, desenvolvimento e aprofundamento dos diversos conteúdos ministrados nessa etapa da educação básica (BNCC, 2017).

A utilização do *blog* como estratégia ou como ferramenta pedagógica aqui apresentada, constitui uma oportunidade interessante para o desenvolvimento do protagonismo dos alunos de Ensino Médio. O uso de *blogs* na educação básica, especialmente no Brasil, é uma realidade relativamente nova, cerca de 10 a 15 anos, quando se considera a riqueza cultural e a diversidade de metodologias educacionais que refletem a pluralidade de estilos que nossa educação assume, a depender da localidade que se investiga.

O estudo da Bioquímica básica, especificamente do metabolismo energético, a considerar a respiração celular, a fermentação e o processo de fotossíntese é de extrema importância para o Ensino Médio, contudo, é relevante destacar as dificuldades provenientes da complexidade de tais processos biológicos. Nesse sentido, a utilização do *Blog* científico sobre as espécies que realizam o POS se mostrou uma ferramenta eficiente e capaz de despertar o interesse e a participação dos estudantes.

Diante dos resultados obtidos da análise das entrevistas, da participação nas aulas da sequência didática e da avaliação formal via aplicativo Plickers, concluímos que as metodologias ativas, como o *blog*, que exigem que o estudante assuma o papel central na construção e reconstrução do conhecimento, contribuem para aumentar o interesse, a motivação e a participação dos mesmos. Os resultados da avaliação via Plickers corroboram

as respostas apresentadas durante a entrevista, com destaque para a importância da utilização de metodologias diferentes das aulas expositivas teóricas.

O processo de ensino e aprendizagem é complexo e deve ponderar diversas variáveis, que contribuem para facilitar ou dificultar a aprendizagem dos estudantes. Assim, é imperioso destacar que não se trata apenas da simples utilização de metodologias ativas, mas, da análise dos objetivos educacionais, realidade socioeconômica dos estudantes, disponibilidade de recursos tecnológicos e formação técnica do professor, para que, em conformidade com o planejamento escolar, possa escolher metodologias e estratégias mais adequadas para seus estudantes e sua realidade (MOTOKANE, 2015).

Dessa forma, a junção entre aulas expositivas teóricas e a utilização de metodologias ativas, oferece uma combinação adequada para alcançar a maior quantidade possível de estudantes nas turmas geralmente heterogêneas. Assim, não se trata de abandonar uma metodologia em detrimento de outra, mas a conexão entre as metodologias que mostram mais eficazes para cada situação, assim como o respeito à diversidade de estudantes e de formas de aprendizagem (BNCC, 2017).

A escolha pela realização de uma entrevista juntamente com a aplicação de uma avaliação formal com a utilização do aplicativo Plickers, justifica-se pela importância de ratificar a eficiência dos *blogs* nas aulas de Ensino Médio. No trabalho aqui apresentado envolve um tema de difícil compreensão por parte dos estudantes e até mesmo de alguns educadores. A promoção da aprendizagem pode acontecer com a implementação de estratégias simples, acessíveis e com baixo custo, não é aceito o discurso que justifica os baixos resultados de aprendizagem em consequência exclusiva da falta de capital financeiro. O *blog* pode ser gratuito e de fácil utilização, sendo necessário o planejamento coerente e a disponibilidade do professor para enriquecer o processo de ensino.

Em conclusão percebe-se que a escolha do *blog* como ferramenta de ensino, aliada a uma sequência didática que favoreça a exploração máxima das potencialidades pedagógicas permitiu um maior envolvimento dos estudantes, que demonstraram interesse e participação ativa durante as aulas da sequência didática. As respostas da entrevista realizada com os cinco estudantes, juntamente com os resultados obtidos durante a avaliação via aplicativo Plickers corroboram a eficiência da utilização do *blog* inserido na sequência didática proposta no presente estudo.

## 2. PERSPECTIVAS FUTURAS

Nosso estudo demonstrou a importância da escolha de metodologias e estratégias de ensino que favoreçam aos estudantes na busca do protagonismo. O uso do blog inserido na sequência didática permitiu o desenvolvimento de estratégias de ensino investigativo. Futuras pesquisas podem buscar responder questões aqui não detalhadas e que podem envolver a utilização diferente dos *blogs* na educação. Como o *blog* pode ser utilizado em outros assuntos de Biologia e em diferentes contextos educacionais? Quais as dificuldades da utilização de *blog* em turmas muito numerosas, deve se considerar que em nosso projeto a turma apresentava apenas 16 alunos e em uma unidade escolar de boa infraestrutura.

