

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
PROGRAMA DE MESTRADO PROFISSIONAL EM FORMAÇÃO
CIENTÍFICA, EDUCACIONAL E TECNOLÓGICA – PPGFCET.**

SILMARA TEREZINHA PIRES CORDEIRO

**MANUAL DE INSTRUÇÕES DO JOGO DE TABULEIRO
LUDO DA FOTOSSÍNTESE.**

**CURITIBA – PR
2015**

SILMARA TEREZINHA PIRES CORDEIRO

**MANUAL DE INSTRUÇÕES DO JOGO DE TABULEIRO
LUDO DA FOTOSSÍNTESE.**

Produto associado à dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Ensino de Ciências, do Programa de Pós-Graduação em Formação Científica, Educacional e Tecnológica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Professor Dr. ArandiGinane Bezerra Jr

CURITIBA – PR
2015

TERMO DE LICENCIAMENTO

Esta Dissertação e o seu respectivo Produto Educacional estão licenciados sob uma Licença Creative Commons *atribuição uso não-comercial/compartilhamento sob a mesma licença 4.0 Brasil*. Para ver uma cópia desta licença, visite o endereço <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/> ou envie uma carta para Creative Commons, 171 Second Street, Suite 300, San Francisco, California 94105, USA.



Dados Internacionais de Catalogação na Publicação

C794m Cordeiro, Silmara Terezinha Pires
2015 Manual de instruções do jogo de tabuleiro ludo da fotossíntese / Silmara Terezinha Pires Cordeiro, .- 2015.
69 f.: il.; 30 cm
Bibliografia: f. 44-46.

1. Fotossíntese. 2. Jogos de tabuleiro. 3. Biologia - Estudo e ensino (Ensino médio). I. Bezerra Junior, Arandí Ginane, orient. II. Título.

CDD: Ed. 22 -- 507.2

Biblioteca Central da UTFPR, Câmpus Curitiba

MANUAL DO PROFESSOR

LUDO DA FOTOSSÍNTESE

SILMARA TEREZINHA PIRES CORDEIRO

CURITIBA – PR

2015

LISTA DE FIGURAS

Fig. 01 - Tabuleiro do Ludo da Fotossíntese (versão beta).	04
Fig. 02 - Cartas contendo questões consideradas de nível fácil.	05
Fig. 03 - Cartas contendo questões consideradas de nível fácil.	06
Fig. 04 - Verso das cartas consideradas de nível fácil.	06
Fig. 05 - Cartas contendo questões consideradas de nível médio.	07
Fig. 06 - Cartas contendo questões consideradas de nível médio.	08
Fig. 07 - Verso das cartas consideradas de nível fácil.	09
Fig. 08 - Cartas contendo questões consideradas de nível difícil.	10
Fig. 09 - Cartas contendo questões consideradas de nível difícil	11
Fig. 10 - Verso das cartas consideradas de nível difícil.	12
Fig. 11 - Carta temática contendo questões sobre fotólise.	13
Fig. 12 - Verso da Carta temática contendo questões sobre fotólise.	13
Fig. 13 - Carta temática contendo questões relacionando a seiva bruta (composta de água e sais minerais) ao processo de fotossíntese.	14
Fig. 14 - Verso da Carta temática contendo questões relacionando a seiva bruta (composta de água e sais minerais) ao processo de fotossíntese.	15
Fig. 15 - Carta temática contendo questões relacionando a energia e transporte de hidrogênio no processo de fotossíntese.	16

Fig. 16 - Verso da Carta temática contendo questões relacionando a energia e transporte de hidrogênio no processo de fotossíntese.	16
.....	
Fig. 17 - Carta temática contendo questões relacionando a energia e transporte de hidrogênio no processo de fotossíntese. Fazendo surgir as moléculas de ADP e NADP.	17
.....	
Fig. 18 - Verso da Carta temática contendo questões relacionando a energia e transporte de hidrogênio no processo de fotossíntese. Fazendo surgir as moléculas de ADP e NADP.	18
.....	
Fig. 19 - Carta temática contendo questões relacionando a produção de carboidratos e a entrada de gás carbônico no processo de fotossíntese	19
.....	
Fig. 20 - Verso da Carta temática contendo questões relacionando a produção de carboidratos e a entrada de gás carbônico no processo de fotossíntese.	19
.....	
Fig. 21- Dado numérico contendo 6 faces com as numerações de 1 a 6 que serve para indicar o número de casas a serem avançadas no jogo, caso acerte a questão correspondente.	20
.....	
Fig. 22 - Dado temático contendo 6 lados cada qual com uma letra representando os níveis F – Fácil, M – Médio ou D – Difícil, sendo que 2 faces do dado correspondem a cada uma destas letras. Será jogado para a escolha do nível de dificuldade da questão a ser respondida em cada jogada.	20
.....	
Fig. 23 – Peões que serão utilizados durante o jogo representando os jogadores no tabuleiro, tanto para avançar no jogo, quanto para marcar a pontuação.	21
.....	
Fig. 24 – Visão geral das peças do Jogo da Fotossíntese.	22
.....	
Fig.25 - Alga do gênero <i>spirogyra</i> , possui DNA em formato espiral.	22
.....	
Fig. 26 - Lesma do Mar (<i>Elysia chlorotica</i>) molusco conhecido desde a década de 70, capaz engolir algas e usar os cloroplastos delas	28
.....	

Fig. 27 - Pigmentos clorofilados e carotenoides presentes nas folhas de café, acálifa e urucum, extraídos e separados por meio de cromatografia em papel. .	30
Fig. 28 - Estruturas do cloroplasto	32
Fig. 29 - Os espectros de absorção das clorofilas a e b são diferentes.	33
Fig.30 - relação entre nutrientes minerais e a fotossíntese, essa atuação ocorre na produção e regulação de enzimas e outras substâncias essenciais ao bom desempenho deste processo.	34
Fig. 31- Figura demonstrativa da fisiologia vegetal da respiração, fotossíntese e transpiração	38
Fig.32- Observação ao Microscópio Óptico de cloroplastos em elódea. A elódea é uma planta comum em aquários e conhecida dos experimentos de biologia em sala de aula.	39

LISTA DE QUADROS

Quadro 01 – Pigmentos.....	30
Quadro 02 – Funções de alguns nutrientes minerais.....	35

SUMÁRIO

1. Apresentação.....	01
2. Estrutura do Jogo.....	02
2.1. O tabuleiro.....	03
2.2. Cartas.....	04
2.3. Demais componentes do Jogo.....	16
2.4. Manual do Jogo Ludo Fotossintético.....	18
3. Manual do Professor/ Fotossíntese.....	20
3.1. Fotossíntese em procariontes.....	20
3.2. Quimiossíntese	22
3.3. Fotossíntese em animais.....	23
3.4. Fotossíntese em vegetais.....	24
3.4.1. Os tipos de fosforilação fotossintéticas.....	28
3.4.2. Função dos sais minerais na fotossíntese.....	28
3.5. A influência do processo de Fotossíntese na Evolução biológica	31
3.5.1. Surge a Fotossíntese – 3,5 bilhões de anos.....	32
3.5.2. Surgem os eucariontes – 1,5 bilhão de anos	32
3.5.3. Surgimento do Multicelulares – 650 milhões de anos.....	33
3.5.4. Expansão dos Multicelulares – 450 milhões de anos.....	33
3.5.5. Surgimento dos seres humanos – 2 milhões de anos.....	34
4. Considerações Finais.....	35
4.1. Links para materiais de apoio adicionais.....	36
5. Bibliografia Consultada.....	39
6. Apêndice.....	41
6.1. Glossário.....	41
6.2. Sequência didática.....	43
6.3. Material para Impressão.....	51

1. APRESENTAÇÃO

A fotossíntese está inserida nos conteúdos que devem ser ministrados nas escolas brasileiras, fazendo parte dos conceitos trabalhados no Ensino Médio. A proposta aqui apresentada teve por objetivos planejar, desenvolver e avaliar um jogo didático que facilitasse a compreensão dos mecanismos bioquímicos envolvidos no processo de Fotossíntese.

Este produto faz parte de um projeto de mestrado profissional e a ele está associada uma dissertação que contém mais informações acerca do trabalho, em especial sobre o referencial teórico adotado. O produto tem por objetivo principal servir de referência para aqueles que tenham interesse em utilizar o jogo em suas práticas de sala de aula.

A criação do jogo de tabuleiro Ludo da Fotossíntese (ou Ludo Fotossintético) ocorreu motivada pela dificuldade de encontrar materiais didáticos diversificados que tratassem do tema. Outra variável levada em consideração foram as dificuldades apontadas pelos estudantes no ensino-aprendizagem deste conteúdo.

Esta proposta se apresenta como material complementar para o ensino da Fotossíntese. No processo de planejamento, tomamos como base as concepções dos estudantes sobre o tema e a análise de materiais didáticos disponíveis sobre o assunto.

Durante o desenvolvimento desta proposta, consideramos o tempo disponível para as aulas de biologia no Ensino Médio. O jogo pode ser utilizado em uma aula de 50 minutos, embora cada professor precise avaliar o seu cotidiano e sua disponibilidade de tempo de acordo com a realidade de seu local de trabalho. Ainda neste sentido, a escolha do formato do jogo baseou-se na flexibilidade e na portabilidade dos materiais produzidos. Esperamos que o material didático torne mais atraente o ensino da Fotossíntese.

Os Indicadores da Alfabetização Científica constituíram uma das referências durante a fase de planejamento e avaliação do jogo. Durante a intervenção em sala de aula, consideramos os Eixos Estruturantes da Alfabetização Científica, que são:

1. **Compreensão básica de termos, conhecimentos e conceitos científicos.**

Neste sentido foi dada ênfase aos principais conceitos-chave ligados à

Fotossíntese, com o objetivo de levar os estudantes a entender as relações deste processo com as situações de seu dia-a-dia. Como exemplo disso podemos citar a relação entre a Fotossíntese e a agricultura.

2. **Compreensão da natureza da ciência e dos fatores éticos e políticos que circundam sua prática.** Visando atender a este preceito durante as aulas introdutórias, procurou-se chamar atenção para a forma como as investigações científicas são realizadas, com o objetivo de preparar os estudantes para situações que exijam reflexões e análises considerando-se um contexto mais amplo. Como exemplo de situação que exija este tipo de conhecimento podemos citar a necessidade de desvendar totalmente o processo de Fotossíntese para que este possa servir de base para a produção de energia alternativa, e a reflexão sobre os fatores políticos que fazem com que as fontes de energia prioritárias venham do petróleo, apesar de todo o impacto ambiental provocado por esta fonte.
3. **Compreensão das relações existentes entre ciência, tecnologia, sociedade e meio-ambiente.** Procuramos deixar clara a influência não só da Fotossíntese enquanto processo biológico, mas das pesquisas que levaram ao conhecimento existente hoje, da necessidade de melhor compreensão deste fenômeno e da influência em nossa vida das ciências e tecnologias. Como exemplos, podemos citar a Fotossíntese sintética, que se mostra como uma alternativa ao aquecimento global.

2. ESTRUTURA DO JOGO

Optamos, durante a implementação do jogo em sala de aula, por iniciar com uma sequência didática que se apresenta como parte integrante deste material, no apêndice 01. Inicialmente o professor deve dividir a turma em grupos menores. Cada grupo elege um aluno que fará o papel de mediador, sendo o responsável por ler as cartas, portar o gabarito, organizar o andamento do jogo e fiscalizar a correta pontuação.

O jogo consiste de: um tabuleiro; peões coloridos usados para representar os jogadores e percorrer o tabuleiro e também para marcar os pontos durante a

partida;um gabarito contendo as respostas das questões discursivas, que deve ser usado por um dos estudantes designado para ser o mediador; dois dados, sendo um numérico e um temático, contendo as letras F (significando que a questão a ser respondida é de nível fácil), M (nível médio de dificuldade) e D (difícil). As questões estão dispostas da seguinte maneira: 20 cartas contendo questões fáceis, 20 cartas contendo questões médias, 20 cartas contendo questões difíceis e 5 cartas temáticas extras contendo questões discursivas.

2.1 O tabuleiro

O tabuleiro apresenta o espaço de jogo e um fundo com imagem de folhas, local onde ocorre a Fotossíntese em vegetais superiores. Estão representados os elementos necessários ao processo fotossintético, como luz solar, água, gás carbônico e outros. Os tilacóides estão numerados e representam a fase bioquímica.No estroma está representado o Ciclo de Calvin, também numerado, que representa a fase química do processo. Para finalizar, existe a produção de um carboidrato representado, neste caso, pela glicose

A figura do sol representa o início da partida e faz alusão aos fótons que dão início ao processo de Fotossíntese, fornecendo energia. A numeração do tabuleiro conforme aFig. 01(acima)possui início com o número 1, que está localizado no tilacóide (verde), logo após a figura do sol,e término no Ciclo de Calvin (azul), de número 30. As casas do tabuleiro estão representadas inicialmente dentro dos tilacóides, na fase fotoquímica, e posteriormente na fase química, no estroma, fazendo parte do ciclo de Calvin. Algumas casas possuem questões diferenciadas com o objetivo de destacar algumas etapas essenciais do funcionamento do processo de Fotossíntese. São elas as de número 5,11,19,24 e 26. A casa de número 5 destaca o subproduto da reação de fotólise como sendo o oxigênio; a casa 11 destaca o papel da água na Fotossíntese relacionando a mesma à seiva bruta; enquanto as casas 19 e 24 evidenciam a fotofosforilação com produção de ATP e,posteriormente, o retorno do ADP à fase fotoquímica, e ainda a função do NADPH no transporte de hidrogênio. Finalmente, na casa 26, a entrada do dióxido de carbono evidenciando que este dá início ao ciclo de Calvin. . Estes detalhes podem ser observados na figura 01, logo abaixo.

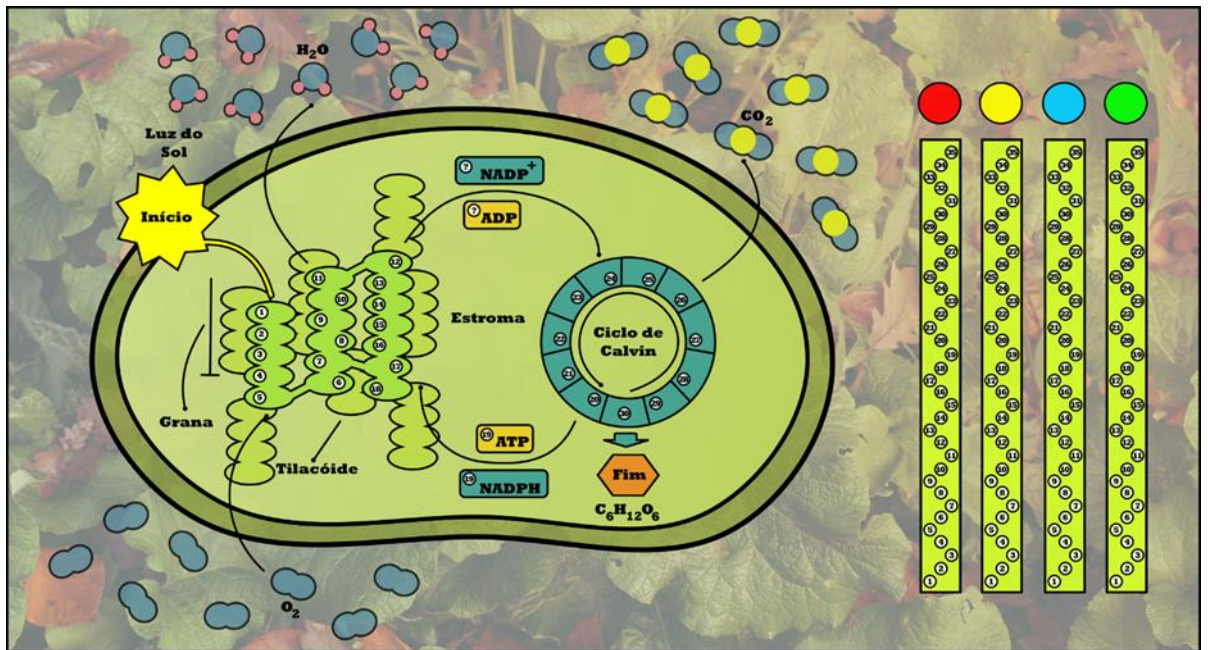


Figura 01: Tabuleiro do Ludo da Fotossíntese (versão beta)

Fonte: autora

2.2. Cartas

As questões objetivas utilizadas nas cartas tiveram inspiração nos conceitos requisitados em vestibulares de universidades públicas estaduais e federais, assim como no ENEM (Exame Nacional do Ensino Médio).

Foram consideradas de nível fácil as que mais se aproximavam dos conceitos que devem ser aprendidos durante o primeiro ano do Ensino Médio. Nas figuras 2, 3 e 4 encontra-se uma visão geral das cartas consideradas de nível fácil.

<p>Durante a fotossíntese a água absorvida pelas raízes e transportada para as folhas do vegetal. A estrutura que NÃO tem associação com a descrição é:</p> <p>A) Cloroplasto. B) Mitocôndria. C) Floema.</p> <p>resposta: B</p>	<p>Os organismos autótrofos são aqueles que sintetizam moléculas orgânicas a partir de:</p> <p>A) Água e glicose. B) Substâncias orgânicas. C) Substâncias inorgânicas.</p> <p>resposta: C</p>	<p>A fotossíntese é uma reação química de fundamental importância para a vida porque:</p> <p>A) Produz glicose e CO₂. B) Produz oxigênio e CO₂. C) Transforma a energia luminosa em energia química a partir do CO₂ e da água.</p> <p>resposta: C</p>	<p>Em relação ao processo fotossintético é correto dizer que:</p> <p>A) O CO₂ é liberado e será utilizado na formação de carboidratos pelos seres heterótrofos. B) O oxigênio liberado provém da tanto molécula de H₂O quanto da molécula de CO₂. C) A glicose produzida será aproveitada quando houver respiração celular.</p> <p>resposta: C</p>	<p>Sobre a fotossíntese e a respiração é correto afirmar que:</p> <p>A) O CO₂ e a água são moléculas de alto teor energético. B) Os carboidratos convertem energia solar em energia química. C) A vida na Terra depende, em última análise, de energia proveniente do Sol.</p> <p>resposta: C</p>
<p>As árvores, além de amenizarem o calor, melhoram a qualidade do ar, e isso se deve à:</p> <p>A) Respiração pela produção de O₂. B) Fotossíntese pela produção de CO₂. C) Fotossíntese pela produção de O₂.</p> <p>resposta: C</p>	<p>Uma molécula utilizada pelas células para armazenar energia e que é essencial para o funcionamento dos organismos vivos é o trifosfato de adenosina. A sigla que o representa é:</p> <p>A) ATP. B) ADP. C) NAD.</p> <p>resposta: A</p>	<p>A energia luminosa absorvida pela clorofila é transferida para as(os):</p> <p>A) Elétrons. B) Íons. C) Nêutrons.</p> <p>resposta: A</p>	<p>As bactérias púrpuras fazem um tipo especial de fotossíntese utilizando:</p> <p>A) Clorofila X. B) Clorofila A. C) Bacterioclorofila.</p> <p>resposta: C</p>	<p>Plantas, algas, cianobactérias e um grupo de bactérias têm a capacidade de realizar fotossíntese. A este respeito é correto afirmar:</p> <p>A) Somente as plantas e as algas produzem gás oxigênio. B) Somente as plantas apresentam as clorofilas α e b. C) Somente as plantas e as algas apresentam as clorofilas localizadas no interior dos plastos.</p> <p>resposta: C</p>

Figura 02: Cartas contendo questões consideradas de nível fácil.

Fonte: autora.

