

Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física
Sociedade Brasileira de Física
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense

PRODUTO EDUCACIONAL

Sequência de Ensino Investigativa interdisciplinar sobre fotossíntese

Ana Laura Loureiro Martins Nascimento

Orientador: Dr. Pierre Augé

APRESENTAÇÃO

Caro(a) educador(a),

Este material didático foi preparado como uma Sequência de Ensino Investigativa (SEI), com o objetivo de facilitar o aprendizado de Ciências de alunos do 3º ano do ensino médio. A temática principal desta SEI é o estudo da fotossíntese. A SEI aqui desenvolvida está dividida em sete fases que seguem as etapas propostas por Carvalho e colaboradores (2013): o problema, a sistematização do conhecimento, a contextualização social do conhecimento e a atividade de avaliação.

A SEI possui 13 atividades investigativas que se fundamentam nas ideias defendidas pela Teoria da Aprendizagem Significativa (TASC) de David Ausubel, isto é, buscam verificar as concepções prévias do aluno e viabilizar a diferenciação progressiva e a reconciliação integradora dos conceitos, bem como promover uma aprendizagem significativa.

As atividades propostas fazem uso de diversos recursos, tais como: experimentos, simulador, vídeo, jogo e mapa conceitual. Além disso, valorizam a interdisciplinaridade e a contextualização social. Assim, a SEI pode ser aplicada tanto em sala de aula, quanto em ambientes não formais.

Espero que a SEI possa propiciar momentos de aprendizado para você e seu aluno. Bom trabalho!

Ana Laura L. Martins Nascimento

SUMÁRIO

AS SEQUÊNCIAS DE ENSINO INVESTIGATIVAS.....	3
ROTEIRO DO PROFESSOR	4
GABARITO	6
FASE 1: PROBLEMATIZAÇÃO INICIAL	9
FASE 2: COMPOSIÇÃO DA LUZ.....	12
FASE 3: OS PIGMENTOS FOTOSSINTETIZANTES	20
FASE 4: A ENERGIA DA FOTOSSÍNTESE	28
FASE 5: A QUÍMICA DA FOTOSSÍNTESE	37
FASE 6: FOTOSSÍNTESE E SERES VIVOS	44
FASE 7: FOTOSSÍNTESE	46
APÊNDICE I – Tutorial Simulador PhET.....	50
APÊNDICE II – Mapa Conceitual.....	53
APÊNDICE III – Ficha para imprimir com os elementos da equação do jogo	55

AS SEQUÊNCIAS DE ENSINO INVESTIGATIVAS¹

O que são as Sequências de Ensino Investigativas?

As Sequências de Ensino Investigativas (SEI) buscam facilitar a compreensão dos conceitos científicos por meio da realização de atividades investigativas em sala de aula. Para Carvalho e colaboradores (2013), a SEI proporciona aos alunos momentos para questionamentos, diálogos, testes de hipóteses, criação de argumentos, trocas de informações e sistematização de ideias.

As atividades da SEI partem de um problema inicial contextualizado, almejando instigar o interesse dos estudantes na procura de uma solução. Tal problema inicial pode ser proposto por meio de atividades experimentais ou não experimentais (reportagens, vídeos, textos).

Etapas da SEI

Carvalho e colaboradores (2013) definem 4 etapas principais para seu desenvolvimento: o problema, a sistematização do conteúdo, a contextualização social e a atividade de avaliação.

O problema

- O problema inicial de uma SEI pode ser experimental, não experimental, demonstração investigativa, problema aberto ou leitura investigativa. O ideal é conter questionamentos e envolver o estudante no tema que será abordado. O problema inicial também busca diagnosticar as concepções prévias dos alunos acerca do tema. Nesta etapa, a função do professor é mediar e questionar.

Sistematização do conteúdo

- Os conteúdos devem ser organizados para que haja a total compreensão do tema e do problema apresentado, buscando ampliar o diálogo entre os estudantes e introduzindo a visão científica.

Contextualização social

- Esta etapa almeja que os estudantes relacionem o problema investigado com o problema social (ou tecnológico), isto é, deseja-se que os estudantes consigam articular a conceituação científica com situações reais do cotidiano.

Avaliação

- Além das atividades formais de avaliação devem ser reavaliados os conteúdos processuais e atitudinais dos estudantes por meio de observações das ações e dos resultados obtidos tanto individualmente quanto em grupo.

¹ CARVALHO, Anna Maria Pessoa de et al. Ensino de Ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula. In: Anna Maria Pessoa de Carvalho (org.). São Paulo: Cengage Learning, 2013. p. 01-21.

ROTEIRO DO PROFESSOR

A seguir será apresentada uma síntese das etapas da SEI, evidenciando cada atividade investigativa, bem como tempo estimado e sugestões de aplicação.

Fase 1: Problematização inicial

1ª atividade investigativa: questionário inicial

Tempo estimado: 50 minutos.

Sugestão de aplicação: individual e sem consulta, de forma escrita (impressa ou pelo *Google* formulário).

2ª atividade investigativa: problema inicial

Tempo estimado: 50 minutos.

Sugestão de aplicação: dividir a turma em grupos para a leitura de trechos de reportagens que citam desastres ambientais. Gerar questionamentos e diálogos entre os estudantes.

Fase 2: Composição da luz

3ª atividade investigativa: experimento/questões

Tempo estimado: 50 minutos.

Sugestão de aplicação: dividir a turma em equipes e apresentar a situação-problema inicial. Distribuir o material do experimento e mediar as atividades, propondo questionamentos e debates entre os alunos. Exercícios em grupo e sem consulta.

4ª atividade investigativa: aula teórica dialogada/questões

Tempo estimado: 100 minutos.

Sugestão de aplicação: apresentação de conteúdo com o uso de quadro branco ou slides. Resolução de exercícios individual e sem consulta, de forma escrita (impressa ou pelo *Google* formulário).

Fase 3: Pigmentos fotossintetizantes

5ª atividade investigativa: experimento/questões

Tempo estimado: 50 minutos.

Sugestão de aplicação: dividir a turma em equipes e apresentar a situação-problema inicial. Distribuir o material do experimento e mediar as atividades, propondo questionamentos e debates entre os alunos. Exercícios em grupo e sem consulta.

6ª atividade investigativa: aula teórica dialogada/questões

Tempo estimado: 100 minutos.

Sugestão de aplicação: apresentação de conteúdo com o uso de quadro branco ou slides. Resolução de exercícios individual e sem consulta, de forma escrita (impressa ou pelo *Google* formulário).

Fase 4: A energia da fotossíntese

7ª atividade investigativa: aula teórica dialogada/questões

Tempo estimado: 100 minutos.

Sugestão de aplicação: apresentação de conteúdo com o uso de quadro branco ou slides. Exercícios: individual e sem consulta, de forma escrita (impressa ou pelo *Google* formulário).

8ª atividade investigativa: simulador/questões

Tempo estimado: 50 minutos.

Sugestão de aplicação: dividir a turma em equipes e propor a utilização do simulador *Phet*: Formas de energia e transformações². Nesta atividade, o docente deve propor questionamentos e debates entre os alunos, contextualizando com o cotidiano dos estudantes. Exercícios em grupos, de forma escrita (impressa ou pelo *Google* formulário).

Fase 5: A química da fotossíntese

9ª atividade investigativa: vídeo/questões

Tempo estimado: 50 minutos.

Sugestão de aplicação: apresentar o vídeo “Fotossíntese” para a turma. Exercícios: individual e sem consulta, de forma escrita (impressa ou pelo *Google* formulário).

10ª atividade investigativa: aula teórica dialogada/questões

Tempo estimado: 100 minutos.

Sugestão de aplicação: apresentação de conteúdo com o uso de quadro branco ou slides. Exercícios: individual e sem consulta, de forma escrita (impressa ou pelo *Google* formulário).

Fase 6: Fotossíntese e seres vivos

11ª atividade investigativa: aula teórica dialogada/questões

Tempo estimado: 100 minutos.

Sugestão de aplicação: apresentação de conteúdo com o uso de quadro branco ou slides. Exercícios: individual e sem consulta, de forma escrita (impressa ou pelo *Google* formulário).

² O Apêndice I deste material é um tutorial sobre o *Phet*.

Fase 7: Fotossíntese

12ª atividade investigativa: jogo

Tempo estimado: 50 minutos.

Sugestão de aplicação: Explicar as regras do jogo, distribuir o material e dividir os alunos em equipes para realizá-lo.

13ª atividade investigativa: avaliação final/mapa conceitual

Tempo estimado: 100 minutos.

Sugestão de aplicação: avaliação final individual e sem consulta, de forma escrita (impressa ou pelo *Google* formulário). Fazer uma breve explicação de como elaborar o mapa conceitual³ citando exemplos. Elaboração do mapa conceitual individual e sem consulta.

GABARITO**Fase 2: Composição da luz**

3ª atividade investigativa: experimento/questões

1- Discursiva; 2- Discursiva.

Fase 3: Pigmentos fotossintetizantes

5ª atividade investigativa: experimento/questões

1- Discursiva; 2- Discursiva.

6ª atividade investigativa: aula teórica dialogada/questões

1- Discursiva; 2- letra e; 3- Discursiva; 4- letra d; 5- letra e.

Fase 4: A energia da fotossíntese

7ª atividade investigativa: aula teórica dialogada/questões

1- Discursiva; 2- letra e; 3- Discursiva.

8ª atividade investigativa: simulador/questões

1- Discursiva; 2- Discursiva; 3- letra a.

Fase 5: A química da fotossíntese

9ª atividade investigativa: vídeo/questões

³ O Apêndice II deste material apresenta uma síntese sobre o mapa conceitual.

1- Letra b; 2- letra b; 3- letra c; 4- letra e.

10ª atividade investigativa: aula teórica dialogada/questões

1- letra b; 2- letra a; 3- letra b; 4- letra a; 5- letra b.

Fase 6: Fotossíntese e seres vivos

11ª atividade investigativa: aula teórica dialogada/questões

1- Discursiva; 2- Discursiva.

Fase 7: Fotossíntese

13ª atividade investigativa: avaliação final/mapa conceitual

1- letra a; 2- letra d; 3- letra a; 4- letra a; 5- F, V, V, F.



MATERIAL DO ALUNO

ANA LAURA MARTINS
PIERRE AUGÉ
2021

FASE 1: PROBLEMATIZAÇÃO INICIAL

PRIMEIRA ATIVIDADE INVESTIGATIVA – questionário inicial

Iniciaremos nossas atividades com um questionário introdutório para verificarmos os seus conhecimentos sobre fotossíntese. Nosso objetivo não é averiguar quem sabe mais ou menos, mas iniciarmos nosso estudo sobre o tema. Podem escrever bastante, mesmo que haja dúvidas, não tem problema. O que vale agora é anotar todas as ideias que surgirem. Mãos à obra!

Questões

1- O que é fotossíntese?

2- Onde você acha que a fotossíntese está presente no seu cotidiano?

3- Como você acha que ocorre o processo de fotossíntese?

4- Marque os componentes importantes para o processo de fotossíntese ocorrer:

() Água

() Luz

() Terra

() Oxigênio

() Gás Carbônico

() Clorofila

5- Indique os produtos obtidos pela fotossíntese nesse processo:

- () Água () Luz () Terra
() Oxigênio () Gás Carbônico () Glicose

6- Construa uma FRASE que resuma o fenômeno da fotossíntese usando todas as palavras marcadas nos itens 4 e 5.

7- Marque V (para verdadeiro) e F (para falso) nas afirmações abaixo:

- () A fotossíntese apenas depende da luz, que é composta por diferentes comprimentos de onda.
() Clorofila e pigmentos acessórios são estruturas químicas capazes de captar a energia luminosa.
() Os seres autotróficos, pelo processo da fotossíntese, são capazes de transformar energia física da luz em energia química nos carboidratos (glicose).
() O oxigênio, produto da fotossíntese, é derivado do gás carbônico.

8- Como seria sua vida sem a fotossíntese?

SEGUNDA ATIVIDADE INVESTIGATIVA – problema inicial

A imagem (Figura 1) e os trechos destacados a seguir tratam sobre o desastre ambiental que ocorreu no ano de 2019 devido ao vazamento de óleo no litoral brasileiro.

Figura 1 – Título da reportagem sobre o desastre ambiental.



Fonte: <<https://g1.globo.com/natureza/desastre-ambiental-petroleo-praias/noticia/2019/12/07/mais-de-900-localidades-foram-atingidas-por-manchas-de-oleo-no-litoral-brasileiro-diz-ibama.ghtml>>.

“Um a um, desde o final de agosto, os nove estados da Região Nordeste tiveram as areias de suas praias atingidas por manchas de óleo. Diversas localidades, entre elas importantes destinos turísticos, foram interditadas para limpeza, em um esforço que concentra cada vez mais órgãos do poder público.” (<https://oglobo.globo.com/sociedade/>).

“No Rio de Janeiro, fragmentos de óleo chegaram à Praia de Grussaí, em São João da Barra, no dia 22 de novembro. Análises já confirmaram que se trata do mesmo material que polui as praias do Nordeste.” (<https://g1.globo.com/natureza/noticia/2019/12/14/mais-de-100-dias-apos-a-primeira-mancha-surgir-942-pontos-do-litoral-ja-foram-atingidos-pelo-oleo.ghtml>).