Como os *blogs* podem contribuir para melhorar a leitura e a escrita dos estudantes que, neste caso, poderão ser os responsáveis pela construção e realização das postagens. Em *blogs* interdisciplinares, como os professores podem organizar, gerenciar e otimizar todos os recursos disponíveis com a finalidade obter os melhores resultados pedagógicos. Deve-se levar em consideração a realidade particular em que esse projeto foi desenvolvido para entender os resultados que aqui se mostraram bastante satisfatórios. O presente trabalho pode contribuir com novas pesquisas que consigam responder a esses e a outros questionamentos relacionados à melhoria da qualidade de ensino ao utilizar metodologias ativas, como o *blog* aqui em destaque.

### 3. REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, M. C. M. U. (2009) **Potencialidades do uso do blog em educação**. 207 p. Dissertação (Mestrado em Educação) – Centro de Ciências Sociais Aplicadas, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.
- ARAÚJO, H. (2012). **Projetos de leitura e trabalho colaborativo: concepções e práticas de professores e professores bibliotecários**. (Dissertação de Mestrado em Gestão da Informação e Bibliotecas Escolares). Departamento de educação e ensino a distância, Lisboa, Portugal.
- AZEVEDO, M. C. P. S. (2004) **Ensino por Investigação: Problematizando as Atividades em Sala de Aula**. In: CARVALHO, A.M. P. (Org). Ensino de Ciências – Unindo a Pesquisa e a Prática. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2004, p.19-33.
- AZEVEDO, M. C. P. S. (2006) **Ensino por investigação: problematizando as atividades em sala de aula**. In: Carvalho, A. M. P. (Org.). Ensino de ciências: unindo a pesquisa e a prática. São Paulo: Pioneira Thomson Learning.
- BARRIONUEVO, W, Fernandes M, Rocha O. (2010) **Aerobic and anaerobic metabolism for the zebrafish, *Danio rerio*, reared under normoxic and hypoxic conditions and exposed to acute hypoxia during development**. Braz J Biol 70:425–434.
- BARROW, L. H. (2006) **A Brief History of Inquiry: From Dewey to Standards**. In: Journal of Science Teacher Education, 2006, 17:265–278, Springer.
- BERBEL, Neusi Aparecida Navas. (2011) **As metodologias ativas e a promoção da autonomia de estudantes**. Semina: Ciências Sociais e Humanas, Londrina, v. 32, n. 1.
- BEJARANO, N.R.R. (2013) **As tendências das sequências didáticas de ensino desenvolvidas por professores em formação nas disciplinas de estágio supervisionado das Universidades Federal de Sergipe e Federal da Bahia**. IX Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias, nº extra, p. 942- 1948, Girona.
- BONETTA, L. (2007) **Scientists Enter the Blogosphere**. *Cell* [online], vol. 129, no. 3, pp. 443-445.
- BOEIRA, A. F. (2009) **Blogs na Educação: Blogando algumas possibilidades pedagógicas**. Revista Tecnologias na Educação. a. 1, n.1. dez.2009.
- BNCC, (2017). Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular – BNCC 3ª versão. Brasília, DF.
- CALIL, P. O. (2009) **professor-pesquisador no Ensino de Ciências**. Coleção Metodologia do ensino de biologia e química, v. 2. Curitiba: Editora IBPEX, 2009.
- CARVALHO, A. M. P. (2013) **Ensino de Ciências e a proposição de sequências de ensino investigativas**. In Carvalho, A. M. P. (Org.). Ensino de Ciências por Investigação: condições para implementação em sala de aula. (pp. 1-20). São Paulo: Cengage Learning.

CASEBOURNE, Imogen et al. **Assessing the accuracy and quality of Wikipedia entries compared to popular online encyclopaedias: A comparative preliminary study across disciplines in English, Spanish and Arabic.** Epic. Brig. UK. Accedido 9:2012-2012.