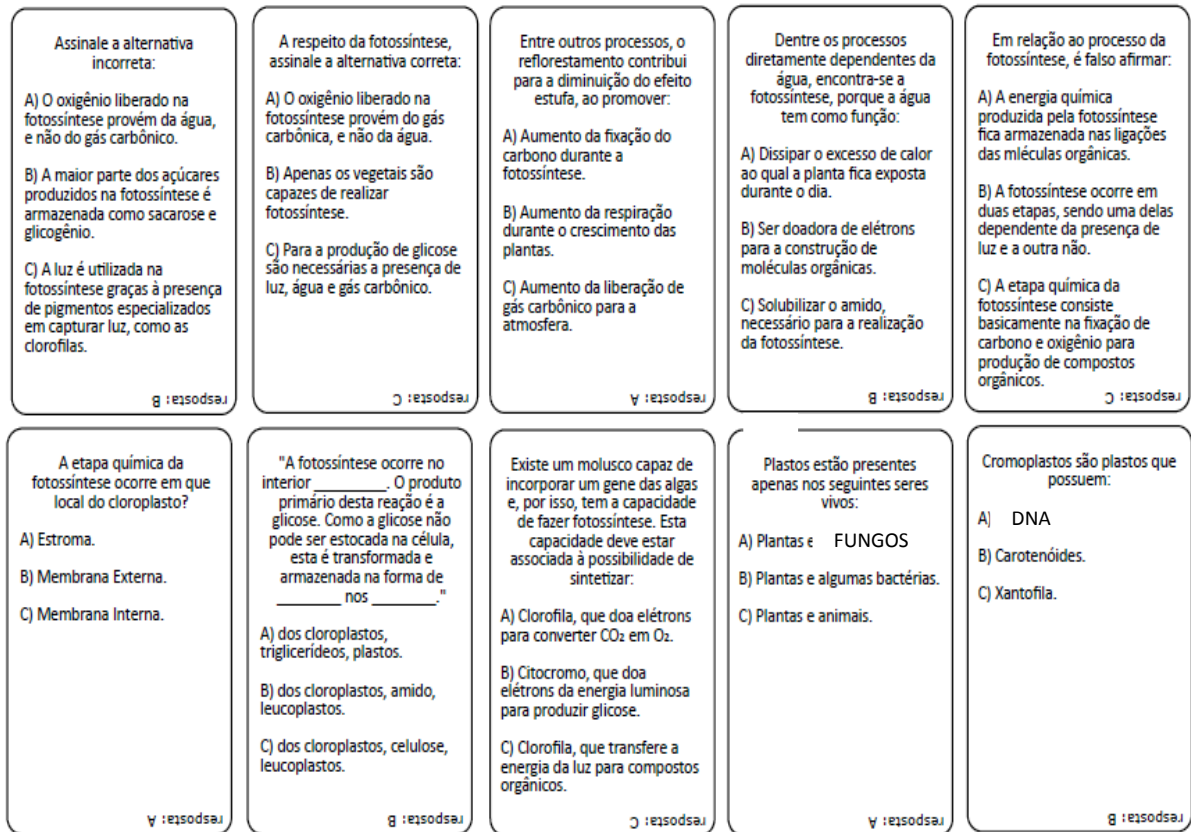


Figura 03: Cartas contendo questões consideradas de nível fácil.
Fonte: autora.



Figura04: Verso das cartas consideradas de nível fácil.
Fonte: autora.

As questões consideradas de nível médio foram selecionadas entre os conceitos sobre a Fotossíntese que seriam esperados de domínio dos estudantes ao término do 2º ano do Ensino Médio. Nas figuras 5, 6 e 7 encontra-se uma visão geral das cartas consideradas de nível médio.

<p>Assinale a alternativa incorreta:</p> <p>A) O oxigênio liberado na fotossíntese provém da água, e não do gás carbônico.</p> <p>B) A maior parte dos açúcares produzidos na fotossíntese é armazenada como sacarose e glicogênio.</p> <p>C) A luz é utilizada na fotossíntese graças à presença de pigmentos especializados em capturar luz, como as clorofilas.</p> <p>resposta: B</p>	<p>A respeito da fotossíntese, assinale a alternativa correta:</p> <p>A) O oxigênio liberado na fotossíntese provém do gás carbônico, e não da água.</p> <p>B) Apenas os vegetais são capazes de realizar fotossíntese.</p> <p>C) Para a produção de glicose são necessárias a presença de luz, água e gás carbônico.</p> <p>resposta: C</p>	<p>Entre outros processos, o reflorestamento contribui para a diminuição do efeito estufa, ao promover:</p> <p>A) Aumento da fixação do carbono durante a fotossíntese.</p> <p>B) Aumento da respiração durante o crescimento das plantas.</p> <p>C) Aumento da liberação de gás carbônico para a atmosfera.</p> <p>resposta: A</p>	<p>Dentre os processos diretamente dependentes da água, encontra-se a fotossíntese, porque a água tem como função:</p> <p>A) Dissipar o excesso de calor ao qual a planta fica exposta durante o dia.</p> <p>B) Ser doadora de elétrons para a construção de moléculas orgânicas.</p> <p>C) Solubilizar o amido, necessário para a realização da fotossíntese.</p> <p>resposta: B</p>	<p>Em relação ao processo da fotossíntese, é falso afirmar:</p> <p>A) A energia química produzida pela fotossíntese fica armazenada nas ligações das moléculas orgânicas.</p> <p>B) A fotossíntese ocorre em duas etapas, sendo uma delas dependente da presença de luz e a outra não.</p> <p>C) A etapa química da fotossíntese consiste basicamente na fixação de carbono e oxigênio para produção de compostos orgânicos.</p> <p>resposta: C</p>
<p>A etapa química da fotossíntese ocorre em que local do cloroplasto?</p> <p>A) Estroma.</p> <p>B) Membrana Externa.</p> <p>C) Membrana Interna.</p> <p>resposta: A</p>	<p>"A fotossíntese ocorre no interior _____. O produto primário desta reação é a glicose. Como a glicose não pode ser estocada na célula, esta é transformada e armazenada na forma de _____ nos _____."</p> <p>A) dos cloroplastos, triglicerídeos, plastos.</p> <p>B) dos cloroplastos, amido, leucoplastos.</p> <p>C) dos cloroplastos, celulose, leucoplastos.</p> <p>resposta: B</p>	<p>Existe um molusco capaz de incorporar um gene das algas e, por isso, tem a capacidade de fazer fotossíntese. Esta capacidade deve estar associada à possibilidade de sintetizar:</p> <p>A) Clorofila, que doa elétrons para converter CO₂ em O₂.</p> <p>B) Citocromo, que doa elétrons da energia luminosa para produzir glicose.</p> <p>C) Clorofila, que transfere a energia da luz para compostos orgânicos.</p> <p>resposta: C</p>	<p>Plastos estão presentes apenas nos seguintes seres vivos:</p> <p>A) Plantas e alguns protistas.</p> <p>B) Plantas e algumas bactérias.</p> <p>C) Plantas e animais.</p> <p>resposta: A</p>	<p>Cromoplastos são plastos que possuem:</p> <p>A) Clorofila.</p> <p>B) Carotenóides.</p> <p>C) Xantofila.</p> <p>resposta: B</p>

Figura 05: Cartas contendo questões consideradas de nível médio.
Fonte: autora.

<p>Cromoplastos são plastos que possuem:</p> <p>A) DNA</p> <p>B) Carotenóides.</p> <p>C) Xantofila.</p> <p>resposta: B</p>	<p>A teoria endossimbiótica pode ser descrita como:</p> <p>A) Simbiose mutualística entre seres eucarióticos e bactérias.</p> <p>B) Simbiose mutualística entre seres eucarióticos e bactérias púrpuras.</p> <p>C) Simbiose mutualística entre seres eucarióticos e bactérias metanogênicas.</p> <p>resposta: A</p>	<p>Cianobactérias fazem fotossíntese utilizando a clorofila:</p> <p>A) Clorofila X.</p> <p>B) Bacterioclorofila.</p> <p>C) Clorofila A.</p> <p>resposta: C</p>	<p>As moléculas de clorofila absorvem melhor certos comprimentos de onda que pertencem ao espectro de luz solar nas seguintes cores:</p> <p>A) Vermelha, laranja, azul e violeta.</p> <p>B) Vermelha, amarela, azul e violeta.</p> <p>C) Vermelha, laranja, azul e verde.</p> <p>resposta: A</p>	<p>Nas cianobactérias a fotossíntese ocorre nas(os):</p> <p>A) Tilacóides com clorofila.</p> <p>B) Cloroplastos com clorofila.</p> <p>C) Lamelas com clorofila.</p> <p>resposta: C</p>
<p>Fotofosforilação é o processo pelo qual são produzidas(os):</p> <p>A) ADP.</p> <p>B) ATP.</p> <p>C) NADP.</p> <p>resposta: B</p>	<p>Fixação de carbono é o nome da fase da fotossíntese em que ocorre:</p> <p>A) Conversão de gás carbônico em compostos orgânicos.</p> <p>B) Fixação de carbono em NADP.</p> <p>C) Conversão de gás carbônico em metano.</p> <p>resposta: A</p>	<p>A fase química da fotossíntese pode ocorrer:</p> <p>A) Somente na ausência de luz.</p> <p>B) Somente na presença de luz.</p> <p>C) Ocorre tanto na ausência quanto na presença de luz.</p> <p>resposta: C</p>	<p>Segundo evidências sobre a Origem da vida na Terra, inicialmente não existia O₂ livre na atmosfera. O surgimento de seres fotossintetizantes pode ter sido responsável pela liberação de O₂. Esses organismos seriam similares às:</p> <p>A) Quimiobactérias.</p> <p>B) Cianobactérias.</p> <p>C) Bactérias metanogênicas.</p> <p>resposta: B</p>	<p>A etapa fotoquímica da fotossíntese ocorre em que local do cloroplasto?</p> <p>A) Estroma.</p> <p>B) Membrana Externa.</p> <p>C) Tilacóides.</p> <p>resposta: C</p>

Figura 06: Cartas contendo questões consideradas de nível médio.
Fonte: autora.



Figura 07:Verso das cartas consideradas de nível médio.
Fonte: autora.

As questões consideradas de nível difícil foram selecionadas entre os conceitos sobre a Fotossíntese que seriam esperados de domínio dos estudantes ao término do 3º ano do Ensino Médio. Nas figuras 8, 9 e 10 encontra-se uma visão geral das cartas consideradas de nível difícil.

<p>A ação da luz sobre a clorofila libera elétrons que são capturados por uma cadeia transportadora. Durante esse processo de transporte ocorre:</p> <p>A) Formação de quantidade elevadas do acceptor NADP^{+a} a partir da captura de elétrons e prótons.</p> <p>B) Transferência dos elétrons entre moléculas organizadas em ordem decrescente de energia.</p> <p>resposta: B</p>	<p>Durante o ciclo das Pentoses, para cada molécula de gás carbônico que entra no ciclo ocorre o consumo de:</p> <p>A) 3 moléculas de ATP.</p> <p>B) 4 moléculas de ATP.</p> <p>C) 5 moléculas de ATP.</p> <p>resposta: A</p>	<p>Durante a fase fotoquímica a molécula de ADP recebe a adição de um Pi formando ATP. Esse processo é denominado:</p> <p>A) Fotofosforilação.</p> <p>B) Fosforilação.</p> <p>C) Fotólise.</p> <p>resposta: A</p>	<p>Na fotossíntese, ocorrem vários fenômenos importantes, com exceção de:</p> <p>A) Absorção de luz pelas clorofilas e conversão de energia luminosa em química.</p> <p>B) Redução de CO_2 pelos hidrôgenios provenientes da água.</p> <p>C) Liberação de O_2 proveniente da lise do dióxido de carbono.</p> <p>resposta: C</p>	<p>O processo de fotossíntese ocorre em duas etapas: a fase fotoquímica e a fase bioquímica, que são responsáveis, respectivamente por:</p> <p>A) Produção de NADPH_2 e oxidação do CO_2.</p> <p>B) Produção de NADH_2 e redução do CO_2.</p> <p>C) Produção de NADPH_2 e redução do CO_2.</p> <p>resposta: C</p>
<p>No fotossistema I a clorofila absorve melhor o comprimento de onda luminoso na faixa de:</p> <p>A) 700 nm.</p> <p>B) 500 nm.</p> <p>C) 600 nm.</p> <p>D) 680 nm.</p> <p>resposta: A</p>	<p>Sobre o processo de fotossíntese é correto afirmar que:</p> <p>A) Os diferentes tipos de clorofila são os únicos pigmentos associados à absorção de luz no processo fotossintético.</p> <p>B) A etapa fotoquímica ou reações de claro ocorrem nos tilacóides dos cloroplastos, liberando oxigênio resultante da fotólise da água.</p> <p>resposta: B</p>	<p>Sobre o processo fotossintético, podemos afirmar corretamente que durante a etapa fotoquímica ocorre:</p> <p>A) Liberação do oxigênio e redução do NADP.</p> <p>B) Fotólise da água e oxidação do NADP a NADPH.</p> <p>C) Redução do NAD a NADPH e fotofosforilação do ATP.</p> <p>resposta: A</p>	<p>Qual a alternativa correta quanto à utilidade dos gases para vida?</p> <p>A) Metano é fonte de carbono para os organismos fotossintetizantes.</p> <p>B) Metano é fonte de hidrogênio para os organismos fotossintetizantes.</p> <p>C) Gás carbônico é fonte de carbono inorgânico para os organismos fotossintetizantes.</p> <p>resposta: C</p>	<p>Analise e assinale a alternativa incorreta.</p> <p>A) Em um ambiente escuro, o meio celular fica alcalino e ocorre a abertura dos estômatos.</p> <p>B) A partir de certo ponto, o aumento da intensidade de luz não altera mais a taxa de fotossíntese.</p> <p>C) Em um ambiente com temperatura e concentração de CO_2 constantes, a taxa de fotossíntese depende exclusivamente da luminosidade.</p> <p>resposta: A</p>

Figura 08: Cartas contendo questões consideradas de nível difícil.

Fonte: autora.

<p>A fotossíntese compreende uma etapa fotoquímica, com liberação de _____, e uma etapa química em que ocorre liberação de _____. Essas etapas ocorrem _____.</p> <p>Qual alternativa completa a sentença?</p> <p>A) O₂, CO₂, nas membranas e matriz.</p> <p>B) ATP, glicose, nos tilacóides e no estroma.</p> <p>C) O₂, ATP, no citosol e no cloroplasto.</p> <p>resposta: B</p>	<p>No processo fotossintético, o ciclo de Calvin começa com a reação de uma molécula de dióxido de carbono com um açúcar de cinco carbonos conhecido como:</p> <p>A) Ribose.</p> <p>B) Desoxirribose.</p> <p>C) Ribulose difosfato.</p> <p>resposta: C</p>	<p>Em relação à fotossíntese, pode-se afirmar:</p> <p>A) Cada pigmento absorve determinados comprimentos de onda, mas tende a refleti-los igualmente em todo o espectro eletromagnético.</p> <p>B) A clorofila, durante a fotossíntese, absorve luz predominantemente no comprimento de onda violeta, azul e vermelho, refletindo no verde.</p> <p>resposta: B</p>	<p>São fatores externos que interferem na capacidade da planta em fazer a fotossíntese a:</p> <p>A) Taxa de gás carbônico, a intensidade luminosa e a temperatura do ambiente.</p> <p>B) Taxa de monóxido de carbono e a intensidade das chuvas do ambiente.</p> <p>C) Quantidade de raízes que a planta possui e a quantidade de bactérias no solo.</p> <p>resposta: A</p>	<p>Co relação à fotossíntese, assinale a afirmativa correta.</p> <p>A) A produção de carboidratos ocorrerá independente da etapa fotoquímica, se os cloroplastos forem providos com um suprimento constante de ATP e água.</p> <p>B) Ao se adicionar H₂O¹⁸ a uma suspensão de cloroplastos capazes de fazer fotossíntese, a marcação irá aparecer no oxigênio, quando a suspensão for exposta à luz.</p> <p>resposta: B</p>
<p>No Fotossistema II a clorofila absorve melhor o comprimento de onda luminosa na faixa de:</p> <p>A) 700 nm.</p> <p>B) 500 nm.</p> <p>C) 680 nm.</p> <p>resposta: C</p>	<p>O tempo médio para completar o Ciclo das Pentoses em condições normais é:</p> <p>A) 1 segundo.</p> <p>B) 1 minuto.</p> <p>C) 1 hora.</p> <p>resposta: A</p>	<p>O ciclo das Pentoses tem início a partir do momento em que o gás carbônico reage com um composto de 5 carbonos conhecido como:</p> <p>A) Ribulose bifosfato.</p> <p>B) Adenosina difosfato.</p> <p>C) Adenosina trifosfato.</p> <p>resposta: A</p>	<p>Ribulose bifosfato pode ser representado pela sigla:</p> <p>A) PGAL.</p> <p>B) RuBP.</p> <p>C) ATP.</p> <p>resposta: B</p>	<p>Em relação à ciclose na célula vegetal, é incorreto dizer que:</p> <p>A) O exame a fresco não possibilita a sua observação.</p> <p>B) Sua velocidade aumenta com o aumento da temperatura e da luminosidade.</p> <p>C) Temperaturas baixas e ausência de oxigênio são fatores que retardam ou até anulam o movimento dos orgânulos citoplasmáticos onde ocorre a fotossíntese.</p> <p>resposta: A</p>

Figura 09: Cartas contendo questões consideradas de nível difícil.
Fonte: autora.

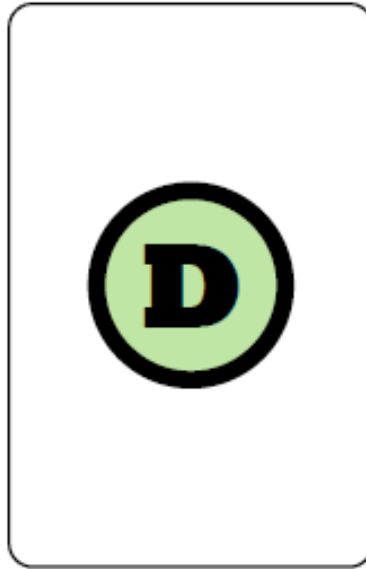


Figura 10: verso das cartas consideradas de nível difícil.
Fonte: autora.

As **cartas temáticas** foram pensadas para que alguns conceitos fundamentais da Fotossíntese não passassem despercebidos durante o jogo.

Por exemplo, as figuras 11 e 12 apresentam duas opções de questões discursivas, sendo que as duas tratam do fenômeno da fotólise, que produz a lise (quebra) da molécula de água originando oxigênio ao final do processo.

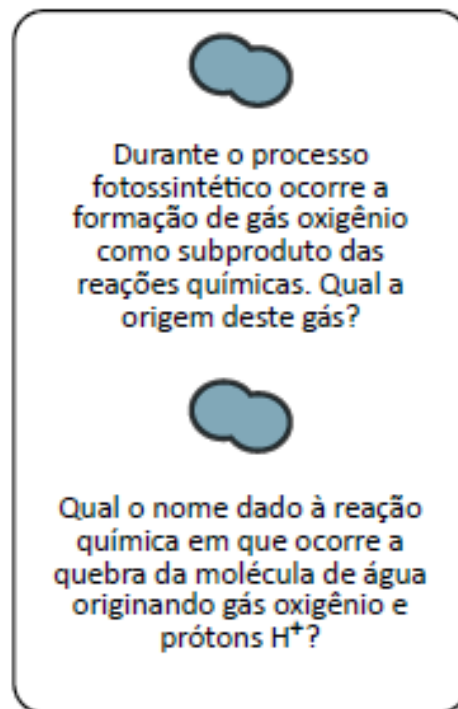


Figura 11: Carta temática contendo questões sobre fotólise
Fonte: autora.

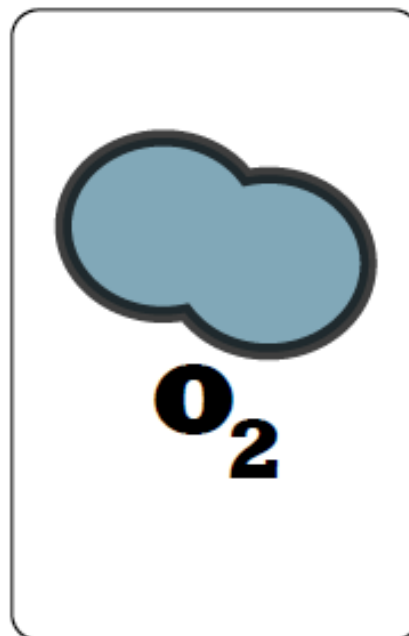


Figura 12: Verso da Carta temática contendo questões sobre fotólise
Fonte: autora

Outro exemplo é mostrado nas figuras 13 e 14, que apresentam opções de questão discursiva, sendo que as duas questões estão relacionadas à seiva bruta (sais minerais). A seiva bruta é absorvida pelas raízes dos vegetais superiores sendo parte essencial ao processo de Fotossíntese das plantas.