Questão

Além da intoxicação e morte dos animais marinhos, quais são as principais consequências que o óleo na superfície e/ou aumento da temperatura dos oceanos podem causar nos ecossistemas marinhos?

FASE 2: COMPOSIÇÃO DA LUZ

Durante o processo da fotossíntese os seres autótrofos (plantas, algas, cianobactérias) convertem energia solar (luminosa) em energia química utilizável. Os produtos da fotossíntese, carboidratos formados a partir do gás carbônico (CO_2) e água (H_2O), são importantes para os seres vivos por duas razões: são fonte de energia para os seres autótrofos; podem ser modificados de várias formas para compor diversos tipos moleculares importantes biologicamente como proteínas e lipídeos.

Assim, a fotossíntese é um processo primordial para a manutenção da vida na Terra. Como esse processo depende diretamente de uma fonte luminosa, parece apropriado começar nossos estudos pela natureza da luz.

TERCEIRA ATIVIDADE INVESTIGATIVA - experimento/questões

A imagem exposta na figura 2 é bem conhecida pelo mundo inteiro por ser a capa do CD “The dark side of the moon” da Banda Pink Floyd. Se a analisarmos iremos notar que um feixe de luz branca ao passar pelo prisma, figura geométrica, se dispersa formando novas cores. Mas, como e por que isso ocorre? Vamos descobrir?

Figura 2 – Capa do CD “The dark side of the moon” da Banda Pink Floyd.



Fonte: <<https://br.pinterest.com/pin/357895501607586777/>Acesso em: julho de 2017>.

A turma será dividida em quatro grupos e serão feitos os experimentos descritos em seguida. Também temos algumas questões para serem respondidas.

G1 = Experimento “Arco-íris caseiro com vela”	G2 = Experimento “Arco-íris caseiro com led”
G3 = Experimento “Arco-íris caseiro com lâmpada incandescente”	G4 = Experimento “Arco-íris caseiro com lâmpada fluorescente”

LINK PARA OS EXPERIMENTOS:

www.manualdomundo.com.br/2013/12/com-fazer-arco-iris-caseiro-com-dvd/

Roteiro dos experimentos

- Objetivo:

Observar as cores que formam a luz emitida por diferentes fontes luminosas.

- Materiais:

DVD, fita adesiva preta, tesoura e fontes luminosas (vela, led, lâmpada incandescente e lâmpada fluorescente).

- Procedimentos:

- Faça um pequeno corte na borda do DVD com a ajuda de uma tesoura.
- Separe o DVD ao meio. A parte que será usada é a inferior, onde não está escrito nada.
- Se sobrar um pouco daquela tinta refletiva, você pode tirá-la com a ajuda de uma fita adesiva (Figura 3). Tome cuidado para não retirar a parte roxa do DVD.

Figura 3 – Esquema do experimento.



Fonte: <<http://www.manualdomundo.com.br/2013/12/como-fazer-arco-iris-caseiro-com-dvd/>>.

- d. Cobrir o buraco central do DVD com algo opaco, como uma fita adesiva preta, como mostra a figura 4.

Figura 4 – Esquema do experimento.



Fonte: <<http://www.manualdomundo.com.br/2013/12/como-fazer-arco-iris-caseiro-com-dvd/>>.

- e. Agora basta apagar a luz do ambiente e colocar o DVD na frente de uma das fontes luminosas.

Questões

1- Em grupo, faça um resumo do que foi observado no experimento, citando como as cores do arco-íris são formadas, explicando como ocorre esse fenômeno e, em seguida, compartilhe o seu resultado obtido com os demais grupos, evidenciando as semelhanças e as diferenças encontradas.

2- Qual é a relação entre a imagem da capa do CD “The dark side of the moon” da Banda Pink Floyd com os experimentos realizados?

QUARTA ATIVIDADE INVESTIGATIVA – aula teórica dialogada/questões

INTRODUÇÃO À ÓPTICA GEOMÉTRICA⁴

Natureza da luz

Antigamente, muitos filósofos gregos, como Platão (428-348 a.C.), acreditavam que os olhos emitiam pequenas partículas que incidiam nos objetos, tornando-os visíveis. No entanto, essa concepção não foi muito bem aceita por alguns físicos como Isaac Newton (1642-1727), Christian Huygens (1629-1695), Tomas Young (1773-1829), e logo procuraram modificá-la.

Em 1704, Newton publicou uma obra denominada *Opticks*, onde defendia que a luz era constituída por um conjunto de corpúsculos materiais em movimento, que independiam da visão. Huygens sugeriu que os fenômenos de propagação da luz seriam mais bem explicados se a luz fosse considerada uma onda. Para Newton, o corpo envia essas partículas para os nossos olhos, por isso, enxergamos.

Essa teoria de Newton, denominada teoria corpuscular da luz, pode ser usada até hoje para explicar diversos fenômenos. No entanto, alguns fenômenos não puderam ser explicados por essa teoria. Até que o inglês Tomas Young demonstrou que quando a luz atravessava fendas estreitas, experimento da dupla fenda, comportava-se como onda e não como partícula. Assim, a teoria proposta por Newton foi perdendo o prestígio, sendo substituída pela teoria ondulatória da luz.

Foi Albert Einstein (1879-1955) que, ao explicar o efeito fotoelétrico em 1905, propôs que a luz é composta de “pacotes” de energia chamados “fótons”. Atualmente, sabemos que a luz apresenta uma característica dual, isto é, em determinadas situações se comporta como onda e em outras, como partícula.

Conceitos iniciais

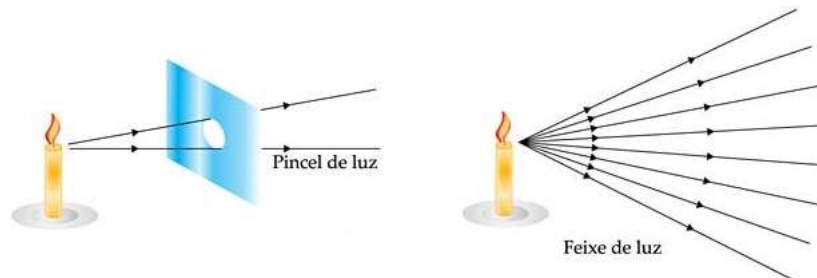
Para entender os princípios da óptica geométrica e seus fenômenos é necessário conhecer alguns conceitos:

- A luz é uma **onda eletromagnética** e a sua velocidade no vácuo é de aproximadamente $3,0 \times 10^8$ km/s.

⁴ Baseado em: OLIVEIRA, N. F. de. *Óptica*. Sistema COC de Ensino: Ribeirão Preto, 2018.

- **Raios de luz:** são linhas que representam a direção e o sentido da propagação da luz.
- **Feixe de luz:** é o conjunto de raios luminosos provenientes de uma fonte, cuja abertura entre os raios é relativamente grande (Figura 5).
- **Pincel de luz:** é o conjunto de raios luminosos cuja abertura entre os raios é relativamente pequena (Figura 5).

Figura 5 – Exemplos de pincel de luz e feixe de luz.



Fonte: <<https://ensinodematematica.blogspot.com/2011/01/optica.html>>.

A cor da luz

A cor sempre inspirou pintores, poetas e físicos. Entretanto, os físicos não gostavam de apenas apreciar os belos fenômenos coloridos, eles buscavam entendê-los.

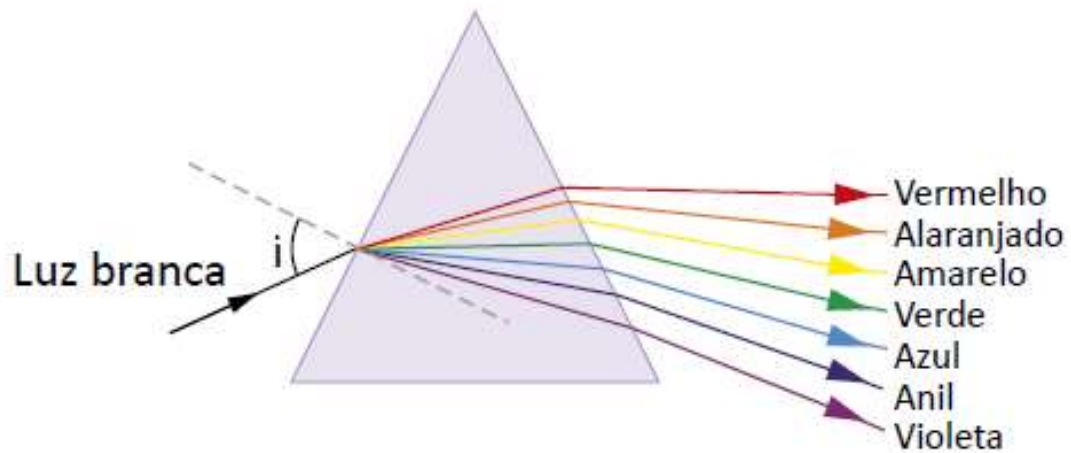
Ao estudar a natureza da luz (Figura 6), Newton percebeu que nas bordas das imagens sempre apareciam manchas coloridas. Buscando entender melhor esse fenômeno ele escureceu a sala, deixando passar apenas um pequeno feixe de luz do sol (aproximadamente branca) por um buraco na janela. Em seguida, colocou um prisma triangular no caminho da luz e observou que a luz se separava nas cores do arco-íris, como mostra a figura 7. Esse fenômeno ficou conhecido como **dispersão luminosa**. Ao colocar outro prisma, ele observou que as cores podiam ser recombinadas, formando novamente a cor branca.

Figura 6 – Newton estudando a luz.



Fonte: <<https://www.coladaweb.com/fisica/optica/cor-da-luz>>.

Figura 7 – Dispersão luminosa.



Fonte: <<https://www.coladaweb.com/fisica/optica/cor-da-luz>>.

Como Newton acreditava na natureza corpuscular da luz, ele explicou que cada cor era composta de partículas de tamanhos diferentes e que todas as partículas, viajando juntas, formariam a cor branca. Ao passarem do ar para o vidro, as partículas, por terem tamanhos diferentes, sofreriam desvios diferentes, decompondo assim as cores.

Fontes de luz

Todo corpo que é capaz de emitir luz, seja luz própria ou refletida, é uma fonte de luz.

- Fontes de luz primárias: emitem luz própria.
- Incandescentes: emitem luz em altas temperaturas.

Ex.: o sol, velas acesas e as lâmpadas de filamento.

- Luminescentes: emitem luz em baixas temperaturas.

Dividem-se em fluorescentes ou fosforescentes.

Fluorescentes: emitem luz apenas enquanto durar a ação do agente excitador.

Ex.: lâmpadas fluorescentes.

Fosforescentes: Emitem luz por um certo tempo, mesmo após ter cessado a ação do excitador. Nessas fontes de luz, a energia radiante é proveniente de uma energia potencial química.

Ex.: Interruptores de lâmpadas e ponteiros luminosos de relógios.

- Fontes de luz secundárias: emitem, “refletem”, apenas a luz recebida de outros corpos.

Ex.: Lua, objetos como: mesas, portas, cadeiras, roupas, livros.

Meios de propagação

A luz pode incidir em três diferentes meios (Figura 8): os meios transparentes, translúcidos e opacos.

Meios transparentes: permitem que os raios de luz perpassem de maneira ordenada, possibilitando o reconhecimento nítido dos corpos. Ex.: vidro polido, ar da atmosfera, água límpida.

Meios translúcidos: permitem a passagem dos raios de luz, porém isso acontece de maneira desorganizada, o que resulta em uma imagem sem nitidez. Ex.: vidro fosco, plásticos translúcidos.

Meios opacos: são aqueles que impedem completamente que os raios de luz passem através deles, de modo que não é possível a visão dos corpos que estejam do outro lado. Ex.: livros, paredes, pessoas, objetos opacos.

Figura 8 – Exemplos de meios de propagação.



Fonte: <https://pt.wikipedia.org/wiki/%C3%93ptica#/media/Ficheiro:Meios_%C3%93pticos.jpg>.

Bem, agora que você já desvendou alguns aspectos sobre a decomposição da luz, vamos para a próxima fase?

Espectro eletromagnético

O espectro eletromagnético é o intervalo completo da radiação eletromagnética, apresentando em ordem crescente de frequências as ondas de rádio, radiação visível até chegar na radiação gama, de maior frequência.