CASTRO, C. M. (2017) **Educação básica: fragilidades, consequências e consertos.** Brasília; Rio de Janeiro: Ipea. (Texto de Apoio ao Projeto Desafios da Nação)

CAVALCANTE, M. M. (2001) **Referenciação: sobre coisas ditas e não ditas.** Fortaleza: UFC.

COTES, P. (2007) **Quer aprender? Crie um blog.** São Paulo: Revista Época, ed. 456, 12 fev.

DEBOER, G. E. (2006) **Historical perspectives on inquiry teaching in schools.** In: **FLICK; LEDREMAN. Scientific inquiry and nature of science. Implications for teaching, learning, and teacher education.** Springer.

FERRAZ, A. T., & Sasseron, L. H. (2017). **Espaço interativo de argumentação colaborativa: condições criadas pelo professor para promover argumentação em aulas investigativas.** Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências, 19, p. 1–25.

FIORIO, R.; ESPERANDIM, R. J.; SILVA, F. A.; VARELA, P. J.; LEITE, M. D.; REINALDO, F. A. F. (2014) **Uma experiência prática da inserção da robótica e seus benefícios como ferramenta educativa em escolas públicas.** In: Simpósio Brasileiro de Informática na Educação. Mato Grosso do Sul - Universidade Federal da Grande Dourados.

GADOTTI, Moacir. (2005) **A questão da educação formal/não-formal.** Droit à l'éducation: solution à tous les problèmes sans solution? Institut International des droits de l'enfant, Sion.

GOMES, N. L. (2005) **Alguns termos e conceitos presentes no debate sobre relações raciais no Brasil: uma breve discussão.** In: **Educação antirracista: Secretaria da Educação Continuada, Alfabetização e Diversidade.** - Brasília: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Continuada, Alfabetização e Diversidade, 2005.

HALLIWELL, B., Gutteridge, J.M.C., (1999). **Free Radicals in Biology and Medicine**, 3rd ed. Clarendon Press, Oxford, UK.

HERMES-LIMA, M., and Storey K. B. (1993) **Antioxidant defenses in the tolerance of freezing and anoxia by garter snakes.** Am. J. Physiol. 265:646–652.

HERMES-LIMA, M., and Storey K. B. (1995) **Antioxidant defenses and metabolic depression in a pulmonate land snail.** Am. J. Physiol. 268:1386–1393.

HERMES-LIMA, M., Storey, J. M., and Storey, K. B. (1998) **Antioxidant defenses and metabolic depression. the hypothesis of preparation for oxidative stress in land snails.** Comp. Biochem. Physiol. B 120:437–448.

HERMES-LIMA, M., Moreira D.C, Rivera-Ingraham G.A, Giraud-Billoud M, Genaro-Matos T.C, Campos É.G. (2015) **“Preparation for Oxidative Stress under Hypoxia and**

**Metabolic Depression: Revisiting the Proposal Two Decades Later**". *Free Radical Biol. & Med.* 89:1122–1143.

IPEA, (2006) INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. **Brasil: o estado de uma nação – mercado de trabalho, emprego e informalidade**. Rio de Janeiro: Ipea, 2006.

ISSARTEL, J. (2009). **High anoxia tolerance in the subterranean salamander *Proteus anguinus* without oxidative stress nor activation of antioxidant defenses during reoxygenation**. *J. Comp. Physiol. B.* 179, 543–551.

KELLY, G. J.; LICONA, P. (in press). **Epistemic practices and science education**, In Matthews, M. (Ed.), *HPS&ST anthology*.

KENSKI, V. M. (2007) **Educação e tecnologias: o novo ritmo da informação**. 7. ed. Campinas, SP: Papirus.

KRAUSE, J. N., O'Neil, K., & Dauenhauer, B. (2017). **Plickers: A formative assessment tool for K–12 and PETE professionals**. *Strategies*, 30 (3), 30–36.

LEITE, B. S.; CARNEIRO, M. B. (2009) **A Web 2.0 como ferramenta de aprendizagem no ensino de Ciências**. In: J. Sánchez: *Nuevas Ideas en Informática Educativa*. Santiago do Chile.

LEVEELAHTI, L., Rytönen, K.T., Renshaw, G.M.C., Nikinmaa, M., (2014). **Revisiting redoxactive antioxidant defenses in response to hypoxic challenge in both hypoxiatolerant and hypoxia-sensitive fish species**. *Fish Physiol. Biochem.* 40.