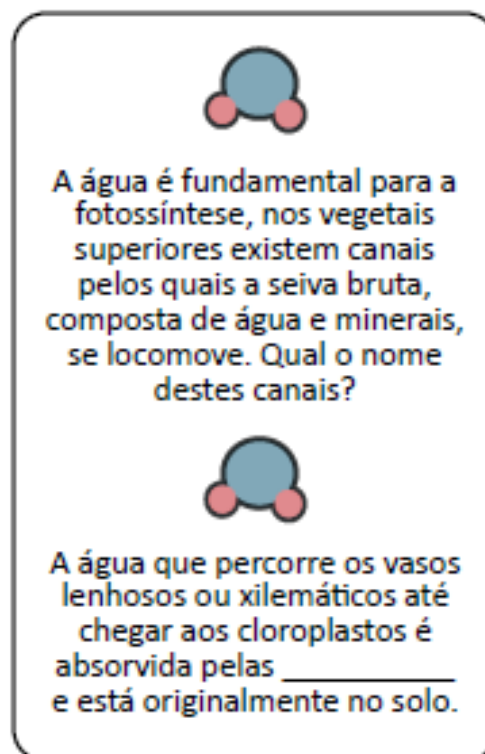


Figura 13:Carta temática contendo questões relacionando a seiva bruta (composta de água e sais minerais) ao processo de Fotossíntese.

Fonte: autora.

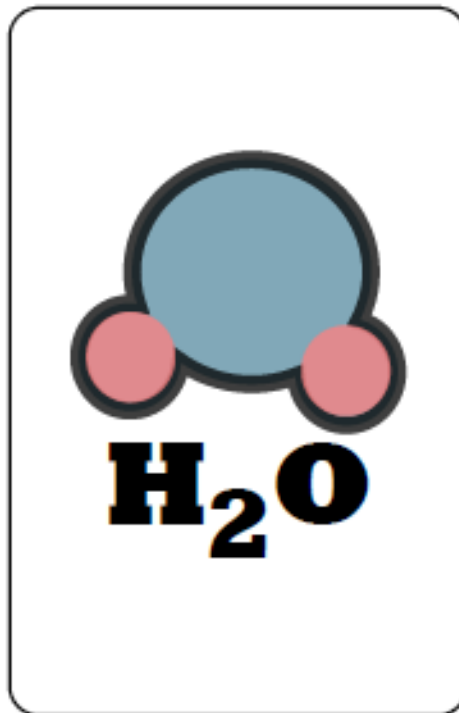


Figura 14: Verso da Carta temática contendo questões relacionando a seiva bruta (composta de água sais minerais) ao processo de Fotossíntese.
Fonte: autora.

A carta temática mostrada nas figuras 15 e 16 apresenta questão sobre a ATP (adenosina trifosfato) e sua importância no fornecimento de energia para a fase química; logo abaixo, na mesma carta, há também uma questão que apresenta a NADPH (Nicotinamida difosfato + hidrogênio) e sua função no transporte de hidrogênio para o Ciclo de Calvin.

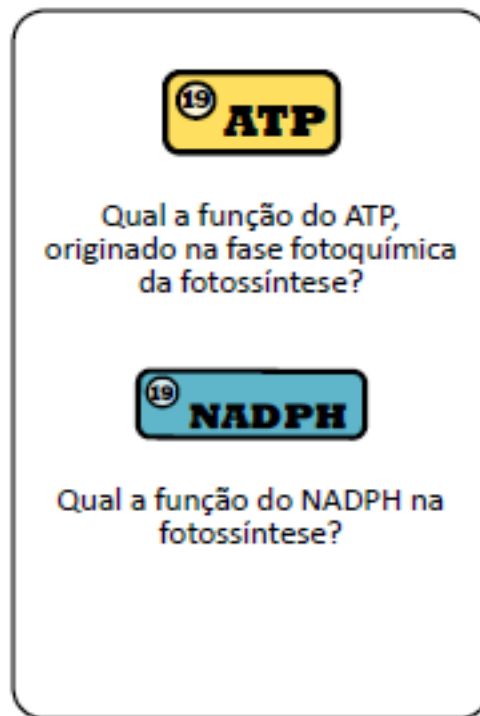


Figura 15: Carta temática contendo questões relacionando a energia e transporte de hidrogênio no processo de Fotossíntese.
Fonte: autora.

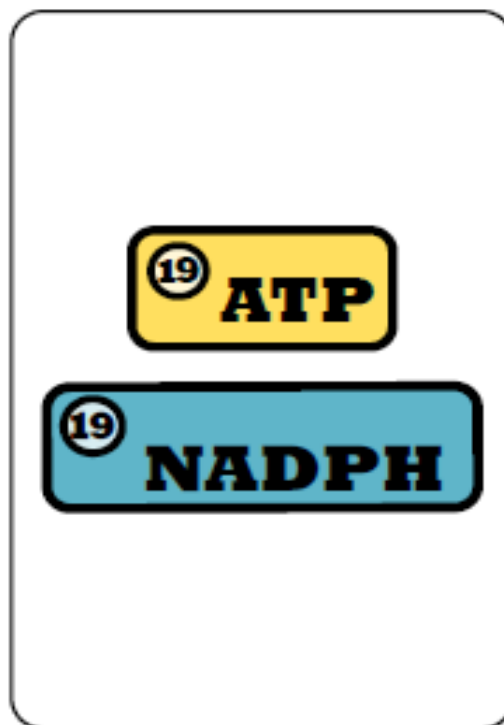
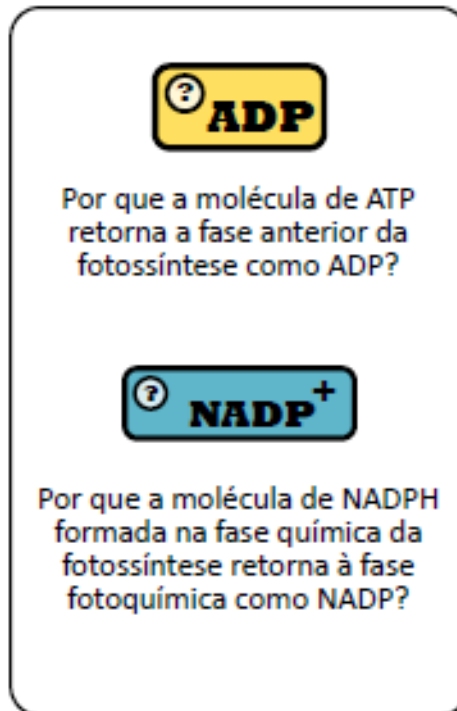


Figura 16: Verso da Carta temática contendo questões relacionando a energia e transporte de hidrogênio no processo de Fotossíntese.
Fonte: autora.

A carta temática a seguir (vide figuras 17 e 18) apresenta questões sobre a ADP (adenosina difosfato), que surge quando a ATP cede energia para a fase química; enquanto a questão seguinte, na mesma carta, apresenta a NADP (Nicotinamida difosfato), que surge quando cede o hidrogênio para o Ciclo de Calvin.



ADP

Por que a molécula de ATP retorna a fase anterior da fotossíntese como ADP?

NADP⁺

Por que a molécula de NADPH formada na fase química da fotossíntese retorna à fase fotoquímica como NADP?

Figura 17: Carta temática contendo questões relacionando a energia e transporte de hidrogênio no processo de Fotossíntese. Fazendo surgir as moléculas de ADP e NADP. Fonte: autora

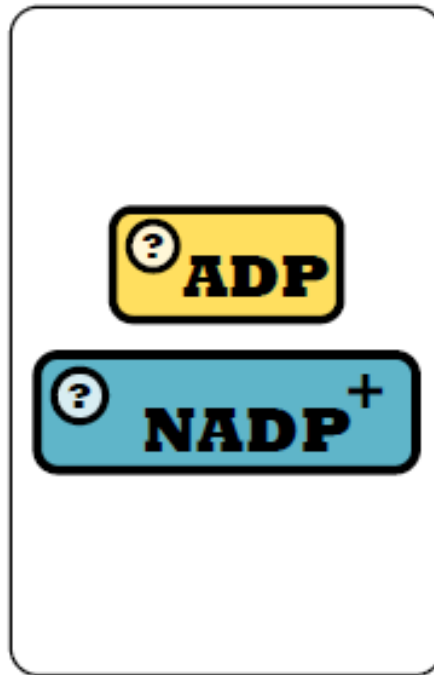


Figura 18 - Verso da Carta temática contendo questões relacionando a energia e transporte de hidrogênio no processo de Fotossíntese. Fazendo surgir as moléculas de ADP e NADP. Fonte: autora

A carta temática a seguir (figuras 19 e 20) apresenta questões sobre a produção de carboidratos, relacionando a entrada de gás carbônico no processo de Fotossíntese.

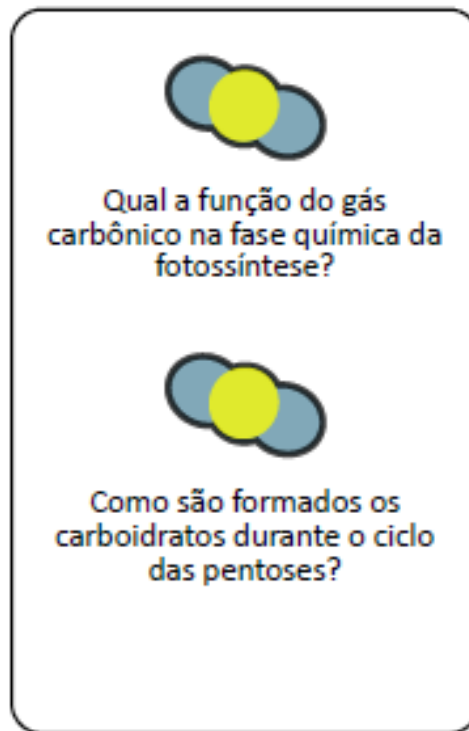


Figura 19:Carta temática contendo questões relacionando a produção de carboidratos e a entrada de gás carbônico no processo de Fotossíntese.
Fonte: autora.

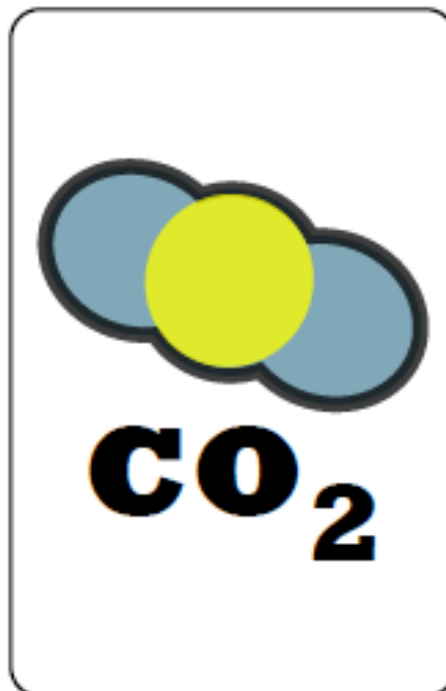


Figura 20: Verso da Carta temática contendo questões relacionando a produção de carboidratos e a entrada de gás carbônico no processo de Fotossíntese.
Fonte: autora.

2.3. Demais componentes do Jogo

Os componentes a seguir também são parte integrante do jogo Ludo da Fotossíntese: dado numérico, dado temático e peões nas cores verde, vermelho, azul e amarelo (vide figuras 21, 22 e 23). Na figura 24 pode-se ter uma visão geral das peças do jogo.



Figura 21: Dado numérico contendo 6 faces com as numerações de 1 a 6 que serve para indicar o número de casas a serem avançadas no jogo, caso acerte a questão correspondente. Fonte: autora.

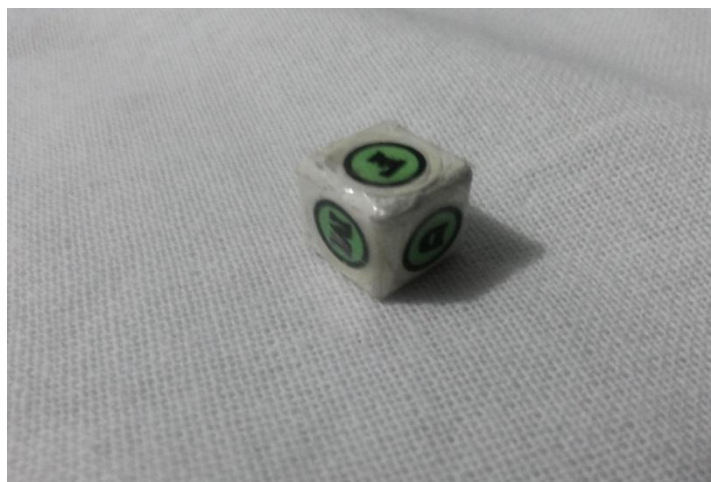


Figura 22: Dado temático contendo 6 lados, cada qual com uma letra representando os níveis F – Fácil, M – Médio ou D – Difícil, sendo que 2 faces do dado correspondem a cada uma destas letras. Será jogado para a escolha do nível de dificuldade da questão a ser respondida em cada jogada. Fonte: autora.



Figura 23: Peões que serão utilizados durante o jogo representando os jogadores no tabuleiro, tanto para avançar no jogo, quanto para marcar a pontuação.
Fonte: autora.



Figura 24: Visão geral das peças do Jogo da Fotossíntese.
Fonte: autora.

2.4.MANUAL DO JOGO LUDO FOTOSSINTÉTICO

Regras Gerais:

- Mínimo de 2 e máximo de 8 jogadores (depende do número total de alunos).
- De 1 a 2 mediadores.

O jogo consiste de: um tabuleiro para cada grupo de jogadores; 4 peões que serão usados para percorrer o tabuleiro durante o jogo; 4 peões que serão usados na marcação de pontos; um gabarito contendo a sugestão de respostas para as questões descritivas; um dado numerado de 6 faces e um dado temático que indicará o grau de dificuldade da questão a ser respondida, se for o caso; 60 cartões com questões objetivas; 5 cartões com questões temáticas.

Simulação de Jogo (passo-a-passo)

1º Passo: Escolha do(s) mediador(es).O mediador terá a incumbência de ler as questões do jogo e o gabarito (perguntas e respostas).

2º Passo: O mediador recebe a folha com instruções e regras do jogo. Folha explicativa e gabarito das questões abertas.

3º Passo: O mediador lê as instruções.

4º Passo: A equipe recebe um tabuleiro, 8 peões(sendo 4 para circular no tabuleiro e 4 para marcar a pontuação), um dado temático e um dado numérico, além das cartas com as questões. Na sequência tem início o jogo.

Instruções

- Antes de iniciar o jogo, joga-se par ou ímpar, sendo assim definida a sequência de jogadas.Cada jogador (equipe), pela ordem, escolhe uma cor referente ao peão que usará durante o jogo (Amarelo, Azul, Verde ou Vermelho);

- Durante o jogo, os estudantes por ordem de classificação no par ou ímpar, jogam o dado e se movimentam no tabuleiro;

- O primeiro jogador joga o dado temático, que contém os níveis F (Fácil - 1 ponto), M (Médio - 2 pontos) e D (Difícil-3 pontos). O mediador fica responsável por ler a carta referente à jogada e conferir a resposta dada.

(A). Caso o jogador acerte a questão, ganha a pontuação referente à questão e o direito de jogar o dado numérico e avançar o número de casas correspondente
Observação: o jogador segue o jogo enquanto estiver acertando.

(B). Caso o jogador se movimente até as casas de número 5,11,19, 24 ou 26, terá preferência para responder à questão descritiva.Neste caso o mesmo pode optar por:

1ª opção: Tentar responder à questão. Caso acerte, ganha 4 pontos e o direito de jogar o dado numérico novamente, avançando no jogo.Caso erre, fica parado aguardando nova rodada e só irá se movimentar novamente caso acerte outra questão descritiva ou, caso essas se esgotem, responde uma questão objetiva que será indicada pelo mediador.

2ª opção: Passar a vez e, neste caso, na sequência de jogadores, todos podem tentar responder à questão se assim o desejarem; para os demais jogadores, caso acertem, marcam 4 pontos, caso errem, seguem jogando normalmente.

(C). Caso o jogador erre a questão, passa a vez ao próximo jogador; (observação a pontuação é marcada no tabuleiro na cor correspondente ao jogador/equipe).

O jogador (equipe) que chegar a última casa pode ganhar o jogo ou não.Neste momento, contam-se os pontos adquiridos ao longo do trajeto. Quem obtiver maior pontuação, ganha o jogo.

Caso algum dos jogadores alcance 35 pontos antes de chegar ao final do trajeto no tabuleiro, ganha o jogo, por pontuação.

- Alternativas de premiação: frutas, por possuírem açúcares provenientes do processo fotossintético (possibilitando a introdução do tema e reflexão sobre os tipos de açúcar mais adequados para uma alimentação saudável). Boa sorte!

NOTA: O jogo pode ser modificado livremente de acordo com a necessidade e/ou criatividade dos usuários.

3. MANUAL DO PROFESSOR/ FOTOSSÍNTESE

3.1. Fotossíntese em procariontes

Prado (2006) afirma, sobre o início do processo da Fotossíntese, que:

“Quem consegue transformar energia radiante em energia química são os seres autotróficos, as plantas clorofiladas, as quais perfazem 90 % da biomassa do planeta. O início do processo é eletrônico, com a captação da energia radiante pelas moléculas de clorofila. Assim o processo fotossintético é iniciado ao nível da organização molecular.” (PRADO, 2006)

O processo fotossintético é responsável pela manutenção da vida no planeta Terra, com exceção de alguns seres capazes de utilizar CO₂ como fonte de carbono oxidando compostos inorgânicos como o nitrito e que são chamados quimiolitotróficos. Os demais dependem direta ou indiretamente da luz solar. Fotossíntese significa síntese a partir da luz solar. Unidades (pacotes) de energia denominadas fótons são absorvidas, no caso dos vegetais, pelas folhas e através de um complexo mecanismo bioquímico que ocorre em uma organela denominada cloroplasto são produzidos carboidratos que servirão de alimento para o organismo, bem como para a formação de suas estruturas. Plantas, algas e alguns seres unicelulares são capazes de realizar esse processo. (HALL e RAO, 1980; RAVEN, 2007).

Muitas pesquisas sobre os mecanismos bioquímicos da Fotossíntese foram realizadas usando como modelo as bactérias fotossintetizantes, que são organismos geralmente aquáticos, marinhos ou dulcícolas, e podem sobreviver ainda em solos úmidos, fontes sulfurosas, etc. (HALL e RAO, 1980; RAVEN, 2007). A este respeito importa notar que:

“Há três grupos principais de bactérias:

1. Bactérias sulfurosas verdes (Chlorobacteriaceae), que crescem utilizando sulfeto de hidrogênio e, em certos casos, tiosulfato como doador de elétrons. Ex.: *Chlorobium*.
2. Bactérias sulfurosas púrpuras (Thiorhodaceae), que podem usar sulfeto de hidrogênio como doador fotossintético de elétrons. Ex. *Chromatium*.
3. Bactérias não-sulfurosas púrpuras (Athiorhodaceae), que são incapazes de usar sulfeto de hidrogênio e dependem da disponibilidade de compostos orgânicos simples, como álcoois e ácidos, como doadores de elétrons. Não

podem usar água como substrato e não liberam oxigênio durante a fotossíntese.” (HALL e RAO, 1980).

Os pigmentos das bactérias fotossintetizantes guardam similaridades e diferenças com os sistemas utilizados pelos vegetais superiores. Os pigmentos clorofilianos das bactérias são as bacterioclorofilas, que estão divididas em três classes. As bactérias púrpuras podem apresentar bacterioclorofila a ou d; as bactérias verdes possuem as bacterioclorofilas a, b ou c. Os principais carotenóides das bactérias apresentam diferenciação bioquímica dos carotenóides encontrados nas algas (HALL e RAO, 1980).

“A análise filogenética, baseada no sequenciamento do RNA ribossômico, revela que existem pelo menos 17 grupos principais de Bactéria. Os grupos incluem desde a linhagem mais antiga de autótrofos quimiossintetizantes termofílicos extremos, que oxidam o hidrogênio gasoso ou reduzem compostos sulfurosos, até as linhagens de autótrofos fotossintetizantes, representadas pelas cianobactérias e pelas bactérias purpúreas e verdes. As bactérias selecionadas aqui para uma discussão individual são as que consideramos de particular importância evolutiva e ecológica.” (RAVEN, 2014, p.527).