As ondas eletromagnéticas como a luz, possuem a mesma velocidade ($c = 3,0 \cdot 10^8$ m/s) e podem ser originadas a partir da aceleração de cargas elétricas, sendo constituídas de campos elétricos e campos magnéticos. De acordo com a teoria ondulatória da luz, podemos determinar a frequência de uma onda como a razão de sua velocidade de propagação pelo seu comprimento de onda, como mostra a expressão 1 a seguir:

$$f = \frac{v}{\lambda} \quad (1)$$

Onde:

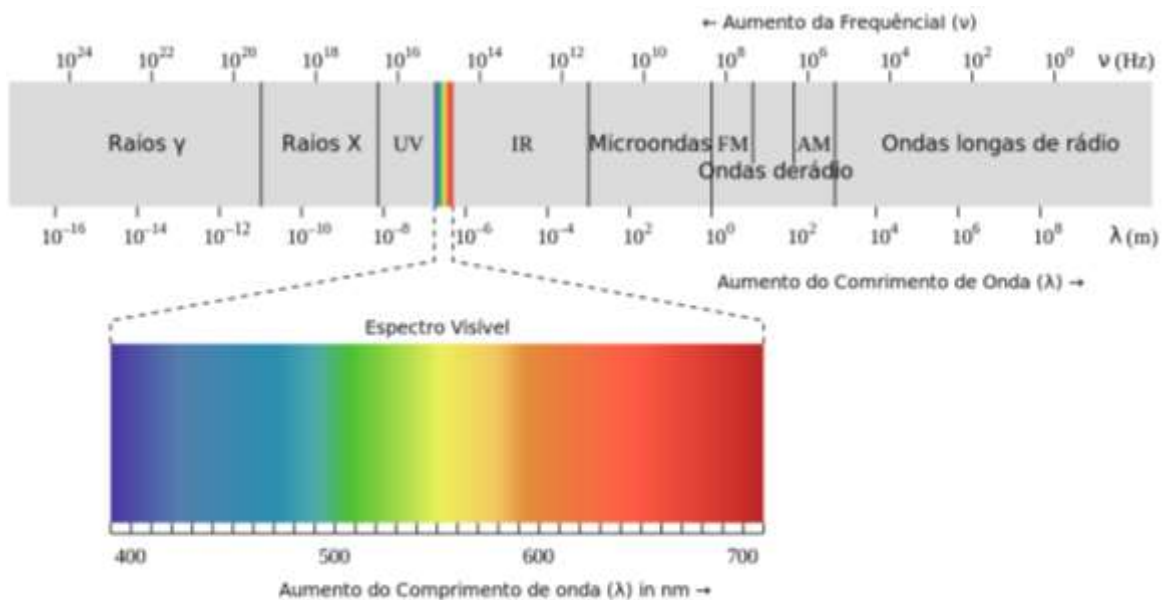
f é a frequência da onda (Hz);

λ é o comprimento de onda (m).

v é a velocidade de propagação (m/s);

A figura 9 a seguir mostra o espectro eletromagnético, suas radiações e respectivas frequências.

Figura 9 – Espectro eletromagnético.



Fonte: <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/f/f8/EM_spectrum_pt.svg/1280px-EM_spectrum_pt.svg.png>.

O olho humano enxerga apenas as ondas eletromagnéticas correspondentes ao espectro visível, cujas frequências são localizadas entre o infravermelho (IR) e o ultravioleta (UV), pois apenas essas ondas são interpretadas pelo nosso cérebro. Essas ondas, que têm frequências que se estendem de $7,5 \cdot 10^{14}$ Hz até $4,3 \cdot 10^{14}$ Hz, são relacionadas com as cores que conhecemos violeta, azul, verde, amarelo, alaranjado e vermelho, respectivamente.

FASE 3: OS PIGMENTOS FOTOSSINTETIZANTES

QUINTA ATIVIDADE INVESTIGATIVA – experimento/questões

AS CORES DAS FOLHAS

Pedro estava jogando bola no quintal de sua casa e, ao chutar a bola com mais força, ela foi parar no quintal do vizinho. Ao buscar a bola ele reparou que nem todas as folhas das plantas de seu vizinho eram verdes. Curioso, resolve perguntar a seu professor de biologia como isso é possível, pois sabe que as folhas são verdes devido à presença de um pigmento verde (clorofila) dentro dos cloroplastos nas células vegetais. Para desvendar tal fato o professor de Pedro pede para a turma levar diversas folhas coloridas e filtro de café (papel) na próxima aula e avisa que eles irão realizar um experimento.

Questões

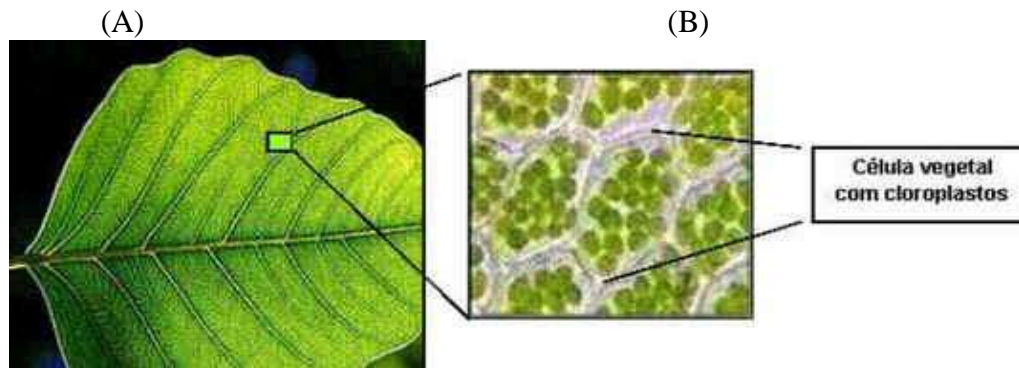
1- Assim como Pedro, você já reparou que nem todas as folhas possuem a mesma coloração? Por que você acha que isso ocorre?

2- Você se recorda do significado de cloroplastos? Justifique.

Que tal fazer o experimento que o professor de Pedro passou para a turma e descobrir?
Mãos à obra!

Antes de iniciarmos, repare na figura 10 em seguida, onde estão em destaque as células vegetais com cloroplastos, que são organelas presentes nas células de vegetais e de outros organismos que realizam fotossíntese. Neles ocorrem as reações de fotossíntese.

Figura 10 – Folha (A) e suas células (B) contendo cloroplastos.



Fonte: <<http://www.portalsaofrancisco.com.br/biologia/clorofila> Acesso em: julho de 2017>.

LINK PARA O EXPERIMENTO:

<https://www.youtube.com/watch?v=BPGbk0-Rbt0>

Roteiro do experimento

Objetivo:

Observar como ocorre a separação dos componentes de uma mistura de um extrato de folhas vegetais por meio da técnica de cromatografia em papel. Tal técnica é utilizada para determinar o número de componentes de uma mistura, bem como identificar quais são estas substâncias.

Materiais:

- | | | |
|------------------------------|-----------------------|--------------------|
| -Folhas de plantas diversas; | - 10 mL de Álcool; | - 1 medidor em ml; |
| - Filtro de papel; | - Potes transparente; | - Tesoura; |
| - Socador (de batata); | | |

Procedimentos:

- 1- Escolher um tipo de folha e cortá-la com o auxílio da tesoura em pedaços pequenos e colocá-los na no pote transparente;
- 2- Macerar (amassar) os pedaços das folhas no pote com o socador;
- 3- Acrescentar ao líquido de folhas 10 mL de álcool e continuar misturando até obter um líquido colorido.
- 4- Esperar decantar a mistura obtida e transferir o líquido para outro pote transparente;
- 5- Cortar o papel de filtro ao meio e colocar um pedaço, base recortada, em contato com o material do pote;
- 6- Observar por 10 minutos o que acontece e registrar os resultados.

Agora que você já tem os resultados, relacione-os para responder as perguntas em seguida e compreender a importância da química para a fotossíntese.

Questões

1- Quais cores puderam ser observadas no experimento? Elas são iguais à cor original da planta?

2- Pesquise e relacione essas cores aos pigmentos fotossintéticos.

SEXTA ATIVIDADE INVESTIGATIVA – aula teórica dialogada/questões

PIGMENTOS FOTOSSINTETIZANTES⁵

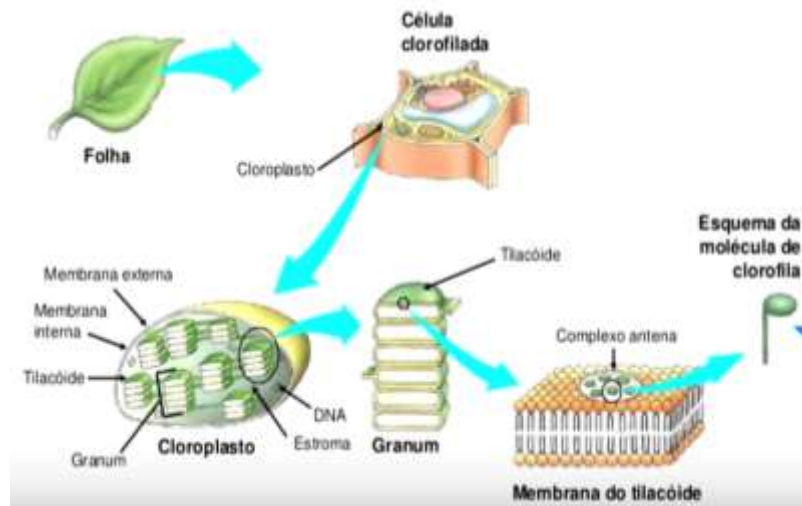
Clorofila

Os pigmentos fotossintetizantes que se encontram armazenados em organelas conhecidas como cloroplastos (ou plastídios) são responsáveis pela absorção de energia luminosa (luz) pelos organismos autótrofos.

A clorofila, principal pigmento da fotossíntese, está inserida nas membranas internas do cloroplasto conhecidas como tilacóides, como mostra a figura 11. Os tilacóides são compostos pelos fotossistema I e fotossistema II. Cada fotossistema possui um conjunto de 250 a 400 moléculas de clorofila e dividem-se em complexo antena e centro de reação. O complexo antena é formado por moléculas de clorofila que captam a energia da luz, transferindo-a para o centro de reação, que é rico em proteínas e clorofilas.

⁵ Baseado em: MENDONÇA, Vivian L. Biologia: ecologia, origem da vida e biologia celular, embriologia e histologia. Editora AJS. São Paulo. v 1. 3. ed, p. 195-196, 2016. (Coleção biologia)

Figura 11 – Cloroplasto e seus componentes.



Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=SDNc_5qXa0Q>.

Quando os pigmentos fotossintetizantes absorvem todos os comprimentos de ondas de luz, o resultado é a cor negra. No entanto, a maioria dos pigmentos absorvem comprimentos de ondas específicos, refletindo aqueles que não são absorvidos. Dessa forma, a clorofila reflete a cor verde porque absorve luz, principalmente, nos comprimentos de ondas violeta, azul e vermelho. Como a luz refletida é a que atinge os nossos olhos, essa é a cor que enxergamos, ao observarmos uma folha. O perfil de absorção de luz de uma substância é o seu espectro de absorção.

Existem diferentes tipos de clorofilas como a clorofila *a* e *b*, que são classificados de acordo com suas estruturas moleculares e propriedades específicas de absorção do espectro da luz visível, na qual cada uma capta luz com mais eficiência. Como mostra o gráfico 1 a seguir.

Gráfico 1 – Espectro de absorção das clorofilas *a* e *b*.



Fonte: <<https://www.sobiologia.com.br/conteudos/bioquimica/bioquimica13.php>>.

De acordo com o gráfico 1 podemos identificar que ambas as clorofilas absorvem a luz com mais eficiência em dois picos: um mais elevado, na faixa do violeta, e um outro menor, na faixa do vermelho.

A clorofila *a* foi identificada em todos os organismos eucariontes fotossintetizantes e em cianobactérias, conhecidas também como algas azuis. Desta forma, a clorofila *a* foi considerada o principal pigmento fotossintetizante e as clorofilas *b*, *c*, *d* são conhecidas como pigmentos acessórios.

A clorofila *a* é responsável pela produção do oxigênio durante a reação da fotossíntese. As clorofilas *b* e *c* são utilizadas para ampliar a faixa de luz absorvida durante a fotossíntese. Além disso, elas absorvem energia luminosa, transferindo-a para a clorofila *a*. O que difere a clorofila *b* da *c* é que enquanto a *b* está presente nas plantas, algas e euglenas, a clorofila *c* está presente em algas pardas e diatomáceas.

Pigmentos acessórios

Assim como a clorofila *b*, os carotenoides possuem a função de transferir energia para a clorofila *a*, aumentando o aproveitamento da luz no processo da fotossíntese. Entretanto, por protegerem a clorofila do excesso de luz e evitarem a formação de moléculas oxidativas prejudiciais à célula muitos consideram que a principal função dos carotenoides é a fotoproteção.

Além disso, os carotenoides absorvem luz nas faixas do violeta e azul-esverdeada, ou seja, seu espectro de absorção é um pouco diferente das clorofilas, como mostra o gráfico 2. Esse fato faz com que muitas folhas, quando possuem grandes quantidades desse pigmento, tenham cores diferentes do verde.

Gráfico 2 – Espectro de absorção dos carotenoides.