LÉVY, P. (2007) **Abrir o espaço semântico em prol da inteligência coletiva**. *Revista Eletrônica de Comunicação Informação & Inovação em Saúde*, Rio de Janeiro, v. 1, n. 1, p. 129-140.

LEWIS S. R. (2002) **Patogênese. Classificação e epidemiologia das doenças vasculares cerebrais**. In: Rowland LP; Merrit (ed). *Tratado de Neurologia*. 10ª. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan 2002, p.184-95

MACHADO, V. F., & SASSERON, L. H. (2012). **As perguntas em aulas investigativas de ciências: a construção teórica de categorias**. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 12(2), 29–44.

MALIK, A.I., e K.B. Storey. (2011). **“Transcriptional Regulation of Antioxidant Enzymes by FoxO1 under Dehydration Stress”**. *Gene* 485 (2):114–19.

MANTOVANI, A. M. (2006) **Blogs na educação: construindo novos espaços de autoria na prática pedagógica**. *Revista de Ciências da Informação e da Comunicação*, 28, 7-10.

MARANDINO, M. (2009) **Ensino de biologia: histórias e práticas em diferentes espaços educativos**. São Paulo, SP: Cortez.

MAROQUIO, V.S.; PAIVA, M.A.V.; FONSECA, C.O. (2015) **Sequências Didáticas como Recurso Pedagógico na Formação Continuada de Professores**. ENCONTRO CAPIXABA

DE EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, Anais. Sociedade Brasileira de Educação Matemática – Regional Espírito Santo, Vitória, ES.

MARTINS, S. (2015) **Metodologias ativas de ensino e de aprendizagem no Ensino Superior: uma proposta de formação continuada de professores.** In: XII Congresso Nacional de Educação - EDUCERE. Curitiba-PR: Editora PUCPR. v. XII. p. 18988-18995.

MELLO, S. A. (2010) **A questão do meio na pedologia e suas implicações pedagógicas.** Psicologia USP, São Paulo, v. 21, n. 4.

MORAN, José Manuel. (2000) **Novas tecnologias e mediação pedagógica.** 6. ed. Campinas: Papirus.

MORAN, José Manuel. (2007) **Novas tecnologias e mediação pedagógica.** 12. ed. Campinas, SP: Papirus.

MOREIRA, D.C., L.P.R. Venancio, M.A.C.T. Sabino, e M. Hermes-Lima. (2016) **“How Widespread Is Preparation for Oxidative Stress in the Animal Kingdom?”** Comp. Biochem. Physiol. A 200:64–78.

MOREIRA, D.C. (2017) **Adaptações do metabolismo redox aos extremos ambientais: mecanismo, distribuição e ocorrência do fenômeno de “Preparo para o Estresse Oxidativo”.** 181 f. Tese (Doutorado) – Dep. de Biol. Cel. Univ. de Brasília 181.

MOTOKANE, M.T. (2015) **Sequências didáticas investigativas e argumentação no ensino de ecologia.** Revista Ensaio, Vol.17, n° especial, novembro, 2015.

MUNHOZ, A. S. (2015) **Vamos inverter a sala de aula?** ed 1, Clube de Autores.

NAUSEEF, WM, (2014) **Detection of superoxide anion and hydrogen peroxide production by cellular NADPH oxidases.** Biochem. et Biophys. Acta Inflamm. Prog. and Depart. of Int. Med. 1840:757-767.

NILSSON, GE, Renshaw GMC (2004) **Hypoxic survival strategies in two fishes: extreme anoxia tolerance in the North European crucian carp and natural hypoxic preconditioning in a coral-reef shark.** J. Exp. Biol. 207:3131–3139.

NUNES, T. S., Motokane, M. T. (2015). **Características das hipóteses em sequências didáticas investigativas.** Trabalho apresentado no X Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – Águas de Lindóia, SP, pp.1–8.

OLIVEIRA, R. M. C. de, (2008) **Interfaces colaborativas e Educação: o uso do blog como potencializador do processo de avaliação.** In: Dias, Paulo; Osório, António José. (Org.). Ambientes educativos emergentes. 1 ed. Braga: Universidade do Minho - Centro de Competência.