As bactérias fotossintetizantes contam com adaptações, sendo que os fotossistemas guardam similaridade com os vegetais, sugerindo parentesco evolutivo entre as mesmas:

“Organismos não produtores de oxigênio (anóxicos), tais como as bactérias púrpuras fotossintetizantes dos gêneros *Rhodobacter* e *Rhodospseudomonas*, contêm somente um fotossistema. Tais organismos mais simples foram muito úteis para detalhados estudos estruturais e funcionais que contribuíram para uma melhor compreensão de fotossíntese oxigênica.

A estrutura do centro de reação das bactérias é considerada similar, sob muitos aspectos, aquela encontrada no fotossistema II de organismos fotossintetizantes produtores de oxigênio, especialmente na porção receptora de elétrons de cadeia. As proteínas que formam o núcleo do centro de reação das bactérias são relativamente similares em sequência às contrapartidas no fotossistema II, implicando um relacionamento evolutivo.” (TAIZ, 2004, p.150-152).

É interessante mencionar que um experimento realizado em 1882 por T. W. Engelmann revelou o espectro de ação da fotossíntese na alga filamentosa *Spirogyra* (vide figura 25), concluindo “que a fotossíntese depende da luz absorvida pela clorofila.” (RAVEN, 2014, p. 271).



Figura 25: Alga do gênero *Spirogyra*, possui DNA em formato espiral.

Fonte: <http://www.biologia.seed.pr.gov.br/modules/galeria/uploads/4/2spirogyra.jpg>

3.2 Quimiossíntese

As bactérias apresentam uma extensa diversidade metabólica. Sua importância é crucial como ponto inicial de fluxo de energia nos ecossistemas. De fato:

“Somente alguns organismos são capazes de realizar esse processo, os autótrofos, ou ‘autoalimentadores’, que são de dois tipos: quimiossintetizantes e fotossintetizantes. Quimiossintetizantes, que são todos micróbios, são um grupo fascinante tanto na biosfera atual quanto como atores na evolução da vida na Terra.” (RAVEN, 2014, p 1370).

Predominam na biosfera os organismos fotossintetizantes, que são as bactérias, algas verdes e as plantas verdes vasculares e não vasculares dos ecossistemas terrestres. Estes seres são considerados autótrofos pela sua capacidade de usar a energia capturada do sol para produzir matéria orgânica, que serve de fonte de energia para os heterótrofos, organismos que se alimentam de outros seres vivos ou mortos. (RAVEN, 2014). Por outro lado,

“Alguns autótrofos, conhecidos como autótrofos quimiossintetizantes, são capazes de utilizar compostos inorgânicos, em lugar da luz, como fonte de energia. A energia é obtida da oxidação de compostos inorgânicos

reduzidos que contêm nitrogênio, enxofre ou ferro, ou da oxidação do hidrogênio gasoso. (RAVEN,2014, p.525)

A importância dos quimiossintetizantes é evidenciada nos ambientes extremos como, por exemplo, comunidades existentes em fontes hidrotermais nos abismos oceânicos. Nestes locais, a Fotossíntese não é possível devido a completa escuridão. Nestes locais a abundância de moléculas inorgânicas reduzidas oferece a oportunidade de se extrair energia por meio da oxidação. “A *quimiossíntese é responsável por apenas uma pequena contribuição no total de energia extraída de fontes não vivas.*”(RAVEN,2014, p 1370). Existem ainda outras que vivem no esgoto como, por exemplo, as bactérias filamentosas que oxidam enxofre, pertencentes ao gênero *Beggiatoa* “*que são encontradas em áreas ricas em sulfeto de hidrogênio, como as fontes sulfurosas, e em cursos de água poluídos.*”(RAVEN, 2014, p.525).

3.3 Fotossíntese em animais

No Laboratório de uma Universidade americana, Dr. Pierci e seus colaboradores trabalham em diversos projetos. Um deles se dedica a “*investigar a biologia molecular de uma simbiose intracelular entre as células digestivas de uma lesma do mar (Elysia chlorotica) e os cloroplastos de algas (Vaucheria litorea)*” (PIERCI,2012, p.1).



Figura 26: Lesma do Mar (*Elysia chlorotica*) molusco conhecido desde a década de 70, capaz engolir algas e usar os cloroplastos delas para fazer Fotossíntese.

Fonte: E. clark disponível em <<http://biology.usf.edu/ib/faculty/spierce/>>

Ao estudarem a lesma do mar perceberam que os cloroplastos continuavam funcionais, mesmo após vários meses:

“Os plastídios, uma vez incorporados na célula [...] continuam o processo da fotossíntese, mesmo depois de vários meses de separação a partir do resto da alga e fornecer energia suficiente para sustentar a lesma na ausência de qualquer alimento adicional. Várias proteínas plastidiais são sintetizados durante este longo período de tempo surpreendentemente, incluindo alguns que parecem ser codificadas no genoma da lesma.” (PIERCI,2012, p.2).

As pesquisas continuam agora com intuito de investigar o papel dos vírus, e se estes possuem capacidade de sincronizar o ciclo de vida da lesma, proporcionando os meios pelos quais os genes de algas foram movidos para o DNA lesma. (PIERCI, 2012).

3.4. Fotossíntese em Vegetais

“As reações químicas da fotossíntese são complexas. De fato, pelo menos 50 etapas intermediárias da reação já foram identificadas, e passos adicionais podem ser descobertos.” (TAIZ,2004. p.144).O mesófilo é o tecido mais ativo durante o processo de fotossíntese em plantas superiores, nele há muitos cloroplastos, os quais contêm clorofilas, que são pigmentos especializados em absorção da luz. Durante esse processo, o vegetal faz uso da energia solar para oxidar água, *“liberando conseqüentemente oxigênio, e para reduzir o dióxido de carbono, assim produzindo grandes compostos carbonados, sobretudo açúcares.”* (TAIZ,2004). *“Algumas plantas, porexemplo, a Castillejarhexifolia, parasitam outras e extraem delas energia e nutrientes, mas aindaassim mantêm sua capacidade fotossintetizante”.* (RAVEN,2014, p.1370).

Existem diversos pigmentos (vide figura 27 e quadro 1) no cloroplasto, sobre estes, Hall e Rao (1980) afirmam o seguinte:

“Todos os organismos fotossintéticos contêm um ou mais pigmentos orgânicos capazes de absorver radiação visível que iniciará as reações fotoquímicas da fotossíntese. Esses pigmentos podem ser extraídos da maioria das folhas com álcool ou outros solventes orgânicos. Cada um dos pigmentos contidos no extrato alcoólico pode ser separado por cromatografia numa coluna de açúcar em pó, como foi demonstrado pelo botânico russo Tswett em 1906. As três principais classes de pigmentos encontrados em plantas e algas são clorofilas, os carotenoides e as ficobilinas. As ficobilinas são solúveis em água, ao passo que as clorofilas e

os carotenoides não o são. Os carotenoides e as ficobilinas são chamados de pigmentos fotossintéticos acessórios, uma vez que os quanta absorvidos por esses pigmentos podem ser transferidos para a clorofila.” (HALL e RAO, 1980.p 25)

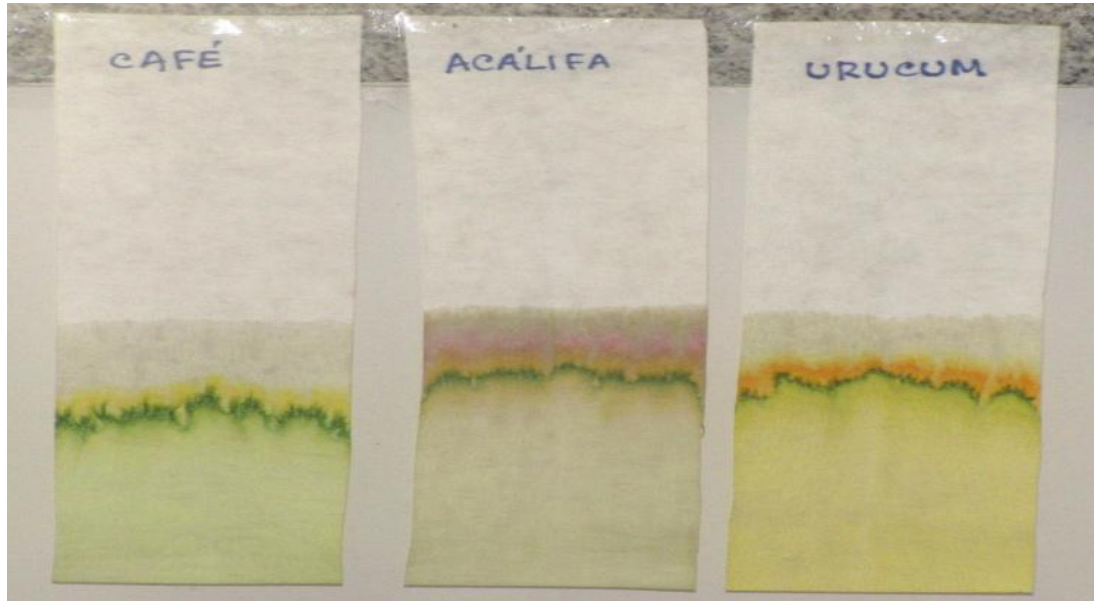


Figura 27: Pigmentos clorofilados e carotenoides presentes nas folhas de café, acálifa e urucum, extraídos e separados por meio de cromatografia em papel.

Fonte: SILVA, *et al.*, 2013,p.2.

Com respeito à fotossíntese, a clorofila desempenha papel fundamental:

“As clorofilas estão fixadas por sua porção apolar (o fitol) nas lamelas dos tilacóides no interior do cloroplasto. A energia radiante é conduzida por cerca de 300 clorofilas (as clorofilas-antena) até um centro de reação em que uma clorofila especial (a clorofila-armadilha) recebe a energia captada. Essa clorofila armadilha excitada perde um elétron (e^-); esse elétron segue por uma cadeia transportadora [...] parecida com a cadeia transportadora eletrônica da respiração.” (PRADO, 2006.).

Tipo de pigmento	Ocorrência
Clorofilas	
Clorofila a	Todas as plantas superiores e algas
Clorofila b	Todas as plantas superiores e algas verdes
Clorofila c	Diatomáceas e algas pardas
Clorofila d	Algas vermelhas
Carotenóides	
B- caroteno	Plantas superiores e a maioria das algas
A - Caroteno	Maioria das plantas superiores e certas algas
Luteol	Algas verdes e vermelhas; plantas superiores
Violaxantol	Plantas superiores
Fucoxantol	Diatomáceas e algas pardas
Ficobilinas	
Ficoeritrinas	Algas vermelhas e certas algas azuis
Ficocianinas	Algas azuis e certas algas vermelhas.

Quadro 01 – Pigmentos (HALL e RAO, 1980, p. 26.Adaptado).

A propósito dos carotenoides:

“Os carotenoides são pigmentos amarelos ou alaranjados, encontrados em todas as células fotossintetizantes. Normalmente, sua coloração nas folhas é mascarada pela clorofila, mas, no hemisfério norte, no outono quando a clorofila se desintegra surge a coloração dos carotenoides. Os carotenoides contêm um sistema conjugado de dupla ligação do tipo poliênico. Geralmente são hidrocarbonetos puros (carotenos) ou hidrocarbonetos oxigenados (carotenos ou xantofilas), em cadeias de 40 carbonos construídas a partir de subunidades de isopreno. Os carotenoides têm espectros de absorção de banda tripla na região entre 400 a 550 nm.”

Os vegetais contam com a proteção de filtros solares naturais, motivo pelo qual suas células não são danificadas pela exposição ao sol, “*os carotenoides servem como agentes fotoprotetores. Algumas xantofilas também participam da dissipação de energia*” (TAIZ, 2004, p. 163)

“Os carotenoides situam-se nas lamelas do cloroplasto em íntima associação com a clorofila. A energia absorvida por esses pigmentos pode ser transferida para a clorofila a para a fotossíntese. Além disso, os carotenoides podem proteger as moléculas de clorofila contra a fotooxidação em luz excessiva.” (HALL e RAO, p. 29)

As algas marinhas contam com pigmentos especializados que permitem a realização da fotossíntese mesmo que seu habitat seja nas profundezas do oceano, o que dificulta o acesso ao espectro de luz solar:

“As algas marinhas vermelhas e as primitivas algas azuis contêm um grupo de pigmentos conhecido como ficobilinas. As ficoeritrinas, vermelhas, são encontradas em todas as algas vermelhas e as ficocianinas, azuis, em todas as algas azuis. Estruturalmente, as ficobilinas estão relacionadas com as porfirinas da clorofila a, mas não possuem a cauda de fitol e nem contêm magnésio. São solúveis em água. As ficoeritrinas absorvem luz na região mediana do espectro visível. Isso capacita a que as algas vermelhas, que vivem submersas no mar, a oceânicas mais profundas, pois as radiações azul e vermelha são absorvidas pelas camadas mais superficiais. Quanto maior a profundidade oceânica em que vive uma alga vermelha, maior será o seu conteúdo em ficoeritrina em relação à clorofila. A ficocianina é encontrada nas algas azuis cujos habitats são superiores de massas líquidas doces e do próprio solo. A energia absorvida pelas ficobilinas é transferida as clorofilas para os processos fotoquímicos. Portanto, as plantas superiores e as algas desenvolveram, durante o curso da evolução, diversos pigmentos para captar a radiação solar disponível da maneira mais eficiente possível, para realizar a fotossíntese. A abundância relativa desses pigmentos está na dependência da espécie vegetal, de sua localização, das estações do ano, etc.” (HALL e RAO, p. 30)

Os cloroplastos possuem DNA próprio, além de RNA e ribossomos. Muitas das proteínas do cloroplasto são produtos da transcrição e tradução dentro do próprio cloroplasto (vide figura 28), enquanto outras são codificadas pelo DNA

nuclear, sintetizadas nos ribossomos citoplasmáticos e, então, importadas para o interior dos cloroplastos. (TAIZ,2004. p.148).

Segundo Taiz, a Fotossíntese ocorre nos complexos contendo antenas de captação de luz solar e centros fotoquímicos de reação:

“Os centros de reação e a maior parte dos complexos antena são componentes integrais das membranas fotossintéticas. Nos organismos eucariontes fotossintetizantes, tais membranas estão localizadas dentro dos cloroplastos; nos procariontes fotossintetizantes, o sítio da fotossíntese é a membrana plasmática ou as membranas derivadas dela.” (TAIZ,2004, pg. 145)

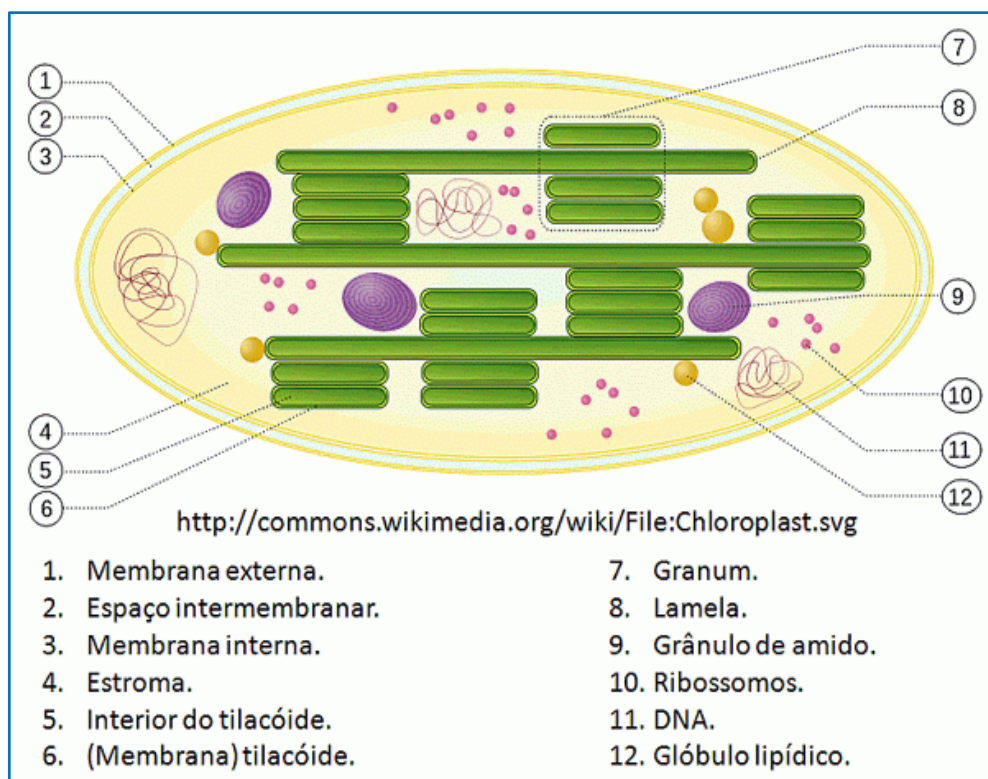


Figura 28: Estruturas do cloroplasto.

Fonte: <http://commons.wikipédia.org/wiki/File:choroplast.svg>

A luz que não é absorvida pela clorofila a é capturada pela clorofila b (vide figura 29), pois elas têm uma absorção intensa em diferentes comprimentos de onda. Assim, esses dois tipos de clorofila complementam um ao outro na absorção da luz incidente.

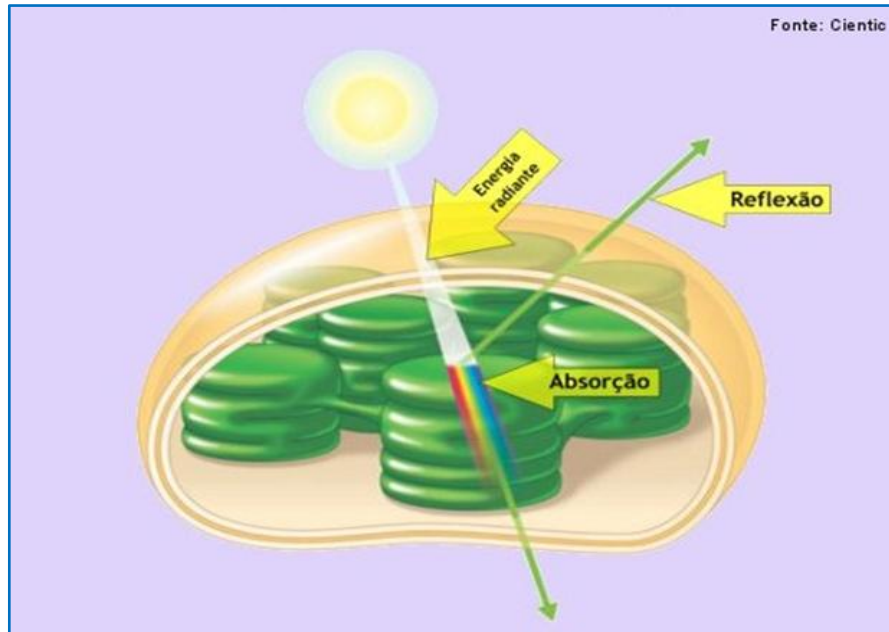


Figura 29 - Os espectros de absorção das clorofilas a e b são diferentes.
 Fonte: <http://www.biologia.seed.pr.gov.br/modules/galeria/uploads/3/3absorveluz.jpg>

3.4.1. Os tipos de fosforilação fotossintética:

“Fosforilação fotossintética é a produção a ATP no cloroplasto por meio de reações ativadas por luz. Pode ocorrer via dois sistemas: acíclico e cíclico. Na fotofosforilação acíclica o ATP é produzido num sistema “aberto” de transferência de elétrons, junto com a liberação de O₂ a partir de H₂O e a formação de NADPH₂ de NADP. Na fotofosforilação cíclica os elétrons são transferidos num sistema “fechado” através de sítios de fosforilação e o ATP é o único produto formado.” (HALL e RAO, p.49.).