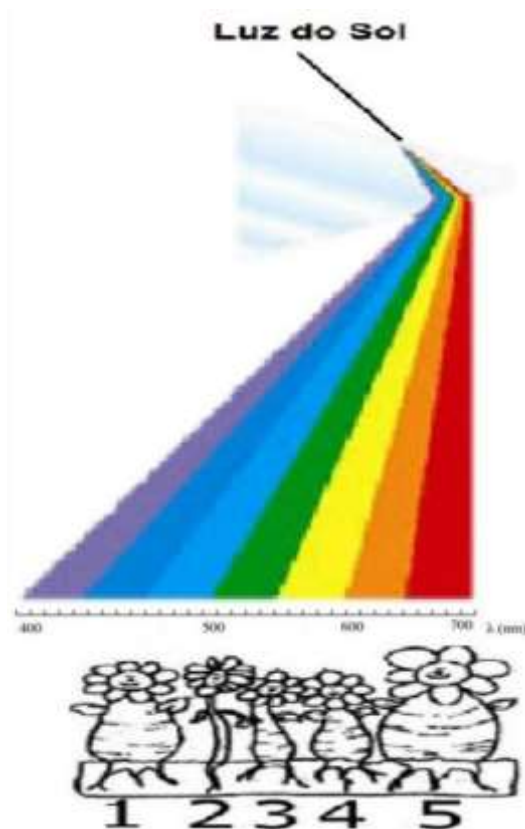
Fonte: <<https://image.slidesharecdn.com/apresentao1-140625105856-phpapp01/95/espectroscopia-de-uvvis-e-fluorescencia-19-638.jpg?cb=1403694016>>.

Além desse pigmento acessório, existem ainda outros pigmentos como as ficobilinas e a bacterioclorofila que apresentam a função de transferência de energia. Enquanto as ficobilinas estão presentes nas cianobactérias e algas vermelhas, a bacterioclorofila encontra-se em bactérias purpúreas.

Questões

1- Analisando a figura 12 a seguir, que mostra o espectro de ação da luz sobre o processo da fotossíntese, responda:

Figura 12 – Crescimento das plantas.



Fonte: Adaptado de: <<https://djalmasantos.files.wordpress.com/2011/09/22a.jpg>>.

a) Por que as plantas 1 e 5 estão mais desenvolvidas?

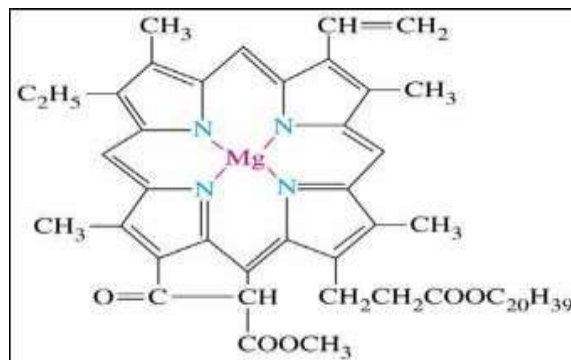
b) Podemos relacionar essa figura com qual(s) pigmento(s) fotossintético(s)? Justifique.

2- (PUC-SP) A propriedade de “captar vida na luz” que as plantas apresentam se deve à capacidade de utilizar a energia luminosa para a síntese de alimento. A organela (I), onde ocorre esse processo (II), contém um pigmento (III) capaz de captar a energia luminosa, que é posteriormente transformada em energia química. As indicações I, II e III referem-se, respectivamente a:

- a) Mitocôndria, respiração, citocromo.
- b) Cloroplasto, fotossíntese, citocromo.
- c) Cloroplasto, respiração, clorofila.
- d) Mitocôndria, fotossíntese, citocromo.
- e) Cloroplasto, fotossíntese, clorofila.

3- A Figura 13 representa a estrutura da molécula da clorofila. Analise e responda o que se pede:

Figura 13 – Molécula da clorofila.



Fonte: <<http://profkauecosta.blogspot.com.br/p/biologia-3em-tm-aulas-7-e-8-setor-a.html>>.

a- Identifique quais funções orgânicas existem na molécula da clorofila.

b- Qual a importância da estrutura do anel desta molécula? Onde ela se encontra?

c- Explique qual é a relação da luz com estas moléculas?

4- (EFES) A fotossíntese ocorre por meio da absorção da energia luminosa pelos pigmentos contidos nos cloroplastos. No entanto, os pigmentos absorvem a energia luminosa em diferentes comprimentos de onda.

Em relação a esse processo. É incorreto afirmar que:

- a) os vegetais expostos ao comprimento de onda de 500 nm, cor verde, apresentam uma baixa taxa fotossintética.
- b) as clorofilas são pigmentos que apresentam a cor verde devido à reflexão desse comprimento de onda.
- c) o comprimento de onda que apresenta uma maior absorção corresponde ao azul.
- d) as plantas expostas ao comprimento de onda 650 nm (vermelho curto) apresentam taxa de fotossíntese igual a zero.
- e) a integração funcional dos vários pigmentos permite uma maior eficiência na captação da energia luminosa.

5- (Mack-2008) - Plantas, algas, cianobactérias e um grupo de bactérias têm capacidade de realizar o processo de fotossíntese. A respeito desse processo nesses organismos, é correto afirmar que:

- a) todos apresentam, além da clorofila, os pigmentos carotenoides e xantofilas.
- b) todos utilizam o gás carbônico e a água como matéria prima.
- c) somente as plantas e as algas produzem o gás oxigênio.
- d) somente as plantas apresentam as clorofilas a e b.
- e) somente as plantas e as algas apresentam as clorofilas localizadas no interior dos plastos.

Muito bem! Agora vocês já entenderam que para a fotossíntese acontecer é necessário a interação entre componentes físicos e químicos. Será que é somente isso? Vamos estudar um pouco mais?

FASE 4: A ENERGIA DA FOTOSSÍNTESE

SÉTIMA ATIVIDADE INVESTIGATIVA – aula teórica dialogada/questões

FOTOSSÍNTESE E ENERGIA⁶

Vimos anteriormente que uma das funções da fotossíntese é converter energia luminosa em energia química. As duas fases da fotossíntese acontecem de dia, no entanto, a etapa fotoquímica depende diretamente da luz do sol, isto é, depende diretamente da energia luminosa. Enquanto a etapa química ou enzimática depende indiretamente da energia luminosa.

A primeira etapa da fotossíntese também conhecida como fase claro, é a etapa na qual a planta vai capturar (absorver) a energia luminosa nos comprimentos de onda vermelho e azul, para formar energia química basicamente fazendo dois processos bioquímicos: a fotofosforilação e a fotólise da água.

No entanto, antes de estudar estes dois processos precisamos entender como ocorre a conversão da energia luminosa em energia química. Para isso, vamos revisar os tipos, as fontes e as transformações de energia.

Energia

A energia está presente em diversas ocasiões no nosso cotidiano. Conseguimos identificar a presença da energia desde as nossas atividades mais básicas como nos movimentar e alimentar até as mais complexas como a queima de combustíveis e utilização de aparelhos elétricos. Assim, quando tentamos definir o que é energia percebemos que este termo possui amplos significados.

De forma simples, consideramos a energia como uma grandeza escalar que se conserva associada ao estado dos objetos, ou seja, a quantidade total de energia permanece constante. Também podemos entender energia como a capacidade de realizar trabalho, assim,

⁶ Baseado em: GUIMARÃES, Osvaldo; PIQUEIRA, José Roberto; CARRON, Wilson. *Mecânica*. V.1. 2. ed. São Paulo: Ática, 2017.

MENDONÇA, Vivian L. *Biologia: ecologia, origem da vida e biologia celular, embriologia e histologia*. Editora AJS. São Paulo. v 1. 3. ed., 2016. (Coleção biologia)

YAMAMOTO, Kazuhito; FUKU, Luiz Felipe. *Física para o ensino médio: mecânica*. v. 1. 4. ed., São Paulo: Saraiva, 2016.

a energia pode mudar de forma e ser transferida de um objeto para outro, mas a quantidade total de energia sempre será mesma.

A energia pode ser expressa de diversas formas: cinética, potencial, térmica, luminosa, elétrica, sonora e outras. Essas formas de energia variam de acordo com a fonte e podem ser transformadas de um tipo em outro, tanto por meio de processos naturais (fotossíntese) como artificiais (painéis solares/ fotocélulas, como mostra a figura 14; usinas hidrelétricas e termoelétricas). Vale ressaltar que essas transformações de energia sempre obedecem ao **princípio da conservação de energia**: a energia não pode ser criada, nem destruída, somente pode ser transformada.

Figura 14 – Painéis solares que são utilizados para a transformação de energia solar fotovoltaica em energia elétrica.



Fonte: <encurtador.com.br/bltOV>.

A energia solar é nossa principal fonte de energia tanto direta quanto indiretamente. Pois, além dos seres autótrofos utilizarem a radiação solar para a produção de fotossíntese e, conseqüentemente, para a produção de alimentos vegetais, esta radiação também é fonte de energia na produção do carvão e do petróleo que são usados como combustíveis fósseis e na evaporação e ventos, permitindo o aproveitamento da hidroeletricidade e da energia eólica.

Dentre as diversas formas de energia citadas anteriormente destacaremos nesta aula as energias luminosa, cinética e química por estarem diretamente envolvidas no processo de fotossíntese.

Energia luminosa é uma parte da energia solar que se propaga pelo espaço em forma de radiação (onda) eletromagnética até chegar à Terra na forma de luz, raios infravermelhos e ultravioletas e outras radiações que podemos observar no espectro eletromagnético. Desta radiação eletromagnética que chega à Terra apenas 0,02%, aproximadamente, é aproveitada no processo de fotossíntese. Assim, os seres fotossintetizantes são capazes de captar parte

desta energia para realizar fotossíntese e armazenar energia. Além disso, veremos nas próximas aulas que as cadeias alimentares possibilitam que a energia produzida por estes seres seja transferida para os herbívoros e destes para os carnívoros.

Energia cinética (E_c) é a energia relacionada ao movimento dos corpos. Esta energia depende da massa do corpo e é diretamente proporcional ao quadrado da velocidade do corpo, ou seja, quanto maior é a velocidade e a massa do corpo, maior é sua energia cinética e, conseqüentemente, maior é a sua capacidade de realizar trabalho. Matematicamente, podemos calcular a energia cinética utilizando a equação (1) a seguir:

$$E_c = \frac{mv^2}{2} \quad (1)$$

Onde:

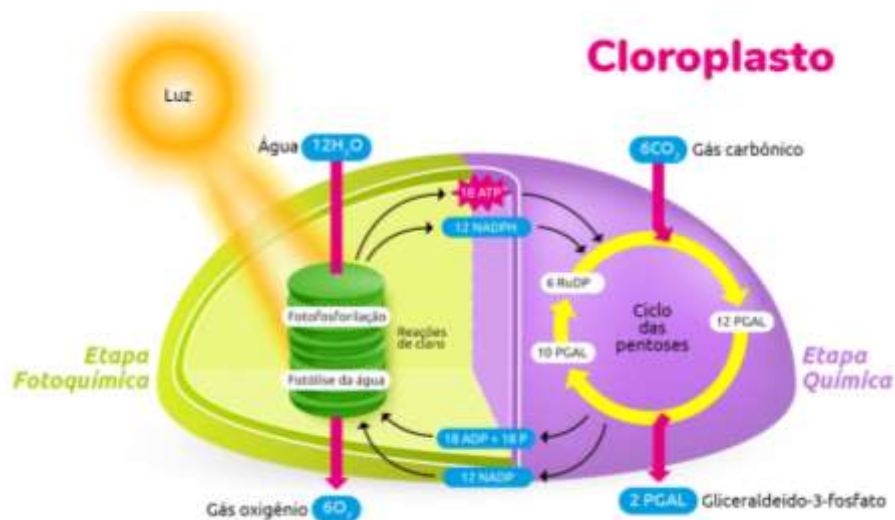
E_c : energia cinética (joule – J)

m : massa do corpo (quilogramas – Kg)

v : velocidade do corpo (metro por segundo – m/s)

Durante a etapa fotoquímica da fotossíntese os seres fotossintetizantes captam a energia luminosa para realizar dois processos bioquímicos: a fotofosforilação e a fotólise da água, como mostra a figura 15. Na fotólise da água a fotossíntese utiliza a energia luminosa para retirar elétrons da água. No entanto, quando estes elétrons são removidos a molécula de água acaba quebrando, isto é, ocorre a lise/quebra da molécula de água utilizando fótons. Já na fotofosforilação são formadas as moléculas de ATP e NADPH.

Figura 15 – Etapas fotoquímica e química.



Fonte: <<https://blog.biologiatotal.com.br/fotossintese-o-que-e-etapas-e-importancia/>>.

Com a realização destes processos bioquímicos ocorre uma movimentação de elétrons nos cloroplastos, fazendo com que estes liberem energia cinética, que é utilizada pelas plantas para formar **energia química**: ATP e NADPH. Ou seja, por meio da energia cinética dos elétrons ocorre a formação de moléculas químicas altamente energizadas e quando as ligações dessas moléculas são rompidas eles liberam energia para que a segunda fase da fotossíntese (etapa química) possa acontecer.

Questões

1- Explique como ocorre as transformações de energia na fotossíntese, citando os tipos de energia envolvidos neste processo.

2- (Mackenzie) O processo de fotossíntese é considerado em duas etapas: a fotoquímica ou fase de claro e a química ou fase de escuro. Na primeira fase NÃO ocorre:

- a) produção de ATP.
- b) produção de NADPH.
- c) produção de O₂.
- d) fotólise da água.
- e) redução do CO₂.