OLIVEIRA, M. M. (2013) **Sequência didática interativa no processo de formação de professores.** Petrópolis, RJ: Vozes.

OLSVIK, P.A., Kristensen, T., Waagbø, R., Tollefsen, K.E., Rosseland, B.O. (2006). **Effects of hypo- and hyperoxia on transcription levels of five stress genes and the glutathione system in liver of Atlantic cod *Gadus morhua***. J. Exp. Biol.

OSBORNE, J. (2016) **Defining a knowledge base for reasoning in Science: the role of procedural and epistemic knowledge**. In Duschl, R. A., & Bismarck, A.S. (eds.) *Reconceptualizing STEM Education: the central role of practice*. New York: Routledge.

PARRILLA, TDP, Zenteno, ST. (2011) **Antioxidant enzyme activities in Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) in response to environmental hypoxia and reoxygenation**. Aquac. 318:379–383.

PINTO, A. S. S.; BUENO, M. R. P.; SILVA, M. A. F. A.; SELLMAN, M. Z. & KOEHLER, S. M. F. (2012) **Inovação Didática - Projeto de Reflexão e Aplicação de Metodologias Ativas de Aprendizagem no Ensino Superior: uma experiência com “peer instruction”**. Janus, Lorena, ano 6, n. 15.

QUEIROZ, S. L. (2004) **Do fazer ao compreender ciências: reflexões sobre o aprendizado de alunos de iniciação científica em química**. Ciência & Educação, Bauru, v. 10, n. 1.

RANGEL, M. (2006) **Relevância da disciplina bioquímica em diferentes cursos de graduação da UESB, na cidade Jequié**. Rev. Saúde. Com. v.2, n.1, 2006, p. 161-168.

ROSSASI, L. B.; POLINARSKI, C. A.(2011) **Reflexões sobre metodologias para o ensino de biologia: uma perspectiva a partir da prática docente**. Porto Alegre: Lume.

RODRIGUES, Catarina. (2006) **Blogs e a fragmentação do espaço público**. Universidade da Beira Interior. 2006. Portugal. Disponível na Internet em: [www.labcom.ubi.pt](http://www.labcom.ubi.pt).

RIBEIRO, A. C.; SCHONS, C. H. (2008) **A contribuição da Web 2.0 nos sistemas de educação online**. In: 4º Congresso Brasileiro de Sistemas, Uni=FACEF, Franca. São Paulo.

SACRISTÁN, J.G.O. (2000) **Currículo: Uma reflexão sobre a prática**. 3ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2000.

SASSERON, L. H. (2015). **Alfabetização Científica, ensino por investigação e argumentação: relações entre ciências da natureza e escola, Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, 17(no. Especial), p.49–67.

SAUNDERS, M. (2018) **Blogs de comunidade científica: reconhecendo o valor e mensurando o alcance (Artigo)**. In: *Café História – história feita com cliques*. Disponível em: <https://www.cafehistoria.com.br/blogs-comunidade-cientifica/>. Publicado em: 26 Fev. 2018. Acesso: [05/08/2019].

SILVA, V. DE A. (2011) **A aprendizagem colaborativa como método de apropriação do conhecimento químico em sala de aula**. Dissertação - Universidade Federal de Goiás

THOMAS, PM, Pankhurst NW, Bremner HA (1999) **The effect of stress and exercise on post-mortem biochemistry of Atlantic salmon and rainbow trout.** J. Fish Biol. 54:1177–1196.

VALENTE, J.A. (2005) **A Espiral da Espiral de Aprendizagem: o processo de compreensão do papel das tecnologias de informação e comunicação na educação.** Tese (Livre Docência) Departamento de Multimeios, Mídia e Comunicação, Instituto de Artes (IA), Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP).

VOITURON, Y., Servais, S., Romestaing, C., Douki, T., Barré, H., (2006). **Oxidative DNA damage and antioxidant defenses in the European common lizard (*Lacerta vivipara*) in supercooled and frozen states.** Cryobiology 52, 74–82.

WATSON, F. Road. (2004) **Student's discutions in practical scientific inquiries.** In: International Journal Science education. January, vol, 26. no 1, 25-45.

WILSON, S. G. (2013) **The Flipped Class: A Method to Address the Challenges of an Undergraduate Statistics Course.** Teaching of Psychology, v. 40, n. 3.