3.4.2. Função dos sais minerais na fotossíntese

No início do século XIX, pesquisadores das áreas de química e botânica, passaram a fazer análises de plantas, demonstrando que certos elementos químicos absorvidos do ambiente estavam presentes nas amostras. A dúvida sobre tais elementos, se os mesmos eram constituintes importantes para o crescimento dos vegetais ou apenas impurezas, foi elucidada em 1880 através do uso da hidroponia. Esta técnica utiliza uma solução de nutrientes ao invés de solo no cultivo de vegetais. Esbeleceu-se a partir de então 10 elementos químicos considerados essenciais (vide figura 30) ao desenvolvimento normal das plantas. (RAVEN.2014,P.1283). Esses elementos:

“[...]carbono, hidrogênio, oxigênio, potássio, cálcio, magnésio, nitrogênio, fósforo, enxofre e ferro –foram apontados como *elementos químicos essenciais* para o crescimento da planta. Eles são também chamados nutrientes inorgânicos essenciais.” (RAVEN,2014 p.1283).

“Os elementos essenciais desempenham diversos papéis nas plantas, incluindo funções estruturais,enzimáticas, regulatórias e iônicas.” (RAVEN,2014 p.1285).

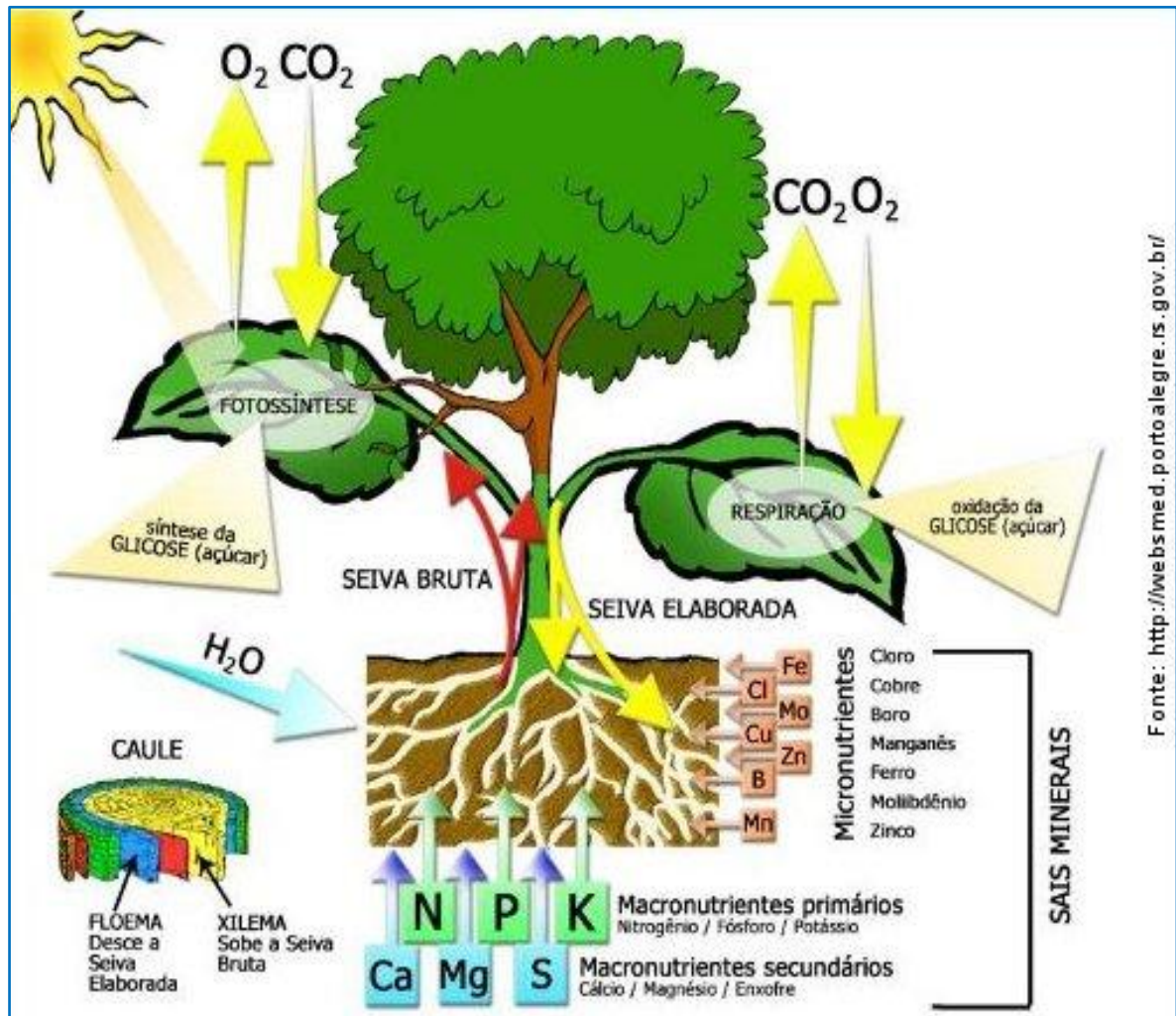


Figura 30: Relação entre nutrientes minerais e a fotossíntese, essa atuação ocorre na produção e regulação de enzimas e outras substâncias essenciais ao bom desempenho deste processo.

Fonte: <http://www.ciencias.seed.pr.gov.br/modules/galeria/uploads/3/571fotossintese02.jpg>

“Sabe-se já há alguns anos que o manganês (Mn) é um co-fator essencial no processo de oxidação da água – possivelmente ligadas a oxidação da água e à geração de O₂. Essa hipótese tem recebido forte suporte de uma variedade de experimentos, mais notadamente de estudos de absorção de raios X e ESR (Ressonância de spin eletrônico), ambos detectando o manganês diretamente (Yachandra e cols, 1996). Experimentos analíticos indicam que quatro íons Mn estão associados com cada complexo de

liberação de oxigênio. Outros experimentos mostram que íons Cl^- e Ca^{2+} são essenciais para a liberação de O_2 .” (TAIZ,2004, p.55,156).

O Quadro 2 abaixo contém algumas das ações dos nutrientes minerais no processo fotossintético:

N - Nitrogênio	Constituinte de aminoácidos, amidas, proteínas, ácidos nucleicos, nucleotídeos, coenzimas, hexoaminas, etc.
S - Enxofre	Componente da cisteína, cistina, metionina e proteínas. Constituinte do ácido lipóico, coenzima A, - timinapirifosfato, glutatona, biotina, adenosina-5'-fosfossulfato e 3-fosfoadenina.
P - Fósforo	Componentes de fosfato açúcares, ácidos nucleicos, nucleotídeos, coenzimas, fosfolipídios, ácido fítico, etc. Tem papel central em reações que envolvem ATP.
B - Boro	Complexos de manitol, manans, ácido polimanurônico e outros constituintes das paredes celulares. Envolvido no alongamento celular e no metabolismo de ácidos nucleicos.
K - Potássio	Requerido como cofator de mais de 40 enzimas. Principal cátion no estabelecimento do turgor celular e manutenção da eletroneutralidade celular.
Ca - Cálcio	Constituinte de lamela média das paredes celulares. Requerido como cofator por algumas enzimas envolvidas na hidrólise da ATP e de fosfolipídeos. Atua como mensageiro secundário na regulação metabólica.
Mg - Magnésio	Requerido por muitas enzimas envolvidas na transferência de fosfatos. Constituinte da molécula de clorofila.
Cl - Cloro	Requerido para as reações fotossintéticas envolvendo a evolução de O_2
Mn – Manganês	Requerido para a atividade de algumas desigrogenases, descarboxilases, quinases, oxidases e peroxidases. Envolvido com outras enzimas ativadas por cátions e na evolução fotossintética de O_2 .
Na - Sódio	Envolvido na regeneração do fosfoenolpiruvato em plantas C4 e CAM. Substitui o potássio em algumas funções.
Fe - Ferro	Constituinte de citocromos e ferro-proteínas não-heme envolvidas na fotossíntese, fixação de N_2 e respiração.

Quadro 02 - Funções de alguns nutrientes minerais na Fotossíntese (TAIZ, 2004, p. 97 Adaptado).

Estudos sobre nutrição de plantas apontam ainda um grupo de elementos químicos considerados não essenciais, mas que apresenta benefícios para algumas plantas que vivem em habitat com condições ambientais específicas. (RAVEN,2014). Tais elementos são em número de cinco e estão listados a seguir:

“o alumínio (Al), o cobalto (Co), o sódio (Na), o selênio (Se) e o silício (Si). O alumínio, o terceiro elemento mais abundante na crosta terrestre, é tóxico tanto para as plantas quanto para os animais em concentrações elevadas. Entretanto, é benéfico em baixas concentrações para algumas plantas, como o chá-da-índia (*Camelliasinensis*), no qual induz aumento na atividade das enzimas antioxidantes. As plantas que acumulam altas concentrações de alumínio podem utilizar o elemento em seus tecidos para afastar os

herbívoros. O cobalto, que não é muito abundante (entre 15 e 25 partes por milhão ou ppm no solo), beneficia as leguminosas, como a alfafa (*Medicago sativa*). Entretanto, não é a alfafa que necessita de cobalto, mas as bactérias simbióticas fixadoras de nitrogênio que crescem associadas às suas raízes. (RAVEN, 2014, p.1285).

Outros elementos como sódio e silício podem ser benéficos para alguns vegetais. O sódio pode beneficiar plantas halófilas e de metabolismo CAM ou C4. O silício pode ser acumulado em altas concentrações entre as células subepidérmicas, proporcionando resistência contra insetos e outros patógenos como fungos e bactérias. Exemplos: cavalinhas e gramíneas. (RAVEN, 2014, p.1285).

3.5. A influência do processo de Fotossíntese na Evolução biológica

O Planeta Terra tem aproximadamente 4,5 bilhões de anos, de acordo com a teoria mais aceita nos dias atuais, que teve sua origem pelo *Big Bang*. A atmosfera primitiva de nosso planeta era composta provavelmente por gás hidrogênio, vapor d'água e dióxido de carbono. O *Big Bang*, embora seja descrito na maioria das vezes como uma grande explosão; estudos recentes falam em grande expansão na qual toda matéria do Universo que estava contida em um pequeno ponto expandiu-se dando origem às estrelas, planetas etc. (RAVEN, 2008, p.11).

Os fósseis mais antigos datam de 3,5 bilhões de anos, o que leva a crer que os primeiros organismos originados foram heterótrofos, ou seja, utilizavam moléculas do ambiente em sua nutrição; devido à ausência de gás oxigênio na forma livre e à grande quantidade de moléculas orgânicas disponíveis. Esta é a hipótese heterótrofa (RAVEN, 2008). Existem muitas outras teorias sobre as origens da vida no planeta terra. Hall e Rao afirmam que:

“Sob condições anaeróbicas (livres de O₂) a matéria orgânica é fermentada por vários microrganismos (anaeróbicos quimiossintetizantes) que obtêm sua energia através de uma fosforilação ligada ao substrato. Vários produtos metabólicos finais como CO₂, H₂, etanol e ácidos graxos simples são formados durante esse processo. Tais compostos acumular-se-iam se não fossem removidos como nutriente por outros tipos de micróbios incapazes de usar oxigênio como o receptor final de elétrons em seus processos respiratório. As bactérias fototróficas (bactérias verdes e púrpuras fotossintetizantes) derivam sua energia da luz e são capazes de metabolizar a maioria dos produtos finais da fermentação anaeróbica como alcoóis, ácidos, hidrogênio e nitrogênio, bem como os produtos finais de respiração de sulfato e nitrato, tais como H₂S e N₂. Portanto as matérias celulares sintetizadas pelas bactérias fotossintetizantes verdes e púrpuras são futuros substratos para os microrganismos quimiossintetizantes

anaeróbicos que produzem de novo, nutrientes para as bactérias fototróficas. Assim, esses dois tipos de bactérias, crescendo num ambiente livre de oxigênio, podem aí coexistir.” (HALL e RAO, 1980. p.78)

3.5.1. Surge a Fotossíntese - 3,5 bilhões de anos

O aparecimento dos primeiros organismos autotróficos e o surgimento da camada de ozônio através da oxidação de rochas oceânicas, diminuindo a ação dos raios ultravioleta e conseqüentemente protegendo os seres existentes neste período, o que possibilitou sua evolução. Como conseqüência do processo fotossintético, surge oxigênio livre como subproduto que favorece o surgimento e a seleção de seres aeróbios, capazes de utilizar esse gás na respiração aeróbia (RAVEN, 2008).

Segundo Hall e Rao, a evolução das bactérias fotossintetizantes teve início há cerca de 3 bilhões de anos:

“Evidência geoquímica sugere que a atmosfera nos primórdios da terra (atmosfera prebiótica) era desprovida de oxigênio e consistia de H₂, N₂, CH₄, NH₃, H₂S, H₂O, CO₂, etc. a fotobactéria ancestral parece ter existido há cerca de 3 bilhões de anos quando a Terra já tinha 2 bilhões de anos. Em tais ambientes a bactéria ancestral deveria ter utilizado luz para produzir energia através de um sistema cíclico de transporte de electrons. Como o oxigênio da atmosfera atual é de origem biológica (resultante de atividade fotossintética das plantas), as bactérias verdes e púrpuras representam linhas de sobrevivência muito antigas de organismos que, numa determinada época, eram as únicas formas capazes de assimilar energia radiante na atmosfera primitiva, livre de oxigênio.

Um dos recursos utilizados hoje pelos bioquímicos para traçar a relação evolucionária entre as várias ordens taxonômicas de organismos é fazer comparação da seqüência de aminoácidos de uma proteína particular que se distribua ubiquamente por todos esses organismos. A ferredoxina, uma ferro-enxofre proteína, é encontrada em muitas bactérias fermentativas e em todas as bactérias e demais plantas fotossintetizantes. Comparando a composição de aminoácidos e a seqüência de ferredoxinas fotossintéticas podem ocupar um período intermediário na história evolucionária da flora, entre a ancestral bactéria anaeróbica fermentativa e as demais plantas evoluídas mais recentemente.” (HALL e RAO, 1980. p.78-79).

Ainda hoje praticamente todas as formas de vida do Planeta Terra (com exceção de alguns quimiossintetizantes) dependem da fotossíntese (vide figura 31), direta ou indiretamente para sua sobrevivência (RAVEN, 2008).

3.5.2. Surgem os eucariontes - 1,5 bilhões de anos.

Surgimento de seres eucariontes, com células maiores e mais complexas. Células eucariontes possuem uma membrana denominada carioteca, que separa o material genético das demais organelas nela contidas, as organelas ficam imersas no citoplasma e são capazes de executar funções especializadas(RAVEN,2008).

3.5.3. Surgimento dos multicelulares - 650 milhões de anos

A Teoria endossimbiótica tenta explicar a especialização de células vegetais e animais.Segundo esta teoria, bactérias fotossintéticas que são formadas por células procariontes (células sem núcleo delimitado) teriam se incorporado a outros seres unicelulares dando origem aos eucariontes (células delimitadas por membrana e com organelas) e conseqüentemente aos vegetais e animais, o que possibilita que hoje a fotossíntese e a respiração sejam processos complementares. Esta é a teoria mais aceita para explicar a origem dos cloroplastos e das mitocôndrias.(RAVEN, 2008, p.11; TAIZ, 2004, p. 167).

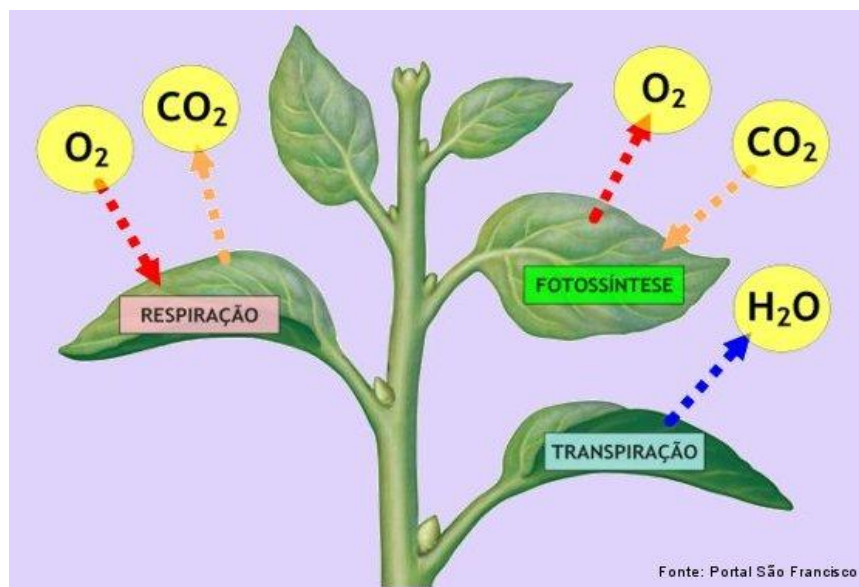


Figura 31: Figura demonstrativa da fisiologia vegetal da respiração, fotossíntese e transpiração.

Fonte: <http://www.biologia.seed.pr.gov.br/modules/galeria/uploads/3/8fisiovegetal.jpg>

3.5.4.. Expansão dos Multicelulares - 450 milhões de anos

Os multicelulares conquistam o ambiente terrestre. Surgem as plantas e os fungos. Durante milhões de anos, através do acúmulo de mutações genéticas selecionadas, teve origem a diversidade de espécies existentes hoje(RAVEN,2008).

Na figura 32 é apresentada uma imagem de microscopia de cloroplastos de uma planta verde.

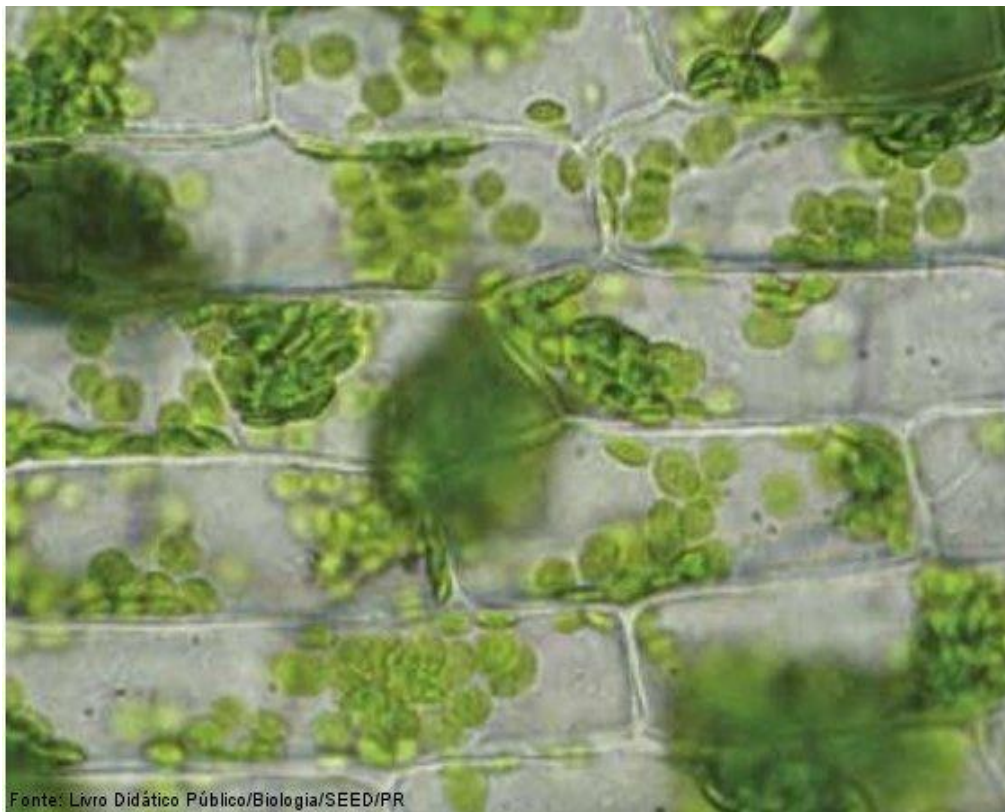


Figura 32: Observação ao Microscópio Óptico de cloroplastos em elódea.

A Elódea é uma planta comum em aquários e conhecida dos experimentos de biologia em sala de aula.

Fonte: <http://www.biologia.seed.pr.gov.br/modules/galeria/uploads/4/8cloroelodea.jpg>

3.5.5. Surgimento dos seres humanos - 2 milhões de anos.

“Os seres humanos aparecem há aproximadamente 2 milhões de anos.” (RAVEN,2008). A partir de então, o impacto ambiental da ação do homem transformou o planeta Terra.

Há cerca de 11 mil anos ocorre a domesticação dos primeiros vegetais e surge a Agricultura. As plantas desempenham importante papel na manutenção da vida no Planeta Terra, seja pela fotossíntese que possui papel fundamental na evolução e manutenção das demais espécies, seja pela função de abrigo e alimento fornecida aos animais. *“A importância da fotossíntese na economia da natureza não havia sido reconhecida até um período bastante recente”* (RAVEN, 2008).