3- Faça uma pesquisa sobre energia solar e o crescente uso de placas solares no Brasil. Em seguida, elabore um pequeno texto apontando as vantagens e desvantagens da utilização deste tipo de energia.

OITAVA ATIVIDADE INVESTIGATIVA – simulador/questão

Para ampliar o estudo das transformações de energia que ocorrem na fotossíntese, será realizada uma atividade dinâmica utilizando o simulador *Phet*: Formas de energia e transformações (Figura 16), criado pelo site *PhET Interactive Simulations* (<https://phet.colorado.edu/sims/html/energy-forms-and-changes/latest/energy-forms-and-changes_pt_BR.html>).

Por meio desta atividade de simulação almeja-se consolidar o conteúdo estudado anteriormente e introduzir novos conceitos de forma dinâmica.

Figura 16 – Print do simulador “Formas de energia e transformações”.



Fonte: <https://phet.colorado.edu/sims/html/energy-forms-and-changes/latest/energy-forms-and-changes_pt_BR.html>.

Roteiro do experimento

- Objetivo:

Identificar as formas/fontes de energia e suas transformações.

- Materiais:

Simulador *Phet*: Formas de energia e transformações.

- Procedimentos:

- Acesse o link: <https://phet.colorado.edu/sims/html/energy-forms-and-changes/latest/energy-forms-and-changes_pt_BR.html>.
- Selecione a opção: Sistemas (Figura 17).

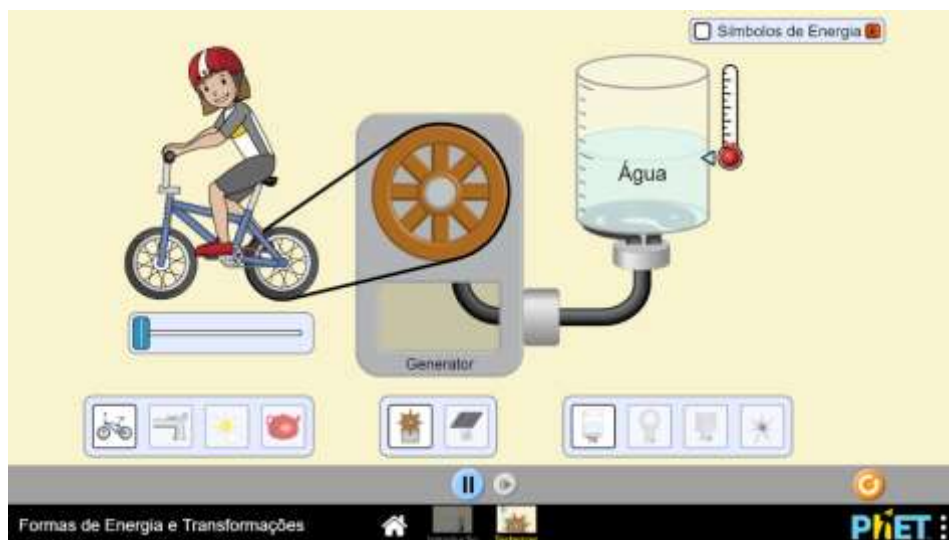
Figura 17 – Esquema do experimento.



Fonte: < https://phet.colorado.edu/sims/html/energy-forms-and-changes/latest/energy-forms-and-changes_pt_BR.html >.

- Após clicar nesta opção irá aparecer a seguinte página (Figura 18). Agora, você pode escolher as fontes de energia (menina pedalando/realizando trabalho, torneira saindo água, sol e vapor d'água), os geradores (gerador e painel solar) e os dispositivos elétricos (lâmpadas e ventilador).

Figura 18 – Esquema do experimento.



Fonte: < https://phet.colorado.edu/sims/html/energy-forms-and-changes/latest/energy-forms-and-changes_pt_BR.html >.

- d. No canto superior direito da tela clique na opção: Símbolos de Energia (Figura 19).

Figura 19 – Esquema do experimento.



Fonte: < https://phet.colorado.edu/sims/html/energy-forms-and-changes/latest/energy-forms-and-changes_pt_BR.html >.

- e. Agora selecione as opções: sol, painel solar e lâmpada (Figura 20). Observe o que ocorre e discuta com seus colegas.

Figura 20 – Esquema do experimento.



Fonte: < https://phet.colorado.edu/sims/html/energy-forms-and-changes/latest/energy-forms-and-changes_pt_BR.html >.

- f. Mude a opção do dispositivo para o ventilador (Figura 21). Observe o que ocorre e discuta com seus colegas.

Figura 21 – Esquema do experimento.



Fonte: < https://phet.colorado.edu/sims/html/energy-forms-and-changes/latest/energy-forms-and-changes_pt_BR.html >.

- g. Agora, teste novas fontes e dispositivos de energia. Use sua criatividade. Observe o que acontece e discuta as diferenças observadas com seus colegas.

Questões

- 1- Descreva o que ocorreu após a realização da etapa 'e'. Cite as formas de energias envolvidas.

- 2- Compare o que você observou quando realizou o experimento com a lâmpada e com o ventilador. Você notou alguma diferença? Justifique.

3- (ENEM 2017) A célula fotovoltaica é uma aplicação prática do efeito fotoelétrico. Quando a luz incide sobre certas substâncias, libera elétrons que, circulando livremente de átomo para átomo, formam uma corrente elétrica. Uma célula fotovoltaica é composta por uma placa de ferro recoberta por uma camada de selênio e uma película transparente de ouro. A luz atravessa a película, incide sobre o selênio e retira elétrons, que são atraídos pelo ouro, um ótimo condutor de eletricidade. A película de ouro é conectada à placa de ferro, que recebe os elétrons e os devolve para o selênio, fechando o circuito e formando uma corrente elétrica de pequena intensidade. DIAS, C. B. Célula fotovoltaica. Disponível em: <http://super.abril.com.br>. Acesso em: 16 ago. 2012 (adaptado).

O processo biológico que se assemelha ao descrito é a

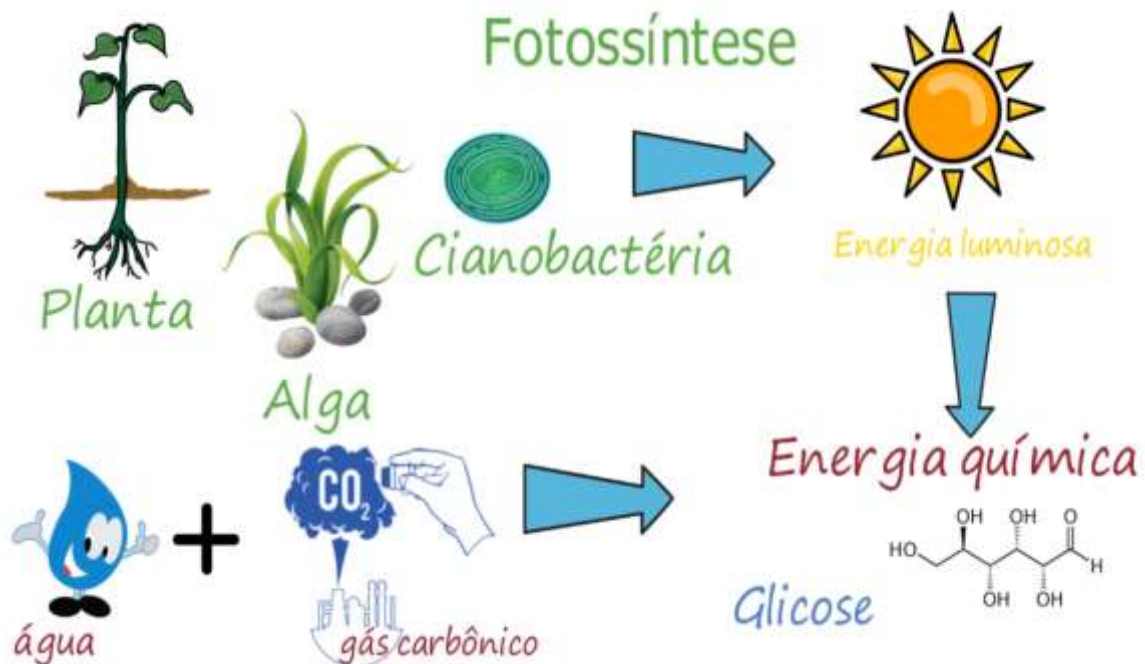
- a) fotossíntese.
- b) fermentação.
- c) quimiossíntese.
- d) hidrólise do ATP.
- e) respiração celular.

FASE 5: A QUÍMICA DA FOTOSÍNTESE

NONA ATIVIDADE INVESTIGATIVA – vídeo/questões

Para iniciar o estudo das reações químicas que ocorrem na fotossíntese, será assistido um pequeno vídeo intitulado “Fotossíntese” (Figura 22), criado pelos mestrandos Cassio Moreira Santos e Francisco Gadelha Araújo Martins, disponibilizado no canal “cassio moreira santos” (<<https://www.youtube.com/watch?v=i9n9o23tBcs>>), visando consolidar o conteúdo estudado anteriormente e introduzir novos conceitos de forma dinâmica.

Figura 22 – Print do vídeo “Fotossíntese”.



Fonte: <<https://www.youtube.com/watch?v=i9n9o23tBcs>>.

Questões

1- A fotossíntese é um processo importante para garantir a sobrevivência da planta e é dividida em duas etapas tradicionalmente chamadas de fase clara e escura. A fase clara ocorre na membrana dos tilacóides do cloroplasto, já a fase escura ocorre:

- no citosol.
- no estroma do cloroplasto.
- nas mitocôndrias.
- nas cristas mitocondriais.
- no lisossomo.

2- A redução do dióxido de carbono em carbono orgânico na fotossíntese ocorre via ciclo

- a) de Krebs.
- b) de Calvin.
- c) de Carnot.
- d) de Cori.

3- (PUC Minas) Associe as fases da fotossíntese aos fenômenos que nelas ocorrem.

I. Fase clara

II. Fase escura

- () Formação de ATP
- () Redução do CO₂
- () Liberação de O₂
- () Formação de NADPH₂

A opção que contém a sequência correta encontrada é:

- a) I, II, I, II
- b) I, I, II, II
- c) I, II, I, I
- d) II, II, I, II
- e) II, I, II, II

4- (PUC-SP) Assinale, entre as substâncias a seguir relacionadas, a que NÃO é necessária para que se realize a fotossíntese.

- a) ATP
- b) CO₂
- c) H₂O
- d) Clorofila
- e) Glicose

DÉCIMA ATIVIDADE INVESTIGATIVA – aula teórica dialogada/questões

REAÇÕES DA FOTOSSÍNTESE⁷

Como dito anteriormente, a fotossíntese é um processo no qual a energia solar é capturada e utilizada na produção de moléculas orgânicas como a glicose. Esse processo ocorre no interior dos cloroplastos. O cloroplasto é uma organela presente nas células vegetais que contém tilacóides e estroma. Enquanto os tilacóides são sistemas de membranas internas do cloroplasto, o estroma é um líquido denso localizado no interior dessa organela.

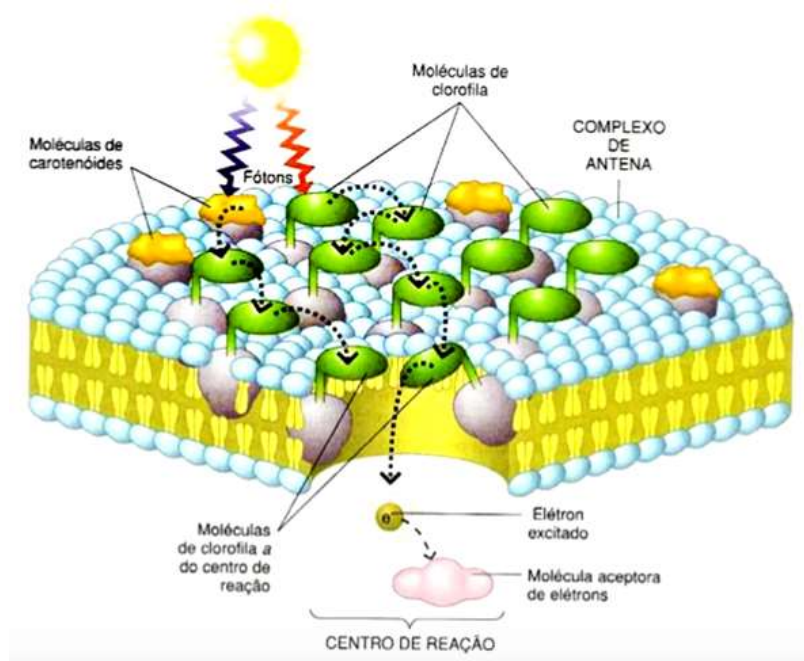
⁷ Baseado em: MENDONÇA, Vivian L. *Biologia: ecologia, origem da vida e biologia celular, embriologia e histologia*. Editora AJS. São Paulo. v 1. 3. ed, 2016. (Coleção biologia)

Podemos dividir a fotossíntese em duas etapas: reações que ocorrem na presença da luz (fotoquímica) e reações bioquímicas (enzimáticas). Essas reações ocorrem nos tilacóides e estromas, respectivamente.