YOUNG, K.M., Cramp, R.L., Franklin, C.E., (2017). **Each to their own: skeletal muscles of different function use different biochemical strategies during aestivation at high temperature.** J. Exp. Biol. 216, 1012–1024.

ZABALA, A. (1998) **A Prática educativa: como ensinar.** Porto Alegre: Artes Médicas Sul, 1998.

ZHANG, W, Cao ZD, Peng JL, Chen BJ, Fu SJ (2010) **The effects of dissolved oxygen level on the metabolic interaction between digestion and locomotion in juvenile southern catfish (*Silurus meridionalis* Chen).** Comp. Biochem. Physiol. A Mol. Integ. Physiol. 157:212–219.

ZHANG, Y., Liang, S., He, J., Bai, Y., Niu, Y., Tang, X., Li, D., Chen, Q., (2015). **Oxidative stress and antioxidant status in a lizard *Phrynocephalus vlangalii* at different altitudes or acclimated to hypoxia.** Comp. Biochem. Physiol. A 190, 9–14.

## ANEXO A - SEQUÊNCIA DIDÁTICA



Universidade de Brasília

### SEQUÊNCIA DIDÁTICA

#### **OBJETIVO**

Testar a eficiência da utilização das páginas do *Blog* <https://estresseoxidativo-pos.blogspot.com/> em aulas da primeira série 01 de Ensino Médio da Escola SESI Crixás-GO. O *Blog* retrata as espécies de vertebrados que se enquadram na Teoria do Preparo para o Estresse Oxidativo (POS). Apresentando as adaptações bioquímicas, moleculares e comportamentais das espécies submetidas a situações que geram estresse oxidativo. A turma é constituída de 16 alunos regularmente matriculados no turno matutino e com idade média de 16 anos.

#### **METODOLOGIA**

##### **Aula 01 e 02**

Aula expositiva teórica sobre os conceitos gerais envolvidos na adaptação animal, estresse oxidativo, antioxidantes, radicais livres, hibernação, congelamento, hipóxia, desidratação e teoria do POS. Cada aula teve duração de 50 minutos, onde foram utilizados diversos recursos, como imagens, vídeos e textos, além da realização de um momento de debate ao final de cada aula. Essas aulas foram importantes, pois permitiram que os estudantes pudessem conhecer com maior riqueza de detalhes a teoria do POS.

##### **Aula 03**

Aula de pesquisa ativa utilizando o *Blog* <https://estresseoxidativo-pos.blogspot.com/> com duração de 50 minutos, realizada em sala de aula. Os alunos utilizando os tablets da escola

foram convidados a explorar todas as possibilidades do blog, como textos, vídeos e jogos. Durante a aula, os alunos em dupla iniciaram a elaboração de oito perguntas sobre os conceitos biológicos apresentados no *Blog* e duas perguntas sobre a estrutura do *blog* e a metodologia de ensino empregada. Os alunos foram orientados a realizar nova pesquisa em casa utilizando o *Blog*, como ferramenta principal de pesquisa. Com mais tempo para terminar a elaboração das perguntas e as possíveis respostas que seriam apresentadas nas próximas aulas.

#### **Aula 04 e 05**

Também com duração de 50 minutos cada aula e realizada em sala de aula, as duplas apresentaram as 10 questões e suas respectivas respostas. Após as apresentações de cada dupla aconteceu um momento de análise das respostas com a participação de todos. Nesse momento, discutimos as respostas apresentadas pelos alunos e apresentamos outras possibilidades de respostas. Ao final da quinta aula, foi proposto aos alunos que elaborassem uma hipótese sobre a importância das adaptações que os animais que vivem em ambientes extremos.

#### **Aula 06**

Momento de avaliação da aprendizagem realizada por intermédio do aplicativo Plickers. Nessa aula foi realizada a avaliação formal, as perguntas foram projetadas no quadro branco e os alunos usando placas personalizadas responderam individualmente as perguntas. O aplicativo gera um arquivo com as respostas escolhidas pelos alunos individualmente, além dos resultados gerais da turma. A avaliação foi constituída de 20 perguntas. Para a realização da avaliação foi necessário os cartões de respostas do Plickers, o celular do professor, o notebook e o data show para projetar as perguntas no quadro branco.