A espécie humana domesticou muitos cultivares que hoje nos fornecem através da agricultura alimento, abrigo, combustíveis e medicamentos. Os vegetais atuam ainda na cobertura de solo, no controle da erosão, no equilíbrio hídrico e, conseqüentemente, climático de nosso Planeta (RAVEN, 2008).

4. Considerações finais

O manual de instruções do jogo de tabuleiro Ludo da Fotossíntese foi desenvolvido com a intenção de orientar os professores na utilização do jogo, apresentado como produto do Mestrado Profissional no âmbito do Programa de Pós-Graduação em Formação Científica, Educacional e Tecnológica –PPGFCET –da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

O jogo apresenta-se como uma possibilidade metodológica que auxilia os estudantes na percepção e compreensão dos mecanismos biológicos envolvidos no processo da fotossíntese, assim como numa proposta de material didático diferenciada para o trabalho em sala de aula.

O contexto do jogo permite novas discussões sobre temas relevantes como: a evolução biológica dos seres vivos, suas extinções em massa, relações com as alterações ambientais atuais, a tecnologia de produção de combustíveis com menor impacto ambiental (como exemplo, podemos citar o etanol), o impacto das alterações climáticas na produção de alimentos e, conseqüentemente, na economia; entre outros temas da atualidade.

Para aprofundamento, recomenda-se a leitura da dissertação que acompanha este produto, dado que o Mestrado Profissional implica na produção de dois documentos complementares: o manual do produto (o texto aqui apresentado) e a dissertação. A título de exemplo, deve-se mencionar que na dissertação são apresentados dados a respeito da aplicação do jogo Ludo da Fotossíntese em sala de aula. Este manual tem por objetivo apresentar mais detalhes a respeito do jogo propriamente dito. Na seqüência, são apresentados materiais de apoio complementares, com foco na Fotossíntese, para utilização por parte dos professores.

4.1. Links para materiais de apoio adicionais:

Para saber mais sobre a origem do Planeta Terra:

Poeira das estrelas - O começo de tudo, episódio 01:
<https://www.youtube.com/watch?v=aEwmX8yerWQ&list=PLC91F19A96D4E8873>
 Documentário exibido pela NationalGeographicChannel sobre a formação do planeta terra: <https://www.youtube.com/watch?v=04OORfq12j0>

Para saber mais sobre bactérias fotossintetizantes:

Cianobactérias: <http://www.planetabio.com/moneras%20e%20fungos.swf>
 Estromatólitos - restos orgânicos dos primeiros seres vivos. Por Paulo Anibal G. Mesquita: <https://www.youtube.com/watch?v=43SdM4Pq-xw>

Para saber mais sobre a Origem da vida:

NATGEO: O Início da Vida- Como a vida surgiu em nosso planeta? Que fenômenos são necessários para que se crie vida no universo? Como era os primeiros seres:
<https://www.youtube.com/watch?v=Ab-OguXdZ78>
 Documentário - As Origens da Vida- HistoryChannel:
<https://www.youtube.com/watch?v=hvmyQFs2ink>

Para saber mais sobre o surgimento do Oxigênio livre na atmosfera:

Como o oxigênio surgiu na atmosfera da Terra. Uma nova pesquisa explica como o oxigênio livre transformou a atmosfera terrestre e como isso foi determinante para o surgimento dos animais: <https://www.youtube.com/watch?v=ikmZsEa30HM>

Para saber mais sobre a Teoria da Endossimbiose:

Teoria proposta por Lynn Margulis de como surgiram as primeiras mitocôndrias:
<https://www.youtube.com/watch?v=clHZHtmr3DQ>
 Parte Integrante do DVD - Ensinando Ciência com Arte - Volume I:
https://www.youtube.com/watch?v=zKBPj_E1YFc

Para saber mais sobre a Evolução Biológica:

Evolução da vida na Terra, de moléculas aos humanos:
<https://www.youtube.com/watch?v=4BnDWO3KGGg>
 PLANTAS - Conquistadoras dos Continentes - iBioMovies
[:https://www.youtube.com/watch?v=hdcyxtlbBUl](https://www.youtube.com/watch?v=hdcyxtlbBUl)
 O carbono é um dos elementos mais importantes para a estrutura dos seres vivos. De onde veio e para onde vai o carbono que faz parte do nosso corpo? Qual a

relação do carbono da atmosfera com a vida na Terra?

<https://www.youtube.com/watch?v=ZSiU6N8tBzI>

O Homem Pré-Histórico: Vivendo entre feras - Parte 1:

<https://www.youtube.com/watch?v=DkAbIXW1cWQ>

Evolução da Forma - Documentário (2008):

<https://www.youtube.com/watch?v=O24-hRFRZGc>

Para saber mais – Sugestões de documentários, apostilas e vídeos para aprofundamento teórico.

Agricultura, a origem:

https://www.youtube.com/watch?v=oWezdS9Gp_Q

Introdução à Biologia Vegetal- Apostila UFSC:

<http://biologia.ifsc.usp.br/bio3/outros/03-Fisiologia.pdf>

Vídeo do programa Fotossíntese produzido pelo projeto Embrião da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). Com apoio do MEC

<https://www.youtube.com/watch?v=ayM1LHeLABs>

A importância da fotossíntese - Ciências - Ens. Fund. - Telecurso

<https://www.youtube.com/watch?v=4vfql4iO56Y>

Enciclopédia Britânica Fotossíntese -

<https://www.youtube.com/watch?v=JJpTAj-DhDA>

A História do Mundo em Duas Horas Documentário Dublado completo

<https://www.youtube.com/watch?v=lpTqg8ulyAg>

Photosynthesis: Light reaction, Calvin cycle, Electron Transport [3D Animation]
https://www.youtube.com/watch?v=joZ1EsA5_NY

Fotossíntese - Fase fotoquímica:

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

Veja em detalhe o que acontece nas reações de luz da fotossíntese:

<http://vcell.ndsu.nodak.edu/animations/>

Como a Terra Fez o Homem: Documentário

<https://www.youtube.com/watch?v=QEd9brax2Hs>

Discovery Channel O Sol Documentário Completo e Dublado:

<https://www.youtube.com/watch?v=NQERomN4n2Y>

Sugestões de Materiais para usar em sala de aula

Paródias Educacionais – Fotossíntese:

https://www.youtube.com/watch?v=yO3rn_1GHv0

Biologia - Fotossíntese (Khan Academy):
<https://www.youtube.com/watch?v=v77Dc6gVFic>

Funk da Fotossíntese
<http://viagempelabiologia.blogspot.com.br/2010/09/musica-fotossintese.html>
<https://www.youtube.com/watch?v=GACGo1hA1RA>

Fotossíntese: Software produzido por Rodrigo Venturoso mendes da Silveira e Prof. Dr. Bayardo Baptista Torres:
<http://esquecidoponto.com.br/objetos/fotossintese.swf>

Fotossíntese- Objeto Virtual - autores: Erica Rodrigues Dos Santos, Carlos Eduardo Santoro, Eduardo Galembeck. Mostra como ocorre o processo que permite aos seres autótrofos produzirem matéria orgânica, a fotossíntese.
<http://www.bdc.ib.unicamp.br/bdc/busca.php?acao=filtrar2&palavrasChave=Fotoss%EDntese;%20energia>

5. BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

BANDEIRA; Camila M, S, A **FOTOSSÍNTESE: ESTUDO DAS CONCEPÇÕES ALTERNATIVAS**, TCC – S. P. Mackenzie, 2011.

_____**A fotossíntese: estudo das concepções alternativas Photosynthesis: study of misconception** ABRAPEC- Associação Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, 2013. Disponível em: <<http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/viiiinpec/resumos/R0335-1.pdf>> Acesso em 24 out. 2015.

BIOE. **Banco Internacional de Objetos educacionais**. Disponível em: <<http://objetoseducacionais2.mec.gov.br/>>. Acesso em 01/12/2015

BRASIL, Secretaria de estado da Educação; Imagem contendo a relação entre nutrientes minerais e a fotossíntese. Disponível em <: <http://www.ciencias.seed.pr.gov.br/modules/galeria/uploads/3/571fotossintese02.jpg>>. Acesso em 01/12/2015

BRASIL, Secretaria de estado da Educação; Imagem contendo espectros de absorção das clorofilas a e b são diferentes. Disponível em <http://www.biologia.seed.pr.gov.br/modules/galeria/uploads/3/3absorveluz.jpg>. Acesso em 01/12/2015

BRASIL, Secretaria de estado da Educação; Imagem contendo figura demonstrativa da fisiologia vegetal da respiração, fotossíntese e transpiração. Disponível em <<http://www.biologia.seed.pr.gov.br/modules/galeria/uploads/3/8fisiovegetal.jpg>>. Acesso em 01/12/2015

BRASIL, Secretaria de estado da Educação; Imagem de Alga do gênero *spirogyra*, possui DNA em formato espiral. Disponível em < <http://www.biologia.seed.pr.gov.br/modules/galeria/uploads/4/2spirogyra.jpg>>. Acesso em 01/12/2015

BRASIL, Secretaria de estado da Educação; Imagem de observação ao Microscópio Óptico de cloroplastos em elódea. Disponível em <<http://www.biologia.seed.pr.gov.br/modules/galeria/uploads/4/8cloroelodea.jpg>> Acesso em 01/12/2015

CONCEIÇÃO, H. A. Sam, **CIÊNCIA CURIOSA**; Portal do *youtube*; Experimento da clorofila sob luz negra. Disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=mg9SkpAH_NY> Acesso em 02/12/2015.

CORDEIRO, Silmara T. P.; Fotossíntese – *Slides* contendo resumo sobre o tema; Disponível em <<https://docs.google.com/presentation/d/1hU27xoja590E6NkXBAFknxtyVs45IXmj5rYJf4vH-dw/edit?usp=sharing>> Acesso em 02/10/2015.

CREATIVE COMMONS; Imagem das Estruturas do cloroplasto. Disponível em <<http://commons.wikipédia.org/wiki/File:choroplast.svg>>. Acesso em 01/12/2015

HALL, David O; RAO, K. Krishnamurthy. **Fotossíntese, 2ª edição traduzida por Antônio Laberti** – São Paulo, EPU: 1980.

LORETO, Elgion L. S., SEPEL, Lenira M. N, **Fluorescência da Clorofila, Orbitais e Fotossíntese: atividades práticas integrando conceitos de Química, Física e Biologia**; Revista de Ensino de Bioquímica – 2013 – Publicado em: 22/11/2013 – ISSN: 2318-8790. Disponível em:<http://w3.ufsm.br/labdros/arquivos/aula_fluoresc.pdf> Acesso em 02/12/2015.

PIERCI, SK, FARG, X., SCHUARTZ, JA, JIANG, X., ZHAO, W., CURTIS, NE, KOCOT, K., YANG, B., WANG, J., 2012. **Transcriptoma evidência para a expressão de horizontalmente transferidos genes nucleares de algas na lesma do mar fotossintética *Elysiachlorotica***. Mol. Biol. Evol. 29: 1549-1556. Disponível em <<http://biology.usf.edu/ib/faculty/spierce/>>. Acesso em 23 de novembro de 2015.

RAVEN H. Peter; EVERT, Ray F.; EICHHORN, Susan E. **Biologia Vegetal**. 5ª ed. Rio de Janeiro, Ed. Guanabara Koogan, 1996.

_____ H. Peter; EVERT, Ray F.; EICHHORN, Susan E. **Biologia Vegetal**. 7ª ed. Rio de Janeiro, Ed. Guanabara Koogan, 2008.

_____ H.Peter; **Fotossíntese, luz e vida**. In: RAVEN, Peter H., EVERT, Ray F., e EICHHORN, Susan E. **Biologia vegetal**. 7ª ed. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan. p. 125-151, 2007.

TAIZ, Lyncoln e ZEIGER, Eduardo **Fotossíntese: considerações fisiológicas e ecológicas**. In: TAIZ, L. e ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 4ª ed. Porto Alegre: Editora Artmed. p. 220-243, 2009.

_____ Lyncoln e ZEIGER, Eduardo **Fotossíntese: reações de carboxilação**. In: TAIZ, L. e ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 4ªed. Porto Alegre: Editora Artmed. p. 182-219, 2009.

_____ Lyncoln e ZEIGER, Eduardo **Fotossíntese: as reações luminosas**. In: TAIZ, L. e ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 4ª ed. Porto Alegre: Editora Artmed. p. 147-181, 2009.

6.APÊNDICE

6.1 Glossário

ADP: adenosina difosfato, é um nucleotídeo responsável pelo armazenamento de energia em suas ligações químicas. Composto que, juntamente com fosfato inorgânico, forma ATP, presente durante a fermentação, respiração e a fotossíntese.

Autótrofos: seres capazes de produzir seu próprio alimento através de processos em que ocorre a fixação de dióxido de carbono como por exemplo a fotossíntese ou a quimiossíntese.

ATP: Adenosina trifosfato, é constituída por adenosina, um nucleotídeo, associado a três radicais fosfato conectados em cadeia. A energia é armazenada nas ligações entre os fosfatos.

Fotólise: É a reação química que ocorre durante a fotossíntese em que a molécula de água sofre quebra das ligações transformando-se em hidrogênio e oxigênio livres. Neste processo, energia luminosa é utilizada para separar os átomos que compõem a molécula de água, libertando também elétrons que são depois usados para repor os perdidos pela clorofila na sua excitação. A molécula de oxigênio (O₂) resultante é libertada para a atmosfera, como subproduto da reação química.

Fotofosforilação: Processo que ocorre na membrana dos tilacóides, em células vegetais e agrega energia ao ATP, ocorrendo a síntese de ATP a partir de ADP + fosfato mediado pelas enzimas ATP sintases.

Fotossíntese: É um processo de reações bioquímicas que ocorre a nível celular, realizado pelos seres vivos clorofilados, que utilizam dióxido de carbono e água para obter glicose através da energia da luz solar; ou seja, é um dos processos de produção de alimentos realizado por autótrofos.

Granum: É o conjunto de tilacóides empilhados ou comprimidos também são conhecidas como lamelas do *grana* (plural de *granum*).

Heterótrofos: são os seres vivos que para conseguir o seu alimento precisam consumir matéria orgânica proveniente de outro ser vivo. Exemplos: animais e fungos.

NADP: Nicotinamida difosfato. É uma coenzima presente em inúmeros processos biológicos. Ao receber o hidrogênio, o NADP que estava na forma oxidada passa para a forma reduzida, NADPH.

NADPH: Nicotinamida difosfato + hidrogênio

Quimiolitotróficos: São bactérias que utilizam o CO₂ como fonte de carbono e oxidam compostos inorgânicos (exemplo: nitritos) ou elementos químicos (exemplo: enxofre) para obtenção da fonte de energia. Ex. *Acidithiobacillusferrooxidans*, uma bactéria quimiolitotrófica que obtém sua energia, basicamente, pela oxidação do íon ferroso e de compostos reduzidos de enxofre, incluindo os sulfetos minerais.

Quimiossíntese: É a produção de matéria orgânica através da oxidação de substâncias minerais, sem recorrer à luz solar. Realizada principalmente por bactérias, entre as quais as ferrobactérias, algumas sulfobactérias e as nitrobactérias. Cada uma dessas bactérias utiliza a energia de um mineral que oxida, compostos respectivamente de ferro, enxofre e nitrogênio.

Tilacóides: São os sistemas de membranas internas do cloroplasto que contêm a (s) clorofila (s) sendo, portanto, local onde se realiza a fase bioquímica da fotossíntese (fase dependente da luz).

6.2. Sequência didática

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ.
MESTRADO PROFISSIONAL EM FORMAÇÃO CIENTÍFICA,
EDUCACIONAL E TECNOLÓGICA -FCET.

ROTEIRO DE AULAS

Tema: Fotossíntese

Silmara Terezinha Pires Cordeiro

PÚBLICO-ALVO: alunos do 1º ano do Ensino Médio

OBJETIVOS:

- Reconhecer os principais conceitos do processo de fotossíntese;
- Conhecer as principais pesquisas e compreender a construção do conhecimento científico sobre este tema;
- Relacionar a energia absorvida do sol à clorofila por meio da atividade prática;
- Relacionar os conceitos apreendidos sobre a fotossíntese durante o jogo Ludo da Fotossíntese.

MATERIAIS:

- Slides produzidos em *Power point* (anexo 1);
- Fotocópias de textos de apoio e atividades (anexo 2);
- Fotocópias (anexo 3);
- Materiais necessários para atividade prática: Folhas de vegetais verdes; Álcool 70; Almofariz (também chamado **gal, pilão, moedor** ou **morteiro**) e pistilo; Béquer; Tesoura; Filtro de papel; Lâmpada de luz negra (encontrada em lojas de material de construção);
- Manual do Jogo Ludo da Fotossíntese, tabuleiros, cartas, dados e peões.

METODOLOGIA:

1ª Aula expositiva sobre Fotossíntese utilizando slides (anexo1) em TV Multimídia ou *Datashow*; entrega de fotocópias para os alunos: texto e questões referentes ao texto (anexos 2 e3),

2ª Aula– Prática “Fluorescência da clorofila”: Conforme o Roteiro a seguir:

- Organizar os alunos em grupos de 3 ou 4, distribuir o modelo de relatório de atividade prática (anexo 4), o professor deve fazer as explicações necessárias sobre o experimento.

A seguir o professor segue o procedimento:

- Recorte as folhas de vegetais em pedaços médios, em seguida coloque as folhas no Béquer, utilize o pistilo para macerar; em seguida, com o auxílio do professor, coloca-se uma quantidade de álcool suficiente para cobrir as folhas e aguarda-se até que o conteúdo do mesmo se torne verde (em torno de 10 minutos). Em seguida utilizando o papel filtro, coa-se o líquido.

Para observar a Fluorescência é necessário que a sala esteja escura e, assim, quando se aproxima a luz negra, ocorre alteração da coloração do líquido. Esta aula foi inspirada no vídeo do portal Ciência Curiosa, disponível no link:https://www.youtube.com/watch?v=mg9SkpAH_NY

Opcionalmente, cada grupo pode repetir o experimento, dependendo da disponibilidade de tempo e de materiais no laboratório do colégio.

3ª Aula Prática: Montagem do Cloroplasto. Conforme o Roteiro a seguir:

- Distribuir as embalagens contendo um molde de cloroplasto (anexo5).

- Em grupo deverão montar o cloroplasto conforme o modelo, observando cada uma de suas estruturas.

4ª Aula: Jogo de Tabuleiro - Ludo da Fotossíntese.

Seguir instruções do Manual do Jogo.

Anexo 1

Apresentação de *slides*



Devido ao grande número de páginas, optamos por disponibilizar o material no link:

<https://docs.google.com/presentation/d/1hU27xoja590E6NkXBAFknxtyVs45lXmj5rYJf4vH-dw/edit?usp=sharing>

Anexo 2

Texto de apoio: Fotossíntese Transcrição dos *slides* usados na aula expositiva.

A fotossíntese é realizada por seres autotróficos que podem ser eucariontes ou procariontes. (Vegetais, algas e bactérias). Para realizar esse processo fazem uso da clorofila (pigmento fotossintético). As bactérias sulfurosas purpúreas e verdes são capazes de realizar fotossíntese a partir de moléculas de CO₂ e H₂O ou sulfeto de hidrogênio (H₂S) e de energia luminosa, tais organismos sintetizam carboidratos como substrato energético e liberam oxigênio (O₂) ou enxofre (S₂) e água. A fotossíntese ocorre em duas fases: uma dependente diretamente da energia luminosa e outra não dependente diretamente da luz. A equação simplificada pode ser representada:



O elemento X pode ser:

Elemento enxofre – usado por bactérias sulfurosas

Elemento oxigênio – usado por eubactérias, algas e plantas. (BANDEIRA, 2011)

Fotossíntese: É um processo biológico de fundamental importância para os seres vivos. Está dividida em duas fases para facilitar o entendimento:

Fase Fotoquímica – Nesta fase são produzidos Oxigênio, ATP, NAPH e H⁺.

A clorofila absorve fótons, os elétrons são transportados pelo NADP que tem a função de conduzi-los para a próxima fase. Formam-se ATP e NADPH, a fotólise da água liberta o oxigênio.