Fotossistemas

Antes de aprender as reações que ocorrem na fotossíntese, precisamos conhecer o local que algumas dessas reações acontecem. Nos fotossistemas, por exemplo, ocorrem as reações luminosas. Há duas formas de fotossistemas, o fotossistema I e o fotossistema II, que possuem aproximadamente 300 moléculas de clorofila. O fotossistema I tem um centro de reação P700, pois absorve, preferencialmente, a luz com comprimentos de onda de 700 nm ou mais. Já o fotossistema II apresenta um centro de reação P680, visto que absorve a luz com comprimento de onda em 680 nm. Esses fotossistemas se ligam por meio de uma cadeia que transporta elétrons. Ambos fotossistemas agem de forma independente, só que complementar.

Figura 23 – Fotossistema.



Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=SDNc_5qXa0Q&t=175s>.

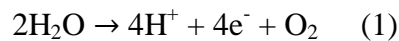
Reação Fotoquímica (Fase Clara)

Estudamos anteriormente que os pigmentos fotossintetizantes absorvem a energia luminosa em suas folhas. Mas o que ocorre com a energia da luz que é absorvida? Parte da

energia absorvida pelos pigmentos é convertida para uma forma diferente de energia: a energia química durante o primeiro estágio da fotossíntese. Esse primeiro estágio ou fase envolve uma série de reações químicas conhecidas como reações fotoquímicas e sua função é produzir duas moléculas necessárias para a próxima fase da fotossíntese: a molécula que armazena energia de ATP (adenosina trifosfato) e o transportador de elétrons reduzido NADPH.

Nesta fase ocorrem dois processos essenciais: a fotofosforilação e a fotólise da água. A fotofosforilação se divide em: fotofosforilação acíclica e fotofosforilação cíclica.

Na fotofosforilação ocorre a formação de adenosina trifosfato (ATP) por meio da união fósforo (P) à adenosina difosfato (ADP) na presença da luz. Já na fotólise da água ocorre a quebra da molécula de água por meio da energia da luz solar, produzindo íons de H^+ , e^- e O_2 , como mostra a equação química 1 a seguir.

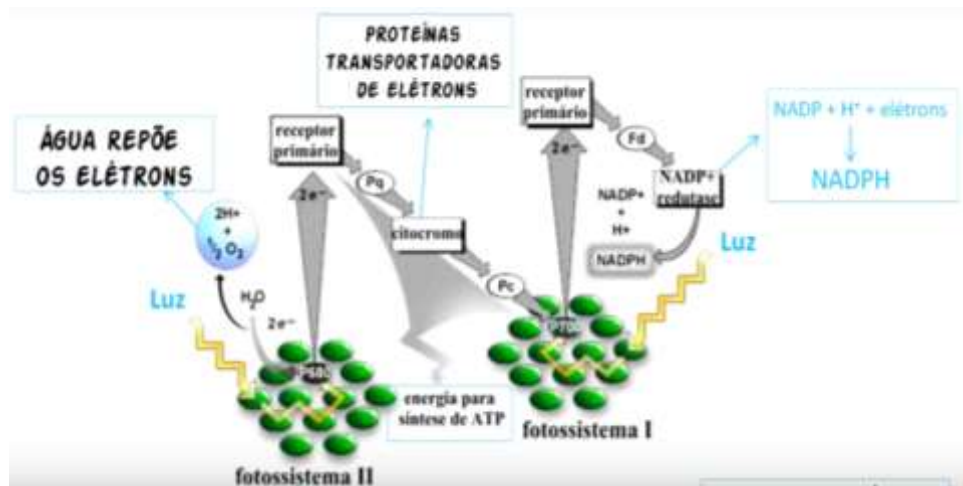


A fotólise da água também pode ser chamada de reação de Hill, em homenagem ao bioquímico britânico Robert Hill. Hill foi o primeiro cientista a identificar essa reação, em 1937.

Durante a fotofosforilação acíclica, a energia luminosa entra no fotossistema II, onde é aprisionada e levada até as moléculas de clorofila P680 do centro de reação. A clorofila P680 é excitada, seus elétrons são energizados e transportados da clorofila em direção a um receptor de elétrons. Assim, a cada elétron transferido, ocorre a substituição desse por um elétron proveniente do processo de fotólise da água.

Pares de elétrons deixam o fotossistema I carregados por uma cadeia transportadora de elétrons, impulsionando a produção de ATP pelo processo de fotofosforilação. A energia absorvida pelo fotossistema I é transferida para moléculas de clorofila P700 do centro de reação. Os elétrons energizados são capturados pela molécula da coenzima $NADP^+$ redutase e são substituídos na clorofila pelos elétrons provenientes do fotossistema II. A energia formada nesses processos é guardada em moléculas de NADPH e ATP. A figura 24 exemplifica as reações que ocorrem na fotofosforilação acíclica.

Figura 24 – Reações da fotofosforilação acíclica.

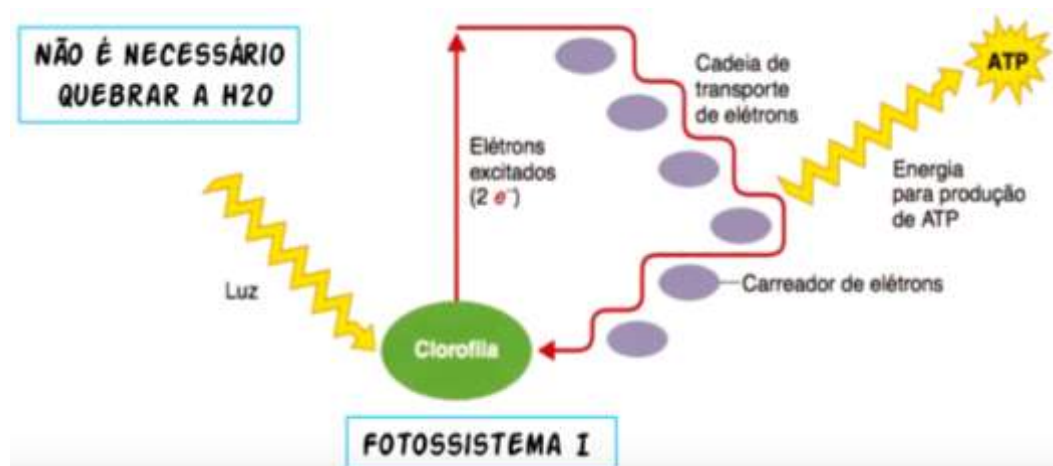


Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=SDNc_5qXa0Q&t=175s>.

Na fotofosforilação cíclica, os elétrons quebram o padrão linear ao regressarem para a primeira parte da cadeia de transporte de elétrons, fazendo este circuito várias vezes inúmeras vezes por meio do fotossistema I ao invés de terminar no NADP⁺ redutase.

Nesse ciclo ocorre apenas a produção de ATP, não produzindo o NADPH, uma vez que os elétrons são desviados da NADP⁺ redutase. A figura 25 exemplifica as reações existentes na fotofosforilação cíclica.

Figura 25 – Reações fotofosforilação cíclica.



Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=SDNc_5qXa0Q&t=175s>

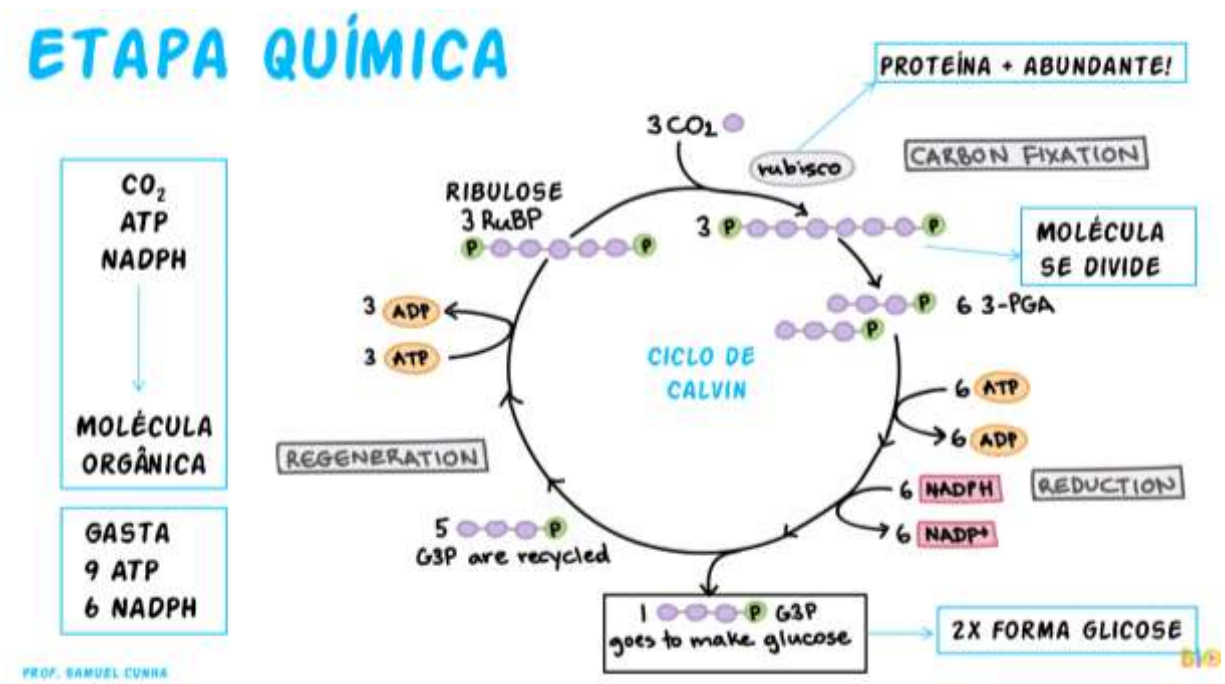
A fotofosforilação cíclica pode ser bastante comum em células fotossintetizantes que precisam de quantidades elevadas de ATP. Além disso, o fluxo cíclico de elétrons possui um papel fotoprotetor, evitando que o excesso de luz danifique as proteínas do fotossistema e promovendo o reparo de danos induzidos pela luz.

Reação Bioquímica (Fase Escura)

A reação bioquímica que ocorre na fotossíntese é também chamada de ciclo das pentoses ou ciclo de Calvin. Ela pode ocorrer na ausência ou na presença de luz, visto que acontece no estroma do cloroplasto. O principal objetivo dessa fase é a produção de glicose a partir de CO_2 , isto é, por meio da fixação do carbono.

Nas reações de fixação do carbono, o NADPH e o ATP produzidos na etapa das reações luminosas são usados para reduzir o dióxido de carbono a carbônico orgânico. Nessa etapa, acontecem sucessivas reações denominadas ciclo de Calvin, como mostra a figura 26.

Figura 26 – Ciclo de Calvin.



Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=SDNc_5qXa0Q&t=175s>.

No ciclo de Calvin, três moléculas de CO_2 combinam-se com um composto denominado ribulose-1,5-bisfosfato (RuBP), formando um composto intermediário instável que se quebra produzindo seis moléculas de 3-fosfoglicerato (PGA).

As moléculas de PGA são então reduzidas a seis moléculas de gliceraldeído 3-fosfato (PGAL). Cinco moléculas de PGAL rearranjam-se e formam três moléculas de RuBP. O ganho do ciclo de Calvin então é de uma molécula de PGAL, a qual servirá para a produção de sacarose e amido.

Questões

1- (UFRN/2007) Durante o processo de fotossíntese, a ação da luz sobre a clorofila libera elétrons que são capturados por uma cadeia transportadora. Durante esse processo de transporte ocorre:

- a) formação de quantidades elevadas do acceptor NADP^+ a partir da captura de elétrons e prótons.
- b) transferência dos elétrons entre moléculas organizadas em ordem decrescente de energia.
- c) fotólise de moléculas de CO_2 que liberam elétrons e cedem o carbono para a formação da glicose.
- d) quebra da molécula de água a partir da conversão de ATP em ADP, com liberação de prótons.

2- (UFRGS 2015) Sobre a fotossíntese, é correto afirmar que:

- a) as reações dependentes de luz convertem energia luminosa em energia química.
- b) o hidrogênio resultante da quebra da água é eliminado da célula durante a fotólise.
- c) as reações dependentes de luz ocorrem no estroma do cloroplasto.
- d) o oxigênio produzido na fotossíntese é resultante das reações independentes da luz.
- e) os seres autótrofos utilizam o CO_2 durante as reações dependentes de luz.

3- (UNESP) Sobre o processo de fotossíntese, é correto afirmar que:

- a) O CO_2 é fonte de carbono para a síntese de matéria orgânica e fonte de O_2 para a atmosfera.
- b) A água é fonte de H^+ para a síntese de NADPH_2 e de O_2 para a atmosfera.
- c) O NADPH_2 é fonte de energia para a conversão do CO_2 em matéria orgânica.
- d) O ATP é doador de energia para a quebra da molécula de água, que, por sua vez, fornece O_2 para a atmosfera.
- e) A conversão de CO_2 em matéria orgânica produz energia que é acumulada pelo ATP.