#### ***RECURSOS DIDÁTICOS***

- ✓ Quadro Branco
- ✓ Pincéis
- ✓ Data show
- ✓ Tablets
- ✓ Aplicativo Plickers

- ✓ *Blog* <https://estresseoxidativo-pos.blogspot.com/>
- ✓ Folhas A4

### ***AValiação***

O processo avaliativo ocorreu de forma ampla, contemplando aspectos qualitativos e quantitativos. Foi considerada a observação do professor sobre a participação dos estudantes em todas as aulas, a qualidade das perguntas e respostas durante as aulas quatro e cinco e as respostas obtidas na avaliação utilizando o aplicativo Plickers.

### ***REFERÊNCIAS***

MOREIRA, D.C., L.P.R. Venancio, M.A.C.T. Sabino, e M. Hermes-Lima. (2016) **“How Widespread Is Preparation for Oxidative Stress in the Animal Kingdom?”** *Comp. Biochem. Physiol. A* 200:64–78.

MOREIRA, D.C. (2017) **Adaptações do metabolismo redox aos extremos ambientais: mecanismo, distribuição e ocorrência do fenômeno de “Preparo para o Estresse Oxidativo”**. 181 f. Tese (Doutorado) – Dep. de Biol. Cel. Univ. de Brasília 181.

## ANEXO B – TERMO DE AUTORIZAÇÃO INSTITUCIONAL



*Iniciativa da FIEG - Federação  
das Indústrias do Estado de Goiás*

**ESCOLA SESI CRIXÁS**

sesi.crixas@sistemafieg.org.br – 62 -3365-1295

R. A, 400-462 - Vila São João, Crixás - GO, 76510-000.

### TERMO DE AUTORIZAÇÃO INSTITUCIONAL

Estamos cientes da intenção da realização do projeto intitulado “Abordagem para o Ensino de Biologia: Introdução ao fenômeno do Preparo para o Estresse Oxidativo em Vertebrados” desenvolvida pelo aluno Cássio Moreira Santos do Curso de Mestrado Profissional em Ensino de Biologia – PROFBIO da Universidade de Brasília - UnB, sob a orientação da professora Élide Geralda Campos. Crixás, 01/03/2019

---

Assinatura e carimbo do responsável institucional

## ANEXO C – RESULTADO DAS 20 PERGUNTAS FORNECIDO PELO APLICATIVO PLICKERS

### RESULTADO DA AVALIAÇÃO PLICKERS 1ª SÉRIE 01

<p>1. Qual organela celular é responsável pela realização da respiração celular? <b>76%</b></p> <p>A Cloroplasto            B Mitocôndria            C Reticulo Endoplasmático            D Núcleo</p>	<p>2. Qual a função do gás oxigênio durante a respiração celular? <b>59%</b></p> <p>A Transportador de energia química por meio do NAD e FAD.            B Transforma-se em gás carbônico.            C Transforma-se em moléculas de glicose.            D Aceptor final de elétrons na cadeia transportadora de elétrons, originando moléculas de água.</p>	<p>3. A hipóxia pode ser definida como... <b>94%</b></p> <p>A uma situação de elevada concentração de gás oxigênio em um determinado ambiente.            B uma situação de baixa disponibilidade de gás oxigênio em um determinado ambiente.            C uma situação de baixa atividade metabólica, conhecida como hipometabolismo.            D uma situação de elevada atividade metabólica.</p>
<p>4. Qual a função desempenhada pelas moléculas de adenosina trifosfato (ATP)? <b>76%</b></p> <p>A Fornecer energia as células.            B Fornecer átomos de fósforo as células.            C Formar moléculas de glicose.            D Oxidar moléculas de gás oxigênio.</p>	<p>5. Qual molécula é obtida durante a fase denominada glicólise? <b>35%</b></p> <p>A Glicose            B Gás oxigênio.            C Ácido Pirúvico.            D Gás carbônico.</p>	