Fotossíntese

Fase química (Ciclo das Pentoses) – Nesta fase são produzidos Carboidratos (glicose, sacarose ou amido), RuDP, NADP⁺ e ADP⁺ P

O gás carbônico combina-se com a Ribulose difosfato ou RuDP. São utilizados os elétrons do NADPH e a energia do ATP (originados na fase fotoquímica) para síntese de PGAL ou aldeído fosfoglicérico, parte é usada para produzir carboidrato e outra para regenerar a RuDP.

Componentes do processo de fotossíntese

Clorofila: pigmento que absorve os fótons (Pacotes de luz solar);

Fóton: fornece energia que excita a clorofila e inicia o processo;

H₂O: sofre fotólise sendo quebrada em hidrogênio e oxigênio;

Sais minerais: são utilizados na produção de enzimas usadas no processo;

ADP: adenosina difosfato sofre fotofosforilação formando ATP ou adenosina difosfato que fornece energia ao processo;

NADP: serve de aceptor de elétrons H⁺ formando NADPH;

CO₂: combina-se com a Ribulose difosfato e dá início ao Ciclo das Pentoses; Durante a fixação de carbono forma os carboidratos. Ex. glicose;

Processo Fotossintético em Vegetais

A água e os sais minerais são absorvidos pelas raízes dos vegetais a partir do solo, formando o que chamamos de seiva bruta que percorre vasos denominados xilemáticos, sendo levado através do caule até as folhas;

Ao mesmo tempo, ocorre outro processo nas folhas do vegetal; dentro das células existem estruturas denominadas cloroplastos que absorvem fótons através da clorofila, e darão início ao processo de fotossíntese. Que ocorre em duas fases:

Fase Fotoquímica e Fase Química

A fase fotoquímica que ocorre em presença de luz solar, sendo realizados pelos tilacóides que estão localizados em pilhas denominadas **Granum** (*grana*) em uma organela chamada cloroplasto que existe nas células vegetais. A fase Química pode ocorrer tanto na ausência quanto na presença de luz solar e ocorre na matriz gelatinosa do cloroplasto denominada **Estroma**.

As duas fases ocorrem em sequência de modo cíclico, não existe uma pausa programada, ela pode sofrer influência do ambiente por alterações climáticas reduzindo sua velocidade ou muitas vezes interrompendo o ciclo em alguma das fases.

Fase Fotoquímica e Fase Química/ Produtos do Processo Fotossintético

Dentro da célula vegetal, mais precisamente no **cloroplasto** ocorrem as complexas reações que **irão produzir carboidratos que servirão de alimento para os vegetais**, que o utilizam para sua sobrevivência e parte deste armazenam na forma de amido e/ou celulose, na raiz, caule e sementes;

Posteriormente servirá de alimento para os animais que consomem esses vegetais, Gera ainda como **subproduto deste processo gás oxigênio** que será liberado para a atmosfera.

Fase Fotoquímica

1. Os raios solares chegam ao Fotossistema II e provocam a excitação de 1 elétron; essa excitação gera a ruptura de uma molécula de água no interior do tilacóide. Rompe-se a ligação química entre o Hidrogênio e o Oxigênio, processo denominado fotólise (Quebra de moléculas de água e liberação de prótons, elétrons e Oxigênio)
2. A molécula de água cede elétrons de alta energia do Fotossistema II; os elétrons passam de uma proteína à outra e neste processo sofrem perda energética.
3. Moléculas de hidrogênio positivas (prótons) passam do exterior do tilacóide para seu interior, por força eletroquímica; ocorre grande concentração de prótons no interior do tilacóide e esses movem-se para o estroma.

Fase Química

A) Fixação de Carbono

O gás carbônico entra nas células vegetais, ocorre produção de PGAL através da fixação de carbono; as moléculas de ATP e NADPH produzidos na fase anterior são usados na síntese de moléculas orgânicas onde ocorre fixação de carbono:

O Ciclo inicia-se quando entram 6 moléculas de CO₂ e 6 moléculas de RuBP que são catalisadas pela enzima Rubisco;

B) Produção de compostos orgânicos

Ocorre redução do ácido 3-fosfoglicerato (PGA) a gliceraldeído 3-fosfato (3PG). São utilizadas 12 moléculas de ATP. A formação de 6 moléculas de 3-fosfoglicerato faz com que ocorra a fixação de 3 CO₂;

Nessa etapa são produzidas mais 2 moléculas de Gliceraldeído-3-fosfato que saem do ciclo e 10 moléculas de Gliceraldeído-3-fosfato que darão continuidade ao ciclo;

C) **Regeneração da ribulose difosfato (RuBP):** de 5 a 6 moléculas de gliceraldeído 3-fosfato são utilizadas para regenerar 3 moléculas de RuBP;

O carbono é fixado através do Ciclo de Calvin ou das Pentoses e gera moléculas simples de açúcar precursoras de glicose e outros açúcares, por exemplo sacarose, celulose e amido; formam-se vários produtos intermediários; neste momento entram 6 moléculas de água, 6 moléculas de gás carbônico e a enzima rubisco reiniciando-se o ciclo. (TAIZ,2004, p,173).

Os cloroplastos possuem DNA próprio, além de RNA e ribossomos. “Muitas das proteínas do cloroplasto são produtos da transcrição e tradução dentro do próprio cloroplasto, enquanto outras são codificadas pelo DNA nuclear, sintetizadas nos ribossomos citoplasmáticos e, então importadas para o interior dos cloroplastos.” Essas proteínas auxiliam o processo de fotossíntese. (TAIZ,2004, p.148).

Texto sobre a fluorescência para ser lido e discutido com os estudantes:

O que é fluorescência? Por que a clorofila fluoresce?

Radiação eletromagnética são ondas que se propagam no espaço. A luz é apenas uma pequena parte de todo o espectro da radiação eletromagnética. Essas ondas carregam pacotes de energia, chamados fótons.

A clorofila é uma molécula com a propriedade de fluorescência. Ou seja, esta molécula possui elétrons que podem receber energia da luz (fótons). Estes elétrons ao receberem esta energia, irão ocupar um orbital mais externo (de maior energia). No momento seguinte, este elétron irá ser novamente atraído pelo núcleo do átomo. Mas para voltar ao seu orbital original, precisa liberar a energia recebida. Ele faz isto emitindo luz (fluorescência) e calor. Geralmente a luz emitida é de um comprimento de onda diferente do recebido. No nosso caso, a clorofila é excitada com luz azul e emite luz vermelha.



Figura 3 – Em A, um átomo é excitado pela luz. Um fóton de luz incide em um elétron, transferindo energia a este; B) o elétron muda de orbital, ocupando um orbital de maior energia; C) o elétron é novamente atraído para seu orbital original e libera a energia recebida na forma de luz.

Retirado da Atividade experimental

ORBITAIS DE ELÉTRONS, FLUORESCÊNCIA E

FOTOSSÍNTESE. Disponível em:

http://w3.ufsm.br/labdros/arquivos/aula_fluoresc.pdf

Anexo 3

Colégio: _____
Nome: _____
Nº. _____ Turma: _____

Após a aula expositiva e leitura do texto sobre fotossíntese, responda a atividade e entregue para a professora:

Atividade:

1. Qual a função do DNA do cloroplasto no processo fotossintético?

2. Quais são os produtos e subprodutos do processo fotossintético e qual sua importância na manutenção da vida no Planeta Terra?

3. Qual a equação da fotossíntese em sulfobactérias?

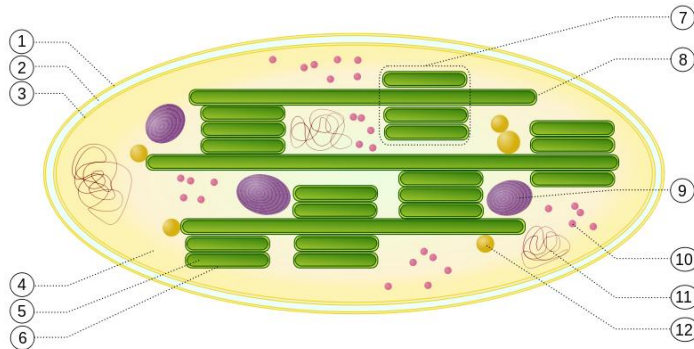
4. Qual a equação da fotossíntese em plantas e algas?

Anexo 4

Relatório Nome:	nº	Série:
Local e Horário: Tipo de Experimento: Fluorescência da Clorofila		
Descrição dos Procedimentos: <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> O que é fluorescência e qual sua relação com o conteúdo estudado (fotossíntese)? <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> Por que o líquido se torna verde? <hr/> <hr/> <hr/> <hr/> Por que temos a percepção de que o líquido muda de cor? Qual cor é observada sob a luz negra? <hr/> <hr/> <hr/> <hr/>		

Anexo 5

Monte o cloroplasto conforme o modelo e identifique cada um dos componentes:

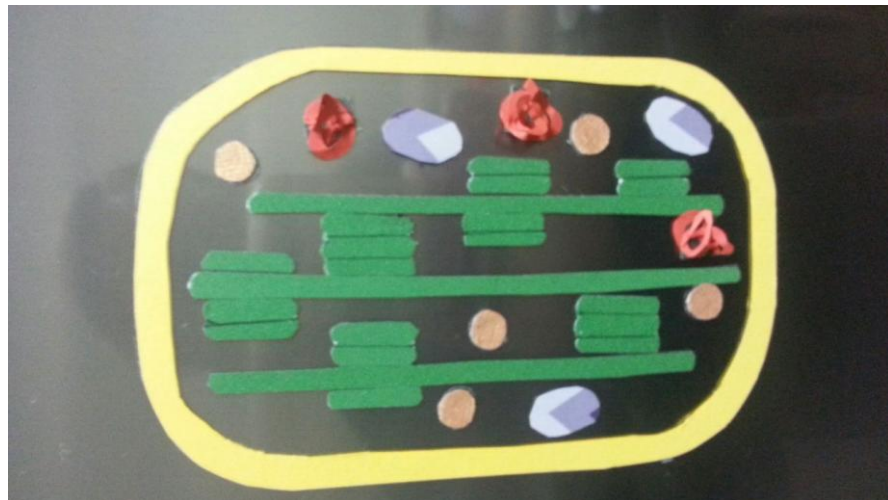


Estrutura de um Cloroplasto

<http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Chloroplast.svg?uselang=pt-br>

- Membrana externa
- Espaço intermembranar
- Membrana interna
- Estroma (fluido aquoso)
- Lumen tilacoidal (interior do tilacoide)
- Membrana tilacoidal
- Grana (tilacoides empilhados)
- Tilacoide (Lamela)
- Amido
- Ribossoma
- Plastoma (DNA do cloroplasto)
- Plastoglóbulo (gotas de lipídios)



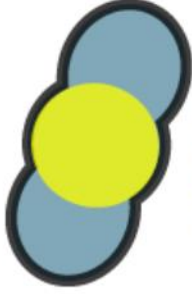










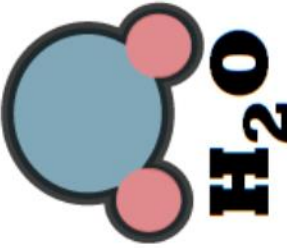



MOLDE do CLOROPLASTO FEITO DE FORMA ARTESANAL EM PAPEL IMANTADO



6.3. Material para impressão

Nas páginas a seguir disponibilizamos o material para ser impresso conforme a necessidade de cada professor.

Material para impressão/ cartas temáticas

<p>Qual a função do gás carbônico na fase química da fotossíntese?</p>  <p>Como são formados os carboidratos durante o ciclo das pentoses?</p> 	 <p>CO₂</p>
<p>Por que a molécula de ATP retorna a fase anterior da fotossíntese como ADP?</p>  <p>Por que a molécula de NADPH formada na fase química da fotossíntese retorna à fase fotoquímica como NADP⁺?</p> 	 
<p>Qual a função do ATP, originado na fase fotoquímica da fotossíntese?</p>  <p>Qual a função do NADPH na fotossíntese?</p> 	 
<p>A água é fundamental para a fotossíntese, nos vegetais superiores existem canais pelos quais a seiva bruta, composta de água e minerais, se locomove. Qual o nome destes canais?</p>  <p>A água que percorre os vasos lenhosos ou xilemáticos até chegar aos cloroplastos é absorvida pelas _____ e está originalmente no solo.</p> 	 <p>H₂O</p>
<p>Durante o processo fotossintético ocorre a formação de gás oxigênio como subproduto das reações químicas. Qual a origem deste gás?</p>  <p>Qual o nome dado à reação química em que ocorre a quebra da molécula de água originando gás oxigênio e prótons H⁺?</p> 	 <p>O₂</p>

Sugestão de Respostas para as Cartas Temáticas

Durante o processo fotossintético ocorre a formação de gás oxigênio como subproduto das reações químicas. Qual a origem deste gás?

Resposta: O oxigênio é produzido a partir da quebra das ligações entre as moléculas de hidrogênio e oxigênio da água durante a fotossíntese.

Qual o nome dado a reação química em que ocorre a quebra da molécula de água originando gás oxigênio e prótons H⁺?

Resposta: O processo é chamado fotólise.

A água é fundamental para que ocorram as reações da fotossíntese, nos vegetais superiores existem canais nos quais a seiva bruta que é composta de água e sais minerais se locomove. Qual o nome desses canais?

Resposta: A seiva bruta é transportada através dos vasos lenhosos ou xilemáticos.

A água que percorre os vasos lenhosos ou xilemáticos até chegar aos cloroplastos é absorvida pelas..... e está originalmente no solo.

Resposta: raízes

Qual a função do ATP, originado na fase fotoquímica da Fotossíntese?

Resposta: Fornece energia para o ciclo das pentoses ou fase química.

Qual a função do NADPH na fotossíntese?

Resposta: Transportar o Hidrogênio até o ciclo de Calvin ou das pentoses.

Porque a molécula de ATP retorna a fase anterior da fotossíntese como ADP?

Resposta: O ATP fornece energia para o ciclo das pentoses e nesse processo perde um fosfato (Pi) formando uma molécula de ADP.

Por que a molécula de NADPH formada na fase química da fotossíntese retorna à fase fotoquímica como NADP?

Resposta: Porque os prótons de hidrogênio fornecem energia para a fotofosforilação.

Qual a função do gás carbônico na fase química da fotossíntese?

Resposta: Fornece carbono para o processo de produção de carboidratos.

Como são formados os carboidratos durante o ciclo das pentoses?

Resposta: Através do processo de fixação de carbono.

Material para impressão/ cartas consideradas de nível difícil

<p>A ação da luz sobre a clorofila libera elétrons que são capturados por uma cadeia transportadora. Durante esse processo de transporte ocorre:</p> <p>A) Formação de quantidade elevadas do aceptor NADP^+ a partir da captura de elétrons e prótons.</p> <p>B) Transferência dos elétrons entre moléculas organizadas em ordem decrescente de energia.</p> <p align="right">resposta: B</p>	<p>Durante o ciclo das Pentoses, para cada molécula de gás carbônico que entra no ciclo ocorre o consumo de:</p> <p>A) 3 moléculas de ATP.</p> <p>B) 4 moléculas de ATP.</p> <p>C) 5 moléculas de ATP.</p> <p align="right">resposta: A</p>	<p>Durante a fase fotoquímica a molécula de ADP recebe a adição de um P_i formando ATP. Esse processo é denominado:</p> <p>A) Fotofosforilação.</p> <p>B) Fosforilação.</p> <p>C) Fotólise.</p> <p align="right">resposta: A</p>	<p>Na fotossíntese, ocorrem vários fenômenos importantes, com exceção de:</p> <p>A) Absorção de luz pelas clorofilas e conversão de energia luminosa em química.</p> <p>B) Redução de CO_2 pelos hidrôgenios provenientes da água.</p> <p>C) Liberação de O_2 proveniente da lise do dióxido de carbono.</p> <p align="right">resposta: C</p>	<p>O processo de fotossíntese ocorre em duas etapas: a fase fotoquímica e a fase bioquímica, que são respectivamente por:</p> <p>A) Produção de NADPH_2 e oxidação do CO_2.</p> <p>B) Produção de NADH_2 e redução do CO_2.</p> <p>C) Produção de NADPH_2 e redução do CO_2.</p> <p align="right">resposta: C</p>
<p>No fotossistema I a clorofila absorve melhor o comprimento de onda luminoso na faixa de:</p> <p>A) 700 nm.</p> <p>B) 500 nm.</p> <p>C) 600 nm.</p> <p>D) 680 nm.</p> <p align="right">resposta: A</p>	<p>Sobre o processo de fotossíntese é correto afirmar que:</p> <p>A) Os diferentes tipos de clorofila são os únicos pigmentos associados à absorção de luz no processo fotossintético.</p> <p>B) A etapa fotoquímica ou reações de claro ocorrem nos tilacóides dos cloroplastos, liberando oxigênio resultante da fotólise da água.</p> <p align="right">resposta: B</p>	<p>Sobre o processo fotossintético, podemos afirmar corretamente que durante a etapa fotoquímica ocorre:</p> <p>A) Liberação do oxigênio e redução do NADP.</p> <p>B) Fotólise da água e oxidação do NADP a NADPH.</p> <p>C) Redução do NAD a NADPH e fotofosforilação do ATP.</p> <p align="right">resposta: A</p>	<p>Qual a alternativa correta quanto à utilidade dos gases para vida?</p> <p>A) Metano é fonte de carbono para os organismos fotossintetizantes.</p> <p>B) Metano é fonte de hidrogênio para os organismos fotossintetizantes.</p> <p>C) Gás carbônico é fonte de carbono inorgânico para os organismos fotossintetizantes.</p> <p align="right">resposta: C</p>	<p>Analisar e assinalar a alternativa incorreta.</p> <p>A) Em um ambiente escuro, o meio celular fica alcalino e ocorre a abertura dos estômatos.</p> <p>B) A partir de certo ponto, o aumento da intensidade de luz não altera mais a taxa de fotossíntese.</p> <p>C) Em um ambiente com temperatura e concentração de CO_2 constantes, a taxa de fotossíntese depende exclusivamente da luminosidade.</p> <p align="right">resposta: A</p>

A fotossíntese compreende uma etapa fotoquímica, com liberação de _____, e uma etapa química em que ocorre liberação de _____. Essas etapas ocorrem _____. Qual alternativa completa a sentença?

- A) O₂, CO₂, nas membranas e matriz.
- B) ATP, glicose, nos tilacóides e no estroma.
- C) O₂, ATP, no citosol e no cloroplasto.

resposta: B

No processo fotossintético, o ciclo de Calvin começa com a reação de uma molécula de dióxido de carbono com um açúcar de cinco carbonos conhecido como:

- A) Ribose.
- B) Desoxirribose.
- C) Ribulose difosfato.

resposta: C

No Fotossistema II a clorofila absorve melhor o comprimento de onda luminosa na faixa de:

- A) 700 nm.
- B) 500 nm.
- C) 680 nm.

resposta: C

Em relação à fotossíntese, pode-se afirmar:

- A) Cada pigmento absorve determinados comprimentos de onda, mas tende a refletir igualmente em todo o espectro eletromagnético.
- B) A clorofila, durante a fotossíntese, absorve luz predominantemente no comprimento de onda violeta, azul e vermelho, refletindo no verde.

resposta: B

São fatores externos que interferem na capacidade da planta em fazer a fotossíntese a:

- A) Taxa de gás carbônico, a intensidade luminosa e a temperatura do ambiente.
- B) Taxa de monóxido de carbono e a intensidade das chuvas do ambiente.
- C) Quantidade de raízes que a planta possui e a quantidade de bactérias no solo.

resposta: A

Co relação à fotossíntese, assinale a afirmativa correta.