4- (UECE) - A fotossíntese é o início da maior parte das cadeias alimentares no planeta. Sem ela, os animais e muitos outros seres heterotróficos seriam incapazes de sobreviver, porque a base da sua alimentação encontra-se sempre nas substâncias orgânicas produzidas pelas plantas clorofiladas. Sobre o processo fotossintético, podemos afirmar corretamente que durante a etapa fotoquímica ocorre:

- a) Liberação do oxigênio e redução do NADP.
- b) Fotólise da água e oxidação do NADP a NADPH.
- c) Redução do NAD a NADPH e fotofosforilação do ATP.
- d) Fotofosforilação do ADP e fixação do carbono.

5- (Vunesp) A produção de açúcar poderia ocorrer independentemente da etapa fotoquímica da fotossíntese, se os cloroplastos fossem providos com um suplemento constante de

- a) clorofila.
- b) ATP e NADPH_2 .
- c) ADP e NADP.
- d) oxigênio.
- e) água.

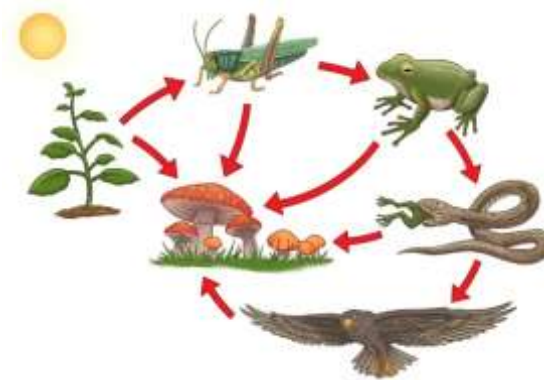
FASE 6: FOTOSÍNTESE E SERES VIVOS

DÉCIMA PRIMEIRA ATIVIDADE INVESTIGATIVA – aula teórica dialogada/questões

A FOTOSÍNTESE E O ECOSSISTEMA⁸

A fotossíntese é, sem dúvida, essencial para os ecossistemas. Além disso, é responsável por fornecer oxigênio utilizado por grande parte dos seres vivos para processos de obtenção de energia. É importante destacar também que os organismos fotossintetizantes fazem parte do primeiro nível trófico das cadeias e teias alimentares, sendo eles, portanto, a base na cadeia trófica, como mostra a figura 27.

Figura 27 – Exemplo de teia alimentar.



Fonte: <encurtador.net/adluN>.

Ao ser consumida, a energia acumulada pelos produtores passa para o próximo nível trófico. Desse modo, podemos concluir que, para um ecossistema funcionar adequadamente, é preciso capturar energia solar e realizar sua conversão para a biomassa dos organismos fotossintetizantes.

Dessa forma, plantas, algas e cianobactérias são produtores que obtêm sua energia do sol, isto é, são seres autótrofos. Os consumidores também obtêm sua energia direta ou indiretamente do produto fotossintético, uma vez que se alimentam dos vegetais (produtores) ou de animais (que foram alimentados pelos produtores). A única exceção, são alguns tipos de bactérias e certos organismos que vivem em fontes termais e/ou mares profundos e que metabolizam o enxofre para seus requerimentos energéticos.

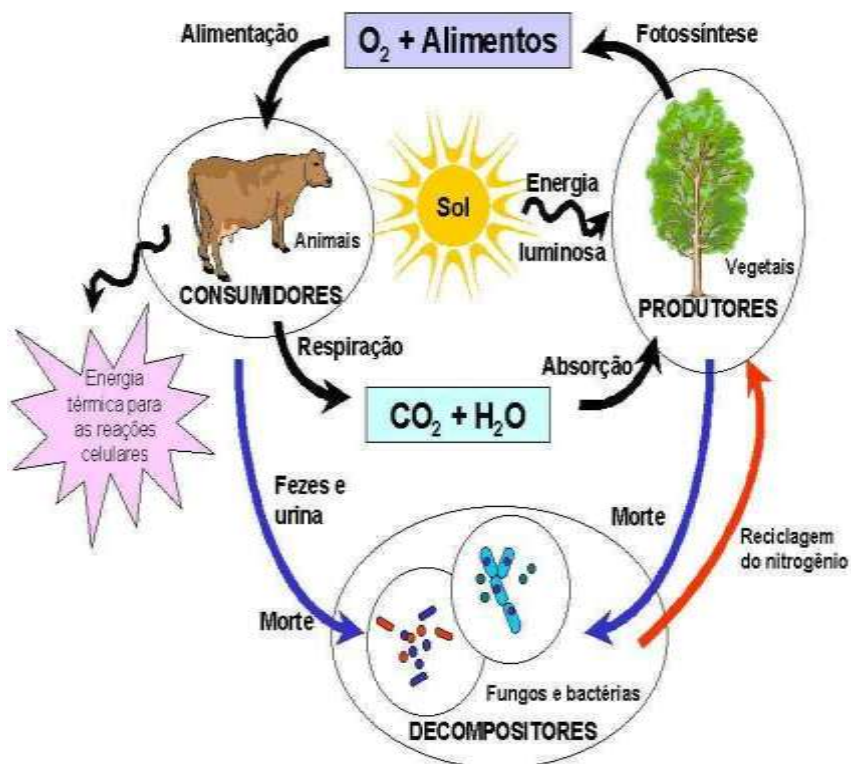
⁸ Baseado em: MENDONÇA, Vivian L. *Biologia: ecologia, origem da vida e biologia celular, embriologia e histologia*. Editora AJS. São Paulo. v 1. 3. ed, p. 195-196, 2016. (Coleção biologia)

Questões

1- Ao longo da cadeia alimentar ocorre transferência de matéria e de energia entre os seres vivos. Como o primeiro nível trófico, representado pelas plantas, obtém energia para sua sobrevivência e dos demais seres?

2- Analisando a imagem a seguir (Figura 28), construa um breve texto relacionando os temas anteriores com a importância da fotossíntese para a natureza.

Figura 28 – Fotossíntese.



Fonte: <http://bioquimica.xpg.uol.com.br/Ciclo_Vida_Morte.jpg>.

FASE 7: FOTOSSÍNTESE

DÉCIMA SEGUNDA ATIVIDADE INVESTIGATIVA – jogo

JOGO – FOTOSSÍNTESE: VAMOS QUEBRAR A CABEÇA?

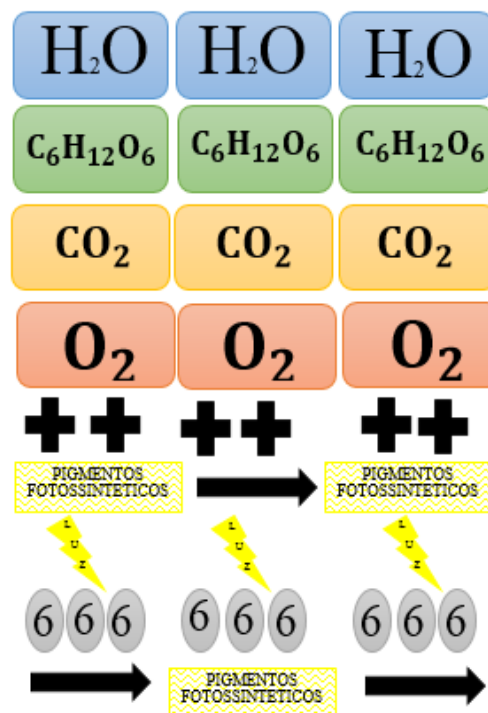
Objetivos:

Montar a equação geral da fotossíntese usando as fichas (Figura 29) entregues a cada grupo;
 Produzir texto relacionando a fotossíntese e os conteúdos trabalhados no decorrer da SEI “Investigando a Fotossíntese”.

Regras:

- Cada equipe deve utilizar todas as fichas (Figura 29) recebidas para montar a equação geral da fotossíntese;
- Não usar aparelho celular/internet durante a realização do jogo;
- Ganha o jogo a equipe que enviar primeiro foto da equação e textos produzidos para rede social (WhatsApp) para a mediadora.

Figura 29 – Fichas com os elementos da equação do jogo.⁹



Fonte: Autoria própria.

⁹ Ficha para imprimir no Apêndice III

DÉCIMA TERCEIRA ATIVIDADE INVESTIGATIVA – avaliação final

Questões

1- A fotossíntese libera para a atmosfera:

- a) o oxigênio oriundo da água;
- b) o oxigênio proveniente do gás carbônico;
- c) o gás carbônico proveniente da respiração;
- d) o vapor d'água absorvido pela luz;
- e) o gás carbônico e o oxigênio provenientes da respiração.

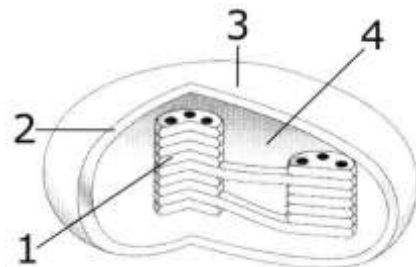
2- (EFES) A fotossíntese ocorre por meio da absorção da energia luminosa pelos pigmentos contidos nos cloroplastos. No entanto, os pigmentos absorvem a energia luminosa em diferentes comprimentos de onda

Em relação a esse processo. É incorreto afirmar que:

- a) os vegetais expostos ao comprimento de onda de 500 nm, cor verde, apresentam uma baixa taxa fotossintética.
- b) as clorofilas são pigmentos que apresentam a cor verde devido à reflexão desse comprimento de onda.
- c) o comprimento de onda que apresenta uma maior absorção corresponde ao azul.
- d) as plantas expostas ao comprimento de onda 650 nm (vermelho curto) apresentam taxa de fotossíntese igual a zero.
- e) a integração funcional dos vários pigmentos permite uma maior eficiência na captação da energia luminosa.

3- (PUC-MG) De acordo com o esquema abaixo, qual é a associação correta?

- a) Fotofosforilação cíclica ocorre em 1.
- b) Fotofosforilação acíclica ocorre em 3.
- c) Ciclo de Krebs ocorre em 4.
- d) Ciclo de Calvin ocorre em 2.
- e) Glicólise ocorre em 1.



4- (UDESC 2008) Assinale a alternativa que indica corretamente a principal função da fotólise da água.

- a) Fornecer hidrogênio, para ativar o complexo ATP sintetase, e repor elétrons perdidos pelas moléculas de clorofila.
- b) Quebrar glicose, produzindo oxigênio e ATP, para os seres aeróbios.
- c) Produzir oxigênio, para ativar o sistema ATP sintetase.
- d) Garantir a estabilidade molecular da água que circula nos vasos do xilema e do floema
- e) Garantir a oxidação da glicose.

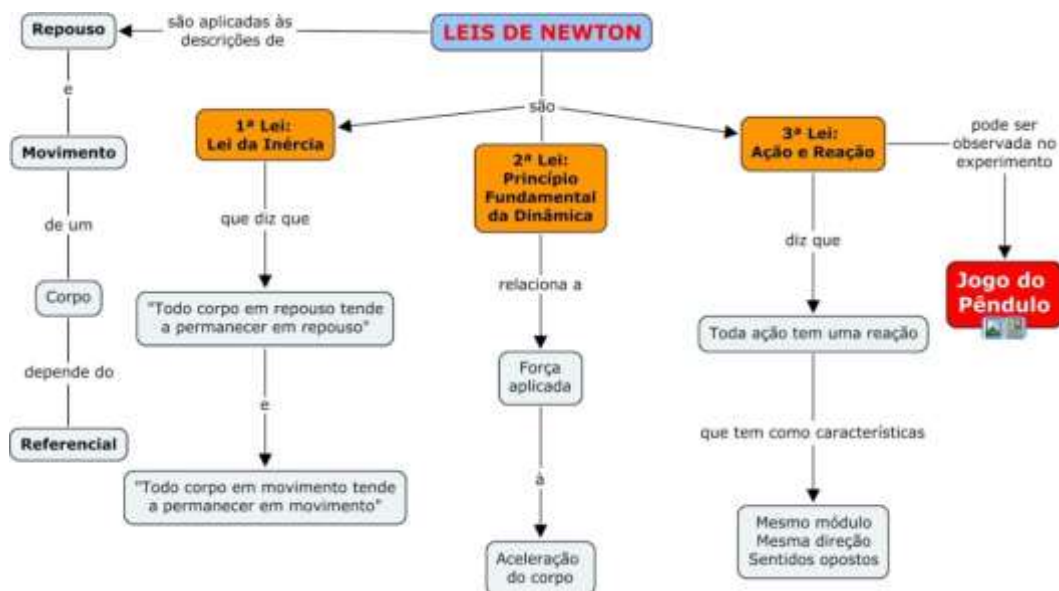
5- Em relação à fotossíntese, assinale como verdadeiro ou falso:

- () Na etapa fotossintética ocorre a produção de ATP, NADPH₂, fotólise de H₂O e produção de O₂ livre.
- () Temperaturas muito altas e baixas concentrações de CO₂ podem reduzir a velocidade da fotossíntese.
- () A taxa de fotossíntese é igual à de respiração no ponto de compensação de uma planta.
- () A formação de ATP e NADPH₂ durante a etapa fotoquímica da fotossíntese ocorre, respectivamente, por redução e fotofosforilação.