<p>6. Os radicais livres são tóxicos ao organismos e por isso devem ser eliminados totalmente? <b>81%</b></p> <p>A True            B False</p>	<p>7. O que acontece com o gás carbônico produzido durante a respiração celular? <b>63%</b></p> <p>A eliminado para a atmosfera pela expiração.            B convertidos em moléculas de glicose.            C transformado em moléculas de gás oxigênio.            D armazenado dentro do reticulo endoplasmático.</p>	<p>8. O gás oxigênio participa diretamente de qual etapa da respiração celular? <b>75%</b></p> <p>A Glicólise.            B Ciclo de Krebs.            C Cadeia transportadora de elétrons.            D Etapa fotoquímica.</p>
<p>9. A cadeia transportadora de elétrons (CTE) ocorre... <b>25%</b></p> <p>A no estroma dos cloroplastos.            B na matriz mitocondrial.            C no citosol            D nas cristas mitocondriais.</p>	<p>10. O NAD e o FAD são... <b>44%</b></p> <p>A moléculas transportadoras de elétrons e hidrogênios.            B moléculas transportadoras do gás carbônico.            C moléculas transportadoras de gás oxigênio.            D moléculas transportadoras de glicose.</p>	

<p>O que são espécies reativas de oxigênio? <b>63%</b></p> <p>A moléculas de apresentam átomos de oxigênio e elétrons desemparelhados.</p> <p>B moléculas que apresentam conjuntamente átomos de oxigênio e de carbono.</p> <p>C moléculas que formam o gás oxigênio.</p> <p>D moléculas que eliminam o gás oxigênio.</p>	<p>12. Quais são as moléculas responsáveis por eliminar o excesso de EROs nos seres vivos? <b>63%</b></p> <p>A Radicais livres.</p> <p>B Enzimas Antioxidantes.</p> <p>C Gás carbônico.</p> <p>D Gás oxigênio.</p>	<p>13. O que é Preparo para o Estresse Oxidativo (POS)? <b>75%</b></p> <p>A Elevação das defesas antioxidantes em situações de exposição ao estresse oxidativo.</p> <p>B Diminuição das defesas antioxidantes em situações de exposição ao estresse oxidativo.</p> <p>C Elevação do nível de proteínas e de ácidos nucleicos.</p> <p>D Diminuição na produção de enzimas antioxidantes.</p>
<p>14. A maior produção de ATP ocorre... <b>56%</b></p> <p>A durante a etapa fotoquímica.</p> <p>B durante a glicólise.</p> <p>C durante o ciclo de Krebs.</p> <p>D durante a cadeia transportadora de elétrons.</p>	<p>15. A fermentação alcoólica é um processo mais vantajoso energeticamente em relação à respiração celular? <b>81%</b></p> <p>A True</p> <p>B False</p>	
<p>Em quais situações podemos observar o estresse oxidativo? <b>75%</b></p> <p>A Quando houver apenas antioxidantes.</p> <p>B Quando houver baixa concentração de radicais livres.</p> <p>C Quando houver mais radicais livres que antioxidantes.</p> <p>D Quando houver um equilíbrio entre os radicais livres e os antioxidantes.</p>	<p>As espécies classificadas como POS-Positivas de acordo com o critério 2 devem apresentar <b>81%</b></p> <p>A todas as enzimas antioxidantes em elevada concentração.</p> <p>B as enzimas antioxidantes com atividades elevadas.</p> <p>C diminuição da atividade superior a 25% de ao menos uma enzima antioxidante.</p> <p>D obrigatoriamente uma enzima antioxidante com aumento superior a 50%.</p>	<p>São condições naturais que provocam estresse oxidativo, exceto <b>56%</b></p> <p>A normóxia</p> <p>B anóxia</p> <p>C estivação.</p> <p>D hipóxia</p>
<p>A desidratação severa é uma situação que provoca estresse oxidativo? <b>100%</b></p> <p>A True</p> <p>B False</p>	<p>Alguns seres vivos podem obter energia (ATP), mesmo sem a participação do gás oxigênio, como acontece na fermentação. <b>88%</b></p> <p>A True</p> <p>B False</p>	

- ✓ A turma constituída de 16 alunos.
- ✓ Todos os alunos participaram da avaliação.
- ✓ São 20 perguntas organizadas em 4 grupos com 5 perguntas cada.
- ✓ A porcentagem de acerto está representada no canto superior direito de cada questão.
- ✓ O aplicativo coloca cores diferentes para cada porcentagem de acertos.
  - Tons vermelho para baixas porcentagens de acertos.
- ✓ Tons verde para altas porcentagens de acertos.