- A) A produção de carboidratos ocorrerá independente da etapa fotoquímica, se os cloroplastos forem providos com um suprimento constante de ATP e água.
- B) Ao se adicionar H₂O¹⁸ a uma suspensão de cloroplastos capazes de fazer fotossíntese, a marcação irá aparecer no oxigênio, quando a suspensão for exposta à luz.

resposta: B

Em relação à ciclose na célula vegetal, é incorreto dizer que:

- A) O exame a fresco não possibilita a sua observação.
- B) Sua velocidade aumenta com o aumento da temperatura e da luminosidade.
- C) Temperaturas baixas e ausência de oxigênio são fatores que retardam ou até anulam o movimento dos orgânulos citoplasmáticos onde ocorre a fotossíntese.

resposta: A

Ribulose bifosfato pode ser representado pela sigla:

- A) PGAL.
- B) RuBP.
- C) ATP.

resposta: B

O ciclo das Pentoses tem início a partir do momento em que o gás carbônico reage com um composto de 5 carbonos conhecido como:

- A) Ribulose bifosfato.
- B) Adenosina difosfato.
- C) Adenosina trifosfato.

resposta: A

O tempo médio para completar o Ciclo das Pentoses em condições normais é:

- A) 1 segundo.
- B) 1 minuto.
- C) 1 hora.

resposta: A

Material para impressão/ cartas consideradas de nível médio

<p>Assinale a alternativa incorreta:</p> <p>A) O oxigênio liberado na fotossíntese provém da água, e não do gás carbônico.</p> <p>B) A maior parte dos açúcares produzidos na fotossíntese é armazenada como sacarose e glicogênio.</p> <p>C) A luz é utilizada na fotossíntese graças à presença de pigmentos especializados em capturar luz, como as clorofilas.</p> <p align="right">resposta: B</p>	<p>A respeito da fotossíntese, assinale a alternativa correta:</p> <p>A) O oxigênio liberado na fotossíntese provém do gás carbônico, e não da água.</p> <p>B) Apenas os vegetais são capazes de realizar fotossíntese.</p> <p>C) Para a produção de glicose são necessárias a presença de luz, água e gás carbônico.</p> <p align="right">resposta: C</p>	<p>Entre outros processos, o reflorestamento contribui para a diminuição do efeito estufa, ao promover:</p> <p>A) Aumento da fixação do carbono durante a fotossíntese.</p> <p>B) Aumento da respiração durante o crescimento das plantas.</p> <p>C) Aumento da liberação de gás carbônico para a atmosfera.</p> <p align="right">resposta: A</p>	<p>Dentre os processos diretamente dependentes da água, encontra-se a fotossíntese, porque a água tem como função:</p> <p>A) Dissipar o excesso de calor ao qual a planta fica exposta durante o dia.</p> <p>B) Ser doadora de elétrons para a construção de moléculas orgânicas.</p> <p>C) Solubilizar o amido, necessário para a realização da fotossíntese.</p> <p align="right">resposta: B</p>	<p>Em relação ao processo da fotossíntese, é falso afirmar:</p> <p>A) A energia química produzida pela fotossíntese fica armazenada nas ligações das moléculas orgânicas.</p> <p>B) A fotossíntese ocorre em duas etapas, sendo uma delas dependente da presença de luz e a outra não.</p> <p>C) A etapa química da fotossíntese consiste basicamente na fixação de carbono e oxigênio para produção de compostos orgânicos.</p> <p align="right">resposta: C</p>
<p>A etapa química da fotossíntese ocorre em que local do cloroplasto?</p> <p>A) Estroma.</p> <p>B) Membrana Externa.</p> <p>C) Membrana Interna.</p> <p align="right">resposta: A</p>	<p>"A fotossíntese ocorre no interior _____. O produto primário desta reação é a glicose. Como a glicose não pode ser estocada na célula, esta é transformada e armazenada na forma de _____ nos _____."</p> <p>A) dos cloroplastos, triglicérides, plastos.</p> <p>B) dos cloroplastos, amido, leucoplastos.</p> <p>C) dos cloroplastos, celulose, leucoplastos.</p> <p align="right">resposta: B</p>	<p>O molusco <i>Elysia Chlorotica</i> é capaz de incorporar o gene de algas e usar os cloroplastos delas para fazer fotossíntese. Isso ocorre devido a possibilidade dele de usando os genes da algas sintetizar.</p> <p>A) Clorofila, que doa elétrons para converter CO₂ em O₂.</p> <p>B) Citocromo, que doa elétrons da energia luminosa para produzir glicose.</p> <p>C) Clorofila, que transfere a energia da luz para compostos orgânicos.</p> <p align="right">resposta: C</p>	<p>Plastos estão presentes nos seguintes seres vivos:</p> <p>A) Plantas e alguns protistas.</p> <p>B) Plantas e algumas bactérias.</p> <p>C) Plantas e Fungos</p> <p align="right">resposta: A</p>	<p>Cromoplastos são plastos que possuem:</p> <p>A) Clorofila.</p> <p>B) Carotenóides.</p> <p>C) DNA</p> <p align="right">resposta: B</p>

<p>Cromoplastos são plastos que possuem:</p> <p>A) Clorofila. B) Carotenóides. C) DNA</p> <p style="text-align: right;">B : resposta</p>	<p>A teoria endossimbótica pode ser descrita como:</p> <p>A) Simbiose mutualística entre seres eucarióticos e bactérias. B) Simbiose mutualística entre seres eucarióticos e bactérias púrpuras. C) Simbiose mutualística entre seres eucarióticos e bactérias metanogênicas.</p> <p style="text-align: right;">A : resposta</p>	<p>Cianobactérias fazem fotossíntese utilizando a clorofila:</p> <p>A) Clorofila X. B) Bacterioclorofila. C) Clorofila A.</p> <p style="text-align: right;">C : resposta</p>	<p>As moléculas de clorofila absorvem melhor certos comprimentos de onda que pertencem ao espectro de luz solar nas seguintes cores:</p> <p>A) Vermelha, laranja, azul e violeta. B) Vermelha, amarela, azul e violeta. C) Vermelha, laranja, azul e verde.</p> <p style="text-align: right;">A : resposta</p>	<p>Nas cianobactérias a fotossíntese ocorre nas(os):</p> <p>A) Tilacóides com clorofila. B) Cloroplastos com clorofila. C) Lamelas com clorofila.</p> <p style="text-align: right;">C : resposta</p>
<p>Fotofosforilação é o processo pelo qual são produzidas(os):</p> <p>A) ADP. B) ATP. C) NADP.</p> <p style="text-align: right;">B : resposta</p>	<p>Fixação de carbono é o nome da fase da fotossíntese em que ocorre:</p> <p>A) Conversão de gás carbônico em compostos orgânicos. B) Fixação de carbono em NADP. C) Conversão de gás carbônico em metano.</p> <p style="text-align: right;">A : resposta</p>	<p>A fase química da fotossíntese pode ocorrer:</p> <p>A) Somente na ausência de luz. B) Somente na presença de luz. C) Ocorre tanto na ausência quanto na presença de luz.</p> <p style="text-align: right;">C : resposta</p>	<p>Segundo evidências sobre a Origem da vida na Terra, inicialmente não existia O₂ livre na atmosfera. O surgimento de seres fotossintetizantes pode ter sido responsável pela liberação de O₂. Esses organismos seriam similares às:</p> <p>A) Quimiobactérias. B) Cianobactérias. C) Bactérias metanogênicas.</p> <p style="text-align: right;">B : resposta</p>	<p>A etapa fotoquímica da fotossíntese ocorre em que local do cloroplasto?</p> <p>A) Estroma. B) Membrana Externa. C) Tilacóides.</p> <p style="text-align: right;">C : resposta</p>

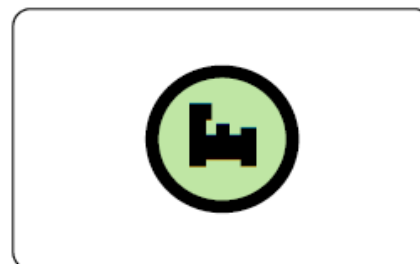
Material para impressão/ cartas consideradas de nível fácil

<p>Durante a fotossíntese a água absorvida pelas raízes é transportada para as folhas do vegetal. A estrutura que NÃO tem associação com a descrição é:</p> <p>A) Cloroplasto. B) Mitocôndria. C) Floema.</p> <p>resposta: B</p>	<p>Os organismos autótrofos são aqueles que sintetizam moléculas orgânicas a partir de:</p> <p>A) Água e glicose. B) Substâncias orgânicas. C) Substâncias inorgânicas.</p> <p>resposta: C</p>	<p>A fotossíntese é uma reação química de fundamental importância para a vida porque:</p> <p>A) Produz glicose e CO₂. B) Produz oxigênio e CO₂. C) Transforma a energia luminosa em energia química a partir do CO₂ e da água.</p> <p>resposta: C</p>	<p>Em relação ao processo fotossintético é correto dizer que:</p> <p>A) O CO₂ é liberado e será utilizado na formação de carboidratos pelos seres heterótrofos. B) O oxigênio liberado provém da tanto molécula de H₂O quanto da molécula de CO₂. C) A glicose produzida será aproveitada quando houver respiração celular.</p> <p>resposta: C</p>	<p>Sobre a fotossíntese e a respiração é correto afirmar que:</p> <p>A) O CO₂ e a água são moléculas de alto teor energético. B) Os carboidratos convertem energia solar em energia química. C) A vida na Terra depende, em última análise, de energia proveniente do Sol.</p> <p>resposta: C</p>
<p>As árvores, além de armazenarem o calor, melhoram a qualidade do ar, e isso se deve à:</p> <p>A) Repiração pela produção de O₂. B) Fotossíntese pela produção de CO₂. C) Fotossíntese pela produção de O₂.</p> <p>resposta: C</p>	<p>Uma molécula utilizada pelas células para armazenar energia e que é essencial para o funcionamento dos organismos vivos é o trifosfato de adenosina. A sigla que o representa é:</p> <p>A) ATP. B) ADP. C) NAD.</p> <p>resposta: A</p>	<p>A energia luminosa absorvida pela clorofila é transferida para as(os):</p> <p>A) Elétrons. B) Íons. C) Néutrons.</p> <p>resposta: A</p>	<p>As bactérias púrpuras fazem um tipo especial de fotossíntese utilizando:</p> <p>A) Clorofila X. B) Clorofila A. C) Bacterioclorofila.</p> <p>resposta: C</p>	<p>Plantas, algas, cianobactérias e um grupo de bactérias têm a capacidade de realizar fotossíntese. A este respeito é correto afirmar:</p> <p>A) Somente as plantas e as algas produzem gás oxigênio. B) Somente as plantas apresentam as clorofilas a e b. C) Somente as plantas e as algas apresentam as clorofilas localizadas no interior dos plastos.</p> <p>resposta: C</p>

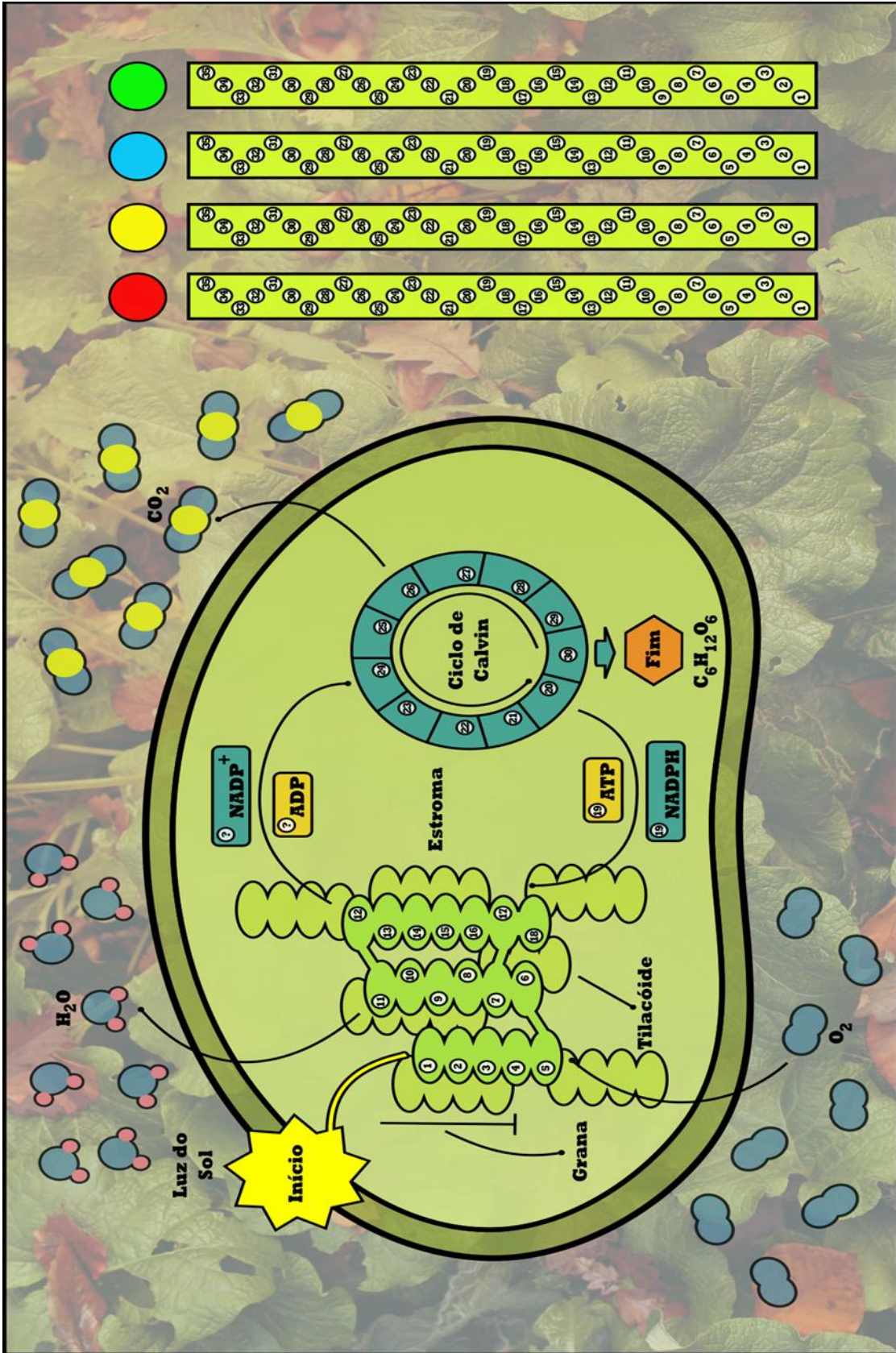
<p>Amiloplastos armazenam:</p> <p>A) Amido. B) Lipídeos. C) Proteínas.</p> <p>resposta: A</p>	<p>Oleoplastos armazenam:</p> <p>A) Amido. B) Lipídeos. C) Proteínas.</p> <p>resposta: B</p>	<p>Proteoplastos armazenam:</p> <p>A) Amido. B) Lipídeos. C) Proteínas.</p> <p>resposta: C</p>	<p>Existem clorofilas do tipo A, B, C e D, dentre estas, qual a mais abundante na natureza?</p> <p>A) Tipo C. B) Tipo B. C) Tipo A.</p> <p>resposta: C</p>	<p>O cloroplasto é uma organela na qual são sintetizados compostos orgânicos num processo denominado:</p> <p>A) Quimiossíntese. B) Nastismo. C) Fotossíntese.</p> <p>resposta: C</p>
<p>Durante a fotossíntese ocorre um processo no qual a molécula de água é quebrada em hidrogénio e oxigénio sob influência da luz solar. Este processo é denominado:</p> <p>A) Catalise. B) Fotólise. C) Fotofosforilação.</p> <p>resposta: B</p>	<p>As sulfobactérias realizam um tipo de fotossíntese na ausência de oxigénio. Utilizam um pigmento chamado bacterioclorofila e em vez de água utilizam:</p> <p>A) Gás Sulfídrico. B) Gás Hidrogénio. C) Gás Hélio.</p> <p>resposta: A</p>	<p>A fotossíntese apresenta duas fases que são:</p> <p>A) Química e Física. B) Química e Biológica. C) Química e Fotoquímica.</p> <p>resposta: C</p>	<p>Estudos têm procurado avaliar o potencial de absorção por partes dos vegetais de gases resultantes da queima de combustíveis fósseis. Quanto a esses estudos, é correto afirmar:</p> <p>A) Os vegetais, através da respiração, absorvem CO₂ e liberam O₂ para a atmosfera. B) Os vegetais absorvem O₂ e H₂O produzidos pelos animais pela respiração. C) o CO₂ absorvido é utilizado na fotossíntese para produzir matéria orgânica.</p> <p>resposta: C</p>	<p>Fotossíntese: a organela (I), onde ocorre o processo (II), contém um pigmento (III) capaz de captar energia luminosa. As indicações I, II e III referem-se respectivamente a:</p> <p>A) Cloroplasto, fotossíntese e clorofila. B) Cloroplasto, fotossíntese e citocromo. C) Cloroplasto, respiração e clorofila.</p> <p>resposta: A</p>

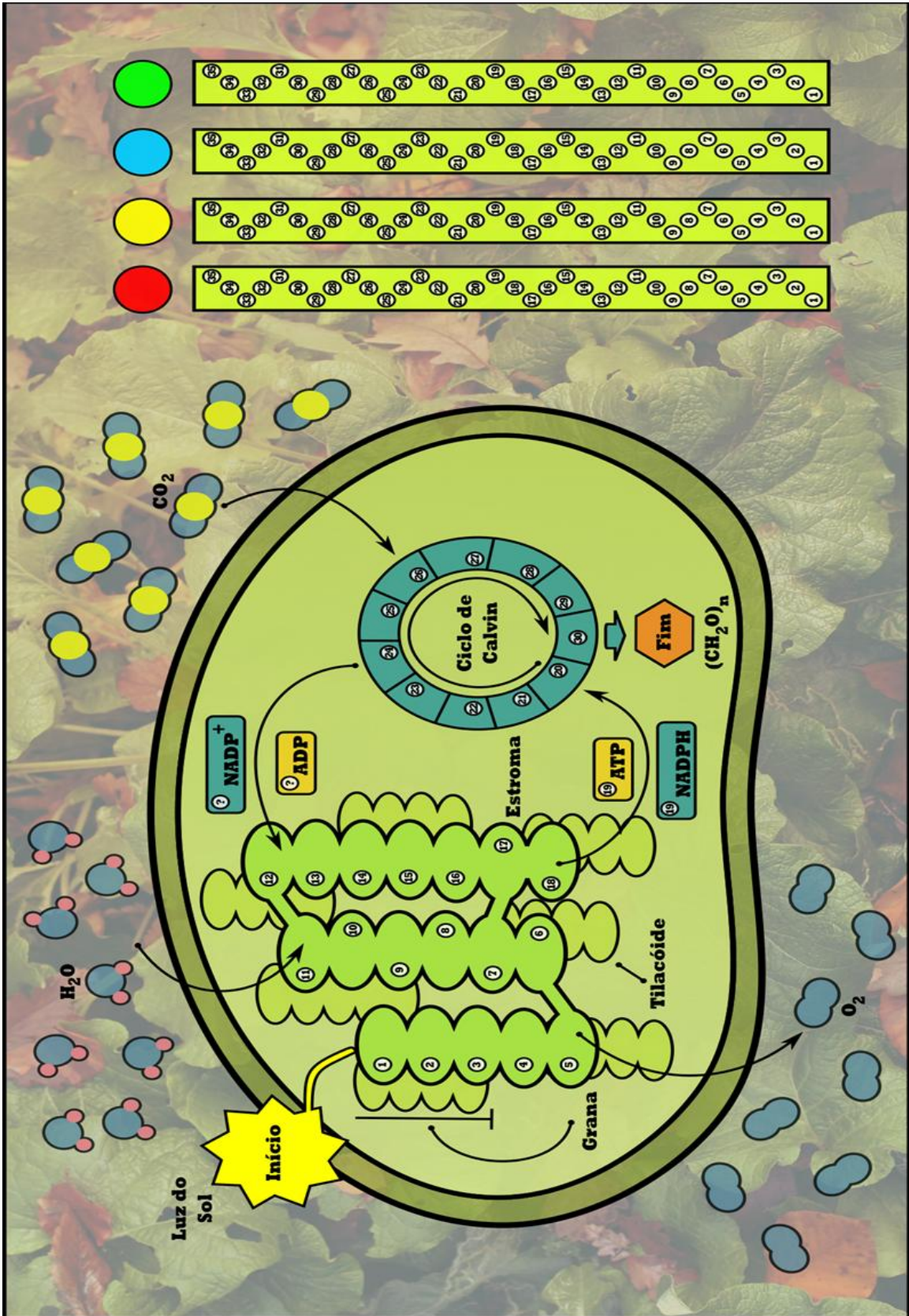
Material para impressão/ verso das cartas identificando os níveis de dificuldade

F/M/D



Material para impressão/ tabuleiro do Jogo Ludo da Fotossíntese





Versão Final (Alteração da equação final do processo de fotossíntese)