Mapa Conceitual

- Elabore, individualmente, um mapa conceitual abordando os conceitos que foram estudados ao longo da SEI. Relacione os temas das fases com o processo de fotossíntese. Em seguida são apresentados dois exemplos de mapas conceituais. Vamos antes de fazer o seu, dar uma olhada nos exemplos e tirar dúvidas com o professor?

Figura 30 – Exemplo de mapa conceitual: Leis de Newton



Fonte: <http://experimentandofisica.blogspot.com/2012/12/mapas-conceituais_10.html>.

Figura 31 – Exemplo de mapa conceitual: Transferência de calor.



Fonte: <http://experimentandofisica.blogspot.com/2012/12/mapas-conceituais_10.html>.

Agora é hora de fazer o seu próprio mapa conceitual!

APÊNDICE I – Tutorial Simulador PhET

O que é o simulador *PhET*¹⁰?

O simulador *PhET* é um recurso didático fornecido pelo site *PhET Interactive Simulations*, de forma gratuita para que todos tenham acesso. O site oferece diversas simulações de matemática e ciências, previamente testadas e avaliadas para facilitar e assegurar a eficácia educacional, entretanto, destacaremos aqui a simulação: Formas de energia e Transformações.

O site (Figura 1) fornece diversas ferramentas para que o estudante consiga interagir, em tempo real, com os recursos da simulação. Dessa forma, o efeito das mudanças feitas pelos estudantes aparece imediatamente.

Assim, utilizar o simulador *PhET* pode ser útil no processo de aprendizagem tanto para estudantes quanto para professores, pois torna as aulas mais dinâmicas e interativas, incentiva a investigação científica e usa conexões com a realidade dos estudantes.

Figura 1 – Layout do site *PhET*.



Fonte: <https://phet.colorado.edu/pt_BR/about>.

¹⁰ Site do *PhET* pode ser acessado pelo endereço eletrônico: <https://phet.colorado.edu/pt_BR/about>.

Como acessar o simulador *PhET: Formas de energia e Transformações*?

1º passo: acesse o endereço eletrônico do *PhET* <

https://phet.colorado.edu/sims/html/energy-forms-and-changes/latest/energy-forms-and-changes_pt_BR.html>

2º passo: selecione a opção: Sistemas (Figura 2).

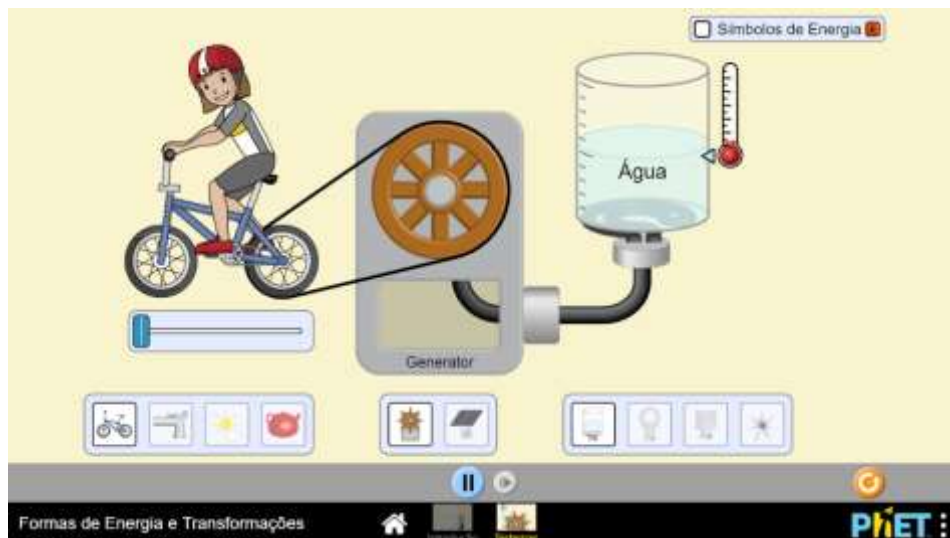
Figura 2 – Esquema do experimento.



Fonte: < https://phet.colorado.edu/sims/html/energy-forms-and-changes/latest/energy-forms-and-changes_pt_BR.html >.

3º passo: Após clicar nesta opção irá aparecer a seguinte página (Figura 3).

Figura 3 – Esquema do experimento.

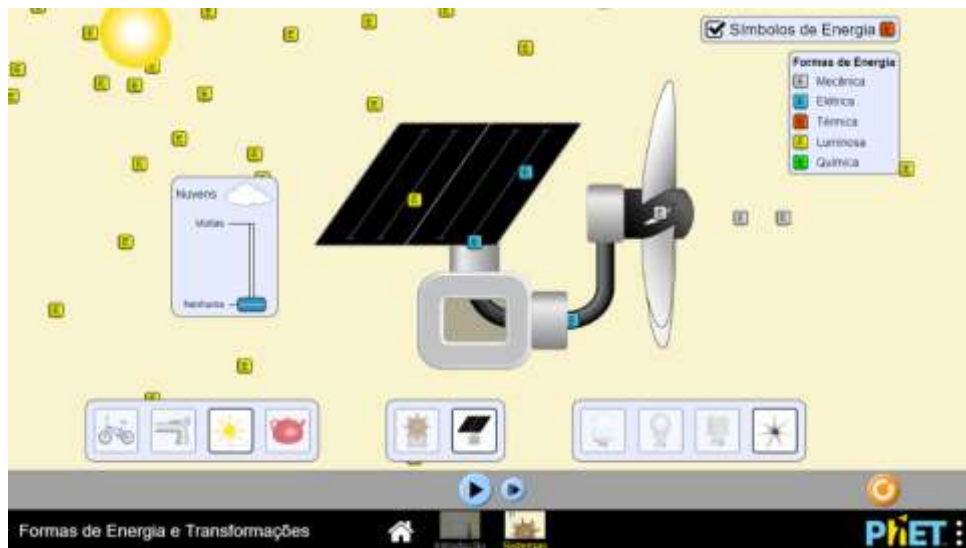


Fonte: < https://phet.colorado.edu/sims/html/energy-forms-and-changes/latest/energy-forms-and-changes_pt_BR.html >.

4º passo: Agora, você pode escolher e modificar as fontes de energia (menina pedalando/realizando trabalho, torneira saindo água, sol e vapor d'água), os geradores (gerador e painel fotovoltaico) e os dispositivos elétricos (lâmpadas e ventilador), apenas interagindo com o simulador.

Agora que você já sabe mexer no simulador, explique aos estudantes o objetivo da tarefa, peça para eles seguirem os procedimentos do roteiro. Incentive a interação e participação efetiva dos alunos. Faça questionamentos sobre o que pode ocorrer ao trocar uma fonte por outra ou ao mudar os geradores e dispositivos. Por exemplo, ao escolher o sol como fonte de energia, o painel fotovoltaico e um dispositivo elétrico (Figura 4), você pode explicar o processo de fotossíntese, associando-o com os processos de transformações de energia e o cotidiano do aluno.

Figura 4 – Exemplo do simulador.



Fonte: < https://phet.colorado.edu/sims/html/energy-forms-and-changes/latest/energy-forms-and-changes_pt_BR.html >.

APÊNDICE II – Mapa Conceitual¹¹

Mapa Conceitual

Mapas conceituais são diagramas que indicam relações entre conceitos ou entre as palavras que utilizamos para representar os conceitos. Joseph Novak e colaboradores desenvolveram a técnica do mapa conceitual em meados da década de setenta na Universidade de Cornell (Estados Unidos).

Os mapas conceituais são fundamentados na teoria cognitivista de aprendizagem de David Ausubel. No ensino, o mapa conceitual pode ser utilizado como recurso didático para que os estudantes organizem conceitos, obtendo, assim, evidências da aprendizagem significativa.

Portanto, utilizar mapas conceituais em sala de aula permite ao professor avaliar o desempenho dos estudantes, verificando os novos significados que são atribuídos aos conceitos.

Exemplo de como elaborar um mapa conceitual:

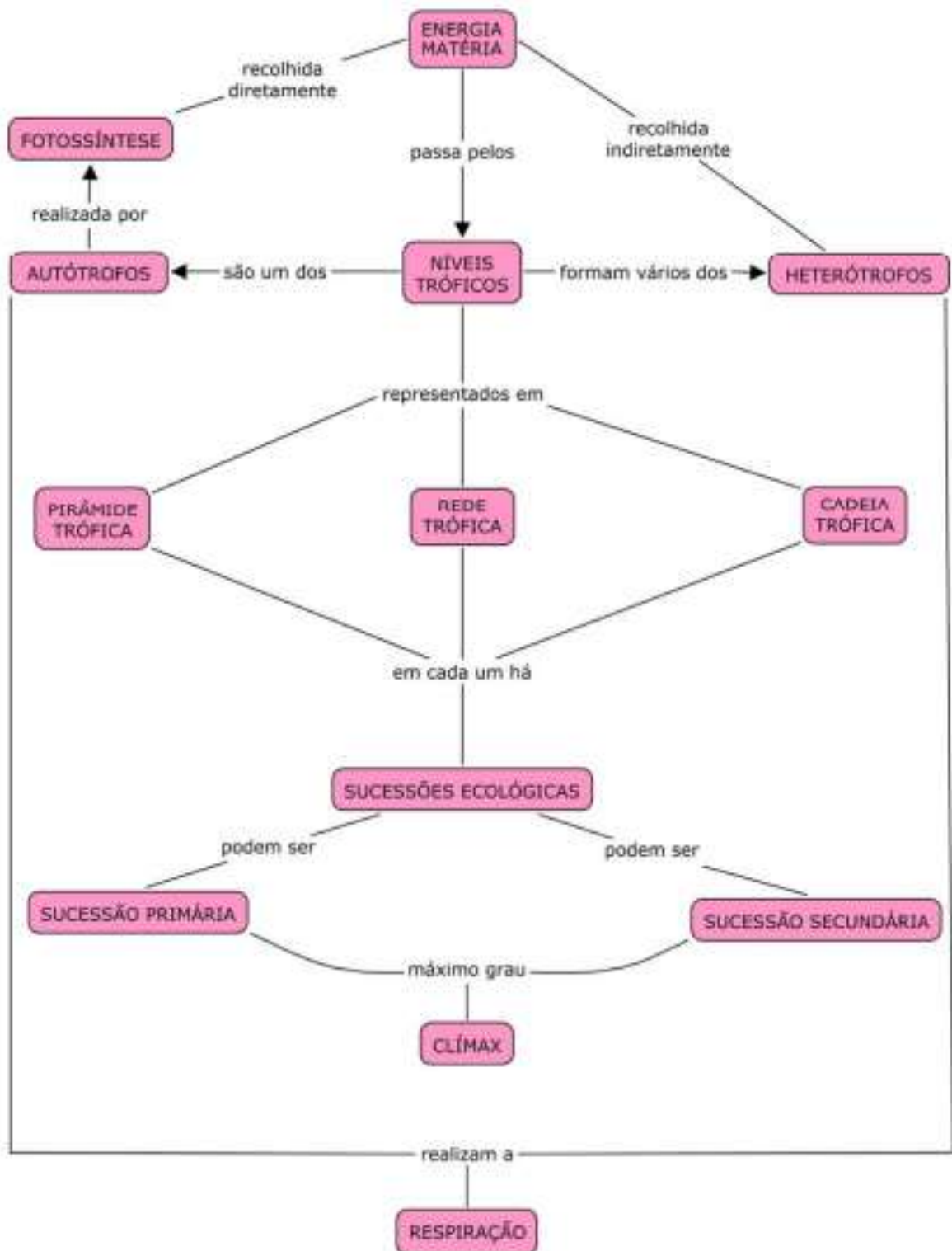
- 1º passo:** Identifique e liste entre 6 e 10 conceitos-chave do conteúdo a ser mapeado.
- 2º passo:** Organize os conceitos do(s) mais geral(is) e inclusivo(s) aos mais específicos.
- 3º passo:** Conecte os conceitos com linhas, explicitando a relação entre os conceitos.
- 4º passo:** Para dar um sentido a uma relação pode utilizar setas.
- 5º passo:** Busque relações horizontais e cruzadas entre os conceitos, evitando relações triviais.
- 6º passo:** Se achar necessário, reorganize os conceitos.

A Figura 1 mostra um exemplo de mapa conceitual.

¹¹ Síntese fundamentada nas concepções de MOREIRA, 2012.

MOREIRA, Marco Antonio. Mapas conceituais e aprendizagem significativa. Instituto de Física – UFRGS. Porto Alegre – RS. 2012. Disponível em: <<http://moreira.if.ufrgs.br/mapasport.pdf>>

Figura 1 – Exemplo de mapa conceitual



Fonte: MOREIRA, 2012¹²

¹² MOREIRA, Marco Antonio. Mapas conceituais e aprendizagem significativa. Instituto de Física – UFRGS. Porto Alegre – RS. 2012. Disponível em: <<http://moreira.if.ufrgs.br/mapasport.pdf>>

APÊNDICE III – Ficha para imprimir com os elementos da equação do jogo

